பௌதிகவியல் நூல்



அலனும்

மூயரும்

அரசகரும மொழித் திணைக்கள வெளியீட்டுப் பிரதிப் பிரசுரம்

செய்முறைப்
பௌதிகவியல் நூல்

செய்முறைப்
பௌதிகவியல் நூல்

ஆக்கியோர் :

சில காலம் இலண்டன் பல்கலைக்கழகத்துக் கிங் கல்லூரிப் பௌதிக வாசகராயும், எடின்பரோ பல்கலைக்கழகப் பௌதிக வாசகராயுமிருந்த சென். அன்றூசுப் பல்கலைக் கழகத்துப் புகழ்பணி இயற்கை மெய்யியற் பேராசிரியர்

காலஞ்சென்ற H. S. அலன்,

M.A., D.Sc., Hon. LL.D., F. Inst. P., F.R.S. அவர்களும்

சிலகாலம் இலண்டன் பல்கலைக்கழகத்துக் கிங் கல்லூரிப் பௌதிக விரிவுரையாளராயும், பிரித்தானிய விஞ்ஞானக்கருவி ஆராய்ச்சிச் சங்கத்தின் ஆராய்ச்சிப் பணிப்பாளராயும், வரைவுற்ற பிற்சிந்தன் சகோதரர் தாபனத்தில் ஆராய்ச்சிப் பணிப்பாளராயுமிருந்த செவ்வீல் பல்கலைக்கழகத்துப் புகழ்பணி கண்ணுடி நுண்டொழிற் பேராசிரியர்

H. மூயர், A.R.C.S., D.Sc., F·Inst.P. அவர்களும்

அரசகரும மொழித் தீணைக்களத்து வெளியீட்டுப் பிரிவினரால் இலங்கை அரசாங்க அச்சகத்திலே பதிப்பித்து வெளியிடப்பட்டது.

மொழிபெயர்ப்பாளர் : திரு. க. ச. அருள்நந்தி

முதற்பதிப்பு : 1963.

உரிமைகள் அரசினர்க்கே

A TEXT BOOK OF PRACTICAL PHYSICS

by

H. S. ALLEN

AND

H. MOORE

Copyright by

MACMILLAN & CO. LTD., LONDON.

Published in Ceylon by arrangement with

MACMILLAN & CO. LTD., LONDON.

இலண்டன் வரைவுற்ற மகுமிலன் கம்பனியாரின் இசைவுடன் அரசகரும மொழித் திணைக்கள வெளியீட்டுப் பிரிவினரால் வெளியிடப்பட்டது.

2—R 2477—2,026(./62)

முகவுரை

பல்கலைக்கழகப் புகுமுக வகுப்பு மாணவர்களுக்குப் பெரிதும் பயன்படும் "அளன், மூயர் ஆகியோர் ஆக்கிய செய்முறைப் பௌதிகவியல் நூல்" இலண்டன் மகுமிலன் கம்பனியாரின் இசைவுபெற்று இப்போது தமிழிலே வெளியாகிறது.

சடப்பொருளின் இயல்புகள், ஒலியியல், ஒளியியல், வெப்பம், காந்தம், மின்னியல் என்னும் ஆறு பாகங்களாக அமைந்த இந்நூல் தமிழ்மூலம் பௌதிகவியல் கற்கும் மாணவர்களுக்காக இத்தரத்தில் வெளிவரும் முதலாவது செய்முறைப் பௌதிகவியல் நூலாகும்.

இம்மொழிபெயர்ப்புச் சீர்பெற்றுத் திருந்துதற்கான ஆலோசனைகள் உவந்தேற்றுக் கவனிக்கப்படும்.

நந்ததேவ விசயசேகரா,
அரசகரும மொழித் திணைக்கள ஆணையாளர்.

அரசகரும மொழித் திணைக்களம்,
வெளியீட்டுப் பிரிவு.
த. பெ. 520,
கொழும்பு-5.

மூன்றும் பதிப்பின் முன்னுரை

புதிய பதிப்பிலே பல மாற்றங்களும் சேர்க்கைகளும் இடம் பெற்றுள்ளன. இவை, பள்ளிக்கூட மேல் வகுப்புக்களிலே பௌதிகம் கற்பித்தல் சம்பந்தப்பட்டமட்டில், ஆறும் படிவ மாணவர் எடுக்கும் சோதனைகளுக்கான பாடவிதானங்களை 1944 இலே வெளியிட்ட கேம்பிரிட்சுக் கூட்டு மந்திரக்குழுவின் ஆலோசனைகளுக்கமையவே உள்ளன. எனினும், இப்பரி சோதனைகள் B.Sc., சித்திப் பட்டம் பெறுதற்குத் தேவையான செய் முறைப் பயிற்சியினை அடக்கியுள்ளது. பௌதிகவியலை ஒரு துணைப்பாட மாகக் கொள்ளும் பிற மாணவருக்கும் இது பயன்படும். பௌதிகம் கற்பித்தல் பற்றி—முதல்—வரையிலான பக்கங்களில் எழுதப்பட்டுள்ள புதிய பந்திகள் கவனிக்கத்தகுந்தவை. ஆரம்பப் பயில்வு முறை ஒன்றிற்கோ, உயர்தரப் பயில்வுமுறை ஒன்றிற்கோ செயல்முறைவேலைப் போதனைத் திட்டம் அமைக்கும் எவருக்கும் ஆங்குக் கூறப்படுபவை துணைபுரியக் கூடும்.

சத்தி என்னும் எண்ணக்கரு எங்கும் வற்புறுத்தப்பட்டுள்ளது. இயக்க விசையியலிலே ஆவர்த்தன இயக்கம்பற்றிக் கூறும் பகுதியிலும், ஒலியியலிலும் (இலீசசூவின் உருவங்கள் விவரிக்கப்பட்டுள்ள பகுதியிலும்) மின்னலைவுகள் பற்றிய இறுதி அத்தியாயங்களிலும் அதிர்வுகள், அலைகள் என்பவற்றின் முக்கியத்துவம் பிரதிபலிக்கிறது. ஒலியியல் பற்றிய பிரிவின் இறுதியில் அலைநீள அளவீடுபற்றி முற்றிலும் புதிய அத்தியாயம் ஒன்று சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. மின்காந்தவியலின் விரைவான வளர்ச்சியினால், காந்தம், மின்னியல் பற்றிக் கூறும் பிரிவுகள் சிலவற்றிலே கணிசமான திருத்தங்கள் செய்ய வேண்டியதாயிற்று. ஆங்கு பல புதிய அமிசங்கள் புகுத்தப்பட்டுள்ளன ; ஆடலோட்டத்துக்கு அதிக கவனம் தரப்பட்டது.

புதிய வடிவிலமைந்த இப்புத்தகம் ஆய்கூடத்திலே வசதியாகக் கையாளப்படக்கூடியவாறு கனங்குறைந்தமைந்துள்ளது.

வேலை மதிப்பற்ற பல ஆலோசனை நல்கிய சென் அன்றூசு, ஐக்கிய கல்லூரி இயற்கை மெய்யியற் பகுதி ஆசிரியர் குழு உறுப்பினர்க்கும், சிறப்பாக, இரேடியோப் பௌதிகம் கற்பித்தலிற் பல்லாண்டு காலமாகப் பெற்ற அனுபவத்தின் துணை கொண்டு வெப்பவயன் வால்வு பற்றிய அத்தியாயத்தை முற்றிலும் திருத்தியுதவிய Dr. தேவிட்டு யாக்கு

அவர்களுக்கும் என் நன்றி உரியது. பல்வேறு அவதான நிலையத்துக் காந்த மூலங்கள் பற்றிய செய்திகளை அன்புடன் அளித்தவர் உரோயல் அவதான நிலையக் காந்தப்பகுதி அதிகாரி திரு. **W. M.** உவிற்சல் ஆவர். இறுதியாக, தமது தொடர்ந்த உதவியை உவந்தளித்துவந்த சேர் இரிச் சட்டு கிரேகரிக்கும், இன்னல் மிகுந்த நிலைமைகளிலும் கவனம் செறிந்த வேலைகளைச் செய்துதவிய அச்சகத்தினர்க்கும் எமது நன்றி உரியது.

H. S. அலன்
H. மூயர்.

மார்ச் 1947.

இரண்டாம் பதிப்பின் முன்னுரை

மறுப்திப்பிற்காக நமது புத்தகத்தைத் திருத்துவதற்கு முன், பௌதிகவியற் சங்கம் 1934 இலே வெளியிட்ட அறிக்கையின் துணைகொண்டு, கேத்திர கணித ஒளியியற் குறிவழக்குப் பிரச்சினையைக் கவனமாக ஆராய்ந்தோம். நூலின் உள்ளே எவ்வகைத் திருத்தமும் விரும்பத் தக்கதன்றென முடிவு செய்தோம். இம்முடிவுக்கு, பழைய பிரதிகள் வழக்கிலிருக்கையில் அம்மாற்றங்கள் ஏற்படுத்தக்கூடிய மயக்கம் ஒரு காரணம். அன்றியும் இங்கு வழங்கப்பட்டிருக்கும் முறை சிறந்ததென்றென நாம் நம்புவதும் இன்னொரு காரணம். இங்குள்ள வழக்குக்கு எழக்கூடிய ஒரே ஒரு எதிர்ப்பு, கண்ணாடித் தொழில் வழக்கத்தின்படி ஒருங்குவில்லை நேர்வில்லையெனக் குறிக்கபடுவதாகவும், ஈண்டு அதன் குவியநீளம் ஓர் எதிர்க்கணியமாகப் பெறப்படுகிறதென்பதே. அறிக்கையில் விதந்துரைக்கப்படும் மாற்று வழக்குகளில் எதையேனும் கொள்ள விரும்பும் ஆசிரியர் அல்லது மாணவருக்காக, அவற்றையிட்ட சிறு குறிப்பொன்றை ஓர் அனுபந்தமாக (815 ஆம் பக்கத்தில்) தர்திருக்கிறோம். பாகம் III இலே விவரிக்கப்படும் ஒளியியற் பரிசோதனையெதனையும் இடரின்றிச் செய்யலாம்.

வேறும் பல சேர்க்கைகளும் திருத்தங்களும், சிறப்பாக வெப்பவயன் வால்வு பற்றிய அத்தியாயத்திலே செய்யப்பட்டன. **Dr. D.** யாக்கு, **Dr. A. M.** தேயிலர் என்போருக்கும், நமக்குப் பேருதவியாயமைந்த ஆலோசனைகளை நல்கிய பிறருக்கும் நமது நன்றியைத் தெரிவிக்க விரும்புகிறோம்.

H. S. அலன்
H. மூயர்.

சனவரி 1938.

வேறு சேர்க்கைகளுடன் மின்காந்த அலைகள், வெப்பவயன் வால்வுகள் பற்றிய இரு அத்தியாயங்களும் இப்போது இடம்பெறுகின்றன. "தினசரிப் பௌதிகவிய"லிலிருந்து பெறப்பட்ட இருமை வால்வு மும்மை வால்வுப் படங்கள் சம்பந்தமாக அந்நூலாசிரியர் **திரு. H. E.** ஆடிலிக்கும், விலைமதிப்பற்ற ஆலோசனைகளை நல்கிய **Dr. L. F.** இரிச்சாட்சன், **திரு. R. S. மட்சுவேல்** ஆகியோருக்கும் நன்றி கூறும் கடப்பாடுடையோம்.

H. S. A.
H. M.

செத்தம்பர் 1928.

முதலாம் பதிப்பின் முன்னுரை

இலண்டன் கிங் கல்லூரியிலே செய்முறைப் பௌதிகவியல் பயிற்றிய ஞான்று, பரிசோதனைக்கான கருவிகளின் சுருக்கமான விவரிப்பும், அவ சியமான கொள்கையறிவும் கொண்ட கையெழுத்துப் போதனைத் தாள் களைப் பல்லாண்டு காலமாகப் பயன்படுத்தி வந்தோம். எனினும், பெருந் தொகையான மாணவருக்கு எளிதிலே கிடைக்கக்கூடிய நிலைபேறுள பதிவு களின் தேவையை நாம் உணர்ந்தோம். இவ்வாய்கூடப் போதனைத் தாள்களை அடிநிலையாக்கி எழுந்த இந்நூல் எமது மாணவர்க்கு மட்டு மன்றிப் பிற ஆசிரியர்களின் மாணாக்கருக்கும் பெரிதும் உதவும் என எண்ணுகிறேம்.

இலண்டன் பல்கலைக்கழகத்து விஞ்ஞான, எந்திரவியல், வைத்திய இடைநிலைச் சித்தித் தரத்திற் கேற்றதாக அமைவதே இவ்வேலைத்திட்டத் தின் முதன்மையான நோக்கமாயினும், இடைநிலைச் சிறப்புப் பரீட்சார்த்தி களுக்கும், பல்கலைக்கழகக் கல்விப் பேறுகளுக்கும் அது பொருத்தமான தாகும். அன்றியும் கனிட்ட நியமனங்கள், தபாற் கந்தோர் (எந்திரிகள்), படைப்புகுமுகச் சோதனை ஆயவற்றின் தொடர்பிலே சிவில் சேவை ஆணை யாளரின் தேவைகளையும் பூர்த்தி செய்வதாகும்.

இப்பயில்வுத்திட்டம் முழுவதையும் ஒரே ஆண்டிலே நிறைவேற்றுவது எந்த மாணவனுக்கும் இயலாதாகையால், குறிப்பிட்ட மாணவர்களின் தேவையைப் பூர்த்திசெய்யும் பொருத்தமான பரிசோதனைகளை ஆசிரியர் கள் தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும். செய்முறைப் பௌதிகவியல் நூல் ஒன்றிலே வழமையாகக் காணப்படுவனவற்றினும் அதிகமான செய்முறைப் பொறியியற் பரிசோதனைகள் இங்கு காணப்படுதற்குக் காரணம் இலண்டன் பல்கலைக்கழகத்து எந்திரவியல் மாணவர்கள் பிரயோக கணிதச் செய் முறைப் பயில்வுத் திட்டம் ஒன்றிற்குள்ளாதல் வேண்டப்படுவதாம், என் னும் உண்மையே.

புத்தகத்தை முழுமையாக்கும் பொருட்டு அதன் விசாலத்தை விரித் திருப்பதுடன், மிகச் சில உயர்தரப் பரிசோதனைகளையும் சேர்த்துள்ளோம். உதாரணமாக, பரப்பிழுவிசை என்னும் எளிய தோற்றப்பாடு என்பனபற்றிய விவரணத்தை அவை இடைநிலைப் பயில்வின்போது கற்கப்படுவது வழக்க மன்றுயினும், இங்கு சேர்த்துள்ளோம். மின்னியல் பற்றிய பகுதியில், மின் எந்திரவியல் படிக்கத் தொடங்கும் மாணவர்களுக்கு ஏற்ற பல பரிசோதனைகளைக் காணலாம்.

இப்போதுள்ள வடிவத்தில் இப்புத்தகம் பெரும்பாலான பல்கலைக்கழகங்களின் விஞ்ஞானப் பட்டச் சித்திக்குத் தேவையான வேலையிற் பெரும் பகுதியை அடக்கியுள்ளது.

விவரணங்களையும் கொள்கைமுறைக் கருத்தாய்வுகளையும் ஆய்கூடப் போதனைகளினின்றும் வேறுக்கும் முறையிலே அச்சமைப்புக்கள் பிரிக்கப் பட்டுள்ளன. பின்னையவை எழுத்துக்களைச் சிறுப்பித்தலின் மூலம் காட்டப் பட்டுள்ளன. தனித்தனி மாணவனுக்குப் பொருத்தமான பரிசோதனையை ஒவ்வொருதரமும் வகுப்புக் கூடும்போது ஆசிரியர் தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும். ஒவ்வொரு நாளும் வேலை முடிந்ததும் அடுத்த செய்முறை வகுப்புக்காக மாணவன் படித்துவர வேண்டிய பகுதியைத் தெரிவித்து விடுவதும் ஒரு நல்ல திட்டமாகும்.

எல்லா மாணவரும் ஒரே பரிசோதனையை ஒரே சமயத்திலே செய்யக் கூடிய அளவு போதுமான கருவிகள் இடைப்பது அருமை. தனித்தனி மாணவன் ஒவ்வொருவனும் இங்கு தரப்பட்ட வரைசக்கிரமத்தைத் தவறுது கடைப்பிடித்தல் இயலாதுபோதலே வழக்கம்.

கையாட்சியும், நோக்கலும் முடிந்தவுடனேயே பரிசோதனையும் முடிந்து விட்டதென்று பொதுவாக நினைவும் கருத்துத் தவறென மாணவனை எச்சரித்தல் வேண்டும். பேறுகள் கணிக்கப்பட்டுக் கவனமாக எடுத்து நோக்கப்படல் வேண்டும் என்பதையும், தனது சொற்களிலே பரிசோதனையப் பதிவு செய்தல் வேண்டும் என்பதையும் மாணவனுக்குத் தெளிவாக்குதல் வேண்டும்.

ஒவ்வொரு பரிசோதனைப் பயிற்சியும், பௌதியவியற் கோட்பாடுகளைத் தெளிவுபடுத்துதலே நோக்கமாகக் கொள்ளுதல் வேண்டும். இந்நூல் முழுவதிலும் பரிசோதனைகளின் கொள்கைமுறை அமிசத்தைக் கருத்திற்கொண்டுள்ளோம். ஒரு பரிசோதனையிலே பெறுபடத்தக்க திருத்தத்தின் அளவு பற்றி வற்புறுத்தியிருக்கிறோம். தன்வசமுள்ள சாதனங்களைக் கொண்டு மிகச்சிறந்த பேற்றினைப் பெறும் வகையிலான அளவீடுகளை எவ்வாறு செய்வதென மாணவர்களுக்குக் காட்டியுள்ளோம்.

விவரிக்கப்பட்ட பரிசோதனைகளுட் பல எளிய கருவிகளைக் கொண்டு செய்யப்படத்தக்கவை. விரிவுரை நோக்கங்களுக்குப் பெரிதும் பயன்படுமாறு இணைக்கப்பட்ட ஆய்கூடக் கருவிகள் பற்றிப் பல உபகரண உற்பத்தியாளர் விளம்பரம் செய்கின்றனர். பரிசோதனைத் திறமையையும் கையாட்சித் திறமையையும் விருத்தி செய்யும் வகையிலே ஆய்கூடத்தில் வழங்கப்படும் கருவிகள் அமைதல் வேண்டும். எனவே, திட்டமாக அளக்கும் கருவிகள் அவசியமாயினும், பெரும்பாலும் தாமே இயங்கும் விரிவான உபகரணங்கள் மாணவரின் ஆய்கூட உபயோகத்துக்கு உகந்தனவாகா.

பாதகமான அல்லது பரிச்சயமற்ற சூழ்நிலையிலும் நன்கு வேலை செய்யப்பழக்குதலும், சொந்தப் புது ஆராய்ச்சிகளையும் ஆய்வுகளை செய்யத்தக்க ஆடவரையும் மகளிரையும் விருத்தி செய்வதுமே கல்வியின் முக்கிய நோக்கங்களுள் ஒன்று என்பது பௌதிக ஆசிரியர் மனங்கொள்ளத்தக்கது. இதற்கு, கருவிகளைக் கையாளும் ஆற்றலும், கை, கண், காது என்பனவற்றை ஒருங்கிணைத்துத் தொழிற்படுத்துவதும் அவசியம்.

கல்லூரிப் பரீட்சைத் தாள்களிலிருந்து தெரிந்தெடுக்கப்பட்ட பலவற்றுடன் மேலதிக அப்பியாசங்கள் பல ஒவ்வொரு பாகத்தின் இறுதியிலும் தரப்பட்டுள்ளன.

வரிப்படங்களுட் பல இப்புத்தகத்திற்கென்றே சிறப்பாக வரையப்பட்டன. எனினும், பல விளக்கப்படங்களுக்காக வரைவுற்ற மகுமிலன் கம்பனியாருக்குக் கடப்பாடுடையோம். கேம்பிரிட்சு விஞ்ஞானக் கருவிக் கம்பனிக்கும், **R. W.** போல் தாபனத்தாருக்கும் பல உபகரணங்களின் படங்களை உதவியமைக்காக நமது நன்றியை மகிழ்வுடன் தெரிவிக்கிறோம்.

தமது "பாடசாலைகளுக்கான மடக்கை வாய்பாடுகளும் பிறவும்" என்னும் வெளியீட்டிலிருந்து தெரிந்தெடுக்கப்பட்ட கணித வாய்பாடுகளை நூலின் இறுதியிலே சேர்ப்பதற்கு **திரு. F. காசில்** அவர்கள் அன்புடன் இசைவு நல்கியுள்ளார்.

இறுதியாக, நூல் அச்சாகிக் கொண்டிருக்கையிற் பேருதவி புரிந்து விலைமதிப்புமிக்க ஆலோசனைகளையும் புத்திமதிகளையும் வழங்கிய **சேர் இரிச்சட்டு கிரேகரி, திரு. A. T. சிமன்சு** ஆகியோருக்கு நமது மனப்பூர்வமான நன்றியைத் தெரிவிக்க விழைகிறோம்.

H S. அலன்
H. மூயர்.

திசம்பர் 1915.

பௌதிகவியல் கற்பித்தல்

பொது அநுபவத்திலிருந்தும், விஞ்ஞான நோக்கங்களிலிருந்தும் பெறப் பட்ட அறிவுடன் ஒவ்வொரு விஞ்ஞான மாணவனும் பழகுதல் வேண்டு மாயினும், "ஆய்வாளரின் கட்டுப்பாட்டுக் கடங்கிய நிலைமைகளில் இயற் கைத் தோற்றப்பாடுகள் பற்றிய கல்வியே" பௌதிக மாணவனின் சிறப் பான அக்கறையைப் பெறவேண்டியதாகும். விஞ்ஞான முறையின் முக்கிய இயல்பு பரிசோதனை வழிப்படுவதேயாம். இம்முறையைப் பயன்படுத்தும் போது ஒரு சமயத்தில் ஒரு மாறி பற்றிப் படிப்பதே நமது நோக்கம். மாறி களைத் தனிப்படுத்தும் கோட்பாட்டைப் பிரயோகிக்க இயலாமல் இருப்பதே சமுதாயப் பிரச்சினைகளின் தீர்வைக் கடினமாக்குகிறது.

"நீங்கள் பேசுவது இன்னதென்பதை எண்களினால் அளக்க இயலு மாயினன்றி உங்கள் அறிவு அற்பமானது; அதிருத்திகரமானது" என்று **கெல்வின் பிரபு** வற்புறுத்தியது பிரசித்தமானது; அல்லது **J. B. பயற்று** கூறியது போல், "இவைகளை யெல்லாம் நிச்சயமாக நிருண யிப்பது செப்பமான அளவீடுகளாலேயே இயலும்"; அது பற்றிப் பின்னர் பார்ப்போம். ஆயினும் அத்தேட்டத்தின் அவசியத்தை உணர்ந்து கொள் வது முதலிலே வேண்டியதாகும். மின்னியல் அளவீட்டின் அத்திவாரம் பற்றிய உற்சாகமூட்டும் விரிவுரையொன்றிலே **ஆற்சோண்** என்பார் **நோமன் கம்பலின்** பின்வரும் வரைவிலக்கணத்தை எற்றுக்கொள்கிறார்கள். "**விஞ் ஞான விதிப்படி** உடைமைகளைக் குறிப்பதற்கு எண்களை ஏற்படுத்துவதே அளவீடு". எண்களின் தெரிவுக்கும் விஞ்ஞான விதிகளுக்கும் இருக்க வேண்டிய நெருங்கிய நேரான உறவினை முதலிரு சொற்களும் அழுத்திக் கூறுகின்றன. சமத்தன்மையைத் தீர்மானித்து, கூட்டல் விதிகள் நிறை வேற்றப்படுகின்றனவா என்பதை நிருணயிக்கும் செய்கைகளிலே தங்கிய அளவீடுகள் அடிப்படையானவை எனப்படலாம். "இச் செயல்களே உடை மைகளின் உண்மை வரைவிலக்கணத்தின் கூறுகள்". நீளம், திணிவு, காலம் (அல்லது மீடிறன்) கோணம் என்பனபற்றிய சிறு விவரண மொன்று தந்து பின்னர், அடிப்படைச் செயல்களைக் கொண்டு மிக வுயர்ந்த திருத்தத்துடன் அளக்கக்கூடிய கலப்பற்ற மின்னியல் உடை மைகள் மூன்றுயினும் உள்ளனவென்று காட்டிச் செல்கிறார் ஆசிரியர். அவை தடை, ஒன்றையொன்று தூண்டுதிறன், கொள்ளளவம் என்பன வாம்.

"பழைய ஆய்வாளர்கள், முன்னையோரின் கோள்களைப் பின்பற்றி, தமது முன்னீடுகளையெல்லாம் தொல்லைதரும் விகிதசம வடிவிலே பெற்ற னர். இன்று அதுபோன்ற பேற்றினை ஓர் எளிமையான சமன்பாடென்னும்

வசதியான வடிவத்திலே கூறுவது இயற்கையானது என்று விஞ்ஞான வினைஞன் ஒருவன் எண்ணுவான். y என்னும் மாறி சாராமாறி x இற்கு விகிதசமமாயின் $y = kx$, என நாம் எழுதலாம். இங்கு k ஒரு "விகிதசமக் காரணி". இக்காரணி அல்லது குணகம் கண்டிப்பான மாறிலி தானுவென்பதைக் காண்பதற்காக நமது நோக்கல்களை இயன்றளவில் அகன்ற வீச்சுக்கு விரிக்கிறோம். அதுபோன்றதொரு விசாரணையில், பெரி தும் பயிலும் வரைப்பட முறை பெரு நயந் தருவதாகுமாகையால் மாணவன் அதனை எப்போதும் பயன்படுத்துதல் வேண்டும். எதிர்ப் படும் 'விதிகள்' எனப்படுவனவற்றிற்கெல்லாம் மாறிலிக் காரணி k என்னும் கருத்துப் பிரயோகிக்குமாறும் மாணவனை ஊக்கப்படுத்தல் வேண் டும். விழும் பொருள் ஒன்றின் வேகவளர்ச்சி போன்ற எளிய பிரச்சினை கூட, கலிலியோவின் காலத்துக்கு முன் தெளிவாகத் தெரிவிக்கப்பட வில்லை. அவர் பின்வருமாறு எழுதினார்: "எவ்விகிதசமப்படி அந்த வேகவளர்ச்சி நிகழ்கிறதெனத் தெரிவது அவசியம்; மெய்யியலார், குறிப் பாக அரித்தோத்திலியர்கள் இயக்கம் பற்றிய பெரிய முழுமையான நூல்களை எழுதினராயினும் மெய்யியலார், கணிதர் ஆகியோருள் எவரும் இப்பிரச்சினையை இதுவரை விளங்கிக் கொண்டார்களென நான் நம்ப வில்லை". முறைகடந்த புறச்செருகலின் அபாயத்துக்கு ஒரு நல்ல உதாரண மாக இது விளங்குகிறது. நாம் நமது "விதியை" நமது நோக்கல்களின் வீச்சுக்கு அப்பால் விரிப்பது சரியன்று. இங்கு, **கலிலியோவின்** விதி தவறியமை, நியூற்றனைப் புவியீர்ப்பு விதிக்கு வழிப்படுத்திற்று. நியூற்றனின் விதி தவறியமை சார்புக் கொள்கைக்கு வழிவகுத்தது. "ஏமாற்றலைக் குறைக்கும் முறையினூலேயே கல்வி நிகழ்கிறது" என்பது பொருத்த மான கூற்றுத்தான்.

பௌதிக ஆய்கூடம் ஒவ்வொன்றிலும் மிகவேறுபடும் கணித அறிவும் ஆற்றலுமுள்ள மாணவர் இருப்பதனால், தனித்தனி மாணவருக்குப் பொருத்தமான பரிசோதனைகளையும், நடத்தல் முறைகளையும் தெரிந்து கொள்வது விரும்பத்தக்கது. காட்டாக, காந்தமானத்துக்கு இரு அணுகல் முறைகள் தரப்பட்டுள்ளன (பக். 507). முதலாவது பரிசோதனை வழிப் பட்டது. இரண்டாவது தூர வர்க்கத்தின் நேர்மாறு விதியிலே தங்கி யுள்ள திருத்தங்கூடிய கணிதமுறை வளர்ப்பின் அடியாக எழுந்தது. இருவகை மாணாக்கர்களின் நோக்கு வேறுபாடு, இயற்கை மெய்யியல் வளர்ச்சியின் ஒரு முக்கிய பாகுபாட்டினை ஒத்தது. சிலர் சிறப்பிலிருந்து பொதுவுக்குச் செல்ல விரும்புகின்றனர். வேறு சிலருக்கு ஒரு பொது "விதி" அல்லது கோட்பாட்டின் விளைவினைப் பின்பற்றுவதிலேயே மன நிறைவுண்டு. இரு முறைகளும் பயன்மிகுந்தவையே. ஒன்றினை முற்றுக ஒதுக்கும் பழக்கத்துக்கு உள்ளாதல் கூடாது.

கணித சூத்திரங்களை அப்படியே பிரயோகிப்பதற்கு இந்நூலிலே ஊக்கம் தரப்படவில்லை. தந்தவொரு சூத்திரத்திலே என்ன பெறுமானங்களைப் பிரதியிடும் வல்லமை, "கணிதவிவேகத்தின் அதி தாழ்ந்த வரிசையிலானது" என்று சொல்லப்பட்டுள்ளது. மாணவன் நாடவேண்டியது அடிப்படைக் கோட்பாட்டை; சூத்திரத்தை அன்று.

ஒரு கணிப்பிலே, அதுவும் வரையறையான அளவு சத்திகள் சம்பந்தப்பட்ட வரையில், இடைப்படி நிலைகள் மிக முக்கியமான பௌதிகப் பருமன்களைக் குறிக்கின்றனவென்பதையும் இத் தொடர்பிலே வற்புறுத்துதல் தகும். இது தொடக்க அத்தியாயத்திலே அழுத்திக் கூறப்பட்டுள்ளது. பரிசோதனைகள் தொடங்குமுன்பே அவ்வத்தியாயத்தை மாணவன் படித்தல் வேண்டும்.

திருத்தம் பற்றிய இன்னும் ஒரு பிரச்சினையை இங்கே கூறலாம். வியாபார, தொழில் விவகாரங்களில், விரைவாக அளத்தல் மிகுந்த முக்கியத்துவம் பெற்றுவிட்டது. தொழின்முறைத் தயாரிப்புக்கும், பௌதிக வியலாருக்கும் அடிக்கடி. தொடர்புண்டாதலால், ஒரு பேற்றைப் பெறுவதிலே விரைவுக்கு அதிக கவனம் அளித்தல் விரும்பத்தக்கது. விமானி அல்லது கப்பலோட்டி பயன்படுத்தும் கருவிகள் தேவையான கணியங்களை இயன்றளவு உடனுக்குடன் பதிவுசெய்ய வேண்டியது விண்விமானவியலில் அவசியம் என்பது வெளிப்படை. ஆரம்ப ஆய்கூடத்திலும், பரிசோதனை வேலையின் வீச்சு தொடர்ந்து அதிகரித்து வருவதால், போதுமான திருத்தம் பெறப்படலாமெனில், தனித்தனிப் பரிசோதனைக்கு வேண்டிய நேரத்தைக் குறுக்குதல் விரும்பத்தக்கது. உதாரணமாக புற்சாற்றுத் தராசு அல்லது நெம்புத் தராசு என்னும் பெயரினையுடைய வசதியான வகைத் தராசொன்று, ஓர் அளவுத்திட்ட மீதில் இயங்கும் சுட்டி ஒன்றினாலே ஒரு பொருளின் நிறையைப் பதிவு செய்யும். அளவுத்திட்டம் அனுபவமுறையானது எனினும் ஒரு நிறைப் பெட்டிகொண்டு அதனை அளவு குறிக்கலாம். இது குறிப்பாக, வகுப்புக் காட்டல் விளக்கங்களுக்குப் பயன்படும். ஆக்கிமீடிசின் கோட்பாட்டை விளக்குவதற்கு, அல்லது சார்படர்த்தியை நிருணயிப்பதற்குத் தேவையான பல நிறைகளையும் ஒரு மாணவன் விரைவாக அறிதற்கு இது உதவும். திருத்தமான தராசு கொண்டு செய்யும் இன்னும் உயரிய வேலைகளில், நிறுக்கும் நேரத்தைக் குறைப்பதற்காகக் கணிசமான அளவு அபிவிருத்திகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. மின்காந்தத் தணிப்பையும், பெரும்பாலும் தாமே பதியும் உபாயங்களையும் பிரயோகித்தல் போன்றவையே அவை.

ஊசற் கடிகார அபிவிருத்தி, படிக அலைகருவி, காலக்குறிகளின் இரேடியோச் செலுத்தல் ஆயவற்றின் வருகை என்பன காரணமாக, கால அளவீட்டிலே பெரு முன்னேற்றம் உண்டாகியுள்ளது. உண்மையில், பெரிதும் வழக்கத்திலுள்ள ஆறு "பிப்புக்கள்" மூலம் அத்தகைய குறி

களை ஒலிபரப்புதல், காலத்தைத் திருத்தமாக அளக்கும் துறையில் ஒரு புரட்சியையே கொணர்ந்து விட்டது. அடுத்தடுத்த இரு பிப்புக்களின் இடை நேரம் ஒரு செக்கன். தொடரிலுள்ள இறுதிப் பிப்பே சரியான நேரத்தைக் குறிப்பது. இதனுற் பெறக்கூடுமெனச் சொல்லப்படும் திருத்தம் ஆகக் குறைந்தது இருபதிலொரு செக்கனும். செக்கன் எண்ணுதல் பழகப்படல் வேண்டும். ஒரு கூட்டுசலின் அலைவு நேரம் காண்டல் போன்ற மேலதிகப் பிரயோகங்கள் ஆழ்ந்த கவனத்துக்குரியவை.

செய்முறை வேலைக்குப் பொருத்தமான கருவியை வழங்குவது ஆய்கூடப்பணிப்பாளர் ஒருவர் முன் அடிக்கடி எழும் தொல்லைதரத்தக்க பிரச்சினையாகும். வகுப்பின் அளவு, பயில்வு முறையின் பான்மை, நிதி வசதியின் எல்லை என்பவற்றிலேயே அப்பிரச்சினைக்கான விடை தங்கியுள்ளது. **இரேலிப் பிரபு** (1944) கேட்டார்: "செலவு கூடிய உபகரணங்கள் தேவையா?" என்று. அதற்கு அவர் அளித்த விடை இது: "பௌதிக ஆய்கூடத்திலே டென்சிலாலோ பேனையாலோ அடையாளமிடப்பட்ட ஒரு மூரட்டுப் பலகையிலே ஈர்க்கப்பட்டுள்ள கம்பியையும், அதனை எப்புள்ளியிலாயினும் தொடுவதற்குக் கையிலே பிடிக்கப்பட்டதோர் உலோகத்துண்டையும் பயன்படுத்தி ஊசித்தன் பாலத்தைப் பற்றிய பல விடயங்களைப் படித்துவிடலாம். கற்பித்தல் என்ற நோக்கத்தை மட்டும் முன்னிறுத்திப் பார்க்கும்போது, இப்பொருள்கள் எத்தனை பென்சு விலையோ அத்தனை பவுண் விலை பெறும் ஒரு தபாற்கந்தோர்ப் பெட்டி தரும் அதேயளவு பயனை—அதிலும் அதிக பயனையன்று என ஒப்புக்கொண்டாலும்—தரும் என்று கொள்ளலாம். தொடங்குவோனுக்கு அதிக மயக்கத்தைத் தராது விடும் வாய்ப்பு உள்ளதுடன், தான் செய்வதன் பௌதிகவியல் பற்றித் தெளிவான உள்ளொளியையும் மாணவனுக்கு அது கொடுக்கக்கூடும். மாணவனே அதனை இணக்கியுமிருந்தால், கருவி ஆக்குவோரின் விரிவான அமைப்புக்களை உபயோகிப்பதற்கு கிடைப்பதிலும் அதிகமான சுதந்திர உணர்வையும், சாதனைப் பெருமிதத்தையும் அவன் அடைவான்.

ஒளியியற் பரிசோதனைகளுக்கு "ஆடிகளையும் வில்லைகளையும் சில நிமிடங்களிலேயே இரு மென்மெழுகுத் துண்டங்களின் மீது பொருத்தலாம், அல்லது ஒரு மரக்கீலத்துடன் "பிளாத்திசீனால் ஒட்டலாம்". ஒரு வாங்கின் விலிம்புடன் இரண்டு மூன்று மீற்றர்ச் சட்டங்களை எளிய இறுக்கிகள் கொண்டு நிலைப்படுத்தியும், இச்சட்டங்களுடன் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் மேசையிலே வழுக்கக்கூடிய மரக்குற்றிகளின்மீது ஒளியியல் அத்தியாயங்களில் விவரிக்கப்பட்ட ஒளியியல் உபகரணங்களை ஏற்றியும், இன்றியமையாத "தூரத்துண்டு" பற்றி மறந்து போகாமலும் ஓரளவு திறமான ஒளியியற் சட்டத்தை அமைக்கலாம் என்பதையும் இங்கு குறிப்பிடல் தகும்.

புதியவன் ஒருவனுக்கு, நன்கு செய்யப்பட்ட பெட்டி ஒன்றுள் மூடி மறைக்கப்பட்ட தானியங்கு கருவி ஒன்றை மட்டுமே தந்துவிடுதல், வேண்டிய அளவீடுகளைப் பார்த்தே அறிய வழி செய்யுமாயினும், கற்பிக்கும் நோக்கத்துக்கு உகந்ததாகாது என்பதை விஞ்ஞான உபகரணம் செய்வோர் சில சமயங்களிலே கவனிப்பதில்லை. சம்பந்தப்பட்ட கோட்பாடுகளை விளங்கிக் கொள்ளும் அளவுக்காயினும், இயங்குமுறையையும், பாகங்களின் ஒழுங்கையும் தொடங்குவோன் அறியக்கூடியதாயிருப்பது முக்கிய மாகும்.

எனினும் இப்பிரச்சினையிலே இன்னும் ஓர் அமிசம் உண்டு. மிகத் திருத்தமான பேறுகளைப் பெற விலை கூடிய கருவிகள் அவசியமாகலாம். இவை, விலை மலிந்த வடிவத்திலுள்ள அக்கருவிகளினும் அதிக காலம் நின்றுபிடிக்கக் கூடியனவாகவும் அமையலாம். கொடுக்கப்பட்ட உபகரணங்களைக் கொண்டு ஒருமையான பேறுகள் கிடைக்க இயலாதெனில், தொடங்குவோனுக்கே ஊக்கக்குறைவு உண்டாகலாம்.

பௌதிக மாணவர்கள், குறிப்பாக பிரயோக பௌதிகம் அல்லது தூய பௌதிக ஆராய்ச்சி பயிலும் நோக்கம் உடையவர்கள், எந்திரவியல் வரைதலிலும், கண்ணுடி ஊதுதல், ஒட்டுதல் போன்ற செய்முறை வேலைகளிலும் சிறிது பழக்கமும் அனுபவமும் பெறுதல் மிகவும் விரும்பத் தக்கது. **கேர் சாளிசு போய்சு** ஒரு செய்முறைப் பரீட்சையிலே பின்வரும் கேள்வியைக் கொடுத்தாராம் ; " தரப்பட்ட ஒழுகும் கலோரிமானியைத் திருத்தி தரப்பட்ட திண்மத்தின் தன்வெப்பத்தைக் காண்க ". பிற பரீட்சகர்களும் செய்முறைப் பரீட்சைகளில் அதே போன்ற முறைகளைக் கையாண்டுள்ளனர்.

இலட்சிய பௌதிகவியலார் ஒருவர், ஒரு மெய்யியலார் ஆவதுமன்றி கருவிகளிலும் பொருள்களிலும் பரிவு சார்ந்த அறிவுபடைத்த " கைவினைஞராகவும் " அமைதல் வேண்டும். கைத்திறனே படைப்பாகும். படைப்பதற்கு விளக்கம் வேண்டும். **தோடோ** சொன்னது இது : " அதை விளக்குவதற்குச் சிறந்த வழி அதைச் செய்வதுதான். "

உள்ளுறை

பாகம் I

சடப்பொருளின் இயல்புகள்

அதிகாரம்		பக்கம்
i	தொடக்கவுரை	3
ii	அடிப்படைக் கணியங்களை அளத்தல்	15
iii	கணியங்களை வழியலகுகளில் அளத்தல்	39
iv	தன்னீர்ப்புக்களைத் துணிதல்	59
v	நிலையியல்	76
vi	பொறிகள்	115
vii	மீள்சத்தி	128
viii	இயக்கவிசையியல்	149
ix	ஆவர்த்தன இயக்கம்	182
x	வாயுக்கள் : பாரமானியும் போயிலின் விதியும்	203
xi	மேற்பரப்பிழுவிசை	223

பாகம் II

ஒலியியல்

i	ஆரம்பக் கொள்கை	243
ii	அதிர்வெண்	253
iii	ஈர்க்கப்பட்ட ஒரு தந்தியின் குறுக்கு அதிர்வுகள் ..	265

பாகம் III

ஒளியியல்

i	கேத்திர கணித ஒளியியலின் விதிகள்	281
ii	கோளவாடி	305
iii	வில்லைகள்	312
iv	ஆடிகளுடனும் வில்லைகளுடனும் இன்னும் பிற பரிசோதனைகள் ..	320
v	ஒளியியல் அளவுச் சட்டம்	331
vi	ஒளியியற் கருவிகள்	339
vii	நிறமாலையும் நிறமாலைமானியும்	353
viii	ஒளியளவியல்	367
ix	அலைநீளத்தை அளத்தல்	377

பாகம் IV

வெப்பம்

		பக்கம்
i	வெப்பவளவை	391
ii	விரிவுக்குணகங்கள்	402
iii	கலோரிமானி	422
iv	குளிர்தல்	440
v	வெப்பம் கடத்துதிறனின் குணகம்	450
vi	வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலு	459
vii	ஈரப்பதனியல்	471

பாகம் V

காந்தம்

i	அடிப்படையான இயல்புகளும் விதிகளும்	487
ii	காந்தவளவியல்	502
iii	காந்தமண்டலமொன்றிலே காந்தம் ஒன்றின் அலைவுகள்	517
iv	புவிக்காந்த மண்டலம்	526

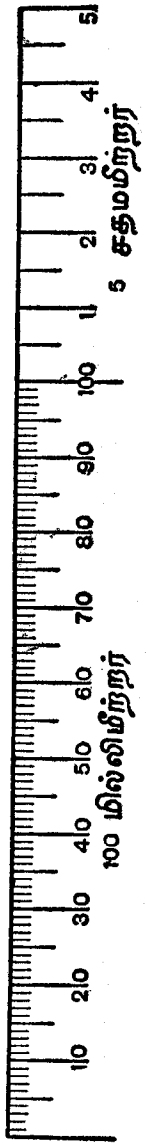
பாகம் VI

மின்னியல்

i	நிலைமின் பரிசோதனைகள்	541
ii	மின்னோட்டவியல்—முன்னுரை	553
iii	மின்னோட்டவலிற்குரிய ஆய்கருவிகள்	568
iv	மின்னியக்கவிசையும் மின்கலமொன்றின் உட்டடையும் ..	589
v	தடையளவீடு	613
vi	மின்பகுப்பு	646
vii	மின்னோட்டமொன்றின் வெப்பவிளைவு	658
viii	மின்காந்தத் தூண்டல்	665
ix	கொள்ளளவுகளின் ஒப்பீட்டிற்குரிய முறைகள்	704
x	மின்னும் கருவியைப்பற்றிய குறிப்புகள்	709
xi	உயர்திண்ணளவுகள்—மின்காந்தக் கதிர்வீசல்	739
xii	வெப்பவியல் வாய்பாடுகள்	756
	அனுபந்தம் : கேத்திரகணித ஒன்றியற் குறிப்புக்கள் ..	815
	பின்னிணைப்பு: பௌதிக மாறிலிகளும் கலித வாய்பாடுகளும் ..	835
	அட்டவணை	847

பாகம் I

சடப்பொருள் உடைமைகள்



அலகுத் தொகுதிகள்

அ.இ.செ. *அடி–இருத்தல்–செக்கன்*

விசை அலகு—இருத்தலி

சத்தி அலகு—அடி இருத்தலி

ச.கி.செ. *சதம மீற்றர்–கிராம்–செக்கன்*

விசை அலகு—தைன்

சத்தி அலகு—சமீ. தைன் அல்லது எக்கு

மீ.கி.செ. *மீற்றர்–கிலோகிராம்–செக்கன்*

விசை அலகு—நியூற்றன் (10^5 தைன்)

சத்தி அலகு—நியூற்றன் மீற்றர்

அல்லது சூல் (10^7 எக்கு)

முற்கூறுகள்

தசமம் = பத்தில்	1	10^{-1}
சதமம் = நூறில்	1	10^{-2}
மில்லி = ஆயிரத்தில்	1	10^{-3}
மைக்ரோ = பத்திலட்சத்தில்	1	10^{-6}
கிலோ = ஆயிரம்	1	10^{3}
மெகா = பத்திலட்சம்	1	10^{6}

அதிகாரம் 1

தொடக்கவுரை

§ 1. பொதுப் போதனைகள்

விஞ்ஞானப் பகுதி எதுவாயினென் அதற்குரிய செய்முறை வேலையிற் கருதப்படும் பேறுகளைப் **பண்பறிதற் பேறுகள்** என்றும், **அளவறிதற் பேறுகள்** என்றும் இருவேறு இனங்களாகப் பிரிக்கலாம். உண்மைகளின் தொடர்புகளைக் காண்பதற்கு அளவறிதற் பரிசோதனைகள் மிக்க அனுகூல மானவையாக இருத்தலே பௌதிகவியலின் முன்னேற்றத்துக்கு முக்கிய மான காரணமாகும்; பண்பறிதற் பேறுகள் இதன் முன்னேற்றத்திற்கு முற்றிலும் போதா. ஏறத்தாழப் பௌதிகவியற் பரிசோதனைகள் எல்லா வற்றிலும் அளவீடுகளுள், ஒன்றையோ பலவற்றையோ பெறல் வேண்டி யிருக்கும். இதனுற், பௌதிகவியலைத் " திட்டமான அளவீட்டு விஞ்ஞானம் " என இகழ்ச்சியாகவும் கூறுவர். தொடக்க நிலையான பருவங்களிற்றானும் தூய பண்பறியுமறிவை மாத்திரம் பெறுதற்கு வேண்டிய பிரயாசத்திலுஞ் சற்றே கூடிய பிரயாசத்தோடு பரிசோதனை வேலையானது, அளவறிதற் பேறுகளைப் பெரும்பாலுந் தரத்தக்கதாகவிருக்கும்.

பௌதிகவியலின் செய்முறைப் பாகத்தில் **அளத்தல்** மிக்க முக்கியமான தாதலினுல், உபயோகிக்கும் ஆய்கருவிகளை மாணவன் படித்து அவதானி யாமல் பரபரப்புடன் சில அளவீடுகளையும் நோக்கற் பேற்றுத்தொடரொன்றை மாத்திரமும், பெற்றுவிட நேருகின்றது. அளவீடுகளை மாத்திரம் பெறுதலி லிருந்து வேறுபடுகின்ற பௌதிகவியலின் உண்மையான **செய்முறைப்** பாகத்தை நாம் எவ்வளவுக்குப் போற்றினுலும் அது மிகையாகாது. செய்முறைப் பௌதிகப் படித்தற் கிரமமொன்றிலிருந்து பூரணமான பிரயோசனத்தைப் பெறவேண்டுமேயானுல், ஒரு தனி நோக்கற் பேற்றைத் தானும் பெறுமுன்னர் பரிசோதனையின் நோக்கத்தை நன்கு கிரகித்துக் கொள்ளுதல் மாத்திரமன்றி, ஆய்கருவியை ஆறுதலாக அமைத்து அதன் உறுப்புக்களின் அமைப்பையுந் தொழிற்பாட்டையும் அவதானித்துங் கொள்ளுதல் வேண்டும்.

ஆய்கருவியைத் தொழிற்படச் செய்தலில் திறனையும் உபயோகிக்குங்கருவி களோடு ஒத்துணர்தலையும் மாணவன் தேடிக்கொண்டாலன்றிச் செய்முறைப் பௌதிகவியற்றிட்டமொன்றின் நோக்கம் பூரணமாக நிறைவேறுது.

பரிசோதனையின் நோக்கையும், அதனை நடத்துதலிற் பின்பற்றவேண் டிய பொது முறையையும் உணர்ந்தபின்னர், வேண்டிய ஆய் கருவியைச் சேர்த்தமைத்து அதனை உபயோகித்தற்கு ஆயத்தஞ் செய்தல் வேண்டும்.

சீரற்ற சரீர நிலைகளைக் கொள்ளவேண்டியிராத நோக்கற் பேறுகளையும் அளவீடுகளையும் பெறத் தக்கதாயிருத்தல் வேண்டுமென்பது மிக்க முக்கிய மானதொன்றாகும். அன்றியும், அடிக்கடி கையினால் வழங்கவேண்டிய அல்லது சரிப்படுத்த வேண்டிய ஆய்கருவியுறுப்புக்களை எளிதிற் கைக்கெட்டக் கூடியனவாக வைத்தல் வேண்டும். இந்தக் கருமங்களை யெல்லாம் நன்கு மனத்திற் பதித்துக்கொண்டால் பரிசோதனையின் திருத்தத்தை மற்றாக மாகவேனும் அது தாக்கும். அதுவுமல்லாமல் தற்செயலாக ஆய்கருவியைக் குழப்ப நேரிடுந் தன்மையையும் அது குறைக்கும்.

திருத்தமான நோக்கற் பேறுகளைப் பெறத் தொடங்குமுன்னர் சீராக எல்லாம் இருக்கின்றனவாவென்று விரைவாகப் பரிசோதனையை மீளவும் நோக்கிப்பார்த்துக்கொள்ளுதல் வாய்ப்புடைத்து.

§ 2. பேறுகளைப் பதிதல் — குறிப்புப் புத்தகங்கள்

பௌதிகவியற் செய்முறை வேலைக்குக் குறிப்புப் புத்தகங்கள் இரண்டினை உபயோகித்தல் வேண்டும். இவற்றுள் ஒன்று திருத்தமான பதிவுக்குப் பயன்படுத்தப்படும்; மில்லிமீற்றர்ச் சதுரக்கோடுகள் ஒன்றுவிட்டொரு பக்கத்தில் இடப்பட்டுள்ள பெரியவொரு (காற்றுட் பருமன் போதுமானது) குறிப்புப் புத்தகமாக அது இருத்தல் வேண்டும். இதற்கென்று வலைக்கு வாங்கக்கூடிய முறைமைத் தாள்களும் வரைப்படத் தாள்களுங்கொண்டு ஆக்கப்பட்ட "அவிழிதழ்ப்" பரிசோதனைச்சாலைக் குறிப்புப் புத்தகத்தை உபயோகித்தல் வேறொரு முறையாகும். இந்தத் தாள்கள் சடையாணி கொண்டு தறையப்பட்டு அட்டையினுள்ளே சேர்த்துவைக்கப்படும். நோக்கற் பேறுகளைப் பதியவும் கணித்தல்களைச் செய்யவும் இதனிலுஞ் சிறியவொரு குறிப்புப் புத்தகந் தேவைப்படும்; பரிசோதனை செய்யும்போது நோக்கிக் கண்ட குறிக்கத்தகுந் தோற்றப்பாடுகள் உண்டெனில் அவற்றை இதனிலே குறித்தல் வேண்டும். பரிசோதனைச் சாலையிலே குறிப்புக்களைச் சுருக்கமாக எடுத்துக்கொண்டு பின்னர் திருத்தமான பதிவாக அவற்றை விரித்தெழுதலாம். பிரதானமாக, ஈற்று விவரத்தை எழுதலிற் காலதாமதமேதும் எற்படக்கூடுமேயானால், பரும்படியானவிந்தக் குறிப்புக்களைக் குறித்துக்கொள்ளுதல், செய்யப்பட்ட வேலையின் வேறெந்தப் பாகத்திலும் முக்கியத்திற் குறைந்ததுவன்று; மிக முக்கியமான காரியங்களை, நோக்கிக் கண்டவப்பொழுதே குறித்துவைக்காவிடில் அவற்றை மாணவன் மறந்துவிடக் கூடும். தனித் தாள்களிற் குறிக்கப்பட்ட குறிப்புக்கள் கைதடுமாறி வைக்கப்பட்டு எளிதில் மறையக்கூடும்; இவ்வாறு குறிப்பெடுத்தலை மாணவன் தன்பொருட்டுத் தவிர்த்தல் வேண்டும்.

நோக்கற்பேறுகளையும் அளவீடுகளையும் எடுக்கும்போது **அவையொவ்வொன்றையும் பருமட்டுக் குறிப்புப் புத்தகத்திற் பதிதல் வேண்டும்; பதிந்தவுடனே சரிபிழைபார்த்தலும் வேண்டும்.** இவ்வாறு எழுதும்போது

வரும் எண்ணெவ்வொன்றுக்கும் எதிரே எதனை அது குறிக்கின்றதென் பதையுங் காட்டலும் வேண்டும்; நோக்கற் பேறுகள் பலகொண்ட அடுக்குக களின் தொடரொன்றைப் பெற்றவிடத்து, அந்தப் பேறுகளை அட்டவணை வடிவமாக ஒழுங்கு செய்தல் வேண்டும். **மறுமொழியைக் காண்பதற்குச் செய்யுங் கணித்தல்கள் எல்லாவற்றையும் பருமட்டுக் குறிப்புப் புத்தகத்திற் செய்து தெளிவாகக் காட்டுதல் வேண்டும்.**

பெரிய குறிப்புப் புத்தகத்தில் **மாணவனுடைய சொந்த வார்த்தையில்** ஒவ்வொரு பரிசோதனையையும் பற்றிய விரிவான பதிவு எழுதப்படல் வேண்டும். பின்வருவது போன்றவொரு வரையறையான திட்டத்தைப் பின்பற்றி இந்தப் பதிவு செய்யப்படுதல் வேண்டும்.

1. சதுரக்கோட்டுத் தாளில் வரையப்பட்டு, உறுப்புக்களைச் சுட்டிக்காட்டுதற்கு எழுத்துக்கள் இடப்பட்ட எடுத்துக்காட்டு விளக்கப்படங்களோடுகூடிய ஆய்கருவி விவரணம்.

2. பரிசோதனைக்குரிய கொள்கையின் **சுருக்கமான** விளக்கம்.

3. செய்த கிரியைகளையும் பெற்ற நோக்கற்பேறுகளையும் பற்றிய விவரம். அளவீடு அல்லது நோக்கற்பேறு ஒவ்வொன்றும் பதியப்படல்வேண்டும்; நோக்கற்பேற்றுத் தொடர்களைப் பெற்றவிடத்து அவற்றை அட்டவணைப் படுத்துதல் வேண்டும்.

4. பரிசோதனையின் பேற்றை மட்டும் பதிதல் வேண்டும். எண்கணித வேலையைக் காட்டவேண்டியதில்லை. சாதாரணமாக, பேற்றைக் கூட்டுப் பின்னமாகப் பதிந்து, அடுத்தாற்போல் அதனைக்கணித்து முழு எண்ணுக அன்றேல் தசமபின்னமாகப் பதிதல் இசைவுடைத்து.

பேற்றைத் **துலக்கமாக** எழுதுதல் வேண்டும்; பதிவின் ஈற்று வரியில் அதை எழுதுதல் வாய்ப்புடைத்து. எந்த அலகுகளிற் பேறுளதோ அந்த அலகுகள் எவையெனக் கூறுதலும் வேண்டும்.

இயன்றவிடங்களிலெல்லாம் வரைப்படமாகப் பேறுகள் காட்டப்படல் வேண்டும்; ஒரு பக்கம் முழுவதையும் ஒரு வரைப்படம் எடுத்தல் வேண்டும்; குறிக்கப்பட்ட கணியங்களின் பேர்களையும், அவை எந்த அலகுகளிலுளவோ அந்த அலகுகள் எவையெனவுங் கூறுதல் வேண்டும்.

பரிசோதனையின் ஒரு பகுதியாக வரைப்படவமைப் பொன்றுண்டேல், முதல் வரைந்த படத்தை (அன்றேல், அளவுத் திட்டத்தின்படி வரைந்த வொரு பிரதியை) குறிப்புப் புத்தகத்தினுள்ளே இடையிற் சேர்த்துக் கொள்ளுதல் வேண்டும்.

§ 3. நோக்கற் பேறுகளின் திருத்தம்—பூச்சிய முறைகளுந் திரும்பல் முறைகளும்

சீர்திருந்திய வாழ்க்கைக் கிரமம் முழுவதையும் அடிமட்டம், அடுக்கு நிறைகள், கடிகாரம் என்னுமிவற்றைக் குறியீடுகளாகக் கொண்டு தகுந்த முறையில் திருட்டாந்தப்படுத்தலாம். II ஆம் அதிகாரத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ள **நீளம், திணிவு, காலம்** என்னும் "அடிப்படைக் கணியங்களின்" அளவைகளே, **மாட்சுவேலின்** (Maxwell) குறியீடுகள் ஒத்திருக்கின்றன. ஒரு நீளத்தை அல்லது திணிவைப் போன்றவொரு கணியத்தை நேராக நோக்கி அதனைத் துணிதலே முதற்கண் கருத்திற் கொள்வாம்.

இவ்வித்து, தரப்பட்ட ஆய்கருவியைக் கொண்டு எவ்வளவுக்குத் திருத்தமாக அளவீடுகளைப் பெறமுடியுமோ அவ்வளவுக்குத் திருத்தமாகப் பெறுதல் வேண்டும். பெறக்கூடிய திருத்தத்தின் அளவைச்சோதனை செய்து காண்பதற்குச் செப்பஞ்செய்தலே மீட்டுஞ்செய்து மறுபடியும் இயன்றளவுக்கு அவதானமாக அளவீட்டைப் பெறல் வேண்டும்; ஆய் கருவியைச் செப்பஞ் செய்தலிலும், நோக்கல்களைக் குறித்தலிலும் போதுமான அவதானத்தைச் செலுத்தினால், இந்த அளவீடுகள் இரண்டுக்கும் பேதமேதுமுண்டெனில், ஆய்கருவியில் இயல்பாகவுள்ள வழுக்களினால் அது எழுந்ததென்று கொள்ளலாம்.

"வழி"க் கணியங்களோடு வேலையெதுவேனுஞ் செய்கையில் (அதிகாரம் III), வழக்கமாகப் பல பருமன்களை அளத்தல்வேண்டியிருக்கும்; உதாரணமாகத் திண்மப் பொருளொன்றின் அடர்த்தியைக் காணுமிடத்து நாமதன் திணிவு, கனவளவு இரண்டையும் அளந்தறிதல்வேண்டும். ஆயிரத்திலொன்றன அளவுக்குக் கனவளவு திருத்தமுடையதாகவிருக்க, பத்தாயிரத்திலொன்றன அளவுக்குத் திருத்தமாகத் திணிவை அளத்தல் பயனற்றதாதலினால், வெவ்வேறான அளத்தல்களின் **சார்** திருத்தத்தை அவதானமாகச் சோதித்தறிதல் அவசியமாகின்றது. திருத்தம் மிகச் சிறிதாகவிருக்கின்ற அளவுகள்மீது அவதானத்தைப் பிரதானமாகச் செலுத்துதல் வேண்டும்.

பௌதிகவியற் செய்முறைப் பாடக்கிரமத்தின் முற்பகுதிகளில், பலவிதமான அளத்தலிற் பெறக்கூடிய திருத்தப் பிரமாணத்தை முன்போலத் துணிதல் சிறந்தவொரு பயிற்சியாகும். இந்தப் பயிற்சியானது பெரும்பான்மையான பலவித நோக்கற்பேறுகளின் விகிதசமத் திருத்தத்தை, உள்ளபடியான துணிதற் கிருத்தியத்தைச் செய்யாது மதிப்பிடுதற்கு உதவும் என்றாலும் முற்றுகப் புதியவொரு விதமான அளவையொன்றைப் பெறல் வேண்டியவிடத்து, இரண்டொரு தரம் விகிதசமத் திருத்தத்தை இவ்வாறு துணிதல் வேண்டும்.

வழக்கமாக, ஒரு விளைவின் பருமனை, ஓரளவுத்திட்டத்தின்மீது காட்டியொன்றின் நிலையத்தைக் குறித்தறிகின்ற **திரும்பல் முறைகளிலும் பூச்சிய முறைகள். பொதுவாகக் கூடிய திருத்தமுடையன.** எதுவேனுமொரு பரிசோதனையிற் பூச்சிய முறையைப் பயன்படுத்தும்போது அறியாதவொரு கணியத்தின் விளைவோடு அதே வகைக்குரியவொரு நியமக் கணியத்தினது அல்லது அறிந்தவொரு கணியத்தினது விளைவு சமமாக்கப்படுகின்றது. இந்த விளைவுகள் இரண்டுக்குமுள்ள அற்ப வித்தியாசத்தை மாத்திரம் கண்டுபிடித்தற்குரியவொரு கருவியின்மீது முடிவான விளைவு நோக்கிக் காணப்படுகின்றது. இந்தக் கணியங்களுள் எதுவேனுமொன்றின் விளைவை நேராக நாமளந்தறிய வேண்டுமேயானால், முழு விளைவுந் தாக்கும்போது நடுத்தரமான திரும்பலை மாத்திரம் தருகின்றவொரு கருவி, அன்றேல், **தாழ்ந்த சாருணர்திறனையுடையவொரு கருவி** வேண்டியதாகும். தாழ்ந்த இந்த உணர்திறனின் பேருகத் திரும்பலைக் குறித்துக் கொள்ளுதலில் எழுகின்ற தவிர்க்கவொண்ணாததவொரு சிறிய வழுவானது புலப்படக்கூடியவொரு விளைவைப் பேற்றின்மீதுண்டாக்கும். பூச்சியமுறையைப் பயன்படுத்தினாலோ இதனிலுங் கூடிய உணர்திறனையுடைய, அதாவது, இயன்ற மிக்குயர் உணர்திறனுடைய, கருவியொன்றை உபயோகிக்கலாம். அளவீட்டைப் பூச்சியத்துக்குக் கொண்டுவருதற்கு விளைவுகளைச் செப்பஞ்செய்தலில் உண்டாகக் கூடிய வழுவானது, திரும்பற் பரிசோதனையளவீட்டினுள்ள வழுவின் கணியத்தளவாக, **இந்தக் கருவியின் அளவுத்திட்டத்தில்** நிகழத்தக்க அளவுக்கு இருக்கும்; என்றாலும், அளக்கப்படுங் கணியத்தில் அதிசிறிதானவொரு வழுவையே அது காட்டும்.

திணிவையளத்தல், இந்தத் தத்துவத்துக்குச் சிறந்தவோரெடுத்துக் காட்டாகும். திணிவை, திரும்பல் முறைப்படி விற்றராசு அளக்கின்றது. பொருளின் நிறையினாலுண்டாகும் நீளவிரிவே நோக்கிப் பெறப்படுங் கணியமாகும். அதே யெல்லைமட்டும் நிறுத்தற்கென்று ஆக்கப்பட்டவொரு விற்றராசு கொண்டு பெறக்கூடிய திருத்தத்திலும் பன்மடங்கான திருத்தத்தைப் பூச்சியச் செப்பஞ்செய்தலில் தங்கியுள்ள பொதுத் தராசு தருகின்றது.

மூலகப் பௌதிகப் பரிசோதனைச் சாலையிலே, நிறுத்தலில் தங்கியிருக்கின்ற நோக்கற் பேறுகளானவை நீளத்தில் அல்லது காலத்தில் தங்கியிருக்கின்ற துணிதல்களிலும் பன்மடங்கு திருத்தமானவை. இயன்ற விடத்தெல்லாம், அதி முக்கியமான நோக்கற்பேறுகள் எல்லாவற்றையும் தராசுகொண்டு பெறுமாறு பரிசோதனைகளை ஒழுங்குசெய்தல் வேண்டும். இதற்கோருதாரணமாக, நிறைவெப்பமானிகொண்டு திரவங்களின் விரிவைக் காணும் பரிசோதனையை மாணவனுக்குச் சுட்டிக்காட்டலாம். "**கனவளவை**" ஒருதரமாயினும் அளந்தறியாது கனவளவுப் பெருக்கக் குணகத்தைக் காணுமாறு இந்தப் பரிசோதனை ஒழுங்கு செய்யப்பட்டுளது; பேற்றைக் கணித்தற்குள்ள நோக்கற்பேறு ஒவ்வொன்றும் ஒரு "நிறுத்தலினால்" பெறப்படுகின்றது.

காலத்தை அளத்தலில் இந்த நூற்றாண்டில் பெருமுன்னேற்றம் உண்டாயிற்று. ஆனால், ஒளியியல் முறைகளினால் நீளத்தைத் துணிதலோப்போல இதற்கும் நுட்பமான ஆய்கருவி வேண்டும். இவ்விதமான துணைகளின்றித் திணிவைத் துணிதலில் அல்லது திணிவுகளை ஒப்பிடுதலிற் பெறக்கூடிய திருத்தமுடையதாய், வேறெந்தப் பௌதிகத் துணியையுஞ்செய்தல் சாத்தியமாகாது. எனெனில், நன்கமைக்கப்பெற்ற தராசுகொண்டு பேருணர்திறனைப் பெறலாம். **உவித்தன் பாலங்**கொண்டு மின்தடைகளைத் துணிதல் ஒன்றே திருத்தத்தளவில் இதற்கடுத்து நிற்கும்; இதுவுமொரு பூச்சியப் பரிசோதனையே.

§ 4. பேறுகளைக் கணித்தல்

பௌதிகக் கணியம் எதனையுந் துணிதலிற் பெறக்கூடிய திருத்தத்துக்கு எல்லையொன்றுண்டாதலின், அத்தகைய துணிதல்களிலிருந்து கணிக்கப்படும் பேறு எதுவாயினும் அதன் திருத்தத்துக்கும் எல்லையொன்றுண்டென்பது வெளிப்படை. ஆதலின், பேறுகளைக் கணித்தலில், நோக்கற் பேறுகளுக்குத் தகுந்த தொகையான பொருளுடைய விலக்கங்கள் வரையிற் கணக்கிடுதல் அவசியம்; குறித்தவொரு தொகைச் தசம தானங்களளவுக்குத் தான் முடிவுப் பேற்றுக்கு உறுதி கூறலாம். இந்தத்தொகைக்கு அப்பாற்பட்ட இலக்கங்களுக்கு அர்த்தமேயில்லை.

எண்கணிதமுறைக் கணித்தல்களில், கணித்தற்படி, ஒவ்வொன்றிலும், அடுத்தபடிக்குப் போகுமுன்னர், அந்தந்தப் படியின் பேற்றிலுள்ள பொருளுடைய விலக்கங்களின் தொகையைப் பொருத்தமானவாறு சுருக்கிக் கொள்வதனால் மிக்க வேலைச் சுருக்கமுண்டாகும். உதாரணமாக, 2·37ச.மீ. நீளமும், 1·13 ச.மீ. விட்டமுமுள்ளவோருருளையின் கனவளவு V ஐத் துணிதலை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் கனவளவை $\frac{\pi}{4} \times (1{\cdot}13)^2 \times 2.37$ கன ச.மீ. தருகின்றது.

அளக்கப்பட்ட கணியங்களுள் ஒன்றேனும் 1000 இல் 1 ஆன அளவுக்கு மேற்பட்ட திருத்தமுடையதன்று. ஆதலின், எண்கணிதச் செய்கை எதனிலும் நாலு தானங்களுக்கு அப்பாற்பட்ட இலக்கங்களை முடிவில் வைத்திருக்க வேண்டியதேயில்லை; π ஐ 3·142 என்று அல்லது 3·14 என்று தானும் எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

$(1.13)^2 = 1{\cdot}2769$; இதனை 1·277 என்றெடுத்துக் கொள்ளலாம்.
$1{\cdot}277 \times 2{\cdot}37 = 3{\cdot}02649$; இதனை 3·026 என்றெடுத்துக்கொள்ளலாம்.

$3{\cdot}026 \times \frac{\pi}{4} = 3{\cdot}026 \times 0{\cdot}7854 = 2{\cdot}3766204$; முடியும் பேறு 2·38 கன ச.மீ. என்றெழுதப்படும்.

எண்கணித வேலையைச் சுருக்குதற்குப் பெருக்கற் சுருக்க முறைகள் வாய்ப்புள்ளன.

திருத்தமானவையென்று கொள்ளக்கூடிய தொகையான இலக்கங்களில் மாத்திரம் பேறுகளைத் தருதல் வழக்கமாகிவிட்டது. ஆதலின், ஐந்திலக்கங்களிற் பேற்றைக் கூறினால், ஐந்திலக்கங்களளவுக்குத் திருத்தமுண்டென்று கொள்ளப்படும். 1000 இல் 1 ஆன திருத்தம் மாத்திரமுடைய பேற்றில் ஐந்திலக்கங்களை எழுதுதல் அவசியமானது மாத்திரமன்று, அதற்காதாரமாகவுள்ள நோக்கற் பேறுகளின் திருத்தத்தைப்பற்றிப் பிழையான கருத்தையது தருகின்றதனால், தப்பெண்ணத்தை உண்டாக்குவதுமாகும்.

ஈற்றிடத்திலுள்ள பொருளுடைய விலக்கம் பூச்சியமாகவிருக்குமேயானால், தசமதானத்துக்குப் பின்னது சேர்க்கப்பட்டிருப்பினும், அத்தனை பொருளுடைய இலக்கங்களளவுக்குத் திருத்தமுண்டென்று கொள்ளப்படுகின்றதென்பதை அது காட்டி நிற்கும். உதாரணமாக, 1 அங். = 2·5400 ச. மீ. என்பது 25,000 இல் 1 ஆன அள்வுக்கு அது திருத்தமுடைய தென்பதைக் காட்டுகின்றது.

கிடைத்த எண்கள் மிகவும் பெரியனவாயின், சிறியவோரெண்ணுக்குப்பின் பெருந்தொகையான பூச்சியங்களை எழுதுதற்குப் பதிலாக, அந்த எண்ணுக்குப்பின் 10 இன் அடுக்குக்கள் எழுதப்படுகின்றன. உதாரணமாக, 28,000,000 என்னும் பருமனை நூற்றுக்கு 3 அல்லது 4 வீதமான திருத்தமுண்டென்று கொள்ளுமிடத்து அதை 2.8×10^7 என்றும், திருத்தம் 300 இல் 1 ஆனதாயின் 2.80×10^7 அல்லது 28.0×10^6 அல்லது 280×10^5 என்றும் எழுதலாம். இதுபோல, தசமதானத்துக்குப்பின் பல பூச்சியங்களை எழுதுதற்குப் பதிலாக மிகவும் நுண்மையான கணியங்களோடு 10 இன் எதிரடுக்குகள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. எனவே, 3000 இல் 1 ஆன திருத்தத்தைக் காட்டுகின்ற 0.00003500 ஐ 3500×10^{-8} என்றெழுதலாம். 3000 இல் 1 ஆன திருத்தத்துக்குப் பதிலாக நூற்றுக்கு 3 வீத திருத்தத்தைக் கொள்ளுமாறு 3.5×10^{-5} என்று அதனை எழுதுதல் பிழையாகும்.

மடக்கைகள் கொண்டு செய்யப்பட்ட கணித்தற் கிரியைகளிற் கொள்ளப்பட்ட அண்ணளவுகளின் வரிசையானது பயன்படுத்தப்பட்ட மடக்கையட்டவணைகளிலுள்ள இலக்கங்களின் தொகையில் தங்கியுள்ளது. நாலிலக்க மடக்கைகளானவை ஏறக்குறைய 2500 இல் 1 ஆன திருத்தத்தை, நாலல்லதைந்து எண்களோடு செய்யப்படுங் கணித்தலிற், தரவல்லன; பெருக்கப்படவேண்டிய அல்லது பிரிக்கப்பட வேண்டிய சினைகளின் தொகை கூடக்கூட அதனால் எழக்கூடிய வழுவுங் கூடிக்கொண்டு போகும். இதனிலும் பத்துமடங்கு திருத்தத்தை ஐந்திலக்க மடக்கைகள் தரவல்லன.

பரும்படியான கணித்தல்களுக்கு (பத்தங்குல) அரக்குஞ் சட்டம் பயன் படத்தக்கது. எனினும், நாலுக்கதிகமான சினைகளைப் பெருக்கினால் அல்லது பிரித்தால், மிக்கவவதானமாக அதைச் செய்தாலன்றி, 500 இல் 1 க்கு மேற்பட்ட திருத்தத்தைப் பெறமுடியாது. அதிகமாக, திருத்தமான கணித்தல்களைச் செய்யுமுன் **பேற்றுப் பருமன் வரிசையைத்** (அல்லது தசமதானத்தின் நிலையை) துணிதற்கு அண்ணளவான கணித்தல்களைச் செய்தல் வேண்டும் ; **அரக்குஞ் சட்டத்தை உபயோகிக்கும்போது,** பிரதானமாகப் பழக்கமில்லாதவிடத்து, **இந்தச் சாவதானம் மிக்க முக்கியமுடையதாகும்.** — ஆம் பக்கத்திலுள்ள கனவளவு V ஐ யுடைய உருளையின் பரிமாணங்களை உபயோகித்து இதற்கோருதாரணங் காட்டலாம். அந்த $V=\frac{\pi}{4}(1\cdot13)^2\times2\cdot37$. பரும்படியாக இதனை $V=1\times1\cdot0\times1\cdot2\times2\cdot5$ அல்லது அண்ணளவாக $V=3$ என்றெழுதலாம். எனவே, இந்தக் கனவளவு 3 கன ச.மீ. இன் வரிசைக்குரியதாகும்.

அரக்குஞ் சட்டம் 237 (5) என்னும் எண்ணைப் பேறாகத் தருகின்றது. இதனை 2.38 கன ச.மீ. என்றுடனே எழுதிவிடலாம். தசமதானத்தின் நிலையை மேற்காணும் பரும்படியான அண்ணளவு நிச்சயிக்கின்றது.

ஒரு பரிசோதனையின் படிகளுக்குள்ள பௌதிகப் பொருள்.—தான் செய்யும் வேலையின் படிகளைப் பரிசோதனை செய்வோன் ஆராய்ந்து ஒவ்வொரு கோவைக்குமுரிய பௌதிகக் கருத்தைக் கிரகித்துக்கொள்ள முயலுதல் வேண்டும். பௌதிகவறிஞனது மனப்பான்மைக்கும், நேர்த்தியானதும் அடக்கமுடையதுமான ஈற்றுக் கோவையை இலக்காகக் கொள்ளுங் கணிதவறிஞனது மனப்பான்மைக்குமுள்ள துலக்கமான பேதமே இதனுள்ளடங்கியிருக்கும் அருத்தமாகும்.

ஒன்றிலொன்று தங்கியிராத பல அளவீடுகளிலிருந்து குறித்தவொரு கணியத்தைத் துணிதற்குரியவொரு பரிசோதனையின் பேறுகளைக் கணிக்குமிடத்து, முறைமையாக, அளந்தறிந்த பல்வேறு கணியங்களைக் கொண்டு அந்தக் கணியத்தைத் தெளிவாகக் கூறுதல் புத்தியான **தன்று.** கணித்தற் செயன்முறையைக் கடினமாக்குவதுமல்லாமல், எண்கணித வழுக்கள் எழச் செய்யக்கூடிய இயல்பையுமுடைய சிக்கலான கோவையே அதிகமாக இந்தச் செயன்முறையின் பேறாகும். இஃதெவ்வாறாயினும், பல்வேறு கணியங்கள் இவ்வாறு தொகுக்கப்பட்டால் அவற்றுக்குண்டாகுங் கருத்துக்கேடு இதனிலும் மிக்க முக்கியமாகக் கவனிக்கத்தக்கது. கணித்தற்படி ஒவ்வொன்றுக்குமுள்ள பௌதிகப் பொருளை மனத்தில் வைத்துக் கொள்ளுதல் வேண்டும். சத்தியோடு தொடர்புடைய பரிசோதனைகள் எல்லாவற்றிலும், பொறிமுறைச் சத்தி, வெப்பச்சத்தி, மின்சத்தி என்பனவற்றுள் எதுவாகவது இருந்தாலும், இந்தப் பொது விதி பிரதானமான முக்கியத்தை உடையதாகின்றது.

இதற்கு விசேடமானவோருதாரணமாக 170 ஆம் பக்கத்திலுள்ள சடத்துவத் திருப்புதிறன் I இனைக் காண்பதற்கான கோவையை நோக்குக. $mgh=\frac{1}{2}I\omega^2+\frac{1}{2}mv^2$ என்னுஞ் சமன்பாடானது தீர்க்கமான மூன்று பௌதிகக் கணியங்களைக் குறிக்கின்றது. இந்தக் கணியங்கள் ஒவ்வொன்றும் ஒரு சத்திக் கணியமாகும் ; சமன்பாட்டை எளிதானவிந்த வடிவத்தில் வைத்திருந்தால் உடனேயதன் பொருள் புலனுகின்றது ; அதுவுமல்லாமல் முதற்றத்துவங்களிலிருந்து தாமதமின்றியதை எழுதிக்கொள்ளலாம். 'I' இனைத் தெளிதக் கூறுதல் சமன்பாட்டின் கருத்தைப் பெரிதுமழித்துவிடும்.

ஞாபகவாற்றலிற் பொருளேதுமில்லாத பாரத்தை அதிகமாகச் சுமத்துகின்ற "சூத்திரங்களை" உபயோகித்தலைத் தவிர்க்கவேண்டும் ; இயன்றவிடத்தெல்லாம் உத்திக் கணக்குக்களின் தீர்வைகளை முதற்றத்துவங்களிலிருந்து யூகித்துச் செய்துகாண முயலுதல் வேண்டும்.

§ 5. வரைப்பட முறைகள்

அறிமுறைப் பௌதிகவியல் பரிசோதனைமுறைப் பௌதிகவியல் இரண்டிலும் வரைப்பட முறைகளின் உபயோகம் பெரும் பயனளிக்கும். **ஒன்றிலொன்று சாராத இரு வேறு** கணியங்களோடு தொடர்புடையவொரு தொடராகப் பரிசோதனையிற் பெற்ற நோக்கற் பேறுகள் இருக்குமிடத்து, அந்தக் கணியங்களுக்கிடையிலுள்ள சார்பை எடுத்துக்காட்டுமொரு **வரைப்படத்தை** வரைதல் வேண்டும். **சாரா மாறி** (x) இல் **சார்ந்த மாறி** (y) சார்ந்திருக்கின்ற விதத்தை அந்த வரைப்படங் காட்டும். வரைப்படத்தாளை நிலைக்குத்துத் தளத்தில் வைத்திருக்கும்போது இடமிருந்து வலமாகச் சாரா மாறியின் பெறுமானங்களைக் கிடைத்தூரங்களாகவும், சார்ந்த மாறியின் பெறுமானங்களை மேலேக்கி நிலைத்தூரங்களாகவுங் குறித்தல் வழக்கமாயிற்று.

தனியூசலில் நடத்தப்படும் பரிசோதனையை இந்த வகைக்குரியவோருதாரணமாகக் காட்டலாம். இந்தப் பரிசோதனையில், நீளம் l ஆகவுள்ளவோரூசலின் அலைவுக் காலம் t அளக்கப்படுகின்றது ; l ஐ எழுந்தமானமாக மாற்றி அதனையொத்த t இன் பெறுமானங்கள் காணப்படுகின்றன. இங்கே சாரா மாறியான l ஐக் கிடையாகவும், t ஐப் பக்கத்தின் அடியிலிருந்து நுணிமட்டுமுள்ள அளவுத் திட்டத்தின்மீதுங் குறித்தல் வேண்டும்.

மாறியைக் கூறுகின்ற அலகுகளையும், மாறியின் பெயரையும் ஒத்த ஆள்கூற்றச்சு நெடுகத் தெளிவாகக் குறித்தல் வேண்டும். தாளில் எவ்வளவுக்குப் பெரிதான இடத்தைத் தேறுகின்ற வரைப்படம் எடுக்கக் கூடுமோ அவ்வளவையும் அது எடுக்கத் தக்கதாக, மாறிகள் ஒவ்வொன்றையுங் குறிப்பதற்கு வேண்டிய அளவுத் திட்டத்தை மிக்க அவதானமாகத்

தெரிந்தெடுத்தல் வேண்டும். மாணவனுடைய குறிப்புப் புத்தகத்திலுள்ள வரைப்படத்தாளைப் போன்றவொரு தாள் இதற்கு உபயோகிக்கப்படுமென்று இங்கு எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றது. பெரியவொரு தாளில் உபயோகிக்கப்படும் அளவுக்கதிகம் பருத்த அளவுத் திட்டத்துக்கு, தற்செயலாக எழுகின்ற நோக்கல் வழுக்களைப் பருப்பித்துக் காட்டும் இயல்புண்டு.

நோக்கற் பேறுகளைக் குறிக்கின்ற புள்ளிகளை, அவற்றைச் சுற்றிச் சிறு வட்டங்களை வரைந்து அல்லது சிறு புள்ளடிகளால் காட்டல்வேண்டும். அதன் பின்பு, புள்ளிகளின் சராசரிப் பரம்பலைக் குறிக்குமாறு **ஒப்பமான**வொரு வளைகோட்டை வரைதல் வேண்டும். இந்தக் கோட்டின் ஒரு புறத்துள்ள புள்ளிகளின் தொகை மற்றைப் புறத்திலுள்ள புள்ளிகளின் தொகைக்குக் கிட்டத்தட்டச் சமமாக இருக்குமாறு எவ்வளவுக்கதை ஒப்புரவாக்கக் கூடுமோ அவ்வளவுக்கு ஒப்புரவாக்குதல் வேண்டும். முதற் கண், வரைப்படத்தையொரு நேர் கோட்டாற் குறிக்க முடியுமோ வென்று சோதித்துப் பார்த்தல் வேண்டும். நீண்டவொரு கண்ணுடிக் கீலத்தில் அல்லது "செலுலோயிட்டுக்" கீலத்தில் வரையப்பெற்ற கோடொன்று இதற்கு வாய்ப்பானது; ஏனெனில், அந்தக் கோட்டின் இரு புறத்து முள்ள புள்ளிகளை, அவற்றினூடாகப் பார்க்கக்கூடும். நேர் கோட்டு வரைப் படங்களைச் சோதித்துப் பார்த்தற்கு இறுக்கமாக ஈர்க்கப்பட்ட வொரு பருத்தியிழையும் பயன்படும். புள்ளிகளுக்கூடாகவொரு நேர்கோட்டை வரைய முடியாதாயின், உதவியின்றிக் கையினுல் அல்லது வளை கோட்டொடு பொருந்துமாறு வளைக்கப்பெற்ற மெல்லியவொரு மரக்கீலங்கொண்டு அந்த வளைகோட்டை வரைதல் வேண்டும்.

தேறுகின்ற வரைப்படமொரு நேர்கோடாயின், m உம் c உம் மாறிலி களாகவுள்ள $y = mx + c$ என்னுஞ் சமன்பாட்டின் வடிவத்தில், மாறி களுக்கிடையிலுள்ள தொடர்பிருக்கும். வரைப்படம் நேர்கோடன்றுயின் வளைகோட்டின் வடிவமானது மாறிகளுக்கிடையிலுள்ள தொடர்பைக் குறிப் பாலுணர்த்தக்கூடும்.

$$y = x,\ y = x^2,\ y^2 = x^3,\ y = x^3,\ y = \text{மடக்கை } x$$

என்பன போன்ற சமன்பாடுகளையொத்த கோடுகளோடு பழகிய மாணவ னொருவனுக்கு, அப்பழக்கமானது, குறிக்கப்பட்டுள்ள நோக்கற்பேறுகளோடு அதிக அண்ணளவாகப் பொருந்தக்கூடிய கோட்டுவகை எதுவென்று காண் பதற்கு வழிகாட்டும். அப்பொழுது, கணியங்களுள் ஒன்றினது **அடுக்குக்களை** மற்றையதற்கெதிரே குறிக்க, நேர்கோடொன்று வரக்கூடும். அன்றேல், ஒரு கணியத்தின் மடக்கையை மற்றையதற்கெதிரே, அல்லது அதன் மடக்கைக் கெதிரே, குறித்தும் நேர்கோடொன்றைப் பெறலாம். 43 ஆம் பரிசோத னையை— நிலைத்தவொருகப்பிக்கு மேலாகச் செல்லுங்கயிற்றின் உராய்வு (111 ஆம் பக்கம் பார்க்க.) நேர்கோட்டு வரைப்பட மொன்றைப் பெற்றவுடன் எடுத்துக்கொண்ட பௌதிகக் கணியங்கள் இரண்டுக்கு மிடையிலுள்ள தொடர்பை அட்சர கணிதக் கோவையொன்றுற் கூறுதல் சாலும்.

எண்கணிதக் கணித்தல்களில் எழுகின்ற வேலைப்பாட்டிலும் பன்மடங்கு குறைவான வேலைப்பாட்டுடன் வரைப்பட முறைகளின்படி பேறுகளைப் பெற லாம். இந்த நூலில் எடுத்தாண்டிருக்கும், 97–105, 290, 295, 335 ஆம் பக்கங்களிற் காணப்படுகின்றன போன்ற, உதாரணங்களை நோக்குதல் வேண்டும்.

§6. பௌதிகவளத்தல்களில் உபயோகிக்கப்படுகின்ற அலகுகள்

எண்ணும் அலகும் என்னுமிரு பகுதிகளாலாயவொரு சொற்றொடரினுல் எந்தக் கணியத்தினது அளவுங் கூறப்படும். எனவே, 12 என்னும் எண்ணுஞ் செக்கனுமிய காலவலகுங் கொண்டது '12 செக்கன்' ஆகும். பௌதிகவளவைகளில் எடுத்தாளப்படும் பல்வேறு கணியங்கள் ஒவ்வொன் றுக்கும் அலகொன்று தேவை. என்றலும், சில கணியங்களை வேறு சில கணியங்கள் கொண்டு கூறலாம்; உதாரணமாக, குறித்தவொரு நேரத்திற் கடக்கப்பட்ட தூரத்தைக்கொண்டு கதியை நாங்கூறலாம்; அன்றியும், நீள வலகுக்குங் காலவலகுக்கும் எளிதானவொரு தொடர்பு பூண்டுள்ள அலகு களிற் கதியை அளத்தல் வாய்ப்புடைத்தென்பது வெளிப்படை. நிலையியக்க வியலிற் காணப்படும் பௌதிகக் கணியங்கள் எல்லாவற்றையும் தெரிந்தெடுக் கப்பட்ட மூன்று கணியங்களைக் கொண்டு கூறலாம். இந்தக் கணியங்களுக் குரிய சாராவலகுகள் மூன்றும் **அலகுத் தொகுதியின் முதலலகுகள்** எனப் படும். இந்தத் தொகுதியின் மற்றையலகுகள் **வழியலகுகள்** எனப்படும்.

விஞ்ஞான வேலைக்குத் தெரிந்தெடுக்கப்பட்ட முதற்கணியங்கள் **நீளம், திணிவு, காலம்** என்பன. இந்தக் கணியங்களோடு உபயோகிக்கப்பட்டுவரு கின்ற அலகுகள் முறையே **சதமமீற்றர், கிராம், செக்கன்** என்பனவாகும். எனவே, இத்தொகுதி **ச.கி.செ.** அலகுத்தொகுதி என வழங்கப்படுகின்றது.

சதமமீற்றர் எனப்படுவது **பாரிசு** நகரிற் பேணிவைக்கப்பட்டிருக்கின்ற வொரு பிளாற்றினக் கோலின் அந்தங்களுக்கிடையிலுள்ள தூரமென்று வரைவிலக்கணங் கூறப்படுகின்ற மீற்றரின் நூற்றிலொரு பாகமாகும்.

கிராமெனப்படுவது பாரிசு நகரிற் பேணிவைக்கப்பட்டிருக்கின்றவொரு பிளாற்றினவுருளையின் திணிவான கிலோக்கிராமின் ஆயிரத்திலொரு பாக மாகும். ஒரு கனத் தசம மீற்றர் (1000 கன ச.மீ., அல்லது இலீற்றர்) காய்ச்சி வடித்த நீர் அதன் உயர்வடத்தி வெப்பநிலையிலிருக்கும்போது அதற்குள்ள திணிவுக்குச் சமமான திணிவாகக் கிலோக்கிராம் இருத்தல் வேண்டுமென்று கருதப்பட்டுளது. ஆதலால், 4° C. இலுள்ள 1 கன ச.மீ. இன் திணிவு கிட்டத்தட்ட 1 கிராமாகும்.

செக்கன் எனப்படுவது தனதச்சிற் புவி சுழலுகின்ற நேரத்தினுல் நிச்சயிக்கப்படுகின்ற ஞாயிற்றுநாளின் 1/86400 பாகமென்று வரை விலக்கணங் கூறப்படுகின்ற சராசரி ஞாயிற்றுச் செக்கனுகும்.

சர்வதேச மூலப்பிரதி மீற்றர் என்பதற்கு வெட்டு முகம் ஏறக்குறைய × வடிவமாகவுள்ளவொரு பிளாற்றினம் இரிடியச் சட்டமொன்றிற் செதுக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு கோடுகளின் மையங்களுக்கிடையில் பனிக்கட்டியின் உருகுநிலையிலுள்ள தூரமென்று வரைவிலக்கணங் கூறப்படுகின்றது.

சர்வதேச மூலப்பிரதிக் கிலோக்கிராம் எனப்படுவது குறித்தவொரு பிளாற்றினம்—இரிடியமுருளை யொன்றின் திணிவாகும்.

பாரிசு நகரத்துக் கணித்தான சேய்வர் என்னுமிடத்திலுள்ள நிறையோடளவைச் **சர்வதேசக் கந்தோரில்** இந்த நியமவகைகள் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

ச. இ. செ. தொகுதியிலும் **மீற்றர், கிலோக்கிராம், செக்கன்** என்பன வற்றை ஆதாரமாகக் கொண்டுள்ள **மீ. கி. செ.** தொகுதியானது சில கருமங்களுக்கு வாய்ப்பானது.

மீ. கி. செ. தொகுதியில் சத்தியலகு **சூல்** ஆகும் ; சத்தியுறுப்புக்களில் அளக்கப்பட்ட வெப்பவலகாக இதனைக்கொள்ளுதல் நன்று. **சூல்** என்பதற்கு இன்னுமொரு முக்கியமான நயமுண்டு. ; அதாவது, மின்னியலில் உபயோகிக்கப்படுகின்ற கூலோம் உவாற்று, இரண்டையும் ஆதாரமாகக்கொண்ட **செய்முறையலகுத்** தொகுதியோடுபயன்படுத்துதற்கு அது உதவும் என்பதே.

அதிகாரம் II

அடிப்படைக் கணியங்களை அளத்தல்

§ 1. திணிவை அளத்தல்

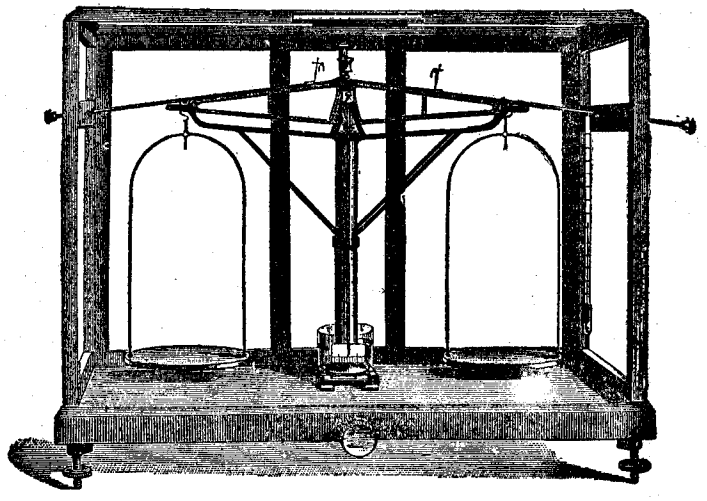
தராசு

ஒரு நெம்புகோல் மீது இரண்டு விசைகள் உளற்றுகின்ற திருப்புதிறன்கள் சமமாகவும் எதிராகவும் இருக்குமாறு அந்த விசைகளைச் சமமாக்குதலைக் கொண்டதே **பொதுத்தராசு** கொண்டு திணிவை அளத்தலாகும். இவ்வாறு செய்தால், அந்த விசைகள், சமாந்தரமாக இருக்குமிடத்து, நெம்புகோலின் சுழலிடத்திலிருந்து அவற்றின் பிரயோகப் புள்ளிகளிருக்குந் தூரங்களுக்கு நேர்மாறு விகிதசமமாக இருக்கும். **ஒரு தராசினது வளையைத் தாக்குகின்ற விசைகளானவை அந்த வளையிலே தொங்கிக் கிடக்கின்ற திணிவுகளின் நிறைகளாகும்.** ஆகவே, இந்தத் **திணிவுகளின்** நிறைகளுக்குள்ள விகிதம் இவ்வாறு துணியப்படுகின்றது. என்றாலும், ஒரு பொருளின் நிறை அதன் திணிவுக்கு விகித சமமாதலினால், **திணிவுகளின்** விகிதம் நிறைகளின் விகித்தத்தின் அதே அளவினதாகும் அல்லது **ஒரு தராசின் வளை சமநிலையிலிருக்கின்றபோது அதிற் றொங்கியிருக்கும் திணிவுகளின் விகிதமானது அவை தொங்கியிருக்கின்ற 'புயங்களின்' விகிதத்துக்குத் தலை கீழானதாகவிருக்கும்.**

பொதுத் தராசைநோக்கு மிடத்து அதன் துலாவானது சிலவேளைகளில் தீராந்தி அமைப்பையுடைய விறைப்பானவொரு கோலாகும். இத்துலாவானது தராசுத் தூணினது உச்சியிலுள்ள தட்டையான தட்டுக்களின் மீதிருக்குங் **கத்தியோரங்களில்** தாங்கப்பட்டிருக்கும். துலாவினிரண்டந்தங்களிலுந் தராசுத் தட்டுக்களைத் தொங்கவிடுதற்காகக் கத்தியோரங்கள் ஏற்றிவைக்கப்பட்டிருக்கின்றன ; துலாவினது பாகங்கள் இரண்டும் **புயங்கள்** எனப்படும். தராசின் புயங்களானவை தீர்க்கமான நீளமுடையனவாக இருத்தற்பொருட்டு சுழலிடத்துக்குந் தராசுத் தட்டுகளின் தொங்கு புள்ளிகளுக்கும் கத்தியோரங்கள் உபயோகிக்கப்படல் வேண்டும். சமமாக்கப்பட்டபோது தராசுத்தட்டுக்களிலுள்ள திணிவுகளுக்குரிய விகிதத்துக்குத் தலைகீழான விகிதமுடையனவாகத் தராசின் புயங்கள் இருக்குமாதலின், இந்த விகிதத்தைத் திருத்தமாக அறியவேண்டுமென்பது தெளிவாகின்றது ; எனவே, தீர்க்கமான நீளங்களையுடையனவாகப் புயங்கள் இருத்தல் வேண்டும். சாதாரணமாக இந்த விகிதஞ் சமவிகிதமாக இருக்குமெனினும், இடைக்கிடையே 10 இற்கு 1 ஆன விகிதமும் உபயோகிக்கப் படுகின்றது.

ஓரளவதிகமான பாரத்தைக் கத்தியோரங்கள் தாங்கவேண்டியிருத் தலி னால், மிக்க வன்மையான திரவியத்தினால் அவை ஆக்கப்படுதல் வேண்டும். அப்படி ஆக்கப்படின் தராசுக்குப் பாரத்தை ஏற்றும்போது அவை உரு வழியாதிருக்கும். மத்திம திருத்தமுடைய தராசுகளின் கத்தியோரங்களுக்கு வல்லுருக்கை உபயோகிப்பர். ஆனால், விஞ்ஞான வேலைக்கான நொய் மையிற் கூடிய தராசுகளுக்கு அகேற்றைப் பயன்படுத்துவர். கத்தியோ ரங்களின் தேய்வைக் குறைத்தற்காக, உபயோகிக்கப்படாது தராசிருக்கும் போது, துலாவைக், கத்தியோரத் தாங்கிகளிலிருந்து உயர்த்திப், பித்தளைக் கவரொன்றில் தாங்கப்பட்டிருக்கும் பித்தளைச் சட்டமொன்றின் மீது ஒய்ந்தி ருக்கும்படி நெம்புகோலொன்று அமைக்கப்பட்டிருக்கும். தராசுத்தட்டுக்க ளின் பாரமானது துலாவினந்தங்களிலுள்ள கத்தி யோரங்கள் மீது ஒய்ந்தி ருக்காவண்ணம் தட்டுக்களை இதே நெம்புகோல் உயர்த்தும். இந்த அமைப் பைத் தராசின் **தடுப்புக் கருவி** என்பர்.

தராசை நகர்த்து முன்னர் அல்லது தட்டுக்களிலுள்ள நிறைகளை மாற்று முன்னர், கத்தியோரங்கள், ஒடிதலை அல்லது வேறேதும் விதமாக உருவழி தலைத் தவிர்க்கும் பொருட்டுப் பித்தளைக்கவரில் தங்கும்படி துலாவை உயர்த் துதல் அன்றேல் தாழ்த்துதல் வேண்டும். இதே நிமித்தமாக துலாவை உயர்த்துதலேதுயுந் தாழ்த்துதலையும் **மெதுவாகவே** செய்தல் வேண்டும்.



உருவம் 1.—உணர் தராசு.

பெரும்பாலும் பொதுத் தராசின் புயங்கள் ஒன்றுக்கொன்று சரிசம மென்று கொள்ளலாம். ஆதலினால், "நிறுக்கப்படுந்" திணிவானது அதனைச் சமமாக்குதற்கு வேண்டிய "நிறைகளின்" திணிவுக்குச் சம

மென்று கொள்ளலாம். சரிசமமாகப் புயங்கள் இருக்காதவிடத்தும் பெரும் பான்மையான பரிசோதனைகளின் திருத்தமானது, நிறைகளை ஒரே தட்டி லும் அறியாத திணிவை மற்றைத் தட்டிலும் எப்போதும் வைத்து நிறுத்தலால், எள்ளளவேனுந் தாக்கப்படாது. இப்படிச் செய்தால், உபயோகிக்கப்பட்ட 'நிறைகள்' அறியாத திணிவுகளுக்குச் சமமானவையல்ல வெனினும், அவையிரண்டுக்கு மிடையில் மாறு **விகிதம்** ஒன்றைத் தரும். பெரும்பான்மையான பரிசோதனைகளில், உபயோகிக்கப்படும் நானாவிதத் திணிவுகளின் **விகிதமே** வேண்டப்படுமாதலின், உள்ளபடியான பேறு தாக்கப்படமாட்டாது.

வலது பக்கத் தட்டில் நிறைகளையும் இடதுபக்கத் தட்டில் அறியாத திணிவையும் எப்பொழுதும் வைத்து நிறுத்தல் வேண்டுமென்பது நல்ல வொரு விதியாகும்.

திணிவுகளை ஒப்பிடும்போது, துலாவையுந் தட்டுக்களையும் பாரமேற்ற ப்படாது அவையிருக்கையில் சமமாக்குதல் இன்றியமையாதது. சமமாக்கிய பின்னர், மீண்டும் துலா சமநிலைக்கு வருமளவுந் திணிவுகளைச் சமப்படுத் தும்போது இரண்டு தட்டுக்களிலுமுள்ள திணிவுகள் ஒன்றுக்கொன்று சமமென்று கொள்ளலாம். துலாவானது சமநிலையிலிருக்கும்போது இடை யாக ஒய்ந்திருக்கும், அன்றேற் கிடையான நிலையைப்பற்றி அலைவுறும். இதனைச் சோதித்தறிதற்கு, துலாவில் விறைப்பாக நிலைப்படுத்தப்பட்ட நீண்டவொரு காட்டியுண்டு. துலாவைத் தாங்கிநிற்கின்ற தண்டொடு பொ ருத்தப்பெற்ற சிறியவோரளவுத் திட்டத்துக்கு மேலாக இந்தக் காட்டியின் நுனி அசைந்துகொண்டிருக்கும். கிடையாகத் துலாவிருக்கும்போது, சிறிய வந்த அளவுத்திட்டத்தின் நடுவைப்பற்றிக் காட்டியின் நுனி அலைந்து கொண்டிருக்கும். இவ்வாறு துலாவின் கிடைநிலையைச் சோதித்தறிதற்கு உணர்முறையொன்றுண்டு. தராசுக்குப்பாரமேற்று முன்னர், மட்டஞ்செய் யுந் திருகாணிகள் கொண்டு தராசுப்பெட்டியை இந்த ஆய்கருவியோடு இணைக்கப்பட்டிருக்குங் குண்டுநூல் அல்லது நீர் மட்டங் கொண்டு சோதித் தறியப்பட்டபடி, அதனடித் தளங்கிடையாகக் கிடக்குமாறு, மட்டமாக்குதல் வேண்டும். அதன் பின்னர், கத்தியோரங்களில் ஒயந்திருக்குமாறு துலா வை விடுவித்துக் காட்டி நுனியினியக்கத்தை நோக்குதல் வேண்டும். வழக் கமாக, அளவுத்திட்டத்தின் சரிநடுவைப்பற்றி இந்த அலைவுகள் இருப் பதில்லை. ஆனாலும், மையத்திலிருந்து சராசரிநிலை தூரத்திலில்லாதி ருக்குமேயானால், மேலுஞ் செப்பஞ்செய்யாது, **பாரமேற்றப்படாதிருக்கும் போது எந்த நிலையைப்பற்றி காட்டி அலைகின்றதோ ஏறக்குறைய அந்த நிலையைப்பற்றி அது அலையுமட்டும் நிறைகளைச் செப்பஞ்செய்து தராசைப் பயன்படுத்தலாம்.** இதனைப் **பொய்ப் பூச்சியத்தொடு** வேலை செய்தல் என்பர்.

தராசு பாரமேற்றுதிருக்கும் பொழுது மையத்திலிருந்து பல பிரிப் புக்களுக் கப்பாலுள்ளவொரு சராசரிநிலை காட்டிக்கு உண்டெனில், நிறுக்கத் தொடங்கு முன்னர் இதனைத் திருத்துதல் நயமுடைத்து. துலா வினுரைந்தத்தோடு பொருத்தப்பட்டுள்ள திருகாணியின் மீது சிறியவொரு சுரையை அரக்கி, அல்லது துலாவின் மீது ஏற்றப்பட்டுள்ள "கொடி" யினது நிலையை மாற்றி இவ்வாறு செய்யலாம். **தராசுகளோடு பழகு மளவும் மாணவன் இதனைச் செய்ய முயலலாகாது. தராசின் உறுப்பு எதனையும், விசேடமாகக் கத்தியோரங்களை, சேதப்படுத்தாது அவதான மாக இதைச் செய்தல்வேண்டும்.**

பாரமேற்றப்படாது தராசிருக்கும்போது பூச்சியநிலையைப்பற்றிக் காட்டி அலையுமாறு செய்து, அன்றேல், பொய்ப்பூச்சியத்தைத் துனிந்து, துலாவை இறக்கி, அறியாத திணிவை மெதுவாக இடது தட்டில் வைத்தல் வேண்டும். பின்பு, நிறைப்பெட்டியிலிருந்து நிறைகளை எடுத்து, பெருநிறைகள் முன னுஞ் சிறு நிறைகள் பின்னுமாக, வலது தட்டில் வைத்தல்வேண்டும். **நிறைகளை வைத்தற்கு அன்றேல் எடுத்தற்குத்தட்டைத் தொடுமுன்னர் துலாவை இறக்கவேண்டும்.** நிறைகள் மிகவும் சிறியனவாயினும் இந்த விதிப்படி ஒழுகத் தவறலாகாது. சமநிலையுண் டாவென்று முதற் கண் சோதிக்கையில் துலாவை முற்றுக உயர்த்த வேண்டியதில்லை. துலா எழத்தொடங்கியதும் சமநிலையின்மை வெளியாகும். சதமகிராம் நிறைகளை உபயோகிக்குமளவும் துலாவை முற்றுக உயர்த்த வேண்டிய தில்லை.

சில நிறைப்பெட்டிகளில் ஒரு சதமகிராமிலுஞ் சிறிய நிறைகள் கிடை யா. மில்லிக்கிராங்களளவுக்கு அல்லது அவற்றினுஞ் சிறிய நிறைகளுக்குப் போவதற்கு "ஏறி," யொன்று உபயோகிக்கப்படும். இந்த ஏறி தராசுத் துலானவின் மீது ஏறிச் செல்லுமாறு வளைக்கப்பெற்றவொரு கம்பியா கும். வழக்கமாக, அதன் திணிவு 1 சதமகிராமாகவிருக்கும். புயத்தினது நீளத்தின் பத்திலொரு பாகங்களாகத் துலா பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். வேண் டிய சமநிலை சரியாக வருமளவும் ஏறியைச் செப்பஞ் செய்தபோது அது விருக்கும் நிலை குறித்துக்கொள்ளப்படும். ஒரு சதமகிராம் திணிவுள்ள ஏறியானது, புயத்தின் நீளத்தின் பத்திலொரு பங்கு தூரத்திலிருக்கும் போது, அந்தத்திலுள்ள தட்டில் வைக்கப்பட்ட ஒரு மில்லிக் கிராமின் வலுவையுடையதாகு மென்பது தெளிவு; மேலும் இவ்வாறேயென்க. எனவே 1 சதமகிராங்கொண்டு 1 மில்லிக்கிராம் அல்லது அதனிலுங் குறைந்த அளவுக்கு, இவ்விதமாகத் தராசுப்புயம் பிரிக்கப்பட்டிருக்க, இந்த வரிசைக்குரிய வித்தியாசத்தைக் கண்டுபிடிக்கக்கூடிய அளவுக்கு உணர்திறனுடைய தாகத் தராசு இருந்தால், ஒரு பொருளின் நிறை யைத் துணியலாம்.

நிறைகளோடு உபயோகிக்கப்படுகின்ற தராசில் எவ்வளவு அவதானத் தைச் செலுத்த வேண்டுமோ அவ்வளவு அவதானத்தை நிறைபெட்டி யிலுஞ் செலுத்துதல்வேண்டும். ஒரு "நிறையின்" திணிவை அரிப்பு அல்லது ஒட்சியேற்றம் மாற்றும். ஆதலின், அமிலங்கள், இரசம், நீர்என் பனவற்றோடு நிறைகள் முட்டிக்கொள்ளாவண்ணம் மிக்க அவதானமாக அவற்றைக் காப்பாற்றல் வேண்டும். பெருநிறைகளுளொன்று அரிப்பி னல் மில்லிக்கிராமிலுங் கூடிய அளவுக்குப் பிழையாகவிருக்க 1 மில்லிக் கிராமளவுக்கு நிறுத்தல் பொருளற்றதென்பது வெளிப்படை. திருத் தமான நிறைப்பெட்டி எதுவாயினும் அதனிலுள்ள நிறைகள் எல்லா வற்றையும், அவை பெருநிறைகளாயினென் சிறு நிறைகளாயினென், சாவணங்கொண்டு தூக்கவேண்டும். சிறு நிறைகளை வளைத்தலாகாது; தூக்குதற்காக மேலேக்கி வளைக்கப்பட்டிருக்கும் மூலையில் அல்லது பக்கத் திற் பிடித்து அவற்றைத் தூக்கவேண்டும். சிறு நிறைகளை, இலகுவாக அவற்றைக் கையாளுதற்காக, தராசுத் தட்டிலே பெருநிறைகள் மீது வைக்கலாம்.

பரிசோதனை எதனிலும் உபயோகிக்கப்படும் நிறைகள் எல்லாம் இயன் றமட்டும் ஒரே பெட்டியிலிருந்து எடுக்கப்படல் வேண்டும். இரண்டு நிறைப் பெட்டிகளைப் பயன்படுத்தவேண்டுமெனில் அந்தந்தப் பெட்டிக்குரிய நிறைக ளெல்லாம் அந்தந்தப் பெட்டிக்குள்ளேயே மீட்டும் வைக்கப்படல் வேண்டும்.

ஒரு பொருளை "நிறுத்ததும், நிறைகளைக் கணக்கிடுகையில், தராசுத் தட்டில் அவையிருக்கும் போதே அவற்றை எண்ணிக் கணக்கிட்டு மொத் தத்தைக் குறிப்புப் புத்தகத்திற் பதிதல் வேண்டும். ஒவ்வொன்றுக அவற் றையெடுத்துப் பெட்டியினுள்ளே வைக்கும்போது மொத்தத்தைச் சரி பிழை பார்த்தல்வேண்டும்; இவ்வாறு செய்து வழுவேதுமிருக்கக் கண் டால் அதைத் திருத்திக்கொள்ளலாம். இந்தச் சாவதானத்தை அனுட் டிக்கத்தவறினுல், பலமுறைகளில் நிறுத்தலை மீட்டுஞ் செய்யவேண்டி வருவதுமல்லாமல் ஒரு பரிசோதனை முழுவதும் பாழாகிப்போகவுங்கூடும்.

நிறுத்தற்கு எடுத்துக்கொண்ட பொருளின் வெப்பநிலையும் நிறுக்கும் அறையின் வெப்பநிலையும், மதிக்கக்கூடிய அளவுக்கு மேற்காவுகையோட் டங்கள் வளியிலே எழுகின்றனவாதலினுல், வேறுபடுமிடத்து, அந்தப்பொரு ளின் நிறையைத் திருத்தமாகத் துணிதல் சாத்தியமன்று. வளிமண்டலத் திலும் பொருள் கூடியகுளிருடையதாக இருக்குமாயின், அதன்மீது ஈரம் ஒடுங்கிப்படிய, நோக்கிப்பெற்ற நிறை அளவுக்குமிஞ்சிப் பெரிதாகவிருக்கும்.

அரிக்குந்திரவம் எதனையும், நன்கடைக்கப்பட்டுள்ள கலத்தினுளன்றி, தராசினுள்ளேயிருக்க விடக்கூடாது; திரவங்கொண்ட கலமெதுவாயினும் அதனைத்தராசுத் தட்டிலே வைக்குமுன்னர் அதன் வெளிப்புறத்தைச் சுத்த மாகத் துடைத்தல்வேண்டும்.

பரிசோதனை 1. தராசுகொண்டு ஒரு பொருளின் திணிவைத் துணிதல்.—மட்டப்படுத்தும் திருகாணிகள் கொண்டு தராசுப்பெட்டியை மட்டப்படுத்துக. துலாவை விடுதலையாக்குமாறு தடுப்புக் கருவியின் கைப்பிடியைத் திருப்பி, கத்தியோரங்களிற் கட்டுப்பாடின்றி வளை ஒய்ந்திருக்கச் செய்க. துலா ஊசலாடத் தொடங்காவிடில், தட்டுக்களுள் ஒன்றின் மேலாகக் கையை வேகமாக வீசி மென்மையான காற்றோட்ட மொன்றைத் தொடக்குக. ஒரு பக்கத்திலிருந்து மற்றைப் பக்கத்துக்கு மாறி மாறித் துலா ஊசலாட, அளவுத்திட்டத்தின் மேலே காட்டிக்குள்ள சராசரி நிலையை நோக்கியறிக. அறியாத திணிவை இடதுபக்கத் தட்டிலும், அதனையொத்த நிறையென்று மதிக்கக்கூடிய நிறையை வலது பக்கத்தட்டிலும் வைக்க. துலாவை விடுதலையாக்கி நிறை மிகப் பெரிதோசிறிதோவென்று குறிக்க. பெரிய நிறைகளோடு தொடங்கி ஒழுங்காகச்சிறிய நிறைகளுக்குப் போய் நிறுத்தலைத் தொடர்ந்துசெய்க. நிறைகளை இடுமுன்னர் அல்லது எடுக்குமுன்னர் தராசினசைவை நிறுத்த ஒரு போதும் மறக்காதீர். தொடக்கத்திலிருந்தது போல அதே சராசரி நிலையைப்பற்றி, காட்டியானது ஊசலாடும்போது, தடுப்புக்கருவியினால் அசைவை நிறுத்தி, தராசுத்தட்டில் நிறைகள் இருக்கையிலேயே அவற்றை எண்ணிக் கணக்கிட்டுப் பேற்றைப் பதிந்துகொள்க. பெட்டியிலுள்ளே நிறைகளுக்குரிய இடங்களில் அவற்றை எடுத்து வைக்கும் போது மீட்டுமெண்ணுக. இவ்வாறு, **A, B** என்னும் இரண்டு பொருள்களின் திணிவு, களைத் துணிக. இந்தப் பொருள்கள் இரண்டையும் ஒன்றுக நிறுத்து வரும் பேறுனது தனித்தனியே அவற்றுக்குள்ள நிறைகளின் கூட்டுத் தொகையாவென்று பார்த்துச் சரிபிழை காண்க.

திருத்தமான நிறுத்தலைப் பற்றிய குறிப்புக்கள்

அலைவுகளைக் கொண்டு நிறுத்தல்.— வழக்கமாக, 20 பிரிப்புக்களையுடைய வோரளவுத்திட்டத்தின் மேலாகத் தராசுக்காட்டி இயங்குகின்றது. இடது பக்கத் தந்தத்திலிருந்து இந்தப் பிரிப்புக்கள் இலக்கமிடப் பட்டிருக்கின்றனவென்றும், மத்திய குறியை 100 என்றும் வலப்பக்கத்தந்தத்திலுள்ள குறியை 200 என்றுங் கொள்ளத்தக்கதாக ஒவ்வொரு பிரிப்பும் 10 கீழ்ப்பிரிப்புகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றனவென்றுங் கற்பனை செய்க.

முதற்கண், **பூச்சியப் புள்ளியை** அல்லது பாரமேற்றப்படாதிருக்கும் போது துலாவுக்குரிய ஒய்வுநிலையைத் துணிதல் வேண்டும். இதனைச் செய்தற்கு தராசுத்தட்டுக்களிற் பாரமேதும் இல்லாதிருக்கும்போது துலாவைக்கட்டின்றி ஊசலாட விடல் வேண்டும். " திரும்பற் புள்ளிகளின் "அடுத்து வரும் ஐந்து அளவீடுகள் குறிக்கப்படுகின்றன. இவற்றுள் மூன்று ஒரு பக்கத்தில் அடுத்து வரும் உயர்வூசலாட்டங்களாகவும் மற்றையிரண்டும் அவற்றினிடையே மற்றைப் பக்கத்தில் நிகழுகின்ற உயர்வூசலாட்டங்களாகவு மிருக்கும். ஒரு பக்கத் தூசலாட்டங்கள் மூன்றினதுஞ் சராசரியையும் மற்றையூசலாட்டங்கள் இரண்டினதுஞ் சராசரியையும் எடுத்தல் வேண்டும். இவ்வாறு பெற்ற சராசரிகள் இரண்டுக்கும் இடைநடுவே பூச்சியப்புள்ளியிருக்கும்.

இடதுபக்கத் தட்டில் வைத்து, முன்பு விளக்கப்பட்டிருப்பது போல (16—20 ஆம் பக்கங்கள்), பொருள் நிறுக்கப்படும். சதமக்கிராமேறி ஒரு பிரிப்பிலிருக்கும் போது, காட்டி பூச்சியப்புள்ளிக்கு வலப்பக்கத்திலும், அடுத்த பிரிப்பிலிருக்கும்போது காட்டி பூச்சியப்புள்ளிக்கு இடப்பக்கத்திலும் இருக்குமட்டும், பிரிக்கப்பட்ட துலாமீது ஏறியை வைத்துநகர்த்த வேண்டும். ஏறியினது இந்த நிலைகள் ஒவ்வொன்றுக்கும், பூச்சியத்தைக் காண்பதற்குச் செய்யுமாறுபோல, திரும்பற் புள்ளிகளின் அளவீடுகள் ஐந்தை எடுத்து, தராசினேய்வுநிலை துணியப்படும். " **விகிதசமக் கூறுகள்** " முறைப்படி **மில்லிக்கிராமின்** பின்னக் கூறளவுக்குப் பொருளின் நிறையைக் காணலாம்.

உதாரணமாக, ஒய்வுப்புள்ளிகள் பின்வருமாறென்று எடுத்துக்கொள்வோம் :—

வெறுமையான தராசு	..	112
47.634 கிராம் பாரமேறியிருக்கும் போது	..	114
47.635 கிராம் பாரமேறியிருக்கும் போது	..	98

பின்னவையிரண்டுந் தராசின் **உணர்திறனை**, அதாவது 1 மில்லிக்கிராமுக்குக் காட்டியின் திரும்பல் 114—98=16 பிரிப்புகளாமென்பதை, தருகின்றன. 47.634 கிராம் பாரத்தைத் தராசில் ஏற்றியபோது பூச்சியப் புள்ளியிலிருந்து 2 பிரிப்புக்களின் தூரத்தில் ஒய்வுப்புள்ளி இருக்கின்றது. 2/16 ஐ ஒத்த வித்தியாசம்=0.125 மி. கிம். இந்த நிறையை வலப்பக்கத்தட்டிலுள்ள நிறையோடு சேர்த்தால், பாரமேற்றப்பெற்ற தராசானது பூச்சியப்புள்ளியைப்பற்றி ஊசலாடும்.

இவ்வாறு பொருளின் நிறையாகப் பெற்றது 47.6341 (2) கிம். ஆகும்.

திரும்பற் புள்ளிகளுள்ள இடங்களின் அளவீடுகளை எடுத்தலை இலகுவாக்குதற்குத் தாழ்வலுநுணுக்குக் காட்டியொன்று சிலவேலைகளில் தராசுப்பெட்டியின் முகப்பில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

பிரதியீடுசெய்து நிறுத்தல்.—இயன்ற அளவுக்குப் பொருளைச் சமநிறையாக்கும் முறையொன்றைப் **போர்டா** (Borda) என்பவர் பிரயோகித்தார். சமநிறையாக்கிய பின்னர், பொருளை நீக்கி அதுவிருந்த இடத்தில் நியமநிறைகள் வைக்கப்படும். தராசானது, அதன் பூச்சியப்புள்ளியைப்பற்றி மீட்டும் ஊசலாடும் போது, தட்டிலுள்ள நிறைகளும் பொருளின் நிறையும் ஒரே திணிவையுடையனவென்பது பிரத்தியட்சம்.

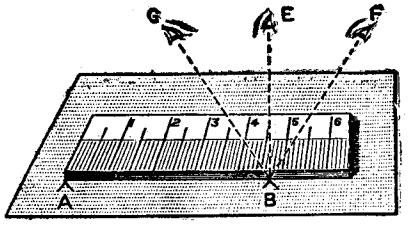
இரட்டை நிறுத்தல்.— கோசின் (Gauss) முறையில், முதலாக இடது பக்கத் தட்டிலும் இரண்டாவதாக வலதுபக்கத் தட்டிலும் பொருள் வைத்து நிறுக் கப்படும். இவ்வாறு துணியப்பட்ட நிறைகளை A உம் B உம் குறிக்கின்றன வாயின், உண்மையான நிறையை $W = \sqrt{AB}$ தருகின்றது.

தராசுப்புயங்களின் சமமின்மையிலிருந்து எழுகின்ற வழுவேதுமுண்டேல் அதனை இந்த முறைகளிரண்டும் நீக்கிவிடுகின்றன.

§ 2. நீளத்தை அளத்தல்

பௌதிகவியலைக் கற்கும் மாணவன் செய்யவேண்டிய மிக்கவெளிதான அப்பியாசம் நீளத்தை அளத்தலாக ஒரு வேளையிருக்கலாம். திட்டமான விஞ்ஞான வேலை எதனையுந் தொடங்குமுன்னர் நீளவளவுத்திட்டங்க ளோடு பழகியிருக்காதாரிலர். என்றலும் வெவ்வேறு விதமான அள வைக்கு வேண்டிய திருத்தம் மிக்க வேறுபாடுடையது. வகைக்குரிய உதா ரணங்களில் பலதரமானவிந்தத் திருத்தத்தைப் பெறும் முறைகளைப்பற்றி நாம் சிந்தித்தல் வேண்டும்.

நீள அளவை எதுவாயினும் அதற்கு **இரண்டு** நோக்கற் பேறுகளைப் பெறல் வேண்டுமென்பதை இங்கு நாம் குறித்துக்கொள்ளுதல் வேண்டும். இவற்றுள் ஒன்றை அளக்கப்படும் நீளத்தினெல்லைத்தத்திலும், மற்றை யதை மற்றையந்தத்திலும் நோக் கிப் பெறல் வேண்டும். ஆதலால், நீளத்தின் பெறுமானத்தில் உண் டாகக்கூடிய வழுவானது ஒவ்வொரு நோக்கற் பேற்றினதும் **வழுவினிரு** மடங்காகும்.

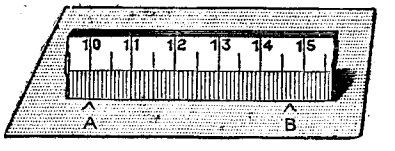


உருவம் 2.—இடமாறு தோற்ற வழு.

சாதாரணமான தராசு கொண்டு பெற்ற நோக்கற்பேறுகளின் திருத் தத்துக்கு எல்லையுண்டு. ஏனெனில், பிரிக்குங் கோடுகளுக்கு முடிவுள்ள தடிப்புண்டு ; அதுவுமல்லாமல், 0.1 மி. மீ. இலும் கிட்டிய அண்ணள வுக்குப் பிரிப்புக்களின் பின்னக் கூறுகளைக் கண்கொண்டு மதிப்பிட முடியாது. ஆதலின் சாதாரணமான அளவுத்திட்டங்கொண்டு மதிப்பிடப் பட்ட நீளம் எதனிலும் ஏறக்குறைய 0.2 மி. மீ. இலும் பெரிதான திருத்தம் வேண்டப்படுமாயின், கண்களுக்குத் துணைசெய்யும் ஆய்கரு வியை உபயோகிப்பதும், அளவுத்திட்டத்திலுள்ள பிரிப்புக்களைக் குறிக்குங் கோடுகள் நுண்மையானவையாக இருத்தலும் இன்றியமையாதன. சாதா ரணமான அளவுகோலை உபயோகித்தலில் எழுகின்ற வழுவானது, அளவு

கோலைப் "பாடாக" வைத்தளந்தால், 0.2 மி. மீ. இலும் பெரிதாகவும் இருக்கலாம். ஏனெனில், கோலுக்குத் தடிப்புண்டாதலின் (உருவம் 2) புறக்கணிக்கக்கூடாத **இடமாறு தோற்றவழு** எழக்கூடும். நிலைமாறு தோற்றம் எனப்படுவது நோக்குவோனின் நிலைமாற்றத்தினால் ஒரு பொரு ளின் நிலையில் எழுகின்ற தோற்றமாற்றமே (281 ஆம் பக்கம்).

அளவுகோலின் **அளவுகோடிடப்பட்ட புருவத்தை,** இடைத்தூரத்தை அளத்தற்குள்ள புள்ளிகளைத் தொடு மாறு, எப்பொழுதும் வைத்தல் வேண்டும். வேண்டுமேயானால், ஒரு கடதாசித் தாளிலுள்ள இரண்டு குறி களின் இடைத்தூரத்தை அளத்த லைப்போன்ற விடத்து, அளவுகோலை அதன் புருவத்தில் நிறுத்தல் வேண் டும் (உருவம் 3.).



உருவம் 3.—அளவுகோலைப் பிரயோகிக்குஞ் சரியான முறை.

நேராக ஒரு கோலைப் பிரயோகித்து ஒரு பொருளின் பருமனை அளக்க வியலாதவிடத்து, ஒரு பிரிகருவியை அன்றேல் **அக** அல்லது **புற** இடுக்கு மானியொன்றை உபயோகிக்கலாம். சிலவேளைகளில் வளைக்கவராயம் பயன் படும் ; கவராயத்தின் நுனிகள் வளைக்குச் செங்கோணமாகப் பொருத்தப் பெற்ற வழுக்குமிரண்டு கண்டங்களையுடையவொரு விறைப்பான சட்டமாகும் இந்தவளைக்கவராயம்.

வேணியரின் தத்துவம்.

கண்மதிப்பிடுகையினாற் பெறக்கூடிய திருத்தத்திலும் பெரிதான திருத் தத்தைப் பெறுதற்கொரு நுணுக்கமான உபகரணத்தை **P. வேணியர்** என்பவர் (1580—1637) புதிதாகவியற்றினர். அவருடைய பெயரே இதற்கு வழங்கப்பட்டு வருகின்றது. இந்தவுபகரணத்திற் சாதாரணமான அளவு கோல் நெடுக வழுக்கிச் செல்லுஞ் சிறியவொரு துணையளவுகோலுண்டு. சாதாரணமான அளவுகோலின் பிரிப்புக்களிலுஞ் சற்றே நீண்ட அல்லது குறுகிய பிரிப்புக்களையுடையதாக இந்த **வேணியரளவுத்திட்டம்** இருக்கும்.

இந்த உபகரணத்தின் சிறந்த பெறுமானம் அதனெளிமையையும், ஏற்ற வாறு துணையளவுத்திட்டம் பிரிக்கப்பட்டிருந்தால் வேண்டிய பிரிப்பின் பின்னக் கூறு எதனளவுக்கும் அளத்தற்கு உதவும் என்னும் உண்மை யையும் பொறுத்தது.

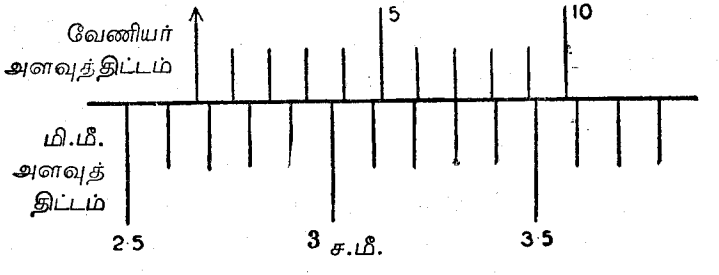
அளவுத்திட்டத்தின் உண்மைப் பிரிப்புக்களிலுஞ் சற்றே சிறிதாக வேணி யர்ப் பிரிப்புக்களுள்ள மானியே சாதாரணமாக உபயோகிக்கப்படுவதாதலின் இந்த வகைமானியை மாத்திரம் இங்கு விவரிப்பாம், என்றலும், இரண்டு, வகை மானிகளுக்கும் அடிப்படையான தத்துவம் ஒன்றே.

வேணியரின் பூச்சியம் எனத்தகும் பிரிப்பிலிருந்து துணையளவுத்திட்டம் அளவுகோடிடப்பட்டிருக்கும். அம்புக்குறியினால் அல்லது வேறேதும் பகுத்தறியுங் குறியினால் இந்தப் பிரிப்புக் காட்டப்பட்டிருக்கும். இந்த அளவுத்திட்டத்தில், வேணியர்ப்பூச்சியத்திலிருந்து பக்கமாக, n சமபிரிப்புக்களுள. சில அளவுத்திட்டங்களில் மற்றைப் பக்கத்தில் இரண்டொரு பிரிப்புக்கள் தொடர்ந்திடப்பட்டிருக்கும். இந்த வேணியர்ப் பிரிப்புக்கள் $n-1$ அளவுத்திட்டப் பிரிப்புக்களுக்குச் சமமாகவிருக்கும். ஆதலால், அளவுத்திட்டப் பிரிப்பின் $\frac{n-1}{n}$ அல்லது $1-\frac{1}{n}$ பாகத்துக்கு ஒரு வேணியர்ப்பிரிப்புச் சமமாகும். இவ்வாறு, **அளவுத்திட்டப் பிரிப்பொன்றிலும், $\frac{1}{n}$ அளவுத்திட்டப்பிரிப்பளவுக்குக், குறுகியதாக வேணியர்ப் பிரிப்பிருக்கும்** பிரிப்பொன்றினது $\frac{1}{n}$ ஆகிய கணியத்தை வேணியரின் **இழிவெண்ணிக்கை** என்பர். அளவுத்திட்டப் பிரிப்பொன்றின் n இல் 1 பாகத்தளவுக்கு வேணியரை உபயோகிக்கலாமென்று பின்பு நாம் காண்போம்.

முதன்மையளவுகோலின் பிரிப்பொன்றுக்குச் சரியெதிரே வேணியரின் பூச்சியம் வருமளவும் வேணியரளவுகோல் நகர்த்தப்பட்டுளதென்று பாவித்துக்கொள்வோம். அப்பொழுது, காண்பதற்கு நாம் எடுத்துக்கொண்ட தூரமாகிய முதன்மையளவுத்திட்டப் பூச்சியத்துக்கும் வேணியர்ப் பூச்சியத்துக்குமுள்ள இடைத் தூரமானது திட்டமானவொரு தொகை அளவுத்திட்ட பிரிப்புக்களாகும். அளவுத்திட்டப்பிரிப்புக்களைத் திட்டமாக மற்றை வேணியர்ப் பிரிப்புக்கள் ஒத்திருக்கமாட்டா. முறையே $\frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \frac{3}{n}$ முதலிய அளவுத்திட்டப்பிரிப்பொன்றின் பாகங்களாக, அடுத்துவரும் அளவுத்திட்டப் பிரிப்புக்களின் **பூச்சியப் பக்கத்தில்** அவையிருக்கும். அளவுத்திட்டப்பிரிப்பொன்றின் $\frac{1}{n}$ பாகத்தை வேணியர்ப்பூச்சியங் கடந்து செல்லுமட்டும் முதன்மையளவுத்திட்டம் நெடுக மேலுங் கொஞ்சத் தூரத்துக்கு வேணியர் நகர்த்தப்பட்டதென்று பாவித்துக்கொள்க. முதன்மையளவுத்திட்டத்திலுள்ள எதுவோவொரு பிரிப்புக்குச் சரிநேராக வருமட்டும் வேணியரின் முதற் பிரிப்பு நகர்த்திவிடுமென்பது தெளிவு. அளவுத்திட்டப்பிரிப்பொன்றின் $\frac{1}{n}$ பாகத்தைப் பூச்சியங் கடக்குமாறு வேணியரை மீட்டும் நகர்த்தினால் முதன்மையளவுத்திட்டப் பிரிப்பொன்றுக்கு சரிநேரே வேணியரின் **இரண்டாம்** பிரிப்பு வந்துவிடும். வேணியர்ப் பூச்சியத்தின் மொத்தப் பெயர்ச்சியானது அளவுத்திட்டப் பிரிப்பொன்றின் $\frac{3}{n}$ பாகமாயின், முதன்மையளவுத்திட்டத்தின் பிரிப்பொன்றுக்கெதிரே வேணியரின் **மூன்றும்** பிரிப்பு வந்துவிடும். மேலும் இவ்வாறே பொதுப்படக் கூறில், முதன்மையளவுத்திட்டப் பிரிப்பொன்றுக்கு நேரே வேணியரின் m ஆம் பிரிப்பு வருமேயானால், அளவுத்திட்டப் பிரிப்பொன்றின் $\frac{m}{n}$ பாகத்தை அதற்கடுத்து முன்னுகவுள்ள பிரிப்பிலிருந்து வேணியர்ப் பூச்சியங் கடந்து வந்துவிட்டதென்பதை அது காட்டுகின்றது.

எனவே, வேணியரளவுத்திட்டத்தை உபயோகிக்கும்போது, முதற்கண் இழிவெண்ணிக்கையைத் துணிதல் வேண்டும். துணிந்த பின்பு பின் வரும் விதிப்படி அளவீடு பெறப்படும்: **வேணியரளவுத்திட்டப் பூச்சியத்துக்கு அடுத்து முன்னுகவுள்ள அளவுத்திட்டப் பிரிப்பைக் குறித்துக் கொண்டு, அளவுத்திட்டப் பிரிப்பொன்றுக்கு நேரேயுள்ள வேணியர்ப் பிரிப்பின் இலக்கத்தைக் காண்க. கண்டு, அளவுத்திட்ட அளவீட்டொடு அளவுத்திட்டப் பிரிப்பொன்றின் n இல் 1 பாகங்களின் தொகையாகிய இந்த எண்ணைக் கூட்டுக.**— இவ்வாறு பெற்ற பேறுனது முதன்மையளவுத்திட்டப் பூச்சியத்திலிருந்து வேணியரளவுத்திட்டப் பூச்சியமிருக்குந் தூரத்தைத் தருகின்றது.

ஒரு வேணியரை எவ்வாறு சோதித்து உபயோகிக்க வேண்டுமென்பதற்குப் பின்வரும் உதாரணங்கள் இரண்டையுஞ் சிந்திக்க:—



உருவம் 4. வேணியரளவு கோல்.

1. வேணியரளவுகோலொன்றில் 10 பிரிப்புக்களுள்ளன. சாதாரணமான அளவுகோல் மில்லிமீற்றரிலுளது. 10 வேணியர்ப் பிரிப்புக்களும் நீளத்தில் 9 மில்லிமீற்றருக்குச் சமம். சாதாரணமான அளவுகோலிலுள்ள 26 ஆம், 27 ஆம் மி. மீ. பிரிப்புக்களுக் கிடையில் வேணியர்ப் பூச்சியமும், மி. மீ. அளவுத்திட்டத்திலிருந்து பிரிப்புக்குச் சரிநேரே வேணியரின் 7 ஆம் பிரிப்பும் இருக்குமாறு வேணியர் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதற்குரிய அளவீட்டைக் காணவேண்டும்.

9 அளவுகோற் பிரிப்புக்களுக்கு 10 வேணியர்ப் பிரிப்புக்கள் சமமாகவும், அளவுகோற் பிரிப்புக்கள் மில்லிமீற்றர்களாகவும் இருத்தலினால், 1 மி.மீ. இன் தசம பின்னவளவுக்கு அளவீட்டை வேணியர் தருகின்றது. அதாவது, இழிவெண்ணிக்கை 0.1 மி.மீ. ஆகும்.

வேணியர்ப் பூச்சியத்துக்கு **அடுத்து முன்னுகவுள்ள அளவு கோற் பிரிப்பின் அளவீடு 26 மி.மீ. ஆகும்.** அளவுகோற் பிரிப்பொன்றுக்கு நேரே 7 ஆம் வேணியர்ப் பிரிப்புண்டு. அளவுகோற் பிரிப்புக்களின் 10 இல் 1 அளவுக்கு வேணியர் காட்டும். **ஆதலினால், அளவீடு 26.7 மி.மீ. என்க.**

இந்த அளவீட்டுக்கும் 7 ஆம் வேணியர்ப் பிரிப்புக்கு நேரேயுள்ள அளவுகோற் பிரிப்புக்கும் பாத்தியம் ஒன்றுமேயில்லை.

2. வட்டமானவோரளவு கோலானது 1° கோணங்களாகவும், அதனெவ்வொரு பாகையும் மும்மூன்று சமபாகங்களாகவும் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. எனவே, ஒவ்வொன்றும் 1° ஆகவுள்ள **பெரும்** பிரிப்புக்களும், ஒவ்வொன்றும் $\frac{1}{3}°$ இற்குச் சமமான **சிறு** பிரிப்புக்களுங் கொண்டானது இந்த அளவுகோலாகும்.

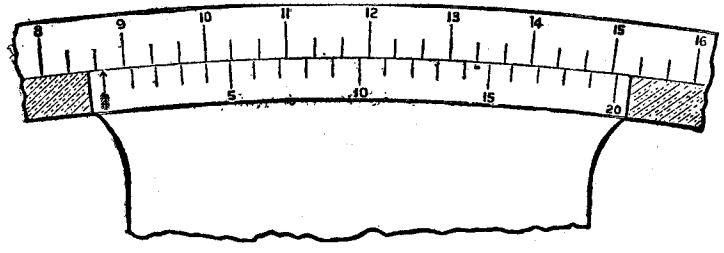
இதற்கு மேலுக, 19 அளவுகோற் **சிறு** பிரிப்புக்களுக்குச் சமமான 20 பிரிப்புக்களையுடைய வேணியரளவுகோலொன்று நகர்ந்து செல்லுகின்றது. 8° உம் 9° உம் என்று குறிக்கப்பட்டுள்ள பெரும் பிரிப்புக்களுக்கிடையே, இந்த 9 ஆம் பிரிப்பின் பிற்கூற்றில் வேணியர்ப் பூச்சியம் இருக்கிறது. வேணியர்ப் பிரிப்பும் அளவுகோற் பிரிப்பும் 4 ஆம் வேணியர்ப்பிரிப்பிற் பொருந்துகின்றன. காணவேண்டியது கோணத்தின் அளவீடாகும்.

அளவுகோற் சிறு பிரிப்புக்களின் **இருபதிலொன்றளவுக்கு** அளவீடுகளை வேணியர் தரும். ஆதலினால், வேணியர்ப் பூச்சியத்துக்கு அடுத்து முன்னுகவுள்ள அளவுகோற் சிறு பிரிப்புமட்டில் அளவீட்டை எடுத்தல் வேண்டும். தரப்பட்ட உதாரணத்தில் இது $8\frac{2}{3}°$ ஆகும்.

வேணியரளவீடு 4 ஆதலினால், அளவுகோற் சிறு பிரிப்பொன்றின் $\frac{4}{20}$ பாகத்துச் சமமான கணியத்தை அளவுகோலளவீட்டொடு கூட்டுதல் வேண்டும்.

எனவே, அளவீடு $8\frac{2}{3}° + \frac{4}{20}$ இன் $\frac{1}{3}°$ ஆகும். ஆனால், 20′ இற்கு $\frac{1}{3}°$ சமமாதலின், **அளவுகோலளவீட்டை** $8°40^1$ என்றும் வேணியரளவீட்டை 4′ என்றும் எடுத்துக்கொள்ளலாம். இங்ஙனம், முழு அளவீடு $8° 44^1$ ஆகின்றது.

இவ்வாறு விற்கலையொன்றை அளத்தற்கு வேணியரையும் அளவுகோலையும் பயன்படுத்தலாம். 20′ பிரிப்புக்களாக அளவுகோல் அளவிடப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். இந்தச் சிறு பிரிப்புக்களின் $\frac{1}{20}$ பாகத்தளவுக்கு அல்லது 1′ அளவுக்கு அளவீட்டைத் தரத்தக்கதாக வேணியர் இருத்தல் வேண்டும்.

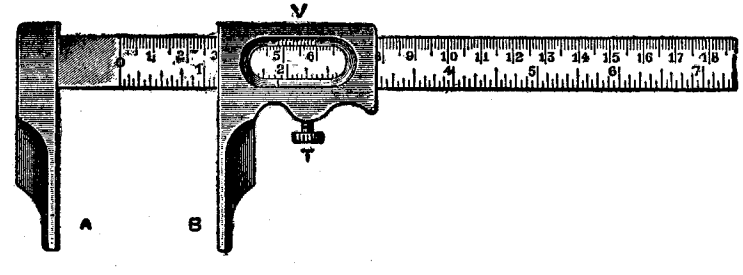


உருவம் 5.—கோணவளவுகோலும் வேணியரும்.

இதைப் போலவே எந்த வகைக்குமுரிய வேணியரைக்கொண்டு அளவீட்டைப் பெறும் முறையைக் காணலாம்.

பொருள்களின் நேர்கோட்டுப் பரிமாணங்களை அளத்தற்கு, **வேணியரிடுக்குமானி** எனப்படுங் கருவியைப் பயன்படுத்தலாம். A, B, என்னும்இரண்டலகுகள் பொருத்தப் பெற்றவோருலோகச் சட்டமாகும் இந்த மானி. அலகுகள் இரண்டுஞ் சட்டத்துக்குச் செங்கோணமாகவுள்ளன. அவற்றுள் ஒன்று நிலைப்படுத்தப்பட்டும் மற்றையது முன்னுகவும் பின்னுகவும் நகர்த்தக்கூடியதாகவுமுள்ளன. மில்லிமீற்றர்களாகப் பிரிக்கப்பட்ட வோரளவுத்திட்டம் சட்டத்தின்மீது செதுக்கப்பட்டிருக்கும். வழுக்கிச் செல்லும் அலகுக்கு வேணியரெனப்படுங் குறுகியவோரளவுகோல் V உண்டு.

பரிசோதனை. 2 வேணியரிடுக்குமானி கொண்டு ஒரு கோலின் நீளத்தை அளத்தல்.—கருவியைச் சரியாகச் செப்பஞ்செய்தால், வழுக்கு மலகானது நிலைத்த வலகைத் தொடுமாறு நகர்த்தப்பட்டபோது, மில்லிமீற்றரளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்தோடு வேணியர்ப் பூச்சியம் வந்து



உரு. 6.—வேணியரிடுக்குமானி.

பொருந்தும். இப்படியது பொருந்தாவிடில் கருவிக்குப் "பூச்சியவழு" வுண்டாதலின், அதனளவீட்டைக் கண்டு, அளவீடுகளை எடுக்கும்போது அந்த வழுவுக்காகச் செய்ய வேண்டிய கழித்தலை அல்லது கூட்டலைச் செய்தல் வேண்டும். வேணியரின் இழிவெண்ணிக்கையைத் துணிக.

ஒரு பொருளின் நீளத்தை அளத்தற்கு, நீலத்த வலகுக்கும் வழுக்கு மலகுக்குமிடையில் அதைவைத்து, நிலைத்தவலகைப் பொருள் தொடும் போது அதன் மற்றையந்தத்தை வழுக்குமலகு தொடுமாறு செய்யப்படும். சிறு பொருள்களின் பரிமாணங்களை அளக்கும்போது அலகுகளுக்கிடையில் மட்டுமட்டாக அவை கவ்வப்பட்டிருக்குமாறு அமுக்கத்தைச் செப்பஞ்செய்தல் வாய்ப்புடைத்து. பின்பு, வேணியர்ப் பூச்சியத்துக்கு நேர்முன்னுகவுள்ள மில்லிமீற்றரளவுகோலின் அளவீடு எடுக்கப்படும்.

வேணியர்ப் பூச்சியத்துக்கும் மில்லிமீற்றரளவுகோற் பூச்சியத்துக்குமுள்ள இடைத்தூரமே இந்த அளவீடாகும். அலகுகள் மூடப்பட்டபோது இரண்டு பூச்சியங்களும் வந்து பொருந்த வேண்டுமாதலின், அலகுகளுக்கிடையி லுள்ள தூரம், அதாவது பொருளின் நீளம், இந்த அளவீடாகும்.

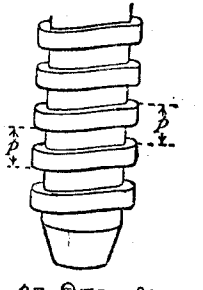
சாதாரணமாக, அளவுகோளின் மீதுள்ள பிரிப்பொன்றுக்குச் சரிஎதிராக வேணியர்ப் பூச்சியம் இருக்காது. அப்பொழுது, ஒரு மில்லிமீற்றரின் பின்னப் பெறுமானத்தைத் துணிதல் அவசியமாகின்றது. இந்தத் துணி தலை ஒரு வேணியரளவுகோல் கொண்டு செய்யலாம். மில்லிமீற்றரளவுத் திட்டத்திலுள்ள குறியொன்றுக்குச் சரிநேராகவிருக்கின்ற அளவுகோட்டைக் காணுமளவும் வேணியரளவுத்திட்டம் நெடுகப் பார்த்தல் வேண்டும். வேணி யரளவுகோலின் மூன்றுமளவுக் கோட்டில் இந்த ஒத்தலிருக்க இழி வெண்ணிக்கை 0·1 மி.மீ. ஆகவிருப்பின் வேண்டப்படும் பின்னம் 0·3 மி.மீ. ஆகும். நான்காமளவு கோட்டிலொத்தலிருக்க அந்தப் பின்னம் 0·4 மி.மீ. ஆகும். மேலும் இவ்வாறே. இதற்கு நியாயம் முன்பு ஆராயப்பட்டுளது (25—26 ஆம் பக்கம்). வேணியர்ப் பூச்சியத்துக்கு **அடுத்து முன்னுகவுள்ள** அளவுகோலளவீட்டை எடுத்து அதனேடு வேணியரளவீட்டைக்கூட்ட, வேண் டிய உண்மையான தூரம் வரும்.

ஒரு தன்மைத்தான நீண்டவொரு கோலிலிருந்து வெட்டியெடுக்கப் பட்ட கண்ணுடிக் கோல்கள் அல்லது உலோகக் கோல்கள் இரண்டின் நீளங்களை அவதானமாக அளந்தறிக. இந்தவிரண்டு நீளங்களுக்குமுள்ள விகிதத்தைக் காண்க. இரண்டு கோல்களையும் ஒருதராசில் நிறுக்கவரும் இரண்டு நிறைகளுக்குமுள்ள விகிதத்தைக் காண்க. தொடக்கத்திலுள்ள கோல் ஒரு தன்மைத்தானதென்று எடுத்துக்கொண்டால், இந்த விகிதங் களிரண்டும் ஒன்றுகவிருக்கும்.

திருகு மைக்ரோமானியின் தத்துவம்

நீளத்தை மிக்கதிருத்தமாகத் துணிதற்கு இன்னேரு விதமான கரு வியொன்றுண்டு. இந்தக் கருவி இறுக்கமாகப் பொருந்துமொரு சுரை யினில் தொழிற்படுகின்றதும் திருத்தமாக வெட்டப்பெற்றதுமானவொரு திருகாணிப் புரியாகும்.

பொதுவாக, திருகாணியொடு பொருத்தப்பெற்று அச்சுக்குச் சமாந்தர மாகப் பொருத்தியிருக்கும் அளவுத்திட்டத்தைக் கடந்து செல்லுகின்ற, விட்டம் பெரிதாகவுள்ள, **வட்ட வடிவமான** குடுமி யொன்றுண்டு. ஒரு சுற்றின் பாகங்களைக் கடக்குமாறு திருகாணியைத் திருப்பக்கூடியதாக ஒரு தொகைச் சம கீழ்ப்பிரிவுகளாக இந்தக்குடுமி பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தப் பாகங்களின் அளவீடுகளை மைக்ரோமானிக் குடுமியிற் கண்ட றியலாம்.



p = திருகாணிப் புரியிடைத்தூரம்

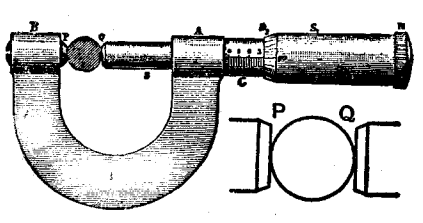
உருவம் 7.—திருகாணி

பூரணமானவொரு சுற்றில், திருகாணியின் நுனி யானது திருகாணியின் புரியிடைத்தூரத்துக்குச் சமமான தூரத்துக்குமுன்னேறிச்செல்லும். இந்தத்தூரம் புரியி னது அடுத்துவரும் திரும்பல்களிலுள்ள **ஒத்த** புள்ளி களின் இடைத்தூரமாகும் ஆதலினுல், **ஒரு சுற்றின் நூற்றிலொரு பாகத்தளவுக்குக்** குடுமியைத் திருப்பி னுல், திருகாணியின் நுனியானது புரியிடைத்தூரத் தின் நூற்றிலொரு பாகத்தளவுக்கு முன்னேறும். மேலும் இவ்வாறே. புரியிடைத்தூரந் தெரிந்தவொன்றுயின், தெரிந்த நுண்கணியங்களளவுக் குத் திருகாணிநுனியை நகர்த்தலாம். மைக்ரோ மானித்திருகாணிகள் கொண்டு பெறக்கூடிய திருத்தமானது திருகாணி வெட்டப்பட்டுச் சுரை யோடு பொருத்தப்பெற்ற திருத்தத்தினுல் மாத்திரம் வரையறுக்கப்படுகிறது. கோணலலியிடைப்புக்களின் கோடிடுதலுக்குத் திரு காணியைத் தேய்த்தலில் அவதானமாகவிருத்தல் போலமிக்க அவதானத்தைச் செலுத்தினுல் ஒரு சதமமீற்றரின் இலட்சத்திலொரு பாகத்தளவுக்குத் திருத்தமுள்ளனவாகச் சிறுதூரங்களை அளக்கக்கூடும்.

திருகாணிக்குஞ் சுரைக்குமிடையில் உண்டாகுந் தேய்வினுல், அவை பொருந்துதலில், புறக்கணிக்கக்கூடாத அளவுக்கு, இளக்கமுண்டாகு மென் பது குறித்துக் கொள்ளத்தக்கது. **பின்னடிப்பு** எனப்படுவதை இதுவுண் டாக்கும். ஒரு திசையை நோக்கிச் சுற்றித் திருகாணியைச் செப்பஞ்செய்து, அதன்பின்னர் அதைப் **பின்னேக்கித் திருப்பினுல்**, தனதச்சில் திருகாணி அசையத் தொடங்குமட்டும் புறக்கணிக்கக்கூடாத கோணத்தினூடு அதைச் சுழற்றவேண்டியிருக்கும். குறித்தவொரு நிலையை நோக்கி **முடிவாகச்** செப்பஞ் செய்யும் போது திருகாணியை எப்பொழுதும் **ஒரே** பக்கத்துக்குத் திருப்பி இதனுலுண்டாகும் வழுவை அதிகந் தவிர்க்கலாம். வெவ்வே

றிடங்களில் வெவ்வேறளவுக்கு ஒப்புரவின்றித் திருகாணிப்புரி தேய்ந்து விட்டால், இப்படிச் செய்தும் வழுவைத் தடுக்கமுடியாது. திருத்தத்தைப் பெறவிரும்பினால், மோசமாகத் தேய்வுற்ற திருகாணிக்குஞ் **சுரைக்கும்** பதிலாக புதியனவற்றை உபயோகித்தல் வேண்டும்.

சிறுபொருள்களின் பரிமாணங்களை அளத்தற்கு உபயோகிக்கப்படும் கருவியாகுந் **திருகுநுண்மானி.** நிலைப்படுத்தப்பெற்ற சுரையொன்றில் நிறைதிருகாணியொன்று தொழிற்படும்போது அதற்குக் கொடுத்த சுழற்சிக் கணியத்துக்குத் திருகாணியின் இடப்பெயர்ச்சியியக்கம் நேர்விகித சமமானது. ஓரளவுக்கு நுண்மையான புரியிடைத்தூரத்தையுடைய திருகாணியை உபயோகித்து ஒருதிரும்பலின் சிறுபாகங்களை அளத்தற்கு ஒழுங்கு செய்தால், மிகச்சிறிய தூரங்களை, முன்னர் விளக்கப்பட்டிருப்பதுபோல, திருத்தமாக அளக்கலாம்.



உரு. 8.—திருகு நுண்மானி.

விஞ்ஞான வேலைக்கு $\frac{1}{2}$ மி.மீ. அல்லது 1 மி.மீ. புரியிடைத் தூரமுள்ள திருகாணியை அதிகமாகப் பயன்படுத்துவர். எந்திரவேலையில், புரியிடைத் தூரம் அதிகமாக $\frac{1}{50}$ அங்குலமாகவிருக்கும். இது $\frac{1}{2}$ மி.மீ. இற்குச் சரி சமமல்லாவிடினுங் கிட்டத்தட்டச் சமமாகவிருக்கும் எனெனில், கிட்டத்தட்ட 40 அங்குலத்துக்கு 1 மீற்றர் சமம்.

பரிசோதனை 3. திருகுநுண்மானிகொண்டு ஒரு தட்டின் தடிப்பை அளத்தல்.—திருகுநுண்மானியை உபயோகிக்கும்போது, திருகாணியின் புரியிடைத்தூரத்தை, அதாவது பூரணமானவொரு சுற்றலில் அது அசைந்து செல்லுந் தூரத்தை, முதற்கண் காணவேண்டும். திருகாணியானது சுரை **A** இனுள்ளே மறைந்து கிடக்கின்றது. ஆனால், பிளக்கப்பட்டுள்ள குடுமியைக் கொஞ்சந் திருகித்தள்ளச் சுரையின்மீது செதுக்கப்பட்டுள்ள அளவுத்திட்டம் **C** ஐக்காணலாம். இதனிலிருந்து திருகாணியின் புரியிடைத்தூரத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இந்த அளவுத்திட்டத்தின் ஒவ்வொரு பிரிப்பினதும் நீளத்தை, ஓரங்குல மட்டத்தொடு அல்லது ஒரு சதமமீற்றர் மட்டத்தோடு ஒப்பிட்டுத்துணிக. அன்றியும், ஒரு பிரிப்பிலிருந்து அடுத்த பிரிப்புக்குத் திருகாணியைக் கொண்டுவருதற்குப் பூரணமான சுற்றல்கள் எத்தனை வேண்டுமென்றும் குறித்துக்கொள்க.

பிரிக்கப்பட்ட உருளைவடிவக்குடுமி S_2 மீதுள்ள பிரிப்புக்களை அடுத்தாற்போற் குறித்துக்கொண்டு, ஒரு பிரிப்புக்கூடான சுழற்சியையொத்த பெயர்ச்சித் தூரத்தைத் துணிக.

உதாரணமாக, புரியிடைத்தூரம் $\frac{1}{2}$ மி.மீ. ஆகவிருக்கக் குடுமி 100 பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருந்தால், ஒவ்வொரு பிரிப்பும் $\frac{1}{200}$ மி.மீ. அல்லது 0·005 மி.மீ. அசைவையும், இரண்டு பிரிப்புக்கள் $\frac{1}{100}$ மி.மீ. அல்லது 0·01 மி.மீ. அசைவையும் ஒத்திருக்கும்.

வளைந்த புயம் **F** இனால் சுரையோடு திருகுமானியிற் பொருத்தப்பெற்றவொரு "பட்டை" அல்லது முட்டுமுனை **P** உண்டு. இந்த முட்டுமுனையுந் திருகாணியினந்தம் **Q** உம் உள்ளபடி மானியினச்சுக்குச் செங்கோணமாக விருக்கவேண்டிய துலக்கப்பட்ட **மேற்பரப்புக்களாகும்.** விரல்களாற் குடுமியை மெல்லவமுக்கிச் சுற்றி இந்த மேற்பரப்புக்கள் **P** ஐயும் **Q** ஐயும் ஒன்றையொன்று தொடச்செய்தால், சுரைமீதுள்ள அளவுத் திட்டத்தின் பூச்சியத்தைப் பிரிக்கப்பட்டுள்ள குடுமியளவுத்திட்டப் பூச்சியம் ஒத்திருக்கும். அப்படியவை ஒத்திராவிடில், நோக்கிக் கண்டு இடங் கொடுக்க வேண்டிய பூச்சியவழு கருவிக்குண்டு.

முட்டுமுனைக்கெதிராகத் திருகாணிநுனியை வலிந்து திருகுதலை அவதானமாகத் தவிர்த்தல்வேண்டும். வலிந்து திருகுதல் புரிகளைச் சேதப்படுத்துவதுமல்லாமல் கருவியின் சட்டத்தைக் கோணவுஞ் செய்யும். சில கருவிகளில் அமுக்கம் குறித்தவோரெல்லையைக் கடந்தாற் குடுமி கட்டின்றிச் சுற்ற இடங் கொடுக்குமொரு "சுயாதீனச் சில்லு" ஒன்றிருக்கும். அமுக்கவேற்றுமைகளினால் உண்டாகும் அளவீட்டையங்களை நீக்கும் இயல்பு இந்த ஒழுங்குக்குண்டு.

ஒரு பொருளின் நேர்கோட்டுப் பரிமாணங்களை அளத்தற்குத் திருகாணியின் நுனிக்கும் முட்டுமுனைக்கும் இடையில் அதனைச் செருகக்கூடியதாக வருமட்டுந் திருகாணி சுற்றப்படும். இரண்டுக்குமிடையில் மெதுவாகப் பொருள் கவ்வப்படுமளவும் நுனிமுன்னகத் திருகப்படும். திருகும்போது, திருகாணிக்குடுமியின் மீதுள்ள விரல்களின் அமுக்கமானது, இயன்ற மட்டும், கிட்டத்தட்ட முதலாம் நோக்கலிற் பிரயோகித்த அமுக்கத்தளவாக இருத்தல் வேண்டும். இந்தச் செப்பஞ்செய்தலை, புரிவெட்டப்பெற்ற ஓரம் **H** ஐப் பயன்படுத்தாது, குடுமியினழுத்தமான பாகம் S_1 ஐப் பிடித்துக்கொண்டு செய்தல்வேண்டும். S_1 ஐ **மெதுவாகப்** பிடிக்கும்போது அதன்மீது விரல்கள் **நழுவுமளவும்** திருகாணியைச் சுற்றுதல் வேண்டும்.

இந்த நிலையில் மானியினளவீட்டை எடுத்து, பூச்சிய வழுவை, ஏற்ற வாறு, அதனிலிருந்து கழித்தல் வேண்டும் அல்லது அதனோடு கூட்டல் வேண்டும். அதாவது, **அட்சரகணித முறைப்படி** பூச்சியவளவீட்டைப் பெற்ற அளவீட்டிலிருந்து கழிக்க. மீட்டும் பன்முறை நோக்கற்பேறுகளைப் பெற்று அவற்றின் சராசரியை எடுக்க.

உலோகத் தட்டொன்றின் தடிப்பை, மீட்டும் மீட்டும் வெவ்வேறிடத்தில் இவ்வாறளந்து, அதன் சராசரித் தடிப்பைக்காண்க. அதேயுலோகத்தினாலானதும், அதேயுருவக்குறிப்பை உடையதாதலினால் அதே மேற்பரப்பை

யுடையதுமான இன்னொருதட்டின் சராசரித் தடிப்பையும் அளந்தறிக. இந்தத்தடிப்புக்கள் இரண்டுக்குமுள்ள விகிதத்தைக் காண்க. இரண்டுதட்டுக்களையும் நிறுத்து, வரும் இரண்டு நிறைகளுக்குமுள்ள விகிதத்தைக் காண்க. இரண்டு தட்டுக்களும் எகரூபமும் ஒரேயடர்த்தியு முடையன வென்று எடுத்துக்கொண்டால், தடிப்புக்களின் விகிதமும் நிறைகளின் விகிதமும் ஒன்றுகவேயிருக்கும்.

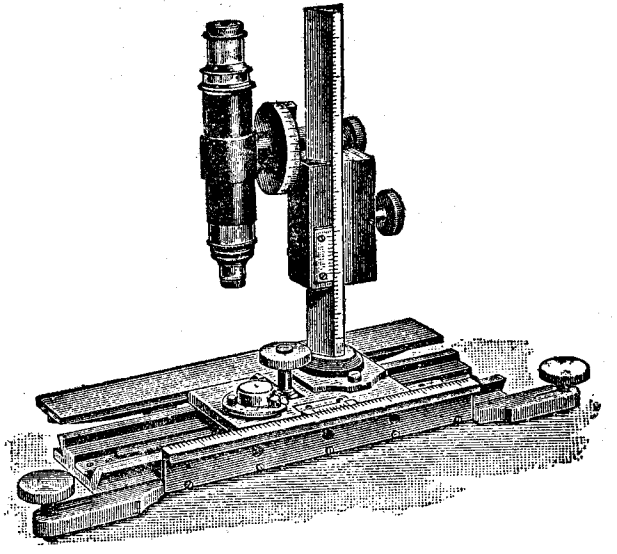
மைக்ரோமானி நுணுக்குக்காட்டி

நீளத்தைத் திருத்தமாக அளத்தற்குப் பல ஒளியியல் முறைகளுள. அவற்றுள் **மைக்ரோ மானிப் பார்வைத் துண்டொன்றையுடைய** நுணுக்குக்காட்டி ஒன்றுகும். பார்வைத்துண்டின் குவியத்துக்கருகில் ஒளிபுகவிடும் நுண்ணளவுகோலொன்று நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். சில கருவிகளில், மைக்ரோமானித் திருகாணிகொண்டு ஒரு பிரிப்பின் பாகங்களை அளக்கும் பொருட்டு, சிலந்தியிழையொன்றை அளவு கோலுக்குக் குறுக்காக இயக்கிச் செலுத்தலாம். அளக்கவேண்டிய பொருளின் உருப்பெருக்கப்பட்ட விம்பத்தைத் தருதற்கு நுணுக்குக்காட்டியொன்று உபயோகிக்கப்படுகின்றது (339 ஆம் ப.பா.). பார்வைத்துண்டின் குவியத்தருகில் ஒரு மெய்விம்பம் உண்டாகும். ஆங்கு வைக்கப்பட்டுள்ள நுண்ணளவுகோலோடு இந்த மெய்விம்பம் ஒப்பிடப்படும். ஒப்பிடும்போது, நோக்கிய பொருளின் விம்பத்தின் மேல் அளவுகோல் பொருந்தியிருக்க இரண்டையும் ஒரேநேரத்திற் காணலாம். அதன் பின்னர், பொருள்வில்லை யுண்டாக்கும் உருப்பெருக்கத்தைக் காணுமாறு அறிந்த பருமனையுடையவொரு பொருள் நுணுக்குக் காட்டிகொண்டு நோக்கப்படும். இவ்வாறு, எடுத்துக்கொண்ட சிறிய பொருளின் பருமனைத் துணியலாம். இந்தநோக்கற்பேறுகள் இரண்டையும் பெறும்போது நுணுக்குக்காட்டியின் செப்பஞ்செய்கை மாறுதிருக்க வேண்டியது அவசியமானது.

உதாரணமாக, 52·4 மைக்ரோமானிப் பிரிப்புக்களின் இடத்தை இந்தச் சிறிய பொருளின் பெருக்கம்பெற்ற விம்பமும், மி.மீ. ஒவ்வொன்றுக்கும் 40·3 மைக்ரோமானிப் பிரிப்புக்களின் இடத்தை, அதேசெப்பஞ்செய்கை மாறுதிருக்க, நுணுக்குக்காட்டியினூடு நோக்கப்படும் மி.மீ. அளவுத்திட்டமும் எடுக்கின்றனவாயின், அந்தச் சிறிய பொருளின் குறுக்களவு 1·300 மி.மீ. என்பது வெளிப்படை. என்றாலும், சிறுதூரங்களை மி.மீ. இல் அல்லது ச.மீ. இல் துணிதற்கன்றி அவற்றைத் திருத்தமாக **ஒப்பிடுதற்கே** மைக்ரோமானிப் பார்வைத்துண்டையுடைய நுணுக்குக்காட்டி பிரதானமாக உபயோகிக்கப்படுகின்றது. மின்காட்டிக்குரிய பொன்னிலையின் நுண்ணியக்கங்களை நோக்குதற்கும் அளத்தற்குமுள்ள சிலவிதமான ஆராய்ச்சிக்கேயது பெரும்பாலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

நகரு நுணுக்குக்காட்டி

நகரு நுணுக்குக்காட்டியில் அல்லது **வேனியர்நுணுக்குக் காட்டியில்** பற்சட்டமுஞ் சில்லுங்கொண்டு அல்லது திருகாணிகொண்டு அதனச்சுக்குச் செங்கோணமான திசையில் நகர்த்தக்கூடியதாகக் கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றை ஏற்றியிருப்பர். நுணுக்குக்காட்டியை நகர்த்துந்தூரத்தை, நுணுக்குக்காட்டியுடன் நகருகின்ற வேணியரின் துணைகொண்டு, நிலைத்த அளவுகோலில் அளந்தறியலாம். 9 ஆம் உருவத்தில் எடுத்துக்காட்டப்



உரு. 9.—நகரு நுணுக்குக்காட்டி.

பட்டிருக்கின்ற கருவியில், நுணுக்குக்காட்டிக்கு நிலைக்குத்தாகவுங் கிடையாகவும் போக்குண்டு. நிலைக்குத்தாக அல்லது கிடையாக அச்சிருக்க, அன்றேற் கிடைத்தளத்தோடு யாதேனுங் கோணத்தில் அச்சுச் சாய்ந்திருக்க, பயன்படுத்தக்கூடியவாறு அதற்குக் கோணவியக்கமுண்டு. பார்வைத்துண்டுக்குக் குறுக்கு வெட்டுக்கம்பிகள் இருத்தல் வேண்டும். யாதானுமொரு பொருளின் மீது குவியத்தைச் செப்பஞ்செய்கையில், நோக்குதற்குப் பொருளிலுள்ள புள்ளியோடு குறுக்குவெட்டுக்கம்பிகள் ஒன்றையொன்று வெட்டும் புள்ளி பொருந்தச் செய்தல்வேண்டும். இரண்டு புள்ளிகளின் இடைத்தூரத்தை அளத்தற்கு நுணுக்குக்காட்டியை முதல் ஒரு புள்ளியிலும் பின்பு மற்றைப் புள்ளியிலுங் குவியச்செய்க. நுணுக்குக்காட்டியின் குறுக்குப்போக்குத்திசைக்குச் சமாந்தரமாக இந்தப் புள்ளிகள்

இரண்டையும் இணைக்குங்கோடு இருத்தல் அவசியம். இரண்டு அளவீடுகளுக்குமுள்ள வித்தியாசம் வேண்டிய தூரத்தைத் தருகின்றது. 77 ஆம் 78 ஆம் பரிசோதனைகளில் இந்த முறைக்கு உதாரணங்களைக் காணலாம்.

இரண்டு வேணியர் நுணுக்குக்காட்டிகளைக் கொண்டு **பிரதியீட்டு முறைப்படி** இரண்டு நீளங்களை ஒப்பிடலாம்.

பரிசோதனை 4. யாரையும் மீற்றரையும் ஒப்பிடுதல்.

இரண்டு நுணுக்குக்காட்டிகளை, அவற்றை இணைக்குங் கோடானது அந்தந்த நுணுக்குக்காட்டி செல்லுகின்ற திசைக்குச் சமாந்தரமாக இருக்குமாறு உறுதியாக நிறுத்துக. அவற்றின் செதுக்கப்பட்ட முகங்களை பேசைக்கு மேலாக ஒரே உயரத்துக்கு உயர்த்தக்கூடியதாக இரண்டு அளவுகோல்களுக்குந் தாங்கிகளை ஒழுங்குசெய்க. இப்படிச் செய்கையில், நுணுக்குக் காட்டிகளினூற் பிரிப்புக்களைக் குவியச்செய்யத்தக்கதாகச் செப்பஞ்செய்க. யாரளவுகோலின் ஓரத்திலுள்ள பிரிப்பொன்றின்மீது ஒரு நுணுக்குக் காட்டியையும் மற்றையந்தத்துக் கருகிலுள்ளவொரு பிரிப்பின்மீது இரண்டாம் நுணுக்குக் காட்டியையுங் குவியச்செய்க. ஒவ்வொரு பிரிப்பின் மையத்துக்கும்மேல் குறுக்குவெட்டுக் கம்பிகளின் மையத்தைக் கொண்டு வருக. நுணுக்குக் காட்டிகளின் குறுக்குவெட்டுக் கம்பிகளுக்கிடையிலுள்ள தூரத்தை அங்குலத்திற் குறிக்க. இப்போது யாரளவு கோலை நீக்கிவிட்டு மீற்றரளவுகோலை வைக்க. தொடக்கத்திற் சரியாகச் செப்பஞ்செய்திருந்தால், இந்த அளவுகோலிலுள்ள பிரிப்புக்கள் இரண்டந்தங்களிலுங் குவியும். ஓரந்தத்திலுள்ள குறுக்குவெட்டுக் கம்பிகளின் மையத்தோடு அந்த அந்தத்துக்கு அணித்தாயுள்ள பிரிப்பொன்று சரியாகப் பொருந்துமளவும் அளவுகோலை அரக்குக. அரக்க, இரண்டு அளவுகோற் பிரிப்புக்களுக்குமிடையில் மற்றையந்தத்திலுள்ள குறுக்குவெட்டுக் கம்பிகளின் மையம் வந்து விழும். இந்த அந்தத்திலுள்ள நுணுக்குக்காட்டியை, மற்றையந்தத்திலுள்ள நுணுக்குக்காட்டியை **நோக்கி** மெல்லமெல்லச் செப்பஞ்செய்து, அளவுகோற் பிரிப்புடன் குறுக்குவெட்டுக் கம்பிகளின் மையம் பொருந்துமாறு நகர்த்துக. வேணியரையுங் கருவியின் அளவுகோலையுங் கொண்டு அது நகருந் தூரத்தை நோக்கியறிக. அதுவுமல்லாமல், மீற்றரளவுத்திட்டப் பிரிப்புக்களின் இடைத்தூரத்தையுங் குறிக்க. இப்படிச் செய்தால், இரண்டாம் நோக்கலிற் கண்ட மில்லிமீற்றரின் தொகையுடன் நுணுக்குக் காட்டியினளவுகோலில் அளக்கப்பட்ட தூரத்தோடு கூட்டிவரும் மொத்தத்துக்கு, முதலாம் நோக்கலிற் கண்ட அங்குலங்களின் தொகை சமமாகும். இந்தப் பேற்றிலிருந்து அங்குலத்தின் அல்லது யாரின் நீளத்தைச் சதம மீற்றரிற் காணலாம்.

நேரத்தை அளத்தல்

மூலகப் பௌதிகவியலில் வருகின்ற அளத்தல்கள் எல்லாவற்றுள்ளும் நேரத்தை அளத்தலே மிக்க கடினமானது. முன்பு கூறப்பட்டிருப்பது போல பூமி தனதச்சிற் சுழலுதற்கெடுக்குஞ் சுழற்சிக் காலத்தில் விஞ்ஞான நேரவலவாகிய **சராசரி ஞாயிற்றுச் செக்கன்** தங்கியிருக்கின்றது. வானியல் நோக்கற் பேறுகளினூல் இந்தச் சுழற்சிக்காலந் துணியப்படும். மடங்குகளையுங் கீழ்மடங்குகளையும் பெறுதற்குப் பொறியமைப்பொன்றை— மணிக்கூட்டை அல்லது கடிகாரத்தை—பயன்படுத்துகின்றோம். சில பொருள்களின்— ஊசலின் அல்லது சமநிலைச்சில்லின்— அலைவுகள் **சமகாலமுடையன** வென்றும், ஆதலினூற் சமகாலவிடைகளைக் குறிக்கின்றனவென்றுங் கொள்ளுகின்ற எடுகோளின்படி பொறியமைப்பொன்றை நாம் உபயோகிக்கின்றோம். அதிரும் இந்தப் பொருளானது கருவியின் இன்றியமையாப் பகுதியாகும். எஞ்சிய பகுதி அலைவுகளை எண்ணுதற்கு மாத்திரமுள்ளவோ ரொழுங்காகும். நேரத்தை அளத்தற்குப் பூரணமாக நம்பப்படத்தக்கதும் ஒழுங்கானதுமான பொறியமைப்பு இதுகாறும் அமைக்கப்பட்டதில்லை. என்றாலும், **மணிக்கூட்டுக் கதியை** வானவியன் முறைகளின்படி துணியக்கூடும். ஒரு காலவிடையை அளத்தற்கு மணிக்கூட்டை அல்லது கடிகாரத்தைக்கொண்டு நேரத்தை நோக்கியறிந்து, பின்னர் அதனை மணிக்கூட்டுக் கதியைப் பொறுத்த சரியான குணங்கத்தினூல் திருத்தல் வேண்டும்.

திட்பம் மிக்குள்ள துணிதல்கள் தவிர்ந்த ஏனைய துணிதல்களில், சராசரி ஞாயிற்று நேரத்தை, "சிவில்" நேரத்தை, அதாவது வானியல் நேரமல்லாத நேரத்தை, தருகின்ற, நன்கு திரமப்படுத்தப்பெற்ற, மணிக்கூடு அல்லது கடிகாரம் காட்டுங் காலவிடைகள் ஒத்திருக்குமென்று எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

சரியான நேரத்தை மணிக்கூடு அல்லது கடிகாரங் காட்டினூலும், வழக்கமான பொறியமைப்பின் நேர்பேறுக, கால நோக்கற் பேறுகளில் தவிர்க்கொணாத வழுக்களுண்டு. பெரும்பான்மையாக, தனதோய்விடத்தை ஊசல் அல்லது சமநிலைச்சில்லுக் கடந்து செல்லும் ஒவ்வொரு முறையும் ஒரு கணத்தாக்கையேற்று, ஒரு சீராகவன்றித், துள்ளற் றொடரில் இயங்குகின்றது. ஆதலின், நிறுத்தன் மணிக்கூட்டை அல்லது நிறுத்தற் கடிகாரத்தைத் தொடக்கினூல், அதிர்வு காலத்தின் அரைப்பங்குக்குச் சமமான வழுவும், அதனை நிறுத்தும்போது இதற்கொப்பான இன்னொரு வழுவும் எழக்கூடும்.

உதாரணமாக, ஐந்திலொரு செக்கனுக் கொருக்காற் கடிகாரம் ஒலிக்கின்றதென்று பாவித்துக்கொள்வோம். அதைத் தொடக்கியபோது ஒய்வு நிலையை அது நோக்கிப்போகின்றதெனில், தொடக்கியவுடனே ஐந்திலொரு செக்கனளவுக்குச் செக்கன் கம்பி முந்திப் பாயும். அல்லது, ஒலிக்கவென்றிருக்கும்போது அதை நிறுத்தினூல், ஈருன ஐந்திலொரு செக்கன் பதியப்படமாட்டாது ; ஆனூல், கடிகாரத்தை நிறுத்துதலில் அற்ப தாமதம் இருந்திருந்தால் அதனைப் பதிந்துவிடும்.

ஆதலினால், மணிக்கூட்டுக் கதிமுற்றுப்பு திருத்தமுடையதாயினும், மணிக்கூட்டின் அல்லது கடிகாரத்தின் "ஒலித்தல்" ஒன்றளவுக்கு ஏறத்தாழ அதனினுங் கூடிய திருத்தமுண்டென்று மணிக்கூடு அல்லது கடிகாரங்கொண்டு துணியும் நேரவிடைகளில் நம்பிக்கை வைக்க முடியாது.

தரப்பட்டவொரு வரிசைக்குரிய திருத்தத்தைப் பொறுத்தமட்டில், "ஒலித்தல்களின்" காலநீட்சியினும் வேண்டிய திருத்தத்தினுமிருந்து துணியப்படும் நேரத்துக்கு நேர நோக்கல்களை நீடித்தல் வேண்டும். ஐந்திலொரு செக்கன்களை ஒலிக்கின்றவொரு கடிகாரத்தை உபயோகித்தால், 1000 இல் 1 ஆன திருத்தத்துக்கு மூன்று நிமிடத்துக்கு மேற்பட்ட காலம் வேண்டியதாகும். மேலும் இவ்வாறென்க.

செவி மதிப்பிடுகையும் கண்மதிப்பிடுகையும்

நிறுத்தற் கடிகாரத்துக்குப் பதிலாகச் சாதாரணமான மணிக்கூட்டை அல்லது கடிகாரத்தை உபயோகித்தால், இயங்குகின்ற செக்கன் கம்பியின் நிலையைச் சரியாக மதிப்பிடுதல் கடினமாகையால் ஏழக்கூடிய வழுமேலும் பெரிதாகவிருக்கும். செவி, கண் இரண்டினாலும் பெறப்படும் நோக்கங்கள் ஒருங்கு நோக்கி இதனை மேற்கொள்ளலாம். சிலவிதமான வேலைகளுக்கு இந்த முறை அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றதாதலின், அதனைச் சுருக்கமாக விவரிப்பாம்.

ஒருசலினது இயக்கத்தை நோக்கிப் பேறுகள் பெறப்படுன்றனவென்றுகி பாவித்துக்கொள்வோம். கால நோக்கல்களை ஆரம்பிக்கும்போது, புது நிமிடமொன்றைச் செக்கன் கம்பி தொடக்குகையில் அல்லது வேறேதும் வசதியான இடத்தைக் கடக்கையில், நோக்குவோன் ஒலித்தல்களை எண்ணத் தொடங்குகின்றான். பின்பு, ஊசலைக் கண்ணானது நோக்கிக்கொண்டிருக்க, செவிகொண்டு எண்ணல், தொடர்ந்து நிகழுகின்றது. 17 ஆம், 18 ஆம் ஒலித்தல்களுக்கிடையில் ஊசலாட்டத்தின் நடுவை ஊசல் கடக்குமாயின், இந்தக் கடத்தல் நிகழுங் கணப்பொழுதைக் கணித்தறிதல் இலகுவாகவிருக்கும். ஆகவே, நோக்குதற்குள்ள ஊசலாட்டத் தொகுதியின் தொடக்கமானது கடிகாரத்தின் அதிகிட்டிய ஒலித்தலளவுக்கு அறியக்கிடக்கின்றது. ஊசலின் ஈற்றதிர்வு முடிந்ததும், நோக்குதற்குள்ள ஈற்றுடலின் நடுவுக்கூடாக ஊசல் செல்லும்போது, கடிகாரவொலித்தல்களை நோக்குவோன் மீட்டும் எண்ணத் தொடங்கி, தான் எண்ணிக்கொண்டிருக்கின்ற ஒலித்தல்களையொத்த நேரத்தைக் கடிகாரமுகத்தைப் பார்த்து நோக்கத்தக்கதாக வருமளவும், எண்ணலைத் தொடர்ந்து செய்கின்றான். இந்த முறையை ஓருதாரணத்தால் விளக்குவாம்:—

எண்ணல் தொடங்கிய நேரம் 2 ம. 31 நிமி. 0 செ.
இதன் பின்னர் 17 ஆம் ஒலித்தலில் நடுப்புள்ளியை ஊசல் கடந்தது.

100 ஆம் பூரணவதிர்வு முடிந்தவுடன் எண்ணல் ஆரம்பமானது.
31 ஆம் எண்ணிக்கையிற் கடிகாரம் 2ம. 32 நிமி. 20 செ.ஐக் காட்டிற்று.

கடிகாரவொலித்தல் ஒவ்வொன்றும் $= \frac{1}{5}$ செ.
∴ முதலாமூசலாட்டத் தொடக்கம் 2ம. 31 நிமி. 3·4 செ. இலும், 100 ஆம் ஊசலாட்ட முடிவு 2 ம. 32 நி.மி. 13·8 செ. இலும் நிகழ்ந்தன.
ஆகவே, 100 பூரணமான ஊசலாட்டங்கள் எடுத்த நேரம் 1 மி. 10·4 செ. ஆகும். அதாவது, ஒருசலாட்டத்தின் காலம் = 0·704 செ.

எழக்கூடிய வழு ஒவ்வொரு நோக்கலுக்கும் 0·2 செ. ஆகும்.
ஊசலாட்டக் காலம் $= 0{\cdot}704 \pm 0{\cdot}004$ செ.

வழுக்களைத் தவிர்ப்பதற்கு இவ்விதமான வழிவகைகளை அனுட்டித்துப் பெருந்தொகையான ஊசலாட்டங்களை எடுத்தாலும், இந்த உதாரணத்தில் எழக்கூடிய வழு $\frac{1}{2}$ சதவீதத்திலும் பெரிதாகும். அதிகமாக நேரத்தை வர்க்கிக்க வேண்டியிருத்தலால், வழக்கமாக இந்த வழு இரட்டிக்கப்படுகின்றது. கடிகாரம் மந்த கதியில் ஓடுகின்றதாயின், அதனொலித்தலை ஒத்த அளவுக்கு இந்த வழு பெரிதாகவிருக்கும். என்றாலும், நோக்குவோன் பழக்கமுடையவனாயின், அரைச் செக்கனுக்கொருதரம் ஒலிக்கின்ற மணிக்கூட்டை அல்லது நேரமானியை உபயோகித்துப் பத்திலொரு செக்கனளவுக்கு நேரத்தை மதிப்பிடவல்லவனாகவிருப்பான்.

எடுத்த ஊசலாட்டங்களின் தொகையில் தங்கியிராது, நோக்கிய மொத்த நேரத்தில் சதவீத வழுத் தங்கியிருக்கின்றதென்பது குறித்துக்கொள்ளத்தக்கது. எனவே, நோக்கப்பட்ட ஊசலாட்டங்களின் நேரங்கள் ஏறக்குறையச் சமமாகவிருக்குமேயானால், சிறு தொகையான மந்தகதியில் நிகழும் ஊசலாட்டங்களுடனும் பெருந் தொகையான விரைவாக நிகழும் ஊசலாட்டங்களுடனும் ஒரே திருத்தத்தைப் பெறலாம்.

ஓரதிர்வின் பாகங்களைத் திருத்தமாக மதிப்பிடுதல் சாத்தியமன்றுதலின், குறித்தவொரு நேரத்தில் நிகழுகின்ற ஊசலாட்டங்களின் தொகையை எடாது, குறித்தவொரு தொகையான ஊசலாட்டங்களின் நேரத்தை ஒரு போதுந் தவறாது எடுத்தல் வேண்டும்.

திருத்தமான காலக்கிரமப்படுத்தலைப் பற்றிய குறிப்புக்கள்

நீண்ட காலவிடைகள் குறுகிய காலவிடைகள் இரண்டையுங் கிரமப் படுத்துதற்கு மணிக்கூடுகளை அமைப்பதிற் சென்ற அரை நூற்றாண்டில் பெருந் திருத்தங்கள் செய்யப்பட்டுள்ளன.

கட்டில்லாவூசன் மணிக்கூடுகள்.—புவியீர்ப்பின்கீழ் ஆடுகின்ற பொறி முறையூசலையுடைய மணிக்கூட்டிலிருந்து ஊசலாட்ட நேரம் முழுவதிலும் மேலதிகமான சுயாதீனத்தை ஊசலுக்குக் கொடுத்து மிக்க திருத்தத் தைப் பெற்றுள்ளனர். ஒரு நாளிலும் நீடித்த காலங்களுக்கு நாமறிந்த மணிக்கூடுகளுள் **சோட்டின்** (Shortt) மணிக்கூடே மிக்க வாய்ப்பானது. வளியை வெளிப்படுத்தி மாறுத வெப்பநிலையில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் பெட்டியொன்றினுள்ளே "கட்டின்றி" ஆடுகின்றவோரூசல் இதற்குண்டு. அதனலைவுகளைப் பாலித்தற்கு "அடிமை" யூசலொன்றிலிருந்து ஒவ் வோரரை நிமிடத்துக்கும் இந்த "அதிகார" வூசலுக்கு ஒவ்வொரு கணத் தாக்கு வந்து கொண்டிருக்கும். வேண்டிய சத்தியை வழங்குகின்றவொரு மின்சுற்றைத் தூண்டுமொரு கணத்தாக்கு நெம்புகோலை முன்னது விடுவிக்கின்றது. "தட்டித் தவறும்" ஒருபகரணத்தினுல், அதிகார வூச லோடு அடிமையூசல் சரியொத்தாடிக்கொண்டிருக்கச் செய்தற்குக் கணத் தாக்குநெம்புகோல் ஒரு மின்னேட்டத்தை அனுப்புகின்றது. குறைந்தது ஆயிரத்திலொரு செக்கனளவுக்குத் திருத்தமான மின்னற்குறிகளைப் பெற லாம். வானேக்கு நிலையங்களிற் சாதாரணமாகச் **சோட்டின்** மணிக்கூட்டை உபயோகிப்பர்.

படிகப்பளிங்கு மணிக்கூடுகள்.—படிகப்பளிங்கொன்றை விகாரமுறச் செய் தால் அதனில் மின்னேற்றம் உண்டாகும். பளிங்கின் அலைவுகளைப் பாலித் தற்கு, இந்நூலின் ஈற்றதிகாரத்தில் விவரிக்கப்பட்டிருக்கும் விதமான வால்வுப் பெருக்கிகளுக்கு இவ்வாறெழுகின்ற மின்னேற்றத்தைப் பயன் படுத்தலாம். மிக்க வேகமாக நிகழுமிந்த அலைகளானவை புவியீர்ப்பில் தங்கியிருக்கவில்லை. ஒரு நாளுக்கு அல்லது அதனிலுங் குறைந்த காலத் துக்கு வேறெந்த நேரங்காட்டியிலும் மேலதிகமான திருத்தத்தைத் இவ் வலைகள் தரவல்லன. ஒரு செக்கனிற் படிக மணிக்கூடு 100,000 தரம் ஒலிக்கும். 40 மைல் நீளமானவொரு தந்திக்கம்பி நெடுக ஒவ்வொரு செக்கனுக்கும் 1000 நேரவறிகுறிகளை அனுப்பக்கூடும். வானவியலில் நெடுநேரங்களுக்கும் இந்த மணிக்கூட்டைப் பயன்படுத்தக்கூடும்.

XIV ஆம் பக்கத்தில் இரேடியோவறிகுறிகளை நேரங்காட்டுதற்குப் பயன் படுத்தலைப்பற்றிக் கூறப்பட்டிருக்கின்றன.

அதிகாரம் III

கணியங்களை வழியலகுகளில் அளத்தல்.

"வழியலகுகளில்" அளக்கப்படுங் கணியங்களுள், அளத்தற்கு மிக எளிதானவை பரப்புக்களுங் கனவளவுகளும் அடர்த்திகளுமாகும்.

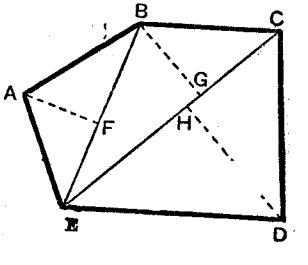
§ 1. பரப்பை அளத்தல்

நேர்கோடுகளை எல்லையாகவுள்ள பரப்புக்களை அளத்தல்.

விஞ்ஞான வேலையில் உபயோகிக்கப்படும் பரப்பலகு சதுரச்சதமமீற்றர் ஆகும்; ஒவ்வொரு பக்கமும் 1 ச.மீ. நீளமுள்ளவொரு சதுரத்தின் பரப்பு, ஆகும்.

நேர்கோடுகளை எல்லையாகவுள்ள பரப்புக்களை அளத்தற்கு அளவியலின் சாதாரண விதிகளைப் பிரயோகிப்பர். வேண்டிய நீளங்களை ஓரளவுகோல் கொண்டளப்பர். இவ்விதமான உருவம் எதனையும் முக்கோணங்களாகப் பிரிக்கலாம். தனித்தனியான இந்த முக்கோணங்களின் பரப்புக்களை ஒரு மிக்கக் கூட்டி மொத்தப் பரப்பைக் காணலாம். அடியையுஞ் செங்குத்தான உயரத்தையும் ஒன்றையொன்றுற் பெருக்கிவரும் பெருக்கத்தை இரண்டாற் பிரிக்க வருவது முக்கோணத்தின் பரப்பாகும்.

நேரான ஓரங்களையுடையவோருலோகத் தட்டின் பரப்பைக் காணவேண்டு மாயின் வேணியரிடுக்குமானியை (27 ஆம் பக்கம்) உபயோகித்து, சாதாரண அளவுகோல் கொண்டு கண்ணுல் மதிப்பிட்டுப் பெறுந் திருத்தத்திலும் மேலான திருத்தத் தைப் பெறலாம். மூலை முடக்குக்களை மாத்தி ரம் முக்கோணங்களாகப் பிரித்துக்கொண்டு, வசதியானவிடத்து, எஞ்சிய பாகத்தைச் செவ் வகங்களாகப் பிரிக்கலாம்.



உரு. 10.—முக்கோணங்களாகப் பிரிக்கப்பட்ட ஐங்கோணம்.

பரிசோதனை 5.—ஒரு நேர்கோட்டுருவத்தின் பரப்பை அளத்தல்.—மெல்லியவோருலோகத் தட்டிலிருந்து வெட்டியெடுக்கப்பட்டவொரு முக் கோணத்தின் பரப்பை, அடியையுஞ் செங்குத் துயரத்தையும் அளந்து, காண்க.

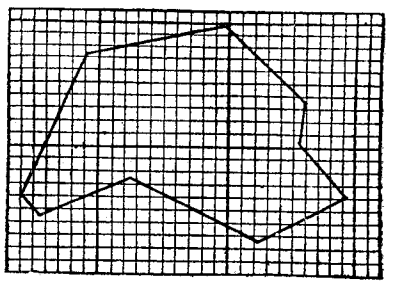
உருவத்தின் பரப்பு இந்தக் கணியங்களின் அரைப் பெருக்கமாகும். அடியாக எந்தப் பக்கத்தையுந் தெரிந்தெடுக்கலாமாதலின், ஒன்றிலொ ன்று தங்கியிராத மூன்று பேறுகளைப் பெறலாம். பரிசோதனை வழுவின் எல்லைக்குள்ளே இந்தப் பேறுகள் மூன்றும் ஒத்திருத்தல் வேண்டும். அவற்றின் சராசரியை முக்கோணத்தின் பரப்பெனக் கொள்க.

நாற்கோணம், ஐங்கோணம், அறுகோணமாதிய மற்றையுருவங்களின் பரப்பை, 10 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பதுபோல, அவற்றைப் பிரித்துக் காண்க.

வளைகோடுகளை எல்லைகளாகவுள்ள பரப்புக்களை அளத்தல்.

வளைகோட்டெல்லைகளையுடைய உருவங்களைப் பொறுத்தமட்டில், அவற்றின் பரப்புக்கம் நேர்கோட்டுப் பரிமாணங்களுக்குமுள்ள தொடர்பு அறிந்த வொன்றுகும். இவ்வாறு, ஆரை r ஆகவுள்ளவொரு வட்டத்தின் பரப்பு πr^2 ஆகவும், அரைப்பேரச்சு a ஆகவும் அரைச்சிற்றச்சு b ஆகவுமுள்ள நீள் வளையத்தின் பரப்பு πab ஆகவும் இருக்கின்றன.

I. ஒரு பரப்பின் பெறுமானத்தை அண்ணளவாகக் கணுதற்கு ஒழுங்கற்றதாகவந்தப் பரப்பிருந்தாலும், அதனை முக்கோணங்களாவுஞ் செவ்வகங்களாகவும் பிரிக்கும் முறையை அனுட்டிக்கலாம். ஒரளவுக்குப் பிரித்தற் பிரமாணத்தில் திருத்தந் தங்கியிருக்கின்றது. ஆனால், அளவுகடந்து பிரித்தால், பருமனிற் குறைவான சிறு கீழ்ப்பிரிவுகளாகப் பிரித்தலினால் வந்தெய்தும் மேலதிகமான திருத்தத்தைப் பல சிறு பரப்புக்களைத் துணிதலில் உண்டாகக்கூடிய நுண் வழுக்களின் மொத்தம் சமப்படுத்தும் அளவிலும் மேலதிகமாக விருக்கும்.



உருவம் 11.—பரப்பை அளத்தல்.

நிலமளத்தன் முறைக்கு இந்த முறை அடிப்படையாகும்.

II. சதுரக் கோட்டுத்தாளில் உருவத்தை வரைந்தால், சதுரங்களின் தொகையை எண்ணி அதன் பரப்பைக் காணலாம். இவ்வாறு பெறுந் திருத்தம் கோடிடுதலின் நுண்மையிற் தங்கியிருக்கிறதென்பது தெளிவு. மூலகச் சதுரங்கள் எவ்வளவுக்குச் சிறிதாகவிருக்கின்றனவோ அவ்வளவுக்கு நெருங்கிய கிட்டுமானமாகத் தரப்பட்ட உருவத்தின் எல்லைக்கோட்டைப் பின்றொடரலாம் (உருவம் 11). சிறியவொரு சதுரத்தை, உருவத்தை உருவாக்கும் அலகாகச் தெரிந்தெடுக்கும் இந்தமுறை I இனது தனித்தவொரு வகையாகும்.

III. தராசைப் பயன்படுத்தி ஒரளவுக்கு மிக்க திருத்தமுடன் பரப்புக்களைத் துணியலாம். ஒரே தன்மையான தடிப்பையுடைய கடதாசி மட்டையில் அல்லது மெல்லிய உலோகத் தட்டில் உருவம் வரையப்படும். பின்பு, அந்தப் பரப்பு வெட்டியெடுக்கப்பட்டு நிறுக்கப்படும். அதே மட்டையில் அல்லது தட்டிலிருந்து செவ்வக அல்லது முக்கோண வடிவமான வொரு பரப்பை வெட்டியெடுத்து அதன் நிறை காணப்படும். இந்தப் பரப்பை அதன் நேர்கோட்டுப் பரிமாணங்களிலிருந்து துணியலாம். முதலாம் பரப்புக்கும் இரண்டாம் பரப்புக்குமுள்ள விகிதமும், முதலாம் உருவத்தின் நிறைக்கும் இரண்டாம் உருவத்தின் நிறைக்குமுள்ள விகிதமும் ஒன்றென்றெடுத்துக்கொண்டு, அறியாத பரப்பைத் தனிவிகித சம முறைப்படி கணிக்க.

பரிசோதனை 6.—ஒரு வட்டத்தின் பரப்பை அளத்தல்.— வசதியான ஆரையை (5—10 ச.மீ.) உடையவொரு வட்டத்தை வரைந்து, I, II, III என்னும் முறைகள் ஒவ்வொன்றின்படியும் அதன் பரப்பைத் துணிந்து, ஒவ்வொரு வகைக்குமொவ்வொன்றாக π இன் மூன்று பெறுமானங்களைக் காண்க.

IV. **சிஞ்சனின்** (Simpson) விதிகளின்படி பரப்புக்களைக் காணலாம். ஒழுங்காக வளைந்திருக்கின்றவொரு கோட்டுக்கும் ஒரடிக்கோட்டுக்குச் செங்குத்தாக அந்த வளைகோட்டந்தங்களில் வரையப்பட்டுள்ள நிலைத்தூரக்கோடுகளுக்குமிடையில் அடைக்கப்பட்டிருக்கின்ற பரப்பை அண்ணளவாகத்துணிதற்கு இந்த விதிகள் உதவும்.

அடிக்கோட்டை ஒரு தொகைச் சமபாகங்களாகப் பிரித்து அவற்றிற் கேற்ப நிலைத்தூரக் கோடுகளை வரைய, ஒரு தொகைக் கண்டங்களாகப் பரப்புப் பிரிக்கப்படும்.

முதலாம் விதி.—எல்லை நிலைத்தூரங்களின் பாதிகளையும் இடைநிலைத் தூரங்கள் எல்லாவற்றையுங் கூட்டிவந்த மொத்தத்தைப் பொதுவிடைத் தூரத்தால், அதாவது அடுத்துவரும் நிலைத்தூரக் கோடுகளின் இடைத் தூரத்தால், பெருக்குக.

இரண்டாம் விதி.—எல்லை நிலைத்தூரங்களையும், ஒற்றை நிலைத்தூரங்களின் (முதலாவதும் ஈறுவதும் நீங்கலாக) இருமடங்கையும், இரட்டை நிலைத்தூரங்களின் நான்மடங்கையுங் கூட்டிவந்த மொத்தத்தைப் பொது விடைத்தூரத்தின் மூன்றிலொன்றாற் பெருக்குக. இந்த விடத்து, கண்டங்களின் தொகை இரட்டையாக இருத்தல் வேண்டும்.

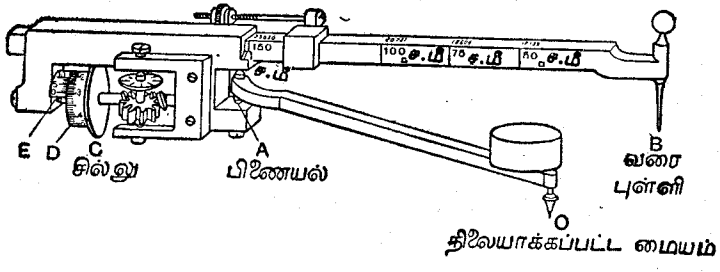
பரிசோதனை 7. அரைவட்டத்தின் பரப்பை அளத்தல்.— வசதியான ஆரையையுடைய அரைவட்டமொன்றை வரைந்து அதன் பரப்பை மேற்கூறிய விதிகளின்படி துணிக. துணிந்து வந்த பேறுகளைக் கணித்து வந்த பேற்றினோடொப்பிடுக.

V. **பரப்புமானி** கொண்டும் பரப்பை அளக்கலாம். எந்திரிமாருக்கும் நிலமளப்போருக்கும் இந்த முறை மிக்க முக்கியமானது. ஆனாலும், இதுகாறும் விளக்கப்பட்ட முறைகளிலும் இந்தமுறை பண்பில் உயர்ந்தது.

பரப்புமானி

மூடுவளைகோடு யாதாயினும் அதனகத்துள்ள தளப்பரப்பை நேராகத் துணிதற்குப் பல கருவிகள் ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இந்தவினக் கருவிகளுக்குப் **பரப்புமானி** என்னும் பொதுப்பெயர் வழங்குகின்றது. இவற்றுள் அலங்காரத்திலும் எளிமையிலும் மிக்கது **சாபகுசனூர் அம்சிலர்ப் பேராசிரியர்** (Prof. Amsler) ஏற்படுத்திய கருவியாக இருக்கலாம். சாதாரணமாக உபயோகிக்கப்படுவது இதுவேயாதலின், அதனை மாத்திரம் அமைத்தலையும் பிரயோகித்தலையும் விளக்குதலை இங்கு கருத்திற் கொண்டுள்ளோம்.

இந்தக் கருவி **A** இல் ஒருமித்துப் பிணைக்கப்பட்டுள்ள **OA, AB** என்னும் இரண்டு கோல்களினாலானது (உருவம் 12). **O** ஐ மையமாகச்

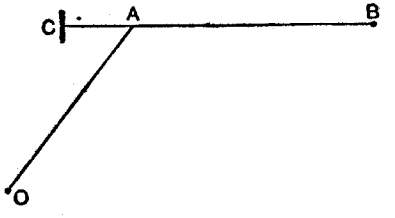


உரு. 12.—**அம்சிலரின் பரப்புமானி.**

(இதனைப் பிரயோகிக்கும்போது கோல் **OA** ஆனது **AB** இனது சேய்மைப் பக்கத்திற் பொதுவாக விருக்கும்.)

சுற்றியிருக்கும் வட்டப்பாதையில் மாத்திரம் **A** இயங்கத்தக்கதாக **O** இற் கோல் **OA** நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். **வரைதற்காட்டி** நுனி **B** இல் இருக்கும். தளம் **OAB** இல் எத்திசையிலும் **B** இயங்கத்தக்கவாறு **A** இலுள்ள பிணையல் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். **B** இனது இயக்கம் புயங்களின் நீளங்களாலும், கருவியின் பொறிமுறையமைப்பினாலும் மாத்திரம் எல்லை வகுக்கப்படும். புயம் **AB** இல் எங்கோவோரிடத்தில், புயத்திற்குச் சமாந்தரமாகவுள்ள அச்சையுடைய சில்லு **C** ஏற்றப்பட்டிருக்கும். **B** இலிருந்து சேய்மையிலுள்ள **A** இனது பக்கத்தில் இந்தச் சில்லு வழக்கமாக இருக்குமாயினும் கருவி தொழிற்படுதற்கு இது அவசியமானவொன்றன்று. இந்தச் சில்லோடு 100 சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்ட வட்டவடிவமான அல்லது உருளைவடிவமான அளவுகோலொன்று பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஒரு சுற்றின் $\frac{1}{1000}$ அளவுக்கு அளவீட்டைச் சில்லின் நிலை தரத்தக்கவாறு வேணியரளவுகோல் **E** சட்டத்தோடு நிலைப்படுத்தப் பட்டிருக்கும். சுருள்வடிவப் பற்றுணைப்பொறியொன்றினூற் சில்லுடன் தொடுக்கப்பட்டுள்ள சிறியவொரு சுற்றெண்ணியில் முழுச் சுற்றுக்கள் பதியப்படுகின்றன.

நிலைத்த மையம் O இன்மீதும் (12 ஆம், 13 ஆம் உருவங்கள்) சில்லு **C** இன் ஓரத்திலும், சுவடுகாண் முனை **B** இலுங் கருவி ஒய்ந்திருக்கும்.



உரு 13.—பரப்புமானித் திட்டம்.

முனை **B** ஐ அசைக்க முழுப்புயம் **AB** உம் அசையும். **AB** இனுக்குரிய திசையில் நிகழுமதன் இயக்கம் எதுவும் சில்லை **வழுக்கமாத் திரஞ்** செய்யுமன்றி எள்ளளவேனும் அதைச் சுழலச் செய்யாது. அல்லாமலும் தன்னுடைய நீளத்துக்குச் **செங்குத்தாக AB** இயங்குமேயானால், புயம் **AB** தனது நீளத்துக்குச் செங்குத்தாக இயங்கிச் செல்லுந் தூரத்துக்குச் சமமான தூரத்துக்குச் சில்லு **உருளும். எவ்வாறு AB இயங்கினாலும், அதன் நீளத்துக்குச் செங்குத்தான அதனியக்கக் கூறினது சில்லின் உருளுதலினாற் பதியப்படும். ஆதலினால், AB இன் இயக்கம் எதுவாயினும் அதனாற் சில்லு உருளுந் தூரமானது அதன் சொந்தத் திசைக்குச் செங்குத்தாக AB இயங்கிச் சென்ற மொத்தத் தூரமாகும்.**

இந்தத் தூரத்திலிருந்து, **B** இனாற் சுற்றிக்கொண்டு சென்ற உருவத்தின் பரப்பைக் கணிக்கக்கூடும்.

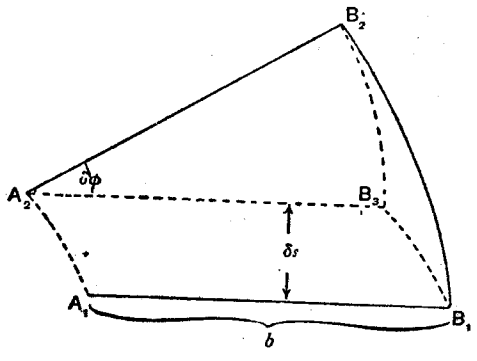
B சுற்றியியங்கும் உருவத்துக்குப் புறத்தே **O** இருக்கும் வகைக்கும், மூடுவளைகோட்டினுள்ளே **O** இருக்கும் வகைக்கும் முக்கியமானவொரு வித்தியாசமுண்டு. முதலாவதாக, துணியவேண்டிய பரப்புக்குப் புறத்தே **O** இருக்கும் வகையை ஆராய்வாம்.

நிலைத்த மையத்தைத் தன்னுளடக்காத பரப்பு

நிலை A_1B_1 இலிருந்து நிலை A_2B_2 இற்குப் புயம் **AB** இயங்கிச் செல்லுகின்ற தென்று எடுத்துக்கொள்வோம் (உருவம் 14). **O** ஐச் சுற்றியுள்ள வட்டத்தின் வழியே A_1 இலிருந்து A_2 இற்கு **A** செல்லும்; பாதை B_1B_2 இல் **B** செல்லக்கூடும். **AB** ஆனது, அதற்குச் சமாந்தரமான நிலை A_2B_3 இற்குப் போய், A_2 ஐச் சுற்றிச் சுழன்று ஈற்று நிலையாகிய A_2B_2 இற்கு வந்தால், இதே நிலையை அடைந்துவிடும்.

A_1B_1 இற்கும் A_2B_3 இற்குமுள்ள செங்குத்துத் தூரமான δs உம், A_2B_3 இற்கும் A_2B_2 இற்கும் இடையிலுள்ள கோணமான $\delta\phi$ உம் சிறியனவாகவிருந்தால் இந்த இயக்கத்திற் புயம் **AB** அளந்த பரப்பு $b\delta s + \frac{1}{2}b^2\delta\phi$ இற்குச் சமமாகவிருக்கும். இங்கே b புயம் **AB** இன் நீளமாகும்.

இதனிலிருந்து AB இனால் உள்ளபடி அளக்கப்பட்ட பரப்பு $A_1A_2B_2B_1$ ஆனது $B_1B_2B_3$ ஆகிய சிறு பரப்பளவுக்கு வேறுபடும். δs உம் $\delta\phi$ உம் சிறியனவாயிருந்தால் இந்த வித்தியாசத்தைப் புறக்கணிக்கலாம். எனவே, AB அளந்த மொத்தப்பரப்பு $= b\delta s + \frac{1}{2}b^2\delta\phi$.



உரு. 14.—பரப்புமானி வரைகின்ற மூலகப் பரப்பு.

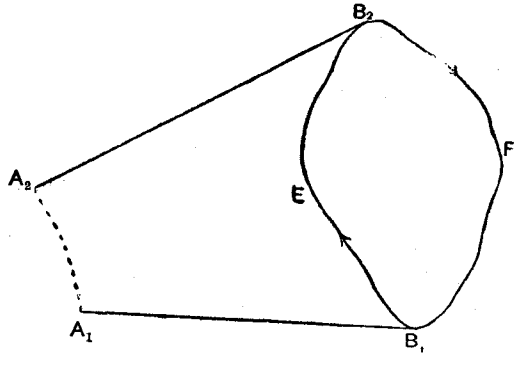
இந்த வகைக்குரிய மூலகவியக்கங்களின் கூட்டுத்தொகையாக AB இன் இயக்கம் எதனையுங் கொள்ளலாம். ஆகவே, புயம் AB இன் இயக்கம் எதற்கும்,

AB அளந்த மொத்தப் பரப்பு $= \Sigma\ (b\delta s + \frac{1}{2}b^2\delta\phi)$ ஆகும்.

குறியீடு Σ (கிரேக்க மொழியிற் சிக்மா) இங்கேயும் வேறெங்கேயும் ஒரே வகைக்குரிய தொடருறுப்புக்களின் கூட்டுத்தொகையைக் குறிக்கும்.

நிலைத்த மையம் O ஐத் தன்னுளடக்கியிராதவொரு பரப்பு முழுவதையுஞ் சுற்றி B இயங்குகின்றதென்று பாவித்துக் கொள்க.

புயத்தின் எல்லை நிலைகளாக A_1B_1 உம் A_2B_2 உம் (உருவம் 15) இருக்க, பரப்பு $B_1EB_2FB_1$ ஐ நேர்த்திசையில், புள்ளி B உடன் சுற்றிநோக்குகின்ற



உரு. 15.—பரப்புமானி வரைந்த முடிவுள்ள பரப்பு.

நோக்குவோனெருவனது வலப்புறத்தில் எப்பொழுதும் அந்தப் பரப்புக் கிடக்குமாறு, B சுற்றி வருகின்றது.

பாதை B_1EB_2 ஐக் கடக்கும்பொழுது பரப்பு $A_1A_2B_2EB_1$ ஐயும், திரும்பி F வழியே வரும்பொழுது $A_1A_2B_2FB_1$ ஐயும் புயம் AB அளக்கின்றது. **எனவே; தரப்பட்ட வளைகோட்டைச் சுற்றி B இயங்கும்போது புயம் AB இனால் அளக்கப்பட்ட தேறிய பரப்பானது வளைகோட்டினுல் அடைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பாகும்.**

ஆகவே, பரப்பு $B_1EB_2F = \Sigma(b\delta s + \frac{1}{2}b^2\delta\phi)$,

அல்லது வேண்டிய பரப்பு $= b\Sigma\delta s + \frac{1}{2}b^2\Sigma\delta\phi$.

பரப்பை முற்றுக B சுற்றி வந்துவிட்டால், தொடக்கத்திலிருந்த நிலைக்குப் புயம் AB திரும்பிவந்துவிடும். ஆதலினுல், $\Sigma\delta\phi = 0$.

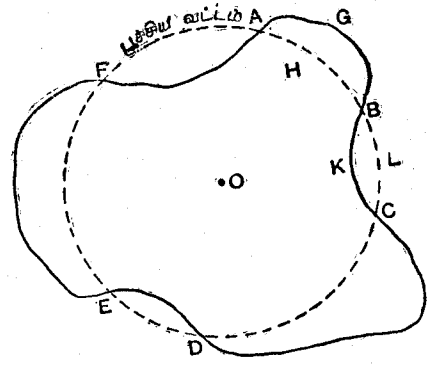
ஆகவே, பரப்பு $B_1EB_2F = b\Sigma\delta s = bS$.

இங்கே, சில்லு உருண்டுபோன மொத்தத் தூரத்தை S குறிக்கின்றது.

நிலைத்த மையம் O ஐத் தம்முளடக்காத பரப்புக்களைப் பொறுத்தமட்டில், சில்லு உருளுகின்ற தூரத்தைப் பிணையல் A இலிருந்து வரைதல் முனை B இற்குள்ள தூரத்தாற் பெருக்கவரும் பெருக்கத்துக்கு வரைதல்முனை சுற்றிவரும் பரப்புச் சமமாகவிருக்கும்.

நிலைத்த மையம் O ஐத் தம்முளடக்கியுள்ள பரப்புக்கள்

பூச்சிய வட்டம்.— நிலைத்த மையத்தைத் தன்னுளடக்கியுள்ள பரப்பு **எதனையும்** பற்றிச் சிந்திக்குமுன்னர், "பூச்சிய வட்டம்" என்பதைப் பற்றிச் சிந்திப்பது பிரதானமானது. நிலைத்த மையத்துக் கூடாகச் சில்லின் தளம் போகுமாறு பரப்புமானியின் புயங்கள் இரண்டையும் பிணைத்தால் முனை B, O ஐச் சுற்றியுள்ளதும் OB ஐ ஆரையாகவுள்ளதுமான வட்டத்தில் மாத்திரம் இயங்கும் (உருவம் 17—ஆம் பக்கம்)



உரு. 16. நிலைத்த மையத்தைத் தன்னுளடக்கியுள்ள பரப்பு.

இந்த வட்டத்தை, B ஐக் கொண்டு வரையச் செய்தால், சில்லு C எந்தத்தூரத்துக்கு ஊடாகவும் உருளாது. ஏனெனில், எப்பொழுதும் அது தன்னுடைய தளத்துக்குச் செங்குத்தாகவே இயங்கும் ஆதலின். இவ்வாறு, B இனால் இந்த வட்டம் வரையப்பட்டபோது, சில்லின் அளவீடு மாறுதிருக்கும், அதாவது, சில்லின் பதிவு பூச்சியமாகவிருக்கும். ஆகவே, விசேடமான இந்த வட்டத்தைப் பூச்சிய வட்டம் என்பர்.

இந்த நிலையிற் பரப்புமானியை வைத்தால் (அதைப் பிடிகருவியிற் பூட்ட வேண்டியதில்லை), நீளம் OB ஐ அளந்து பூச்சியச் சட்டத்தின் பரப்பைக் காணலாம்.

நிலைத்த மையத்தைத் தன்னுளடக்கியுள்ள பரப்புப் பொது வகை.— நிலைத்த மையம் O ஐ அடக்கியுள்ள பரப்பு ABCDEF ஐ எடுப்போம் (உருவம் 16). பூச்சிய வட்டத்தைப் புள்ளிக்கோடு காட்டுகின்றது. வளை கோட்டின் நேரே A இலிருந்து B இற்கு வரைதன்முனையைக் கொண்டு போய், பூச்சிய வட்டத்தின் வழியே அதனைத் திருப்பிக்கொண்டுவந்தோ மெனில், நேர்த்திசையிற் பரப்பு AGBH ஐ வரைந்துவிட்டோமாவோம். எனவே, **O ஐப் பரப்பு A G B H அடக்கியிருக்கவில்லையாதலின்,** அதனைச் சில்லுத் தருகின்ற அளவீடு ஒத்திருக்கும்.

பூச்சிய வட்டம் வழியே வரைதன் முனை செல்லும்போது சில்லு உருளு கின்றது, ஆதலின் சில்லுக் காட்டுமிந்த அளவீடு முழுவதும் வளைகோடு வழியே A இலிருந்து B க்கு அது இயங்குகையிற் பதியப்பட்டது. எனவே, வளைகோடு வழியே A இலிருந்து B இற்குப் போகையிற் பரப்பு AGBH ஐச் சில்லுப் பதிகின்றது.

இனி நாம் B இல் தொடங்கி, BKCL ஐச் சுற்றிப் போவோமேயானால், பரப்பு BKCL இன் வளைகோட்டை **எதிர்த் திசையிற்** கடந்திருப்போம். அப்பொழுது பரப்பு BKCL ஐ ஒத்த தூரத்தைச் சில்லு பின்னேக்கி உருண்டுகொண்டிருக்கும். BKC வழியே வரைதன்முனை செல்லும்போது இந்த இயக்கம் முழுதும் பதியப்படுகின்றதாதலினால், BKC வழியே அது செல்லுகையிற் பரப்பு BKCL **எதிர்ப்** பதிவுசெய்யப்பட்டதென்க.

மேற்கூறியதனிலிருந்து, பூச்சிய வட்டத்தை வரைதன் முனை கடக்கை யில் தனது திசையைத் தானுகச் சில்லு நேர்மாறுக்குகின்றதென்பதும், ஆதலினுற் பூச்சிய வட்டத்தை வரையவேண்டியதில்லை என்பதும் வெளிப் படை. எனவே, நிலைத்த புள்ளியை அடக்கியுள்ளவொரு பரப்பைச் சுற்றி வரைதன் முனையைக் கொண்டுபோகையில், **பூச்சிய வட்டத்துக்குப் புறத்தே யுள்ள பரப்புக்களின் கூட்டுத்தொகையைச் சில்லு உருண்டு சென்ற மொத்தத் தூரம் ஒத்திருக்கும் என்பது புலனுகின்றது.**

வேண்டிய பரப்பைச் சில்லினுற் பதியப்பட்ட தூரத்தையொத்த பரப்பும் பூச்சிய வட்டப் பரப்புஞ் **சேர்ந்து** தருகின்றன. எனவே, மேற்கூறியது போல, முதற்கண் பூச்சிய வட்டத்தைத் துணிதல் வேண்டும்.

அளக்கவேண்டிய பரப்பினுள்ளிருக்கும் மையத்தோடு கருவி எத்திசை யில் உபயோகிக்கப்படுகின்றதென்பதைக் குறித்துக்கொள்ளும்போது மிக்க அவதானமாக விருத்தல் வேண்டும். அல்லாமலும், ஆனதுபற்றி நேர்க் குறியையோ எதிர்க்குறியையோ ஏற்றவாறு முன்வைத்தல் வேண்டும். நேர்த்திசையில் வளைகோட்டைச் சுற்றி வரைதன் முனையை எப்பொழுதும் போகச் செய்தலும் வேண்டும்.

பரிசோதனை 8. பரப்புமானியின் அளவுகோடு திருத்தல்.—பரப்புமானி யைப் பயன்படுத்துமிடத்து முதற்கண் செய்யவேண்டியது யாதெனில், உரு ளுஞ் சில்லின் முழுச் சுழற்சியொன்றையொத்த பரப்பு எவ்வள வென் பதைக் காண்பதே. பிணையலுக்கும் வரைதன் முனைக்கும் இடையிலுள்ள புயத்தூரத்திலுஞ் சில்லின் விட்டத்திலும் இது தங்கியிருக்கின்ற தென்பதற் குச் சந்தேகமில்லை.

(i) வரைதற் புயத்தின் நீளத்தைத் துணிதல்.— பிணையற் சுமைகா வியை வரைதற் புயத்தின் மீதுள்ள கோடுகளுள் ஒன்றுக்கு நேரே குறிகாட்டி வருமளவுஞ் செப்பஞ் செய்க. 10 ச.மீ. □ என்றடையாளமிடப் பட்டுள்ள கோடு இதற்கு வாய்ப்பானது; அல்லது, பரப்புமானி அங்குல ங்களைத் தருகின்றதாதலின், 10 அங். □ என்றடையாளமிடப்பட்ட கோட்டுக்கு வருமாறு செப்பஞ்செய்யலாம். இப்பொழுது, பிணையலுக்கும் வரைதன் முனைக்குமிடையிலுள்ள நீளத்தைக் காணுதல் வேண்டும். இது இலகு வன்று. ஏனெனில், பிணையற் சுமைகாவியாலுஞ் செப்பஞ்செய்யுறுப்புக் களாலுங் கிட்டத்தட்டப் பிணையல் முழுவதும் வழக்கமாக மூடப்பட்டி ருக்கும். சதுரக்கோட்டுத் தாளொன்றிற் கருவியைப் பாடாக வைத்து, தாளிலுள்ள கோடொன்றின்மீது வரைதன்முனை இருக்குமாறு செய்து, சுழற்சித் தானத்தின் அச்சு எங்கே கிடக்கின்றதென்று கிட்டிய 0.1 மி.மீ. அளவுக்கு மதிப்பிடுதலே சிறந்த முறையாகும். நீளத்தைத் திருத்த மாகப் பெறுதற்குச் சதுரக் கோட்டுத் தாளின் ஒரு பக்கத்துக்குச் சமாந்தர மாக வரைதற் சட்டத்தை வைத்தல் வேண்டும்.

சில விதமான பரப்புமானிகளில் வரைதற் புயத்தின் **நுனி**யில் இரண்டு முனைகளுண்டு. அவற்றுளொன்று புயத்தினந்தத்துக்கருகில் நிலைப்படுத் தப்பட்டிருக்க, மற்றையது பிணையற் சுமைதாங்கியுடன் இயங்கும். வரை தன் முனைக்கும் பிணையலச்சுக்குமுள்ள இடைத்தூரத்துக்கு அவற்றினிடைத் தூரஞ் சமமாக இருக்குமாறு கருவியாக்குவோமுலவை அமைக்கப்பட்டிருக் கும். ஆதலால், இந்தத் தூரத்தை ஓரளவுகோல் கொண்டு அளந்தறிய லாம். முன்னர் விளக்கியுள்ள முறையிலும் இந்த முறை எளிமையினுந் திருத்தத்திலும் மிகச்சிறந்தது. இவ்வாறுபெற்ற தூரமானது கருவியின் விளக்கத்தில் மேலே b இனுற் குறிக்கப் பட்ட நீளமாகும்.

(ii) சில்லின் பரிதியைத் துணிதல்.— திருகு நுண்மானி கொண்டு விட்டம் d ஐ அளந்து வந்த பரிமாணத்தை π இனுற் பெருக்கி வரைதற் சில்லின் பரிதியைத் துணியலாம். இவ்வாறு பரிதியை அளக்கும் போது சில்லினூரத்தை, மிக்கவிலேசாகத் தொடுமாறு திருகு நுண் மானியைச் செப்பஞ்செய்தல் வேண்டும். அப்படிச் செப்பஞ்செய்யாவிடில், சில்லினூரம் உருவழிந்து கருவியின் திருத்தமும் பாழாகக்கூடும்.

இவ்விதமாகக் கருவி செப்பஞ்செய்யப்பட்டிருக்கையில், புயம் b ஐயுஞ் சில்லின் பரிதி πd யையும் ஒன்றையொன்றுற் பெருக்க வருவது சில்லின் சுழற்சியொன்றையொத்த பரப்பாகும்.

பிணையற் சுமைதாங்கி செப்பஞ்செய்யப்பட்ட வரைதற் புயத்திற்குப் பக்கத்திலுள்ள 100 ச.மீ. □ அல்லது 10 அங். □ ஆகிய அடையாளத்தோடு இந்தப் பெருக்கம் பொருந்தக் காணலாம். கருவியாக்குவோனால் இந்த அளவுப்படிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விதமாகக் கருவி செப்பஞ் செய்யப்பட்டிருக்க சில்லுச் சுழலுஞ் சுழற்சி யொன்றையொத்த பரப்புக்களாக அவையிருக்கின்றன. b ஐயும் d ஐயும் பெறுதற்கு மேற்கூறிய முறைகள் ஓரளவுக்குப் பக்குவமில்லாதன் வென்பது வெளிப்படை. இந்தக் கணியங்களை அளத்தற்குக் கருவியாக்குவோனுக்குக் கூடிய திருத்தமுடைய வழி வகைகள் உண்டாதலின், கருவி பழையதன்றுயின் அல்லது கடினமாகக் கையாளப்பட்டுத் திரிவுற்றதன்றுயின், வரைதற் புயத்தின்மீதுள்ள பெறுமானங்களைப் பயன்படுத்துதல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 9. பரப்புமானி கொண்டு சிறு பரப்புக்களைத் துணிதல்.—உருவத்துக்குப் புறத்தே நிலைத்த மையம் O ஐக் கொண்டு வரத்தக்க அளவுக்கு எடுத்துக் கொண்ட பரப்புச் சிறிதாகவிருக்கும்.

(i) பரப்புமானி கொண்டளக்கும் போதுள்ள சதவீதவழு—10 ச.மீ. நீளமுள்ள பக்கத்தையுடைய வொரு சதுரத்தை வரைந்து அதன் எல்லைக் கோட்டைச் சுற்றி வரைதன் முனையைக் கொண்டு போய், பரப்புமானி காட்டும் அளவீட்டைச் சதுர. ச.மீ. ஆக மாற்றுக. இதற்கும் 100 ச.மீ. இற்குமுள்ள வித்தியாசத்தை மொத்தப் பரப்பின் சதவீதமாகக் கூறுக. இந்த விதமான கருவிக்குள்ள நோக்கற் சதவீத வழுவை, இது தருகின்றது.

(ii) பரப்புமானி கொண்டு ஒரு வட்டத்தின் பரப்பை அளத்தல்.—10 ச.மீ. ஆரையுள்ளவொரு வட்டத்தை வரைந்து, அதன் பரப்பைப் பரப்புமானி கொண்டு காண்க. கண்டு, π இன் பெறுமானத்தைத் துணிக.

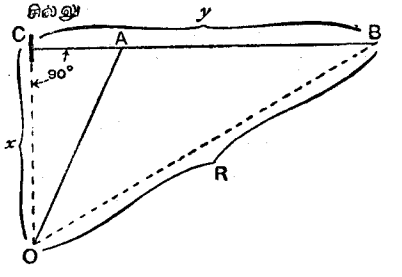
பரிசோதனை 10. பரப்புமானியின் பூச்சியவட்டப் பரப்பைத் துணிதல்.—இவ்வாறு; சிறு பரப்புக்களை அளத்தற்குக் கருவியை உபயோகித்தும் அதனளவீடுகளை இனமாற்றஞ் செய்தும் தீர்க்கமான பழக்கமுண்டாதலின், **நிலைத்த மையத்தை அடக்கியுள்ள** பெரும் பரப்புக்களை அளத்தற்குப் பூச்சிய வட்டத்தைத் துணிதல் இன்றியமையாததாகின்றது.

(i) பூச்சிய வட்டப் பரப்பைக் கணித்தல்.—சதுரக் கோட்டுத்தாளொன்றின் மீது சில்லை, அந்தத் தாளை அது தொடுகின்ற புள்ளியானது சதுரங்களின் மூலையொன்றிற் சரியாக இருக்குமாறும், சதுரங்களின் பக்கங்களுள் ஒன்றின் வழியே அதன் தளங் கிடக்குமாறும், வைக்க. வரைதன்முனையை ஓரங்களுள் ஒன்றின்மீதும், நிலைத்த மையத்தை அந்த ஓரத்தின்மீது சில்லின் தளத்திலும், இரண்டு முனைகளுந் தாளைத் தைக்குமாறு, வைக்க.

இப்படிச் செய்தால், நிலைத்த முனைக்கூடாகச் செல்லுகின்ற சில்லின் தளத்தோடு கருவி நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். ஆதலால், மேற்காணும் ஆராய்ச்சியில் விளக்கப்பட்டிருப்பது போல, நிலைத்த முனைக்கும் வரைதன் முனைக்குமுள்ள இடைத்தூரம் பூச்சிய வட்டத்தின் ஆரையாகும். இந்தத் தூரத்தை அளந்தறிந்து பூச்சிய வட்டத்தின் பரப்பைக் காணலாம். அன்றேல், 17 ஆம் உருவத்தில்

$$x^2 + y^2 = R^2 \text{ ஆதலின்,}$$

பூச்சிய வட்டத்தின் பரப்பு $= \pi(x^2 + y^2)$ என்று நாமெழுதிக் கொள்ளலாம்.



உரு. 17.—பூச்சிய வட்டத்தைத் துணிதற்கு வேண்டிய நிலை.

R ஐ அளந்தறிய வேண்டியதில்லை.

வரைதற் சட்டத்தின் மேற்பக்கத்தைக் கூர்ந்து நோக்கினால், வெவ்வேறு புள்ளிகளில் வெவ்வேறு இலக்கங்கள் அங்கே இடப்பட்டிருக்கக் காணலாம். ஒவ்வோரிலக்கமும் சட்டத்தின் பக்கத்திலுள்ள அளவீடொன்றுக்குமேலேயிருக்கும். இவை பிணையற் சுமைதாங்கியின் வெவ்வேறு நிலைகளையொத்த பூச்சிய வட்டங்களின் பரப்புக்களாகும். **வழக்கமாக அந்தந்த நிலையிற் சில்லுச் சுற்றுஞ் சுற்றுக்களாக அவை கூறப்படும்.** உதாரணமாக, 100 ச.மீ. □ என்று அடையாளமிடப்பட்ட கோட்டுக்கு நேரே வருமாறு பிணையற் சுமைதாங்கியின் குறிகாட்டியைக்கொண்டு வர, அந்தக் கோட்டுக்கெதிரே சட்டத்தின் மேற்புறத்துள்ள இலக்கம் 20.731 ஆக இருந்தால், சில்லின் 20·731 சுற்றுக்களுக்குச் சமமான பரப்பைப் பூச்சிய வட்டமுடைத்தென்பது, அதாவது, அந்தப் பரப்பு 2073·1 சதுரச் ச.மீ. என்பது, அதன் கருத்தாகும்.

காட்டப்பட்ட பூச்சிய வட்டப்பரப்பைச் சதுரச் ச.மீ. இல் கூறி, உமது நோக்கற் பேறுகளை, மேலே விளக்கப்பட்டபடி கணித்து வந்த பரப்போடொப்பிடுக. முன்பு கூறியதுபோல, கருவியாக்குவோனுக்குக் கைகூடும் முறைகளோ இங்கு விளக்கப்பட்டுள்ள பக்குவமற்ற முறையிலும் பன்மடங்கு திருத்தமானவை. கருவியானது, தேய்ந்து பழுதுபட்டிருக்காவிடில், அல்லது திரிவுற்றிருக்காவிடில், குறிக்கப்பட்ட பரப்பைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும்.

(ii) பூச்சிய வட்டப் பரப்பைப் பரிசோதனை முறைப்படி துணிதல்.—பரப்புமானி தானே காட்டுவனவற்றைக் கொண்டு மிக்க இலகுவாகப் பூச்சிய வட்டப் பரப்பைத் துணியலாம். நிலைத்த முனை **புறத்தேயிருக்க** பிரயாசமின்றி எல்லை வளைகோட்டை வரையத்தக்க பருமனையுடையவொரு பரப்பை, அது ஒழுங்கானதாயினென் ஒழுங்கற்றதாயினென், எடுத்துக்கொள்க. 100ச.மீ. □ அளவு கோட்டுக்கென்று இடப்பட்ட பெருந்தொகையான கருவிகளுக்குக் குறுக்களவு 20 ச.மீ. ஆகவுள்ளவோருருவம் ஏற்றதாகும்.

நிலைத்த முனை **புறத்தே**யிருக்கும்படியாக வரைதன்முனையுடன் பரப்பைச் சுற்றிவந்து பரப்புமானி காட்டும் பரப்பைக் குறிக்க ; அதனை **A** என்போம்.

அடுத்தாற்போல், நிலைத்த முனையைப் பரப்பி**னுள்ளே** வைத்து மீட்டும் உருவத்தை அது சுற்றச்செய்க. மிக்க வேகமாகச் சுற்றுகின்ற சில்லானது, அவதானமாக விருக்காவிடில், தாளிலிருந்து நழுவி அல்லது பாய்ந்து போகக் கூடுமாதலின், இதனை மெல்லமெல்லவாகவே செய்தல் வேண்டும். அளவீடானது ஓயாது **குறைந்துகொண்டிருப்பதை** அவதானமாகக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். அதாவது, சில்லின்மீது **எதிர்ப்**பதிவைப் பரப்புத் தந்துகொண்டிருக்கும். எனினும், பரப்புக்கு வளைகோட்டெல்லையிடுதல் நேர்த்திசையில் நிகழ்ந்துகொண்டிருக்கும் என்பதற்கையமில்லை.

பதிவைப் பெற்றபின்னர், நிலைத்த மையம் உள்ளிருக்கும் உதாரணத்தில் முன்னர் நிறுவப்பட்ட சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம்.

பரப்பு **A** = பதியப்பட்ட பரப்பு + பூச்சிய வட்டப் பரப்பு

பொதுவாக, பரப்பு **A** ஐக் காண்பதற்கு இந்தச் சமன்பாடு பயன்படுத்தப்படும். ஆனால், சிறப்பானவிந்த உதாரணத்திற் பூச்சியவட்டப் பரப்பைக் காண்பதற்கு அதனைப் பிரயோகிக்கலாம். புறத்தேயுள்ள நிலைத்த முனையோடு பரப்புமானியைப் பயன்படுத்திப் பரப்பு **A** ஐ முன்பு துணிந்துவிட்டோம். நிலைத்த முனை உள்ளிருக்கப்பதியப்பட்ட பரப்பை இப்பொழுதிங்கே பெற்றிருக்கின்றோம். எனவே, இந்தக் கணியங்கள் இரண்டுக்கு முள்ள **அட்சரகணித** வித்தியாசத்துக்கு, அல்லது, அவற்றுளொன்று எதிர்க் கணியமாதலின், அவற்றினது எண்கணிதக் கூட்டுத் தொகைக்கு, பூச்சிய வட்டப் பரப்புச் சமமாகும்

இதற்கோருதாரணமாக :—

நிலைத்த முனை புறத்தே

முதலளவீடு	..	2·139	சுற்றுக்கள்
இரண்டாமளவீடு	..	5·713	சுற்றுக்கள்
பதிவு	..	3·574	சுற்றுக்கள்

பரப்பு = 357·4 சதுர ச. மீ.

நிலைத்த முனை அகத்தே

முதலாமளவீடு	..	(2) 5·781	சுற்றுக்கள்
இரண்டாமளவீடு	..	8·633	சுற்றுக்கள்
பதிவு	..	−17·148	சுற்றுக்கள்

ஓயாது எதிர்ப்பதிவாகப் பதிவிருந்ததனாலும், சுற்றுஞ் சில்லின் முழுச் சுற்றல்களைக் காட்டிக் கொண்டுபோன சில்லுப் பூச்சியத்துக்கூடாக இரு முறை சென்றதனாலும், முதலளவீட்டுக்கு முன்பாக (2) எழுதப்பட்டுள்ளது.

இவ்வாறு,

357·4 = (− 1714·8) + பூச்சியவட்டப் பரப்பு,

அல்லது, பூச்சியவட்டப்பரப்பு = 2072·2 சது. ச.மீ.

காட்டப்பட்டுள்ள பெறுமானம் 2073·1 சது. ச. மீ.

இந்தவிரண்டு முறைகளின்படி பூச்சியவட்டப் பரப்பைக் கண்டு வந்த பேறுகளைச் சட்டத்தின் மேற்புறத்திற் காட்டப்பட்ட பரப்போடு ஒப்பிடுக.

பரிசோதனை 11. பரப்புமானிகொண்டு பெரும் பரப்புக்களைத் துணிதல்.— இந்த உதாரணத்தில், எடுத்துக்கொண்ட நிலைத்த மையமாகிய **O** ஐப், பரப்பினதகத்தேயே எடுக்கவேண்டிய அளவுக்கு அது பெரிதாகவிருக்குமென்று கொள்ளவேண்டும்.

நீள் வளையமென்பது, அதன் நிலைத்த புள்ளிகள் (குவியங்கள்) இரண்டிலுமிருந்து அதன் வளைகோட்டிலுள்ள புள்ளிகள் ஒவ்வொன்றுக்குமுள்ள தூரங்களின் கூட்டுத்தொகை மாறிலியாகவுள்ள மூடிய வளைகோடாகும். குவியங்களுக்கூடாகச் செல்லுகின்ற விட்டம் அதன் பேரச்சாகும். இந்தப் பேரச்சைச் செங்கோணமாக வெட்டுவது அதன் சிற்றச்சாகும். இரண்டுசிகளைக் குவியங்களாகக் கொண்டு அவற்றைச் சுற்றித் தொடர்ச்சியான வோரிழைத்தடத்தை அமைத்து, அந்தத் தடத்தைக் கொண்டு எழுதுகோலொன்றை அடக்கியேவி அதனை வரையலாம்.

ஏறக்குறைய 40 ச.மீ. × 70 ச.மீ. அளவுள்ள பெரியவொரு நீள்வளையத்தை இரண்டு குண்டூசிகளும் ஓரிழைத்தடமும் கொண்டு வரைந்து, பரப்புமானியைப் பிரயோகித்து, அதன் பரப்பைக் காண்க. நீள் வளையத்தின் பேரச்சுக்குஞ் சிற்றச்சுக்குஞ் சமாந்தரமாகவுள்ள சுற்றுச் செவ்வகத்தினது பரப்பின் $\frac{\pi}{4}$ மடங்கு நீள்வளையத்தின் பரப்பென்று காட்டுக.

§ 2. கனவளவையும் அடர்த்தியையுந் துணிதல்

கனவளவலகொன்றுக்குள்ள அல்லது (**ச. இ. செ.** முறைப்படி) **1 க. ச. மீ.** பதார்த்தத்தின் திணிவு என்று **அடர்த்திக்கு** வரைவிலக்கணங் கூறப்படும். திணிவு **M** ஆகவுங் கனவளவு **V** ஆகவுமிருந்தால், அடர்த்தியை ஈவு $\frac{M}{V}$ தருகின்றது. கிராமில் **M** உம் க. ச. மீ. இல் **V** உம் இருந்தால், **க.ச.மீ.** ஒன்றுக்கு இத்தனை கிராமென்று, அல்லது **கி.ச.மீ.**$^{-3}$ என்று இது கூறப்படும்.

பரிசோதனை 12. வேணியரிடுக்குமானி கொண்டு ஒழுங்கான ஒரு திண்மப் பொருளின் அடர்த்தியைத் துணிதல்.—வேணியரிடுக்குமானிகொண்டு ஒழுங்கான பல திண்மப் பொருள்களின் நீட்டற் பரிமாணங்களை அவதானமாக, ஏறத்தாழ 0·1 மி. மீ. அளவுக்கு அளக்க. அளந்து, பெற்ற அளவீடொவ்வொன்றிலுமிருந்து இடுக்குமானியின் "பூச்சிய அளவீட்டை" (அட்சர கணித) முறைப்படி கழிக்க.

ஒவ்வொரு நோக்கலையும் மீட்டும் மூன்று தரமாகிலுஞ் செய்க. இயலுமாயின், பொருளின் பலவிடங்களிலும் அளவீடுகளையெடுத்து, வந்த பேறுகளின் சராசரியைக் காண்க. உதாரணமாக, உருளையொன்றின் விட்டத்தைக் காணுமிடத்து, அதனந்தங்கள் இரண்டிலும், நடுவிலும், "கூம்புதல்" எது மிருந்தால் அதற்காகத் திருத்தஞ் செய்வதற்காக, அளவீடுகளை எடுத்தல்வேண்டும். "நீள்வளையத்" தன்மையேதுமிருந்தால், அதற்காகத் திருத்தஞ் செய்வதற்காக, ஒவ்வோரிடத்திலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்கோணமாகவுள்ள இரண்டு விட்டங்களை அளத்தலும் வேண்டும். இந்த ஆறு அளவீடுகளினதுஞ் சராசரியையே உண்மையான விட்டவளவாகக் கொள்க.

பொருளின் கனவளவை உமது நோக்கற் பேறுகளிலிருந்து கணித்து, வந்த பேற்றைக் கன சதமமீற்றரிற் கூறுக. [ஒழுங்கான பல வடிவங்களுக்கு வேண்டிய சூத்திரங்களை—ஆம் பக்கத்திற் காண்க].

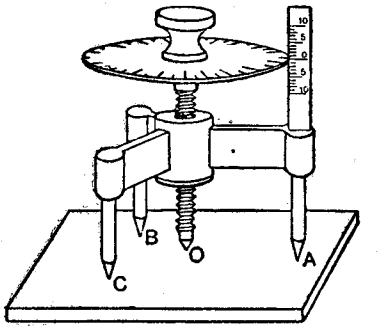
தராசு கொண்டு பொருளின் திணிவைக் கண்டு அதன் அடர்த்தியைக் கணிக்க.

பரிசோதனை 13. திருகுநுண்மானி கொண்டு ஒழுங்கான பொருளின் அடர்த்தியைத் துணிதல்.—திருகு நுண்மானி கொண்டு ஒழுங்கான பலதிண்மப் பொருள்களின் நீட்டற் பரிமாணங்களை அளந்து அவற்றின் கனவளவைத் துணிக. ஒவ்வொரு பொருளையும் தராசில் நிறுத்து அதனதன் திணிவைக்கண்டு, முந்திய பரிசோதனையிற் செய்ததுபோல, அடர்த்தியை, அல்லது கனவளவொன்றின் திணிவைக் கணிக்க.

§ 3. கோளமானி

கோளமானியானது ஒரு கோளமேற்பரப்பின் வளைவினுரையை அளத்தற்கு உபயோகிக்கப்படுமொரு கருவியாகும். பல தருணங்களில், உதாரணமாக வில்லையொன்றைத்தே, பரிசோதனையை நடத்தும்போது, கோளத்தினுரு பாகமாக மேற்பரப்பிருக்கும். அப்படியான சந்தர்ப்பங்களில், வளைவாரையானது, மேற்பரப்பை ஒரு பாகமாகக் கொண்ட கோளத்தின் ஆரையாக இருக்கும் (கற்பனையே).

சமபக்க முக்கோணமொன்றின் மூலைகளில் இயன்றவளவுக்கு ஏறத்தாழ அமைக்கப்பட்ட மூன்று கால்கள், **A**, **B**, **C**, இனால் தாங்கப்பட்டுள்ளவொரு சிறு மேசையாகும் இந்தக் கருவி (உருவம் 18). இந்த மேசையின் மையத்துக்கூடாகச் செல்லுகின்ற நுண் புரியிடைத் தூரத்தை (வழக்கமாக, 0·5 மி. மீ., அல்லது 1 மி. மீ.) உடைய வொரு திருகாணி நாலாவது கால் **O** ஆகும். மேசைக்குச் செங்கோணமாக நிலைப் படுத்தப்பட்டுள்ளவோரளவு கோலும், திருகாணியின் உச்சியிற் பொருத்தப் பட்டுள்ளவொரு வட்ட வடிவமான அளவுத்திட்டமுங்கொண்டு இந்த நாலாவது காலின் நிலையளவீட்டைக்காணலாம்.



உரு. 18.—கோளமானி.

பரிசோதனை 14. கோளமானிகொண்டு தட்டொன்றின் தடிப்பை அளத்தல்.—கோளமானிகள் எல்லாம் ஒரேவிதமாக அளவுகோடிடப்பட்டிருக்க மாட்டாவாதலின் கோளமானியொன்றை உபயோகிக்குமிடத்து, முதலாவதாகச் செய்யவேண்டியது அளவுகோல்கள் இரண்டினதும் அளவுகோட்டுப் படிகளின் பெறுமானங்களைத் துணிதலே. பூரணமானவொரு சுற்றைக் கோளமானியின் குடுமி சுற்ற அதன் திருகாணி எவ்வளவுக்கு முன்னேறுகின்றதென்பதைக் காண்க. இந்தத் தூரம் 0·5 மி. மீ. அல்லது 1·0 மி. மீ. ஆகவிருக்கலாம். வட்டத்தட்டிலுள்ள பிரிவுகள் எத்தனை என்பதையும், அதனை ஒரு பிரிவுக் கூடாகத் திருப்பினுல் எவ்வளவுக்குத் திருகாணி முன்னேறுகின்றதென்பதையுங் குறித்துக்கொள்க. உதாரணமாக, திருகாணியின் புரியிடைத்தூரம் 0·5 மி. மீ. ஆகவும், அளவு கோடிடப்பட்ட குடுமியிற் பிரிப்புக்களின் தொகை 50 ஆகவுமிருந்தால், திருகாணிமுனையின் 0·01 மி. மீ. பெயர்ச்சியை ஒவ்வொரு பிரிவும் ஒத்திருக்கும் (ஆம் ப.பா.)

நேரளவு கோலின் மீதுள்ள பூச்சியத்துக்கு எதிரே அளவு கோடிடப்பட்ட சில்லின் பூச்சியம் இருக்குமாயின், நிலையான கால்கள் இருக்குந் தளத்திலேயே திருகாணிமுனை இருக்கின்றதென்று கொள்ளப்படும். சாதாரணமாக இப்படி ஒரே தளத்தில் அவை நான்கும் இருப்பதில்லையாதலின் கருவியின் பூச்சிய வழுவை அல்லது "பூச்சிய அளவீட்டை"க் காண வேண்டியது அவசியமாகின்றது. இதைக் காண்பதற்கு, ஒளிகொண்டு செப்பஞ் செய்யப்பெற்ற கண்ணுடித் தட்டைப் போன்றவொரு தளமேற்பரப்பின் மீது கோளமானியை வைத்து, திருகாணிமுனை மட்டுமட்டாக அந்த மேற் பரப்பைத் தொடுமளவும், கருவியின் குடுமியைத் திருப்புக. புறக்கால்களுள் ஒன்றை ஒரு விரலின் நுனியினுல், அல்லது எழுது கோலொன்றினுல் தொட்டுத் திருகாணிமுனை பற்றிக் கருவி சுழல்கின்றதா

வென்று நோக்கியறிந்து சரியான நிலையைத் துணியலாம். இவ்வாறு தொட, திருகாணிமூனை பற்றிக் கருவி சுழலுகின்றதும், ஆலல் அதியற்பமான அளவுக்குத் தானுந் திருகாணியை உயர்த்த அது சுழலாதிருப்பதுமான நிலை வந்தெய்துமட்டுந் திருகாணியைத் திருப்புதல்வேண்டும். இந்த நோக்கலைப் பன்முறை செய்து பெற்ற அளவீடுகளின் சரா சரியைப் பூச்சிய அளவீடாகக் கொள்க. பின்பு பெறும் அளவீடுகள் எல்லாவற்றிலுமிருந்து அட்சரகணித முறைப்படி இந்தக் கணியத்தைக் கழித்தல் வேண்டும்.

தளமேற்பரப்பொன்றின் மீது கருவி நிற்கின்றபோதுள்ள பூச்சிய அளவீட்டைத் துணிந்து, சிறியவொரு தட்டின்மீது, அதன் மத்திய காலும் தளமேற்பரப்பில் அதன் மற்றைக் கால்களும் இருக்கும் வண்ணம் திருகாணிமூனை தங்கியிருக்கும்போது தோற்றும் அளவீட்டைக்கண்டு, ஆரம்பப் பரிசோதனையாக, அந்தக் கண்ணுடித் தட்டின் தடிப்பை அளக்கலாம்.

ஒரு திரும்பலுக்கு மத்தியகாலின்மூனை எழுகின்ற தூரத்தைக் காண்பதற்கன்றி நிலைக்குத்தளவு கோலை அதிகம் பயன் படுத்தாதிருத்தல் பெரும்பாலும் வசதியாக விருக்கும். நிலைக்குத்தளவுகோலின் அளவீட்டுக்குப் பதிலாகப் பிரிவுகள் இடப்பட்டுள்ள குடுமியின் முழுத் திரும்பல்களின் தொகையை எண்ணிக் காணுதல் வேண்டும். காணும்போது, ஒவ்வொரு திரும்பலையும் 50 அல்லது 100 அளவுகோடிடப்பட்ட குடுமிப் பிரிப்புக்களாகக் கணக்கிட்டு அவற்றை உறுப்புக்களாகக் கொண்டு முனையின் பெயர்ச்சியைக் கூறுதல்வேண்டும்.

உதாரணம்.—பூச்சிய அளவீடு வட்டக்குடுமியில் 23 பிரிப்புக்களாகும்.

சிறியவொரு தட்டின்மீது திருகாணிமூனை ஒய்ந்திருக்குமாறு நானு முழுச் சுற்றுக்களும் ஐந்தாஞ் சுற்றிலொரு பாகமும் சுற்றப்பட்டிருக்க வட்டக்குடுமியில், சரியாகச் செப்பஞ் செய்யப்பட்டபோது, அளவீடு 65 ஆக இருந்தது.

வட்டக்குடுமியில் எல்லாமாக 100 பிரிப்புக்கள் இருந்தன. ஆதலால், சுற்றப்பட்ட பிரிப்புக்களின் தொகை

$$= 4 \text{ முழுச் சுற்று} + 65 - 23,$$
$$= 442 \text{ பிரிப்புக்கள்.}$$

திருகாணியின் புரியிடைத்தூரம் 0·5 மி.மீ. ஆதலால் பிரிப்பொவ்வொன்றும் $\frac{1}{200}$ மி.மீ. ஏற்றுச் சமம்.

தட்டின் தடிப்பு = 0·221 ச.மீ.

பரிசோதனை 15. ஒரு வில்லையின் அல்லது ஆடியொன்றின் மேற்பரப்பு வளைவினுரையை அளத்தல்.— மேற்பரப்பின்மீது நிலைத்த பாதங்கள் ஒய்ந்திருக்குமாறு கோளமானியை வைத்து, மேற்பரப்பை மட்டுமட்டாகத் தொடுமாறு நடுப்பாகத்தைச் செப்பஞ்செய்க. வட்டவளவு கோலின் அளவீட்டை வாசிக்க. தளமேற்பரப்பின்மீது மீட்டுங் கருவியை வைத்து, நடுப்பாகத்தை மற்றை மூன்று பாதங்களுமிருக்குந் தளத்துக்குக் கொண்டுவர எத்தனை முழுச்சுற்றுக்கள் வேண்டுமென்று காண்க. இதனையும், இருதரமுஞ் செப்பஞ்செய்து வட்டக்குடுமியிற் பெற்ற அளவீட்டையுங்கொண்டு, முன்போல, திருகாணியின் பெயர்ச்சித் தூரத்தைக் காண்க. இப்படிப் பலதரஞ் செய்து பெற்ற பேறுகளின் சாராசரியை எடுத்து, உயரத்தை h என்க.

நிலைத்தவிரண்டு பாதங்களின் இடைத்தூரமும் வேண்டும். முக்கோணத்தின் ஒவ்வொரு பக்கத்தையும் மி.மீ. அளவு கோலொன்று கொண்டு 0·1 மி.மீ. அண்ணளவிற்கு அவதானமாக அளந்து கண்டு, வந்த பேறுகளின் சராசரியை எடுக்க. அதனை a ச.மீ. என்க.

அப்பொழுது, வளைவினுரையைக் கீழிருக்குங் கோவை தருகின்றது.

$$R = \frac{a^2}{6h} + \frac{h}{2}.$$

நன்கு குறித்துக் கொள்க.—I. a இன் வர்க்கத்தில் R தங்கியிருக்கின்றதாதலின் a இலுள்ளவொரு சிறு சதவீத வழுவானது R ஐப் பொறுத்தமட்டில் அக்கணியத்திலும் இருமடங்கு (சதவீத) வழுவைத்தரும்.

II. சதம மீற்றரில் h இருந்தால் a உம் ச.மீ. இலேயே இருத்தல் வேண்டும். அப்பொழுது, R இன் பெறுமானஞ் ச.மீ. இற் கணிக்கப்படும்.

III. $\frac{a^2}{6h}$ ஓடு ஒப்பிடுமிடத்து $\frac{h}{2}$ ஆகிய உறுப்பை அனேகமாகப் புறக்கணிக்கலாம்.

பேறுகளைப் பின்வருமாறு பதிதல் வேண்டும் :

தளமீதுள்ள அளவீடு	வில்லைமீதுள்ள அளவீடு
22 பிரிப்புக்கள்	48 பிரிப்புக்கள்
24 பிரிப்புக்கள்	47 பிரிப்புக்கள்
23 பிரிப்புக்கள்	46 பிரிப்புக்கள்
சராசரி 23 பிரிப்புக்கள்	சராசரி 47 பிரிப்புக்கள்

வித்தியாசம் = 24 பிரிப்புக்கள்

இரண்டு முழுச் சுற்றுக்களுக்கூடாக திருகாணிக்குடுமி திருப்பப்பட்டது h = 2 முழுச் சுற்றும் 23 பிரிப்புக்களும் = 0.112 ச.மீ.

பாதங்களினிடைத்தூரம்

3·01 ச.மீ.
3·03 ச.மீ.
2·99 ச.மீ.

$$K = \frac{(3\cdot01)^2}{6\times0\cdot112} + \frac{0\cdot112}{2} \text{ ச.மீ.}$$

சராசரி a = 3·01 ச.மீ. = 13·5 ச.மீ.

இவ்வாறு வளைவினுரை 13.5 ச.மீ. ஆகும்.

ஒளியியற் கருவிகளை உண்டாக்குவோர் வழங்குகின்ற வளைவலகாகிய **தையொத்தரில்** மேற்பரப்பின் வளைவைக் கூறுதல் பயனளிக்கும். **வளை வினுரை ஒரு மீற்றராகவுள்ளவொரு மேற்பரப்புக்கு ஒரு தையொத்தர் வளைவுண்டு.** எனவே, **மேற்பரப்பு எதுவாயினும், தையொத்தரில் அதன் வளைவானது மீற்றரில் அதன் வளைவினுரைக்குத் தலைகீழானது.** இங்கு தரப்பட்டுள்ள உதாரணத்தில், வளைவு $100/13\cdot5 = 7\cdot41$ தையொத்தர்.

$$\mathbf{R = \frac{a^2}{6h} + \frac{h}{2}}$$ **என்னுஞ் சூத்திரத்தின் நிறுவல்.**

இந்தச் சூத்திரத்தில், பாதங்கள் மூன்றினுலுமான சமபக்க முக்கோணத்தின் பக்க நீளம் a ஆகும் (உருவம் 19).

சுற்று வட்டத்தின் ஆரை OB ஐ x என்போம்.

ஆகவே, BC இற்குச் செங்கோணத்தில் OD உளதாயின்,

$$BD = \frac{a}{2};$$

$$OD = \frac{x}{2}.$$

ஏனெனில், △ BOD ஒரு சமபக்க முக்கோணத்தின் அரையாகும்.

இப்பொழுது, $OB^2 = OD^2 + BD^2$,

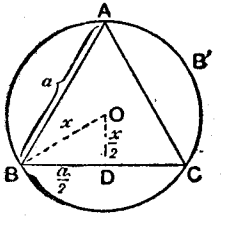
அல்லது, $$x^2 = \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2,$$

$$x^2 - \frac{x^2}{4} = \frac{a^2}{4},$$

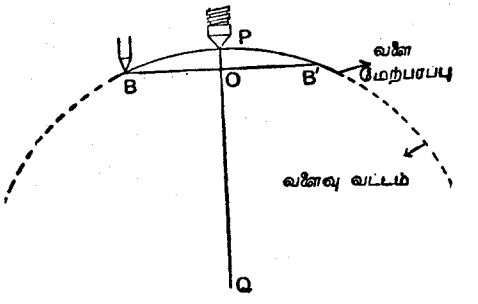
$$\frac{3x^2}{4} = \frac{a^2}{4},$$

$$x^2 = \frac{a^2}{3}.$$

வளைவினுரை R ஐக் காண்பதற்கு, கோளத்தின் மையத்துக்கும் கோடு BO க்கும் ஊடாகப் (19 ஆம் உருவம்) போகுமதன் வெட்டுமுகமொன்றை



உரு. 19.—கோளமானியின் மாதிரிபடம்



உரு. 20—கோளத்தின் வெட்டுமுகம்.

நோக்குவோம். நோக்கி, வளைவு வட்டத்தின் ஒரு பாகத்தை மாத்திரங் காட்டும் 20 ஆம் உருவத்தைப் பெறுகின்றேம். இந்த வட்டத்தை மீண்டும் விட்டம் PQ ஆனது, (20 ஆம் உருவத்திற் காட்டப் படாத) S இல், சந்திக்கின்றதாயின்,

$$QS = QP = R,$$

$$OB = OB' = x;\ OP = h.$$

$OS \times OP = OB \times OB'$ என்பதை அறிவோம்.

ஆகவே, $$(2R - h)h = x^2,$$

$$2Rh = x^2 + h^2,$$

$$R = \frac{x^2}{2h} + \frac{h}{2},$$

அல்லது, முடிவாக, $$R = \frac{a^2}{6h} + \frac{h}{2}.$$

அலகுகளையும் பரிமாணங்களையும் பற்றிய குறிப்புக்கள்

நீளவலகு (L), திணிவலகு (M), நேரவலகு (T) ஆகிய இம்மூன்றை யுந் தெரிந்தெடுத்தபின்னர், அவற்றை உறுப்புக்களாகக் கொண்டு, சற்று முன்னதாகச் சிந்தனைக் கெடுத்துக்கொண்ட வழியலகுகளைப் போன்ற பொறி முறைக் கணியங்களுக்கு அலகுகளைக் காணலாம்.

இந்த நூலில், இதற்கு முற்பட்ட பதிப்புக்களிலுள்ளதுபோல, சதம மீற்றருக்குச் ச.மீ. ஐயும், கிராமுக்கு கி. ஐயும் செக்கனுக்கு செ. ஐயும் **ச. கி. செ.** தொகுதியில் அடிப்படையலகுகளாக உபயோகிக்கலாம்.

பெரும்பான்மையான எழுத்தாளர்கள் கிராமுக்கு "*g*" சுருக்கக் குறியீடாக உபயோகிப்பர் ஆனால் இயக்க விசையியலில் புவியீர்ப்பு வேகவளர்ச்சியைக் குறிப்பதற்கும் இதே எழுத்து உபயோகிக்கப்படுவதால் பிழைகள் நிகழக் கூடும்

நீளத்தினின்றும் வேறுபடுகின்ற ஒருவிதமான கணியமாகப் **பரப்பு** A) இருக்கின்றதெனினும், அதற்கோரலகுக்கு வரைவிலக்கணங் கூறு மிடத்து நீளவலகைப் பயன்படுத்துதல் இசைவுடைத்து. ஒவ்வொரு பக்க மும் 1 ச.மீ. நீளமுடைய சதுரத்தைப் பரப்பலதாக நாம் தெரிந்தெடுக்க லாம். பக்கங்கள் a ச.மீ. உம் b ச.மீ. உம் ஆகவுள்ள வொரு செவ்வகத் தின் பரப்பு $a \times b$ சது. ச.மீ. ஆகும். அதனை ab சது. ச.மீ. அல்லது ab ச.மீ.^{2} என்றெழுதலாம். ஒரு கோட்டிற்கு பரிமாணம் ஒன்று மாத்திர முளதாகத், தளப்பரப்புக்கு **இரண்டு** பரிமாணங்களுண்டு. வீனைப்**பருமன் களுக்குப்** பிரயோகிக்கப்படும் "பரிமாணங்கள்" என்பதன் உற்பத்தி இது வேயாகும்.

ஒவ்வொரு பக்கமும் 1 ச.மீ. நீளமுடையவொரு **கன** வடிவத்தைக் கனவளவலகாகக் கொண்டு **கனவளவை** (V஬) அளக்கலாம். புருவங்கள் a ச.மீ. உம், b ச.மீ. உம், c ச.மீ. உம் ஆகவுள்ளவொரு செவ்வகக் குற்றியொன்றின் கனவளவு $a \times b \times c$ கன. ச.மீ. அல்லது abc ச.மீ.^{3} ஆகும். நீளத்தைப் பொறுத்தமட்டில் கனவளவின் "பரிமாணங்கள்" ஆகும்.

கனவளவலகொன்றுக்குள்ள திணிவு என்று **அடர்த்தி** (D) இற்கு வரை விலக்கணங் கூறிவிட்டோம் (–ஆம் ப.) அதாவது, $D = \frac{M}{V}$. எனவே, அதன் பெறுமானம் கி. ச.மீ.$^{-3}$இற் கூறப்படுகின்றது. அடர்த்தியின் பரி மாணங்கள் திணிவைப் பொறுத்தமட்டில் 1 உம், நீளத்தைப் பொறுத்த மட்டில் –3 உம் ஆகும்.

அதிகாரம் IV

தன்னீர்ப்புக்களைத் துணிதல்

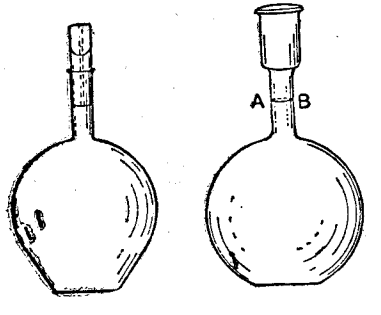
§ 1. தன்னீர்ப்பின் வரைவிலக்கணம்

ஒரு பதார்த்தத்தின் **தன்னீர்ப்புக்கு** அல்லது **சாரடர்த்திக்கு**, அந்தப் பதார்த்தத்தின் எவ்வளவாயினும் ஒரு கனவளவின் நிறைக்கும், யாது மோர் நியமப்பதார்த்தத்தின் அதே கனவளவின் நிறைக்குமுள்ள விகிதம் என்று வரைவிலக்கணங் கூறுவர். வழக்கமாகத் தெரிந்தெடுக்கப்படும் நிய மப்பதார்த்தம் நீராகும். திட்டமான வேலைக்கு அளவுகளை எடுக்கும் வெப்ப நிலைகளைக் குறித்துச் சொல்லுதல் அத்தியாவசியமாகும். இவ்வாறு, 4° ச. வெப்பநிலையிலுள்ள நீரைத் தெரிந்தெடுப்பர். சாதாரணமாக, அறையின் வெப்பநிலையில் அளவுகளைப்பெற்றுப் போதுமான திருத்தத்தைப்பெறலாம்.

§ 2. தன்னீர்ப்புப் போத்தல்

ஒரு திரவத்தின் தீர்க்கமானவொரு கனவளவைக் கொள்ளக்கூடியதாக அமைக்கப்பட்ட போத்தலே தன்னீர்ப்புப் போத்தலாகும். அதன் சாதாரண வடிவத்தில், துவாரமொன்று துளைக்கப்பட்டுள்ள தேய்த்தெடுத்த அடைப் பொன்றினால் அது மூடப்பெற்றிருக்கும். இந்தப் போத்தலைப் பூரணமாக நிரப்பி அதனுள்ளே அடைப்பைச் சொருக, மேலதிகமான திரவம் வெளியே வரும். அதைத் துடைத்துப் போக்கலாம்.

இதனிலும் எளிதானதும் கூடிய திருத்தத்தையுடையதுமான வொரு வடிவத்திலும் அதுவுண்டு. அதற்கு ஒரடையாளம் AB இடப்பட்டுள்ள ஒடுக்கமான கழுத்துண்டு. திரவப் பிறை யுருவின் கீழிடம் இந்த அடையாளத் தின் மட்டத்துக்கு வருமாறு போத்தல் நிரப்பப்படும். மேலதிகமான நீர் எவ் வளவாயினும் இருந்தால், வடிதாள் அல்லது சிறியவொரு குழாயி கொண்டு அதை அகற்றலாம். இந்த வடிவத்தி லுள்ள போத்தல் முன்னதிலுங் கூடிய திருத்தத்தைத் தரத்தக்கதாக இருப்ப தற்கு நியாயமொன்றுண்டு. அதா வது, முன்னதன் அடைப்பானது நுண் மையான கூம்பு வடிவமுடையதாக



உரு. 21.—தன்னீர்ப்புப் போத்தல்.

விருத்தலினால், வீனையவற்றிலும் அதிதூரத்துக்குச் சில வேளைகளில், விசேடமாக அடைப்பிலும் போத்தல் கொஞ்சங் கூடிய வெப்பநிலையில் உளதாயின், ஆப்பிறுக்குவதுபோற் கடாவப்படும்.

பரிசோதனை 16. தன்னீர்ப்புப் போத்தலைப் பயன்படுத்தி ஒரு திரவத்தின் தன்னீர்ப்பைத் துணிதல்.—முதலாவதாகப் போத்தலை நன்கு காய்ச்சி ஈரத்தை நீக்குதல் வேண்டும். போத்தலினுள்ளே போகத்தக்க அளவுக்கு ஒடுக்கமான கண்ணுடிக் குழாயொன்றைப் பாதத்தினுல் இயக்கப்படுமொரு துருத்தியின் மூக்கோடு பொருத்திப் போத்தலினுள்ளே காற்றை ஊதுக. அதே நேரத்தில், மிக்க மென்மையாக, மதுசார விளக்கின் அல்லது பன்சன் சுடரடுப்பின் சுவாலைக்கு மேலாக (ஆனுற் சுவாலையிற் படாதவாறு) அதைப்பிடித்து மென்சூட்டிற் காய்ச்சுக. இப்படிக் காய்ச்சும்போது போத்தலை அதன் கழுத்திற் பிடித்துக்கொண்டு ஓயாது சுழற்ற வேண்டும் இப்படிச் செய்யாவிடில் வேற்றுமைச் சூட்டேற்றத்தினுல் கண்ணுடி வெடிக்கக்கூடும்.

போத்தல் உலர்ந்து குளிர்ந்திருக்கும்போது, அதனைத் தராசின் இடது பக்கத் தட்டில் வைத்து கிட்டிய சதம கிராமிற்கு அதன் நிறையைக் காண்க—அந்த நிறையை **B** கிராம் என்போம்.

பின்பு, நீரினுற் போத்தலை, அதனிலுள்ள அடையாளம் மட்டும், நிரப்புக, நிரப்பும்போது, இடமாறுதோற்றத்தினுல் எழுகின்ற வழுவைத்தவிர்த்தற் பொருட்டு, கண்ணின் மட்டத்திலே அந்த அடையாளம் இருக்குமாறு போத்தலைப் பிடித்திருத்தல்வேண்டும். மீட்டுமதை நிறுத்து, வந்த நிறையை **W** கிராம் என்போம்.

ஆதலால், போத்தலை நிரப்பியுள்ள நீரின் நிறை $\mathbf{W-B}$ கிராமாகும்.

(1) போத்தலின் நிறையையும், (2) போத்தலும் நீருஞ் சேர்ந்த கறையையும், (3) போத்தலை நிரப்பியுள்ள நீரின் நிறையையும் பதிந்து கொள்க.

தன்னீர்ப்பைக் காண்பதற்குள்ள திரவத்தினுற் போத்தலை நிரப்புக.

திரவம் நிரம்பியுள்ள போத்தலை நிறுத்து, வந்த நிறையை w கிராம் என்போம். போத்தலில் நிரம்பியிருக்கும் திரவத்தின் நிறை $w-\mathbf{B}$ கிராம் ஆகும்.

ஆதலால், திரவத்தின் தன்னீர்ப்பு

$$\frac{w-\mathbf{B}}{\mathbf{W}-\mathbf{B}} \text{ ஆகும்.}$$

(1) போத்தலின் நிறையையும், (2) போத்தலுந்திரவமுஞ் சேர்ந்த நிறையையும், (3) போத்தலை நிரப்பியுள்ள திரவத்தின் நிறையையும், ஈற்றில் திரவத்தின் தன்னீர்ப்பையும் பதிந்துகொள்க.

சிறுமணித் திண்மத்தின் தன்னீர்ப்பு

நீரிலும் பார்க்க பாரமானதும் அதனிற் கரையாததுமான திண்மப் பதார்த்தத்தின் தன்னீர்ப்பைக் காண்பதற்கும் தன்னீர்ப்புப் போத்தல் முறையைப் பிரயோகிக்கலாம். இந்த முறைப்படி மணலினது அல்லது சன்னத்தினது தன்னீர்ப்பைக் காணலாம். கண்ணுடி போன்ற பதார்த்தத்தின் தன்னீர்பை இந்த முறைப்படி காணவேண்டுமேயானுல், தன்னீர்ப்புப் போத்தலினுள்ளே போகக்கூடிய சிறு துண்டுகளாக அதை உடைத்தல் வேண்டும்.

நீரிலும் பார்க்க இலேசானதாகவும் அதனிற் கரைகின்றதாகவும் பதார்த்தமிருந்தால், அதன் தன்னீர்ப்பைத் துணிதற்கு நாம் வேறேதுந் திரவத்தைப் பயன்படுத்தலாம். ஆனுல், இவ்வாறு பயன்படுத்தப்படுந் திரவத்தின் தன்னீர்ப்பைக் காண்பதற்குப் பிறிதொரு பரிசோதனையைச் செய்யவேண்டியது அவசியமாகின்றது.

மணலின் தன்னீர்ப்பைத் துணியுமிடத்து, மணலினுற் போத்தலை நிரப்பி, திரவத்தின் தன்னீர்ப்பைக் காண்பதற்குச் செய்வதுபோலச் செய்தல் போதுமானதன்று. அப்படிச் செய்தால், நாம் காண்பது மணலின் தன்னீர்ப்பன்று மணலும் வளியுங் கொண்டவொரு கலவையின் தன்னீர்ப்பேயாகும். ஏனெனில், மணலின் துணுக்குகளுக்கிடையிற் பெருங்கணியமான வளி அடைபட்டுக் கிடக்கின்றது.

பரிசோதனை 17. தன்னீர்ப்புப் போத்தலைப் பயன்படுத்தி சிறுமணித் திண்மமொன்றின் தன்னீர்ப்பைத் துணிதல்.—முந்திய பரிசோதனையிற் செய்ததுபோல முதலில் வெறும் போத்தலின் நிறை **B** ஐக் காண்க.

போத்தலின் மூன்றிலொரு பங்கு நிரம்புமாறு அதனுள்ளே மணலை இடுக. போத்தலும் மணலும் ஈரமில்லாதனவாக இருத்தல்வேண்டும். மணலோடு போத்தலை நிறுத்து வந்த நிறையை $\mathbf{W_1}$ கிராம் என்க.

மணலின் நிறை மாத்திரம் $\mathbf{W_1-B}$ கிராம். மணலுக்கு மேலேயுள்ள இடத்தையும் மணிகளுக்கிடையிலுள்ள இடங்களையும் நீரினுல் நிரப்புக. மணலினுள்ளிருக்கும் வளிக்குமிழிகளை நீக்குதற்பொருட்டுப் போத்தலைச் சுற்றிச் சுற்றிக் குலுக்குக. பெருந் திருத்தம் வேண்டுமாயின் இறப்பர்க் குழாயொன்றுகொண்டு வெற்றிடப் பம்பியொன்றோடு போத்தலின் கழுத்தைத் தொடுத்து வளி முழுதையும் வெளியே போக்குதல்வேண்டும். நீரின் மட்டம் அடையாளத்துக்கு வருமாறு செப்பஞ்செய்க. இப்பொழுது நிறை $\mathbf{W_2}$ கிராம் என்க. ஆகவே, போத்தலினுள்ளிருக்கும் நீரின் நிறை $\mathbf{W_2-W_1}$ கிராமாகும்.

போத்தலை வெறுமையாக்கி, அடையாளம் வரை அதனை நீரால் நிரப்பி, மீட்டும் நிறுக்க. நிறுத்து வந்த நிறையை W கிராம் என்க. ஆகவே, அடையாளம் வரை போத்தலை நிரப்புதற்கு வேண்டிய நீரின் நிறை **W—B** கிராம் ஆகும். நீரின் கணியங்கள், அதாவது $W - B$ கிராம் $W_2 - W_1$ கிராம், ஆகிய இவையிரண்டுக்குமுள்ள வித்தியாசமானது மணல் எடுத்த இடத்தை நிரப்புதற்கு வேண்டிய நீரின் கணியமாகும். இந்தக் கணியத்தைக் கணித்து வந்த பேற்றைப்பதிவு செய்க.

இப்போது, மணலின் தன்னீர்ப்பு

$$= \frac{\text{மணலின் நிறை}}{\text{அதே கனவளவு நீரின் நிறை}}$$

$$= \frac{\text{மணலின் நிறை}}{\text{மணலெடுத்த இடத்தை நிரப்புதற்கு வேண்டிய நீரின் நிறை}}$$

மணலின் தன்னீர்ப்பைக் கணித்து வந்த பேற்றைப் பதிவுசெய்க.

§ 3. நீர் நிலையியற்றராசு

ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் பொருள்களுக் கிடையிலுள்ள விசைகள்

இரண்டு பொருள்கள் ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்போது **நியூற்றனின்** மூன்றும் விதிப்படி, தாக்கமும் எதிர்த்தாக்கமும் ஒன்றுக் கொன்று சமமாகவும் எதிராகவுமுள்ள ஒரு சோடு விசைகளாகும்.

இரண்டு பொருள்களுக்குமிடையிலுள்ள தொடுகை மேற்பரப்புக்குச் செங் கோணமாக விசை இருக்குமாயின், அதனை **உதைப்பு** என்பர். **"தனில்"** அன்றேற் " கிராம் " நிறையில் **இந்த உதைப்பு அளக்கப்படும்.**

உண்மையான வகை எதனிலும், வரையறையானவொரு பரப்பின் மீது பொருள்கள் ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். தொடுகை மேற்பரப்புக்களின்மீது பரம்பியுள்ள விசைகளைப்பற்றி நாம் சிந்திக்கும்போது, ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் இரண்டு பொருள்களுக்கிடையிலுள்ள விசையை **அமுக்கம்** என்று கூறுவதுண்டு.

ஒரு புள்ளியிலுள்ள அமுக்கத்தைக் காண்பதற்கு, அந்தப் புள்ளியைச் சூழ்ந்துள்ளவொரு பரப்பு மூலகத்தின்மீதுள்ள உதைப்பை அந்த மூலகத்தி லுள்ள பரப்பலகுகளின் தொகையினற் பிரித்தல் வேண்டும். **ஒரு சதுரச் சதம மீற்றருக்கு இத்தனை தைன் என்று அமுக்கம் அளக்கப்படும்.**

எடுத்துக்கொண்ட பதார்த்தங்களுள் ஒன்று பாய் பொருளாகவும் மற்றை யது திண்மமாகவும் இருக்குமிடத்து, பாய்பொருள் அமுக்கங்களின் விளைவு விசையைத் துணிதற்குள்ளவோர் எளிதான முறையை இனி விளக்குவாம்.

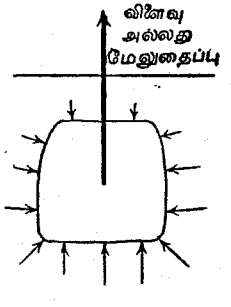
ஆக்கிமிடீசின் தத்துவம்

வழக்கமாக, **ஆக்கிமிடீசின்** தத்துவத்தைப் பின்வருமாறு கூறுவர்.— **பாய்பொருளொன்றினுள்ளே ஒரு பொருளை அமிழ்த்தினால், அப்பொருள் பெயர்க்கும் பாய்பொருளின் நிறையளவுக்குத் தோற்றத்தளவில் அதன் நிறை குறைவெய்தும்.** இந்தத் தத்துவத்தை இதனிலும் எளிதாகவும் நேராகவும் பின்வருமாறு கூறலாம்: **பாய்பொருளொன்றினுள்ளே ஒரு பொருளை முற்றுக அல்லது அதனெரு பாகத்தை அமிழ்த்தினால், பெயர்க் கப்பட்ட பாய்பொருளின் நிறைக்குச் சமமான மேலுதைப்பு அந்தப்பொரு ளைத் தாக்கும்.**

பாய் பொருளமுக்கத்தின் தாக்கத்தைப் பற்றிய எடுகோள்கள் சில வற்றை ஆதாரமாகக் கொண்டு, கொள்கைப்படி இந்தத் தத்துவத்தின் உண்மையை நாம் முன்னறியலாம், அல்லது எளிதான பரிசோதனை யொன்றைச் செய்து செய்முறைப்படி வாய்ப்புப் பார்க்கலாம்.

ஓய்ந்திருக்கும் பாய்பொருளொன்றின் எதுவேனுமொரு பாகத்தின் சம நிலை பற்றிச் சிந்திப்போமேயானால், அந்தப் பாகத்தைச் சூழ்ந்திருக்கும் பாய்பொருள் அதைத் தாங்கியிருக்கின்ற தென்பது வெளிப்படை. அப்படி யது தாங்கப்படாவிடில் அதன் பாரம் அதனை அமிழ்ந்தச் செய்யும். சிந்தனைக் கெடுத்துக் கொண்ட பாகத்தின் நிறைக்கு இந்தத் தாங்குவிசை **சமமென்பதும்** வெளிப்படை.

சூழ்ந்திருக்கின்ற பாய்பொருள் உளுற்றுகின்ற அமுக்கங்கள் (22 ஆம் உருவத்திலே சிறிய அம்புக்குறிகளால் இவை காட்டப்பட்டிருக்கின்றன). இந்தத் தாங்கலைச் செய்கின்றன. அவற்றின் விளைவானது சிந்தனைக் கெடுத்துக் கொண்ட பாகத்தின் பாரத்துக்குச் சமமாகவும் நிலைக்குத்தாக மேலுக்கித் தாக்குவதாகவும் இருக்கும். இத்தாங்கல் விசையின் விளைவு **மேலுதைப்பு** எனப்படும்.



உரு. 22. ஆக்கிமிடீசின் தத்துவம்.

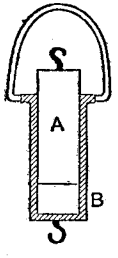
பாய்பொருளினெரு பாகத்தை நீக்கிவிட்டதாகவும், அதே வடிவத்தை யுடையவொரு **திண்மப்** பொருளை அந்த விடத்தில் வைத்துவிட்டதாகவுங் கற்பனை செய் தால், சூழ்ந்துள்ள பாய்பொருளானது முன்போல அதே அமுக்கங்களையே உளுற்றும். எனவே, பெயர்த் தெடுக்கப்பட்ட பாய்பொருளின்மீது உளுற்றப்பட்ட விசைக்குச் சமமான விசையினால் அந்தத் திண்மப் பொருள் தாங்கப்படும்.

ஆனால், பெயர்க்கப்பட்ட பாய்பொருளின் நிறைக்கு இந்தத் தாங்குவிசை சமமாகவிருக்கும். எனவே, **அந்தத் திண்மப் பொருளானது, அது**

பெயர்த்த பாய்பொருளின் நிறைக்குச் சமமானவொரு விசையினுல்—மேல் உதைப்பினுல்-தாங்கப்படும். அப்பொழுது அதன் நிறை இந்தக் கணியத்தளவுக்குக் குறைந்திருப்பதாகத் தோற்றும்.

பரிசோதனை 18. ஆக்கிமிடீசின் தத்துவத்தைப் பரிசோதனை முறைப்படி வாய்ப்புப் பார்த்தல்.—இந்தத் தத்துவத்தினுண்மையைப் பரிசோதனை முறைப்படி திருட்டாந்தப் படுத்துதற்கு, உருளைகளிரண்டு பயன் படுத்தப்படுகின்றன. அவற்றுளொன்று திண்மையானதாகவும், மற்றையது முன்னதை மட்டுமட்டாக உட்புகுத்தத்தக்கவொரு குழாயாகவும் இருக்கும்.

இந்த உருளைகள் இரண்டுக்குங் கொளுக்கி ஒவ்வொன்றுண்டு. குழாய் வடிவமான உருளை **(B)** இன் கீழிருந்து திண்மையான உருளை (A) தொங்கச் செய்யத்தக்கதாக இந்தக் கொளுக்கிகள் அமைக்கப் பட்டிருக்கும். **A** ஓரளவு வெளியே இழுக்கப்பட்டிருக்கும் நிலையில் **B** இன் வெட்டுமுகத்தை 23 ஆம் உருவந் தருகின்றது.



உரு. 23.—குழாயுருளையுந் திண்மவுருளையும்.

B இற்குக் கீழே **A** ஐத் தொங்கவிட்டு, இரண்டையும் ஒரு தராசினது துலாவில் தூக்குக. சாதாரணமாக உபயோகிக்கப்படுகின்ற நீர்நிலையியற்றராசுகளில், 24 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பதுபோல, குறுகியதட்டின் கீழே உருளைகள் தூக்கப்படும். **B** இல் முட்டாது **A** ஊசலாடத்தக்கதாக, அவற்றை இப்படித் தூக்குதற்குக் குறுகியவோரிழை அல்லது மிகவும் நுண்ணியவொரு பித்தளைக்கம்பி உபயோகிக்கப்படும்.

மற்றைத்தட்டில் நிறைகளை வைத்து **A** இற்கும் **B** இற்கும் ஈடுசெய்க. இப்பொழுது, நீர் கொண்டவொரு கலத்தை **A** இற்குக் கீழே வைத்து, முற்றுக **A** அமிழ்ந்து மட்டும், அந்தக் கலத்தை உயர்த்தினுல் அல்லது தாழ்த்தினுல், தராசுத்துலா கிடையாகக் கிடவாதிருக்கக் காணலாம். எனெனில், ஈடுசெய்யும் நிறைகள் மிகுந்துவிடும்.

எனினும், **B** ஐ அதன் விளிம்புமட்டும் நீரினுல் நிரப்பினுல், முன்பிருந்த சமநிலை பூரணமாக வந்தெய்தும். **A** ஐ அமிழ்த்தியபோது நட்டம் போன நிறையானது **A** க்குச் சமமான கனவளவு நீரை வார்க்கச் சரியாக்கப்படுகின்ற தென்று இதனிலிருந்து தெரிய வருகின்றது. எனவே, **A** ஐ **நீரில்** அமிழ்த்தியபோது அதன் சொந்தக் கனவளவு **நீரின்** நிறைக்குச் சமமான நிறையை அது இழக்கின்றது.

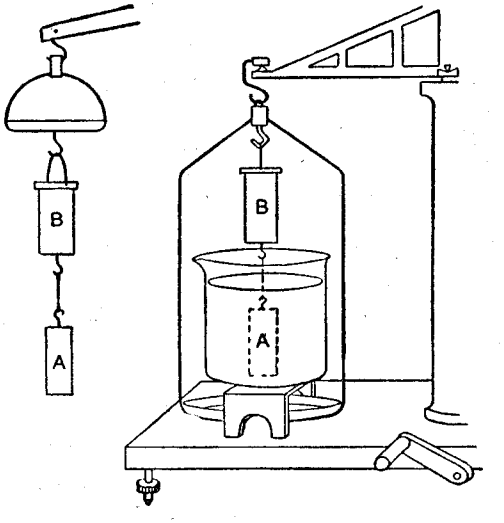
B இலிருந்து நீரை வெளியே எடுத்துவிட்டு, மீட்டுஞ் சமநிலை வந்தெய்துமளவுஞ் சிறிய தட்டில் நிறைகளைக் கூட்டுக. **B** ஐ நிரப்பும் நீரின் நிறைக்கு, அல்லது **A** இனற் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் நிறைக்கு, இவ்வாறு கூட்டப்பட்ட நிறை சமமென்பது பிரத்தியட்சம்.

மீதைல்சேர் மதுசாரத்தை, அல்லது பரபினெண்ணெய்யை, அல்லது வேறேதும் வாய்ப்பான திரவத்தைப் பயன்படுத்தி இந்தப் பரிசோதனையை மீட்டுஞ் செய்க. **A** ஐ அமிழ்த்திய திரவமும் **B** ஐ நிரப்பிய திரவமும் **ஒரே விதமானவை**யாயின், **A** ஐ அமிழ்த்தியபின்னர் சமநிலை மீட்டும் வந்தெய்தும். இவ்வாறு, **ஆக்கிமிடீசின்** தத்துவத்தின் உண்மை நிரூபிக்கப்படுகின்றது.

பலவிதமான உதாரணங்களிலும் நிறையிலுண்டாகுந் தோற்ற நட்டம் ஒரே நட்டமல்ல வென்பதைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டியது முக்கியமானது. வெவ்வேறு திரவங்களினது சமகணியங்களின் நிறைகளே மேலுதைப்புக்களாதலின் இஃதிவ்வாறாக விருக்கின்றது. திரவங்களுளொன்று நீராயின், மற்றைத் திரவம் எதனதுந் தன்னீர்ப்பை உடனே நாம் உய்த்தறியலாம். ஏனெனில்,

$$\text{தன்னீர்ப்பு} = \frac{\text{எதேனுமொரு கனவளவு திரவத்தின் நிறை}}{\text{அதே கனவளவு நீரின் நிறை}}$$

$$= \frac{\text{திரவத்தினுலுண்டாகும் மேலுதைப்பு}}{\text{நீரினுலுண்டாகும் மேலுதைப்பு}}.$$



உரு. 24.—**ஆக்கிமிடீசின்** தத்துவத்தை வாய்ப்புப்பார்த்தல்.

ஆக்கிமிடீசின் தத்துவத்தின் பிரயோகங்கள்

திண்மங்கள் திரவங்கள் இரண்டினதுந் தன்னீர்ப்புக்களைத் துணிதற் கோர் அதிமுக்கியமான முறையை **ஆக்கிமிடீசின் தத்துவம்** அளிக்கின் றது. ஒரு திரவத்தில் ஒரு திண்மப் பொருள் அமிழ்ந்திக் கிடக்கும்போது, திண்மப் பொருள்மீது உஞற்றப்படும் மேலுதைப்பானது, திண்மப் பொரு ளின் கனவளவுக்குச் சமமான கனவளவையுடைய திரவக் கணியத்தின் நிறைக்குச் சமமாகவிருக்கும். ஆகவே, மேலுதைப்போடு திண்மப்பொரு ளின் நிறையை ஒப்பிட்டு, நீரின் தன்னீர்ப்போடு திண்மத்தின் தன் னீர்ப்பை நாம் ஒப்பிடலாம். எனெனில் திரவந் திண்மம் இரண்டும் ஒரே கனவளவினவாதலின் என்க.

விசேடமாக, நீரினுள்ளே முற்றுக அமிழ்ந்திக் கிடக்கின்றதும் அறிந்த நிறையை உடையதுமானவொரு திண்மப் பொருளின்மீது உஞற்றப்படும் மேலுதைப்பை நாங் கண்டறிவோமேயானால், திண்மப் பொருளின் கன வளவுக்குச் சமமான கனவளவையுடைய நீரின் நிறையை அறிந்து, இதி லிருந்து திண்மப்பொருளின் தன்னீர்ப்பை நாம் உடனே உய்த்தறியலாம்.

பரிசோதனை 19. ஆக்கிமிடீசின் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி தன்னீர்ப் புக்களைத் துணிதல்.—நீர் நிலையியற்றராசு கொண்டு திண்மத்தின் அல்லது திரவத்தின் தன்னீர்ப்பைத் துணியலாம்.

(a) (நீரிற் கரையாத) திண்மப் பொருளின் தன்னீர்ப்பு.—நீர் நிலையி யற்றராசொன்றின் குறுகிய தட்டிலிருந்து, அல்லது பொதுத் தராசொன் றின் தட்டைத் தூக்குங் கொளுக்கியிலிருந்து, நுண்ணிழை அல்லது நுண்கம்பி கொண்டு திண்மப் பொருளைத் தொங்கவிடுக. கட்டின்றி அந்தப் பொருள் காற்றிலே தூங்கிக் கொண்டிருக்கும்போது நீரிலது முற்றுக அமிழ்ந்திக் கிடக்கும்போதும் அதற்கு முறையே ஈடு செய்க. அப் படி ஈடு செய்தற்கு, பொதுத் தராசை உபயோகித்தால், நீர்கொண்ட முகவையைத் தன்னீர்ப்புப் பீடமொன்றின்மீது வைத்துத் தாங்குதல் வேண்டும். இவ்வாறு மேலுதைப்பைக் கண்டு, காற்றிலே பொருளுக்குள்ள நிறைக்கும் இந்த உதைப்புக்குமுள்ள விகிதம்மாகியவதன் தன்னீர்ப்பைக் கணித்தறிக.

(b) திரவத்தின் தன்னீர்ப்பு.—ஒரு திண்மப் பொருளைக் காற்றிலும் நீரிலும், ((a) இல் விளக்கியிருப்பதுபோல,) நிறுத்து நீரினுலுண்டாகும் மேலுதைப்பைக் காண்க. அதன் பின்னர் தன்னீர்ப்பைக் காண்பதற்கு, எடுத்துக்கொண்ட திரவத்தில் அந்தப் பொருளை நிறுத்து, திரவத்தினு லுண்டாகும் மேலுதைப்பைக் காண்க. ஒவ்வொரு முறையும் ஒரே கன வளவை எடுத்துக்கொண்டோமாதலின், திரவத்தினுலுண்டான மேலு தைப்புக்கும் நீரினுலுண்டான மேலுதைப்புக்குமுள்ள விகிதமே திரவத் தின் தன்னீர்ப்பாகும்.

(c) (நீரிற் கரைகின்ற) திண்மப் பொருளின் தன்னீர்ப்பு.—திண்மப் பொருள் கரையாதவொரு திரவத்தைத் தெரிந்தெடுக்க. அந்தத் திரவத்தி லாயினென் நீரிலாயினென் கரையாத கண்ணுடியைப் போன்ற வேறொரு திண்மப்பொருளை உபயோகித்து, முறை (b) இன்படி, திரவத்தின் தன்னீர்ப்பு s ஐத் துணிக. எடுத்துக்கொண்ட திண்மப் பொருளைக் காற்றிலுந் திரவத் திலும் நிறுத்துத் திரவத்தின் மேலுதைப்பைக் காண்க. திண்மப் பொரு ளின் கனவளவுக்குச் சமமான கனவளவையுடைய திரவத்தின் நிறைக்கு இது சமமாகும். திண்மப்பொருளின் கனவளவுக்குச் சமமான கனவளவை யுடைய நீரின் நிறையைக் காண்பதற்கு இந்த நிறையை s இனுற் பிரித்தல் வேண்டும். இப்பொழுது திண்மப்பொருளின் தன்னீர்ப்பை உய்த்தறியலாம்.

(d) அடர்த்தியில் நீரிலுங் குறைந்த திண்மப் பொருளின் தன்னீர்ப்பு.—திண்மப் பொருளை, உதாரணமாக மெழுகை, காற்றில் நிறுக்க.

அந்தப் பொருள், நீரிலும் பார்க்க அடர்த்தியிற் குறைந்ததாதலின், நீர் மேற்பரப்பில் மிதக்கும். முற்றுகவது நீரில் அமிழ்ந்து கிடக்கும் போததற்குள்ள மேலுதைப்பைக் காண்பதற்கோர் "அமுக்கி", அதாவது மெழுகை அமிழ்த்தவல்ல பாரத்தையுடையதாய், எற்றமான தன்னீர்ப்பை யுடைய வோருலோகத் துண்டை, பயன் படுத்தல் வேண்டும்.

முதலாவதாக, நீரிலந்த உலோகவமுக்கியின் நிறையை மாத்திரம் காண்க. பின்பு, காற்றில் மெழுகின் நிறையைக் காண்க. இந்தப் பேறுகள் இரண்டையுங் கூட்ட, காற்றில் மெழுகுக்கும் நீரில் அமுக்கிக்குமுள்ள நிறை வரும். இனி, மெழுகை அமுக்கியோடு தொடுத்து, அவையிரண் டும் நீரினுள்ளிருக்கும்போது அவற்றுக்குள்ள நிறையைக் காண்க. இந்தப் பேற்றுக்கும் முந்தின பேற்றுக்குமுள்ள வித்தியாசமானது, இரண்டு தரமும் அமுக்கி நீரினுள்ளேயிருந்த படியால், **மெழுகு மீதுள்ள மேலு தைப்பாகும்.** காற்றில் மெழுகின் நிறையையும், நீரினுள்ளேயது அமிழ்ந் திக் கிடக்கும் போது அதன் மீதுள்ள மேலுதைப்பையும் அறிந்து கொண் டோமாதலின், மெழுகின் தன்னீர்ப்பை உடனே நாம் உய்த்தறியலாம்.

நோக்கற் பேறுகளைப் பெற்றுப் பதிவுசெய்யும் முறையைப் பின்வரும் உதாரணம் எடுத்துக் காட்டுகின்றது :—

காற்றில் மெழுகின் நிறை		= 3·235 கிராம்.
நீரிற் பித்தளையமுக்கியின் நிறை		= 6·925 கிராம்.
இவற்றைக் கூட்ட வருவது		
காற்றில் மெழுகுக்கும் நீரில் அமுக்கிக்குமுள்ள மொத்த நிறை		= 10·160 கிராம்.
நீரில் மெழுகுக்கும் நீரில் அமுக்கிக்குமுள்ள மொத்த நிறை		= 6·310 கிராம்.
நீரில் மெழுகுமீதுள்ள மேலுதைப்பு	= 10.160 — 6·130	= 3·850 கிராம்.
அதே கனவளவு நீரின் நிறை		= 3·850 கிராம்.

$$\text{மெழுகின் } \textbf{தன்னீர்ப்பு} = \frac{\text{காற்றில் மெழுகின் நிறை}}{\text{அதே கனவளவு நீரின் நிறை}}$$

$$= \frac{3{\cdot}235}{3{\cdot}850},$$

$$= 0{\cdot}846.$$

வேறு பரிசோதனை முறைத் துணிதல்களிலும் **ஆக்கிமிடீசின்** தத்துவத்தை வசதியாகப் பிரயோகிக்கலாம். மாதிரியான சில பிரயோகங்களை இப்போது தருவாம்.

பரிசோதனை 20. நீர்நிலையிற்றராசு கொண்டு கனவளவைத் துணிதல்.—தராசிலொரு புயத்திலிருந்து நுண்ணிழை அல்லது நுண்கம்பி கொண்டு பொருளைத் தொங்கச் செய்து, காற்றிலதன் நிறையைக் காண்க. இந்த நிறையை W என்க.

பின்பு, முற்றுக அது நீரில் அமிழ்ந்து கிடக்கும்போது அதற்குள்ள நிறையைக் காண்க, இந்நிறையை W_1 என்க.

W இற்கும் W_1 இற்குமுள்ள வித்தியாசமானது அந்தப் பொருளின்மீது பாய்பொருள் உளுற்றும் மேலுதைப்பாகும். **ஆக்கிமிடீசின் தத்துவத்தின்** படி, பொருள் பெயர்த்த பாய்பொருளின் நிறைக்கு இந்த வித்தியாசம் சமமாகும். அதாவது, W உம் W_1 உம் கிராம் நிறையிலிருந்தால்,

$$W - W_1 = VD.$$

இங்கே பொருளின் கனவளவை V உம், பாய்பொருளின் அடர்த்தியை (ஒரு கனவளவலகுக்குள்ள திணிவை) D உம் குறிக்கின்றன.

ச.கி.செ. அலகுத் தொகுதிப்படி, 1 க. ச.மீ. நீரின் திணிவு ஏறக்குறைய 1 கிராம் ஆகும். எனவே, D என்பது ஒன்று ஆகும். இவ்வாறு, கன சதமமீற்றரிற் கனவளவு துணியப்படுகின்றது. அறிந்த அடர்த்தியையுடைய வொரு திரவத்தை உபயோகித்தால், அமிழ்த்தப்பட்ட பொருளின் கன வளவை,

$$V = \frac{W - W_1}{D} \text{ ஆதலின்,}$$

முன்போல எளிதிற் பெறலாம்.

பரிசோதனை 21. ஒரு தட்டின் தடிப்பைத் துணிதல்.—பரப்பு A உம், தடிப்பு t உம் ஆகவுள்ளவொரு பொருள் தட்டைத் தட்டாக இருந்தால், $V = At$ என்றும், ஆதலின் $t = V/A$ என்றும் அறியக்கிடக்கின்றது.

இந்தத் தட்டைக் காற்றிலும் நீரிலும் நிறுத்து V ஐக் காண்க. தட்டின் வடிவமொரு செவ்வகமென்று எடுத்துக்கொண்டு, அதன் நீளத்தையும் அகலத்தையும் அளந்து A ஐத் துணிக.

தட்டின் சராசரித் தடிப்பைக் கணித்து வந்த பேற்றைத் திருகு நுண்மானியொன்று கொண்டளந்து பெற்ற அளவீடுகளிலுற் சரிபார்க்க. எங்கும் ஒருதன்மைத்தான தடிப்புளதன்றுகத் தட்டிருக்கலாமாதலின், அளவீட்டைத் தட்டின் பல்வேறிடங்களில் அளந்து பெற்று வந்த அளவீடு களின் சராசரியைக் காண்க.

பரிசோதனை 22. ஒரு கம்பியின் விட்டத்தைத் துணிதல்.—சராசரி விட்டம் d எனில், குறுக்குவெட்டு முகப்பரப்பு $\pi d^2/4$ ஆகும்.

கம்பியின் நீளம் l எனின், அதன் கனவளவு

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times l \text{ ஆகும்.}$$

$$\text{எனவே, } d^2 = \frac{4V}{\pi l},$$

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi l}}.$$

அறிந்த நீளத்தையுடையவொரு கம்பியைக் காற்றிலும் நீரிலும் நிறுத்து அதன் கனவளவு V ஐத் துணிக.

கம்பியின் சராசரி விட்டத்தைக் கணித்து வந்த பேற்றைத் திருகு நுண்மானியொன்று கொண்டு அளவீடுகளைப் பெற்றுச் சரிபார்க்க.

பரிசோதனை 23. சிக்குப்பட்டவொரு கம்பியின் நீளத்தைத் துணிதல்.—காற்றிலும் நீரிலுங் கம்பியை நிறுக்க. நிறுத்து வந்த பேறுகளிலிருந்து கனவளவைக் கணிக்க. திருகுநுண்மானியொன்று கொண்டு கம்பியின் விட்டத்தை அளந்து, அதன் நீளம் l ஐக் கணிக்க.

§ 4. நீரடர்த்திமானி

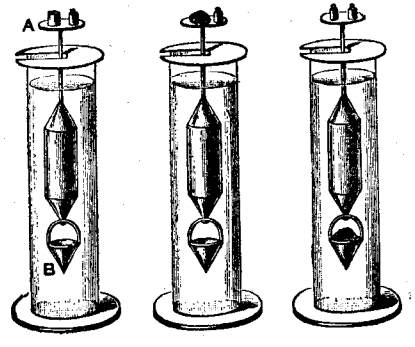
பொது நீரடர்த்திமானி என்பது மிதப்புமுறைப்படி ஒரு திரவத்தின் தன்னீர்ப்பைத் துணிதற்குள்ளவொரு கருவியாகும். அது நிலைக்குத்தான வொரு காம்பு அமைக்கப்பெற்றவொரு குமிழினாலானதாகும். தகுதியான அடர்த்தியுள்ளவொரு திரவத்தில் அதை வைத்தால், திரவமேற்பரப்புக்கு மேலே காம்பிலொரு பாகம் இருக்குமாறு அது மிதக்கும். பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்தின் நிறைக்குக் கருவியின் நிறை சமமாகவிருத்தல் அதன் சமநிலை நிபந்தனையாகும். திரவத்தின் தன்னீர்ப்பைக் காட்டுமாறு காம்பு அளவு கோடிடப்பட்டிருக்கும்.

அண்ணளவான பேறுகள் மாத்திரம் வேண்டியவிடத்து, திரவத்தின் தன்னீர்ப்பை விரைவாகக் காண்பதற்கு இதுவோரெளிதான முறையாகும். மேற்பரப்பிழுவிசையின் விளைவுகளுண்டாதலின், திருத்தமான பேறுகள் வேண்டப்படுமாயின், சாவதானங்கள் பல அவசியமாகும்.

நிக்கல்சனினீரடர்த்திமானி

நிக்கல்சனினீரடர்த்திமானி என்பது (உருவம் 25) விசேடமாகக் கூம்பு வடிவமுள்ள அந்தங்களையுடையவோருருளைவடிவ மிதவையினாலானது. இதற்கு மேலே சிறியவொரு தராசுத் தட்டு A ஐத் தாங்கியுள்ள விறைப்பானவொரு பித்தளைக்காம்பு எழுந்து நிற்கும். மிதவைக்குக் கீழேயொரு கூடை **B** பொருத்தப்பட்டிருக்கும். நீருக்கு வெளியே மேற்கூம்பினைரு பாகம் நீண்டிருக்க நிலைக்குத்தாகக்கருவி மிதக்குமாறு இந்தக் கூடையினுள்ளே, வழக்கமாக, ஈயத்தை வைத்துப் பாரமேற்றப்படும். வேண்டியபோது கூடையை மூடுதற்குத் துளையிடப்பட்டவொரு மூடி சிலவேலைகளிற் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

பரிசோதனை 24. நிக்கல்சனினீரடர்த்திமானியை[1] உபயோகித்து ஒரு திண்மப்பொருளின் தன்னீர்ப்பைத் துணிதல்.—இந்தக் கருவியை உபயோகிப்பதற்கு, நீரிலதை மிதக்கச் செய்து, தராசுத்தட்டு A இல் நிறைகளை வைத்து, பித்தளை மேற்காம்பில் வெட்டப்பட்டுள்ள அடையாளம் மட்டும் நீரடர்த்திமானி அமிழ்ந்துமாறு நிறைகளைச் செப்பஞ்செய்தல் வேண்டும். நீண்ட துவாரங்களையுடையவோர் உலோகத்தாளை நீர்கொண்ட சாடியின் அல்லது உருளையின் நுனியில் வைத்தல் நயமுடைத்து. தராசுத்தட்டைத் தாங்குகின்ற காம்பானது நீண்ட துவாரத்தினுள்ளே இருத்தல் வேண்டும். மேலுங்கீழும் இந்தக் காம்பு கட்டின்றி இயங்கத் தக்கதாகத் துவாரம் போதுமான அகல முடைத்தாக இருத்தலும் வேண்டும். பாரத்தை அளவுக்கதிகம் ஏற்றினால், நீரடர்த்திமானி தாழ்ந்து தராசுத்தட்டும் நிறைகளும் நனைதலை இந்த உலோகத்தாள் தடுக்கும் (நிறைகளைப் பேணுதல்,—ஆம் ப.). சாடியின் பக்கங்களை நீரடர்த்திமானி முட்டுதலையும் அது தடுக்கின்றது. குறித்த அடையாளம்மட்டும் நீரடர்த்திமானியை அமிழ்த்துதற்கு வேண்டிய பாரத்தை (இதனை W_0 கிராம் என்க) துணிந்த பின்னர், தன்னீர்ப்பைக் காண்பதற்குள்ள திண்மப் பொருளைத் தராசுத் தட்டில் வைத்து, குறித்த அடையாளம் மட்டும் நீரடர்த்திமானியை இப் பொழுது அமிழ்த்துதற்கு வேண்டிய நிறையைத் துணிதல் வேண்டும். இந்த நிறையை W_1 என்போம். ஆகவே, காற்றில் அந்தப் பொருளின் நிறை $W_0 - W_1$ ஆகும்.



உரு. 25.—நிக்கல்சனினீரடர்த்திமானி.

1. கிடைத்த நீரடர்த்திமானி ஈரமில்லாததாயின், இந்த நிலையில் அதன் நிறை **W** ஐக் காண்க. 25 ஆம் பரிசோதனைக்கு இந்த நிறை தேவைப்படும்.

இனி, பொருளைக் கூடை B இனுள்ளே வைத்து, தட்டு A இல் நிறைகள் W_2 ஐ அடையாளம் மட்டும் நீரடர்த்திமானி அமிழ்ந்துமாறு, இடுதல் வேண்டும்.

ஈற்றுக். கிரியைகள் இரண்டுக்குமுள்ள வித்தியாசம் என்னவெனில் பொருள் ஒன்றிற் காற்றிலிருத்தலும் மற்றையதில் நீரிலிருத்தலும் மாத்திரமேயென்க. அதாவது, பொருளின்மீது நீருஞற்றும் **மேலுதைப் பினால்** இந்த வித்தியாசம் எழுகின்றது. எனவே,

$$W_2 - W_1 = \text{மேலுதைப்பு},$$

$$= \text{மெழுகினது கனவளவுக்குச் சமமான கனவள வையுடைய நீரின் நிறை}.$$

$$\text{மேலும், தன்னீர்ப்பு} = \frac{\text{காற்றில் நிறை}}{\text{அதே கனவளவு நீரின் நிறை}}.$$

$$= \frac{W_0 - W_1}{W_2 - W_1}.$$

நீரிலும் பார்க்க ஒன்று அடர்த்தியிற் கூடியதும் மற்றையது குறைந்த தொகை இரண்டு பொருள்களின் தன்னீர்ப்பைத் துணிக. மூடி கிடையாவிடில், பின்னதைக் கூடையினுள்ளே வைத்துக் கட்டுதல் வேண்டும். அப்படிச் செய்யாவிடில், அது மிதந்து திரவத்துக்கு மேலே வந்துவிடும்.

இந்தப் பரிசோதனைகள் எல்லாவற்றிலும் நீரடர்த்திமானியோடு ஒளிக் குமிழிகள் சிக்கிக்கொள்வதைத் தவிர்த்தல் முக்கியமானது.

இந்த வடிவத்திலுள்ள ஆய்கருவிகொண்டு துணியுந் தன்னீர்ப்புக்கள், முன்னர் விளக்கிய முறைகளின் படி துணியுந் தன்னீர்ப்புக்களளவுக்கு ஏறக்குறையவேனுந் திருத்தமுடையனவன்று. திரவத்தை விட்டுக் காம்பு வெளியே வருகின்றவிடத்தில் அதைச் சுற்றித்தாக்குகின்ற மேற்பரப்பிழுவிசையினால் உண்டாகும் விசைகள் புகுத்துகின்ற வழுக்கள், ஒரு சிலவன்று. இந்தத் தாக்குதலைக் கூடிய அளவுக்குக் குறைத்தற்கு எவ்வளவுக்குக் காம்பு மெல்லிதாக இருக்கக்கூடுமோ அவ்வளவுக்கது மெல்லிதாக இருத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 25. நிக்கல்சனினீரடர்த்திமானி கொண்டு ஒரு திரவத்தின் தன்னீர்ப்பைத் துணிதல்.—நீரடர்த்திமானியை, ஈரமில்லாததாயது இருக்கும்போது, நிறுத்து வந்த நிறையை **W** என்க.

நீரில் நீரடர்த்திமானியை மிதக்கவைத்து, குறித்த அடையாளம்மட்டும் அது அமிழ்ந்தச் செய்வதற்குக் கூட்டவேண்டிய நிறையைக் காண்க. இந்த நிறையை W_0 என்க.

நீரடர்த்திமானியை நன்றாகத் துடைத்து, தன்னீர்ப்பைக் காண்பதற்கு எடுத்துக்கொண்ட திரவத்தில் அதை மிதக்கவிட்டு அடையாளம் மட்டுமது அமிழ்ந்தச் செய்வதற்கு வேண்டிய நிறையைக் காண்க. இந்த நிறையை W_1 என்க.

ஆகவே, அடையாளம் மட்டும் நீரடர்த்திமானியை அமிழ்த்தியபோது அதனுற் பெயர்க்கப்பட்ட நீரின் நிறை $W_1 + W_0$ ஆகவும், கனவளவைப் பொறுத்த மட்டில் இந்த நீரையொத்த திரவத்தின் நிறை $W + W_1$ ஆகவுமிருக்கும்.

இவ்வாறு :

$$\text{திரவத்தின் } \textbf{தன்னீர்ப்பு} = \frac{W + W_1}{W + W_0}.$$

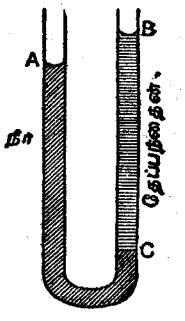
§ 5. சமவமுக்கங்களை உஞற்றுகின்ற நிரல்களினுல் திரவங்களின் தன்னீர்ப்பைத் துணிதல்

மேற்பரப்பிழுவிசையின் விளைவைப் புறக்கணித்தால், ஒரு திரவநிரல் உஞற்றுகின்ற அமுக்கமானது, திரவத்தைக் கொண்டிருக்கும் கலத்தின் வடிவத்தில் தங்கியிராது ; எனவே அமுக்கமானது நிரலின் நிலைக்குத் துயரத்திலும் அதனடர்த்தியிலும் மட்டுமே தங்கியிருக்கின்றது.

உயரம் h ஆகவும், அடர்த்தி 1 கன ச. மீ. இற்கு D கிராம் ஆகவுமுள்ள வொரு திரவநிரல் உஞற்றுகின்ற அமுக்கமானது, சது. ச. மீ. ஒன்றுக்கு இத்தனை தனென்று கூறுமிடத்து, hDg இற்குச் சமமாகும். இங்கே புவியீர்ப்பு வேகவளர்ச்சியை g குறிக்கின்றது.

இவ்வாறு, இருவேறு திரவங்களின் நிரல்கள் சமவமுக்கங்களை உஞற்று கின்றனவாயின், அவற்றின் உயரங்களுக்கும் அடர்த்திகளுக்குமுள்ள தொடர்பை $h_1 D_1 = h_2 D_2$ என்று கூறலாம். இங்கே, h_1 உம் h_2 உம் உயரங்களையும், D_1 உம் D_2 உம் முறையேயொத்த அவற்றின் அடர்த்திகளையுங் குறிக்கின்றன. ஆகவே, $D_1 / D_2 = h_2 / h_1$. இரண்டாந் திரவம் நீராக விருந்தால், இந்த அடர்த்திகளின் விகிதம் முதலாந் திரவத்தின் தன்னீர்ப்பாகும். எனெனில், அப்பொழுது D_2 என்பது நீரினடர்த்தியாகும். இவ்வாறு, திரவத்தின் தன்னீர்ப்பு $= h_2 / h_1$. இங்கே, h_2 சமீ. உயரமுள்ள வொரு நீர்நிரல் உஞற்றுகின்ற அமுக்கத்துக்குச் சமமான அமுக்கத்தை உஞற்றுகின்ற திரவநிரலின் உயரத்தை h_1 குறிக்கின்றது. பின்வருமாறு ஒரு திரவத்தின் தன்னீர்ப்பைத் துணிதற்கு இந்த இயல்பைப் பயன் படுத்தலாம்.

பரிசோதனை 26. U—குழாய் முறைப்படி ஒரு திரவத்தின் தன்னீர்ப் பைத் துணிதல்.—இரண்டு திரவங்கள் ஒன்றுடொன்று கலவாதனவாயின், அவையொவ்வொன்றினதும் நிரல்களை U-குழாயொன் றினுட் சமப்படுத்தி அவற்றின் தன்னீர்ப்புக்களை ஒப்பிட லாம். இந்த நிரல்களின் உயரங்களை, அவற்றின் தொடு மேற்பரப்பு C இலிருந்து, கட்டின்றியிருக்கும் அவற்றின் மேற்பரப்புக்கள் A உம் B உம் மட்டும் அளத்தல் வேண் டும் (உருவம் 26). ஒப்பிட வேண்டிய திரவங்கள் ஒன்றுடொன்று கலக்கின்றனவாயின், அவற்றுள் ஒன்றுங் கலவாத, எண்ணெய் அல்லது இரசம் போன்ற, வேறொரு திரவத்தை U-குழாயினுள்ளே அதன் வளைவினில் வைத்து அவைகளைப் பிரித்தல்வேண்டும். இங்ஙனிவ்வா றாயின், குழாயொவ்வொன்றிலுமுள்ள திரவக் கணி யத்தை, இடையிலிருக்கும் திரவத்தின் மட்டங்கள் இரண் டும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருக்குமாறு, செப்பஞ் செய்தல் வேண்டும்.



உரு. 26.

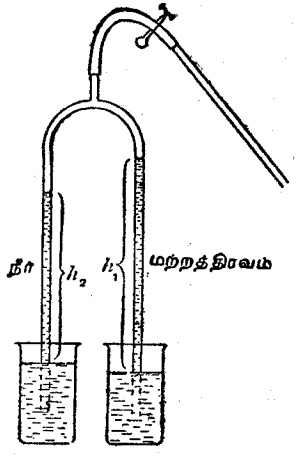
இடையிலிருக்குந் திரவத்தின் மேற்பக்கத்திலிருந்து கட்டின்றியிருக்கும் மேற்பரப்புக்கள் மட்டுமுள்ள நிரல்களின் உயரங்கள் அளக்கப்படும். இந்த உயரங்களுக்குள்ள நேர்மாறு விகிதத்துக்குத் திரவங்களின் தன்னீர்ப்பு விகிதஞ் சமமாகும்.

மேலே இப்பொழுது விளக்கப்பட்டுள்ள U-குழாய் முறைக்குப் பல குறைபாடுகளுண்டு. இடையிலிருக்குந் திரவத்தின் மேற்பரப்புக்கள் இரண் டையும் ஒரு மட்டத்துக்கு அவை வருமாறு செப்பஞ் செய்ய, திருத்தம் வேண்டுமாயின், நீர்மட்டமொன்றைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும். நீர்மட்டத் தைக் குழாயினுக்குப் புறத்தே வைத்துப் பயன்படுத்தல் வேண்டுமாதலின், அப்படிச் செய்தவிடத்தும், பெறக்கூடிய திருத்தம் பெரிதன்று. இடையி லிருக்கும் திரவம் இரசமாயின், இந்தச் செப்பஞ்செய்கையினுல் உண்டாகும் அற்ப வழுத்தானும், இரசத்தினடர்த்தி பெரிதாதலின், பேறுகளிற் பெரும் வழுக்களை உண்டாக்கும். கட்டம் இதுமாத்திரமன்று. மயிர்துளைத் தன்மை யினுல் உண்டாகும் வழுவுமுண்டு. ஏனெனில், இரண்டு பக்கங்களிலும் வெவ்வேறு திரவங்களை அந்தத் திரவத்தின் மேற்பரப்புக்கள் தொட்டுக் கொண்டிருக்கின்றனவாதலின், இடையிலிருக்கின்ற திரவத்தின் மேற்பரப் பிழுவிசைகள், வெவ்வேறுனவையாக விருக்கும்.

என்றாலும், இந்தத் தடைகளெல்லாவற்றையும் **ஏயரினுய்கருவி** என்னும் எளிதான கருவியைப் பயன்படுத்தி முற்றுக மேற்கொள்ளலாம்.

பரிசோதனை 27. ஏயரினுய் கருவி கொண்டு ஒரு திரவத்தின் தன்னீர்ப் பைத் துணிதல்.—இந்தக் கருவியில் U-குழாய் தலைகீழாகவிருக்கும். அதன் திறந்த அந்தங்களுளொன்று நீரினுள்ளேயும், மற்றையதுதன்னீர்ப்

பைக் காண்பதற்குள்ள திரவத்தினுள்ளேயும் அமிழ்ந்து கிடக்கும். U-குழாயின் வளைவிற் கிளைக்குழாயொன்று பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு குழாயிலும் அந்தந்தத் திரவநிரலொன்று எழுமாறு இந்தக் கிளைக்குழாய் கொண்டு கொஞ்சக் காற்று வெளியே உறிஞ்சி எடுக்கப்படும். இந்த நிரல்களிரண்டும் அவற்றின் மேற்பக்க மேற்பரப்புக்களில் ஒரே வளியிடத்தைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்க, குழாய்களுக்குப் புறத்தே கட்டின்றியிருக்கும் திரவமேற்பரப்புக்களிரண்டும் வளிமண்டலத்தில் வெளியாகக் கிடக்கும். புறவமுக்கத்துக்கும் அகவமுக்கத்துக்குமுள்ள வித்தியாசத்துக்குச் சமமானவோரமுக்கத்தைப் **புறத்தேயுள்ள திரவமட்டத்துக்குமேலேயுள்ள** நிரல் உளற்றுமளவும் ஒவ்வொரு குழாயிலுமுள்ள நிரல் தனது உயரத்தைச் செப்பஞ்செய்யும்.



உரு. 27.—ஏயரினுக் கருவி.

திரவங்களின் ஒத்த புறமேற்பரப்புக்களுக்கு மேலேயுள்ள நிரல்கள் இரண்டினதும் உயரங்களை, பல்வேறு அகவமுக்கச் செப்பஞ்செய்கைகளிருக்க, ஒவ்வொன்றுக அளந்தறிக.

உயரங்கள் இரண்டுக்குமுள்ள விகிதங்களெல்லாம் ஒன்றேயென்று காட்டுக.

நீர் நிரலின் உயரத்தைத் தொகுதியெண்ணுகக் கொண்டு, அட்டவணையிலுள்ள ஒத்த திரவவுயரங்களையும், இந்த உயர்ங்களின் விகிதங்களையும் அட்டவணையின் சமாந்தர நிரல்களிற் காட்டுமாறு நோக்கற் பேறுகளை அட்டவணைப்படுத்துக. திரவங்களின் அடர்த்திகள் இந்த உயரங்களுக்கு நேர்மாறுன விகிதசமமானவையாதலின், எடுத்துக்கொண்ட திரவத்தின் தன்னீர்ப்பு இந்த விகிதத்தின் சராசரிப் பெறுமானமாகும்.

ஒடுக்கமான குழாயினுள்ளே மயிர்த்துளைத் தன்மையினால் திரவநிரலின் உயரம் மதிக்கக்கூடிய அளவுக்குத் தாக்கப்படும். ஆதலின் U-குழாயின் அகவிட்டம் 5 மி. மீ. இற்குக் குறையாததாக இருத்தல்வேண்டும். என்றாலும், மயிர்துளைத்தன்மை புகுத்தும் வழுக்களைப் பின்வருமாறு நீக்கலாம். இரு வேறு அகவமுக்கங்களுக்குரிய ஒத்த அளவீட்டுச் சோடுகள் h_1 உம் h_2 உம், h_1' உம் h_2' உம் ஆகவிருந்தால், தன்னீர்ப்பை $(h_2 - h_2')/(h_1 - h_1')$ தருகின்றது. எனெனில், ஒரு தன்மைத்தான துளைகளைக் குழாய்கள் உடையனவெனில், ஒவ்வோருறுப்பிலும் மயிர்த்துளை யேற்றம் அல்லது இறக்கம் மாறுதிருக்கும் (— ஆம் பக்கம்). இதே பேற்றை, h_1 இற்கு எதிரே h_2 ஐக் குறித்து வந்த வரைப்படத்தின் சாய்வுவிகிதத்திலிருந்து வேண்டிய பின்னத்தைப் பெற்றுப் பெறலாம்.

கனவளவலகுகளைப் பற்றிய குறிப்புக்கள்

ச. இ. செ. தொகுதியில், கனவளவலகானது கன சதம மீற்றர் (1 க. ச. மீ. அல்லது 1 ச. மீ.^{3}) ஆகும். இக்காலத்திற் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் செய்முறையலகு மில்லிமீற்றராகும். ஆரம்பத்தில், 1 கன தசம மீற்றர் அல்லது 1,000 கன சமீ. ஆக இலீற்றர் கருதப்பட்டது. ஆனால், இப்போது அதற்கு 4° ச. வெப்பநிலையிலும் 760 மி. மீ. அமுக்கத்திலுமுள்ள ஒரு கில்லோக்கிராம் சுத்த நீரின் கனவளவென்று வரைவிலக்கணங் கூறப்படும்.

இப்பொழுது ஏற்றுக்கொள்ளப்படும் பரிசோதனைமுறைத் தொடர்பு

1 இலீற்றர் = 1000·028 க. ச. மீ.,

அல்லது 1 க. ச. மீ. = 0·999972 மில்லிலீற்றர்.

முந்தின அதிகாரத்தில், சாதனைப்படி 1 க. ச. மீ. உம் 1 மில்லிலீற்றரும் ஒன்றுக்கொன்று சமமென்று கொள்ளப்பட்டது.

அதிகாரம் V.

நிலையியல்

§ 1. காவிச்சேர்க்கை

பௌதிகக் கணியங்களை இரண்டு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்; ஒன்று **எண்ணளவுகள்**, மற்றையது **காவிகள்**.

காவிக்குத் திசை பருமன் இரண்டும் உண்டென்பதே அதற்கும் எண்ணளவுக்குமுள்ள வித்தியாசம்; எண்ணளவுக்குப் பருமன் மாத்திரமுண்டு. வரையறுத்தவொரு திசையில் வரையப்பட்ட வரையறுத்த நீள முடையவொரு நேர் கோட்டினால் ஒரு காவியைக் குறிக்கலாம். ஒரே விதமான இரண்டு எண்ணளவுகளை தனிக் கூட்டல் முறைப்படி கூட்டலாம் பொதுவாக, இரண்டு காவிகளை இந்த விதமாகக் கூட்ட முடியாது. ஆனால், "இணைகர விதி"ப்படி அவற்றை ஒன்றுக்கலாம். இரண்டு காவிகளின் **விளைவு** என்று சொல்லும்போது **குறித்த இருவேறு காவிகள் தரும் பயனைத் தரவல்ல ஒரு தனிக்காவியைக் கருதுகின்றோம்.**

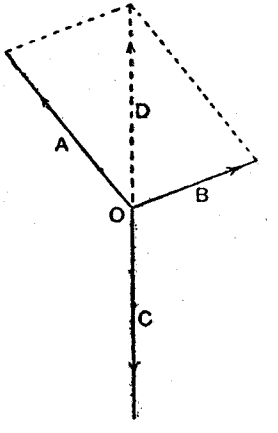
காவியிணைகர விதியைப் பின்வருமாறு கூறலாம்:—

பருமன், திசை இரண்டையும் பொறுத்தமட்டில் இரண்டு காவிகளை ஒரிணைகரத்தின் அடுத்துள்ள இரண்டு பக்கங்களினூற் குறித்தால், அந்தக் காவிகளின் விளைவை அந்தப் பக்கங்கள் இரண்டுஞ் சந்திக்கின்ற புள்ளிக் கூடாகப் போகும் இணைகரமூலை விட்டமானது பருமன் திசை இரண்டளவிலுங் குறிக்கின்றது. பெயர்ச்சி, வேகம், வேகவளர்ச்சி, விசை என்பன வற்றைப் போன்ற காவிகள் எல்லாவற்றுக்கும் இந்த விதி பிரயோகிக்கத் தக்கது. பின்வரும் விளக்கத்திற் பொதுவாக **விசை** என்னும் பதம் எடுத்தாளப்படும். ஆனால், எங்கெங்கு **விசை** அச்சிடப்பட்டிருக்கின்றதோ அங்கங்கெல்லாம் **காவி** என்பதை, அன்றேல் பெயர்ச்சி அல்லது வேகம் போன்ற எந்த விதமான காவியையும் வைத்து வாசித்துக் கொள்ளலாம்.

விசைகளைப் பொறுத்தமட்டில், ஒரு பொருளைத் தாக்குகின்ற சமநிலைப் படுத்தப்படாத விசை எதுவும் அந்தப் பொருளை இயங்கச் செய்யும். எனவே, ஒரு பொருளைத் தாக்குகின்ற விசைகள் ஒன்றையொன்று சமநிலைப்படுத்துகின்றனவா அல்லவா என்பதைக் கண்டுபிடித்தற்கு எளிதானவொரு முறை எமக்குளதாயிற்று.

அந்தப் பொருள் ஓய்ந்திருக்கின்றதாயின், அதனைத் தாக்குகின்றவிசைகளானவை ஒரு சமநிலைத்தொகுதியாகும். பின்வருந் தேற்றத்தை நாம் கூறலாம்:—**ஒன்றுக்கொன்று சமமாகவும் எதிராகவுமுள்ள இரண்டு விசைகள் ஒரு பொருளைத் தாக்கும்போது, அந்தப் பொருள் சமநிலையிலிருக்கின்றது.**

சிறியவொரு பொருள் **O** இல், மூன்று விசைகள் தாக்குகின்றனவென்றும், அவை ஒன்று கூடித் தொழிற்பட அந்தப் பொருள் ஓய்ந்திருக்கின்ற தென்றும் பாவித்துக்கொள்வோம் (உருவம் 28).



உரு. 28.—சமநிலையிலுள்ள மூன்று விசைகள்.

அந்த விசைகள் மூன்றையும் **O** இலிருந்து வரையப்பட்ட கோடுகளினூற் குறிக்க. குறிக்கும் போது, கோடுகள் விசைகளின் திசைகளில் முறையே அவற்றின் பருமன்களுக்கு விகித சமமான நீளங்களையுடையனவாக வரைக. இந்தக் கோடுகள் **A** உம் **B** உம் **C** உம் என்க. இந்தத் தேற்றத்தின்படி, **A** ஐயும் **B** ஐயும் நீக்கிவிட்டு அவற்றுக்குப் பதிலாக **C** இற்குச் சமமானதும் எதிரானதுமான (28 ஆம் உருவத்திற் புள்ளிக் கோடிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ள) ஒரு தனிவிசை **D** ஐ வைத்தால், அல்லது **A** உம் **B** உம் சேர்ந்து செய்யுந் தாக்கத்துக்கு ஒரு தனிவிசை **D** இனது தாக்கம் சமமானதும் எதிரானதுமான வலுவுடையதாயின், பொருள் **O** நிலையாயிருக்கும். இந்தக் கற்பனை விசை **D** ஆனது **A**, **B** இரண்டினதும் **விளைவு** ஆகும். **A** உம் **B** உம் தாக்கும்போது பொருளை ஒய்வு நிலையில் வைத்திருக்கும் விசை **C** ஐ **A**, **B** இரண்டினதும் **சமநிலையீடு** என்பர்.

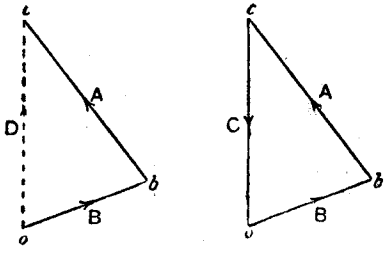
விளைவும் சமநிலையீடும் ஒன்றுக்கொன்று சமமானவையும எதிரானவையும் என்பது தெளிவு.

விசையிணைகர விதியை நிறுவும் முறை.—விசைகள் **A** ஐயும் **B** ஐயுங் குறிக்கின்ற கோடுகளானவை அடுத்துள்ள பக்கங்களாகவிருக்க ஒரிணைகரத்தை வரைந்தால், இந்த விசைகள் இரண்டினதும் விளைவை, பருமனிலுந் திசையிலும் **O** இலிருந்து வரையப்பட்ட அந்த இணைகரத்தின் மூலை விட்டங் குறிக்குமென்று விசையிணைகர விதி கூறுகின்றது.

A, **B** என்னும் விசைகளின் விளைவை இந்த மூலைவிட்டங் குறிக்குமெனில், **C** ஐக் குறிக்கின்ற கோட்டுக்கு அது சமமாகவும் எதிராகவும் இருத்தல் வேண்டும். ஏனெனில், **D** உம் **C** உம் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகவும் எதிராகவும் இருக்கின்றன. ஆதலின், **C** ஐக் குறிக்கின்ற கோட்டுக்கு இந்த இணைகரத்தின் மூலைவிட்டமானது சமமாகவும் எதிராகவும் இருக்கக் கண்டால், விசையிணைகரவிதி மெய்ப்பிக்கப்பட்டதாகின்றது.

விசைமுக்கோண விதியை நிறுவும் முறை.—விளைவு **D** இன் பருமனைத் துணிதற்கு இணைகரம் முழுவதையும் வரையவேண்டியதில்லை. பருமனிலுந் திசையிலும் **B** ஐக் குறிக்குமாறு *ob* ஐயும், **A** இற்குச் சமாந்தரமாகவும் நீளத்தில் **A** இற்குச் சமமாகவும் *b* இலிருந்து *bc* ஐயும் வரைந்தால், இணைகரத்தின் ஒரு பாதியை வரைந்து விட்டோமாவோம். *o* ஐயும் *c* ஐயும் தொடுக்க, வேறு வரைதல் யாதுமின்றி **D** ஐக் குறிக்கின்ற மூலைவிட்டம் பிறக்கின்றது. இவ்வாறு, ஒரு முக்கோணத்தைக் கொண்டு வேண்டப்படும் விளைவைப் பெறலாம்.

வழக்கமாக, **விசைமுக்கோண விதியைப் பின்வருமாறு கூறுவர்: ஒரு முக்கோணத்தின் பக்கங்களின் நீளங்களுக்கு விகிதசமமான பருமன்களையுடையனவும் அந்தப் பக்கங்களுக்குச் சமாந்தர மானவையுமான மூன்று விசைகள் ஒரு பொருளைத் தாக்குமிடத்து, அவற்றின் திசைகளைக் குறிக்கின்ற அம்புக்குறிகளானவை வட்ட வரிசையாக முக்கோணத்தைச் சுற்றியிருக்கின்றனவாயின், அவற்றின் தாக்குதலிருக்கப் பொருள் ஒய்ந்திருக்கும்.**



உரு. 29.—விசைமுக்கோணம்.

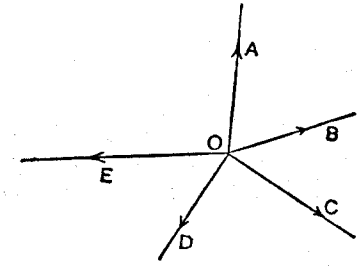
முக்கோணம் *abc* ஐ நோக்குவோம். விசை **A** இன் தாக்கத்திசையைக் குறித்துப் பக்கம் *bc* இல் இருக்கின்ற அம்புக்குறியானது **B** இன் தாக்கத்திசையைக் குறிக்கின்ற அம்புக்குறியின் வட்ட வரிசையிலேயே இருக்கின்றது. இந்த வட்டவரிசைக்கு **எதிரான** அம்புக்குறியை உடைத்தாய் முக்கோணத்தைப் பூர்த்தி செய்யுங்கோடு விளைவைக் குறிக்கின்றது.

o ஐ நோக்கியுளதாக அம்புக்குறியிருக்குமாயின், **A**, **B** இரண்டினதும் விளைவைக் குறிக்கின்ற அதே கோடு *oc* விசை **C** ஐக் குறிக்கின்றது. இந்த விசைகள் **A**, **B**, **C** மூன்றும் தாக்கிக்கொண்டிருக்கப் பொருள் ஒய்வு நிலையிலிருக்கும்.

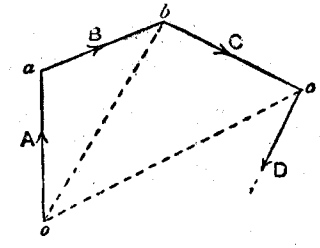
விசையிணைகர விதியை வாய்ப்புப் பார்க்கும் பரிசோதனையினால் இந்த விதி நிறுவப்படுகின்றது.

ஒரு பொருளைத் தாக்குகின்ற விசைகள் எத்தனையானாலும், மேலே விளக்கப்பட்டுள்ள விதியை அவற்றுக்கும் விரித்துப் பிரயோகிக்கலாம். **காவிப் பல் கோணவிதி** எனப்படுகின்ற இந்தப் பொது விதியைப் பின்வருமாறு கூறுவர்: **ஒரு பொருள் A, B, C, D, E எனப்படும் பல விசைகள் தாக்க, அந்தப் பொருள் அசையாதிருக்குமாயின், பருமனிலுந் திசையிலும் அவற்றைக் குறிக்கின்ற கோடுகளைத் தொடர்ச்சியாகவும், விசைகளின் திசைகள் ஒன்றன் பின்னொன்றாக வட்ட வரிசையிற் குறிக்கின்ற அம்புக் குறிகள் உடையனவாகவும் வரைந்தால், மூடப்பட்டவொரு பல்கோணத்தை அந்தக் கோடுகள் தரும்.**

இதனைப் பின்வருமாறு விசைமுக்கோண விதியிலிருந்து பெற்றுக்காட்டலாம். விசைகள் **A** ஐயும் **B** ஐயும் அவற்றின் விளைவையுங் குறிக்கின்ற



உரு. 30.—சமநிலையிலுள்ள ஐந்து விசைகள்.



உரு. 31—விசைப்பல் கோணம்.

முக்கோணம் *oab* ஐ வரைக. விசை **C** ஐ *bc* குறிக்குமாறு கோடு *ob* இன் மீது முக்கோணம் *obc* ஐ வரைக. கோடு *oc* ஆனது *ob*, **C** இரண்டினதும் விளைவாகும். ஆகவே, **A**, **B**, **C**, ஆகிய விசைகள் **மூன்றினதும்** விளைவு *oc* ஆகும்.

கோடு *ob* அளவசியமானதென்பது தெளிவு. ஏனெனில், *oa*, *ab*, *bc* ஆகிவை மூன்றையும் சொல்லியபடி வரைந்தால் அவ்வாறு பெற்ற நாற்கோணத்தை முடிக்கின்ற கோடாகிய *oc* பெறப்படும்.

c இலே தொடங்கி இன்னொரு கோட்டைப் பல் கோணத்தோடு சேர்த்தலினால் நாலாவது விசையாகிய **D** ஐ **A**, **B**, **C** மூன்றுடனுஞ் சேர்த்துக் கொள்ளலாம். இதைப் போல, இந்தப் பல்கோண முறைப்படி விசைகள் எத்தனையானாலும் அவற்றையெல்லாங் கூட்டிக்கொள்ளலாம். இவ்வாறு, ஒரு புள்ளியிற் கூடித் தாக்குகின்ற விசைகள் எத்தனையானாலும் அவற்றின் விளைவைப் பெறுதற்கு, ஒன்றன்பின்னொன்றாக வட்டவரிசையில் விசைகளின் திசைகளைக் காட்டுகின்ற அம்புக்குறிகளையுடையனவாய் விசைகளைக் குறிக்கின்ற கோடுகளைத் தொடர்ச்சியாக வரைந்து ஒருருவம் அமைக்கப்படும்.

இந்த வரிசைக்கு **எதிரான** அம்புக்குறியை உடையதாய் உருவத்தைப் பூர்த்தியாக்குகின்ற கோடானது இந்த விசைகளின் **விளைவைக்** குறிக்கின்றது.

இந்த வட்டவரிசையைப் **பின்றொடருகின்ற** அம்புக் குறியையுடைய அதே கோடானது விசைகள் எல்லாவற்றினதுஞ் **சமநிலையீட்டைக்** குறிக்கின்றது.

இது விசைப் பல் கோணவிதியைக் கூறும் பிறிதொரு கூற்றாகும்.

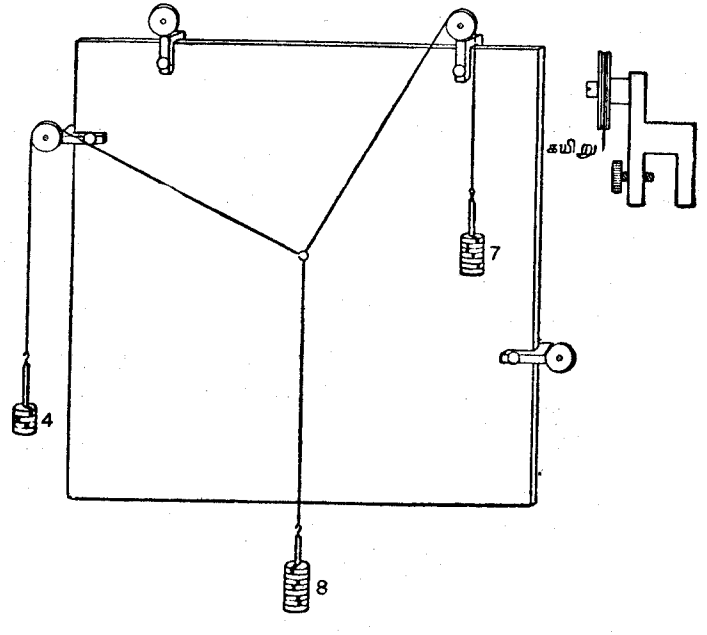
உருவம் பூர்த்தியாக்கப்பட்டுவிட்டால், விளைவு பூச்சியமாகவிருக்கும். அப்பொழுது, தரப்பட்ட விசைகளின் தாக்குதலிருக்கப் பொருள் சமநிலையிலிருக்கும்.

விசைகளை எடுக்கின்ற ஒழுங்கு முக்கியமான தொன்றன்று.

விசைகளைப்பற்றிய பரிசோதனைகளுக்கு வேண்டிய ஆய்கருவி

விசைகளைப்பற்றிய பலவிதிமானவிந்த விதிகளை வாய்ப்புப்பார்ப்பதற்குப் பின்வருமாறு வசதியானவோ ராய்கருவியை அமைக்கலாம் :—

கரும்பலகையொன்றின் ஓரங்களைச் சுற்றி உராய்வில்லாத இலேசான கம்பிகளை அமைக்க. இந்தக் கம்பிகளுக்கு மேலாக இலேசான பலத்த நாண்களை (மீன்பிடி நூல்களை) செலுத்துக (32 ஆம் உருவம்). இவற்



உரு. 32.—விசைகளைப்பற்றிய பரிசோதனைகளுக்குரிய ஆய்கருவி.

றுக்கு ஓரந்தத்தில் தடங்கள் இருத்தல் வேண்டும். இயலுமானால், மற்றையந்தத்தில் கடிகாரச் சங்கிலிக் கவ்விகள் இருத்தலும் வேண்டும். இந்தப் பலகையைச் சுவரில் அல்லது விறைப்பானவொரு தண்டின் மீது ஏற்றுதல் வேண்டும். அன்றேல், பலகைக்குச் செங்குத்தாக அவற்றினது

தளங்கள் இருக்கத்தக்கதாகக் கப்பிகள் ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டிருந்தால், ஓரங்களைச் சற்றேனும் இழைகளின் அந்தங்கள் முட்டாதிருக்குமாறு மேசை மீது கிடையாகப் பலகை இடக்கலாம்.

சிலவேலைகளிற் பலகையினோரங்களோடு நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்காமல், முக்காலிகளின் மீது ஏற்றப்பட்டிருக்கும் நங்கூரவளைத் தாங்கு கப்பிகளோடு கப்பிகள் இணைக்கப்பட்டிருக்கலாம்.

கடிகாரக் கவ்விகள் கொண்டு கவ்வியிணைக்கப்பெற்ற இலேசான வளைய மொன்றைச் சிறியவொரு பொருளாக உபயோகிக்கலாம்.

நாண்கள் மூலமாக விசைகளெவையேனும் பிரயோகிக்கப்பட்டால், சமநிலை நிலையத்துக்கு அந்த வளையம் போய் நிற்கும். அப்போது, பயன்படுத்தப்பட்ட பல் வேறிழைகளின் திசைகளை நுண்ணூடையை சுண்ணும்புக் கட்டி கொண்டு கரும்பலகை மீது, அல்லது எழுது கோலொன்று கொண்டு பலகையொன்றில் நிலைப்படுத்தப்பட்ட வரைதாளின் மீது, குறிக்கலாம். தாக்குகின்ற விசைகளின் திசைகளை இந்தக் கோடுகள் தருகின்றன. அவை நெடுக நாண்களின் மற்றையந்தங்களிலிருந்து தொங்குகின்ற நிறைகளுக்கு விகிதசமமான நீளங்களை அளந்து, திசையிலும் பருமனிலும் விசைகளைக் குறிக்கின்ற கோடுகளைப் பெறுகின்றோம்.

இந்த விசைக் கோடுகளிலிருந்து இரண்டு அல்லது இன்னும் அதிக தொகையான விசைகளை உபயோகித்து, மேற்கூறிய நிரூபண வாக்கியங்கள் எல்லாவற்றையும் பரிசோதனைப்படி நிறுவலாம்.

உயர்வு காரணமாக தரப்பட்டவொரு விசைக்கூட்டந் தாக்கச் சமநிலையில் வளையம் இருக்கும் போது, சிறியவொரு பரப்பினுள்ளே அதன் நிலையம் மாறக்கூடும். அதன் உண்மை நிலையைப் பெறுதற்கு, அதுவிருக்கும் நிலையத்தைக் குறித்துவிட்டு, வளையத்தை நிலைகுலைத்து அதன் புதிய ஓய்வு நிலையத்தை நோக்குதல் வேண்டும். இவ்வாறு பலதரம் அதன் நிலையைக் குலைத்துப் பின்னர் அதுவெடுத்த நிலையங்களை அடக்கியுள்ள பரப்பின் மையத்தை உண்மைச் சமநிலை நிலையமாகக் கொள்க.

அன்றியும், பலகைக்குச் செங்குத்தாகக் கப்பிகளின் தளங்கள் இருக்குமாறு அவை ஏற்றியமைக்கப்பட்டிருந்தால், அவற்றுக்கு மேலாகப் போகின்ற நாணின் பல்வேறு திசைகளையெல்லாம் பின்தொடர்ந்து நிலைக்குத்தான வோரச்சைப் பற்றிச் சுழலுதற்கு அவை கட்டின்றியிருத்தல் வேண்டும். அச்சாணியைப் பற்றிச் சுழலுதலினால் உண்டாகும் உராய்வைவிடமேலும் உராய்வையிது உண்டாக்குதலினால், நிலைக்குத்தாக அமைக்கப்பட்ட பலகையே விரும்பப்படத்தக்கது.

பரிசோதனை 28.— இரண்டு விசைகள் தாக்கச் சமநிலையிருத்தற்கு வேண்டிய நிபந்தனைகளைத் துணிதல்.— வளையத்தோடு இரண்டு நாண்களைத் தொடுத்து வெவ்வேறான பல நிறைகளை அந்த நாண்கள் இரண்டிலுந் தூக்குக. அந்த நாண்கள் இரண்டும் எப்பொழுதும் ஒரு நேர்கோடாக இழுபட்டு வருதலையும், அவற்றிலிருந்து தொங்குகின்ற நிறைகள் ஒன்றுக் கொன்று சமமாக இருந்தாற்றான் வளையம் ஒய்ந்திருக்கும் என்பதையுங் குறித்துக்கொள்க.

பரிசோதனை 29. விசையிணைகர விதியையும் விசைமுக்கோண விதியையும் வாய்ப்புப்பார்த்தல்.— நிறைகள் தொடுக்கப்பெற்றுள்ள மூன்று நாண்களை வளையத்திற் கட்டுக. மேலே விவரிக்கப்பட்டிருப்பது போல வளையத்தை மூன்று விசைகள் தாக்க அது சமநிலையிலிருக்கும்போது அந்த விசைகளைக் குறிக்குங் கோடுகளை வரைக.

அடுத்துள்ள பக்கங்களாக விசைக்கோடுகள் எவையேனும் இரண்டினுக்கும் ஓரிணைகரத்தை வரைக. வரைந்து, மூன்றும் விசைக்கோட்டுக்கு அதன் மூலை விட்டம் நீளத்தளவிற் சமமென்றும், மூலைவிட்டமும் மூன்றும் விசைக்கோடும் ஒன்றின் தொடர்ச்சியாக மற்றையது இருக்கின்றதென்றுங் காட்டுக.

இந்த மூன்று விசைகளுள் இரண்டுக்கு இரண்டு பக்கங்கள் சமாந்தரமாகவும், அவற்றின் நீளங்கள் முறையே இந்த விசைகள் இரண்டுக்கும் விகிதசமமாகவும் இருக்க, அவற்றின் திசைகளைக் குறிக்கின்ற அம்புக் குறிகள் வட்டவரிசையில் ஒன்றையொன்று பின்றொடருமாறு, முக்கோணமொன்றைப் பலகையிலொரு பக்கத்தில் வரைக. இந்த முக்கோணத்தை மூடித்து, மூன்றும் விசைக்கு அதன் மூன்றும் பக்கம் சமாந்தரமாக இருக்கின்றதென்றும், மற்றையிரண்டு விசைகளையும் மற்றைக் கோடுகள் குறிக்கின்ற அளவுத்திட்டத்தின்படி மூன்றும் விசையின் பருமனைக் குறிக்கின்றதென்றுங் காட்டுக.

பரிசோதனை 30. விசையிணைகர விதிப்படி ஒரு பொருளின் நிறையைத் துணிதல்.— அறிந்த இரண்டு நிறைகளையும் அறியாதவொரு நிறையையும் உபயோகித்து, 29 ஆம் பரிசோதனையிற் செய்ததுபோலச் செய்து, அறிந்த விசைகளைக் குறிக்குங் கோடுகள் அடுத்துள்ள பக்கங்களாகவுள்ள இணைகரமொன்றை வரைக. அறியாத பொருளின் நிறையை மூலைவிட்டத்தின் நீளத்திலிருந்து துணிக. பொதுத்தராசொன்று கொண்டு இதனை வாய்ப்புப்பார்க்க.

பரிசோதனை 31. விசைப் பல் கோணவிதியை வாய்ப்புப்பார்த்தல்.— நாலு அல்லது ஐந்து நிறைகளை உபயோகித்து 29 ஆம் பரிசோதனையிற் செய்ததுபோலச் செய்க. ஆனால், பலகையின் ஒரு பக்கத்தில், விசைகளுக்குச் சமாந்தரமாகவும் விகிதசமமாகவுமுள்ள கோடுகளினூலான ஒரு ருவத்தை வரைக. விசைகளின் திசைகளைக் குறிக்கின்ற அம்புக்குறிகள் வட்டவரிசையில் ஒன்றையொன்று பின்றொடருதல் வேண்டும்.

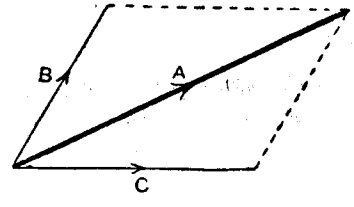
ஒன்றைவிட மற்றெல்லா விசைகளையுங் குறித்துமுடித்ததும், பல்கோனத்தை முடிக்க. முடிக்கின்ற கோடானது, மற்றையம்புக் குறிகளின் வட்டவரிசையை அதனம்புக்குறி பின்றொடருமாகில், பருமன், திசை இரண்டிலும், எஞ்சியிருக்கும் விசையைக் குறிக்கின்றது. ஒரே கூட்டம் விசைகளோடு இரண்டல்லது மூன்று தரம், ஒவ்வொரு முறையும் வெவ்வேறு வடிவத்தையுடைய பல்கோணம் வரத்தக்கதாக, வெவ்வேறு வரிசையில் விசைகளை எடுத்து, இவ்வாறு செய்க. மற்றைக் கோடுகளை எடுக்கும் வரிசையில் முடிக்குங் கோட்டின் நீளமுந் திசையுஞ் சற்றேனுஞ் சாராதிருக்கின்றதென்றும், ஒவ்வொரு முறையும் எஞ்சிய விசையை அந்தக் கோடு குறிக்கின்றதென்றுங் காட்டுக.

§ 2. காவிப்பிரிப்பு

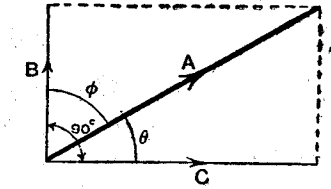
ஒரு பொருளைத் தாக்குகின்ற இரண்டு காவிகளை ஒரு சமவலுக் காவியாக எவ்வாறு கூட்டலாமென்று கண்டுவிட்டோம். **தொடக்கக் காவியின் வலுவுக்குச் சமமான வலுவையுடைய வேறிரண்டு காவிகளாக அதைப்பிரித்தலை** இனி ஆராயவேண்டியது அவசியமாகின்றது.

இத்தகைய இரண்டு காவிகளை **B** உம் **C** உம் குறிக்க, **B** இலும் **C** இலும் வரையப்பெற்ற இணைகரத்தின் மூலைவிட்டத்திலுல் **A** குறிக்கப்படுகின்றதெனில், அவற்றின் வலுவானது **A** இனது வலுவுக்குச் சமமென்பது முந்தின பேறுகளிலிருந்து தெளிவாகின்றது (உருவம் 33).

C இற்குச் **செங்குத்தாக B** இருந்தால், **C** இனது தாக்கக்கோடு வழியே **B** இனது விளைவு சற்றேனும் இல்லை. அன்றியும், **B** இனது திசை வழியேயும் **C** இனது விளைவேதுமில்லை. எனவே, **C இனது திசை வழியேயுள்ள A இனது மொத்த விளைவைச் C உம், B இனது திசை வழியேயுள்ள A இனது மொத்த விளைவை B உம் குறிக்கின்றனவென்று நாம் கூறலாம்.**



உரு. 33.—காவிப் பிரிவு.



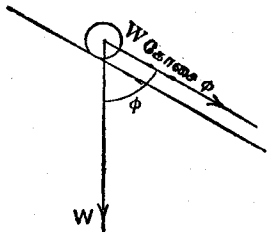
உரு. 34.—ஒரு காவியின் பிரிக்கப்பட்ட கூறுகள்.

இவ்விதமான வகையில், **B** ஐயும் **C** ஐயும் அவற்றிற்குரிய திசை நெடுக **A** இனது **பிரிக்கப்பட்ட கூறுகளாகும்** அதாவது **B** உம் **C** உம், இந்தத் திசைகள் நெடுக **A** இனது **கூறுகளாகும்** என்பர் (34 ஆம் உருவம்).

இஃதிவ்வாறுக, $B = A$ கோசை ϕ, $C = A$ கோசை θ.

எனவே, குறித்தவொரு திசையிலே தாக்குகின்ற விசை எதுவானாலும், பிரிக்கப்பட்டவதன் கூறுனது குறித்தவந்தத் திசைக்கும் விசையின் திசைக்கும் இடையிலுள்ள கோணத்தின் கோசையினால் அந்த விசையின் பருமனைப் பெருக்க வரும் பெருக்கத்துக்குச் சமமெனக் கூறலாம்.

85 ஆம் பக்கத்தில் (36 ஆம் உருவம்) விளக்கப்பட்டுள்ள நிலையியற் காய்தளம் எனப்படும் பரிசோதனையில் நேராக இந்த விதியை வாய்ப்புப் பார்த்தலைக் காண்க. இந்தப் பரிசோதனையில், கிடைத்தளத்தோடு கோணம் θ இற் சாய்ந்திருக்குமொரு தளத்தில் நிறை W ஐ உடையவொரு திணிவு ஒய்வு நிலையில், அந்தத் தளம் நெடுகத் தாக்குகின்றவிசை P இனால், வைத்திருக்கப்படும்.



உரு. 35.—சாய்தளம்

அந்தத் தளம் நெடுகவுள்ள நிறை W இன் விளைவானது P இற்குச் சமமாக இருக்கும். ஏனெனில், அந்தத்திணிவானது அதன் சொந்த நிறை W இன் தாக்கத்தினால் அந்தத் தளத்திற் கீழ்நோக்கி இறங்காது அதை விசை P தடுத்து வைத்திருக்கின்றது. அதாவது, அந்தத் தளத்துக்குச் சமாந்தரமாகத் தாக்குகின்ற நிறை W இன் பிரிக்கப்பட்ட கூறதனுக்கு P சமமாகும்.

ஆனால், W சைன் θ இற்கு P சமமென்று காட்டப்பட்டுளது. ஆதலின், அந்தத் தளம் நெடுக, அல்லததற்குச் சமாந்தரமாக, தாக்குகின்ற நிறை W இன் பிரிக்கப்பட்ட கூறு W சைன் θ இற்குச் சமமாகவிருக்கும்.

$\phi = 90° - \theta$ ஆகவும், கோசை ϕ = சைன் θ ஆகவும் இருக்கத் தக்கதாகவுள்ள கோணம் ϕ ஆக அந்தத் தளத்துக்கும் நிலைக்குத்துத் தளத்துக்கும் இடையிலுள்ள கோணமிருக்கும். (உருவம் 35)

$$\therefore \text{ W சைன் } \theta = \text{ W கோசை } \phi.$$

இவ்வாறு, நிறை W இன் திசைக்குக் கோணம் ϕ இல் அந்தத்தளம் நெடுக தாக்குகின்ற W இன் பிரிக்கப்பட்ட கூறுனது W கோசை ϕ இற்குச் சமமாகும்.

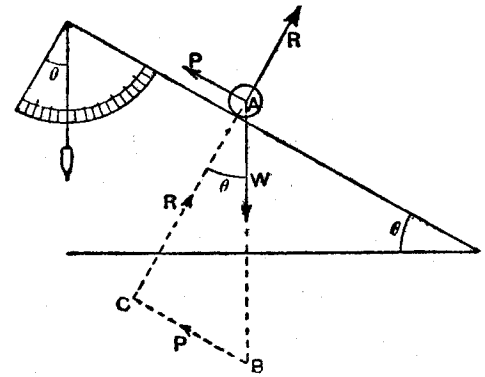
நிலையியற் சாய்தளம்

ஒரு சாய்தளத்திற் பாரம் W ஓய்ந்திருக்குமாயின், அந்தத் தளத்தின் மேற் பரப்புக்குச் சமாந்தரமாகத் தாக்குகின்ற விசை P இனால் அதைச் சமநிலையில் வைத்திருக்கலாம், அல்லது வேகவளர்ச்சியின்றி அந்தத்

தளம் நெடுக மேலேக்கி இழுக்கலாம். பொருளின் நிறை W இலும் மிகவுஞ் சிறிதாகவிருக்கும்; விசை P இன் பெறுமானமானது தளத்தின் சாய்வு குறையக் குறையக் குறைந்து கொண்டு போகும்.

கிடைத்தளத்தொடு கோணம் θ இலே சாய்ந்திருக்கின்றவொரு தளத்தில் விசை P இனாற் சமநிலையில் மட்டு மட்டாகத் தாங்கப்பட்டிருக்கின்ற நிறை W ஐ உடையவொரு பொருளைத் தாக்குகின்ற விசைகளை நோக்குக. முதலாவதாக, நிலைக்குத்தாகக் கீழ்நோக்கித் தாக்குகின்ற அதன் நிறை W உம், இரண்டாவதாக, அந்தத் தளம் நெடுக தாக்குகின்ற விசை P உம், இவற்றோடு அந்தத் தளம் உளற்றுகின்ற **எதிர்த்தாக்கம் R** எனப்படும் விசையும் உண்டு. தளம் அழுத்தமானதாயின், அதன் மேற் பரப்புக்குச் செங்குத்தாக இந்த விசை தாக்கிகுன்றது (36 ஆம் உருவம்).

இந்த மூன்று விசைகளுஞ் சேர்ந்து பொருளை ஒய்வு நிலையில் வைத்திருக்கின்றன. அவற்றின் திசைகளை அறிவோமாதலின், அவற்றுள் ஒன்றினது பருமனை அறிந்தால், விசை முக்கோண விதியைப் பிரயோகித்து மற்றை யிரண்டு விசைகளையுந் துணியலாம்.



உரு. 36. நிலையியற் சாய்தளம்.

நிறை W ஐக் கோடு **AB** குறிக்கின்றதென்று எடுத்துக் கொள்வோம். தளத்துக்குச் செங்குத்தாகவும் எதிர்த்தாக்கம் R இற்குச் சமாந்தரமாகவும் AC ஐயும், தளத்துக்கும் P இற்குஞ் சமாந்தரமாக BC ஐயும் வரைக.

அவையிரண்டும் ஒன்றையொன்று C இல் வெட்டுகின்றன. எனவே, R ஐயும் P ஐயும் AC உம் BC உம் முறையே குறிக்கின்றன.

தளத்துக்குச் செங்குத்தாக AC உம் அடிக்குச் செங்குத்தாக AB உம் இருக்கின்றனவாதலின், கோணம் θ இற்குக் கோணம் CAB சமமாகவிருக்கும். இவ்வாறு,

$$\frac{BC}{AB} = \text{சைன் } \theta.$$

ஆனால், BC உம் AB உம் முறையே P ஐயும் W ஐயும் குறிக்கின்றன

ஆகவே,

$$\frac{P}{W} = \text{சைன்}\ \theta,$$

அல்லது,

$$P = W\ \text{சைன்}\ \theta.$$

ஓரளவுக்கு இதனிலும் எளிதானவொரு நிறுவலே, தளம் நெடுக மேலேக்கி இழுக்கப்பட்டபோது நிறை பெற்ற **சத்தியேற்றத்தையும்,** அதைத் தளம் நெடுக இழுத்தலிற் **P செய்த வேலையையுங்** கண்டு, பெறலாம்.

வேலையுஞ் சத்தியும்

விசையின் பருமனையும் **பயன்படு** பெயர்ச்சியையும், அல்லது **விசையின் திசையில்** பிரயோகப் புள்ளி அசைந்து செல்லுந் தூரத்தையும், ஒன்றை யொன்றுற் பெருக்க வரும் பெருக்கத்தினுல் விசை செய்கின்ற வேலையை அளக்கலாம். பொருளைச் சாய்தளம் வழியே அளந்துபெற்ற தூரம் l இற்கு விசை P இழுக்கின்ற தென்றும், அப்படி இழுக்கும்போது அந்தப் பொருளைத் தளத்தின் உயரமென்று கூறத்தகும் நிலைக்குத்துயரம் h இற்கு விசை உயர்த்துகின்றதென்றும் பாவித்துக்கொள்க.

தளத்தின் அடியிலிருந்து நுனிமட்டுமுள்ள உயரம் h ஆதலின், நுனி மட்டும் உயர்த்தப்பட்டபொழுது, Wh இற்குச் சமமான நிலைப்பண்புச் சத்தியை, நிறை மேலதிகமாகப் பெறுகின்றது.

தளத்தின் நீளம் l ஆயின் அதுநெடுக நிறையை இழுத்தலில் விசை P தன் திசையில் தூரம் l இற்குத் தொழிற்படுகின்றது. எனவே, விசை செய்த வேலை Pl ஆகும்.

சத்திக் காப்பு விதிப்படி,

சத்தி நயம் = செய்த வேலை,

எனவே,

$$Wh = Pl,$$

அல்லது,

$$P = \frac{Wh}{l} = W\ \text{சைன்}\ \theta.$$

இந்தப் பரிசோதனையில் உபயோகிக்கப்படும் ஆய்கருவியானது, கீழந் தத்திற் பிணைக்கப்பட்டும், பல் வேறு பெறுமானங்களை அதன் சாய்வுகள் பெறத்தக்கதாகச் செப்பஞ் செய்யக்கூடிய எதுவேனுமொரு வழிவகை வழங்கப்பெற்றும் உள்ளவொரு தட்டைப் பலகையாகும். அதன் மேலோ ரத்தில் வழக்கமாகவொரு கப்பி நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். இந்தக் கப் பிக்கு மேலாகவொரு நாண் போகின்றது. தளத்திலுள்ளவதன் முடிவிற் பாரம் W தொடுக்கப்பட்டிருக்க, தொங்குகின்ற அந்தத்திலிருந்து நாண்

மீது விசை P ஐ உரற்றத்தக்கதாக நிறைகளைத் தூக்கலாம். தளத் துக்கும் பாரம் W இற்கும் இடையிலுள்ள உராய்வை நீக்குதற்காக, ஏற்றவொரு சட்டப்படல் தாங்கியிருக்கும் ஓரச்சாணி மீது தாங்கப்படுஞ் சிறியவோருருளையாக W இருக்கும். இந்தப் படலொடு அந்த நாண் தொடுக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த ஆய்கருவியின் சில வகைகளில், கப்பிக்குந் தொங்கும் நிறைக்கும் பதிலாக விற்றராசொன்றிருக்கும். வேண்டப்படும் விசை P ஐ உரற்றுமாறு தானுகத் தன்னை இந்த விற்றராசு செப்பஞ் செய்யத்தக்கதாக இருக்கும். விசை P ஐ நேராக வாசித்தறியலாம்.

இடையான அடித்தளம் நெடுக கோணமானியிலேரமும், அதன் மையம் பிணையலின் மையத்திலும் இருக்குமாறு கோணமானியொன்றை வைத்துக் கோணம் θ ஐ அளக்கலாம். ஆனுல், தளத்தின் நுனிக்கு அணித்தாக, அதன் மையத்திலிருந்து ஒரு குண்டுநூல் தொங்குகின்ற அளவுகோடிட்ட வொரு கால்வட்டத்தைப் பொருத்துதல் நன்று. தளத்துக்குச் செங் கோணமாக இந்தக் கால்வட்டத்தின் பூச்சியக்கோடு நிற்குமாயின், இந்தக் குண்டுநூலுக்கும் பூச்சியக் கோட்டுக்கும் இடையிலுள்ள கோணமாக θ ஐ வாசித்தறியலாம். முதற் கூறிய முறையிலும் இந்த முறை விரும்பத் தக்கது. எனெனில், முதன்முறையைப் பின்பற்றினுல், ஒரு நீர் மட்டங் கொண்டு அடித்தளத்தை மட்டப்படுத்த வேண்டிய அவசியம் உண்டாவது மல்லாமல், கோணம் θ ஐ அளக்கையில் வேறு வழுக்களும் இலேசாக வந்து புகுந்துவிடும்.

பரிசோதனை 32. நிலையியற் சாய்தளம்.—தளத்தின் வெவ்வேறு சாய்வு களுக்கு வெவ்வேறு விசைகள் P ஐக் கப்பிக்கு மேலாகப் பிரயோகிக்க. **உருளையைச் சற்றே தள்ள மேலுங் கீழுமாக அது கட்டின்றித் தளத்திலே இயங்குமளவும்** ஒவ்வொரு தரமும் P ஐச் செப்பஞ் செய்க. கப்பியில் உராய்வின் விளைவு உண்டாகாது அனுகூலமாக இது தடுக்கின்றதுமல்லாமல், திருத்தமான அளவீடுகளைப் பெறவும் உதவுகின்றது. P இற்கும் θ இற்கு முள்ள ஒத்த பெறுமானங்களைக் குறிக்க. குறிக்கும்போது வேருன ஐந்து அல்லது ஆறு சாய்வுகளைப் பயன்படுத்துக.

நோக்கற் பெறுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப் படுத்துக :—

P	θ	சைன் θ	$\frac{P}{\text{சைன்}\ \theta}$

சராசரி $\frac{P}{\text{சைன்}\ \theta} =$

ஒரே உருளையை உபயோகித்தபடியால், W ஒரு மாறிலியாகும். ஆனுல், $P = W\ \text{சைன்}\ \theta$; ஆதலின், ஈற்று நிரலில் அட்டவணைப்படுத்தப்பட்ட ஈவுகளாகிய $P / \text{சைன்}\ k\theta$ உம் W இற்குச் சமமானவொரு மாறிலியாக

இருத்தல் வேண்டும். உருளையின் நிறைக்கு $P / \text{சைன்}\ k\theta$ இன் சராசரிப் பெறுமானம் மிக்க திருத்தமான சமமாகும். உருளையை உள்ளபடி நிறுத்து இதனை வாய்ப்புப் பார்க்க.

உபயோகிக்கப்பட்ட ஆய்கருவியோடு θ ஐ அளக்குங் கால்வட்டம் பொருத்தப்பட்டிராவிடில், h ஐயும் l ஐயும் நேராக அளந்தறிக. இப்படிச் செய்யும்போது, ஒவ்வொரு முறையும் தளமீது ஒரே புள்ளியை எடுத்து அடித்தளத்திலிருந்து அதுவிருக்கும் உயரத்தையும், தளம் நெடுக பிணையலின் மையத்திலிருந்து அதுவிருக்கும் தூரத்தையும் அளந்தறிக. இந்த நோக்கற் பேற்றட்டவணையை P, h, l, $\frac{h}{l}$, $P / \frac{h}{l}$ என்னுங் தலைப்புக்களின் கீழ் ஒழுங்குபடுத்துக.

Pl / h இன் சராசரிப் பெறுமானத்தைக் காண்க. நேராக அளந்தறிந்த W இற்கு இது சமமாக இருத்தல் வேண்டும்.

நாணிலிருந்து தூக்கப்பட்டுள்ள தராசுத்தட்டில் விசை P ஐ உளற்றும் நிறைகளை வைத்தால், தராசுத்தட்டையும் P இனுள்ளே அடக்கிக் கொள்ளுதல் வேண்டும்.

§ 3 பல விசைகளின் கீழ் ஒரு பொருள் சமநிலையாதற்குத் தேவையான பொது நிபந்தனைகள்.

விசையின் திருப்புதிறன்

எதுவேனும் அச்சொன்றைப்பற்றி ஒரு விசைக்குள்ள திருப்பல் விளைவை, அந்த அச்சைப்பற்றி அந்த விசைக்குள்ள திருப்புதிறன் என்பர். விசையையும் விசையின் தாக்கக் கோட்டுக்கும் அச்சுக்கும் இடையிலுள்ள செங்குத்தான இடைத்தூரத்தையும் ஒன்றையொன்றுற் பெருக்க வரும் பெருக்கமென்று திருப்புதிறனுக்கு வரைவிலக்கணங் கூறப்படும்.

"வலஞ்சுழி" அல்லது "இடஞ்சுழி" யான சுழற்சித் திசையைத் திருப்பு திறனின் போக்கு என்பர். எந்தப் போக்கையும் நேர் என்று கொள்ளலாம்; ஆனால், ஒரு வழக்கை அங்கீகரித்து விட்டால் அதனையே எப்பொழுதும் அனுட்டித்தல் வேண்டும்.

எதுவாயினுமொரு விசைத் தொகுதியினால் ஒரு பொருள் தாக்கப்பட்டால், கீழ் வரும் இரண்டு நிபந்தனைகள் இருந்தால் மாத்திரம் அந்தப் பொருள் ஒய்ந்திருக்கும். அவையாவன :

1. **எத்திசையிலும் விளைவுவிசை பூச்சியமாக இருத்தல் வேண்டும்.**

2. **அச்சு எதுவாயினும், அதனைப்பற்றியுள்ள விசைகள் எல்லாவற்றினதும் விளைவுத்திருப்புதிறன் பூச்சியமாக இருத்தல் வேண்டும்.**

2 ஆம் நிபந்தனையில் 1 ஆம் நிபந்தனை அர்த்தாபத்தியாக அடங்கியிருக்கின்றதெனினும், அது மிக்க முக்கியமுடைத்தாதலின், வெளியாக வதைக் கூறுதலாற் பயனுண்டு.

நெம்புகோலின் தத்துவம்

விசைகளின் சேர்க்கையைப் பரிசோதனை முறைப்படி ஆராயும் பொழு மேற்கூறிய நிபந்தனைகளுள் முதலாவது நிறுவப்பட்டது. இப்பொழுது இரண்டாம் நிபந்தனையின் உண்மையைப் பரிசோதனை மூலஞ் செய்து காட்டுவாம். **சுழலிடம்** எனப்படும் தகுதியான அச்சொன்றைச் சுழற்சித் தானமாகக் கொண்டு, விசைகள் தாக்கவிருக்கும் பொருளை அமைத்தலே இவ்வாறு செய்தற்கு மிக்கவெளிதான வழியாகும். அந்தப் பொருள் முழுவதாக அசைவதைத் தடுத்தற்கு வேண்டிய விசைகளைச் சுழலிடத்திற் புகுத்த, வேறு கிரியை யாதும் வேண்டப்படாமல், 1 ஆம் நிபந்தனை வந்தெய்தும். இவ்வாறு ஒரு சுழலிடத்தைப் பற்றிச் சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்ட பொருளை **நெம்புகோல்** என்பர்.

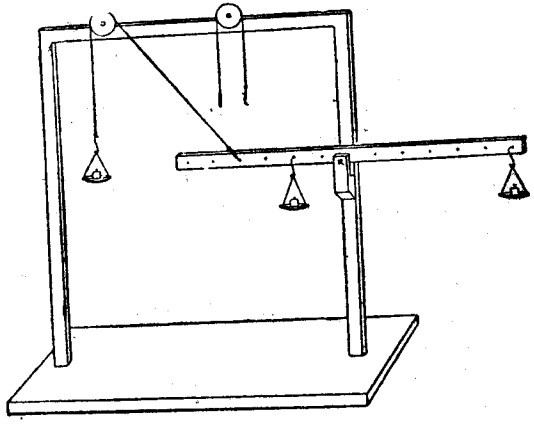
சுழலிடத்தில் தொழிற்படுதற்குக் கொண்டுவந்த விசையை இலேசாகத் துணியமுடியாது. **சுழலிடத்தைப்** பற்றி அதற்குள்ள **திருப்புதிறனை** மாத்திரங் காணமுடியும். விசை எதுவானாலும் அதன் பிரயோகப் புள்ளியைப் பற்றி அதற்குள்ள திருப்புதிறன் பூச்சியமாகும். ஆகவே, சுழலிடத்திலே தொழிற்படுதற்குக் கொண்டுவரப்பட்ட விசைகளுக்குத் திருப்புதிறனில்லை. எனவே, நெம்புகோலின் சமநிலையைப்பற்றி நாம் சிந்திக்குமிடத்து, சுழலிடத்தில் தொழிற்படுதற்குக் கொண்டுவரப்பட்ட விசைகளை, சுழலிடத்தைப் பற்றிய திருப்புதிறன்களை மாத்திரம் சிந்தனைக்கெடுத்துக் கொள்ளும் போது, புறக்கணிக்கலாம்.

ஆதலால், ஒரு நெம்புகோலின் சமநிலைக்கு வேண்டிய நிபந்தனையைப் பின்வருமாறு கூறலாம் : **பிரயோகிக்கப்பட்ட** விசைகள் எல்லாவற்றினதும் சுழலிடத்தைப் பற்றிய திருப்புதிறன்களின் விளைவு பூச்சியமாயின் நெம்புகோல் சமநிலையில் இருக்கும்.

நெம்புகோல்கள்

நெம்புகோலின் தத்துவத்தைச் செய்துகாட்டவும், அது வழியே திருப்புதிறன் விதியை வாய்ப்புப் பார்க்கவும் வேண்டிய ஆய்கருவியொன்றைப் பின்வருமாறு அமைக்கலாம்.

நிமிர்ந்து நிற்குந் தாங்குகோல்களுள் ஒன்றின் நடுவுக்கருகே இடையாக நீண்டிருக்கும் உருண்ட பித்தளைக் கோலொன்றை மரத்தாற் செய்யப்பட்ட வொரு விறைப்பான சட்டப்படல் தாங்கி நிற்கும். இந்தக் கோலின் மீது



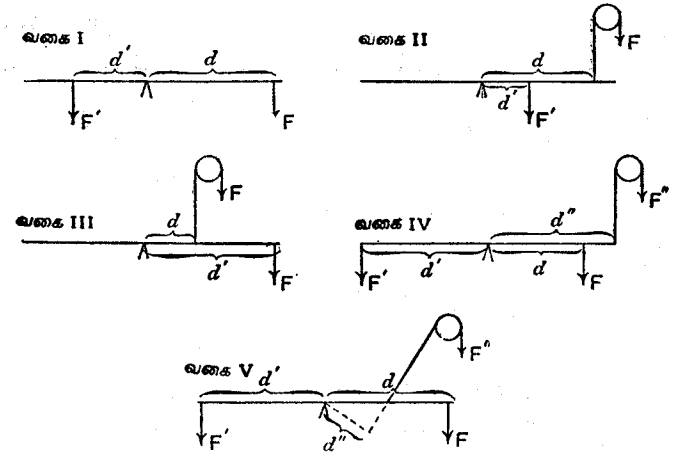
உரு. 37.—நெம்பு கோல்களைப் பற்றிய பரிசோதனைகள்.

ஒரு மீற்றர் அளவுகோல் வைக்கப்பட்டிருக்கும். ஏறக்குறைய 2 ச.மீ. இடைவெளி இருக்கத் துளைகள் துளைக்கப்பட்டிருக்கும் இந்த அளவுகோலின் நடுத்துளைக்கூடாகக் கோல் செல்லுகின்றது. இதனால், தாங்குபுள்ளியில் புவியீர்ப்பு மையமிருக்க, கோலினது நிறையின் விளைவு நீக்கப்படுகின்றது. (புவியீர்ப்பு மையங்களைப் பார்க்க, 94 ஆம் பக்கம்).

சட்டப்படலின் உச்சிச் சட்டத்தின் மீது கப்பிகள் ஏற்றப்பட்டிருக்கின்றன. அவற்றுக்கு மேலாக நாண்கள் போகின்றன. மீற்றரளவு கோலின் எந்த விடத்திலும் இந்த நாண்களை, அவற்றின் அந்தங்களிற் கட்டப்பட்டிருக்கும் கொளுக்கிகள் கொண்டு, கட்டித்தொடுக்கலாம். நாண்களின் மற்றையந் தங்களிலிருந்து தராசுத் தட்டுக்கள் தொங்குகின்றன. இந்தத் தராசுத் தட்டுக்களில் நிறைகளை வைத்து நெம்புகோல் மீது பல்வேறு விசைகளைப் பிரயோகிக்கலாம். விசைகளை, நிலைக்குத்தாக மேனோக்கி அல்லது கீழ்நோக்கி, அன்றேல் இடைத்தளத்தொடு வெவ்வேறு கோணங்களிற் சாய்ந்திருக்கு மாறு, பிரயோகிக்கத்தக்கதாக, வேறு தராசுத் தட்டுக்களை மீற்றரவவு கோலி லுள்ள துளைகளிலிருந்து நேராகத் தூக்கலாம்.

கப்பிகளின் உராய்வையும் சுழலிடத்திலுள்ள உராய்வையும் நீக்கமுடி யாதாதலின், அண்ணளவாக ஆய்கருவி செப்பஞ்செய்யப்பட்டதும், அற்ப மானவொரு தொடக்கவேகத்தை அதற்குக் கொடுத்தல் வேண்டும்.

மூடிவில், திசைகள் இரண்டிலுங் கட்டின்றிச் சம அளவாக நெம்புகோல் திரும்புமளவும் நிறைகளைச் செப்பஞ் செய்தல் வேண்டும். விசைகளுள் ஒன்று சரிவாகத் தாக்குமிடத்து, நெம்புகோலுக்குக் கொடுக்கப்பட்ட அற் பமான இந்த இயக்கமானது கிடையான நிலையிலிருந்து அதை ஓரள வுக்கு அதிகந்திரும்பச் செய்யக்கூடாது. அல்லாவிட்டால், விசை தாக்குகின்ற கோணத்தை மாற்ற, அதனாற் சுழலிடத்தைப் பற்றியவதன் திருப்புதிற னும் மாறும்.



உரு. 38.—நெம்புகோல்கள்.

திசைகள் இரண்டிலுங் கட்டின்றி நெம்புகோல் திரும்பும்போது, சுழலிடத்தைப் பற்றியுள்ள விசைகளின் திருப்புதிறன்களைக் கணித்து, அவற்றின் போக்குக்களைக் குறித்தல் வேண்டும். இவ்வாறு செய்தற்கு, ஒவ்வொரு விசையையுஞ் சுழலிடத்திலிருந்து அந்தந்த விசையின் தாக்கக் கோட்டுக்குள்ள செங்குத்துத் தூரத்தாற் பெருக்கவேண்டும். பெருக்கி, திருப்புதிறனின் போக்கு வலஞ்சுழியானதாயின் நேர்குறியையும், இடஞ் சுழியானதாயின் எதிர்க் குறியையும் வந்த பெருக்கத்துக்குமுன் வைத் தல் வேண்டும். எல்லா விசைகளினதும் திருப்புதிறன்களை **அட்சரகணித முறைப்படி** கூட்டுதலும் வேண்டும். ஒவ்வொருதரமுந் திருப்புதிறன்களின் மொத்தம் பூச்சியமாக இருத்தல் வேண்டும்.

குறிப்பு.—எடுத்துக் கொண்ட ஒவ்வொரு விசையினைடும் தராசுத்தட்டின் நிறையைச் சேர்த்துக்கொள்ளுதல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 33. நெம்பு கோல்கள்.—38 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பதுபோல விசைகளைப் பிரயோகித்துப் பின்வரும் வகை ஒவ்வொன்றுக்கும் பரிசோதனையை நடத்துக :—

1 ஆம் வகை. அதிகமாகவிது **முதலாம் வரிசை நெம்புகோல்** எனப்படும். விசை **F** ஆனது வலஞ்சுழிச் சுழற்சியை உண்டாக்கச் சமலிடத்தைப்பற்றியவதன் திருப்புதிறன் **Fd நேரானதாகவிருக்கும்.** விசை **F′** ஆனது இடஞ்சுழிச் சுழற்சியை உண்டாக்கும் ; ஆதலினால், சுழலிடத்தைப் பற்றியவதன் திருப்புதிறன் **F′d′ எதிரானதாக** இருக்கும்.

$Fd + F'd' = 0$ என்று (அட்சரகணித முறைப்படி) காட்டுக.

உதாரணம். $F = 350$ கிராம் நிறை $d = 48$ ச.மீ.

$$Fd = +16800,$$

$F' = 750$ கிராம் நிறை $d' = 22$ ச.மீ.

$$F'd' = -16500,$$

$$Fd + F'd' = 16800 - 16500 = 300,$$

வழு 2%.

2 ஆம் வகை. அதிகமாகவிது **இரண்டாம் வரிசை நெம்புகோல்** எனப்படும்.

விசை **F** ஆனது இடஞ்சுழிச் சுழற்சியை உண்டாக்க, சுழலிடத்தைப் பற்றியவதன் திருப்புதிறன் **Fd** எதிரானதாக இருக்கும்.

விசை **F′** ஆனது வலஞ்சுழிச் சுழற்சியை உண்டாக்க, சுழலிடத்தைப் பற்றியவதன் திருப்புதிறன் **F′d′** நேரானதாக இருக்கும்.

முன்போல, $Fd + F'd' = 0$ என்று காட்டுக.

3 ஆம் வகை. அதிகமாகவிது **மூன்றும் வரிசை நெம்புகோல்** எனப்படும்.

இங்கேயும் **Fd** எதிரானதாகவும், **F′d′** நேரானதாகவும் இருக்கும். $Fd + F'd' = 0$ என்று காட்டுக.

பின்வரும் இரண்டு வகைகளிலும் காட்டப்படுவது போல, நெம்புகோலுக்கொரு கோணத்திலே தாக்குகின்ற விசைகள் எத்தொகையினவாயினும், அவற்றுக்கெல்லாம் இந்தப் பொதுவிதி பிரயோகிக்கத் தக்கது. இவற்றுக்குப் பதிலாக வேறெவையேனும் விசைக் கூட்டங்களைப் பிரயோகிக்கலாம். எல்லா வகைகளிலும், சுழலிடத்தைப் பற்றியுள்ள மொத்தத் திருப்பு திறன் பூச்சியமாக இருக்கக்காணலாம்.

4 ஆம் வகை.

Fd நேரானது.

F′d′ எதிரானது.

F″d″ நேரானது.

$Fd + F'd' + F''d'' = 0$ என்று அட்சரகணித முறைப்படி காட்டுக.

5 ஆம் வகை.

Fd நேரானது.

F′d′, F″d″ இரண்டும் எதிரானவை.

முன்போல, $Fd + F'd' + F''d'' = 0$ என்று காட்டுக.

இந்த வகைகள் ஐந்தினுள் ஒவ்வொன்றுக்கும் 1 ஆம் வகையிற் காட்டியிருப்பதுபோலப் பேறுகளைப் பதிக. ஒரு திசையிலுள்ள மொத்தத் திருப்புதிறனின் சதவீதமாக நோக்கிப் பெற்ற வழுவைக் கூறுக. சற்றே பருத்த நிறைகளை, அதாவது அளவுகோலின் அந்தங்களில் 200 கிராமுக்கும் 300 கிராமுக்கும் இடையிலுள்ளனவாகவும், நடுவுக்குச் சமீபத்தில் 1 கிலோக்கிராம் மட்டும் உள்ள நிறைகளை, உபயோகித்தல் நயமுடைத்து. இவ்வாறு செய்தலினால், சுழலிடத்திலுள்ள உராய்வின் விளைவு, ஒப்பு நோக்கில், (உள்ளபடி பிரயோகிக்கப்பட்ட திருப்புதிறன்களின்) சிறிதான விகிதமாக ஆக்கப்படுவதுமல்லாமல், பெறப்படுந்திருத்தம் பெரிதாக்கவும் படும்.

பரிசோதனை 34. நெம்பு கோல் விதியைப் பிரயோகித்து மீற்றரளவு கோலொன்றை நிறுத்தல்.—ஓரந்தத்திலிருந்து ஏறக்குறைய 10 ச.மீ. தூரத்தில் மீற்றரளவுகோல் தாங்கப்பட்டிருக்கச் செய்க. அளவுகோலின் குறுகிய பக்கத்திலுள்ள எற்றுத்துளையிலிருந்து தராசுத்தட்டொன்றைத் தூக்கி, மட்டுமட்டாகத் தராசைச் சமமாக்குமட்டும் தராசுத்தட்டிலுள்ள நிறைகளைச் செப்பஞ்செய்க. அளவுகோலின் மத்தியிலிருக்கின்றதென்று கொள்ளப்படுமதன் புவியீர்ப்பு மையத்தில் அளவுகோலின் நிறை கீழ்நோக்கித் தாக்கிக்கொண்டிருக்கும். மீற்றரளவுகோலின் நிறை **W** கிராமும், (தராசுத்தட்டின் நிறை உட்பட) அதனிலுள்ள நிறை **w** கிராமும் என்போம். அளவுகோலின் மத்தியிலிருந்து சுழலிடம் இருக்குந்தூரம் **D** உம், தராசுத்தட்டிலிருந்து அதுவிருக்குந் தூரம் **d** உம் ஆகவிருக்க,

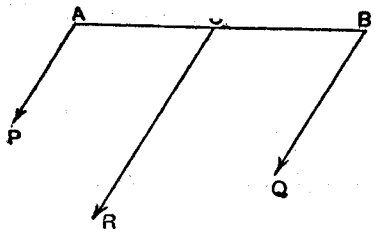
$WD = wd$ என நாம் பெறுவோம்

D ஐயும் **d** ஐயும் அளந்து, **w** ஐ நோக்கியறிக. மீற்றரளவுகோலின் நிறையாகிய **W** ஐக் கணித்தறிக.

சுழலிடத்தின் இரண்டல்லது மூன்று நிலையங்களோடு இவ்வாறு மீட்டுஞ் செய்து, மீற்றரளவுகோலை ஒருதராசில் நிறுத்து இந்தப் பேற்றைச் சரிபிழை பார்க்க.

§ 4 புவியீர்ப்புமையம் அல்லது சடத்துவமையம்

விறைப்பானவொரு பொருளைச் சமாந்தரமான இரண்டு விசைகள் தாக்குமிடத்து, சாதாரணமாக, அவற்றினிடத்தை ஒருதனி விளைவுவிசை எடுக்கச் செய்யலாம். இவ்வாறு, A உம் B உம் என்னும் புள்ளிகளில் தாக்குகின்ற விசைகளாகிய P உம் Q உம் ஒரு தனி விசை $R = P + Q$ ஐ ஒத்த சமவலுவுடையன.



உரு. 39.—சமாந்தர விசைகளின் விளைவு

இந்த விசையின் தாக்கக்கோடானது AB ஐப் புள்ளி C இல்,

$P \times AC = Q \times CB$ ஆக இருக்குமாறு, வெட்டுகின்றது.

புள்ளி C இருக்குமிடத்தை விசைகளின் **திசை** தாக்காது. அதனை அந்தச் **சமாந்தர விசைகளின் மையம்** என்பர்.

இதுபோலவே, விறைப்பானவொரு பொருளை எத்தனை விசைகள் தாக்கினாலும், அந்த விசைகளின் திசையில் தங்கியிராதவொரு புள்ளிக்கூடாக விளைவுவிசை செல்லும். இந்தப் புள்ளியிருக்கும் இடமானது, அதாவது அந்தச் சமாந்தர விசைகளின் மையமானது, விசைகளின் பருமன்களையும் பிரயோகப்புள்ளிகளையும் அறிவோமேயானால், நிச்சயிக்கப்பட்டுவிட்டது.

புவியீர்ப்பு விசையினாற் புவியின் மையத்தை நோக்கி எல்லாப் பொருள்களுங் கவரப்படுகின்றன. புவியினால் ஒவ்வொன்றுங் கவரப்பட்ட துணிக்கைகளினால் விறைப்பானவொரு பொருள் ஆனதென்று நாம் பாவித்துக் கொள்ளலாம். அப்படிக் கொள்வோமேயானால், அந்தப் பொருளைத் தாக்குகின்ற **அண்ணளவாகச்** சமாந்தரமான வொரு விசைத்தொகுதியைப் பெறுகின்றோம். சமாந்தரமான இந்த விசைகளின் மையத்தை அந்தப் பொருளின் **புவியீர்ப்பு மையம்** என்பர்.

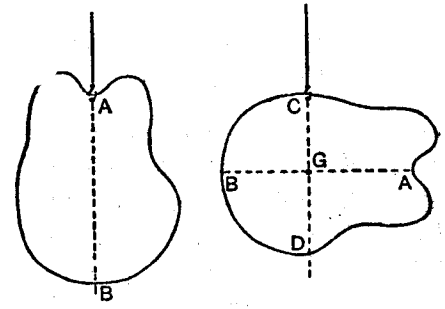
இதன்படி, **ஒரு பொருளின் நிலை எதுவாயினும், அதன் துணிக்கைகள் எல்லாவற்றின் மீதுமுள்ள புவிக்கவர்ச்சியின் விளைவு செல்லுகின்றதும், அந்தப் பொருளின் சார்பாக நிலைத்ததுமான புள்ளி என்று அந்தப் பொருளின் புவியீர்ப்பு மையத்துக்கு வரைவிலக்கணங் கூறலாம்.**

சடத்துவமையம், அல்லது **திணிவுமையம்** என்பது புவியீர்ப்பில் தங்கியிராததும், கூடிய பொதுத்தன்மை உடையதுமானவொரு பெயராகும். திணிவு m_1 ஐ உடையவொரு துணிக்கையை A இலும், திணிவு m_2 ஐ உடையவொரு துணிக்கையை B இலும் வைத்தால், $m_1 AC = m_2 BC$ ஆக இருக்குமாறு அவற்றைத் தொடுக்கின்ற கோட்டிலுள்ள புள்ளி C

என்று அந்தவிரண்டு துணிக்கைகளின் சடத்துவமையத்துக்கு **வரைவிலக்கணங் கூறப்படும்,** வெளியில் வேறெங்கேயாவதொரு புள்ளியிலே திணிவு m_3ஐ உடைய மூன்றுவதொரு துணிக்கையை வைத்தால், திணிவு $m_1 + m_2$ ஐ உடையவொரு தனித்துணிக்கை C இல் வைக்கப்பட்டுளதென்று பாவித்து, முன்போல இந்தக் கற்பனைத் துணிக்கைக்கும் m_3 இற்கும் உரிய சடத்துவமையத்தைத் துணிந்து, அந்த மூன்று துணிக்கைகளின் சடத்துவமையத்தையும் காணலாம். துணிக்கைகள் எத்தனையானாலும் இந்தமுறையைத் தொடர்ச்சியாகப் பின்பற்றலாம்.

ஒரு தனிப் புள்ளியில் பாரமானவொரு பொருள் தாங்கப்பட்டிருந்தால், அதன் நிறையுந் தாங்குபுள்ளியிலுள்ள எதிர்த்தாக்கமும் மாத்திரமே அந்தப் பொருளின்மேற் தாக்கும் விசைகளாகும். அந்தப் பொருள் ஒய்ந்திருக்கின்றதாயின், இநதப் பொருள் சமநிலையில் இருந்தால் இந்த விசைகளிரண்டுஞ் சம நிலையிலிருத்தல் வேண்டும். எனவே அவை ஒரே தாக்கக்கோடுடையனவாக இருத்தல்வேண்டும். ஆகவே, தாங்குபுள்ளியும் புவியீர்ப்பு மையமும் ஒரே நிலைக்குத்துக் கோட்டில் இருத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 35. புவியீர்ப்பு மையத்தைப் பரிசோதனை முறைப்படி துணிதல்.—ஒரு பொருளின் புவியீர்ப்பு மையத்தைக் காண்பதற்கு எது வேனுமொரு புள்ளி A இனில் தொடுக்கப்பட்டவோர் இழையினால் அந்தப் பொருளைத் தொங்கவைத்து, நிலைக்குத்துக்கோடு AB இனது நிலையைக் குறிக்க (40 ஆம் உருவம்). ஒரு குண்டு நூல் கொண்டு நிலைக்குத்துக் கோட்டைத் துணியலாம். பின்பு, இன்னொரு புள்ளி C இலிருந்து அதைத் தொங்கவிட்டு, நிலைக்குத்துக்கோடு CD ஐக் குறிக்க. புவியீர்ப்பு மையமானது AB, CD இரண்டிலும் இருத்தல் வேண்டுமாதலின், அவையிரண்டும் ஒன்றையொன்று வெட்டுகின்ற புள்ளியாகிய G இல் இருத்தல் வேண்டும். மூன்றும் புள்ளியொன்றிலிருந்து அதைத் தொங்கச் செய்து இதனைத் திடப்படுத்துக.

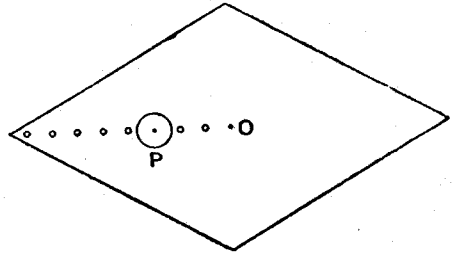


உரு. 40.—புவியீர்ப்பு மையத்தைத் துணிதல்.

பின்வருமாறு காட்டக்கூடியதுபோல, ஒரு பொருளிலே அதன் திணிவு எங்கணும் பரவியிருக்கும் விதத்திலே அதன் புவியீர்ப்புமையந் தங்கியிருக்கின்றது. ஒரு பித்தளைத் திருகாணியுஞ் சுரையுமாகிய P என்னும் பாரந் தொடுக்கப்பெற்ற ஒருசீரானவொரு மரப்பலகையே இந்தப் பரிசோதனைக்கு உபயோகிக்கப்படும் பொருளாகும்.

இந்தப் பலகையின் புவியீர்ப்பு மையத்தைத் தனியே கண்டு, பின்பு பலகைக்குப் பாரத்தை ஏற்றியிருக்க அதன் புவியீர்ப்பு மையத்தைக் காண்க. பின்னதாகிய துணிதலைப் பாரத்தின் பல்வேறு நிலைகளிற் பல கையை மீட்டுந் தொங்கவைத்துச் செய்க.

பலகையின் மூலைவிட்டம் நெடுக பாரத்தை நகர்த்தப் புவியீர்ப்பு மையம் இருக்குமிடம் மாறுதலைக் காட்டுமொரு வரைப்படத்தை வரைக.



உரு. 41.—பாரமேற்றுப்பெற்ற தட்டு.

இடைத்தூரங்களாகப் பாரத்தின் தூரங்களையும், (P) நிலைத்தூரங் களாகப் புவியீர்ப்பு மையத்தின் தூரங்களையும் (OC) கொள்க; இவை யெல்லாவற்றையும் பாரமேற்றப்பெறுத பலகையின் புவியீர்ப்பு மையம் O இலிருந்து அளந்தெடுக்க.

மரப்பலகையின் புவியீர்ப்பு மையம் இருக்கும் இடத்திலிருந்து கூட்டுப் பொருளின் புவியீர்ப்பு மையம் இருக்கும் இடமானது, அந்தப் புள்ளியி லிருந்து பித்தளைப் பாரம் நகர்கின்ற பெயர்ச்சித் தூரத்துக்கு விகிதசமமான தூரத்துக்கு நகர்கின்றதென் பதைக் காணலாம். வரைகோட்டின் சாய்வுவி கிதம் OP/OC ஆகும். பித்தளைச் சுரையும் மாப்பலகையுஞ் சேர்ந்த நிறைக்கும் பாரத்தின் நிறைக்குமுள்ள விகிதத்துக்கு இந்த விகிதஞ் சமமாகும். இதனை வாய்ப்புப் பார்க்க.

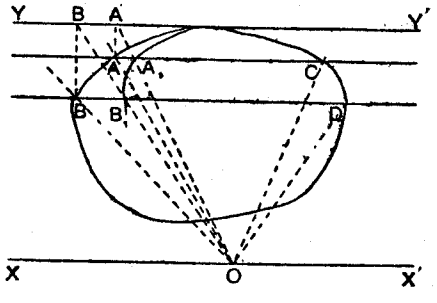
§ 5. வரைப்பட முறைப்படி கணித்தல்

எண்ணளவு முறைகளுக்குப் பேதமான சுத்த வரைப்பட முறைகளினுற் பெருந்தொகையான கணியங்களைத் துணியலாம். ஒரு பொருளின் சமநிலை நிபந்தனைகளை, அல்லது அதைச்சமநிலையில் வைத்திருப்பதற்கு வேண்டிய விசைகளை, இத்தகைய வரைப்பட முறைகளாலும் ஆராயக்கூடும். இவை தாம் **வரைப்பட நிலையியன்** முறைகளாம்.

எளிதான வரைப்பட அமைப்பினால் உடனே காணக்கூடிய ஒரு தன் மைத்தானவொரு தட்டைப் பொருளின் இரண்டு இயல்புகளாவன ஒரு தன்மைத்தானவொரு தட்டினது நிலையமும், அல்லது சடத்துவமும், எதுவேனுமோர் அச்சைப்பற்றி அந்தத் தட்டுக்குள்ள சடத்துவத் திருப்பு திறனின் பெறுமானமுமாம். ஒரு வளையினது குறுக்கு வெட்டுமுகத்தின் சடத்துவத் திருப்புதிறனைக் காண்பதற்கு மாத்திரம் பயன்பட்டால், பரப்புமா னியை உபயோகித்தலிற் பயன்றரும் அப்பியாசத்தைப் பெறுதற்கும் இந்த முறைகள் பயன்படுகின்றன.

ஒருதன்மைத்தானவொரு தட்டின் புவியீர்ப்பு மையத்தை அல்லது சடத்துவ மையத்தைத் துணிதற்குள்ள வரைப்பட முறைகள்

சமநிலைக்கோட்டு வடிவம் எதுவாயினுமாகவுள்ள வொருதட்டைப்பற்றிச் சிந்திப்போம். அதன் பக்கமொன்றிற் கோடு XX′ ஐயும், எதிர்ப்பக்கத்தின் மூனைப்புள்ளியில் வளைகோட்டுக்குத் தொடுகோடாகவும் முன்னதற்குச் சமாந் தரமாகவும் கோடு YY′ ஐயும் வரைக (42 ஆம் உருவம்). முதற் கோட்டிலுள்ள எதுவேனுமொரு புள்ளி O இலிருந்து பல திசைகளிலும்



உரு. 42.—புவியீர்ப்பு மையத்தைக் காண்பதற்குள்ள வரைப்பட முறை.

கதிர்வீச்சைப் போன்ற பல கோடுகளை வரைக. இந்தக் கதிர்வீச்சுக் கோடு களானவை, OA ஐயும் OC ஐயும் போன்ற சோடுகள் சமநிலைக்கோட் டைத் தொடக்கக் கோடு XOX^1 இலிருந்து சமதூரங்களில் வெட்டத் தக்கதாக, அவற்றை ஒழுங்குபடுத்துதல் வசதியாகவிருக்கும்.

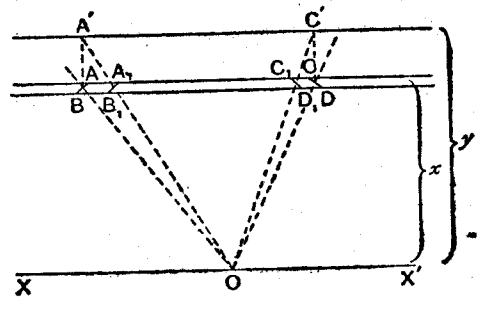
A, B, C ஆதிய வெட்டுப்புள்ளிகள் ஒவ்வொன்றுக்கும் ஊடாகவும் கோடு XOX′ இற்குச் சமாந்தரமாகவும் ஒரு கோட்டை வரைக. A, B, C ஆதிய புள்ளிகள் ஒவ்வொன்றிலுமிருந்து YY′ ஐ முறையே A′, B′, C′ ஆதிய புள்ளிகளிற சந்திக்குமாறு XOX′இற்குச் செங்குத்தாக ஒரு கோடு வரைக.

OA′, OB′, OC′ ஐத் தொடுக்க. இந்தக் கோடுகள் ஒவ்வொன்றும் அதனையொத்த சமாந்தரக் கோடுகளைப் புள்ளிகள் A_1, B_1, C_1 இல் முறையே வெட்டும். A_1, B_1, C_1 ஆதிய புள்ளிகள் எல்லாவற்றுக்கும் ஊடாகப் போகின்றவொரு வளைகோட்டை வரைந்து வந்த உருவத்தின் பரப்பையும் தொடக்கத்தட்டின் பரப்பையுங் காண்க.

$$h = \frac{A_1\,B_1\,C_1 \text{ ஆதியவாகிய உருவத்தின் பரப்பு}}{ABC \text{ ஆதியவாகிய தொடக்க உருவத்தின் பரப்பு}} \times$$ கோடுகள் XX′ இற்கும் YY′ இற்கும்இடையிலுள்ள செங்குத்துத்தூரம்

ஆக இருக்குமாறு XOX′ இலிருந்து தூரம் h இல் அந்தத் தட்டின் புவியீர்ப்பு மையம் இருக்கும்.

நிறுவல்.—AC உம் BD உம் ஆகிய சமாந்தரக் கோடுகளுக்கிடையே அடக்கப்பட்டுள்ள தொடக்க உருவத்தின் ஒரு சிறுபகுதியை நோக்குக. AC உம் BD உம் ஒன்றையொன்று எவ்வளவுக்கு அண்ணியிருக்கலாமோ அவ்வளவுக்கவை அண்ணியிருப்பதாகப் பாவித்துக்கொள்க.



உரு. 43. புவியீர்ப்பு மையத்தைக் காண்பதற்குள்ள வரைப்பட முறையின் நிறுவல்.

மேலே விளக்கப்பட்டுள்ளதுபோல அமைக்கப்பட்ட $A_1\,B_1\,C_1$ ஆதியவாகிய உருவத்தின் ஒத்த பரப்புக்கு அதே நிலைக்குத்துப் பரிமாணம் உண்டெனினும், விகிதம் x/y இனால் அதன் நீளஞ் சுருக்கப்படும்.

எனவே,
$$\frac{\text{பரப்பு ABCD}}{\text{பரப்பு } A_1B_1C_1D_1} = \frac{y}{x}$$

தொடக்க உருவம் ABCD இற்கு அச்சு XOX′ ஐப் பற்றியுள்ள திணிவுத்திருப்புதிறன்

ABCD × x இற்குச் சமமாதலின், அது

$A_1B_1C_1D_1 \times y$ இற்குச் சமம்.

இவ்வாறு, தொடக்க உருவத்தின் ஒடுக்கமான எதுவேனுமொரு மூலகம் ABCD இற்கு, XOX′ ஐப் பற்றியவதன் திணிவுத் திருப்புதிறனானது அமைக்கப்பட்ட உருவத்தின் ஒத்த மூலகத்தின் பரப்பையும், XOX′ இற்கும் YY^1 இற்குமுள்ள இடைத்தூரத்தையும் ஒன்றையொன்றுற் பெருக்க வரும் பெருக்கத்துக்குச் சமமாகும்.

இப்பொழுது, அச்சு XOX′ இலிருந்து தட்டின் புவியீர்ப்பு மையமானது தூரம் h இல் இருந்தால், தட்டின் முழுப்பரப்பையும் உயரம் h ஐயும் ஒன்றையொன்றுற் பெருக்க வரும் பெருக்கமானது A B C D போன்ற மூலகப் பரப்புக்களையும் அதே கோடு XOX′ இல் இருந்து உள்ள ஒத்த தூரங்களையும் (x) ஒன்றையொன்றுற் பெருக்க வரும் பெருக்கங்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாக இருக்கும்.

இவ்வாறு, தட்டின் பரப்பு × $h = \Sigma$ (ABCD × x).

இப்பொழுது, ABCD இன் பெறுமானம் × $x = A_1B_1C_1D_1 \times y$,

எனவே, Σ (ABCD × x) = $y \times \Sigma A_1B_1C_1D_1$,

$= y \times$ அமைக்கப்பட்ட உருவத்தின் பரப்பு

எனவே, தட்டின் பரப்பு × h = அமைக்கப்பட்ட உருவத்தின பரப்பு ×

ஆதலின், $h = \frac{\text{அமைக்கப்பட்ட உருவத்தின் பரப்பு}}{\text{தொடக்கத் தட்டின் பரப்பு } XX^1} \times$ XX′ இற்கும் YY′ இற்கும் உள்ள தூரம்.

உதாரணமாக, கோடு XOX′ இற்குச் செங்குத்தாக வேறோரடிக்கோட்டை எடுத்து, முன்னதை ஒத்தவாறு வரைந்து, அடிக்கோட்டிலிருந்துள்ள தூரம் h' ஐ அதே முறைப்படி காணலாமாதலினால், புவியீர்ப்பு மையத்தின் சரியான மையம் அறியக்கிடக்கின்றது.

எதுவேனுமொரு கோட்டைப் பற்றித் தட்டுச் சமச்சீரானதாக இருக்கும் போது சமச்சீரச்சிற் புவியீர்ப்பு மையம் இருத்தல் வேண்டுமென்பதற்குச் சந்தேகமில்லை. ஆதலின், புவியீர்ப்பு மையத்தைத் துணிதற்கு ஒரேயொரு வரைவு மாத்திரந்தேவையாகும்.

பரிசோதனை 36. புவியீர்ப்பு மையத்தை வரைப்பட முறைப்படி துணிதல்.—இருசமபக்க முக்கோணமொன்றை வரைக. அதனடியை XOX′ ஆகவெடுத்து, தேவையான பரப்புக்களைப் பரப்புமானியொன்று கொண்டளந்து, அந்த முக்கோணத்தின் புவியீர்ப்பு மையமானது அதனடியி

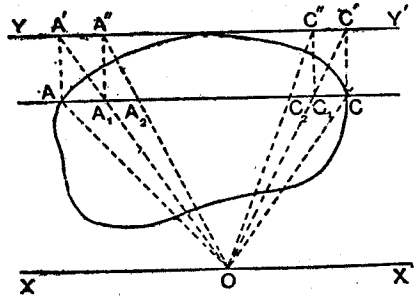
லிருந்து நுனிக்குப் போகும் வழியின் மூன்றிலொரு பாகம் முடியுமிடத்தில் இருக்கின்றதென்று காட்டுக. ஓரரைவிட்டத்தின் புவியீர்ப்பு மைய நிலையத்தையுங்காண்க.

ஒருதன்மைத்தானவொரு தட்டின் சடத்துவத் திருப்புதிறனை வரைப்பட முறைப்படி துணிதல்

(சடத்துவத் திருப்புதிறனின் வரைவிலக்கணத்தை 167ஆம் பக்கத்திற் காண்க).

இந்தத் துணிதலுக்கு வேண்டிய வரைவானது ஒரு தட்டின் புவியீர்ப்பு மைய நிலையத்தைத் துணிதற்கு வேண்டிய வரைவை ஒத்தது. (97ஆம் பக்கம்).

A_1, B_1, C_1 ஆதிய புள்ளிகளைக் கண்டதும், அவற்றிலிருந்து YY′ ஐ A″, B″, C″, ஆதியனவற்றிற் சந்திக்குங் கோடுகளை வரைக. A_1A'' ஆதிய கோடுகளை XOX′ இற்குச் செங்குத்தாக வரைக.



உரு. 44.—சடத்துவத் திருப்புதிறனைக் காண்பதற்குள்ள வரைப்படமுறை.

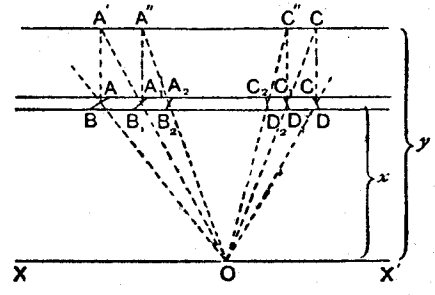
OA″, OB″ ஆதியனவற்றைத் தொடுக்க.

ஒத்த சமாந்தரக் கோடுகளை A_2, B_2, C_2, ஆதிய புள்ளிகளில் இந்தக் கோடுகள் வெட்டுகின்றன.

A_2, B_2, C_2, ஆதியவாகிய சமநிலைக் கோட்டை வரைந்து, பெற்ற உருவத்தின் பரப்பைக் காண்க.

அச்சு XOX′ ஐப் பற்றித் தட்டுக்குள்ள சடத்துவத்திருப்புதிறனது, இந்த உருவத்தின் பரப்பைக் கோடுகள் YY′ இற்கும் XX′ இற்கும் இடையிலுள்ள தூரத்தின் வர்க்கத்தாற் பெருக்க வரும் பெருக்கத்துக்குச் சமமாகும்.

நிறுவல்—ஒன்றுக்கொன்று மிகவுங் கிட்டிய இரண்டு சமாந்தரக் கோடுகளுக்கிடையில் அடங்கியுள்ள தொடக்கவுருவ மூலகப் பாகம் ABCD ஐச் சிந்தனைக்கு எடுத்துக்கொள்க.



உரு. 45. சடத்துவத் திருப்புதிறனைத் துணிதற்குள்ள வரைப்பட முறையின் நிறுவல்.

A_1C_1 இற்கு இடையிலுள்ள மூலகத்தின் நீளம்

$$AC \times \frac{x}{y} \quad \text{இற்குச் சமம்.}$$

A_2C_2 இற்கு இடையிலுள்ள மூலகத்தின் நீளம்

$$A_1C_1 \times \frac{x}{y} \quad \text{இற்குச் சமம்,}$$

எனவே,
$$\frac{A_2C_2}{AC} = \frac{x^2}{y^2}.$$

இந்த மூலகத்தின் பல்வேறு பாகங்களின் நிலைக்குத்துப் பரிமாணங்கள் மாறுதிருக்கின்றன. ஆகவே,

$$\frac{\text{தட்டின் மூலகப் பரப்பு}}{\text{வரையப்பட்ட உருவத்தின் ஒத்த மூலகப் பரப்பு}} = \frac{y^2}{x^2} = \frac{ABCD}{A_1B_1C_1D_1}.$$

முழுத்தட்டினதும் XOX′ ஐப் பற்றியுள்ள சடத்துவத் திருப்புதிறன் I ஆனது, ஒவ்வொரு மூலகத்தின் திணிவையும் அச்சு XOX′ இலிருந்து அதுவிருக்குந் தூரத்தின் வர்க்கத்தாற் பெருக்க வரும் பெருக்கங்களின் மொத்தமாகும். அதாவது,

$$I = \Sigma\, ABCD \times x^2.$$

ஆனால், $ABCD \times x^2 = A_2B_2C_2D_2 \times y^2$,

எனவே, $I = \Sigma\, ABCD \times x^2 = y^2 \times \Sigma\, A_2B_2C_2D_2$,

அல்லது, $I =$ வரையப்பட்ட உருவத்தின் பரப்பு $\times\, y^2$.

பரிசோதனை 37. வட்டமானவொரு தட்டின் சடத்துவத் திருப்புதிறனை வரைப்பட முறைப்படி துணிதல்.—ஒரரைவட்டத்தை வரைந்து அதன் விட்டத்தை அச்சு XOX′ ஆகக்கொள்க. அந்த விட்டத்தைப் பற்றி அந்த அரைவட்டத்துக்குள்ள திருப்புதிறனைக் காண்க. ஒரு விட்டத்தைப் பற்றி வட்டமானவொரு தட்டுக்குள்ள சடத்துவத் திருப்புதிறன் இதன் இருமடங்காகும். வட்டத்தின் ஆரை a ஆக இருக்க, இது $\frac{\pi a^4}{4}$ இற்குச் சமமென்று காட்டுக (ஆரையாக எடுப்பதற்குப் 10 ச.மீ. வசதியானவொரு நீளமாகும்).

பரிசோதனை 38. செவ்வகத் தட்டொன்றின் சடத்துவத் திருப்புதிறனை வரைப்பட முறைப்படி துணிதல்.—நீளம் b உம் அகலம் d உம் ஆகவுள்ளவொரு செவ்வகத்தை வரைக (10 ச.மீ. உம் 15 ச.மீ உம் வசதியான நீளங்கள்). அதன் நடுவிற் குறுக்கேயுள்ளவொரு கோட்டை அடிக்கோடு XOX′ ஆகக்கொண்டு, இந்தக் கோட்டைப்பற்றியுள்ள செவ்வகப் பாதியின் சடத்துவத் திருப்புதிறனைக் காண்க. முழுச் செவ்வகத்தின் நடுவுக்கூடாகவுள்ள ஓரச்சைப்பற்றி அதற்குள்ள சடத்துவத்திருப்புதிறன் இதனின் இருமடங்கென்பது வெளிப்படை. இது $bd^3/12$ இற்குச் சமமென்று காட்டுக.

அதே செவ்வகத்தின் நடுவுக்கூடாக, ஆனால் மற்றையிரண்டு பக்கங்களுக்குஞ் சமாந்தரமானவோர் அச்சைப் பற்றி, இவ்வாறு அதற்குச் செய்க.

மேற்கூறியவற்றுள் தட்டின் திணிவைப் பற்றி ஒன்றுங்கூறப்படவில்லை என்பது குறிக்கப்பட்ட வொன்றாகும். வளைகோடு தாளிற் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றது; தட்டின் பரப்பைப் பற்றி மாத்திரம் வரைதலமைப்புச் செய்யப்பட்டுள்ளது. பெறப்பட்ட பேறுனது வழக்கமாக கொடுக்கப்பட்ட அச்சைப் பற்றி **பரப்பின் சடத்துவத் திருப்புதிறன்** எனப்படும். எந்திரவியற் கருமங்களுக்குப் பொதுவாக வேண்டப்படும் கணியம் இதுவே. இஃதெவ்வாறாயினும், உண்மையானவொரு சடப்பொருளாலான தட்டின் சடத்துவத் திருப்புதிறனைக் காணவேண்டில், அதன் பரப்பின் சடத்துவத் திருப்புதிறனிலிருந்து பின்வருமாறு அதனைக்காணலாம் :—

மேற்பரப்படர்த்திப் பெறுமானம் ஒன்று ஆகவுள்ளதும் அதேவடிவமுள்ளதுமானவொரு தட்டின் சடத்துவத்திருப்புதிறனுக்குப் பரப்பின் திருப்புதிறன் எண்ணளவிற்சமமாகும். ஆதலின், மேற்கூறப்பட்டவிதமாக, வரைப்பட முறைப்படி பரப்பின் சடத்துவத் திருப்புதிறன் காணப்படுகின்றதாயின், **ஒப்பான வோரச்சைப் பற்றி அதே வடிவத்தையுடைய தட்டின் சடத்துவத் திருப்புதிறனைனது, இவ்வாறு பெற்ற பேற்றினால், தட்டின் மேற்பரப் படர்த்தியைப் பெருக்கியோ, அல்லது அதன்திணிவை, அதன் பரப்பினாற் பிரித்தோ காணலாம்.** இந்த விதமான பேறு மிகவும் அரிதாகவே தேவைப்படும்.

§ 6. வரைப்பட நிலையியல்

தரப்பட்டவொரு விசைத்தொகுதி ஒரு பொருளைத்தாக்க, அப்பொருள் சமநிலையில் இருக்கின்றதா அல்லவா என்பதைச் சுத்த வரைப்பட முறை வரைவினாற் சோதித்தறியலாம். இருவேறு விதமான இயக்கத்தை அவ்விசைகள் உண்டாக்கக்கூடும். அவையாவன (a) இடப் பெயர்ச்சியும் (b) சுழற்சியும். எத்திசையிலும் விளைவு விசை இல்லையாயின், இவற்றுள் முன்னது பூச்சியமாக இருக்கும்; அச்சு எதுவாயினும் அதைப்பற்றிய விளைவுத் திருப்புதிறன் இல்லையாயின் பின்னது பூச்சியமாக இருக்கும்.

இடப்பெயர்ச்சி இயக்கம் இல்லாதிருப்பதைச் சோதித்தறிதற்கு **வேண்டிய வரைப்பட** வரைவானது விசைப் பல்கோணத்தை வரைதலாகும். பல்கோணம் மூடப்பட்டால், எத்திசையிலும் விளைவுவிசை இல்லாதிருத்தலோடு இடப்பெயர்ச்சியியக்கமும் பொருளுக்கில்லை.

எதுவேனும் ஓரச்சைப் பற்றிய விளைவுத் திருப்புதிறன் பூச்சியமோ என்பதைச் சோதித்தறிதற்கு, வரைப்பட வரைவொன்றை எற்படுத்தக் கூடுமேயானால், விசைத்தொகுதி எதுவாயினும் அது ஒரு பொருளைத்தாக்க, அதன் சமநிலையைச் சோதித்தறிதற்குப் பூரணமானவொரு வரைப்பட முறையை உடையோமாவோம்.

பூச்சியத் திருப்புதிறனைச் சோதித்தறிதற்குள்ள வரைப்பட முறையை **இணைப்புப் பல்கோணம்** அல்லது **இழைப் பல்கோணம்** என்பர்.

இடப்பெயர்ச்சியை அல்லது சுழற்சியை உண்டாக்காதவாறு ஒரு பொருளைத் தாக்குகின்ற விசைத் தொகுதி யொன்றை **A, B, C, D, E** என்போம் (உருவம் 46). 47 ஆம் உருவத்தில் நிறைகோடுகளாற் காட்டப்பட்டுள்ள வடிவத்தை உடையவொரு மூடப்பட்ட பல்கோணமாக விசைப் பல்கோணமிருக்கும்.

ஒரு புள்ளி **O** ஐத் தெரிந்தெடுத்து, அதனிலிருந்து விசைப் பல்கோணத்தின் மூலைகள் ***ab***, ***bc***, ***cd*** ஆதியனவற்றுக்குக் கோடுகளை வரைக. **A** இனது தாக்கக்கோட்டிலுள்ளவொரு புள்ளி **P** இலிருந்து கோடு **O*ab*** இற்குச் சமாந்தரமாக **PQ** ஐ வரைக (46 ஆம் உருவம்).

B இன் தாக்கக் கோட்டை இது வெட்டுகின்ற இடமாகிய புள்ளி **Q** இல் தொடங்கிக் கோடு **QR** ஐ **O*bc*** இற்குச் சமாந்தரமாக **B** இலிருந்து **C** இற்கு வரைக. **O*cd*** இற்குச் சமாந்தரமாக **C** இலிருந்து **D** இற்கு **RS** ஐ வரைக. மேலும் இதுபோலச் செய்க. இவ்வாறு, **A, B, C, D, E** ஆகிய இந்த விசைகளின் தாக்கக் கோடுகளுக்கிடையில் வரையப்பட்ட புள்ளிக் கோடுகளினூற் காட்டப்படுகின்ற ஒருருவம் பெறப்படும். இதனை **இணைப்புப் பல்கோணம்** அல்லது **இழைப் பல்கோணம்** என்பர். அது மூடப்பட்டதாயின், பொருளைத்தாக்குகின்ற விசைகளுக்கு அப்பொருளின் மீது திருப்புதிறன்

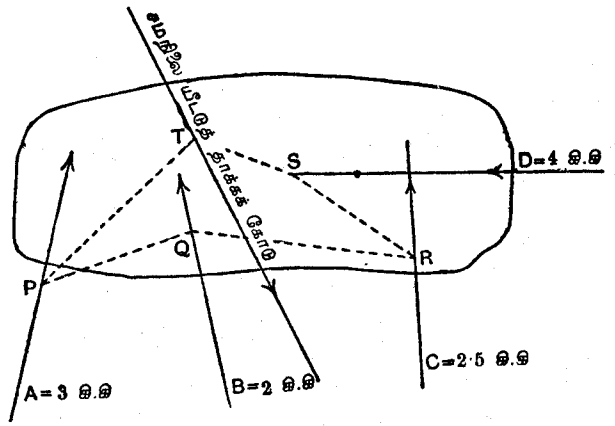
இல்லை. ஆதலின், சமநிலையில் ஒரு பொருள் இருத்தற்கு வேண்டிய நிபந்தனைகளைக் கூறுமிடத்து, எதுவாயினும் ஒருபொருள் **சமநிலையில் இருப்பதற்கு விசைப் பல்கோணமும் இணைப்புப் பல்கோணம் அல்லது இழைப்பல்கோணமும் மூடப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்** எனலாம்.

இந்தப் பல்கோணங்களை வரையும்போது அவை மூடப்படாவிடில், விசைப் பல்கோணத்தை மூடுகின்ற கோட்டை வரைதல் வேண்டும்; சமநிலையீடு செய்யும் விசையின் பருமனையுந் திசையையும் இது தருகின்றது. இழைப் பல்கோணத்தின் திறந்தவந்தங்களை அவை சந்திக்குமளவும் நீட்டி அந்த விசையின் தாக்கக்கோட்டைக் காணலாம். இந்தத்தாக்கக் கோட்டில் அந்தக் கோடுகள் ஒன்றையொன்று வெட்டுகின்ற புள்ளி கிடக்கின்றது. இதற்கு முன்னமே விசையின் திசையையும் பருமனையும் அறிந்துள்ளோம். ஆகவே, பொருளைச் சமநிலையில் வைத்திருத்தற்கு வேண்டிய விசை பூரணமாகத் துணியப்படுகின்றது.

ABC உம் **D** உம் அறியப்பட்டனவாகப் பாவிக்கப்பட்டு விளக்கப் படத்திலுள்ள (உருவம் 46) விசை **E** இன் பருமனுந் தாக்கக் கோடும் இந்த முறைப்படி காணப்பட்டன.

இழைப் பலகோணஞ் சம்பந்தமாகக் கூறப்பட்டுள்ள கூற்றுக்களின் நிறுவலையும், மேலுமதைப் பிரயோகித்தலையும் பற்றி அறிதற்குப் பிரயோக கணிதப் புத்தகங்களை உசாவுக.

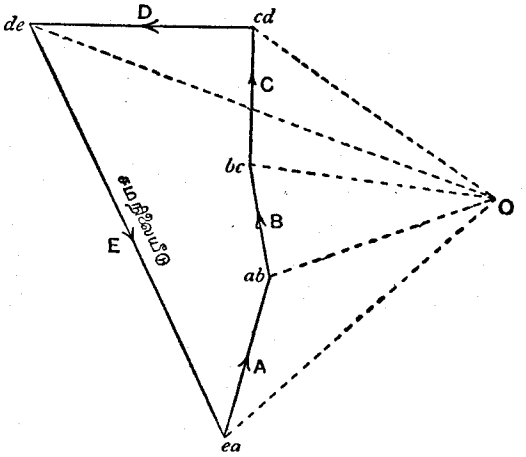
பரிசோதனை 39. விசைப் பல்கோணத்தையும் இணைப்புப் பல்கோணத்தையும் வரைதல்.—உலோகத்தினால் அல்லது கடதாசிமட்டையினால



உரு. 46.—இணைப்புப் பல்கோணம்.

லான இலேசானவொரு தட்டை, விசைப்பல்கோணத்தை வாய்ப்புப் பார்ப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட ஆய்கருவியில் தூக்குக. தூக்குதற்கு, வெவ்

வேறு திசைகளில் தொழிற் படத்தக்கவாறு நாலு கப்பிகளுக்கு மேலாக நாண்களை ஒழுங்குபடுத்தி, தட்டின் வெவ்வேறு புள்ளிகளில், மற்றையந்தங்களில் நிறைகளைத் தாங்குகின்ற அந்த நாண்களை உபயோகிக்க. வரைதற்றுளில் அல்லது வரைதற் பலகையில், பொருளைத் தாக்குகின்ற நாலு விசைகளுள் **மூன்றினது** திசைகளையும் பருமன்களையும் குறிக்கின்ற கோடுகளை வரைந்து, தட்டின் பிரதியொன்றை ஆக்குக.



உரு. 47. விசைப்பல்கோணம்

இந்த மூன்று விசைகளுக்கும் விசைப் பல்கோணத்தையும் இணைப்புப் பல்கோணத்தையும் வரைந்து, அவை தாக்கும் போது பொருளை ஒய்ந்திருக்கச் செய்வதற்கு வேண்டிய விசையின் தாக்கக் கோட்டையும் பருமனையுங் காண்க. உள்ளபடி அந்தத் தட்டைத் தாக்குகின்ற நாலாம் விசையின் பருமன் இது வென்பதையும், இந்த வரைப்பட வரைவினாற் பெற்ற தாக்கக் கோட்டொடு அதன் தாக்கக்கோடு பொருந்துகின்ற தென்பதையும் வாய்ப்புப் பார்க்க.

பரிசோதனை 40. ஒரு தட்டின் நிறையை வரைப்பட முறைப்படி துணிதல்.—வரைப்படமுறை நிலையியலில் மேலதிகமானவோர் அப்பியாசமாக வெவ்வேறு திசைகளில் தாக்குகின்றனவும் வெவ்வேறு புள்ளிகளிற் பிரயோகிக்கப்பட்டனவும் எனினும் ஒரே தளத்தில் உள்ளனவான மூன்று விசைகளைப் பெறுமாறு, மூன்று இழைகளினால் தாங்கப்படுகின்றவொரு பாரமான தட்டை உபயோகிக்கலாம். இந்த மூன்று விசைகளுந் தாக்க, அந்தத்தட்டைச் சமநிலையில் வைத்திருத்தற்கு அதனைத் தாக்கிக்கொண்டிருக்கவேண்டிய விசையைத் துணிக. தட்டின் நிறைக்கு இந்த விசை சமமாகும். தட்டின் புவியீர்ப்பு மையத்துக்கூடாகவும் நிலைக்குத்தாகவும் வரைப்பட முறைப்படி பெற்ற விசையின் தாக்கக்கோடு செல்லுதல் வேண்டும். தட்டின் புவியீர்ப்பு மையத்தைக் கண்டும் (96ஆம் பக்கம்) அதனை நிறுத்தும் இந்தப்பேறுகளை வாய்ப்புப் பார்க்க.

§ 7. உராய்வு

ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் இரண்டு பொருள்களுள் ஒன்றின் சார்பாக மற்றையதை அசையச்செய்ய முயலும்போதெல்லாம், அசைவை எதிர்க்கும் விசைகள் புகுத்தப்படுகின்றன. பொதுவாக, இத்தகைய விசைகளானவை, அவற்றினது இயல்பைப் பொறுத்தமட்டில் தம்முட் பெரிதும் வேறுபடினும், உராய்வு விசைகள் என்னும் தலைப்பின் கீழ் தொகுக்கப்படுகின்றன. பொதுவாக, பாகுநிலையைப் பற்றிய பரிசோதனைகளில் பாய்பொருளுராய்வு ஆராயப்படுகின்றது. இந்நூலின் எல்லைக்கிது அப்பாற்பட்டது.

திண்மவுராய்வு

இரண்டு பொருள்கள் ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்போது, பொதுவாக, அவற்றுக்கிடையிலுள்ள விசைகளை இரண்டு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். அவற்றின் பொதுச் செங்குத்துக் கோட்டின் திசையிலுள்ள கூறதனை இரண்டு பொருள்களுக்கும் இடையிலுள்ள **உதைப்பு** என்றும், செங்குத்துக் கோட்டுக்குச் செங்கோணமாகவுள்ள மற்றையதை **உராய்வு** என்றுங் கூறலாம். செங்குத்துக் கோட்டுக்குச் செங்கோணமாகவுள்ள திசையில் ஒரு பொருளை அசையச்செய்யும் இயல்புடையவொரு புற விசையை அதற்கு பிரயோகிக்கும்போது, வழுக்கிச் செல்லும் அசைவைத் தடுக்கும் இயல்புடைய உராய்வுவிசை வந்துறுகின்றது. சாரியக்கம் நிகழாதிருக்குமளவும், பிரயோகிக்கப்பட்ட விசையை மட்டுமட்டாக உராய்வு சமமாக்கு கின்றது. பிரயோகிக்கும் விசையைப் படிப்படியாகக்கூட்ட, வழுக்கிச் செல்லும் அசைவு தொடங்கும் நிலை வந்தெய்தும். அப்பொழுதுள்ள உராய்வு **எல்லையுராய்வு** எனப்படும்.

தரப்பட்டவோர் உதைப்பினுல் ஒன்றுடொன்று அழுத்தப்பட்டிருக்கின்ற திண்மமேற்பரப்புக்களுக் கிடையிலுள்ள எல்லையுராய்வானது, அளவுக்கதிகஞ் சிறுத்த பரப்பில் அளவுக்கதிகம் பருத்த விசையைப் பிரயோகித்தலினுல் அளவிடக்கூடிய அளவுக்கு அந்தமேற்பரப்புக்கள் உருவழியாதிருந்தால், தொடுபரப்பில் ஏறத்தாழ சாராதிருக்கின்றது.

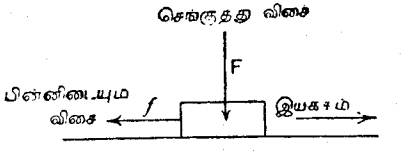
இயக்கம் நிகழுகையில் ஒன்றின் மேலாக மற்றையது வழுக்கிச் செல்லுகின்ற இரண்டு திண்மமேற்பரப்புக்களுக்கு இடையிலுள்ள உராய்வானது அந்தப் பரப்புக்கள் இரண்டினதுஞ் சார்வேகத்தில் ஏறத்தாழச் சாராதிருக்கின்றது.

ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கின்ற இரண்டு மேற்பரப்புக்களை நோக்குமிடத்து, அந்தப் பரப்புக்களின் இயல்பிலும் நிலைமையிலும் அவற்றை ஒன்றுடொன்று அழுத்துகின்ற விசையிலும் மாத்திரம் அவற்

றுக்கிடையிலுள்ள எல்லையுராய்வு தங்கியிருக்கின்றது. மேற்பரப்புக்கள் இரண்டையும் ஒன்றுடொன்றை அழுத்துகின்ற விசைக்கு எல்லையுராய்வு விகிதசமமாகும். இந்தத் தொடர்பிலிருந்து இரண்டு மேற்பரப்புக்களுக்கும் இடையிலுள்ள **உராய்வுக்குணகம்** எனப்படுங் கணியத்தைப் பெறுகின்றோம்.

உராய்வுக்குணகங்கள்

இரண்டு மேற்பரப்புக்களுக்கிடையிலுள்ள **உராய்வுக்குணகத்துக்கு, பரப்புக்கள் இரண்டையும் ஒன்றுடொன்றை அழுத்துகின்ற விசையினுல் உராய்வு விசையைப் பிரிக்கவரும் ஈவு** என்று வரைவிலக்கணங் கூறப்படும்.



உரு. 48. உராய்வு.

இவ்வாறு, உதைப்பு, அல்லது அவ்விரண்டு மேற்பரப்புக்களுக்குஞ் செங்குத்தாக அவற்றைத் தாக்குகின்ற விசை **F** ஆகவும், அவற்றின் சாரியக்கத்தைத் தடுக்கின்ற விசை **f** ஆகவும் இருந்தால், இரண்டு மேற்பரப்புக்களுக்கும் இடையிலுள்ள உராய்வுக் குணகம் **f/F** ஆகும். இதனை, வழக்கமாக, குறியீடு μ இனாற் குறிப்பர். எனவே,

$$\mu = \frac{f}{F}.$$

நிலையியலுராய்வும் இயக்கவியலுராய்வும் (இயக்கப் பண்புராய்வும்)

இரண்டு மேற்பரப்புக்கள் இயங்கத் தொடங்கியதும், ஒன்றுக்கு மேலொன்றாக அவற்றை இயங்கச்செய்வதற்கு வேண்டிய விசையிலும் பார்க்கத் தரப்பட்ட விசையொன்றினுல் அம்மேற்பரப்புக்களை ஒன்றுகச் சேர்த்து அழுத்தும்போது ஒன்றுக்கு மேலொன்று நழுவச் செய்யத்தொடக்குதற்கு வேண்டிய விசை பெரிதாகவிருக்கும். இவ்வாறு, பரப்பு முகங்களுக்குச் செங்குத்தாகவுள்ள தரப்பட்ட விசையொன்றுக்கு இரண்டு உராய்வு விசைகள் உள்ளன. இவற்றுள், இயக்கத்தைத் தொடக்குதற்கு உரிய வேண்டியவிசைக்குச் சமமாக இருக்கின்ற விசையை **நிலையியலுராய்வு விசை,** அல்லது **ஒய்ந்திருக்கும்போது இரண்டு மேற்பரப்புக்களும் ஒன்றிலொன்று உரிய விசை,** எனப்படும். **இயக்கந் தொடங்கியதும் மேற்பரப்புக்களானவை ஒன்றின் மீதொன்று உறுதியாக இயங்கிச் சென்றுகொண்டிருக்கச் செய்வதற்கு வேண்டிய விசைக்குச்** சமமான மற்றை விசையை

இயக்கவியலுராய்வு விசை என்பர். இந்த இரண்டு விசைகளையுமொத்த இரண்டு உராய்வுக் குணகங்கள் உள்ளன. இயக்கவியற் (அல்லது இயக்கப் பண்புக்) குணகத்திலும் நிலையியலுராய்வுக் குணகம் எப்பொழுதும் பெரிதாக இருக்கும்.

பரிசோதனை. 41. இடையானவொரு மேசைக்குமேலாக ஒரு குற்றியை இயங்கச் செய்து உராய்வுக்குணகங்களைத் துணிதல்.—இடையாக மேற்பரப்புக் கிடக்குமாறு மேசையைச் செப்பஞ்செய்து, அறிந்த நிறையையுடையவொரு மரக்குற்றியை, அல்லது உலோகக் குற்றியை, அதன்மேல் வைக்க. குற்றியின் பக்கத்திலேயுள்ளவொரு கொளுக்கியோடு நாணொன்றைத் தொடுத்து, நாணின் இந்தப் பக்கங் கிடையாகக் கிடக்குமாறு செப்பஞ் செய்யப்பட்டவொரு கப்பிக்கு மேலாக நாணைச் செலுத்தக. நாணினது கட்டின்றியிருக்கும் அந்தத்தோடு பல நிறைகளை வைக்கக்கூடிய தராசுத்தட்டொன்றைத் தொடுக்க.

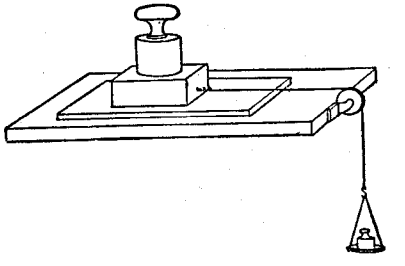
(i) நிலையியலுராய்வுக் குணகத்தைத் துணிதல்.—குற்றிமீது அறிந்த பாரத்தை வைத்து மட்டுமட்டாக அது அசையத் தொடங்குமட்டுந் தராசுத் தட்டில் நிறைகளை வைத்து அவற்றைச் செப்பஞ் செய்க. குற்றியை அசையச் செய்வதற்கு வேண்டிய விசைக்கும் மேற்பரப்புக்கள் இரண்டையும் ஒன்றொடொன்றை அழுத்துகின்ற விசைக்குமுள்ள விகிதத்தைக் காண்க. உபயோகிக்கப்பட்ட மேற்பரப்புச் சோட்டுக்கு நிலையியற் குணகம் இந்த விகிதமாகும். குற்றிமீது பல்வேறு நிறைகளை வைத்து இவ்வாறு மீட்டும் மீட்டுஞ் செய்து, அவ்விகிதம் எறத்தாழ மாறுதிருக்கிறதென்பதைக் காட்டுக.

தராசுத் தட்டின் நிறையை அதன்மீது பிரயோகிக்கப்பட்ட f என்னும் விசையிலோடு சேர்த்தல் வேண்டும். குற்றியின் நிறையை, இரண்டு மேற்பரப்புக்களையும் ஒன்றிலொடொன்றை அழுத்துகின்ற $\mathbf{F}$ என்னும் விசையிலோடு சேர்த்தல் வேண்டும்.

அட்டவணை வடிவமாக, $\mathbf{F}$, f, μ இம்மூன்றையுந் தருமாறு, நோக்கற் பேறுகளைப் பதிக.

(ii) இயக்கவியலுராய்வுக் குணகத்தைத் துணிதல்.—குற்றியின்மீது நிறைகளைவைத்து, மெல்ல அதை அசையத் தொடக்கிவிட **வேகவளர்ச்சியின்றிக்** குற்றி ஓயாதசைந்து கொண்டிருக்குமளவும், தராசுத்தட்டில் நிறைகளைச் செப்பஞ் செய்க. குற்றியை அசைந்துகொண்டிருக்கச் செய்வதற்கு வேண்டிய விசைக்கும், மேற்பரப்பு இரண்டையும் ஒன்றிலொடொன்றை அழுத்துகின்ற விசைக்கு முள்ள விகிதத்தைக் காண்க. உபயோகிக்கப்பட்ட மேற்பரப்புக்கள் இரண்டுக்கு முள்ள இயக்கவியலுராய்வுக் குணகமாகும் இந்த விகிதம். குற்றிமீது பல்வேறு நிறைகளை வைத்து, இந்த விகிதம் அண்ணளவாக ஒரு மாறிலியானலும், இதற்குமுன் நாம் பெற்ற நிலையியலுராய்வுக் குணகத்திலுஞ் சிறிதாகவிருக்குமென்று காட்டுக. இயக்கவியலுராய்வுக் குணகத்தின் சராசரிப் பெறுமானத்தைக் காண்க. நிலையியலுராய்வுக் குணகத்தைக் காணும்போது செய்தவாறு இங்கும் பேறுகளைப் பதிக.

பித்தளை அல்லது நாகத்தினாலானவொரு தட்டைத் தட்டினால் மேசையை மூடி வெவ்வேறு திரவியத்தினாலான குற்றிகளை உபயோகித்து, பல்வேறு மேற்பரப்புச் சோடிகளுக்குள்ள உராய்வுக் குணகத்தைத் துணியலாம். குணகப்



உருவம் 49. உராய்வுக் குணகத்தைத் தீர்மானித்தல்

பெறுமானங்களில் ஓரளவுக்குப் பெரிதான வித்தியாசங்களைத்தரக்கூடிய தெரிவு பின்வருமாறு : (*a*) இரேகையின் திசையிலும், (*b*) இரேகைக்குக் குறுக்கேயும் மரத்தின்மீது மரம், நாகத்தின்மீது நாகம் அல்லது பித்தளையின்மீது பித்தளை, பித்தளையின்மீது மரம் அல்லது நாகத்தின்மீது மரம்.

எங்களும் ஒப்பஞ்செய்யப்பெற்ற ஒரு சீரான நிலையில் எதுவேனுமொரு தட்டு இருத்தலானது ஏற்ற பேறுகளைப் பெறுதற்கு இன்றியமையாதது. இப்படியிராவிட்டால், கீழுள்ள மேற்பரப்பின் அசைக்கப்பட்ட பாகம் எப்பொழுதும் ஒன்றேயாகவிருக்கப் பரிசோதனையைச் செய்தல் வேண்டும். நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்கின்ற மேற்பரப்பில் ஒரு கோட்டைக் குறித்து, எப்பொழுதும் அந்தக் கோட்டிலேயே இருந்து குற்றியை அசைத்தொடக்கி இவ்வாறு செய்யலாம்.

தரப்பட்ட இரண்டு மேற்பரப்புக்களோடு செய்யப்படும் பரிசோதனைகள் எல்லாவற்றிலும் அந்த மேற்பரப்புக்கள் ஒரே நிலைமையில் இருத்தல் வேண்டுமென்பதும் இன்றியமையாதவொன்றாகும். விசையைப் பிரயோகிக்கமுன்னர் மேற்பரப்புக்களை, ஒன்றிலொடொன்றை அழுத்தினால், ஓரளவுக்கு உராய்வுக் குணகம் மாற்றப்படும். மேற்பரப்புக்கள்மீது ஈரப்பற்றுப் படியுமாயின் குணகம் முற்றாக மாறும்.

ஒரு சாய்தளத்தின்மீது எல்லைச்சமநிலை

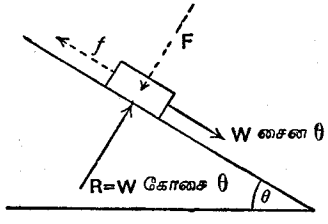
சாய்தளம் ஒன்றின்மீது ஒரு பொருள் ஓய்ந்திருக்கும்போது, தளம் நெடுக அந்தப் பொருள் மட்டுமட்டாகக் கீழ்நோக்கி வழுக்குமட்டும், அந்தத் தளத்துக்கும் கிடைத்தளத்துக்கும் இடையிலுள்ள கோணம் θ ஐக் கூட்டினால், உராய்வு விசை தன்னெல்லைப் பெறுமானத்தை எடுக்கின்றது. நிலையியற் சாய்தளத்தில் நிகழ்வதுபோல (85 ஆம் பக்கம்), உராய்வில்லாதிருக்கக் குற்றியை ஓய்வுநிலையில் வைத்திருப்பதற்கு வேண்டிய **விசை**

P இற்குப் பொருளைச் சாய்தளம் நெடுகக் கீழ்நோக்கி இழுக்கின்ற விசை சமமாகும். மேற்பரப்புக்கள் இரண்டையும் ஒன்றோடொன்றை அழுத்துகின்ற விசையானது தளத்தின் எதிர்த்தாக்கம் R இறகுச் சமமாக இருக்கும். ஆதலால், உராய்வுக் குணகம் μ ஆனது P/R ஆகும்.

$$P = W \text{ சைன் } \theta,\ R = W \text{ கோசை } \theta.$$

ஆதலால், $$\mu = \frac{P}{R} = \frac{W \text{ சைன் } \theta}{W \text{ கோசை } \theta} = \text{தான் } \theta.$$

பரிசோதனை 42. சாய்தளமொன்று கொண்டு உராய்வுக் குணகங்களைத் துணிதல்.—சாய்தளம் ஒன்றின் மீது ஒரு குற்றியை வைத்து, தளத்தின் சாய்வைப் படிப்படியாகக் கூட்டுக. நியதியானவொரு சாய்வு வந்துற்றதும் குற்றி வழுக்கும். அப்போழுதுள்ள சாய்வுக் கோணத்தைக் குறித்துக் கொள்க.



உரு. 50.—சாய்தளத்தின்மீது உராய்வு

குற்றியின் மீது நிறைகளை வைத்துத் தளத்தை மேலும் உயர்த்துக. இப்பொழுது குற்றிவழுக்கும்போதுள்ள சாய்வுக்கோணம் ஏறக்குறைய முன்னிருந்த கோணமாகவே இருக்கும். இந்தக் கோணத்தை θ_1 என்போம்.

பரிசோதனையை மீட்டும் செய்து, அசைவை மெல்லத் தொடக்கிவிடத் தளம் நெடுகக் குற்றி கீழ்நோக்கி மட்டுமட்டாக ஓயாது வழுக்கும் போதுள்ள சாய்வைக் காண்க. பாரமின்றியும் பாரத்துடனும் குற்றியிருக்க, இவ்வாறு செய்து இரு முறையுஞ் சாய்வு ஒன்றே யென்று காட்டுக. இந்தச் சாய்வை θ_2 என்போம். இந்தவிடத்து வேண்டிய சாய்வானது தானாகக் குற்றி அசையத் தொடங்குதற்கு வேண்டிய சாய்வளவு பெரிதன்று.

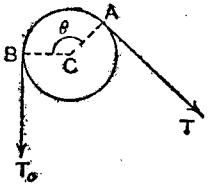
நிலையியலுராய்வுக்குணகம் தான் θ_1 உம், இயக்கவியலுராய்வுக்குணகம் தான் θ_2 உம் ஆகவிருக்கும்.

வெவ்வேறு திரவியங்களினால் தளத்தை முகமறைத்து, வெவ்வேறு குற்றிகளை உபயோகித்தலினால், பல்வேறு மேற்பரப்புச் சோடுகளுக்குள்ள உராய்வுக் குணகங்களை முன்போலச் செய்து காண்க.

நிலைத்த கப்பியொன்றின் மேலாகச் செல்லுகின்றவொரு கயிற்றின் உராய்வுக் குணகம்

நிலைத்தவோர் உருளைக்கு மேலாக ஒரு வார் அல்லது கயிறு ஈர்க்கப்பட்டிருக்கும்போது, ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் மேற்பரப்புக்களுக்கிடையிலுள்ள உராய்வினால் இரண்டு பக்கங்களிலும் வெவ்வேறான இழுவிசைகளிருக்கச் சமநிலைவந்தெய்தக்கூடும்.

51 ஆம் உருவத்திலுள்ள இழையானது, இழுவிசை T_0 இலும் அழுவிசை T பெரிதாகவிருக்க, B இலிருந்து A ஐ நோக்கி வழுக்கத் தொடங்கும் நிலையில் இருக்கின்றதென்று பாவித்துக் கொள்க.



உரு. 51.

அப்பொழுது,

$$T = T_0 e^{\mu\theta},$$

என்று கொள்கை முறைப்படி காட்டலாம். இங்கே உராய்வுக் குணகமாக μ உம், கோணம் ACB கப்பிக்கு மேலாகக் கயிறு (51 ஆம் உருவம்) ஆக θ உம், $e = 2.71828\ldots\ldots$ ஆகவும் இருக்கின்றன. e ஆனது **நேப்பியரின்** அல்லது அதிபரவளைவு மடக்கையின் முதலாக இருக்கின்றது. அதனைப் பின்வருந் தொடர் குறிக்கும்:

$$e = 1 + \frac{1}{1} + \frac{1}{1.2} + \frac{1}{1.2.3} + \frac{1}{1.2.3.4} + \ldots\ldots\ldots$$

$T = T_0 e^{\mu\theta}$ ஆகிய சமன்பாட்டின் இருபக்கங்களுக்கும் e ஐ முதலாகவுள்ள மடக்கைகளை எடுக்க வருவது—

$$\text{மட}_e T = \text{மட}_e T_0 + \text{மட}_e e^{\mu\theta},$$

$$\text{மட}_e T - \text{மட}_e T_0 = \mu\theta.$$

கணித்தற் பொருட்டு 10 ஐ முதலாகவுள்ள மடக்கைகளாக மாற்ற வருவது

$$(\text{மட}_{10} T - \text{மட}_{10} T_0)\ \text{மட}_e 10 = \mu\theta$$

$\text{மட}_e 10$ இன் பெறுமானம் 2·30258...., அல்லது இப்பொழுது எமக்குள்ள நோக்கத்துக்குப் போதுமான திருத்தமுடையதான 2·3 ஆகும்.

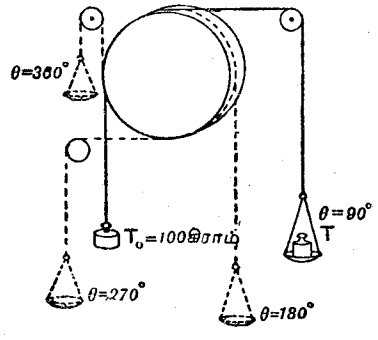
ஆகவே, உராய்வுக் குணகத்தை

$$\mu = \frac{\text{மட}_{10} T - \text{மட}_{10} T_0}{\theta} \times \ldots$$

தருகின்றது. இங்கே, ஆரையனில் அளக்கப்பட்டதாக θ இருக்கின்றது.

பரிசோதனை 43. ஒரு கப்பிக்கும் ஒரு கயிற்றுக்கும் இடையிலுள்ள உராய்வுக் குணகத்தைத் துணிதல்.—இந்தப் பேறுகளை எடுத்துக் காட்டுதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்ற ஆய்கருவியானது அதன் மேற்பரப்பின் மீது ஓரிழை அல்லதொரு வார் ஈர்க்கப்பட்டுள்ளவோர் உலோகவுருளையாகும். இழையினது அந்தங்களில் நிறைகளைத் தொடுத்து இழுவிசைகள் பிரயோகிக்கப்படும். ஓரந்தத்தில் அறிந்தவொரு நிறையை (இது 100 கிராமாக

இருக்கலாம்) உபயோகித்து மற்றையந்தத்தில் உளள பாரத்தைத் தராசுத் தட்டொன்றில் நிறைகளை வைத்துச் செப்பஞ்செய்தல் வசதியாக இருக்கும். இந்தத் தராசுத்தட்டின் நிறையையுஞ் சேர்த்துக் கொள்ளுதல் வேண்டும். சில வேளைகளில் தொங்குகின்ற இழையின் நிறையையுஞ் சேர்த்துக்கொள்ள வேண்டியிருக்கும்.



உரு. 52. கயிற்றுக்குங் கப்பிக்கும் இடையிலுள்ள உராய்வு.

இழைக்கும் உருளைக்குமுள்ள 'தொடு கோணத்தை', விரும்பியவாறு இழையைச் செப்பஞ் செய்யத்தக்க உராய்வு நிலைத்தவொரு சிறு கப்பிக்கு மேலாக அதைச் செலுத்தி, மாற்றிக்கொள்ளலாம் (52 ஆம் உருவம்). இந்தக் கப்பியின் உராய்வைப் புறக்கணிக்கலாம்.

90°, 180°, 270°, 360°, 450°, 540° ஆகியனவற்றை, உதாரணமாக, ஒத்த சம பிரிவுகளாக உருளையின் பரிதியைப் பிரித்து அடையாளம் இட்டுக்கொள்ளலாம். தொடுவில்லானது இந்தக் கோணங்களுள் ஒன்றை ஒத்திருக்குமாறு உருளையை இழையினூற் சுற்றலாம்.

குறித்தவொரு கோணத்தில் உருளையின் மேலாக இழையை மட்டுமட்டாக அசையத் தொடக்குதற்கு எவ்வளவு நிறையைத் தராசுத்தட்டில் வைத்தல் வேண்டுமென்று காண்க.

பின்வருமாறு பேறுகளை அட்டவணைப்படுத்துக :

கோணம்	இழுவிசை T	மட$_{10}$ T	$2{\cdot}3\,\frac{\text{மட}_{10}\,T - \text{மட}_{10}\,T_0}{\theta}$
90°			
180°			
270°			
இன்னுமன்ன			

ஈற்று நிரலிலுள்ள எண்கள் மாறுதிருத்தல் வேண்டும்

இந்தப் பேறுகளைக் குறித்து, வளைகோடுகள் இரண்டு வரைக.

(1) கோணத்தின் பெறுமானத்தைக் கிடைத்தூரமாகவும் அதற்கெதிரே $T - T_0$ இன் பெறுமானத்தை நிலைத்தூரமாகவுங் குறிக்க. கூட்டுவட்டிக்குக் கொடுத்த ஒரு தொகைப் பணங் கூடிக்கொண்டு போவதுபோல, கோணங் கூடக்கூட இழுவிசையுங் கூடிக்கொண்டு போகுமென்பதை இது எடுத்துக் காட்டுகின்றது.

செய்முறைப் பௌதிகவியல், கொள்கைமுறைப்பௌதிகவியல் இரண்டுக்கும் இந்த வளைகோட்டின் முக்கியம் அற்பமன்று. உதாரணமாக, தணிக்கப்பட்ட அலகுளுக்கு, அல்லது **நியூற்றனின்** குளிரல் விதிக்கு (441 ஆம் பக்கம்) சரியிதே வடிவமான வளைகோடானது பெற்ற சில பேறுகளை வெளிப்படுத்திக் கூறப் பயன்படுத்தப்படும்.

(2) கிடைத்தூரமாகக் கோணத்தின் பெறுமானத்தைக் குறித்து, அதற்கெதிரே மட$_{10}$ T — மட$_{10}$ T_0 இன் பெறுமானத்தை நிலைத்தூரமாகக் குறிக்க. ஒருபடிக்குரியதாகப் படம் இருத்தல் வேண்டும்.

விசை, வேலை, வலு என்பவற்றின் அலகுகளைப் பற்றிய குறிப்புக்கள்

விசை

விசையை ஈர்ப்பலகுகளில், அன்றேல் தனி (இயக்க விசையியல்) அலகுகளில் அளக்கலாம்.

ஒரு கிராம் திணிவின் மீது புவி உளுற்றுகின்ற கவர்ச்சி விசையை, அல்லது **ஒரு கிராம் நிறையை, ஈர்ப்பு விசையலகு என்பர்.**

ஒரு செக்கனிற் செக்கன் ஒன்றுக்கு 1 ச.மீ., அல்லது 1 ச.மீ. செக்.$^{-2}$ வேகவளர்ச்சியை, ஒரு கிராம் திணிவைத் தாக்கி, உண்டாக்குகின்ற விசையை **இயக்க விசையியல் விசையலகு** என்பர் (viii ஆம் அதிகாரம், 150 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க). இந்த **ச.கி.செ.** விசையலகைத் **தைன்** என்பர்.

ஒரு செக்கனிற் செக்கன் ஒன்றுக்கு இத்தனை ச.மீ. என்று புவிக் கவர்ச்சி உண்டாக்குகின்ற வேகவளர்ச்சியை g குறிக்குமாயின், 1 கிராம் நிறை = g தைன் ஆகும்.

மீ. கி. செ. தொகுதியில் விசையலகு 1 **நியூற்றன்** (10^5 தைன்) ஆகும்.

வேலை

தாக்குகின்ற விசையையும், விசையின் திசையிற் பிரயோகப் புள்ளி அசைந்து செல்லுகின்ற தூரத்தையும் ஒன்றையொன்றுற் பெருக்கவரும் பெருக்கத்தைக் கொண்டு வேலை அளக்கப்படுகின்றது.

ஒரு கிராம் திணிவை ஒரு சதம மீற்றர் நிலைக்குத்துயரத்துக்கு உயர்த்துதலிற் செய்யப்படுகின்ற வேலையை **ஈர்ப்பு வேலையலகு** என்பர். அது 1 **கி.–ச.மீ.** எனப்படும்.

ஒரு சதம மீற்றருக்கு, ஒரு தைன் விசை தனது பிரயோகப் புள்ளியை இயக்கிச் செலுத்தும்போது செய்கின்ற வேலையை இயக்கவிசையியல் **வேலையலகு** என்பர். 1 தைன்—ச.மீ. ஐ 1 **ஏக்கு** என்பர்.

மீ. கி. செ. தொகுதியில், **சூல்** எனப்படும் இதனிலும் பெரியவோரலகு உபயோகிக்கப்படுகின்றது. சூல் என்பது 1 நியூற்றன்—மீற்றர் ஆகும். 1 சூல் = 100 இலட்சம் எக்கு = 10^7 எக்கு.

வலு அல்லது தொழிற்பாடு

வேலை செய்யும் வீதம் வலு எனப்படும்.

ஒரு செக்கனுக்கு 1 கி.—ச.மீ. ஐ ஈர்ப்புவிசை வலுவலகு என்பர்.

ஒரு செக்கனுக்கு ஒரு ஏக்கை இயக்க விசையியல்வலுவலகு என்பர்.

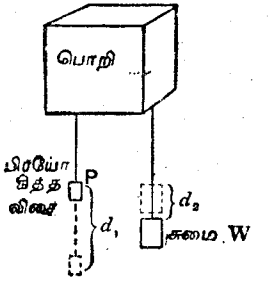
மீ. கி. செ. அலகு கூடிய இசைவுடையது. அது **ஒரு செக்கனுக்கு 1 சூல், அல்லது 1 உவாற்று** ஆகும்.

அதிகாரம் VI

பொறிகள்

§ 1. வினைத்திறன், விசை விகிதம், வேக விகிதம

வழங்கப்பட்ட பொறிமுறைச் சத்தியின் பேறுக வேலையைச் செய்யக் கூடிய கருவி எதுவும் பொறி எனப்படும். பொறிமுறைச் சத்தி அல்லாத வேறு சத்தி வழங்கலின் விளைவாக வேலை செய்யப்படும்போது "எந்திரம்" என்னும் பதம் உபயோகிக்கப்படும். பிரயோசனமான வேலையைச் செய்கின்ற பொறிகளை அல்லது "பொறியமைப்பை"ப் பற்றி மாத்திரம் ஈண்டுச் சிந்திப்போம்.



உரு. 53. பொறித்தத்துவம்.

வினைத்திறன்

பொறி எவ்விதமானதாயினும், அதற்கு வழங்கப்பட்ட சத்தியின் ஒரு பாகம் மாத்திரம் உண்மையில் பிரயோசனமான வேலையிற் தொழிற்படுகின்றது. பொறியின் "வினைத்திறன்" கூடக்கூடப் பிரயோசனமாகத் தொழிற்படுகின்ற சத்திப் பாகமும் கூடிக்கொண்டு போகும். ஆதலால், **வழங்கப்பட்ட மொத்தச் சத்திக்குஞ் செய்யப்பட்ட பிரயோசனமான வேலைக்குமுள்ள விகிதமானது பொறியின் வினைத்திறன்** எனப்படும். எனவே,

$$\text{வினைத்திறன்} = \frac{\text{செய்யப்பட்ட பிரயோசனமான வேலை.}}{\text{வழங்கப்பட்ட சத்தி}}$$

வழங்கப்பட்ட சத்தி முழுதையும் ஒரு **நிறைபொறி** பயன்படுத்தும். எனவே, **நிறைபொறி ஒன்றின் வினைத்திறனை ஒன்று என்பர்.**

எந்த விதமான பொறியிலும், அதனில் உளுற்றப்பட்டுத் தூரம் d_1 இற்குத் தொழிற்படுகின்றவொரு விசை P ஆனது சத்தியை அதற்கு வழங்குகின்றது. அப்பொழுது, தூரம் d_2 இற்கு ஒரு விசை W ஐ உளுற்றி அந்தப் பொறி வேலையைச் செய்கின்றது (53 ஆம் உருவம்). நிலைக்குத்துத் தூரம் d_2 இற்குப் பாரத்தை உயர்த்துதலில் விசை W உபயோகிக்கப்படுகின்றதென்று பாவித்தல் இசைவுடைத்து.

பிரயோகவிசை P ஆனது தூரம் d_1 செல்லும்போது, பொறியிற் பிரயோகித்த சத்தி Pd_1 ஆகும். அதே நேரத்திற் பிரயோசனமாக செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணியம் Wd_2 தருகின்றது.

இவ்வாறு, பொறியின் வினைத்திறன்

$$\epsilon = \frac{Wd_2}{Pd_1}$$ தருகின்றது.

பொறிமுறை நயம் அல்லது விசை விகிதம்

ஒப்பீடாகச் சிறியவொரு விசை P ஐப் பிரயோகித்து அதினிலும் பெரிதான பருமனையுடையவொரு பாரம் W ஐ மேற்கொள்ளக் கூடியதாகப் பொறி பொதுவாக அமைக்கப்படுகின்றது.

பொறியினால் மேற்கொள்ளப்பட்ட பாரம் / பொறிமீது பிரயோகிக்கப்பட்ட விசை — ஆகிய விகிதத்தை, வழக்கமாக **விசைநயத்தை** அது குறிக்கின்றதாதலின், **பொறிமுறை நயம்** என்பர்.

என்றாலும், எப்பொழுதும் இப்படி நிகழ்வதில்லை. சிறியவொரு பாரம் W ஐச் சிறிதன்றான தூரத்துக்கு உயர்த்துதற்குச் சிறியவொரு தூரத்துக்குத் தொழிற்படுகின்ற மிகவும் பெரியவொரு விசை P ஐ உபயோகிக்கலாம். இந்தவிடத்து W/P விகிதம் ஒன்றிலுங் குறைந்ததாக இருக்கும்.

இதைப்போன்ற வகைகளில், பொறிமுறை நயம் என்னும் பதத்தைத் தவறாக உபயோகித்தலைத் தவிர்த்தற்கு, இதனிலும் பொதுவானதும் **எல்லா** வகைகளுக்கும் ஏற்றதுமான **விசைவிகிதம்** என்னும் பதமானது விகிதம் W/P ஐச் சுட்டுதற்குச் சிலவேளைகளில் உபயோகிக்கப்படும்.

விசை விகிதம், அல்லது பொறிமுறை நயம் = மேற்கொள்ளப்பட்ட பாரம் / பொறிமீது பிரயோகிக்கப்பட்ட விசை

வேக விகிதம்

பிரயோகவிசை செல்லுகின்ற தூரமும் பாரஞ் செல்லுகின்ற தூரமும் எப்பொழுதும் ஒன்றுக்கொன்று சமமல்ல. **நிறை பொறியாகப் பொறியிருந்தால்,** $Wd_2 = Pd_1$ ஆகவிருக்கும். எனவே, **ஒரு நிறைபொறிக்கு**

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{W}{P}$$ ஆகும்.

என்றாலும், இந்த இலட்சியம் ஒருபோதும் வந்தெய்தாதிருக்க, **எப்பொழுதும்**

$$Wd_2 < Pd_1,$$

$$\frac{W}{P} < \frac{d_1}{d_2}.$$

பொதுவாக, பொறியமைப்பை ஆராய்ந்து, அல்லது அதனுறுப்புக்களை அளந்து, தூரங்கள் d_1 ஐயும் d_2 ஐயும் பெறலாம். உறுப்புக்கள் அடைக்கப்பட்டிருந்தாலும், தரப்பட்டவொரு தூரம் d_1 ஐ ஒத்த தூரம் d_2 ஐ அளக்கலாம், நேராகப் பார்த்து, அல்லது உண்மையாக அளந்து d_1/d_2 ஐத் துணியலாம்.

விகிதம் d_1/d_2 ஆனது ஒரே காலத்திற் பிரயோக விசையும் பாரமுஞ் செல்லுகின்ற தூரங்களின் விகிதமாகும். ஆதலினால், பிரயோகவிசை பாரம் இரண்டினதும் **வேகங்களின்** விகிதமும் அதுவும் ஒன்றேயென்க.

செய்யப்பட்ட உண்மையான வேலையிலும் **வேலைசெய்யும் வீதம்** எந்திரிக்கு முக்கியமானவொரு கருத்தாகும். ஆதலின், **இயக்க வீதம்** ஆனது உள்ளபடி கடக்கப்பட்ட தூரத்திலும் எந்திரவியற் கருத்துக்களுக்குக் கூடிய உடன்பாடுடையதாகும். தூரங்களின் விகிதசமமே வேகங்களுக்கும் உண்டாதலின், அவற்றினது விகிதத்துக்கு **வேகவிகிதம்** என்னும் பதம் வழங்கப்படுகின்றது. அதாவது—

$$\text{வேகவிகிதம்} = \frac{\text{பிரயோக விசை செல்லுகின்ற தூரம்}}{\text{பாரம் மேற்கொள்ளப்பட்ட தூரம்}}$$

எதுவேனுமொரு நோக்கங் கருதி ஒரு பொறியைத் தெரிந்தெடுக்குமிடத்து, வேண்டிய **பொறிமுறை நயம்** அல்லது **விசை விகிதத்தை** மதிப்பிடல் வேண்டும். தெரிந்தெடுத்த பொறியினுள்ளிருக்கும் உராய்வு நட்டங்களுக்குப் போதுமான ஈடு செய்தற்கு வேண்டிய கணியத்தளவிலும் பெரிதான வேகவிகிதம் உள்ளதாக அந்தப் பொறி இருத்தல் வேண்டும் (§1 இன் முடிவிலுள்ள குறிப்பைப் பார்க்க).

உராய்வு விசைகளுக்கு மாறுகுணம் மிக்குண்டென்பதையும், **உராய்வு நீக்கத்தில்** அவை பெரிதுந் தங்கியிருக்கின்றன என்பதையும் நினைவு கூர வேண்டும்.

வேகவிகிதம், பொறிமுறை நயம் (விசை விகிதம்), வினைத்திறன் என்னும் மூன்றுக்குமுள்ள தொடர்ப்பு

வினைத்திறன்

$$\epsilon = \frac{Wd_2}{Pd_1}$$

என்று கூறலாமென்று கண்டுள்ளோம்.

இசைவாக இதை

$$\epsilon = \frac{W/P}{d_1/d_2}$$

என்று பெயர்த்தெழுதலாம்.

எனவே, **வினைத்திறன்** $= \dfrac{\text{பிரயோசனமான வேலை}}{\text{வழங்கிய சத்தி}}$

$$= \frac{\text{பொறிமுறை நயம்}}{\text{வேக விகிதம்}} = \frac{\text{விசை விகிதம்}}{\text{வேக விகிதம்}}.$$

ஆகவே, பரிசோதனை முறைப்படி ஒரு பொறியின் பொறிமுறை நயத்தையும், அதைப் பார்வையிட்டு அல்லது அளந்து, அதன் வேகவிகிதத்தையுங் கண்டால், இவையிரண்டினதும் ஈவாக **வினைத்திறனைப்** பெறலாம்.

குறிப்பு.—ஓரளவுக்கு அனுபவத்தைப் பெற்றபின்னர், பல்வேறு விதமான பொறிகளின் வினைத்திறனை வளமான திருத்தமுற மதிப்பிடக் கூடும். மேலே விளக்கியுள்ளதுபோல, **வேக விகிதத்தைத்** துணிந்துவிட்டால், ஒரு பொறியின் நிகழக்கூடிய **பொறிமுறை நயத்தைப்** பின்வருந் தொடர்பு கொண்டு பருமட்டாகக் கணித்தறியலாம்.

பொறிமுறை நயம் = வேக விகிதம் × வினைத்திறன்.

ஆகவே, தரப்பட்டவொரு நோக்கத்துக்கு அது ஏற்றதா என்பதைத் தீர்மானிக்கலாம்.

§2. வெவ்வேறு விதமான பொறிகளின் வினைத்திறன் ஆதியனவற்றைத் துணிதல்

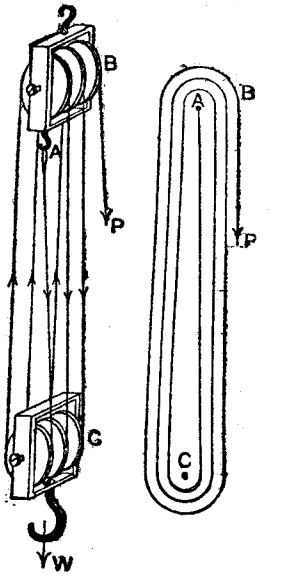
பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்ற சில விதமான பொறியமைப்புக்களையும், அவற்றைப் பார்வையிட்டு அவற்றின் வேகவிகிதங்களைப் பெறுவழியையும் இப்பொழுது சிந்தனைக்கு எடுத்துக்கொள்வோம். எல்லா விதமான பொறிகளுக்கும் உரிய பொறிமுறை நயத்தைப் பெறும் முறை கிட்டத்தட்ட ஒன்றேயாகும்.

தாங்கு கப்பிகள்

ஒவ்வொன்றும் மூன்று கப்பிகளையுடைய இரண்டு தாங்கிகளினாலான ஒரு தாங்குகப்பித் தொகுதியைச் சிந்தனைக்கு ஈண்டெடுத்துக் கொள்வோம் (54 ஆம் உருவம்). மேற்முங்கி ஒரு வளையிலே நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்க ஒவ்வொரு கப்பிக்கும் மேலாகப் போகின்ற தொடர் நாணொன்று கொண்டு, மேற்முங்கியிலிருந்து கீழ்த்தாங்கி தொங்கச் செய்யப்பட்டிருக்கும். மேற்முங்கியின் சட்டப்படலொடு நாணினேரந்தம் **A** தொடுக்கப்பட்டிருக்க, கீழேக்கித் தொங்குகின்ற மற்றையந்தமானது பிரயோக விசை **P** இனால் இழுக்கப்படுகின்றது. கீழ்த்தாங்கியின் சட்டப்படலிலிருந்து பாரம் **W** தூக்கப்படுகின்றது.

பரிசோதனை 44. ஒரு சோடி தாங்குகப்பிகளின் வினைத்திறன்.—வினைத்திறனைக் காண்பதற்கு இரண்டு துணிதல்கள் வேண்டும்.

(i) **பார்வையிட்டு வேகவிகிதத்தைத் துணிதல்.**—தூரம் d_1 இற்கு நாணை இழுத்தால், கப்பிகளுக்கு மேலாக **B** இல் இருந்து **A** இற்குச் சுற்றப்பட்டுள்ள நாணின் மொத்த நீளமானது தூரம் d_1 அளவுக்குக் குறுகும். **B** இற்கும் **A** இற்கும் இடையிலுள்ள நாணின் நிலைக்குத்துப் பாகங்கள் எல்லாவற்றினாலும் இந்தக் குறுக்கம் பகிரப்படுகின்றது; ஏனெனில், கீழ்க்கப்பிகளெல்லாம் ஒருமிக்க மேனேக்கி இயங்குகின்றன. ஆகவே, மேலுங் கீழுமுள்ள தாங்கிகளுக்கிடையிலுள்ள நாணின் பாகங்கள் ஒவ்வொன்றும், ஆறு நிலைக்குத்துப் பாகங்கள் உளவாதலின், கணியம் $d_1/6$ அளவுக்குக் குறுகும்.



உரு. 54.—தாங்கு கப்பிகள்

ஆனால், கீழ்த்தாங்குகப்பியின் மையமானது நிலைக்குத்து நாண்கள் ஒவ்வொன்றினதுங் குறுக்கத்தளவு தூரத்துக்கு உயர்த்தப்படும். எனவே, தூரம் $d_1/6$ இற்கு **C** எழும். பாரம் **W** உயர்த்தப்படுந் தூரம் இதுவேயாதலால், $d_2 = d_1/6$, அதாவது வேக விகிதம் $d_1/d_2 = 6$.

இவ்விதமாக, கப்பித் தொகுதி எதுவாயினும் அதன் வேகவிகிதத்தைத் துணியலாம்.

(ii) **பொறிமுறை நயத்தைப் பரிசோதனை முறைப்படி துணிதல்.**—பரிசோதனைச் சாலையிற் பயன்படுத்துதற்குள்ள ஆய்கருவிகள் அதிகமானவற்றுக்கு உள்ளபடி உபயோகிக்கப்படும் பாரங்களின் சிறிதன்முன பாகமாகக் கீழ்த்தாங்கு கப்பியின் பாரம் இருக்கும். இதற்கு மாறுக, எந்திர வேலைக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்ற தாங்கிகளின் பாரமானது, உயர்த்தப்படும் பாரங்களோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்குமிடத்து, கிட்டத்தட்டப் பொருட்படுத்தத் தகாததுவாக இருக்கும்.

ஆதலினால், கீழ்த்தாங்குகப்பியின் நிறை பாரத்தினுட் சேர்க்கப்படாவிடில், அல்லது மொத்தவிசை **P** இலிருந்து இந்தத் தாங்கு கப்பியை உயர்த்துதற்கு வேண்டிய விசை கழிக்கப்படாவிடில், இவ்விதமான கப்பித் தொகுதியின் செய்முறை வினைத்திறன் அளவுக்கதிகம் இறங்க, அதனைப் பற்றித் தப்பான எண்ணம் எழும்.

ஆதலினால், பொறிமுறை நயத்தைக் கணிக்கும்போது, அந்தத் தாங்குகப்பியை உயர்த்துதற்கு வேண்டிய விசை P_0 ஐ **P** இலிருந்து கழிக்கின்றோம், அன்றேல், கண்டிப்பாகக் கூறுமிடத்து, அந்தத் தாங்கியை உயர்த்துதலிற் செய்யப்படுகின்ற வேலை பிரயோசனமான தன்றெனினும், தாங்குகப்பியின் நிறையை **W** இனுள் அடக்கிக்கொள்ளுகின்றோம்.

தாங்குகப்பியின் நிறை அறிந்தவொன்றுயின், பாரத்திலொரு பாகமாக அதைப் பாவித்து, W இனுள் அதை அடக்கி, விகிதம் W/P ஐக் காணுதலே வெளிப்படையான வழியாகும்.

தாங்குகப்பியின் நிறை அறியாதவொன்றுயின், அதனிலிருந்து பாரந் தொங்காதிருக்கப் பொறியைத் தொழிற்படுத்துதற்கு வேண்டிய விசை P_0 ஐக் காண்க. இந்த விசை P_0 ஆனது தாங்குகப்பியை மாத்திரம் உயர்த்துதற்கு வேண்டியதென்பது வெளிப்படை. இப்பொழுது, அறிந்த நிறை W ஐத் தாங்குகப்பியில் தூக்கினுல் அதுவுந் தாங்குகப்பியின் நிறையுஞ் சேர்ந்த பாரத்தை உயர்த்துதற்கு வேண்டிய மொத்த விசை P_1 ஆகும். ஆகவே, பாரத்தின் **அறிந்த** பாகத்தை உயர்த்துதற்கு வேண்டிய விசை P ஐ

$$P = P_1 - P_0$$

தருகின்றது. மெல்லவாகப் பொறியைத் தொழிற்படத் தொடக்கியதும், மட்டுமட்டாக வேலை செய்துகொண்டது போகுமளவும் P_0 ஐயும் P_1 ஐயுஞ் செப்பஞ் செய்தல் வேண்டும்.

வெவ்வேருன ஐந்தல்லது ஆறு பாரங்களை உபயோகித்து, ஒரு சோடி தாங்குகப்பிகளின் பொறிமுறை நயத்தைத் துணிக. பின்வரும் மாதிரிகளுள் ஒன்றின்படி நோக்கற்பேறுகளை ஒழுங்குபடுத்துக :—

(a) அறிந்த தாங்குகப்பியின் நிறை = 70 கிராம் (எனக).

தாங்கியில் தூக்கிய பாரம் W_1 (கிராமில்)	பிரயோக விசை, P	தாங்கி உட்பட மொத்த பாரம், W	$\frac{W}{P}$
200	110	270	2·45
400	190	470	2·47
600	270	670	2·48
800	370	870	2·35
1000	450	1070	2·38

ஈற்று நிரலின் சராசரி = சராசரிப் பொறிமுறை நயம் = 2·44.

(b) அறியாத தாங்குகப்பியின் நிறை.

தாங்கியை மாத்திரம் உயர்த்துதற்கு வேண்டிய நிறை = P_0 = 30 கிராம் (எனக).

தாங்கியில் தூக்கிய பாரம், W	மொத்தப் பிரயோக விசை, P_1	பாரம் W இற்கு வேண்டிய விசை $P_1 - P_0 = P$	$\frac{W}{P}$
200	110	80	2·50
400	190	160	2·50
600	270	240	2·50
800	370	340	2·35
1000	450	420	2·38

ஈற்று நிரலின் சராசரி = சராசரிப் பொறிமுறை நயம் = 2·45.

குறிப்பு.—பாரம் W ஐ, அல்லது பிரயோகவிசையைத் தாங்குதற்குத் தராசுத் தட்டொன்றை உபயோகித்தால், ஒத்த விசையினுள் அதன் நிறையை அடக்குதல் வேண்டும்.

தாங்குகப்பித் தொகுதிகளின் பொறிமுறை நயத்தையும் வேகவிகிதத்தையுந் துணிந்ததும், **வினைத்திறனைப்** பின்வருமாறு கூறுக :—

$$\epsilon = \frac{\text{பிரயோசனமான வேலை}}{\text{வழங்கிய சத்தி}} = \frac{\text{பொறிமுறை நயம்}}{\text{வேக விகிதம}}$$

$$= \frac{\text{விசை விகிதம்}}{\text{வேக விகிதம்}}.$$

வேக விகிதம் 6 ஆகவும், பொறிமுறை நயம் 2·45 ஆகவும் இருக்கின்றன.

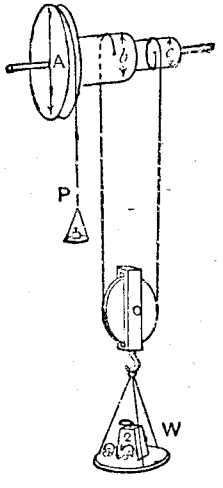
$$\therefore \text{வினைத்திறன் } \epsilon = \frac{2{\cdot}45}{6} = 0{\cdot}41 = 41\,\%.$$

வேற்றுமைச் சில்லும் அச்சாணியும்

பரிசோதனைச்சாலைகளில் இந்த ஆய்கருவியை அடிக்கடி காணலாம். அதனுள்ளே அடங்கியிருக்கின்ற 'வேற்றுமைத்' தத்துவமானது, துணைப் பொறிச் செய்முறையமைப்பில், அடிக்கடி பிரயோகிக்கப்படுகின்றது; ஆதலினுல், விரிவாக ஆராய்தற்கு ஏற்ற விதமானவொரு பொறியாக அது இருக்கின்றது. பெருவிட்டமுள்ளவொரு சில்லைச் சுற்றியுள்ள நாணின் மீது பிரயோகவிசை P உஞற்றப்படும் (55 ஆம் உருவம்). இரண்டு பாகங்களில் வேருன விட்டங்களை உடையவோர் அச்சாணியில் இந்தச் சில்லு நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றது. அச்சாணியின் இந்தப் பாகங்கள் இரண்டையுஞ் சுற்றி இன்னெரு நாணின் இரண்டு அந்தங்களும் எதிர்த்திசையிற் சுற்றப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த நாணினது தொங்குந் தடத்திற் கப்பியொன்று தாங்கப்பட்டிருக்கும். அடுத்திங்குள்ள விளக்கப்படத்திற் காட்டியிருப்பதுபோல, இந்தக் கப்பியின் சட்டப்படலிலிருந்து பாரம் W தாங்கப்படுகின்றது. ஏற்றவொரு சோடு தாங்கிகள் தாங்குகின்றவோர் உலோகக் கதிர்க்கோலின் மீது முழுதாக இந்த ஆய்கருவி ஏற்றப்பட்டிருக்கும்.

பரிசோதனை 45. கூட்டுச் சில்லும் அச்சாணியும், அல்லது வேற்றுமைச் சில்லும் அச்சாணியும்.—இந்தப் பரிசோதனைக்கு இரண்டு கூறுகளுண்டு. அவையாவன,

(i) **வேகவிகிதத்தைக் கணித்தல்.**—பெருஞ் சில்லைச் சுற்றியுள்ள நாணைச் சுற்றுக் குலையுமாறு கீழ்நோக்கி இழுத்தால், மற்றை நாணனது பெருவிட்ட முடைய அச்சாணியைச் சுற்ற, ஒடுங்கிய பாகத்தை விட்டு அது குலையுமாறு ஆய்கருவி சுற்றும்.



உரு. 55. கூட்டுச் சில்லும் அச்சாணியும்.

ஆய்கருவியின் முழுச் சுற்றொன்றைச் சிந்தனைக் கெடுத்துக் கொள்வோம். சில்லின் விட்டம் A உம், அச்சாணியின் பெரும்பாகம், சிறுபாகம் இரண்டினதும் விட்டங்கள் முறையே b உம் c உம் என்போம்.

ஒரு முழுச் சுற்றை ஆய்கருவி சுற்ற, சில்லின் பரிதிக்குச் சமமான தூரத்துக்குப் பிரயோகவிசை தாக்குகின்றது.

$$d_1 = \pi A \quad .$$

அதே நேரத்தில், அச்சாணியின் கட்டின்றித் தொங்குகின்ற மற்றை நாணின் பாகத்தின நீளத்தில் மாற்றமுண்டாகின்றது. அச்சாணியின் பெரும்பாகத்தில் πb இற்குச் சமமான, நீளஞ் சுற்றப்பட, சிறு பாகத்தில் πc இற்குச் சமமான நீளங் குலையும் எனவே $\pi b - \pi c$, அதாவது $\pi(b-c)$ இற்குச் சமமான அளவுக்குக் கட்டின்றி யிருக்கும் நீளம் உள்ளபடி குறுகும். தொங்குகின்ற தடத்தின் இருமருங்கும் இந்தக் குறுக்சஞ் சமமாகப் பங்கிடப்படும். எனவே, தடக்குறுக்கத்தின் அரைப்பங்களவு தூரத்துக்குக் கப்பி எழ, பாரம் எழுகின்ற தூரம் $\frac{1}{2}\pi(b-c)$ இற்குச் சமமாக இருக்கும். அதாவது,

$$d_2 = \frac{\pi(b-c)}{2}.$$

இவ்வாறு, வேகவிகிதம்

$$= \frac{\pi A}{\pi(b-c)/2} = \frac{2A}{b-c}.$$

இந்தக் கோவையின் தொகுதியிலுள்ள சீனை 2 ஐ அவதானிக்க.

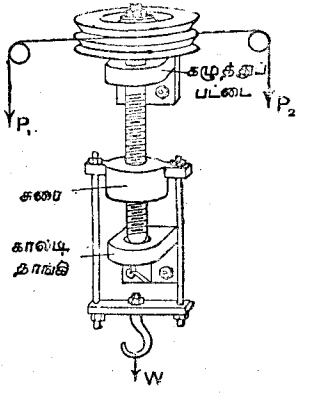
பெரிய இடுக்குமானியொன்று கொண்டு சில்லுக்கும் அச்சாணியின் இரண்டு பாகங்களுக்குமுள்ள விட்டங்களை அளந்து, அன்றேல், இழையும் அளவுகோலுங்கொண்டு அல்லது வளையும் அளவு நாடா கொண்டு, பரிதிகளை அளந்து, வேகவிகிதத்தைக் கணித்தறிக.

(ii) **பொறிமுறை நயத்தைத் துணிதல்.**—தாங்கு கப்பிகளை விவரிக்குமிடத்துக் கூறப்பட்டிருப்பதுபோல, கப்பிக்குந் தராசுத் தட்டுக்களுக்கு முள்ள நிறைக்கு, ஆங்கு விவரிக்கப்பட்டிருக்குமாறு (44 ஆம் பரிசோதனை), **பொறிமுறை நயத்தைத் துணிக.**

ஆய்கருவியின் **வினைத்திறனைக்** கணிக்க. 80 அல்லது 90 சதவீதத் தளவுக்குப் பெரிதாக இது இருக்கக்கூடும்.

திருகாணி

பல்வேறு விதமான பொறிகளுக்கு, விசேடமாக மிகவும் பெரிதான **பொறிமுறை நயம்** வேண்டப்படுமிடத்து, திருகாணிப் பொறியமைப்பை உபயோகித்தல் பெருவழக்காயிற்று. செய்முறையிற் சில வேளைகளில் திருகாணியை மாத்திரந்தனியே காணலாமெனினும், அதனிலுஞ் சிக்கலான பொறியமைப்போடு அதிகமாக அது கூடியிருக்கக் காணலாம். சில்லை மாற்றுதற்காக மோட்டார் வண்டியின் அச்சாணியை உயர்த்துதற்கு, அல்லது, கைவேலை மாத்திரங் கிடைக்கச்கூடியவிடத்து, பெரும் பாரத்தை உயர்த்துதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்ற திருகாணி உயர்த்துந் தூக்கிகள் உதாரணங்களாகும்.



உரு. 56. திருகாணி

56 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பது போல, ஆய்கருவியின் பக்கத்திலுள்ள சிறு கப்பிகளுக்கு மேலாகத் தொங்குகின்ற சிறு தராசுத் தட்டுக்களில் வைக்கப்பட்ட நிறைகளினூல் இழுக்கப்படுகின்ற நாணொன்று சுற்றியிருக்கின்ற பெருவிட்டக் கப்பியொன்று வழக்கமாகப் பொருத்தப்பெற்றிருக்கின்ற வடிவமே திருகாணியின் பரிசோதனை வடிவமாகும். மேலே கூறப்பட்டுள்ள செய்முறை வடிவங்களில், பெருவிட்டக்கப்பிகளுக்கும், அதனோடு கூடிய நாண்களுக்கும் பதிலாக T-வடிவக் கைப்பிடியொன்று வழக்கமாக உபயோகிக்கப்படும்.

பாரம் W ஐத் தாங்குகின்ற நுகமொன்றைப் பொருத்தப்பெற்றவொரு சுரை திருகாணிக்குண்டு. கீழ்நத்தத்திலே கட்டின்றியது திரும்பத்தக்கதாகவோர் உராய்வு தாங்கியினும், நுனிக்கருகில் தடையின்றி அது ஊடாகச் செல்லக் கூடியவொரு கழுத்துப்பட்டையினூடந் திருகாணி தாங்கப்பட்டிருக்கும். வழக்கிலுள்ள விதமானவோர் ஆய்கருவியை 56 ஆம் உருவங் காட்டுகின்றது ; ஆனால் மேலாக நாண்கள் போகின்ற சிறு கப்பிகளைத் தாங்குஞ்

சட்டப்படலை அது காட்டவில்லை. பரிசோதனைச் சாலைகளில் வேறு வடிவங்களையும் காணலாம். சில வேளைகளில் ஒரு நிறையினால் மாத்திரம் பெருங் கப்பி இழுக்கப்படும்; மறு வேளைகளில், மாதிரிப் படத்திற் காட்டியிருப்பது போல, இரண்டு நாண்களைப் பொருத்தி இரண்டு நிறைகளை உபயோகிப்பர்.

P_1 உம் P_2 உம் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருந்தால், இரண்டு நாண்களுள் ஒன்றின் பக்கமாகத் திருகாணி இழுபடாதாதலின் இரண்டாம் வகையே விரும்பத்தக்கது. சமப்படுத்தப்படாத ஒரு தனிவிசையை உபயோகித்தால், கழுத்துப்பட்டையின் ஒரு பக்கத்துக்குத் திருகாணி இழுபட, அதனால் உராய்வுந் தேய்வும் மேலதிகமாக உண்டாகின்றன.

திருகாணி சுற்ற அதனோடு சுரையுஞ் சுற்றுது தடுத்தற்கு ஏற்ற வழிவகைகளைக் கையாளவேண்டும். ஆதலின், ஒரு வழிகாட்டியை அல்லது ஒரு சோடு வழி காட்டிகளைப் பொருத்துதல் வேண்டும். முதன்மைச் சட்டப்படலிற் பொருத்தப்பெற்று, கழுத்துப்பட்டையிலிருந்து கீழ்நோக்கி மிதியுராய்வு தாங்கிக்குப் போய், சுரையில் வெட்டப்பட்டுள்ள நீள்துவாரங்களுட் பொருந்துகின்ற வொருகோலாகும் வழக்கமாக உபயோகிக்கப்படும் விதமான வழிகாட்டி. திருகாணிசுற்ற, வழிகாட்டியினால் தடுக்கப்பட்டு, அதனோடு சுரை திரும்பமாட்டாது. எனவே, திருகாணிப்புரிநெடுகேயே அது இயங்க வேண்டியிருக்கும். இவ்வாறு, திருகாணி திருப்பப்படுகின்ற திசையின்படி பாரம் உயர்த்தப்படுகின்றது. இந்த வழிகாட்டிகள் மாதிரிப் படத்திற் காட்டப்படவில்லை.

பரிசோதனை 46. திருகாணியின் வினைத்திறனைத் துணிதல்.— திருகாணி திறமாக வேலைசெய்ய வேண்டுமாயின், உராய்வுதாங்கிகள் இரண்டுக்கும் வழிகாட்டிகளுக்கும் நன்கு எண்ணெய் இடுவதுமல்லாமல், **விசேடமாகத் திருகாணிப் புரிக்கும்,** உராய்வின் பெரும்பாகந் திருகாணிக்குஞ் சுரைக்கும் இடையிலுண்டாதலின், எண்ணெய் இட்டுவருதல் வேண்டும்.

(i) வேகவிகிதத்தைக் கணித்தல்.— திருகாணியின் நுனியிலுள்ள கப்பியின் விட்டத்தை D என்போம். கப்பியின் பரிதிக்குச் சமமான தூரத்துக்கு ஒரு சுற்றிற் பிரயோகவிசை (அல்லது விசைகள்) கீழ்நோக்கிச் செல்லுகின்றது. எனவே, திருகாணியின் சுற்றொன்றை நோக்குவோமாயின்,

$$d_1 = \pi D.$$

அதே நேரத்தில், சுரையினுள்ளே திருகாணி முன்னேறத் திருகாணியின் புரியிடைத்தூரத்துக்குச் சமமான தூரத்துக்குச் சுரை உயர்த்தப்படுகின்றது.

திருகாணியின் புரியிடைத்தூரம் p ஆனால்,

$$d_2 = p \quad \text{என்பதும்,}$$

வேக விகிதம் $$= \frac{\pi D}{p} \quad \text{என்பதும் வெளிப்படை.}$$

பருத்த இடுக்குமானியொன்று கொண்டு விட்டத்தை அளக்க. அளக்கும் போது, நாண்கள் கிடக்கின்ற தவாளியின் அடிக்குக் குறுக்கே அளக்க மறக்கலாகாது. அன்றேல், இழையும் அளவுகோலுங் கொண்டு பரிதியை அளக்க. சுத்தமான கடதாசித் துண்டொன்றை எடுத்து, திருகாணி நெடுகே கொஞ்சத் தூரத்துக்கு புரியோடு அதை அழுத்தி, உதாரணமாக, 20 புரிகளின் நீளத்தை அளக்க. ஒரே புரியில் அடுத்துள்ள சுற்றுக்களின் மீதுள்ள ஒன்றுக்கொன்று ஒப்பான இரண்டு புள்ளிகளின் இடைத்தூரமே திருகாணியின் புரியிடைத்தூரம் என்பதை மறக்கலாகாது (7 ஆம் உருவம்.)

வேகவிகிதத்தைக் கணிக்க.

(ii) பொறிமுறை நயத்தைத் துணிதல்.—44 ஆம் பரிசோதனையில் விளக்கியிருப்பது போலப் பொறிமுறை நயத்தைத் துணிக. இந்தவிடத்து, திருகாணியிற் சுரை நீளப்படுத்தப்பட்டிருப்பதால், சரை, நுகம் இரண்டினதும் நிறையைக் காணமுடியாது. ஆதலினால், சுரையையும் நுகத்தையும் மாத்திரம் உயர்த்துதற்கு வேண்டிய விசை P_0 ஐக் கண்டு, நுகத்திலிருந்து ஒரு பாரத்தைத் தூக்கியபோது வேண்டிய மொத்த விசையிலிருந்து அதைக் கழித்து இவற்றிற்குரிய இடமளிக்கப்படும்.

பெருவிட்டக் கப்பியோடு பொருத்தப்பெற்ற நாண்கள் இரண்டென்னில் அந்த நாண்களிலே தூக்கிய நிறைகள் இரண்டினதுங் கூட்டுத் தொகைக்குப் பிரயோகவிசை சமமாகும்.

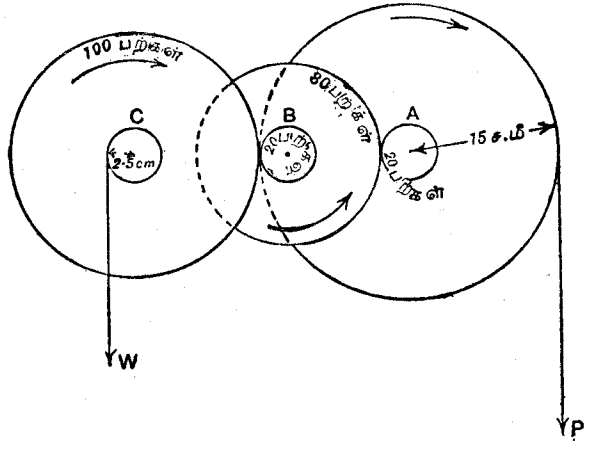
திருகாணியின் வினைத்திறனைக் காண்க. ஆய்கருவிக்கு நன்முக எண்ணெய் இட்டுவந்தாலும் மிக்க அரிதாகவே வினைத்திறன் 20 சத வீதத்துக்கு மேற்படும். திருகாணியை நன்கு வேலைசெய்திருக்க, அதனிற் கறை பற்றிவிட்டால், வினைத்திறன் 7 அல்லது 8 சதவீதத்தளவுக்குச் சுருங்கவுங்கூடும்.

சில்லுத் துணைப்பொறி

எல்லா விதமான துணைப்பொறிகளுள்ளும் அதிகமாக வழங்கப்படுகின்றதான பற்சில்லுத் துணைப் பொறியைப் பற்றிச் சில குறிப்புக்களைக் கூறுத பொறிவிவரம் பூர்த்தியாகாது. எல்லாவிதமான பொறிகளினதும் பல்வேறு வடிவங்களிலுள்ள துணைப்பொறிகளில் உதாரணமாகக் கடிகாரங்கள், மோட்டர் வண்டிகள், கடைதற்பொறிகள், நகருபாரந்தூக்கிகள் ஆதியனவற்றில், இந்த விதமான துணைப்பொறிக்குள்ள இசையும் இயல்பு பெரிது. எளிதானவொரு சில்லுத் துணைப்பொறித் தொடரை மாத்திரம் இங்கு விளக்குவாம்.

ஆரை 15 ச.மீ. ஆகவுள்ளவொரு பெருவிட்டவுருளையைக் கதிர்க்கோல் A தாங்குகின்றது. இந்த உருளையொடு விறைப்பாக நிலைப்படுத்தப்பட்ட அதே கதிர்க்கோலில் 20 பற்களையுடையவொரு சில்லு உண்டு.

ஒருகால் நாலு தரம் A சுற்ற, B இன் மேலுள்ள பெருஞ்சில்லு ஒரு தரஞ் சுற்றுமாறு, B இனில் எற்றப்பட்டிருக்கின்றதும் பரிதியில் 80 பற்களை உடையதுமான ஒரு சில்லின் பற்களுடன் A இன் மீதுள்ள சில்லின் பற்கள்



உரு. 57.—சில்லுத் துணைக் கருவி

பொருந்துகின்றன. கதிர்க்கோல் C இலுள்ள ஒரு பெருஞ் சில்லின் பற்களுடன் பொருந்துகின்ற 20 பற்களையுடையவொரு சிறு சில்லானது B இலுள்ள இந்தப் பெருஞ் சில்லொடு பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றது. இதற்கு அதன் பரிதியில் 100 பற்களுண்டாதலின், B ஒருகால் ஐந்து தரஞ் சுற்ற, அல்லது A ஒருகால் 20 தரஞ் சுற்ற, கதிர்க்கோல் C ஒரு தரஞ் சுற்றும். மூன்றுங் கதிர்க்கோல் C மீது, ஆரை 2·5 ச.மீ. ஆள்ள வொரு சிற்றுருளை உண்டு. இந்தவுருளையைச் சுற்றிப் பாரம் W ஐத் தாங்குகின்ற நாண் போகின்றது. P இறங்க W ஏறுமாறு இந்த நாண் சுற்றப்பட்டிருக்கும்.

இந்தவிடத்து, கதிர்க்கோல் C இனது சுற்றொன்றின் வினைவைச் சிந்தனைக்கு எடுத்துக் கொள்ளுதல் மிக்கவெளிதானதொன்றாகும்.

C இனது சுற்றொன்றுக்கு சிற்றுருளையின் பரிதிக்குச் சமமான தூரத்துக்குப் பாரம் W ஏறும். என்வே, $d_2 = 2\pi \times 2{\cdot}5$ ச.மீ.

C இனது சுற்றொன்றுக்கு 20 தரம் A சுற்ற, பேருருளையின் பரிதியின் 20 மடங்கு தூரத்துக்குப் P தாக்குகின்றது. எனவே, $d_1 = 20 \times 2\pi \times 15$ ச.மீ.

ஆதலால், வேகவிகிதம் $\dfrac{20 \times 2\pi \times 15}{2\pi \times 2{\cdot}5} = 120.$

பரிசோதனை 47. சில்லுத்துணைப்பொறித் தொகுதி யொன்றின் வினைத்திறனைத் துணிதல்.—மேற் காணும் உதாரணத்தில் விவரிக்கப் பட்டிருப்பது போல, ஒரு சில்லுத் துணைப் பொறித்தொகுதியின் வேக விகிதத்தைக் கணித்தறிக. 44 ஆம் பரிசோதனையிற் செய்ததுபோலப் பரிசோதனை முறைப்படி அதன் பொறிமுறை நயத்தைக் கண்டு வினைத் திறனை உயத்தறிக.

சில்லுத் துணைப்பொறித் தொடரொன்றின் வினைத்திறனது பற்கள் வெட்டப்பட்ட திருத்தத்தில் பெரிதுங் தங்கியிருக்கின்றது. இங்கே விவரிக்கப் பட்டுள்ளதைப் போன்றவொரு சிறு தொடரில், நன்கு வெட்டப்பெற்றவொரு சில்லுக் கூட்டத்தின் வினைத்திறன் 95 சதவீதமாகவும் இருக்கக்கூடும்.

குறிப்பு.—இந்த அதிகாரத்தில், **பாரம், பிரயோக விசை** என்னும் பெயர் களாற் குறிக்கப்பட்ட W உம் P உம் என்னுங் கணியங்களுக்கு அதிகமாக முறையே **நிறை, வலு** என்னும் பெயர்கள் வழங்கப்படுகின்றன. சிறப் பான வொரு தனிக் கணியத்துக்குப் பொதுப் பெயராகிய நிறை என்பதை வழங்குதற்கு ஆட்சேபம் உண்டு; பாரம் என்னும் பெயருக்குச் சிறப்பான வொரு விஞ்ஞானப் பொருளில்லை. இந்தவிடத்து "நிறை" என்னும் பெயரை வழங்குதல் விரும்பத்தக்கது. "வலு" என்னும் பெயருக்கு "வேலை செய்யும் வீதம்" என்னுந் தீர்க்கமான விஞ்ஞானத் தனிப் பொருளுண்டு. ஆதலினால், **விசை** என்னுங் கருத்தில் அதை உபயோ கிக்கலாகாது. இந்தக் கணியம் P ஐக் குறிப்பதற்குச் சிலவேளைகளில் "ஊக்கவிசை" என்னும் பெயர் வழங்கப்படுமெனினும், எல்லாவிடத்தும் அது வழங்கப்படுவதில்லை.

அதிகாரம் VII

மீள்சத்தி

§ 1. பொதுக் கொள்கை

ஒரு பொருளை ஒரு விசை தாக்கும்போது, அந்தப் பொருள் கூடக் குறைய உருவழியும். அந்த விசை தாக்காதொழியின் உருக்குலைவும் இல்லாதொழியும். அந்தப் பொருளுக்குள்ள இயல்பான **மீள்சத்தி**யின் விளைவாக அது பழைய தன்னுருவத்தை மீட்டும் அடைகின்றது.

ஊக்கின் விதி (Hooke's Law)

இந்த விடயத்துக்கு அத்திவாரம் இட்டவர்கள் **உறெப்பேட் போயில்** (Robert Boyle) என்பவரும் அவருக்குச் துணை செய்த **ஊக்கு** (Hooke) என்பவருமாவர். தாக்கும் விசையையும் அதனாலுண்டாகும் உருவழிவையுந் தொடர்புறுத்துகின்ற அதி முக்கியமான விதி **ஊக்கின் விதி** எனப்படும். **நீள்விரிவுக்கு இழுவிசை விகிதசமம்** என்று, அல்லது, இன்னுந் திட்டமாகக் கூறில், **விகாரத்துக்குத் தகைப்பு விகித சமம்** என்று இதனைக் கூறலாம். ஓரளவுக்குத்தான் ஊக்கின் விதி உண்மையைக் கூறுகின்றது. ஒரு பொருளைத் தாக்குகின்ற தகைப்பானது குறித்தவோர் அளவுக்கு அப்பாற்படுமாயின், தகைப்பை நீக்க, அந்தப் பொருளானது தொடக்கத்தில் அதற்கிருந்த பரிமாணங்களை மீட்டும் பெறுது. நிலையான உருவழிவை உண்டாக்காத அதி பெரிய உருவழிவை அந்தப் பதார்த்தத்தின் **மீள்சத்தியெல்லை** என்பர். இந்த மீள்சத்தியெல்லை வரை நெருங்கிய அண்ணளவுக்கு, ஊக்கின் விதி பொருத்தமுடைத்து.

மீள்சத்திக் குணகத்தின் வரைவிலக்கணம்—தகைப்பும் விகாரமும்

வெவ்வேறு திரவியங்களின் மீள்சக்தியியல்புகளை ஒப்பிடுதற்கு, வெவ்வேறு விதமான விசைகள் உண்டாக்கும் உருவழிவுகளின் கணியங்களைப் பற்றி அறிதல் வேண்டும்.

தகைப்பு.—உண்டாக்கப்படும் உருவழிவின் கணியத்தைப் பொறுத்தமட்டில், விசையின் பருமனிலும் அது பரவியிருக்கும் பரப்பிலும் அதன் விளைவு தங்கியிருக்கின்றது. **பரப்பலகு ஒன்றுக்குள்ள விசைக்கு** இந்த விளைவு விகிதசமமாகும்.

பரப்பலகு ஒன்றில் உளுற்றப்படுகின்ற விசை என்று தகைப்புக்கு வரைவிலக்கணங் கூறப்படுகின்றது.

விகாரம்.—தரப்பட்டவொரு தகைப்பு உண்டாக்கும் உருவழிவானது அது தாக்குகின்ற பொருளின் பருமனில் தங்கியிருக்கின்றது. வெவ்வேறு நீளங்களையுடைய வடிவொத்த கம்பிகளைத் தாக்குகின்ற சமபருமனையுடைய இழுவிசைத் தகைப்புக்கள் உண்டாக்குகின்ற நீட்சிகளின் விகிதம் அவற்றின் நீளங்களின் விகிதத்துக்குச் சமமாகும். ஆகவே, உருவழிந்த பொருளின் பரிமாணவலகொன்றுக்கு நியதியானவோர் உருவழிவை உண்டாக்குதலே தகைப்பின் விளைவாகும்.

பரிமாண வலகொன்றிலுள்ள உருவழிவு, அல்லது **பகுதியுருக்குலைவு,** என்று பொதுவாக **விகாரத்துக்கு** வரைவிலக்கணங் கூறப்படும்.

தாக்குகின்ற தகைப்பை, அது உண்டாக்குகின்ற விகாரத்தாற் பிரிக்க வரும் ஈவு என்று மீள்சக்திக் குணகத்துக்கு வரைவிலக்கணங் கூறப்படும்.

$$\text{மீள்சக்திக் குணகம்} = \frac{\text{தகைப்பு}}{\text{விகாரம்}}.$$

பலவிதமான குணகங்களின் வரைவிலக்கணங்கள்.

1. யங்கின் குணகம், அல்லது **இழுவிசை மீள்சத்திக் குணகம்.**—இந்த விடத்து எடுத்துக்கொண்ட தகைப்பானது **நேர் கோட்டிழுவிசைத் தகைப்பாகவும், ஓரலகு நீளத்துக்குள்ள நீட்சியானது** அதனையொத்த விகாரமாகவும் இருக்கின்றன.

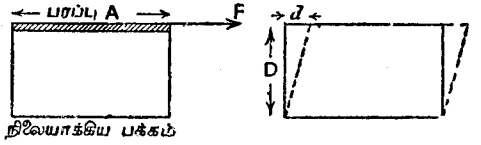
நீளம் **L** உம், குறுக்கு வெட்டுமுகம் **A** உம் ஆகவுள்ளவோர் இழையை ஒரிழுவிசை **F** தாக்கினால், அதன் மீது உளுற்றப்படும் இழுவிசைத் தகைப்பு **F/A** ஆகும். இந்த இழையின் முழுநீளமும் x அளவுக்கு நீண்டால், விகாரம் x/L ஆகும். ஆதலால், யங்கின் குணகம் பின் வருமாறு கூறப்படும்.

$$E = \frac{F/A}{x/L}, \text{ அல்லது } E = \frac{FL}{Ax}.$$

2. விறைப்புக் குணகம் அல்லது **வெட்டுத்தொடுவிசை மீள்சத்திக் குணகம்.**—ஒரு பக்கத்திற் கிடையானவொரு பட்டடையில் நிலைப்படுத்தப்பட்டதும், மேற்பக்கத்துக் கிடைமுகத்தில் உறுதியாக நிலைப்படுத்தப்பட்டவொரு தட்டினை உடையதுமானவொரு செவ்வகவினைகரத்தின்மவடிவக் குற்றியை (இந்திய இரப்பரிலானது என்போம்) கற்பனை செய்க.

இந்தத் தட்டினை விசை **F** கொண்டு கிடையாக இழுத்தால், 58 ஆம் உருவத்திற் புள்ளிக்கோடுகளினூற் காட்டப்பட்டுள்ள வடிவத்தை உடைய தாகுமாறு முழுக்குற்றியும் உருவழியும்.

மேற்பக்கப் பரப்பு A முழுதிலும் ஒரு தன்மைத்தாகத் தாக்குமாறு தட்டுக்கூடாக விசை F பரம்பியிருக்கும் ஆதலினால், தகைப்பு F/A ஆகும்.



உரு. 58. வெட்டுத்தொடுவிசைத் தகைப்பும் வெட்டுத்தொடுவிசை விகாரமும்.

இதனை **வெட்டுத்தொடு விசைத் தகைப்பு** என்பர். கீழ்ப்பக்கத்து மேற்பரப்பிலுள்ள துணிக்கைகளின் சார்பாகவுள்ள தொடக்க நிலேயிலிருந்து கிடையாகத் தூரம் d இற்கு மேற்பக்கத் துணிக்கைப் படை பெயர்க்கப்படும். **ஒன்றிலிருந்தொன்று ஓரலகு தூரத்திலுள்ள பக்கப் பெயர்ச்சியை வெட்டுத் தொடு விசை விகாரம்** என்பர். இவ்வாறு, வெட்டுத்தொடுவிசை விகாரம்= d/D.

ஆதலினால், வெட்டுத் தொடுவிசை மீள்சத்திக் குணகம்

$$\frac{F/A}{d/D} = \frac{FD}{dA}.$$

குறிப்பு.—இழுவிசை மீள்சத்தியும் வெட்டுத் தொடுவிசை மீள்சத்தியும் திண்மத்துக்கு மாத்திரம் உண்டு.

3. கனவளவுக் குணகம் அல்லது மீள்சத்திக் கனவளவுக் குணகம்.— கனவளவு V ஐ உடையவொரு பொருளை அமுக்கம் p கொண்டு அழுத்தக் கனவளவில் உண்டாகும் மாற்றம் v என்னில், **அமுக்கமானது பரப்பல கொன்றுக்குள்ள விசையாதலின்**, பரப்பலகொன்றிற் பிரயோகிக்கப்பட்ட விசை p ஆகும். ஆகவே, வெட்டுத்தொடு விசை $= p$.

உருவழிவு v உம், திரிபுற்ற பரிமாணம் V உம் ஆதலின், **விகாரம்** $= v/V$.

எனவே, கனவளவுக் குணகம் $= \dfrac{p}{v/V} = \dfrac{pV}{v}$

தொடக்கத்திலே தகைப்பின்றியிருக்கின்ற பொருளொன்றை எப்பொழுதும் எடுக்கமுடியாது. ஆதலினால், ஆரம்பத்தில் மீள்சத்திக் குணகத்துக்குக் கொடுத்தவரைவிலக்கணத்தைச் சற்றே வேறுபடுத்த வேண்டியிருக்கின்றது.

ஊக்கின் விதி உண்மையானதாயின், நிலேபேறுன நிலேமைகள் இருக்கத் தரப்பட்டவொரு திரவியத்தின் மாறுதலேர் இயல்பாகும் மீள்சத்திக் குணகம். ஆதலினால் தகைப்பைக் கூட்டினால்,

$$\frac{\textbf{தகைப்பு வளர்ச்சி}}{\textbf{விகார வளர்ச்சி}} = \frac{\textbf{தகைப்பு}}{\textbf{விகாரம்}} = \textbf{மீள்சத்திக் குணகம்}$$

எனக் கூறுதல் உண்மையாகும்.

இந்தப் பின்னங்களுள் முதலாவதுப், மீள்சக்திக் குணகத்தை அளந்தறிதற்கு அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படும்.

ஊக்கின் விதி பொருந்தாதனவாகிய வாயுக்களைப் பொறுத்த மட்டில் எவையேனுந் தரப்பட்ட நிலேமைகளிலுள்ளவொரு வாயுவின் கனவளவுக் குணகத்தைக் கூறுதற்கு **அமுக்கவளர்ச்சியை அதனையொத்த கனவளவு விகாரத்தாற் பிரித்துவரும்** ஈவை உபயோகிக்கின்றோம்.

வாயுக்களின் கனவளவுக் குணகங்களைக் கொள்கை முறைப்படி கணித்தறியலாமாதலின், அந்தக் குணகங்களை அளக்க வேண்டியதில்லை. திண்மங்களினதுந் திரவங்களினதுங் கனவளவுக் குணகங்களை அளத்தல் மிக்க கடினமாகவிருக்கும். ஆதலினால், யங்கின் குணகத்தையும் விறைப்புக் குணகத்தையுந் துணிதற்குள்ள பரிசோதனை முறைகளை மாத்திரம் ஈண்டெடுத்துக் கொள்வாம்.

குறிப்பு.—ஒரு பரப்பலகுவீத விசையாகத் தகைப்பு எப்போதும் இருக்கும். அதனை **ஒரு சது.ச.மீ. வீதத் தினில்**, அல்லது இதற்கொப்பான வேறு அலகுகளிற் கூறல் வேண்டும். **விகாரம் ஒரு விகிதமாதலின் அதற்குப் பரிமாணங்கள் இல்லை.**

மீள்சத்திக் குணகம் $= \dfrac{\textbf{தகைப்பு}}{\textbf{விகாரம்}}$; ஆதலினால், **எடுத்துக்கொண்ட தகைப்பைக்கூறுகின்ற அலகுகளிலேயே**, அதாவது **சது.ச.மீ.** அலகுகளை உபயோகித்தால் **சது.ச.மீ. வீதத் தினில், இந்தக் குணகத்தையுங் கூறல் வேண்டும்.**

§ 2. யங்கின் குணகம் (Young's Modulus)

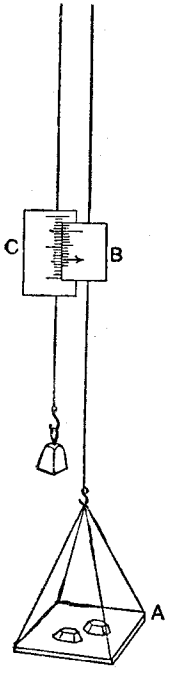
கம்பி வடிவமாக உள்ளவொரு திரவியத்துக்கு யங்கின் குணகம்

இவ்விடத்துப் பரிசோதனைக்கு வேண்டிய ஆய்கருவியானது ஒரே தாங்கியில் ஒன்றுக்கருகில் மற்றையது இருக்குமாறு நிலேப்படுத்தப்பட்ட மேலந்தங்களையுடைய இரண்டு கம்பிகளினாலானதுவாகும். அறிய வேண்டிய தல்லாத மாறுப்பாரமொன்றினால் ஒரு கம்பி ஈர்க்கப்பட்டிருக்க, மற்றையது, விரும்பியதும் **ஏற்றதுமான** பாரம் எதனையும் வைக்கத்தக்கதான, ஒரு தராசுத்தட்டு A ஐத் தாங்கியிருக்கும் குறுகியவோர் அளவுகோல் C ஐ முதலாங் கம்பி தாங்கியிருக்க, இந்த அளவுகோல் C^1 இன் மேலாகக் கட்டின்றி வழுக்கிச் செல்லுகின்றவொரு வேணியர் B இரண்டாங்கம்பியில் ஏற்றப்பட்டிருக்கும். இந்தக் கம்பிகள் இரண்டும் ஒரே திரவியத்தினாலானவையும் ஒரே பருமனை உடையனவுமாக இருத்தல் வேண்டும்.

1. சமாந்தரமான இரண்டு கம்பிகளில் அளவுகோலையும் வேணியரையும் வைக்கும் இந்த ஒழுங்கு, இலண்டனிலுள்ள மன்னர் கலாசாலையினது உலீத்தன் பரிசோதனைச் சாலையில் உற்பத்தியானதென்று நம்புகின்றோம்.

சரியொப்பான இரண்டு கம்பிகளைப் பயன்படுத்துகின்ற இந்த முறையினால் வழுக்களின் பிரதானமான உற்பத்திகளைத் தவிர்க்கலாம்.

பாரம் **A** ஐக் கூட்ட, தாங்குபுள்ளி எவ்வளவுக்கேனும் இளகினால், வேணியர் **B** இறங்கும் அளவுக்கு அளவு கோல் **C** உம் இறங்குமாதலின், இந்த இறக்கம் பதியப்பட மாட்டாது. இதுபோலவே, வெப்பநிலை மாறல்களினாற் கம்பியின் நீளத்தில் உண்டாகும் மாற்றம் எதுவும் பதியப்பட மாட்டாது. ஏனெனில், இரண்டு கம்பிகளும் இவ்வாறு ஒரே மாதிரியாகத் தாக்கப் படுகின்றன.



உரு. 59.
ஒரு கம்பிக்குரிய யங்கின் குணகம்

ஒரு கம்பியில் உறுதியானவொரு விசையைப் பிரயோகித்துக்கொண்டு, மற்றைக் கம்பியில் வேறான விசைகளைப் பிரயோகிப்போமேயானால், மேலதிகமான இந்த விசைகளினால் உண்டாகும் நீட்சி எதுவும் அளவுகோல் **C** இன் நீளத்திற்குநெடுகே வேணியர் **B** இனது அசைவினாற் பதிப்படும்.

சாதாரணமான முறைகளின்படி கம்பியின் நீளத்தையும் அதன் ஆரையையும் அளக்கலாம். எனவே, அறிந்த தகைப்பினால் உண்டாகும் நீட்சி விகாரத்தைக் கண்டு, அந்தத் திரவியத்துக்குள்ள யங்கின் குணகப் பெறுமானத்தைத் துணிபலாம்.

பரிசோதனை 48. ஒரு கம்பிக்குரிய யங்கின் குணகத்தைத் துணிதல்.—கம்பியில் அற்ப வளைவேதும் உண்டெனில், அதை நீக்குதற்குக் கம்பியோடு பொருத்தப்பட்டிருக்குந் தராசுத்தட்டில் தகுதியானவொரு[2] பாரத்தை (2 கி.கி. என்க) வைக்க. அளவுகோல் **C** உம் வேணியர் **B** உங் காட்டுகின்ற அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள்க.

தக்கவாறு படிப்படியாக (இவ்விரண்டு கிலோக்கிராமென் போம்), 12 கி.கி. இற்கு மேற்படாமல் பாரத்தை ஏற்றுக. ஏற்றும்போது, ஒவ்வொரு பாரத்துக்குமுரிய அளவீட்டைக்குறித்துக்கொள்க. தொடக்கத்திலிருந்த 2 கி.கி. பாரத்துக்கு வருமளவும் படிப்படியாக இவ்விரண்டு கி.கி. இனாற் குறைத்துக்கொண்டு வருக. ஒருகால் ஒரு படி குறைத்ததும் மற்றப்படி குறைக்கு முன்பு அளவீட்டை எடுக்க. ஒவ்வொரு பாரத்துக்கும் அதற்குரிய நோக்கற்பேறுகளின் சராசரியை எடுத்து, அதனை அந்தந்தப் பாரத்தையொத்த அளவீடாகக்கொள்க.

2. இங்கே தரப்பட்ட எண்ணளவுப் பெறுமானங்களானவை எடுத்துக்கொண்ட கம்பிகளுக்கே உரியனவாதலின் சோதிக்கப்படுங் கம்பிக்கேற்க அவற்றை வேறுபடுத்திக் கொள்ளுதல் வேண்டும்.

தொடக்கத்திலே 2 கி. கி. ஐத் தொங்க விட்டபோதிருந்த அளவீட்டிலிருந்து பரிசோதனை முடிவிலுள்ள அளவீடானது மதிக்கக்கூடிய அளவுக்கு வேறுபடுகின்றதாயின், மீள்சத்தியெல்லைக்கு அப்பாற் கம்பி ஈர்க்கப்பட்டிருக்கலாம் என்றாலும், கம்பி நேர்ப்படுத்தப்பட்டதனால் மாத்திரம் எழுந்தவொரு வேறுபாடாகவும் அது இருக்கலாம். இவ்வாறுயின், நோக்கல்களை மீட்டுஞ் செய்க. பாரத்தை நீக்கியபின்னர் மேலும் நீட்சி உண்டாகி நிலைத்திருக்கக் கண்டால், புதியவொரு கம்பியோடு இன்னொருகால் 8 கி. கி. இற்கு மேற்படாத பாரத்தைப் பிரயோகித்துப் பரிசோதனையை மீட்டுஞ் செய்தல்வேண்டும்.

திருகாணி நுண்மானியொன்று கொண்டு கம்பியின் விட்டத்தை அதனின் பலவிடங்களில் மிக்க அவதானமாக அளக்க. இந்த அளவீட்டின் திருத்தம் மிக்க முக்கியமானது. விட்டத்தில் 0·01 மி. மீ. வழுவிருந்தால், அது 1 சதவீத வரிசையில் உள்ளதாகும். ஆரையானது இங்கே இரண்டாம் அடுக்கினுள்ளதாதலின், முடிவுப் பேற்றில் 2 சதவீத வழுவை அது உண்டாக்கும். கம்பியின் ஆரையை அளத்தலில் எழுகின்ற 0·01 மி. மீ. வழுவானது அதன் நீளத்தை அளத்தலில் எழுகின்ற 1 அல்லது 2 ச. மீ. வழுவினும் முக்கியமானதன்று.

தாங்குபுள்ளியிலிருந்து வேணியரிற் பாரம் பிடிக்கப்பட்டிருக்கின்ற புள்ளி வரையுமுள்ள கம்பியின் நீளத்தை அளக்க.

கம்பியிலிருந்து தொங்குகின்ற பாரத்தோடு கம்பியின் நீட்சி எவ்வாறு வேறுபடுகின்றதென்பதைக் காட்டுமொரு கோட்டை வரைப்படத்தாளில் வரைக. அண்ணளவாக ஒரு நேர்கோட்டில் குறிக்கப்பட்ட புள்ளிகள் கிடக்கின்றனவென்று காட்டுக.

பின்வருவனதனில் இரண்டு காரியங்களை அவதானித்தல் வேண்டும். முதற்கண், அட்டவணையின் ஈற்று நிரலில் எவ்வாறு நீட்சி கணிக்கப்பட்டிருக்கின்றதென்பதை அவதானிக்க.

நோக்கற்பேறுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்துக :—

பாரம்	அளவீடுகள்		சராசரி அளவீடு	6 கி.கி. ஏற்றத்துக்குள்ள நீட்சி (மி. மீ. இல்)
	பாரங் கூடுதல்	பாரங் குறைதல்		
2 கி.கி.	1·13 மி·மீ.	1·15 மி.மீ.	1·14 மி.மீ.	
4 கி.கி.	1·33 மி.மீ.	1·35 மி.மீ.	1·34 மி.மீ.	(2 – 8) = 0.53
6 கி.கி.	1·50 மி.மீ.	1·55 மி.மீ.	1·53 மி.மீ.	
8 கி.கி.	1·67 மி.மீ.	1·67 மி.மீ.	1·67 மி.மீ.	(4 – 10) = 0.51
10 கி.கி.	1·83 மி.மீ.	1·87 மி.மீ.	1·85 மி.மீ.	
12 கி.கி.	2·10 மி·மீ.	—	2·10 மி.மீ.	(6 – 12) = 0.57

6 கி. கி. இற்குச் சராசரி நீட்சி = 0·537 மி.மீ.
= 0·0537 ச.மீ.
கம்பியின் ஆரை (நாலு துணிபுகளின் சராசரி) = 0·675 மி.மீ.
= 0·0675 ச.மீ.
தாங்கியிலிருந்து வேணியர்வரையுங் கம்பியின் நீளம் = 250 ச.மீ.

கம்பியிலிருந்து தொங்குகின்ற 6 **கி. கி.** பாரத்தினால் **உண்டான தகைப்பு**

$$= \frac{\text{விசை}}{\text{கம்பியின் குறுக்கு வெட்டுமுகப் பரப்பு.}}$$

விசையானது 6 கி. கி. இன் நிறையாகும், அதாவது 6000×981 தைன் ஆகும்.

குறுக்கு வெட்டுமுகப் பரப்பு $= \pi \times (0{\cdot}0675)^2$ சது. ச.மீ.

எனவே, 6 கி. கி. இனால் உண்டான தகைப்பு $= \dfrac{6000 \times 981}{\pi \times (0{\cdot}0675)^2}$

= ஒரு சது.ச.மீ. இற்கு 404,000,000 தைன்.

அல்லது தகைப்பு = ஒரு சது.ச.மீ. இற்கு $4{\cdot}04 \times 10^8$ தைன்.

6 கி.கி. பாரஞ் சேர்க்கப்பட்டதனால் **உண்டான விகாரம்**

$$= \frac{\text{6 கி. கி. இற்கு உள்ள சராசரி நீட்சி.}}{\text{தாங்கியிலிருந்து வேணியர் வரையுங் கம்பியின் நீளம்}}$$

$$= \frac{0{\cdot}0537}{250}$$

$$= 0{\cdot}000215, \text{ அல்லது } 2{\cdot}15 \times 10^{-4}.$$

ஆதலினால், இந்தக் கம்பிக்குள்ள **யங்கின் குணகம்,**

$$\frac{\text{தகைப்பு}}{\text{ஒத்த விகாரம்}} = \text{ஒரு சது.ச.மீ. இற்கு } \frac{4{\cdot}04 \times 10^8}{2{\cdot}15 \times 10^{-4}} \text{ தைன்.}$$

= ஒரு சது. ச. மீ. இற்கு $1{\cdot}88 \times 10^{12}$ தைன்.

2 கி. கி. உண்டாக்குஞ் சராசரி நீட்சியை எடுத்து, வரும் பெறுமானத்தை மிள்சத்திக் குணகத்தைத் துணிதற்குப் பயன்படுத்துதல் வேண்டுமென்று பலகாற் கூறப் படுதலுண்டு. அவ்வாறு செய்தற்கு ஈற்று நிரலுக்கு முந்திய நிரலில் அடுத்துள்ள எண்களின் வித்தியாசங்களை எடுத்து அவற்றைக் கூட்டிச் சராசரி காணப்படும். இஃதெவ்வாறாயினும், இந்த முறைப்படி, ஆறு நோக்கற்பேறுகளை எடுத்தலினால் வந்தெய்திய மேலதிகமான திருத்தம் யாதேனும் உண்டேல் அது முற்றுக அற்றுப்போக, முதலாம் நோக்கற்பேறு ஈற்று நோக்கற்பேறு இவையிரண்டிலும் பேறு முற்றுகத் தங்கியிருக்கும். இடையிலுள்ள நோக்கற்பேறுகள் எல்லாம் ஒருதரம்

நேராகவும் மறுதரம் எதிராகவுங் கணக்கிடப்படுகின்றனவாதலின், அவற்றின்விளைவினைற் பேறு தாக்கப்படமாட்டாது. இந்த அளவீடுகள் ஆறையும் **A, B, C, D, E, F,** என்பனவற்றைற் குறித்தால், **A − B, B − C** முதலாய அடுத்துள்ள வித்தியாசங்களின் சராசரி

$$\frac{(A-B) + (B-C) + \ldots\ldots + (E-F)}{5} = \frac{A-F}{5}.$$

பேற்றிலுள்ள வித்தியாசம் பெரிதாக இருக்கக்கூடும் என்பதை இங்கே தரப்பட்டுள்ள மாதிரி நோக்கற்பேற்றுத் தொடரிற் காணலாம். எதிரேயுள்ள முறைப்படி 6 கி. கி. இற்குள்ள நீட்சி 0·537 ஆகவிருக்க, இந்த முறைப்படி அது 0·576 ஆக இருக்கின்றது.

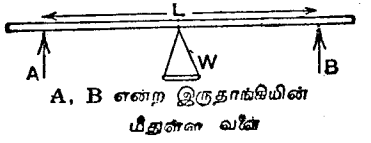
அட்டவணையில் அனுட்டித்த முறைப்படி, ஒவ்வாரு நோக்கற் பேறும் ஒரு முறைதான் கணகிடப்படுகின்றது. ஆதலினால், பெற்ற அளவீடுகள் **எல்லாவற்றிலுந்** தங்கியிருக்கின்ற இந்தப் பேறு அவ்வளவுக்குக் கூடிய திருத்தமுடையதாகும்.

அவதானிக்க வேண்டிய மற்றைக் காரியமாவது கம்பியின் நீளத்தை அளத்தலைப் பொறுத்தது. தராசுத்தட்டு A இற் பாரத்தை வைத்து முழுக் கம்பியும் ஈர்க்கப்படுகின்றது. ஆனால், தாங்குபுள்ளிக்கும் வேணியருக்கும் இடையிலுள்ள பாகத்தில் உண்டான நீட்சி மாத்திரந்தான் **அளக்கப்படும்.** ஆதலினால், **விகாரத்தைக்** கணக்கிடுதலில், இந்த நீளத்தையே பகுதியெண்ணுகப் பயன்படுத்துதல் வேண்டும்.

நன்கு அவதானிக்க.—**பரிசோதனைக்கு எடுத்துக்கொண்ட கம்பிக்கு ஏற்ற பாரங்களையே தெரிந்தெடுத்தல் வேண்டும்.**

வளைவடிவத் திரவியமொன்றுக்கு யங்கின் குணகம்

இந்தப் பரிசோதனைக்கு வேண்டிய ஆய்கருவியானது, குறுக்கே வளையைச் சுமத்தக்கூடிய இரண்டு கத்தியோரங்கள், வளையின் நடுவிலிருந்து தூக்கக் கூடியவொரு தராசுத் தட்டு அல்லது கொளுக்கி, வளையின் மையம் எவ்வளவுக்குத் தாழ்த்தப்படுகின்ற தென்பதைத் துணிதற்கு இசைவானவொரு பொறியமைப்பு என்னுமிவை மூன்றினாலும் ஆனது. உதாரணமாக, 1 கி. கி. இற்குள்ள இறக்கமானது மதிக்கக்கூடிய அளவுக்குப் பெரிதாக இருக்குமாறு கோல்மிகவும் மெல்லியவொன்றாக இருக்குமாயின், அதன் நுனியில் அல்லது அடியில்



A, B என்ற இருதாங்கியின் மீதுள்ள வளை

உரு. 60.—ஒரு வளைக்கு யங்கின் குணகம்.

உள்ள முகத்துக்கு எதிராகவிருக்கும் பிரிப்பை நோக்கி, மையத்தின் இறக்கத்தை அளத்தற்கு, கோலுக்கு நிலைக்குத்தாகப் பிறகே வைக்கப்பட்டுள்ளவொரு மீற்றரளவு கோலை உபயோகிக்கலாம். கொஞ்சம் விறைப்பானதாகக் கோலிருந்தால், இவ்வாறு போதுமான திருத்தத்துடன் அளக்கக்கூடிய வளைவை உண்டாக்குதற்கு மிகவும் பெரிதான விசைகள் தேவைப்படும். மட்டான விசைகளை உபயோகித்து, இறக்கத்தை அளத்தற்கு இதனிலும் நுண்மையான வொரு முறையைப் பயன்படுத்தல் விரும்பத்தக்கது. இவ்வாறு செய்தற்கு, கோலின் மையத்தொடு நிலைக்குத்தான அளவுகோலொன்றைத் தொடுத்து, அதனை நிலைப்படுத்தப்பட்டவொரு தாழ்வலு நுணுக்குக் காட்டியொன்று கொண்டு நோக்கலாம். கோலின் மையந் தாழ்த்தப்பட்டிருக்கின்றதாதலின், நுணுக்குக் காட்டியின் சார்பாக அளவுகோல் கீழ்நோக்கி அசைந்து போகும். வெவ்வேறு பாரங்களுக்கு நுணுக்குக் காட்டிக் கண்வில்லையின் குறுக்கு வெட்டுக் கம்பியோடு பொருந்தும் அளவுகோலின் அளவீடு எடுக்கப்படும். இவ்வாறு, கோலின் மையவிறக்கம் அளக்கப்படும். அன்றேல், நிலைத்தவொரு வேணியரின் மேலாக அளவுகோல் செல்ல, இவ்வாறு மத்திமமான திருத்தத்துடன் இறக்கத்தை அளக்கலாம்.

பரிசோதனை 49. ஒரு வளைக்கு யங்கின் குணகத்தைத் துணிதல்.—தராசுத் தட்டில் அல்லது கொளுக்கியில் வெவ்வேறு பாரங்களைப் பிரயோகித்து, அவற்றையொத்த வளைமையத்தின் நிலைகளைக் குறிக்க. பாரத்தைச் சமகணியங்களாற் கூட்டி, கூடுகின்ற பாரங்கள் குறைகின்ற பாரங்கள் இரண்டுக்கும் ஆறு அல்லது எட்டு நோக்கற் பேறுகளை எடுக்க. இடையூறின்றிக் கோல் தாங்கக்கூடிய அதியேற்றமான பாரத்தைப் பிரயோகிக்கப்பட்ட உயர்வுப்பாரம் அணுகலாமன்றி அதற்கு மேற்படக்கூடாது.

கம்பிக்கு யங்கின் குணகத்தைக் காண்பதற்கு நோக்கற் பேறுகளை அட்டவணைப் படுத்தியது போல இவ்விடத்தும் அட்டவணைப்படுத்தி, 6 கி. கி. இற்கு நீட்சியைத் துணிதற்கு, ஆங்கு விவரிக்கப்பட்டுள்ள முறைப்படி, பாரம் W இற்குச் சராசரியிறக்கம் y ஐக் காண்க.

கத்தியோரங்களுக்கு இடையிலுள்ள வளையின் நீளத்தையும், அதனோடு வளையின் அகலத்தையுந் தடிப்பையும் அளக்க.

இவற்றை முறையே L, b, d, என்போம். **செவ்வக வெட்டுமுகத்தை உடையவொரு சட்டத்துக்கு** மையவிறக்கம் y இற்கும், பாரம் W இற்கும், சட்டத்தின் பரிமாணங்களுக்கும் உள்ள தொடர்பை

$$y = \frac{WL^3}{4Eb d^3}$$

தருகின்றதென்று காட்டலாம். இங்கே, வளையின் திரவியத்துக்கு யங்கின் குணகம் E ஆகும்.

$$E = \frac{WL^3}{4bd^3y}$$

என்னுங் கோவையிலிருந்து யங்கின் குணகத்தைக் கணித்தறிக.

பாரங்கள் W_1, W_2, W_3 முதலியனவற்றை ஒத்த மையவிறக்கங்கள் y_1, y_2, y_3 முதலியனவற்றைப் பெற்று, அவற்றின் ஈவுகளான $\frac{W_1}{y_1}$, $\frac{W_2}{y_2}$, $\frac{W_3}{y_3}$, முதலியனவற்றின் சராசரியை $\frac{W}{y}$ இன் சராசரிப் பெறுமானமாகக் கொள்ளுதல் நோக்கற் பேறுகளைக்கொண்டு கணித்தல் செய்யும் வேறொரு முறையாகும்.

$$E = \frac{L^3}{4bd^3}\left(\frac{W}{y}\right)$$

என்னுங் கோவையில் $\frac{W}{y}$ இற்கு இதனைப் பிரதியிட்டு E கணிக்கப்படும்.

W ஐ தனிலும், சமன்பாட்டின் வலப்பக்கத்திலுள்ள கணியங்களைச் சதம மீற்றரிலுங் கூறுதல் வேண்டும்.

இவ்விதமான பரிசோதனைக்கு மேலதிகமான அப்பியாசங்களாகப் பின் வருவனவற்றைத் தருகின்றேம் :—

பரிசோதனை 50. தரப்பட்டவொரு பாரத்துக்கு ஒரு வளையின் மையவிறக்கமானது அதன் நீளத்தின் கனத்தின்படி நேராய் மாறுகின்றது.

தாங்குங் கத்தியோரங்களுக்கு இடையில் வெவ்வேறு தூரங்கள் இருக்க, ஒரே பாரத்துக்கு y ஐக் காண்பதனால் இதனைக் காட்டலாம் L_1, L_2, L_3 முதலியனவற்றுக்குச் சமமான இடைத்தூரங்களுக்கு இறக்கங்கள் y_1, y_2, y_3 முதலியனவாக இருந்தால், $\frac{y_1}{L_1^3}$, $\frac{y_2}{L_2^3}$, $\frac{y_3}{L_3^3}$ முதலியனவற்றின் பெறுமானங்கள் எல்லாம் ஒன்றாக இருத்தல் வேண்டும். ஒவ்வொரு தரமும், கத்தியோரங்களுக்கு நடுவிலுள்ள புள்ளியிற் பாரந்தாக்கிக்கொண்டிருத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 51. ஒரு செவ்வகவளையின் விறைப்பானது அதன் அகலத்துக்கும் அதன் தடிப்பின் (ஆழத்தின்) கனத்திற்கும் நேராய் மாறுகின்றது.

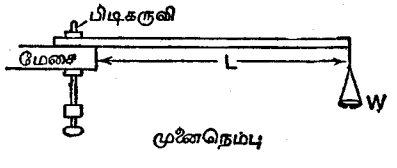
கத்தியோரங்கள் மாறுத இடைத்தூரம் உடையனவாக இருக்கவும், முதலாவதாகத் "தட்டை"ப் பக்கத்திலும், இரண்டாவதாக "ஓரத்திலும்" வளை ஒய்ந்திருக்கவும், ஒரேவளையின்மீது உஞற்றப்படும் ஒரே பாரத்துக்கு

y ஐக் காண்க. முதலாவதில் தட்டைப்பக்கமானது அகலம் (b) ஆகவும், புருவமானது ஆழம் (d) ஆகவும், இரண்டாவதில் இந்தக் கணியங்கள் ஒன்றுக்கொன்றுக மாற்றப்பட்டனவாகவும் இருக்கின்றன.

இரண்டிடத்தும், bd^3y இன் பெறுமானம் ஒன்றெனக் காட்டுக.

மூனெநெம்புக்கு யங்கின் குணகம்

மூனெநெம்பானது ஒரந்தத்தில் கிடையாக நிலைப்படுத்தப்பட்டுள்ளவொரு பாரம் ஏற்றப்பெற்ற வளையாகும்.



உரு. 61. ஒரு மூனெநெம்புக்கு யங்கின் குணகம்

எல்லையந்தத்திலிருந்து தொங்குகின்ற பாரம் W ஐ உடையதாகவாரு மூனெநெம்பு இருந்தால்,

$$y = \frac{4\,W\,L^3}{E b\,d^3}$$

என்னுஞ் சமன்பாடு, வளையின் வெட்டுமுகஞ் செவ்வகமாயின், அந்த அந்தத்தின் இறக்கம் y ஐத் தருகின்றது.

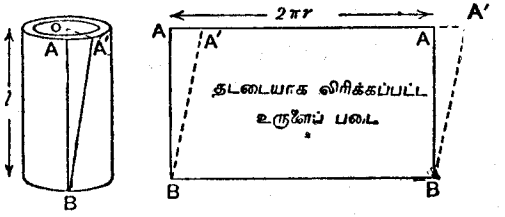
பரிசோதனை 52. மூனெநெம்புக்கு யங்கின் குணகத்தைத்துணிதல் ஒரு மேசையின்மீது, ஒரு மீற்றரளவுகோலின் ஓரத்தைப் பிடிகருவி கொண்டு, மேசையின் ஓரத்துக்கு அப்பால் ஏறக்குறைய 90 ச. மீ. இற்குக் கிடையாக அந்த அளவுகோல் நீண்டிருக்குமாறு, பிடிக்க. அளவுகோலின் எல்லையந்தத்திற் பல பாரங்களை வைத்து, அவைகள் ஒவ்வொன்றுக்கும் அந்தத்தின் இறக்கத்தை அளக்க. இரண்டு தாங்கிகள் தாங்கி நிற்கின்ற ஒரு வளைக்கென்று முன்பு விளக்கப்பட்டுள்ள முறைகளுள் ஒன்றை இந்த அளத்தலுக்குப் பயன்படுத்தலாம். மேசைக்கு அப்பாலுள்ள வளையின் நீளம், அகலம், தடிப்பு இவை மூன்றையும் அளக்க. மேற்காணுஞ் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி அந்தத் திரவியத்துக்கு (பொதுவாக கள்ளிப்பலகை) யங்கின் குணகப் பெறுமானம் E ஐ உய்த்தறிக.

§ 3. விறைப்புக் குணகம்

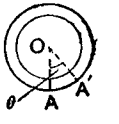
உருளைவடிவக் கம்பியொன்றின் திரவியத்துக்கு, விறைப்புக்குணகம்.

இந்த அதிகாரத்தில் இதற்கு முன்பு, அடியில் நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்க அதன் மேற்பக்க மேற்பரப்பின் மீது பரம்பியுள்ள வெட்டுத்தொடு விசை F தாக்குகின்றவொரு குற்றியை உதாரணமாகக் கொண்டு, விறைப்புக்

குணகத்துக்கு வரைவிலக்கணங் கூறப்பட்டிருக்கக் காணலாம். என்றாலும், இந்திய இரப்பர் ஒழிந்த வேறெந்தத் திரவியத்துக்கும் இவ்வாறு விறைப்புக் குணகத்தைத் துணிதல் சாத்தியமன்று. ஏனெனில், செய்முறையிற் பிரயோகிக்கக்கூடிய விசை F எதனையுங் கொண்டு உண்டாக்கக்கூடிய உருவழிவு d ஆனது மிகவுஞ் சிறிதாதலின் அதனை அளக்க முடியாது.



கம்பியைத் திருகுதல்—ஒரு கம்பியின் அந்த மொன்றில், மற்றையந்தம் நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்க, ஒரு விசைச் சுழலினையைப் பிரயோகித்தால்,



$AA' = r\theta$

உரு. 62. கம்பி யொன்றைத் திருகுதல்

திருகுகின்ற அந்த விசைச் சுழலினைக்கு விகிதசமமான கோணத்துக்கூடாக அந்தக் கம்பி திருகப்படும்.

ஒரே மையமுடைய பல மெல்லிய உருளைவடிவப் படைகளினாலானது அந்தக் கம்பியென்று கொள்ளலாம். கம்பி திருகப்படும்போது, இந்தப் படைகள் ஒவ்வொன்றும் வெட்டுத்தொடு விசைக்குக் கீழ்ப்பட்ட நிலையில் இருக்கின்றது. இவ்வாறு, தொடக்கத்தில் AB நெடுகேயுள்ள துணிக்கைப் படையொன்று, கோணம் θ இற்கு ஊடாக மேலந்தந் திருகப்படும்போது, புள்ளிக்கோடு A′B இற்குப் பெயர்க்கப்படுகின்றது (62 ஆம் உருவம்).

இந்த உருளைவடிவப் படையொன்றைத் தட்டையாக வருமாறு விரிக்கக் கூடுமேயானால், கம்பி திருகப்படாதிருக்கும்போது செவ்வக வடிவத்தையும், திருகப்பட்டபின்பு புள்ளிக்கோடிட்டுக் காட்டியிருப்பது போன்ற வடிவத்தையும் அது எடுக்கும் (A′BBA′).

திருகற்கோணம், கம்பியின் பரிமாணங்கள், திருகுவிசைச் சுழலினை இம் மூன்றுக்குமுள்ள தொடர்பை, l ச. மீ. நீளமும் a ச.மீ. ஆரையும் உடையவொரு கம்பியைக் கோணம் θ ஆரையனுக்கூடாகத் திருகுதற்கு வேண்டிய விசைச்சுழலினை C ஐ,

$$C = \frac{\pi n a^4 \theta}{2l}$$

தருகின்றதென்று கூறலாம்.

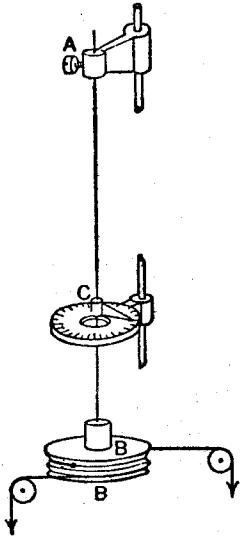
இவ்விடத்து, n என்பது கம்பியின் **விறைப்புக் குணகமாகும்.**

இனி, θ ஆரையன் $= \phi^\circ \times \frac{\pi}{180}$.

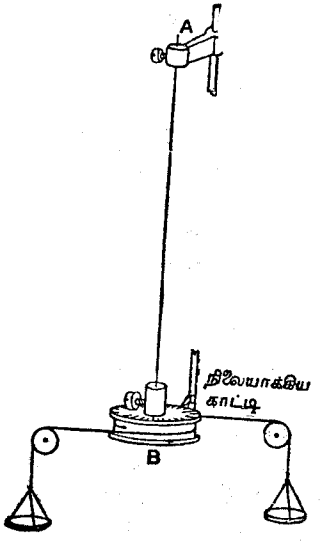
ஆகவே, $C = \frac{\pi n a^4}{2l}\left(\frac{\pi}{180}\phi^\circ\right)$, அல்லது $C = \frac{\pi^2 n a^4}{360 l}\phi^\circ$.

ஒரு கம்பியைத் திருகி அதன் விறைப்புக் குணகத்தைத் துணிதற்கு ஆய்கருவி

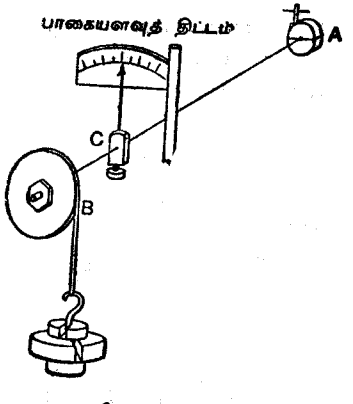
கம்பியை நிலைக்குத்தாக (63 ஆம், 64 ஆம் உருவங்கள்), அன்றேற் கிடையாக (65 ஆம் உருவம்) நிலைப்படுத்தலாம். இங்கே முற்றுகக் காட்



உரு. 63. அசைகின்ற காட்டியை உடைய விறைப்புக் குணக ஆய்கருவி.



உரு. 64. நிலைத்த காட்டியை உடைய விறைப்புக் குணக ஆய்கருவி.



உரு. 65. கிடையான கம்பியை உடைய விறைப்புக் குணக ஆய்கருவி.

படாத தாங்கு சட்டப்படலொடு விறைப்பாக ஒரந்தம் A உம் உறுதியாக வைத்திருப்பதற்காக ஏற்றவோர் உராய்வு தாங்கிக்கூடாகக் கப்பி B இன் நடுவில் மற்றையந்தமும் பிடிகருவிகள் கொண்டு பிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. கம்பியின் கப்பியந்தத்துக்கு அருகில் ஏற்றப்பட்டிருக்கும் பாகையளவு கோலொன்றின் மேலாக அசைகின்ற காட்டி C ஒன்றுண்டு. இதனைக் கொண்டு கப்பியின்மீது ஞெற்றப்பட்ட விசைச்சுழலிணைகளால், காட்டிக்கும் நிலைத்த அந்தத்துக்கும் இடையில், உண்டாக்கப்பட்ட திருகு கோணம் ϕ° ஐ உடனே அளந்தறியலாம். சில வேளைகளில் பாகையளவு கோலைக் கப்பியின்மீது ஏற்றி, நிலைத்த காட்டியை உபயோகிப்பர் (64 ஆம் உருவம்).

மாதிரிப் படங்களிற் காட்டியிருப்பதுபோல, கப்பியைச் சுற்றியிருக்கும் நாண்களில் தொங்குகின்ற நிறைகள் கொண்டு கம்பியைத் திருகுதற்கு விசைச்சுழலிணை பிரயோகிக்கப்படும். கிடையாகக் கம்பி பொருத்தப்பட்டிருக்குமிடத்து, காட்டியிருப்பது போல, ஒரு தனிவிசை மாத்திரம் வழக்கமாகப் பிரயோகிக்கப் படுகின்றதெனினும், கம்பி மீது "பக்க இழுப்பு" வந்துருவண்ணம், சமாந்தரக் கோடுகள் நெடுகே எதிர்த்திசைகளில் தாக்குகின்ற இரண்டு சமவிசைகளே உபயோகித்தல் விரும்பத்தக்கது. உராய்வு தாங்கிக்கும் கம்பிக்குமிடையில் உராய்வைப் புகுத்துதலே "பக்க இழுப்பின்" விளைவாகும். திருகும் விசைச் சுழலிணை தாக்கக் கட்டின்றிக் கம்பி திரும்புதலை ஓரளவுக்கு இந்த விளைவு தடுக்கின்றது.

விட்டம் D ஆகவுள்ள கப்பியைச் சுற்றிப் போகின்ற நாண்களிலிருந்து தொங்குகின்ற சமதிணிவுகள் M இனற் கம்பியின்மீது ஞெற்றப்படுகின்ற திருகு விசைச்சுழலிணையை,

$$C = MgD$$

தருகின்றது.

ஒரு தனி நாணை உபயோகித்தால்—

$$C = \frac{MgD}{2}.$$

$$C = \frac{\pi^2 a^4 n}{360 l}\,\phi^\circ$$

என்று இதற்குமுன்பு கண்டுகொண்டோமாதலின், சமதிணிவுகள் M ஐத் தாங்கியிருக்கின்ற இரண்டு நாண்கள் கப்பியோடு பொருத்தப்பட்டிருக்குமிடத்து,

$$MgD = \frac{\pi^2 a^4 n}{360 l}\,\phi^\circ \text{ ஆகும்.}$$

இதனிலிருந்து பெறப்படுவது—

$$n = \frac{360 lgD}{\pi^2 a^4}\left(\frac{M}{\phi^\circ}\right).$$

கப்பியொடு ஒருதனி நாண் பொருத்தப்பட்டிருக்க, அந்த நாணில் பாரம் M தொங்குகின்றதாயின்,

$$C = \frac{MgD}{2} = \frac{\pi^2 a^4 n}{360 l}\ \phi^\circ,$$

அல்லாமலும்

$$n = \frac{180 lgD}{\pi^2 a^4}\left(\frac{M}{\phi^\circ}\right).$$

பரிசோதனை 53. ஒரு கம்பியின் விறைப்புக் குணகத்தைத் துணிதல்.— திருகும் விசைச்சுழலிணை தாக்காதிருக்கும்போது, காட்டி C இன் **பூச்சிய அளவீட்டை,** அல்லது பாகையளவுகோல் மீதுள்ள காட்டியினளவீட்டைக் குறிக்க. நாண்களிற் பல்வேறு பாரங்களைத் தூக்க உண்டாகும் ஒத்த திருகல்களையுங்குறிக்க. பாரங்களைச் சமபடிகளால் மூடிவுவரையுங் கூட்டுதல் வேண்டும். கப்பியை இரண்டு நாண்கள் கொண்டு திருகினால், அவற்றொடு தொடுக்கப்பட்டிருக்கும் பாரங்கள் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருத்தல் வேண்டும். திருகற்கோணத்தின் அளவீடுகளை, விசைச்சுழலிணையைக் கூட்டும்போதும், பின்பு பாரங்களை வெளியே எடுக்கும்போதும், அந்த விசைச் சுழலிணைப் பெறுமானங்களுக்கே, அளவீடுகளை எடுக்க.

விசைச் சுழலிணையைக் குறைக்கும்போது எடுத்த நோக்கற்பேறுகளை அதைக் கூட்டும்போது எடுத்த நோக்கற்பேறுகள் ஒத்திராவிடில், மீள்சத்தியெல்லைக்கப்பாற் கம்பி திருக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்; அன்றேற் கம்பியைப் போதுமான அளவுக்கு உறுதியாகப் பிடிகருவிகள் பிடித்திருக்கவில்லையாயின் பிடிகருவிகளினுள்ளே அது சற்றுத்திரும்பியிருத்தல் வேண்டும்.

கப்பி **B** இன் விட்டத்தையும், திருகப்பட்ட கம்பியின் ஆரையையும், கம்பியின் நிலைப்படுத்தப்பட்ட அந்தத்துக்குங் காட்டிக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் **AC** ஐயும் அளக்க. கீழ்க் காணுமாறு நோக்கற் பேறுகளை அட்டவணைப்படுத்துக :—

ஒவ்வொரு நாணிலு முள்ள பாரம் **M**	திருகற் பாகை ϕ		சராசரித் திருகல் ϕ^0	$\frac{M}{\phi^0}$
	M கூடும்போது	**M** குறையும்போது		

சராசரி $\frac{M}{\phi^0}$ = ...

A இலிருந்து **C** வரை கம்பியின் நீளம் = l = ... ச.மீ.
கம்பியின் ஆரை (4 இன் சராசரி) = a = ... ச.மீ.
கப்பி **B** இன் விட்டம் = **D** = ... ச.மீ.

விரும்பினால், கம்பியொன்றினது யங்கின் குணகத்தைத் துணிதலை விவரித்தலிற் கூறப்பட்டிருப்பதுபோல, **M** இற்குச் சமமான தொங்கு திணிவுகளின் அதிகரிப்பை ஒத்த ϕ^0 இன் சராசரிப் பெறுமானத்தைக் காணலாம்.

மேலே n இற்குத் தரப்பட்டுள்ள ஏற்ற சமன்பாட்டில் M/ϕ^0 இன் சராசரிப் பெறுமானத்தைப் பிரதியிட்டு n இன் பெறுமானத்தைக் காண்க.

M ஐக் கூட்டிக் கொண்டு போக, திருகற் கோணம் ϕ^0 மாறும்விதத்தை காட்டுமொரு வரைப்படம் வரைக.

ஒரு வில்லுக்கு அளவுகோடு வரைதலும் அளவுகோடு வரையப்பெற்ற வில்லைத் தராசாக உபயோகித்தலும்

நீட்சிக்கு இழுவிசை விகிதசமமென்று கூறுகின்ற ஊக்கின் விதியானது, மேலே எடுத்துக்கொண்ட விகாரங்களளவு எளிதானதன்றுக ஒரு பொருளில் உண்டாக்கப்பட்ட விகாரம் இருக்குமிடத்தும், பொதுவாகப் பொருந்தும்.

சுருளியின் அச்சு நெடுகே ஓரிழுவிசை தாக்குகின்ற சுருளிவில்லானது இந்த வகைக்குரிய ஒருதாரணமாகும். அதனிற் பிரயோகிக்கப்பட்ட விசைக்கு அளவுகோல் நெடுகேயுள்ள வில்லின் நீட்சியைக் காட்டுகின்ற குறிகாட்டியின் அசைவு திருத்தமான விகிதசமமாக இருக்கும்.

ஒரு **விற்றராசுக்கு** அளவுகோடு வரைதலே இந்தப் பரிசோதனையின் நோக்கமாகும்; அதாவது அளவு கோலிலுள்ள புள்ளி எதுவாயினும் அதற்குக் குறிகாட்டி வருமளவும் வில்லை நீட்டுதற்கு வேண்டிய விசையைத் துணிதலாகும் அதன் நோக்கம். வில்லின் அச்சு நிலைக்குத்தாகவும், அதன் கீழந்தத்திலுள்ள ஒரு பாரங் காரணமாக விசையுமுள்ளன.

பரிசோதனை 54. ஒரு விற்றராசுக்கு அளவுகோடு வரைதல்.— சுருளி வில்லொன்றின் அந்தமொன்றேடு தொடுக்கப்பட்டவோர் அந்தத்தையுடையதும் மரத்தினால் அல்லது உலோகத்தினால் ஆனதுமான சட்டமாகும் வழக்கமாக இதற்கு உபயோகிக்கப்படும் ஆய்கருவி. சட்டத்தோடு நன்கு பொருத்தப்பட்டிருக்கும் ஓரளவு கோல்மீது அதனை மட்டுமட்டாகத்தொட்டுக் கொண்டு கட்டின்றி அசைகின்றவொரு குறிகாட்டி மற்றையந்தத்திலுண்டு. வில்லின் அந்தத்தில் தொடுக்கப்பட்டிருக்குமொரு கம்பியின் அந்தத்திற் சிறியவொரு தராசுத் தட்டுத் தொங்கியிருக்கும்.

வில்லுந் தராசுத்தட்டும் நிலைக்குத்தாக இருக்குமாறும், அளவுகோலை மட்டுமட்டாகக் குறிகாட்டி தொட்டுக்கொண்டிருக்குமாறுஞ் சட்டப்படலை நிலைப்படுத்தி, பூச்சிய அளவீட்டை, அதாவது வில்லிற் பாரமேதும் பிரயோகிக்கப்படாதிருக்கும்போதுள்ள அளவீட்டை, குறித்துக்கொள்க.

அதன்பின்னர், படிப்படியாகக் கூடிக்கொண்டு போகின்ற பாரங்களுக்குக் குறிகாட்டியின் நிலையளவீடுகளை எடுத்து, வந்த பேறுகளை அட்டவணைப் படுத்துக.

மீள்சத்தியெல்லையைக் கடக்காது அவதானமாக இருத்தல் வேண்டும். அளவுகோலுக்கு அப்பாற் குறிகாட்டி போகும் அளவுக்கு வில்லினை ஒரு போதும் ஈர்க்கலாகாது. ஏனெனில், எவ்வளவுக்கு உயர்வு நீட்சிக்கு இடங்கொடுக்கலாமோ கிட்டத்தட்ட அவ்வளவுக்கு அளவுகோலின் நீளம் வழக்கமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

பாரத்தைக் கிடைத்தூரமாகவும் அளவுகோலளவீட்டை நிலைத்தூரமாகவுங் கொண்டு சதுரக்கோட்டுத் தாளில் நோக்கற் பேறுகளைக் குறிக்க. எவ்வளவுக்குப் பெரிதான அளவுத்திட்டத்தின்படி வரைப்படத்தை வரையக்கூடுமோ அவ்வளவான அளவுத்திட்டத்தின்படி வரைக.

பாரத்துக்குச் சரிவிகிதசமமாக விகாரம் இருந்தால், ஒரு நேர்கோட்டில் குறித்த புள்ளிகள் கிடத்தல் வேண்டும். நோக்கிப்பெற்ற புள்ளிகளுக்கு இடையாகப் போகுமொரு நேர் கோட்டை வரைக.

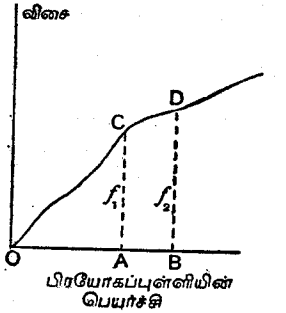
அறியாத பாரத்தைத் துணிதற்கு வரைப்படத்தை இப்போது பயன்படுத்தலாம். வில்லோடு தொடுக்கப்பட்டிருக்கும்போது பாரம் உண்டாக்கும் நீட்சியைக் கண்டு, நோக்கிக் கண்ட அளவு கோலளவீட்டை ஒத்த பாரத்தை வரைப்படத்தில் வாசித்தறிக.

பரிசோதனை வேலையிற் பயன்றரும் பல கருமங்களுக்கு இவ்விதமான விற்றராசு உதவுகின்றது. எடுத்துக்கொண்ட கருமத்துக்கு இசைவான பரிமாணங்களுக்கிணங்க ஏற்ற திரவியத்தினால் அமைக்கப்பட்டிருந்தால், அவதானமாகக் கையாளுமிடத்து மதிக்கத்தக்க திருத்தமுடைய பேறுகளை அது தரக்கூடும். மீள்சத்திப் பொருளொன்றில் உறைந்திருக்குஞ் சத்தியைக் காண்பதற்கும் (55 ஆம் பரிசோதனை), மேற்பரப்பிழுவிசையைத் துணிதற்கும், அலையுந் தொகுதிகளோடு நடத்தும் இயக்க விசையியற் பரிசோதனைகளுக்கும் (70 ஆம் பரிசோதனை), கவர்ந்த இரும்பம்பியர்மானியை அமைப்பதற்கும் (221 ஆம் பரிசோதனை) அதனைப் பயன்படுத்தலாம்.

இந்த ஆய்கருவியின் திரிபுவடிவமொன்றில் (**சொல்லித் தராசில்**), நிலைத்த குறிகாட்டிக் கோட்டுக்கு, வில்லின் கீழ்ந்தத்தோடு தொடுக்கப்பட்டுள்ள காட்டி திரும்பி வருமளவும், நோக்குவோன் ஆளுகின்ற ஏற்ற வொரு பொறியமைப்பினால் உயர்த்தப்படுவது வில்லின் மேலந்தமேயாகும். நுனி உயர்த்தப்படுந் தூரத்தை கருவியின் அளவுகோட்டில் வாசித்தறியலாம். காட்டி ஊடாகச் செல்லுகின்றவொரு கண்ணுடிக்குழாயின் **உள்ளே** வரையப்பட்டுள்ள கிடையானவொரு வட்டமாக நிலைத்த மாட்டேற்றுக்கோடு இருக்கலாம். வில்லின் அடியோடு தொடுக்கப்பட்டிருக்குஞ் சிறியவொரு தட்டின் மீது வரைந்துள்ள கிடைக் கோடாகக் காட்டி இருக்கலாம். பரிசோதனையை நடத்துவோனுக்கு இலேசாக எட்டக்கூடியதாக இன்னுங் கீழே தராசுத்தட்டுத் தொங்கியிருக்கும்.

§ 4. விகாரப்பட்டவொரு பொருளின் சக்தி

ஒரு விசையினால் ஒரு பொருள் உருவழிந்தால், நிசமானவொரு தூரத்துக்கு அந்த விசை தாக்கிவிட்டது. இவ்வாறு, நிசமான ஒரு கணிய வேலையை அந்தப் பொருளின்மீது அந்த விசை செய்துவிட்டது. **விகாரச்சத்தியாக இந்த வேலை பொருளில் உறைந்திருக்கின்றது. ச. கி. செ. வேலையலகான ஏக்குக்கு 1 ச.மீ. இற்கு 1 தென் விசையானது தனது பிரயோகப்புள்ளியை இயக்கிச் செலுத்தும்போது செய்த வேலை** என்று விரைவிலக்கணங் கூறப்படும்.



உரு. 66. ஒரு பொருளை விகாரப் படுத்துதலிற் செய்யப்படும் வேலை.

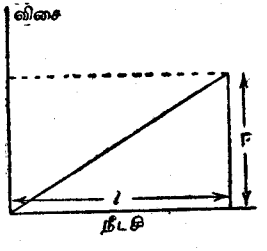
மெல்லவாகப் பிரயோகிக்கப்பட்ட **F** தைன் விசை யொன்றினால் l ச.மீ. இற்கு ஒரு கம்பி ஈர்க்கப்பட்டபோது, அந்தத் தூரம் l முழுதுக்கும் அந்த விசை **F** தாக்கினதென்றும், ஆதலினால் அது செய்த வேலைக் கணியமாகிய Fl எக்கு, கம்பியின் விகாரமடைந்த நிலை காரணமாக, அந்தக் கம்பியில் உறைந்திருக்கின்றதென்றும் எடுத்தாற்போல் தோற்றக்கூடும். என்றாலும், உள்ளபடி நீட்சி l முழுதும் உண்டாகுமட்டுங் கம்பியின் மீது விசை **F** முழுதுந் தாக்குவதில்லை. கம்பியின்மீது **மெல்லவாக** அது பிரயோகிக்கப்பட, தொடக்கத்தில் அதன் பெரும் பாகத்தைப் பரிசோதனை நடத்துவோன் தாங்குகின்றான்; ஒரு சிறு பாகம் மாத்திரங் கம்பியைத் தாக்கத் தக்கதாக இருக்கும். கம்பி ஈர்க்கப்படுகையில், பரிசோதனை நடத்துவோன் எடுக்கும் விசைப்பாகங் குறைந்துகொண்டு போகும். இவ்வாறு, ஈற்றில் முழு விசையையுங் கம்பி தாங்குமாறு அதன் நீட்சியானது முழுக்கணியம் l ஐ அடையுமட்டும், ஓயாது கூடிக்கொண்டு போகும் விசைப்பாகத்தைக் கம்பி தாங்குகின்றது.

விசை **F** தாக்கிக் கொண்டிருந்த போது, Fl எக்குக்குச் சமமான வேலையை அது செய்தது என்பதற்கு ஐயமில்லை. ஆனால், மெல்லவாக விசையைப் பரிசோதனை நடத்துவோன் தொழிற்படவைத்தலில் அதனொரு பாகஞ் செலவிடப்பட்டதனால், மொத்த வேலை Fl இன் ஒரு பாகந்தான் கம்பிமீது செய்யப்பட்டது. உள்ளபடி முழுச் சத்தி Fl இன் **அரைவாசி** தான் ஒவ்வொன்றிலுஞ் செலவழிந்தது.

66 ஆம் உருவத்தில் வளைகோடு காட்டுகின்றபடி தனது பிரயோகப்புள்ளியின் பெயர்ச்சியோடு மாறுகின்ற கணியத்தை உடையவொரு மாறுகின்ற விசை செய்கின்ற வேலையைப் பற்றிச் சிந்திப்போம். இந்த வளைகோட்டிலிருந்து பெறப்படும் பேறுகளைப் பொதுப்பட உண்மையானவை என்று கொள்ளுமாறு, ஒழுங்கற்றதாக அது வரையப்பட்டிருக்கின்றது.

A இற் பிரயோகப்புள்ளி இருக்கும்போது அந்த விசை பருமன் $f_1 = AC$ ஐ உடையது. அதனை B இற்குப் பெயர்த்தலில் அந்த விசையானது அதன் பெறுமானம் $f_2 = BD$ இற்கு வளருகின்றது. இந்தப் பெயர்ச்சி நிகழும்போது எதுவோவொரு கணியம் $\overline{f}$ (கீறிட்ட f எனப்படும்) இற்கு அந்த விசையின் சராசரிப் பெறுமானஞ் சமமாக இருக்கும். AB மிகச் சிறிதாயின், அண்ணளவாக $\overline{f} = \frac{f_1 + f_2}{2}$. இந்தப் பெயர்ச்சியிற் செய்யப்பட்ட வேலை $\overline{f} \times AB$ இற்குக் கிட்டத்தட்டச் சமமாகும். எடுத்துக் கொண்ட நிலைத்தூரங்களுக்கு இடையில் வளைகோட்டின் கீழுள்ள பரப்பு ABCD அதனைக் குறிக்கின்றது.

வேறெந்தப் பெயர்ச்சியிலேனுஞ் செய்யப்பட்ட வேலையானது, இதுபோல, கோட்டின் கீழுள்ள ஒத்த பரப்புக்குச் சமமாக இருக்கும். எனவே, **பெயர்ச்சி எதுவாக இருப்பினும், அது வரையுஞ் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையானது உற்பத்தியிலிருந்து, எடுத்துக்கொண்ட புள்ளியிலுள்ள நிலைத்தூர நேர்கோடுவரையும், வளைகோட்டின் கீழுள்ள பரப்புக்குச் சமமாகும்.** விசை எவ்வாறு மாறினாலும், விசைப் பெயற்சி வரைப் படம் எதற்கும் இந்த விதி உண்மையானது.



உரு. 67.
ஒரு கம்பியில் விகாரச் சத்தி.

விகாரங்களைப் பொறுத்தமட்டில், உண்டாக்கப்பட்ட நீட்சிக்கு அதை உண்டாக்கும் விசை விகித சமமானதாதலின், இலட்சிய விசைப் பெர்ச்சி வளைகோடு ஒரு நேர்கோடாக இருக்கும். தரப்பட்ட பெயர்ச்சி எதனையும் ஒத்த நிலைத்தூர நேர்கோடு வரையும் வளைகோட்டின் கீழுள்ள பரப்பு முக்கோண வடிவமாக இருக்கும். அது $\frac{1}{2} Fl$ ஆகும் (67 ஆம் உருவம்).

ஆகவே, நீட்சி l ச.மீ. ஐ விசை F உண்டாக்கும்போது கம்பியிலுள்ள விகாரச்சத்தி $\frac{1}{2} Fl$ இற்குச் சமமாக இருக்கும்.

கம்பியிலுள்ள விகாரச் சத்தியை E இனாற் குறித்தால்,

$$E = \frac{1}{2} Fl = \frac{1}{2} \text{ ஈர்க்கும் விசை} \times \text{நீட்சி}.$$

சாதாரணமானவொரு நேரான கம்பியைப் பொறுத்தமட்டில், எளிதானவொரு பரிசோதனையை நடத்தி $E = \frac{1}{2} Fl$ என்று நிறுவுதல் சாத்தியமன்று. ஆனால், சுருளி வில்லொன்றைப் பொறுத்தமட்டில் இந்தக் கூற்றின் உண்மையை எளிதில் நிரூபிக்கலாம்.

ஒரு சுருளிவில்லில் உறைந்து கிடக்குஞ் சத்தியானது அது ஞற்றும் விசையையும் அதனால் உண்டாகும் நீட்சியையும் ஒன்றையொன்றுற் பெருக்க வரும் பெருக்கத்தின் பாதிக்குச் சமமாகும்

ஒரு விசையை உறுதியாகப் பிரயோகித்தல்.—ஒரு கம்பிவில்லிலிருந்து ஒரு திணிவு M_1 ஐத் தூக்கி அதன் பாரம் கம்பியின் மீது படிப்படியாகத் தாக்கச் செய்தால் உறுதியானவொரு நீட்சி உண்டாகின்றது. அந்த நீட்சியை l_1 என்போம். வில்லின் அந்தத்தில் அந்தத் திணிவு இயக்கமின்றி இருத்தலினால், வில்லினால் இப்பொழுது ஞற்றப்படும் விசை $M_1 g$ இற்குச் சமமான விசை F_1 ஆகும்.

இப்பொழுது விகாரச் சத்தியாக வில்லில் உறைந்திருக்குஞ் சத்தியை $E_1 = \frac{1}{2} F_1 l_1$ தருகின்ற தென்று காட்டவிரும்புகின்றோம்.

ஒரு விசையைச் சடுதியாகப் பிரயோகித்தல்.—சிறியவொரு மேடை தாங்குகின்ற திணிவு M_2 ஐச் சற்றேனும் விகாரமுறுதவொரு வில்லின் அந்தத்தில் இலேசாக ஒய்ந்திருக்க விட்டிருக்கின்ற தென்று கற்பனை செய்க. இந்த மேடையை மிக்க சடுதியாக நீக்கிவிட்டால், திணிவு M_2 இன் பாரம் முழுவதும் வில்லை உடனே தாக்குகின்றது. வில்லானது ஈர்க்கப்பட, விழுகின்ற திணிவு இழக்கின்ற நிலைப்பண்புச் சத்தியின் ஒரு பாகம் திணிவின் இயக்கப்பண்புச் சத்தியாகவும், மிகுதியானது வில்லின் விகாரச் சத்தியாகவும் மாற்றப்படுகின்றன. கொஞ்சத் தூரம் அந்தத் திணிவு இறங்கிய பின்னர் அதனிறக்கம் ஆறத்தொடங்கி, முடிவில் தூரம் l_2 இற்கு அது இறங்கிக் கணப்பொழுது ஒய்ந்திருக்கின்றது.

இப்பொழுது அதற்கு இயக்கப் பண்புச்சத்தியில்லை. ஆதலினால், **அந்தத் திணிவு ஒய்வு நிலைக்கு வந்த அந்தக் கணத்தில் விழுகையில் அது விழுந்த நிலைப்பண்புச்சத்தி முழுவதும் விகாரச்சத்தியாக வில்லில் உறைந்துவிடுகின்றது.**

இந்தத் தூரத்துக்கு விழுதலில் அந்தத் திணிவு இழந்த நிலைப்பண்புச் சத்தி $M_2 g l_2$ ஆகும். ஆதலினால், வில்லைத்தூரம் l_2 இற்கு ஈர்க்கும்போது, அதனில் உறைகின்ற விகாரச் சத்திக் கணியம் $M_2 g l_2$ எக்கு என்று அறிவோம்.

இந்தத் திணிவு M_2 இன் சடுதியான வீழ்ச்சியானது உறுதியாகப் பிரயோகிக்கப்பட்ட திணிவு M_1 உண்டாக்கும் நீட்சிக்குச் சமமான உயர்வு நீட்சியை உண்டாக்குமாறு அதைச் செப்பஞ் செய்தால், $E = \frac{1}{2} Fl$ என்னுஞ் சமன்பாட்டின் உண்மையைச் சோதித்தறியலாம். எனெனில், l_1 அல்லது l_2 இற்குப் பதிலாக l ஐ எழுதினால், ஒன்றுக்கொன்றிவை சமமாதலின், வில்லின் சத்தி (E_1) ஆனது $M_2 g l$ உம், வில்லிலுள்ள இழுவிசை $F_1 = M_1 g$ உம் ஆகவிருக்கும். ஆதலினால், $M_2 = \frac{1}{2} M_1$ ஆயின், ஒரு விசை F இனாற் கணியம் l நீட்டப்பெற்று விகாரமுற்றவொரு பொருளின் சத்தி $\frac{1}{2} Fl$ இற்குச் சமமென்று பரிசோதனை முறைப்படி வாய்ப்புப் பார்த்து விட்டோம்.

பரிசோதனை 55. சுருளிவில்லொன்றின் சத்தியைத் துணிதல்.—சுருளி வில்லிலிருந்து தராசுத்தட்டை நீக்குக. [நீக்காவிடில், அதன் திணிவை M_1, M_2 இரண்டோடுஞ் சேர்த்துக்கொள்க]. மெல்லவாகப் பிரயோகிக்குமிடத்து வில்லைக் கிட்டத்தட்ட அளவுகோலின் அந்தம் வரையும் ஈர்க்கத் தக்க வொரு பாரத்தைப் பிரயோகிக்க. உறுதியான நீட்சியையும், உபயோகித்த திணிவு M_1 ஐயுங் குறிக்க.

வில்லைத் தாங்கியுந் தாங்காத புள்ளியிலிருந்து இன்னொரு திணிவு M_2 ஐச் சடுதியாக விழச்செய்த போது, பாரம் M_1 இனால் வில்லில் உண்டாக்கப்பட்ட உறுதியான நீட்சிக்கு அதன் முதலாவது சடுதியான நீட்சி சமமாக இருக்குமாறு அதைச் செப்பஞ் செய்க.

வேறான பல நீட்சிகளை உண்டாக்கி இந்த நோக்கல்களை மீட்டுஞ் செய்க. இவ்வாறு பெற்ற பேறுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்துக :—

நீட்சி l ச.மீ.	நீட்சியை உண்டாக்குதற்கு வேண்டிய பாரம்		$\frac{M_2}{M_1}$
	(*a*) உறுதியாகப் பிரயோகிக்கப்பட்ட, M_1 கி. நிறை	(*b*) சடுதியாகப் பிரயோகிக்கப்பட்ட, M_2 கி. நிறை	
10·3	107	52	0·486
8·4	87	45	0·517
6·5	67	33	0·493
4·5	47	25	0·532
2·6	27	15	0·555

அண்ணளவாக 0.5 இற்கு M_2/M_1 சமமெனக் காணலாம். சிறு திணிவுகளுடனுஞ் சிறு நீட்சிகளுடனும் பெறுந் திருத்தமானது, அவை பெரிதாக விருக்கப் பெறுந்திருத்தத்திலும், மிகச் சிறிதாக இருக்கும். ஏனெனில், முன்னதிலுள்ள நோக்கல்வழுக்களின் பெறுமானம், ஒப்புநோக்கில், பின்னதிலுள்ளனவற்றின் பெறுமானத்திலும் பெரிதாக இருக்கும். அளவீட்டை எடுத்தலில் எழக்கூடிய வழுக்களானவை எப்பொழுதுங் கிட்டத்தட்ட ஒன்றேயாக இருக்க, அளந்த மொத்தக் கணியங்கள் சிறியனவாக இருக்குமிடத்து, பெரிதான **விகிதசமப்**பெறுமானம் அவற்றுக்குண்டு.

இவ்வாறு (பரிசோதனை வழுவின் எல்லைக்குள்ளே), M_2/M_1 ஆனது 0·5 இற்குச் சமமாக இருத்தலினால், $E = \frac{1}{2} Fl$ என்னுங் கூற்றை இந்தப் பரிசோதனை நிரூபிக்கின்றது.

அதிகாரம் VIII

இயக்கவிசையியல்

§ 1. இயக்கவிதிகள்

இதுகாறும் ஓய்வு நிலையிலுள்ள சடப்பொருளைப்பற்றிப் பெரும்பாலுஞ் சிந்தித்தோம்; அவ்வாறில்லாது இயக்கம் நிகழும் வண்ணம் விட்ட பொழுது அவ்வியக்கத்தின் விளைவுகளை ஆராய்ந்தோமேயன்றி இயக்கத்தை ஆராயவில்லை. இயக்க விசையியல் என்னும் பிரிவில், இயக்கத்தையும் அதனோடு இயக்கத்தை உண்டாக்குகின்ற விசைகளையும் இயக்கப்பட்ட திணிவையும் பற்றி ஈண்டுச் சிந்திப்போம்.

எமது தசைநார்த் தொழிற்பாடு சம்பந்தமாக நாமனுபவிக்கும் பொறியுணர்ச்சிகளிலிருந்து விசை என்னுங் கருத்தைப் பெறுகின்றோம். சில வேளைகளில் நியூற்றனின் முதலாம் இயக்க விதியானது, ஒரு பொருளின் ஓய்வு நிலையை அன்றேல் அதன் ஒரு தன்மைத்தான இயக்கநிலையை மாற்றும் இயல்பையுடையது என்னும் விசையின் வரைவிலக்கணத்துக்குச் சமானமானதென்று கருதப்படுகின்றது.

நியூற்றனின் இரண்டாம் இயக்க விதியின் கூடக்குறைய நேரான பிரயோகம், அல்லது அந்த விதி கூறுகின்ற கணியங்களுள் ஒன்றை அல்லது பலவற்றைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியே இயக்கவிசையியல் முழுதும் எனலாம்.

நியூற்றனின் இரண்டாம் இயக்கவிதி

ஒரு பொருளை ஒரு விசை தாக்கும்போது அதற்குள்ள இயக்கக்கணிய மாற்றமானது அந்த விசையின் பருமனுக்கும் அது தாக்குகின்ற நேரத்துக்கும் விகிதசமமாகும். விசையின் தாக்கத்திசையிலேயே இந்த மாற்றம் நிகழும்.

இயக்கக் கணியம் அல்லது திணிவுவேகம்.—ஒரு பொருளுக்குள்ள இயக்கக் கணியத்தை அதன் திணிவுவேகம் என்பர். பொருளின் திணிவை அதன் வேகத்தாற் பெருக்க வரும் பெருக்கம் என்று திணிவுவேகத்துக்கு வரைவிலக்கணங் கூறுவர்.

ஒரு பொருளின் திணிவு வேகத்துக்குத் திசைமாத்திரமன்று பருமனும் போக்கும் உண்டாதலின், **திணிவுவேகமானது ஒரு காவிக்கணியமாகும்.**

நியூற்றனின் இரண்டாம் விதியை, விசைக்குத் திணிவு வேகமாறுகை வீதம் விகிதசமம் என்று மாற்றிக் கூறலாம்.

திணிவு வேகமாற்ற வீத அலகை விசையலகு உண்டாக்குகின்றது என்பது, அல்லது

விசை = திணிவு வேகமாற்ற வீதம்

என்பது பெறப்படுமாறு விசைக்கு வரைவிலக்கணங் கூறுகின்றோம்.

மாறுத திணிவையுடையவொரு பொருளை ஒரு விசை தாக்குனல், அதனால் உண்டாகும் வேகமாற்றத்தினால் மாத்திரந் திணிவுவேக மாற்றம் உண்டாகும். எனவே,

விசை = திணிவு × வேகமாற்ற வீதம்,

அல்லது முடிவாக,

விசை = திணிவு × வேகவளர்ச்சி

ச.கி. செ. விசையலகைத் **தைன்** என்பர் ; **மீ கி. செ.** அலகை **நியூற்றன்** என்பர் (2 ஆம், 113 ஆம் பக்கங்கள்).

திணிவுவேகக் காப்புத் தத்துவம்

இரண்டு பொருள்கள் **A** உம் **B** உம், **A** இன் தாக்கத்தினால் **B** இன் இயக்கம் மாற்றமுறுமாறும், இதற்கு மறுதலையாக நிகழுமாறும், ஒன்றையொன்று தாக்குனல், அவை யிரண்டும் மோதும் நிலையில் இருந்தன என்பர். ஒன்றையொன்று உள்ளபடி தொடுகின்ற நிலைக்கு அவை கட்டாயமாக வரவேண்டியதில்லை.

திணிவுவேகக் காப்புவிதி கூறுவது யாதெனில், **மோதுகை எதனையும் முழுதாக நோக்குமிடத்து, திணிவுவேக நயமேனும் அல்லது நட்டமேனும் இல்லை** என்பதே. தாக்கமும் எதிர்த்தாக்கமும் ஒன்றுக்கொன்று சமமானவையும் எதிரானவையும் என்று கூறுகின்ற நியூற்றனின் மூன்றும் இயக்கவிதியோடு இந்த விதி இணங்குகின்றது. உள்ளபடியான பௌதிகத் தொடுகையோடு நடத்தப்படும் பரிசோதனைகளையும், ஒரு நேர்கோட்டில் இயங்குகின்ற பொருள்களையும் மாத்திரம் எடுத்துக்கொண்டு, இந்த விதியின் பரிசோதனைமுறை எடுத்துக்காட்டை இங்கு விளக்குவாம்.

அசைகின்ற பொருள்களின் மொத்தத் திணிவு வேகத்தை ஆராயுமிடத்து, அவற்றின் இயக்கத் திசைகளையுந் திருப்புதிறன் பருமன்களையுங் கணக்கிடுதற்கு எடுத்துக்கொள்ளுதல் வேண்டும். ஒரே நேர்கோடு வழியே, இரண்டு பொருள்களானவை, வேகங்கள் v_1 உம் v_2 உம் உடையனவாய், ஒன்று இடது பக்கம் நோக்கிய வண்ணமும் மற்றையது வலது பக்கம் நோக்கியவண்ணமும், இயங்கிக் கொண்டிருக்கின்றனவாயின், அவற்றுள் ஒன்றுக்கு நேரான திணிவு வேகமும் மற்றதற்கு எதிரான திணிவு வேகமும் உண்டு. அவற்றின் மொத்தத் திணிவுவேகமானது அவை

யிரண்டுக்குமுள்ள திணிவு வேகங்களின் **அட்சரகணிதக் கூட்டுத்தொகை** ஆகும். எதுவேனுமொரு வழக்கை அனுட்டித்து, அந்த வழக்கை ஒரு பரிசோதனை முழுதிலும் பின்பற்றினால், எந்தத்திசையை நேர்திசையாகக் கொள்ளல் வேண்டும் என்பதைப்பற்றிச் சிந்திக்க வேண்டிய அவசியமேயில்லை.

முறையே v_1 உம் v_2 உம் ஆகிய வேகங்களுடன் ஒரே நேர்கோட்டில் இயங்குகின்ற இரண்டு திணிவுகள் m_1 உம் m_2 உம் ஒன்றெறொன்று மோதுதலைப்பற்றிச் சிந்திப்போம். மோதுகையின் பின் அவற்றுக்குள்ள வேகங்களை v_1' இனாலும் v_2' இனாலுங் குறிக்கலாம்.

முன்னுள்ள மொத்தத் திணிவு வேகம் = மோதுகையின் பின்னுள்ள மொத்தத் திணி வேகம்,

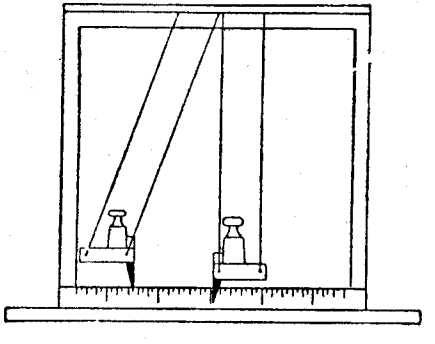
அல்லது, $$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2',$$

என்று திணிவுவேகக் காப்புவிதி கூறுகின்றது. வேகங்களை ஒரு திசையில் நேர் என்றும் மற்றைத் திசையில் எதிர் என்றுங் கொள்ளுதல் வேண்டும்.

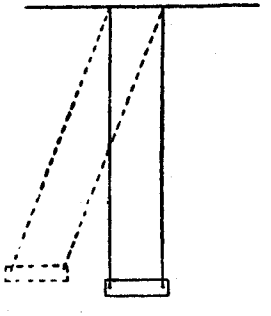
எறியியற்றராசு (Ballistic Balance)

திணிவுக்காப்பு விதியைப் பரிசோதனை முறைப்படி எடுத்துக்காட்டுதற்கு 68 ஆம் உருவத்திற் காட்டியுள்ள ஆய் கருவி அமைக்கப்பட்டுளது. கொள்கைப்படி. வேண்டப்படும் இலட்சிய நிலைமைகளைப் பூர்த்தியாக்குதல் மிக்க பிரயாசமான ஒன்றாகும்.

பெரிதான ஆரையை உடையவொரு வட்டத்தின் வில்லொன்றின் மேலாக அசையுமாறு நாண் கூட்டங்களினால், வழக்கமாக மரத்தினாற் செய்யப்



உரு. 68. இக்கின் எறியியற் றராசு.



உரு. 69. தராசுத் தட்டின் இயக்கம்.

பட்ட இரண்டு தராசுத்தட்டுக்கள் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கின்றன. ஊசலாடும் போது தராசுத்தட்டுக்களுக்குச் சற்றும் இயக்கம் இல்லாதிருக்குமாறும்,

எல்லா நிலைகளிலும் அவற்றின் மேற்பக்க மேற்பரப்புக்கள் இடையாகக் கிடக்குமாறும் அவை தொங்கியிருக்கச் செய்யும் அந்த நாண்களை ஒழுங்கு படுத்தல் வேண்டும் (69 ஆம் உருவம்).

ஒரு வடிவத்தில், ஆய்கருவியின் அடிக்குக் குறுக்கே நீண்டிருக்கும் அளவுகோலொன்றின் மேலாக அசைகின்ற காட்டிகளை வழங்கப்பெற்றும், அந்தக் காட்டிகளானவை அளவுகோலை அண்டியிருந்தும் அதனைத் தொடா திருக்குமாறும் ஆய்கருவி இருக்கும்.

பரிசோதனை 56. எறியியற்றராசு.—தராசுத்தட்டுக்கள் இரண்டிலும் அறிந்த திணிவுகளை வைத்து, இயங்கும் மொத்தத் திணிவைப் பல்வேறு விதமாக மாற்றலாம். கண்டிப்பாகக் கூறில், வைக்கின்ற திணிவு எதனையுந் தராசுத்தட்டோடு விறைப்பாகத் தொடுத்தல் வேண்டும். இப்படிச் செய்ய முடியாதாயின், ஒவ்வொரு தராசுத் தட்டின் "முகப்பிலும்" பொருத்தப் பட்டிருக்குங் கம்புக்கருகிற் சேர்க்கும் திணிவுகளை எப்பொழுதும் வைத்தல் வேண்டும். அப்படி வைக்காவிடில், தட்டுக்கள் ஒன்றையொன்று மோதும் போது இங்குமங்கும் அவை வழுக்கிப் பேற்றின் திருத்தத்தைக் குறைக்கும். இயங்குந் தொகுதியின் திணிவுகளைக் கணக்கிடும்போது, தராசுத் தட்டுக் களின் திணிவுகளாகிய m_1 ஐயும் m_2 ஐயுஞ் சேர்த்துக்கொள்ளுதல் வேண்டும்.

அறிந்தவொரு தூரத்துக்கு ஒரு தராசுத்தட்டைப் புறத்தே இழுத்துப் பின் விடுதலையாக்கினால், தொடக்கத்தில் அது பெயர்க்கப்பட்ட கிடைத் தூரத் துக்கு விகிதசமமான வேகத்துடன் தனது சமநிலையிடத்துக்கு அது திரும்பி வரும். இந்தக் கூற்றைப் பின்னர் நிறுவுவாம்.

தொடக்கத்தில் ஓய்வு நிலையில் உள்ளதென்று கொள்ளப்படும் இரண் டாந் தராசுத்தட்டை முதலாந் தராசுத்தட்டு வந்து மோதும்போது, அவை ஒவ்வொன்றினதும் வேகம் மாற்றமடைகின்றது.

ஒவ்வொரு தட்டும் மோதுகையின்பின் செல்லுகின்ற கிடைத்தூரத்தை நோக்கியறிந்து அததன் வேகத்தைத் துணிதல் வேண்டும். சிறப்பாகக் கூறப்படாத எழுந்தமானமான எவையேனும் அலகுகளில் கிடைத்தூரங்களை உள்ளபடியான வேகங்களாக மெய்யாகக் கொள்ளலாம். காட்டிகள் இரண் டையும் ஒரே முறையில் நோக்குதல் சாத்தியமன்றுதலின், ஒவ்வொரு பரிசோதனையையும் பலமுறை மீட்டும் மீட்டுஞ் செய்தல் வேண்டும். அப்படிச் செய்யும் போது, ஒரு பரிசோதனைத் தொடையில் முதலாங் காட்டியின் (மோதுகையின் பின்னுள்ள) உயர்வுக்கிடைப் பெயர்ச்சியை யும், மற்றைத் தொடையில் மற்றைக் காட்டியின் (மோதுகையின் பின்

னுள்ள) உயர்வுப் பெயர்ச்சியையுங் குறித்துக்கொள்ளுதல் வேண்டும். ஒவ் வொரு முறையும் தொடக்கப் பெயர்ச்சியும் திணிவுகளுங் கட்டாயமாக மாறுதிருக்கச் செய்தல் வேண்டும்.

பேறுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்துக :—

மோதுகையின்முன்			மோதுகையின்பின்							
திணிவு, m_1	வேகம் (பெயர்ச்சி), v_1	மொத்தத் திணிவு வேகம், m_1v_1	திணிவு, m_1	வேகம், v_1'	திணிவு வேகம், m_1v_1'	திணிவு, m_2	வேகம்; v_2'	திணிவு வேகம், m_2v_2'	மொத்தத் திணிவு வேகம், $m_1v_1' + m_2v_2'$	வழு %

தொடக்கத்தில் திணிவு m_2 ஓய்வுநிலையில் இருந்தபடியால், v_2 பூச்சிய மாகும். ஆகவே, தொடக்கத்திலிருந்த மொத்தத் திணிவு வேகம் $m_1 v_1$ ஐ மூன்றும் நிரலும், மோதுகையின் பின்னுள்ள மொத்தத் திணிவு $m_1v_1' + m_2v_2'$ ஐப் பத்தாம் நிரலுந் தருகின்றன.

இந்த நிரல்கள் இரண்டுக்குமுள்ள வித்தியாசத்தை இரண்டினுள் ஒன் றின் சதவீதமாகக் கூறி, ஒவ்வொரு நோக்கற் பேற்றுக் கூட்டங்களினதுஞ் சதவீத வழுவாக அதை ஈற்று நிரலில் எழுதுக.

இந்தப் பொருள்கள் இரண்டினதுந் திணிவுமையங்களைத் தொடுக்குங் கோடு நெடுகேயுள்ள தூய இடப்பெயர்ச்சியியக்கங்களை உடையனவாக அவை இருத்தலுமல்லாமல் இந்தக் கோடு நெடுகேயே மோதுகை நிகழவும் வேண்டும். மேலதிகமான திணிவொன்றை ஒரு தராசுத்தட்டினுட் சேர்க் கத் திணிவுமையம் நிலை மாறுகின்றதாதலின், சிறு தொகைத் திணிவுக ளோடு அவதானமாக நோக்கிப் பேறுகளைப் பெறுதல் நன்று.

மோதுகையின்பின் இரண்டு தராசுத் தட்டுக்களையும் ஒன்றோடொன்றைப் பூட்டுதற்குக் கவ்வியொன்றுள்ள ஆய்கருவி வகையில் தட்டுக்கள் இரண்டும் ஒரு பொது வேகத்துடன் இயங்கும் போது, $v_1' = v_2'$ ஆகவிருக்கும். இந்த வடிவத்திலுள்ள ஆய்கருவியில், காட்டி தேவைப்படாது. மோதுகையின் பின் இரண்டு திணிவுகளுக்குமுள்ள முதலாம் உயர்வுக் கிடைப் பெயர்ச்சி யைக் காட்டுதற்கு ஒரு மரச்சட்டம் நெடுகே ஒரு குறிகாட்டியைத் தராசுத் தட்டுக்கள் இயக்குமாறு செய்யலாம்.

இப்படிச் செய்தால், நோக்கற் பேற்றட்டவணை ஒரளவுக்கு எளிதாகின்றது மல்லாமல், நோக்கற் பேறுகளைப் பெறுதலும், பொதுவாகப் பரிசோதனையும் எளிதாகின்றன.

மோதுகையின்முன்			மோதுகையின்பின்			சதவீத வழு
திணிவு, m_1	வேகம், v_1	மொத்தத் திணிவு வேகம், m_1v_1	சேர்ந்த திணிவு, m_1+m_2	பொது வேகம், v_1'	பொதுத் திணிவு வேகம், $(m_1+m_2)v_1'$	

மூன்றும் ஆறும் நிரல்களுள் ஒன்றினது சதவீதமாகக் கூறப்பட்டுள்ள அவற்றின் வித்தியாசத்தை இந்தவிடத்து ஈற்று நிரல் தருகின்றது.

கிடைப்பெயர்ச்சிக்குச் சமநிலையிடத்திலுள்ள வேகம் விகிதசமம் என்று நிறுவுதல்.—வில் AB நெடுகே சமநிலையிடம் A இலிருந்து புள்ளி B வரையுந் திணிவு m பெயர்க்கப்பட்டதாகக் கற்பனை செய்க. தாங்குபுள்ளி O ஆகவும் (70 ஆம் உருவம்), வில்லின் ஆரை $OB = R$ ஆகவும் இருக்கின்றனவென்றுங் கற்பனை செய்க.

B இலிருந்து திரும்பி A இற்குச் செல்லுதலில் mgh இற்குச் சமமான நிலைப் பண்புச்சத்தியை A இழக்கின்றது. காட்டப்பட்டுள்ள திசையில் A இற்கு வேகம் v உண்டு. B இலிருந்து A இற்குப் போகையில் A இழந்த நிலைப் பண்புச் சத்தியே அதற்கு A இலுள்ள இயக்கப்பண்புச் சத்தியாகும். ஆகவே, $\frac{1}{2}mv^2$, $= mgh$ அல்லது h இற்கு v^2 விகிதசமம் ஆகும்.

$$OB^2 = OC^2 + BC^2, \text{ அல்லது } R^2 = (R-h)^2 + BC^2$$

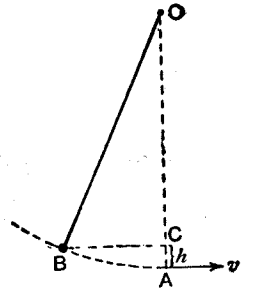
எனவே, $2Rh = h^2 + BC^2$.

ஒப்புநோக்கில் h இலும் BC பெரிதாதலினால் BC^2 இற்கு ஒப்பீடாக h^2 ஐப் புறக்கணிக்கலாம். BC^2 இன் 1 % இற்கு h^2 சமமாக இருப்பது அரிது.

ஆகவே, $BC^2 = 2Rh$, அல்லது h இற்கு B^2 விகிதசமம், என்று **மிகவும் கூடிய அண்ணளவாகக்** கூறலாம்.

h இற்கு v^2 உம் BC^2 உம் விகிதசமமாதலின், BC இற்கு v விகிதசமமாக இருத்தல் வேண்டும். எனவே, தொடக்கத்திலிருந்த கிடைப்பெயர்ச்சி BC இற்குத் தனது சமநிலையிடத்தைப் பொருள் கடக்கும் போதுள்ள அதன் வேகம் விகிதசமமாக இருக்கும்.

இந்த நிறுவலை நேர்மாறுக்கி, ஒரு பொருளுக்கு, அதன் சமநிலையிடத்தில் அதுவிருக்கும் போதுள்ள அதன் வேகத்துக்கு, அதன் சமநிலையிடத்தை அது கடந்தபின்பு ஊசலாடி அது செல்லுங் கிடைத் தூரம் விகிதசமம் என்று அல்லது மோதுகையின் பின் அதுவடைந்த உயர்வுக்கிடைப் பெயர்ச்சிகளுக்கு மோதுகையின் பின்னுள்ள வேகங்கள் விகிதசமமென்று காட்டலாம்.



உரு. 70. எறியியற் றராசின் வேகம்.

மேற்காணும் நிறுவலிலிருந்து, தராசுத்தட்டுக்களுக்குச் சுற்றியக்கம் இருக்கக்கூடாதென்பது முக்கியம் என்று காணக்கிடக்கின்றது. சுற்றியக்கம் இருந்தால், A இலுள்ள நேர் கோட்டு இயக்கப் பண்புச் சத்தியாக B இலுள்ள நிலைப்பண்புச்சத்தி முழுதும் தோற்றுதிருக்க, சுற்றியக்கப் பண்புச் சத்தியாக அதனெரு பாகம் இருக்கும். அப்படி இருக்குமிடத்து, $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ என்னுஞ் கூற்று உண்மையன்றுகவும், அதன் நிறுவல் பொருத்தமற்றதாகவும் இருக்கும்.

சுற்றியக்கத்தைத் தடுக்கும் வழியை 69 ஆம் உருவத்திற் காண்க.

§ 2. இரண்டாம் இயக்கவிதியைப் பரிசோதனைமுறைப்படி திருட்டாந்தப் படுத்துதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் முறைகள்.

மாறுத வேகவளர்ச்சி a உடன் ஒரு பொருள் இயங்குமாயின், நேரம் t இல் அது செல்லுந் தூரத்தைச் சமன்பாடு $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ தருகின்றது.

இங்கே v_0 பொருளின் தொடக்க வேகமாகும்.

தொடக்கத்தில் அந்தப் பொருள் ஓய்வு நிலையில் இருக்குமேயானால், v_0 பூச்சியமாகும். இப்பொழுது, அதாவது தொடக்கவேகம் பூச்சியமாக இருக்கும்பொழுது, $s = \frac{1}{2}at^2$.

யாதாயினும் ஒரு நேரம் t இன் முடிவிலுள்ள அதன் வேகத்தை $v = v_0 + at$ தருகின்றது ;

அதாவது, தொடக்க வேகம் பூச்சியமாக இருக்கும்மோது, $v = at$.

இந்தச் சமன்பாடுகள் தனிச் சமன்பாடுகளாகும். பயன் படுத்தப்படும் பல் வேறு வரைவிலக்கணங்களிலிருந்து அவை பெறப்படுகின்றன. பரிசோதனையினால் அவற்றை வாய்ப்புப் பார்க்கமுடியாது. ஒரு தன்மைத்தான வேக வளர்ச்சியுடன் ஒரு பொருள் இயங்குகின்றதா அல்லவா என்பதைத் துணி

தற்கு அவற்றைப் பயன்படுத்தலாம். இவ்வாறு, ஓய்வு நிலையிலிருந்து தொடங்கி நேரம் t இல் ஒரு பொருள் செல்லுகின்ற தூரம் s ஆனது, $\frac{s}{t^2}$ = ஒரு மாறிலி என்னும் விதிக்கு அடங்குமாயின், ஒரு தன்மைத்தான வேக வளர்ச்சியுடன் அந்தப் பொருள் இயங்கிக்கொண்டிருக்கின்றதுமல்லாமல், பெற்ற மாறிலியின் பெறுமானத்தின் **இரு மடங்காக** வேகவளர்ச்சியின் பெறுமானம் இருக்கும். எனெனில், $a = \frac{2s}{t^2}$.

நிறையுந் திணிவும்

இந்தச் சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்துதற்கு ஒருதாரணமாக தனது சொந்த நிறைக்கமைந்து கட்டின்றி விழுகின்றவொரு பொருளை எடுப்போம். யாதாயினும் ஒரு பொருளைக் கட்டின்றிப் புவியை நோக்கி விழச் செய்தால் t^2 இற்கு விகிதசமமான தூரம் s ஐ நேரம் t இல் அது கடந்திறங்கும். இவ்வாறு, முதலாஞ் செக்கனில் அண்ணளவாக 5 மீற்றரும், முதலிரண்டு செக்கனில் 20 மீற்றரும் அது இறங்கும். எனவே, ஓய்வு நிலையிலிருந்து தொடங்கி தனது சொந்த நிறைக்கமைந்து கட்டின்றி விழுகின்ற பொருள் எதற்கும் $s/t^2 = 5$. அதாவது, **எல்லாப் பொருள்களுக்கும் புவியீர்ப்பு வேக வளர்ச்சி ஒன்றே.** அண்ணளவாக அது செக். இல் செக். இற்கு 10 மீற்றர் ஆகும். இன்னுந் திருத்தமாக இதைக் கூறில், பிரித்தானிய தீவுகளில் இந்த வேக வளர்ச்சி செக். இற் செக். இற்கு 9·81 மீற்றர் ஆகும்.

ச. இ. செ. தொகுதியில் விசையலகுக்கு, இரண்டாம் இயக்கவிதியிலிருந்து, பின்வருவது பெறப்படுமாறு வரைவிலக்கணங் கூறுகின்றோம்.

தைனில் விசை = கிராமில் திணிவு × உண்டான வேக வளர்ச்சி (செக். இற் செக். இற்குள்ள ச. மீ. இல்).

புவியீர்ப்பு வேகவளர்ச்சியைக் குறியீடு g இனால் செக். இற் செக். இற்குள்ள ச. மீ. இற் குறித்தால்,

கட்டின்றி விழுகையில் ஒரு பொருளைத் தாக்குகின்ற விசை (தைனில்) } = திணிவு (கி. இல்) × g.

இவ்வாறு விழுகின்ற பொருளைத் தாக்குகின்ற விசை (தைனில்) அதன் நிறையாகும். ஆகவே,

தைனில் ஒரு பொருளின் நிறை } = { கிராமில் அந்தப் பொருளின் திணிவு } × { செக். இற் செக். இற்குள்ள ச.மீ. இல் புவியீர்ப்பினால் உண்டாகும் வேகவளர்ச்சி

மீ. கி. செ. தொகுதியிற் பொருளின் நிறை நியூற்றனிலும், திணிவு கிலோக்கிராமிலும், வேகவளர்ச்சி செக். இற் செக். இற்குள்ள மீற்றரிலும் இருக்கும். ஒரு நியூற்றன் = 10^5 தைன்.

m கி. திணிவுள்ளவொரு பொருளின் நிறையைத் தைனில் W குறிக்குமாயின்,

$$W = mg \quad \text{என்பதைப்}$$

பெறுகின்றோம். பிரித்தானிய தீவுகளில் g ஆனது செக். இற் செக். இற்கு 981 ச.மீ. ஆக இருக்கின்றது.

அறிந்த திணிவுகளை இலேசான நாண்களிலிருந்து தொங்கவிட்டு, எதுவாயினும் விரும்பிய திசையைத் தாக்கமது கொள்ளுமாறு கப்பிக்கு மேலாக அந்த நாண்களைப் போகச் செய்தலே ஒரு தன்மைத்தானவொரு விசையைப் பெறுதற்கு மிக்கவெளிதான வழியாகும். கிராமில் அளந்த தொங்கு திணிவு m ஐ செக். இற் செக். இற்குள்ள ச. மீ. இல் அளந்த புவியீர்ப்பு வேகவளர்ச்சி g ஆற் பெருக்க வரும் பெருக்கத்துக்கு நாணில் தாக்குகின்ற தைனில் அளந்த விசை சமமாகும்.

§ 3. இரண்டாம் இயக்கவிதியைத் திருட்டாந்தப் படுத்துதற்குப் பரிசோதனைகள்.

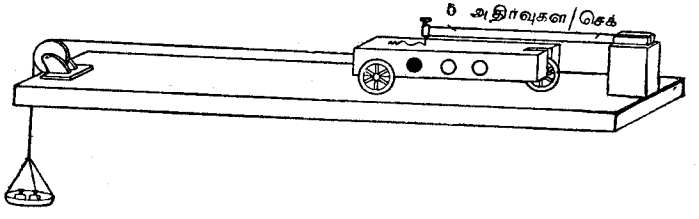
பிளெச்சரினது துரொல்லி ஆய்கருவி (Fletcher's Trolley)

கேம்பிரிட்சு சென். யோன் கல்லூரியின் அதிகாரச்சபை அங்கத்தவரான W. C. பிளெச்சர் என்பவர் 1896 ஆம் ஆண்டில் இலிவர்ப்பூலில் உள்ள விஞ்ஞானக் கல்லூரிக்குத் தலைமை ஆசிரியராக நியமிக்கப்பட்டனர்.

இந்த ஆய்கருவியில் (71 ஆம் உருவம்), இடையானவொரு மேசைமீது கிட்டத்தட்ட உராய்வில்லாத விதமாக இயங்குமாறு இலேசான சில்லுகளில் ஒரு துரொல்லி ஏற்றப்பட்டிருக்கின்றது. மேசையின் ஓரத்தில் ஏற்றியிருக்குமொரு கப்பிக்கு மேலாகப் போய்த் தொங்குகின்ற சிறியவொரு திணிவைத் தாங்குமொரு நாண் அதனோடு தொடுக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த நாணிலிருந்து வெவ்வேறான திணிவுகளைத் தூக்கி, துரொல்லி மீது பல்வேறு விசைகளைப் பிரயோகித்து, அந்த விசைகளினால் உண்டாகும் அதன் இயக்கத்தை ஆராயலாம். இயக்கப்படுந் திணிவைத் துரொல்லியின் பக்கங்களிலுள்ள துளைகளில் அறிந்த திணிவுகளை வைத்து மாற்றலாம்.

துரொல்லி செல்லுந் தூரத்தையும், இந்த இயக்கம் எடுக்கும் நேரத்தையும் பதிவு செய்யும் முறை விஞ்தைமானது. பிடிகருவியொன்றில் ஏற்றப்பட்டுள்ள நீண்டவொரு வில்லானது, கட்டின்றியிருக்கும் அநேனந்தத்தில் இலேசானவொரு துடைப்பதைத் தாங்கியிருக்கின்றது. துரொல்லியிற் பொருத்தப்பெற்றுள்ள ஒரு கடதாசித்தாளை இத்துடைப்பம் மெதுவாசத்

தொடுகின்றது. துரொல்லியை அசையச் செய்ய, அதனை விடுதலையாக்கு கின்ற அதே பொறியமைப்பானது நீண்ட வில்லை அதிரச் செய்கின்றது. அது அதிர, முன்னதாக மையினில் தோய்த்த அந்தத் துடைப்பம் அலை வடிவான சுவடொன்றைக் கடதாசியில் வரையும்.



உரு. 71. பிளெச்சரின் துரொல்லி ஆய்கருவி (கசனினது).

பூரணமாக ஒருகால் அந்த வில்லானது அதிர எடுக்குங் காலம், வில்ல துவேயாக இருக்க, ஒரு மாறிலியாகும். ஆகவே, தரப்பட்ட இரண்டு புள்ளி களுக்கிடையில் நிகழ்ந்த பூரண அதிர்வுகளின் தொகையை ஒரு புள்ளி யிலிருந்து மற்றைப் புள்ளிக்குப் போதலில் எடுத்த காலத்தின் அளவா கக் கொள்ளலாம்.

தொடக்கத்திலிருந்து வெவ்வேறு தொகையான அதிர்வுகளைச் செய்ய வில்லெடுத்த நேரத்தில் துரொல்லி சென்ற தூரங்களை எடுத்து, அந்த அலைவடிவச் சுவட்டிலிருந்து s/t^2 என்னுந் தொடர்ப்பு மாறுதிருக்கின்ற தாவென்று காணக்கூடும்.

இயக்கப்பட்ட திணிவானது, துரொல்லி, நாண், தொங்கு திணிவு இவை மூன்றினதுந் திணிவுகளோடு **கப்பியின் சமவலுத்திணிவு** என்று கூறத் தகுஞ் சிறியவொரு கணியமும், அதனோடு சில்லுகளின் சமவலுத்திணிவா கிய இன்னொரு சிறு கணியமுஞ் சேர்ந்த மொத்தமாகும். மற்றை யிந்தத் திணிவுகளைப் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவுக்குத் துரொல்லியின் திணிவு வழக்கமாகப் பெரிதாக இருக்கும்.

தாக்கும் விசையானது, தொங்கு திணிவொடு கப்பிக்கு மேலாகப் போய்த் தொங்கும் நாண்பகுதியின் நிறையுஞ் சேர்ந்தவொன்றாகும். நாணின் நிறையினால் எழக்கூடிய வழுவைக் குறைத்தற் பொருட்டு, மிக்க நுண்மை யானதும் பலமுள்ளதுமான ஓரிழையை (மீன்பிடியிழையை) தொங்கு திணி வோடு ஒப்புநோக்கிற் புறக்கணிக்கத்தக்கதாக அதன் நிறை இருக்குமாறு உபயோகித்தல் வேண்டும். தேவையானால், கப்பிக்கப்பால் தொங்குகின்ற நாணின் **சராசரி** நீளத்துக்குள்ள நிறைக்குச் சமமான கணியத்தைத் தொங்கு திணிவோடு கூட்டி அதன் விளைவுக்கு இடங்கொடுக்கலாம்.

உண்டான வேகவளர்ச்சி.—s/t^2 என்னுங் கணியம் மாறுதிருக்கின்ற தாதலின், மாறுத வேகவளர்ச்சியுடன் துரொல்லி இயங்குகின்றது. இந்த வேகவளர்ச்சியின் பெறுமானம் $2s/t^2$ ஆகும்.

சார் பெறுமானங்கள் மாத்திரம் வேண்டப்படுமாயின், நேரத்தை அளத் தற்குரிய, அலகான வில்லின் அதிர்வொன்றின் நேரமாகக் கொள்ளலாம்.

தனிப் பேறுகளுக்கு, வேகவளர்ச்சிகள், செக். இற் செக். இற்குள்ள ச. மீ. இற் கணிக்கத் தக்கதாக வில்லின் அதிர்வுகாலம் அறிந்தவொன்றுக இருத் தல் வேண்டும்.

ஆய்கருவி ஆக்கியோன் துணிந்த அதிர்வுகாலம் வில்லின் மீது முத்திரை யிடப் பட்டிருக்கும். இந்தக் காலத்தை இதற்குப் பயன்படுத்தலாம். எளி தான விதமாகக் காலத்தைச் சரிபிழை பார்ப்பதற்குப் போதுமான அளவுக்கு வேண்டிய தொகையான அதிர்வுகள் அரிதாகவே வில்லானது செய்யும். எனவே, ஆக்கியோன் வரைந்த அளவு கோட்டை ஏற்றுக்கொள்ள வேண் டியிருக்கின்றது. **தனி**யலகுகள் வேண்டப்படுமிடத்து, காலக்கிரமப்படுத்தும் இந்த முறைக்கு இதுவொரு பாரதூரமான இழுக்காகும்.

180 ஆம் பக்கத்தில் வேகவளர்ச்சியைக் காண்பதற்கு ஒரு முறை விளக் கப்பட்டிருக்கின்றது.

பிளெச்சரினது துரொல்லி ஆய்கருவியொடு பரிசோதனைகள்

பரிசோதனை 57.—விசைக்கு வேகவளர்ச்சி விகிதசமமாகும்.—துரொல் லியில் கடதாசித்தாளொன்றை நிலைப்படுத்தி, 10, 20, 30, 40 கி. முத லிய சிறு திணிவுகளை நாணொடு தொடுத்து, ஒவ்வொரு திணிவின் தாக் கத்துக்குந் துரொல்லிக்குள்ள இயக்கச் சுவட்டைப் பெறுக. ஒரே கட தாசித்தாளில், ஒவ்வொரு தரமும் ஒரே புள்ளியில் தொடங்குஞ் சுவடு களைப் பெறுதல் நூதனமாக இருக்கும்.

ஒவ்வொரு தரமும் இயக்கிய திணிவு ஏறக்குறைய ஒன்றுகவே இருக்கின் றது. தொங்கு திணிவின் மாற்றம் ஒன்றுதான் அதனை மாற்றுகின்றது.

பற்பல சந்தர்ப்பங்களிலும் தொங்கு திணிவுகளுக்கு எப்பொழுதும் விசைகள் விகிதசமமானவை.

(*a*) தொங்கு திணிவுகளுக்குச் சம நேரங்களிற் கடக்கப்பட்ட தூரங்கள் விகிதசமமானவை என்றும், (*b*) எப்பொழுதும், $2s/t^2$ ஆனது ஒரு மாறிலியாகவும், உபயோகிக்கப்பட்ட தொங்கு திணிவுகள் ஒவ்வொன்றுக்கும் இந்த மாறிலிகள் விகிதசமமாக இருக்கும் என்றுங் காட்டுக.

உராய்வுத்திருத்தம்.—திருத்தத்தைப் பெறல் வேண்டுமேயானால் உராய்வு விசைகளை நீக்குதல் வேண்டும், அல்லது அவற்றைச் சமநிலைப்படுத்துதல் வேண்டும். இதைச் செய்தற்கு நாணிலிருந்து சிறியவொரு திணிவைத் தூக்கி, துரொல்லி அசையத் தொடங்கியதும் மட்டுமட்டாக அது அசைந்து கொண்டிருக்குமாறு, செப்பஞ் செய்தல் வேண்டும். **துரொல்லியில் அதே பாரமிருக்க,** ஆய்கருவியிலுள்ள உராய்வை மேற்கொள்ளுதற்கு இந்தச் சிறிய

திணிவின் பாரம் மட்டுமட்டாகப் போதுமானது. "உராய் வேறி"யாக உபயோகித்தற்கு ஒரு துண்டு செப்புக் கம்பி மிக்க வசதியானதாகும். அதை நாலைடு திருகி, வேண்டிய நீளம் இருக்கக் கம்பிவெட்டி கொண்டு அதை வெட்டுதல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 58. இயக்கப்படுந் திணிவுக்குத் தரப்பட்டவொரு விசையினால் உண்டாகும் வேகவளர்ச்சி நேர்மாறு விகிதசமமாகும்.—ஒவ்வொரு முறையும் ஒரே தொங்கு திணிவை உபயோகித்து, துரொல்லியில் வெவ்வேறு திணிவுகளை வைத்து, உபயோகித்த திணிவுகள் ஒவ்வொன்றுக்கு வெவ்வேறான சுவடுகளைப் பெறுக. ஒவ்வொரு திணிவுக்கும் மாறுத இந்த விசை தாக்க உண்டாகும் வேகவளர்ச்சியின் பெறுமானத்தைக் கணிக்க.

இயங்கிய திணிவு × வேகவளர்ச்சி

மாறுதிருக்கின்ற தென்று, அதாவது தரப்பட்ட விசை தாக்க இயங்கிய தூரத்துக்கு வேகவளர்ச்சி நேர்மாறு விகிதசமமென்று, காட்டுக.

இந்தப் பரிசோதனையில், கப்பியினதுஞ் சில்லுகளினதுஞ் சமவலுத் திணிவுகள் அறிந்தனவாயின், அவற்றைச் சேர்த்துக்கொள்ளலாம். ஆனால் பொதுவாக, அவற்றைப் புறக்கணித்துவிடலாம்.

$\mathbf{M}$ = துரொல்லியின் திணிவும் அதனில் வைத்த பாரமும்,
m = தொங்கு நிறையின் திணிவு,
x = கப்பியின் சமவலுத் திணிவு,
y = சில்லுகளின் சமவலுத் திணிவு,

என்போம்.

இயக்கப்பட்ட மொத்தத் திணிவை $(\mathbf{M} + m + x + y)$ ஆகக் கொள்க.

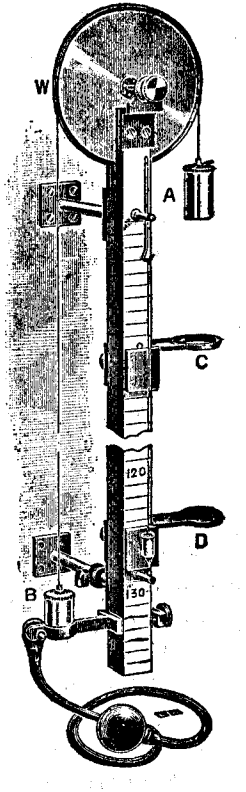
குறிப்பு.—செக். இற் செக். இற்குள்ள ச.மீ. இல் வேகவளர்ச்சி $2s/t^2$ கணித்திருந்தால், பெற்ற நோக்கற் பேறுகளிலிருந்து புவியீர்ப்பு வேக வளர்ச்சிக்கு ஒரு பெறுமானத்தைக் கணிக்கக்கூடும். இவ்வாறு, எடுத்துக் கொண்டவகை எதனிலும், தொங்குதிணிவின் நிறையாக **விசை** இருப்பதனால், $mg = (\mathbf{M} + m + x + y)\ (2s/t^2)$ ஆக இருக்கும். எனவே, g ஐக் கணித்தறியலாம்.

இவ்வாறுக, கணியங்கள் x உம் y உம் அறியாதனவாதலினாலும் t ஐ அளத்தலை முன்னர் விளக்கும்போது கூறப்பட்டுள்ள பிரயாசங் காரணமாகவும், நாம் எடுத்துக்கொண்ட நோக்கத்தை நிறைவேற்றுதற்கு இந்த முறை நன்றல்ல.

கிடைத்தளத்தோடு கோணம் θ இற் சாய்ந்திருக்கும் தளமொன்றில் துரொல்லியை வைத்தலானது இந்த ஆய்கருவியைப் பயன்படுத்தும் மற்றொரு முறையாகும். இப்படிச் செய்தால், அந்தத் தளம் நெடுகே இயக்கத்தை உண்டுபண்ணும் இயல்புடைய விசை $mg - (\mathbf{M} + y)\ g$ சைன் θ ஆகும்.

அத்துவூட்டின் பொறி

இந்த ஆய்கருவியானது பிளெச்சரின் துரொல்லி ஆய்கருவியினும் நன்கு நாமறிந்தவொன்றாகும். இதிகாசப் பெரும் பேர் அதற்குண்டு. இயக்க விதிகளுக்கு எடுத்துக்காட்டாகவும், புவியீர்ப்பு வேகவளர்ச்சியைத் துணிதற்கும் பேர்பெற்ற ஆங்கிலக் கணிதவிற்பன்னராகிய **அத்துவூட்டு** என்பவர் (1746—1807) அதனைத் திட்டமிட்டமைத்தனர். அதனில், சிறியவோர் எற்றியின் நிறையானது, ஒரு கப்பியின் மேலாகச் செல்லுகின்றவொரு நாணின் எதிரான அந்தங்களில் தொங்கவிடப்பட்டனவும் எற்றியிலும் மிகப் பெரிதானவும், ஒன்றையொன்று சரியாக ஈடுசெய்கின்றனவுமான இரண்டு திணிவுகளை கட்டாயமாக இயங்கச் செய்கின்றது. இயக்கப்படும் மொத்தத் திணிவு பெரிதாதலின், இயங்குந் திணிவுகளில் மிகவுஞ் சிறியவொரு வேகவளர்ச்சியை மாத்திரம் சிறியவந்த எற்றியின நிறை உண்டாக்குகின்றது. எனவே, கட்டின்றி விழும்போது அந்த எற்றிக்குள்ள வேக வளர்ச்சியிலும் பன்மடங்கு திருத்தமாக இந்த வேக வளர்ச்சியை அளக்கலாம்.



உரு. 72. தூண் வகையான அத்துவூட்டின் பொறி.

அத்துவூட்டின் பொறி: தூண் வகை.—ஒரு நாணிலிருந்து இரண்டு சம திணிவுகள் **A** உம் **B** உம் தொங்க விடப்பட்டிருக்கின்றன. 2 மீற்றருக்குக் குறையாமலும் 2·5 மீற்றருக்குக் கூடாமலும் உள்ளவொரு தூணின் உச்சியின்மீதுள்ள நுண்மையான உராய்வுதாங்கிகள் தாங்குங் கப்பி **W** இன் மேலாகவொரு நாண் போகின்றது. தாங்கு நாணைப்போன்ற ஈடு செய்யும் நாலொன்று **A** இற்கும் **B** இற்குங் கீழே தொடுக்கப்பட்டிருக்கும். **A** உம் **B** உம் எந்த நிலையில் இருந்தாலும், பொறியின் இரு பக்கங்களிலுமுள்ள இழையின் திணிவுகளைத் திருத்தமாக இது சமப்படுத்துகின்றது. என்றாலும், செய்முறையில் வசதியற்றதாதலின், அரிதாகவே அது உபயோகிக்கப்படுகின்றது. சிறிய

விந்த ஏற்றியின் நிறையொன்றே முழுத்தொகுதியிலும் சமநிலைப்படுத்தப் படாத விசையாக இருக்குமாறு, இழையின் மேலாக வழுவச் செய்யத்தக்க சிறியவோர் ஏற்றியைத் திணிவு A தாங்கியிருக்கும்.

இந்தப் பரிசோதனையை நடத்துதற்கு, அளவுகோலிலுள்ள அறிந்தவோர் அடையாளத்தின் மட்டத்துக்கு A இன் **நுனி** வருமாறு கவ்வியினால் இலேசாக B நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். ஏற்றியின் நிறை தாக்க, அறிந்த தூரத்துக்கு A செல்லுமாறு, A இனது இந்தப் பூச்சிய நிலைக்குக் கீழே வசதியானவொரு தூரத்தில் C வந்திருக்கச் செப்பஞ் செய்யப்படும். நிறுத்தற் கடிகாரம் ஒன்றைத் தொடக்கி, அதே நேரத்திற் கவ்வியை விடுவிக்க, **தொடக்க** வேகமின்றி B விடுதலையாக்கப்படுகின்றது. வளையம் C ஆனது A இலுள்ள ஏற்றியைப் போய் அடித்தல் கேட்டதும், கடிகாரம் நிறுத்தப்படும். இவ்வாறு அறிந்தவொரு தூரம் s போக ஏற்றி எடுக்கும் நேரம் t துணியப்படும்.

காலவளவைக் கருவியொன்றை உபயோகித்து, சரிமுழு எண்ணை ஒரு தொகை அடிப்புக்களை அது அடிக்க எடுக்கும் நேரத்தை விழுகை எடுக்கு மாறு தூரத்தைச் செப்பஞ் செய்தல் இந்தப் பரிசோதனையை நடத்தும் இன்னொரு முறையாகும்.

கவ்வியொடு பொருத்தப்பெற்ற வாயுவிடுதலைப் பொறியமைப்பொன்று இந்தப் பொறியின் சில வடிவங்களுக்குண்டு. வேறு சில வடிவங்களில், கவ்விக்குப் பதிலாகச் சிறியவொரு மின்காந்தத் திண்மம் உபயோகிக்கப் படுகின்றது. இதற்கு இரும்புத் திணிவுகளை (A உம் B உம்) உபயோகிப்பர். திணிவு B ஆனது காந்த சத்தியாற் கட்டப்பட்டிருக்கும். நிலைக்குத்தியக்கம் யாதுமின்றி B ஐ விடுதலையாக்குகின்ற எல்லாவிதமான பொறியமைப்புக் களும் ஒப்பாக நல்லனவே. ஆனால், தாக்க நியதியொடு பயன்படுத்தலுக்கும் அமைப்புக்குமுள்ள தொடர்பு எளிமையானதாதலின், அதுவே விரும்பத் தக்கது.

அத்துவூட்டின் பொறியொடு பரிசோதனைகள்

பரிசோதனை 59. ஒரு தன்மைத்தானவொரு விசை ஒரு பொருளைத் தாக்க ஒரு தன்மைத்தான வேகவளர்ச்சியோடு அப்பொருள் இயங்கும்.— திணிவு A இன்மீது சிறியவொரு செப்புக் கம்பித் துண்டை வைத்து, **ஏற்றி வேறின்றி** மெல்லவாக அதைத் தொடக்கிவிட, மட்டாகவது இயங்கிச் செல்லுமாறு அதன் பருமனைச் செப்பஞ் செய்க. அப்படிச் செய்தால், இந்தக் கம்பித்துண்டின் நிறையானது மட்டுமட்டாகப் பொறியின் உராய்வை மேற் கொள்ளுகின்றது. அதனை "உராய்வேற்றி" என்பர். எப்போதுமது A இல் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

வெவ்வேறு ஏற்றிகள் தாக்க, 50, 100, 150, 200 ச. மீ. தூரங் களைத் திணிவுகள் கடந்து செல்லுமாறு வெவ்வேறு நிலைகளுக்கு வளையம் C ஐச் செப்பஞ் செய்க.

வெவ்வேறான நிறைகளை (2 கி., 4 கி., 6 கி. முதலியன என்போம்) உடைய ஏற்றிகள் தாக்கும்போது வெவ்வேறான இந்தத் தூரங்களைக் கடந்து செல்ல இந்தத் திணிவுகள் எடுக்கும் நேரங்களைக் காண்க. **ஒவ்வொரு தூரத்துக்கும், ஒவ்வோர் ஏற்றிக்கும், t இன் மூன்று பெறுமானங்களை யாகுதல் பெறல் வேண்டும்.**

ஒவ்வொரு கூட்டம் நோக்கற் பேறுகளுக்கும் ஈவுகள் $2s/t^2$ ஐக் கண்டு, **தரப்பட்டவோர் ஏற்றிக்கு $2s/t^2$ மாறுதிருக்கின்றதென்று காட்டுக.**

அதாவது, ஒரு திணிவை மாறுதவொரு விசை தாக்கும்போது, ஒரு தன்மைத்தான வேகவளர்ச்சியோடு அந்தத் திணிவு இயங்கும்.

நோக்கற் பேறுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்துக :—

பயன்படுத்தப்பட்ட ஏற்றியின் திணிவு	தூரம் s	நேரம் t	$\frac{2s}{t^2}$	
2 கி. ஏற்றி	50			2 கி. ஏற்றி ஒடு சராசரி வேக வளர்ச்சி a_1 =
	100			
	150			
	200			
4. கி. ஏற்றி	50			4 கி. ஏற்றி ஒடு சராசரி வேக வளர்ச்சி a_2 =
	100			
	150			
	200			
6 கி. ஏற்றி (பாவிக்கப்பட்டால்)	50			6 கி. ஏற்றி ஒடு சராசரி வேக வளர்ச்சி a_3 =
	100			
	150			
	200			

ஏற்றி ஒவ்வொன்றுக்கும் ஈற்று நிரலிலுள்ள இலக்கக் கூட்டங்களானவை மாறுத ஒரு பெறுமானத்தை அண்டியிருக்கவும், ஏற்றியின் திணிவு கூடக் கூட இந்த மாறிலியின் பெறுமானமும் கூடிக்கொண்டு போகவுங் காணலாம்.

பரிசோதனை 60. தாக்கும் விசைக்கு வேகவளர்ச்சி விகிதசமம்.—பரி சோதனை வேறு யாதுமின்றி, மேற்காணும் அட்டவணையிலுள்ள பேறுகளைக் கொண்டே இதனைக் காட்டலாம். ஏற்றி எதுவாயினும் அது இயக்கும் மொத் தத் திணிவானது, ஏற்றிகளின் திணிவுகளுக்குள்ள சிறு வித்தியாசங்களினால் மாத்திரம் வேறுபடுகின்றதைவிட ஒன்றேயாக இருக்கும். இவ்வாறு திணி வைத் தாக்குகின்ற விசையின் பருமனுக்கு உண்டான வேகவளர்ச்சி விகித சமமானால், எடுத்துக்கொண்ட உதாரணத்தில் உபயோகித்த ஏற்றிகளின் திணிவுகளுக்கு வேகவளர்ச்சிகள் a_1, a_2, a_3 ஆனவை விகிதசமமாக, அதாவது 2, 4, 6 முதலிய எண்களுக்கு விகிதசமமாக இருத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 61. தரப்பட்ட வொரு விசைக்குள்ள வேகவளர்ச்சி திணிவுக்கு நேர்மாறு விகிதசமமாகும்.—வெவ்வேறு பருமனையுடைய திணிவுச் சோடுகள் A, B ஐ உபயோகித்து, தரப்பட்டவொரு விசை தாக்குகின்ற திணிவுக்கு நேர்மாறு விகித சமமான வேகவளர்ச்சியை அந்த விசை உண்டாக்குகின்றதென்று காட்டக்கூடும்.

ஒரே எற்றி தாக்க, வெவ்வேறு திணிவுச் சோடுகளில் உண்டாகும் வேகவளர்ச்சியை, s ஐயும் t ஐயும் அளந்தறிந்து இப்படிச் செய்யலாம். பெருக்கங்கள் (இயக்கப்பட்ட மொத்தத் திணிவு × வேகவளர்ச்சி) மாறுதிருத்தல் வேண்டும்.

இந்த விடத்து, கப்பியின் "சமவலு"த் திணிவின் பெறுமானத்தை அறியவேண்டியது அவசியமாகும்.

எதுவேனுமோர் உதாரணத்தில், இயக்கப்பட்ட மொத்தத் திணிவை $(2M + m + x)$ கி. தருகின்றது (கீழே பார்க்க).

பரிசோதனை 62. புவியீர்ப்பு வேகவளர்ச்சி.—(i) கப்பி, நாண் இரண்டினதுஞ் சமவலுத் திணிவுப் பெறுமானத்தைத் தரவாக எடுத்துக்கொண்டு,

திணிவுகள் A, B ஒவ்வொன்றினதுந் திணிவு = M கி.,
எற்றியின் திணிவு = m கி.,
கப்பி (நாண் உட்பட) யின் சமவலுத் திணிவு = x கி.,
உண்டான வேகவளர்ச்சி = செக். இற் செக். இற்கு aச.மீ.

என்போம்.

இனி, தாக்கும் விசை = எற்றியின் நிறை = mg தைன்,
இயக்கப்பட்ட திணிவு = $(2M + m + x)$ கி.

விசை = திணிவு × வேக வளர்ச்சி.

ஆதலால், $mg = (2M + m + x)\,a$. இதனிலிருந்து g ஐக் கணித்தறியலாம்.

பரிசோதனை 59 இல் உபயோகித்த எற்றிகள் ஒவ்வொன்றினதுக்குமுரிய அவதானத் தொடைகளிலிருந்து g ஐக் கணிக்க.

(ii) கப்பியின் சமவலுத்திணிவை நீக்கிப் புவியீர்ப்பு வேகவளர்ச்சிக் கொரு பெறுமானத்தைக் கணித்தல்.

வெவ்வேறு திணிவுச் சோடுகள் A,B உடன் எற்றி ஒன்றையே உபயோகித்தால், கப்பியின் சமவலுத் திணிவை அறிந்தவொன்றாகக் கொள்ளாது, g இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்கலாம்.

இவ்வாறு, ஒவ்வொன்றும் M′ இற்குச் சமமான ஒரு சோடு திணிவுகளில் உண்டாக்கப்படும் வேகவளர்ச்சி a' ஆகவும், ஒவ்வொன்றும் M″ இற்குச் சமமான ஒரு சோடு திணிவுகளில் அதே எற்றி உண்டாக்கும் வேகவளர்ச்சி a'' ஆகவும் இருந்தால்,

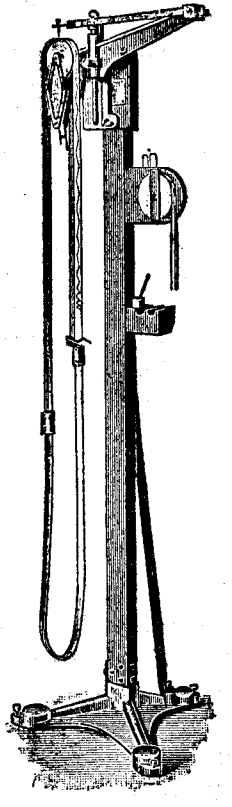
அறியாததாக x இருக்க
$$\begin{cases} mg = (2M' + m + x)a', \\ mg = (2M'' + m + x)a''. \end{cases}$$

இந்தச் சமன்பாடுகளிலிருந்து

$$mg\left(\frac{1}{a'} - \frac{1}{a''}\right) = 2(M' - M'')$$ பெறப்படும்.

61 ஆம் பரிசோதனையிற் பயன்படுத்திய வெவ்வேறு திணிவுகளை ஒத்த a' இற்கும் a'' இற்கும் உள்ள பெறுமானங்களை உபயோகித்து g ஐக் கணிக்கலாம்.

ஆரம்பத்தில், g ஐத் துணிதற்காக இந்தக் கருவி அமைக்கப்பட்டது. அக்காலத்திற் கேற்றரின் திருத்தமான ஊசல்முறைகள் ஏற்படுத்தப்பட வில்லை. அதனைக்கொண்டு g ஐத் துணிதலிற் பெறுந் திருத்தம், ஒப்பீடாக, குறைவானதாதலின், இதிகாச இதம் அதற்குண்டெனினும், இக்காலத்தில் இயக்க விதிகளைத் திருட்டாந்தப் படுத்துதற்கே பிரதானமாக அது பயன்படுத்தப்படுகின்றது.



உரு. 73.
அத்துவூட்டின் பொறி, கசனின் நாடா மாதிரி.

அத்துவூட்டின் பொறி: நாடாமாதிரி—இந்தக் கருவியில், கப்பியின் தட்டை விளிம்பின் மேலாகப் போகின்றதொரு கடதாசி நாடாவினால் இரண்டு சம திணிவுகள் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கின்றன. 73 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பதுபோல, ஈடுசெய் நாடாவொன்று திணிவுகளுக்குக் கீழே தொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றது. ஓரந்தத்தில் உருக்குவில்லொன்று நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றது. மற்றையந்தத்தில், மையில் தோய்த்த நுண்துடைப்பமொன்றுண்டு. கப்பியின் உச்சிமீதுள்ள கடதாசியில் இந்தத் துடைப்பஞ் சுவட்டை வரைகின்றது. வில்லையும் இயங்குதிணிவுகளையும் ஒரே நேரத்தில் எளிதானவொரு விடுதலைப் பொறியமைப்புக் கட்டவிழ்த்து விடுகின்றது. அறிந்தவொரு காலவளவை வரையப்பட்ட ஒவ்வொரு சுவடுங் குறிக்கின்றது.

இதே விதமான பரிசோதனையைத் தூண் வடிவப் பொறிகொண்டு செய்தல்போல, இந்த வடிவப் பொறி கொண்டுஞ் செய்யலாம். செய்யும் போது, நாடாவிற் பதியப்பட்ட தூரங்களையும் நேரங்களையும் எடுத்துக்கொள்

ஞுதல் வேண்டும். பிளெச்சரின் துரொல்லி ஆய்கருவியை விளக்கியபடி (180 ஆம் பக்கத்தையும் பார்க்க), அந்த அலைவடிவச் சுவட்டிலிருந்து வேக வளர்ச்சியின் பெறுமானத்தை ஒவ்வோர் உதாரணத்திலும் பெறக்கூடும்.

தாண்வகைப் பொறியுடன் நடத்திய பரிசோதனையைச் சரியொத்த பரிசோதனைகளே, வெவ்வேறு டெறுமானங்களுக்குத் தூரம் s ஐச் செப்பஞ் செய்து ஒத்த நேரங்களைக் குறிக்காது, பல்வேறு உதாரணங்களிலுமுள்ள வேகவளர்ச்சியை அளத்தற்கு அந்த நாடாவையும் வில்லையும் பயன் படுத்தி நடத்துக.

சிலவேளைகளிற் பயன்படுத்தப்படுகின்ற அத்துவூட்டின் பொறியை உபயோகித்தற்கு வேறு வழியுமொன்றுண்டு. அதாவது, மாறுத வேகத்துடன், வீலையத்திலுல் ஏற்றியானது நீக்கப்பட்டபின்னர், இந்தத் தொகுதி இயங்குகின்றதென்று கொள்ளத்தக்கதாக இருக்கும்போது, தினிவு A இன் வேகத்தைக் காண்பது என்பதுவே. என்றாலும், இது முன் விவரிக்கப்பட்டுள்ள முறையைப்போல வசதியானதுமன்று, திருத்தமானதுமன்று.

§ 4. விறைப்பானவொரு பொருளின் சுழற்சி

சுழற்சிச் சடத்துவம் அல்லது சடத்துவத் திருப்புதிறன்

அச்சொன்றைப் பற்றிச் சுழன்றுகொண்டிருக்கின்றவொரு தினிவின் வினைவானது இயங்குகின்ற அந்தத் தினிவில் மாத்திரமன்று அந்த அச்சைப்பற்றி அது பரம்பியிருக்கும் விதத்திலுந் தங்கியிருக்கின்றது. கடதாசியின் தளத்துக்குச் செங்குத்தாகவும் O இற்கு ஊடாகவும் போகின்ற அச்சொன்றைப் பற்றிச் செக்கன் ஒன்றுக்கு ω ஆரையன் வேகத்துடன் சுழலுகின்றவொரு பொருளின் இயக்கப்பண்புச் சத்தியை, 74 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பதுபோல, கருதுக.

P_1 இல் உள்ள துணிக்கை m_1 இன் வேகம் $= r_1\omega$,

P_2 இல் உள்ள துணிக்கை m_2 இன் வேகம் $= r_2\omega$, இன்னுமன்னபிற,

P_1 இல் உள்ள துணிக்கை m_1 இன் இயக்கப் பண்புச்சத்தி $= \frac{1}{2}m_1(r_1\omega)^2$,

P_2 இல் உள்ள துணிக்கை m_2 இன் இயக்கப்பண்புச்சக்தி $= \frac{1}{2}m_2(r_2\omega)^2$. இன்னுமன்னபிற,

O ஐப் பற்றிச் சுழலுதலினுல் அந்தப் பொருளில் உண்டாகும் மொத்த இயக்கப்பண்புச்சத்தி $= \frac{1}{2}\omega^2\{m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + m_3r_3^2 + \ldots\}$ அல்லது, **அடைப்புக்களினுள்ளிருக்கின்ற கணியங்களின் கூட்டுத்தொகையை I** இனாற் குறித்தால்,

சுழற்சியியக்கப்பண்புச்சத்தி $= \frac{1}{2}I\omega^2$.

I குறிக்குங் கூட்டுத் தொகையானது தரப்பட்ட மாட்டேற்றச்சு O ஐப் பற்றி அந்தப் பொருளுக்குப் பூரணமாக வரையறுத்த பெறுமானத்தையுடைய அதன் இயல்பொன்றாகும். அந்த அச்சைப் பற்றியுள்ள தினிவுப் பரம்பலில் அது தங்கியிருக்கின்றது. அதனை, **தரப்பட்ட அச்சைப்பற்றி அந்தப் பொருளுக்குள்ள சடத்துவத்திருப்புதிறன்,** அல்லது **சுழற்சிச் சடத்துவம்** என்பர்.

$$I = m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + m_3r_3^2 +$$

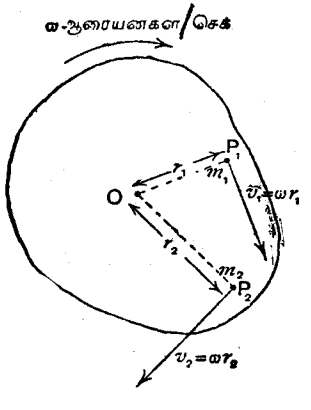
அல்லது $I = \Sigma mr^2$

என்று அதற்கு வரைவிலக்கணங் கூறப்படும். இங்கே, பொருளில் உள்ள துணிக்கைகள் எல்லாவற்றுக்கும் நாம் எடுத்துக்கொண்ட ஒரே வகைக்குரிய ஒரு தொகை உறுப்புக்களின் கூட்டுத்தொகையை Σ குறிக்கின்றது.

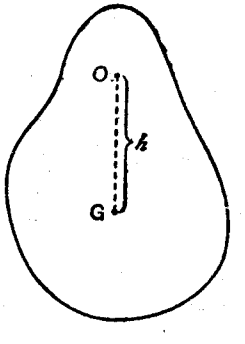
கோணத் தினிவுவேகம் அல்லது தினிவுவேகத்திருப்புதிறன் $= I\omega$ என்று காட்டக்கூடும்.

I இன் **பரிமாணங்கள், தினிவு × நீளம்²** ஆகும். கி. ச.மீ². இல் அல்லது கி. கி. மீ.². இல் அவை இருக்கலாம். 112 ஆம் பக்கங்களையும் பார்க்க.

சுழிப்பினரை.—ஒரு தனித் துணிக்கையாக ஒரு பொருளின் மொத்தத் தினிவு M முழுதுஞ் செறிவுற்றிருக்க, மையம் O ஆகவும் ஆரை k ஆகவும்



உரு. 74. சடத்துவத் திருப்புதிறன்.



உரு. 75. O இற்கும் G இற்கும் ஊடாகச் செல்லுஞ் சமாந்தர அச்சுக்கள்.

உள்ள வீலைகோடொன்றிற் கட்டாயமாக இயங்குமாறு இலேசானவொரு கோலினுல் அது அடக்கி ஆளப்பட்டிருந்தால், தரப்பட்ட அச்சைப் பற்றி அதற்குள்ள

சடத்துவத் திருப்புதிறன் Mk^2 ஆக இருக்கும். எற்றவாறு k ஐத் தெரிந்தெடுத்து, அந்தத் துணிக்கையின் சடத்துவத்திருப்புதிறனுந் தரப் பட்ட பொருளின் சடத்துவத்திருப்புதிறனும் ஒன்றாக இருக்கச் செய்யலாம். k இனது இந்தப் பெறுமானத்துக்கு $Mk^2 = I$ ஆகும். இந்த நீளம் k ஐ அந்த அச்சைப் பற்றி அந்தப் பொருளுக்குள்ள **சுழிப்பிளை** என்பர். இந்தத் திரவியத்தை k ஆரையுள்ள ஒரு வளையவடிவமாக அமைத்தால், I இன் பெறுமானம் அதுவேயாக இருக்கும்.

சமாந்தரவச்சுத் தேற்றம்

எதுவேனுமோர் அச்சைப் பற்றி ஒரு பொருளுக்குள்ள சடத்துவத் திருப்புதிறனது, அதன் புவியீர்ப்பு மையத்துக்கூடாகப் போகின்றவொரு சமாந்தர அச்சைப் பற்றி அதற்குள்ள சடத்துவத்திருப்புதிறன் சக அந்த அச்சுக்கள் இரண்டுக்குமுள்ள இடைத்தூரத்தின் வர்க்கத்தாற் பொருளின் திணிவைப் பெருக்க வரும் பெருக்கத்துக்குச் சமமாகும்.

இவ்வாறு, O இற்கு ஊடாகப்போகின்ற அச்சொன்றைப் பற்றிய சடத்துவத் திருப்புதிறனை I_0 உம், G இற்கு ஊடாகப் போகின்றவோர் அச்சைப் பற்றியுள்ள சடத்துவத் திருப்புதிறனை I_G உம் இருந்தால் (75 ஆம் உருவம்),

$$I_0 = I_G + Mh^2.$$

ஆனால், $I_0 = Mk_0^2$, $I_G = Mk_G^2$,

எனவே, $Mk_0^2 = Mk_G^2 + Mh^2$,

அல்லது, $k_0^2 = k_G^2 + h^2$.

ஆதலால், புவியீர்ப்பு மையத்துக்கூடாகப் போகும் அச்சொன்றுக்கு, சடத்துவத்திருப்புதிறனை அன்றேல் சுழிப்பிளையை அறிவோமேயானால், சமாந்தர அச்சு எதற்குமுள்ள ஒத்த கணியத்தைக் கணித்தறியலாம்.

835 ஆம் பக்கத்திலுள்ள அனுபந்தத்தில் சடத்துவத்திருப்புதிறன்களின் அட்டவணையொன்றைக் காண்க.

ஒரு தகட்டுக்குச் செங்குத்தச்சுத் தேற்றம்.—தகட்டின் தளத்திலுள்ளவொரு புள்ளியை O இனூடும், அந்தத் தளத்திலுள்ள இரண்டு செங்குத்தச்சுக்களை OX, OY இனூடும், தளத்துக்குச் செங்குத்தாகவுள்ள அச்சை OZ இனூடுங் குறிப்போம். அப்பொழுது, இந்த அச்சுக்களைப் பற்றிய சடத்துவத் திருப்புதிறன்கள் Ix, Iy, Iz என்பன $Iz = Ix + Iy$ ஆகிய தொடர்பை உடையனவாக இருக்கின்றன.

நேர்கோட்டியக்கமுங் கோணவியக்கமும்

இடப்பெயர்ச்சியை அல்லது நேர்கோட்டியக்கத்தைப் பற்றிய கணியங்களுக்கும், **சுழற்சியை** அல்லது கோணவியக்கத்தைப் பற்றிய கணியங்களுக்கும் உள்ள பின்வரும் ஒப்புமை நன்றாகக் கற்றல் வேண்டும் :—

இடப்பெயர்ச்சி		சுழற்சி	
கணியம்	குறியீடுகள்	கணியம்	குறியீடுகள்
இடப்பெயர்ச்சி அல்லது தூரம்	s	கோணவிடப்பெயர்ச்சி	θ
வேகம்	$v = \dot{s} = \frac{ds}{dt}$	கோண வேகம்	$\omega = \dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$
வேகவளர்ச்சி	$a = \dot{v} = \frac{dv}{dt}$ $= \ddot{s} = \frac{d^2s}{dt^2}$	கோணவேக வளர்ச்சி	$a = \dot{\omega} = \frac{d\omega}{dt}$ $= \ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$
திணிவு அல்லது சடத்துவம்	m	சடத்துவப் திருப்பு திறன்	I
திணிவுவேகம்	mv	கோணத் திணிவு வேகம்	$I\omega$
விசை	$F = m.a$	விசைச் சுழலிணை	$G = Ia$
இடப்பெயர்ச்சியியக்கப் பண்புச் சத்தி	$\frac{1}{2}mv^2$	சுழற்சியியக்கப் பண்புச் சத்தி	$\frac{1}{2}I\omega^2$
வேலை	விசை × தூரம் $W = Fs$	வேலை	விசைச் சுழலிணை × கோணம் $W = G\theta$

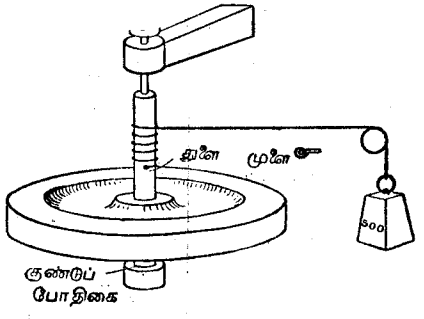
கோணவியக்கத்தோடு புழங்கும்போது இந்த அட்டவணை பெரும்பயன் தரும். நேர்கோட்டியக்கத்தைப் பற்றிய சில கணியங்களை இணைக்கின்றவொரு பொதுக் கோவையைப் பெறுவோமேயானால், சரி அதனைப்போன்றவொரு கோவையை அந்தக் கணியங்களை ஒத்த கோணவியக்கக் கணியங்களுக்கு உடனே எழுதக்கூடும். இதற்கு உதாரணங்களை IX ஆம் அதிகாரத்திலுள்ள தனியிசை இயக்கத்தின் கீழ்க் காண்க.

§ 5. சடத்துவத்திருப்புதிறனை அளத்தல்

சுழலுகின்றவொரு பொருளின் இயக்கப்பண்புச் சத்தியை ஆராய்ந்து சடத்துவத் திருப்புதிறன் என்னுங் கருத்துப் பெறப்பட்டது. சுழலுகின்றவொரு பொருளின் இயக்கப் பண்புச்சத்தியை அளந்தே வழக்கமாக அதன் சடத்துவத்திருப்புதிறனை அளக்கின்றோம். தீர்க்கமான அல்லது அதன் சடத்துவத்திருப்புதிறனை அளக்கத்தக்க சதியைப் பொருளுக்குக் கொடுத்து அதன் கோணவேகத்தை அளந்து, சுழலுகின்ற அந்தப் பொருளின் சடத்துவத்திருப்புதிறனை வழக்கமாகப் பரிசோதனைமுறைப்படி துணிகின்றோம்.

விசையாள்சில்லின் சடத்துவத்திருப்புதிறன்

நீண்ட அச்சாணியை உடைய சில்லுவடிவமாக ஒரு பொருள் இருந்தால், சுழலும் அச்சைப்பற்றி அதன் சடத்துவத்திருப்புதிறனைத் துணிதற்குப் பின்வரும் முறை மிக்க வாய்ப்பானது. அச்சாணியிலுள்ள எது வேனுமொருபுள்ளியில், அல்லது சில்லிலுள்ள உருளை வடிவமான விளிம்பில், சிறியவொரு துளை அன்றேற் சிறியவோர் ஆப்பு வேண்டப்படும்.



உரு. 76. நிலைக்குத்தச்சாணியை உடைய விசையாள் சில்லு

துளையினுள்ளே பித்தளை ஊசியொன்றைப் பொருத்தி அதனில் நீண்ட வொரு நாண் கட்டப்பட்டிருக்கும். துளைக்குப் பதிலாக ஆப்பொன்று கிடைத்தால், நாணின் நுனியில் ஒருதடத்தை முடிந்து அதை அந்த ஆப்புக்கு மேலாக உருவிவிடலாம். இந்த இரண்டு விதங்களுள் ஒரு விதமாக நாண் தொடுக்கப்பட்டிருக்க, ஒரு சில தரம் அந்த விளிம்பை அது சுற்றியிருக்குமாறு சில்லுத் திருப்பப்படும். சில்லினது அச்சு நிலைக்குத்தாக இருந்தால், ஒரு கப்பியின் மேலாக நாண் போக்கப்படும், அன்றேற் கிடையானதாக அச்சு இருந்தால், நேராகவது கீழ்நோக்கித் தொங்கவிடப்படும்.

இப்படியிருக்கும் அந்தத் திணிவை விழவிட்டால், நிலைப்பண்புச்சத்தியை அது இழக்கும். இந்த நிலைப்பண்புச்சத்தியினது ஒரு பங்கு விழுகின்ற திணிவில் உண்டான இயக்கத்தினால் எழுந்த இடப்பெயர்ச்சியியக்கப்பண்புச் சத்தியாகவும், மற்றைய பங்கு விசையாள் சில்லின் சுழற்சியியக்கப் பண்புச்சத்தியாகவும் மாறுகின்றது. உராய்வு நட்டங்கள் எவையேனும் உண்டெனில் அவற்றை இந்தவிடத்துப் புறக்கணித்தால், சத்திக்காப்புத் தத்துவத்திலிருந்து

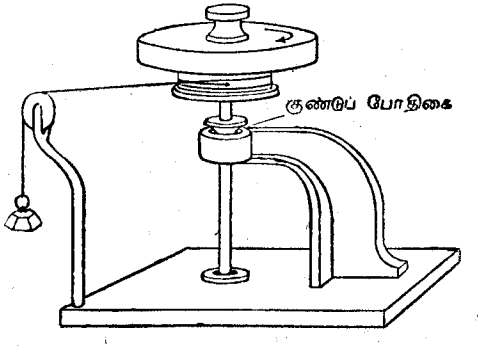
$$\left\{\begin{matrix}\text{விழுகின்ற திணி}\\ \text{வின் நிலைப்பண}\\ \text{புச் சத்தி நட்டம்}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\text{திணிவின் இயக்கப்}\\ \text{பண்புச் சத்தி}\\ \text{நயம்}\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}\text{சில்லின் இயக்கப்}\\ \text{பண்புச் சத்தி}\\ \text{நயம்}\end{matrix}\right\}.$$

இப்பொழுது, தொங்குதிணிவு m கி. ஆகவும், சில்லிலிருந்து இழை விடுதலையாக்கப்படுமுன்னர் அது விழுந்த நிலைக்குத்துத் தூரம் h ச.மீ. ஆகவும் இருந்தால், நட்டம்போன நிலைப்பண்புச்சத்தி mgh எக்கு ஆகும். விளிம்பிலிருந்து இழையின் நுனி இழுத்தெடுக்கப்பட்டதும், செக். இற்கு v ச. மீ. இற்குச் சமமான வேகத்தைத் திணிவும், செக்கனுக்கு ω ஆரையனுக்குச் சமமான கோணவேகத்தைச் சில்லும் பெற்றுவிட்டன. இந்தக் கணத்தில் விழுகின்ற திணிவின் இயக்கப்பண்புச் சத்தி $\frac{1}{2}mv^2$ ஆகவும், சில்லின் சுழற்சியியக்கப் பண்புச்சத்தி $\frac{1}{2}I\omega^2$ ஆகவும் இருக்கின்றன.

இவ்வாறு, உராய்வைப் புறக்கணித்து,

$$mgh = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}I\omega^2$$

ஆகிய சமன்பாட்டைப் பெறுகின்றோம். இந்தச் சமன்பாட்டில் m, g இரண்டும் நாமறிந்தன.



உரு. 77. நிலைக்குத்தச்சாணியை உடைய விசையாள் சில்லு

h ஐத் துணிதல்.—விழுகின்ற திணிவினது அடி நிலத்தைத் தொட்டதும், சில்லிலிருந்து நாணின் நுனி பிரிந்து போகுமாறு நாணின் நீளத்தை ஒழுங்கு செய்தலானது h ஐத் திருத்தமாகக் காண்பதற்கு வேறெதனிலும் மிக்க வசதியான வழியாகும். மேசையின் மட்டத்தில் திணிவு இருந்து விழத் தொடங்குகின்றதாயின், சில்லொடு தொடுக்கப்பட்டிருக்கும்போது அது விழுகின்ற தூரமானது நிலத்திலிருந்து மேசைக்குள்ள உயரத்துக்குச் சமமாகும்.

v ஐயும் ω ஐயுந் துணிதல்.— v ஐயும் ω ஐயுந் துணிதற்கு இரண்டு வழிகளுண்டு. கீழே அவை விவரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஆனால், முதலாம் முறையிலும் **இரண்டாம்** முறை கூடிய திருத்தத்தைத் தருகின்றதாதலின் விரும்பத் தக்கது. உராய்வு நட்டங்களுக்குத் திருத்தஞ் செய்தற்குப் பலனுளளவொரு வழியையும் அது தருகின்றது (பின்னர் காண்க.)

முதலாம் முறை.—நிறுத்தற் கடிகாரம் ஒன்று கொண்டு, நிலத்தை வந்தடைதற்கு விழுகின்ற திணிவு எடுக்கின்ற நேரம் அளக்கப்படும். இந்த நேரத்தை t_1 செக்கன் என்போம்.

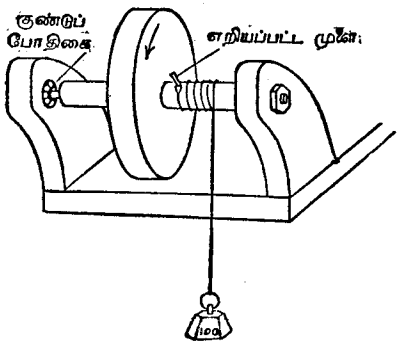
இந்த நேரத்தில், ஒரு சீராகக் கூடிக் கொண்டு போகின்ற வேகத்துடன் திணிவானது தூரம் h இனூடாக விழுகின்றது. **தொடக்க**வேகம் பூச்சிய மாதலின், முடிவுவேகம் v ஆனது **சராசரி** வேகத்தின் இருமடங்காகும்.

$$\text{சராசரி வேகம் } \bar{v} = \frac{h}{t_1}.$$

முடிவுவேகம், அதாவது நிலத்தை வந்தடையும்போது திணிவுக்குள்ள வேகம், இந்தப் பெறுமானத்தின் **இருமடங்காகும்.** அல்லது

$$v = 2\bar{v} = \frac{2h}{t_1}.$$

வழக்கமாகக் குறுகியதாக நேரம் t_1 இருக்குமாதலின், மிக திருத்தத்துடன் அதை அளக்கமுடியாது.



உரு. 78. கிடையான அச்சையுடைய விசையாழ் சில்லு

கணியங்கள் v உம் ω உம் $v = \omega r$ என்னுந் தொடர்புடையன. இங்கே, நாண் சுற்றியிருக்கின்ற உருளை வடிவ விளிம்பின் ஆரை r ஆகும். r ஐ அளந்தும், v ஐ மேற் கூறியிருக்குமாறு துணிந்துங் காண்போமாயின்,

$$\omega = \frac{v}{r} \quad \text{ஆதலின்,}$$

ω ஐக் காணக்கூடும்.

இரண்டாம் முறை.—சில்லைவிட்டு இழை பிரிந்துபோன பின்னர், பொருட்படுத்தத்தக்க நேரத்துக்குச் சில்லுச் சுழன்று கொண்டிருக்கும். என்றாலும், உராய்வினால் அதன் கோணவேகங் குறைந்துகொண்டுபோக, கடைசியில் மீட்டுமது ஓய்வு நிலைக்கு வந்துவிடுகின்றது.

உராய்வு மாறுதிருக்கினறதென்று எடுத்துக் கொண்டால், ஒரு சீராகச் சில்லின் வேகந்தேய்வுறும், ஓய்வு நிலைக்கு வருமளவுஞ் சென்ற நேரம் முழுதுக்கும் சராசரிக் கோணவேகமானது தொடக்கக் கோணவேகம் ω இன் **அரைவாசி** ஆகும்.

இழை பிரிந்துபோனபின் n_2 தரம் சில்லுச் சுழன்று ஓய்வு நிலைக்கு வர t_2 செக்கன் எடுக்கின்றதெனில், ஓய்வு நிலைக்கு வருகையில் அதன் சராசரிக் கோணவேகத்தை செக்கனுக்கு $\frac{2\pi n_2}{t_2}$ ஆரையன் தருகின்றது.

ஆதலினால், இழை பிரிந்து போன அந்தப்பொழுதிலுள்ள கோண வேகம் ω ஐ

$$\omega = 2\omega = \frac{4\pi n_2}{t_2} \quad \text{தருகின்றது.}$$

முதலாம் முறையில், t_1 இனது பெறுமானத்திலும் t_2 இனது பெறுமானம் மிகவும் பெரிது. ஆதலினால், அதனை மிகவுங் கூடிய திருத்தத்தோடு அளக்கலாம். இவ்வாறு, முதலாம் முறைப்படி பெற்ற திருத்தத்திலுங் கூடிய திருத்தத்துடன் இந்த முறைப்படி v இனதும் ω இனதும் பெறுமானங்களைப் பெறலாம்.

ω ஐக் கண்டதும், v ஐ

$$v = \omega r$$

என்னுந் தொடர்பைக் கொண்டு கணித்தறியலாம். v ஐச் செக்கனுக்குள்ள ச. மீ. இலும், ω ஐச் செக்கனுக்குள்ள ஆரையனிலுந் துணிக.

பரிசோதனை 63.—விசையாழ்சில்லின் சடத்துவத் திருப்புதிறன்.—இழையிலிருந்து வெவ்வேறு திணிவுகளைத் தொங்கவிட்டுச் சில்லைச் சுழலச் செய்து, முன்னர் விவரிக்கப்பட்டிருப்பது போல் விழுகையுயரங்களைச் செப்பஞ் செய்து அளக்க. m ஐயும் h ஐயும் இது தருகின்றது.

நாண் சுற்றியிருக்கின்ற உருளைவடிவ விளிம்பின் ஆரையை அளந்து, விளிம்பின் ஆரையோடு ஒப்பிடுமிடத்து நாணின் தடிப்பு மதிக்கக்கூடியதாக இருக்கக் கண்டால், அதன் அரைவாசியை இதனுடன் கூட்டுக. r ஐ இது தருகின்றது.

இழை பிரிந்து போன பின்னர், சில்லின சுழற்சிகள் எத்தனையென்று எண்ணிக் காண்க. இந்தத் தொகையை n_2 என்போம்.

ஓய்வு நிலைக்கு வருதற்கு அது எடுத்த நேரத்தை t_2 என்போம்.

ஒவ்வொரு நோக்கலையும் மூன்று தரம் செய்து, n_2 இனிதும் t_2 இனிதும் நோக்கிப் பெற்ற பெறுமானங்களின் சராசரிகளை, ஒரே m இற்கும் h இற்கும் இவை வேறுபட்டால், எடுக்க.

m இனதும் h இனதும் பெறுமானம் ஒவ்வொன்றையும் ஒத்த ω இனதும் v இனதும் பெறுமானங்களைப் பெறறுப் பின்வருஞ் சமன்பாட்டில் அவற்றைப் பிரதியிடுக.

$$mgh = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}I\omega^2.$$

சமன்பாட்டைத் தீர்த்து I ஐக் காண முன்னர் **வெவ்வேறுகக்** கணியங்கள் mgh, $\frac{1}{2}mv^2$, $\frac{1}{2}\omega^2$ ஒவ்வொன்றையுங் கணிக்க.

சடத்துவத் திருப்புதிறனை கி. சமீ.^{2} இல் கூறுக.

உராய்வுத் திருத்தம்.—தாங்கு போதிகையின் உராய்வு மதிக்கக் கூடியதாக இருந்தால் அதற்கு இடங்கொடுத்தல் வேண்டும். **ஒருகாற்** சில்லுச் சுழல, உராய்வுக்கு எதிராகக் கணியம் f அளவுக்கு வேலை செய்யப்படுகின்றதென்று கற்பனை செய்க. திணிவு விழுந்துகொண்டிருக்கையில், n_1 தரஞ் சுழற்சி நிகழ்ந்ததாதலின், உராய்வுக்கு எதிராகக் கணியம் $n_1 f$ அளவுக்கு வேலை செய்யப்பட்டது.

சமன்பாடு $mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$ இனிமேற் சரி உண்மையான தன்று. பின்வறுமாறு அதை வேறுபடுத்தல் வேண்டும்.

$$mgh = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}I\omega^2 + n_1 f.$$

எனெனில், விழுந்துகொண்டிருந்த திணிவு நிலைப்பண்புச்சத்தியை இழந்துகொண்டிருந்தபோது வேலை $n_1 f$ செய்யப்பட்டது.

இனி, சில்லிலிருந்து இழை பிரிந்துபோன பின்பு, $\frac{1}{2}I\omega^2$ இற்குச் சமமான இயக்கப்பண்புச்சத்தி உடையதாகச் சில்லு இருந்தது. உராயவை மேற்கொள்ளுதலிற் படிப்படியாக இந்தச் சத்தி நட்டம் போக எடுத்த சுழற்சிகளின் தொகை n_2 ஆகும். ஆகவே,

$$\tfrac{1}{2}I\omega^2 = n_2 f.$$

இவ்வாறு, அறிந்த கணியங்களிற் கூறப்பட்டவொரு பெறுமானத்தை இற்குப் பெற்றுவிட்டோமாதலின்,

$$f = \frac{\frac{1}{2}I\omega^2}{n_2}.$$

ஆகவே $$n_1 f = \frac{n_1}{n_2}\tfrac{1}{2} I \omega^2.$$

இனிச் சமன்பாட்டை

$$mgh = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}I\omega^2 + \frac{n_1}{n_2}\tfrac{1}{2}I\omega^2,$$

அல்லது $$mgh = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}I\omega^2\left(1 + \frac{n_1}{n_2}\right),$$

என்று எழுதலாம். உராய்வுத் திருத்தத்தை அடைப்பினுள்ளிருக்கின்ற $\frac{n_1}{n_2}$ குறிக்கின்றது.

திணிவு விழுந்துகொண்டிருக்கும்போது செய்த சுற்றுக்களின் தொகை n_1 ஐத் துணிந்து, சிறியவிந்தத் திருத்தத்தை உட்படுத்தி, I ஐ மீட்டுங் கணிக்க.

சாய்தளம் வழியே உருளுகின்ற சுழலுந் திண்மப் பொருள்

ஒரு சாய்தளம் வழியே ஒரு பொருளை உருளவிட்டபோது, இயக்கப்பண்பு சத்தியாக அது இழந்த நிலைப் பண்புச்சத்தி மாறுகின்றது. தளத்தின் அடியைப் பொருள் அடையும்போது அதற்கு இருவேறு விதமான இயக்கங்கள் உண்டு அவையாவன,

(*a*) இடப்பெயர்ச்சி இயக்கமும்,

(*b*) சுழற்சி இயக்கமும்.

எனவே, பொருளின் இயக்கப்பண்புச் சத்தி இரண்டு கூறுகளிலுள்ளது. அவையாவன.—

(*a*) நேர்கோட்டியக்கப் பண்புச்சத்தி $= \frac{1}{2}mv^2$ உம்

(*b*) சுழற்சியியக்கப் பண்புச்சத்தி $= \frac{1}{2}I\omega^2$ உம்.

இங்கே, m = பொருளின் திணிவு,

v = நேர்கோட்டு வேகம்,

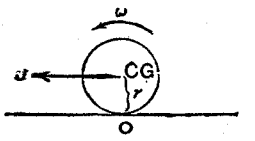
I = புவியீர்ப்பு மையத்துக்கு ஊடாகப் போகின்ற அச்சைப் பற்றியுள்ள சடத்துவத் திருப்புதிறன்,

ω = கோணவேகம்.

பொருளை நிறுத்திய இடத்துக்கு மேலே, பொருள் உருளத் தொடங்கிய தளத்தின் உச்சியானது உயரம் h ச. மீ. இல் இருந்தால், mgh இற்குச் சமமான நிலைப் பண்புச் சத்தியை அது இழக்கின்றது.

எனவே, $$mgh = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}I\omega^2.$$

உள்ளபடியான இயக்கமானது, தளத்தைப் பொருள் தொடுகின்ற **கணத்** தொடுகை யச்சைப் பற்றிய சுழற்சி யியக்கமாகும். எனெனில், இங்கே நழுவல் நிகழ்வதில்லை என்று கொள்ளப்படுகின்றது. எனினும் பு. மை. இன் நேர் கோட்டியக்கத்துடன், பு. மை. இற்கு ஊடாகப் போகுஞ் சமாந்தர அச்சைப் பற்றிய கோணவியக்கத்துக்கு இது சமமென்று காட்டக்கூடும் (176 ஆம் பக்கத்தையும், 81 ஆம் உருவத்தையும் பார்க்க).



உரு. 79 $v = \omega r$ என்பதன் நிறுவல்.

O இற்கு ஊடாகப் போகின்ற தொடுகையச்சுக்கும் புவியீர்ப்பு மையத்துக்கும் இடையிலுள்ள செங்குத்துத் தூரம் r ஆயின், புவியீர்ப்பு மையத்தின் நேர்கோட்டு வேகத்தைச் சமன்பாடு

$$v = \omega r$$

தருகின்றதென்று, அச்சுக்கள் இரண்டுங் கடதாசியின் தளத்துக்குச் செங்குத்தாகவுள்ள 79 ஆம் உருவத்தை நோக்கி உடனே அறியலாம்.

தளம் நெடுகே நீளம் s ஐ உருளுகின்ற பொருள் கடக்க எடுக்கும் நேரத்தை நோக்கிக்கண்டு v ஐத் துணியலாம். இதனை t செக்கன் என்போம்.

முடிவு வேகம் = சராசரி வேகத்தின் இரு மடங்கு.

$$\therefore\ v = 2\bar{v} = \frac{2s}{t}.$$

இவ்வாறு, ω உம் அறியக் கிடக்கின்றது ; எனெனில், $\omega = \frac{v}{r}$.

எனவே $\omega = \frac{2s}{tr}$ ஆகும்.

h ஐயும் m ஐயும் நேராகத் துணியலாம். எனவே, சமன்பாட்டில், I ஒழிந்த மற்றையெல்லாம் நாம் அறிந்தன.

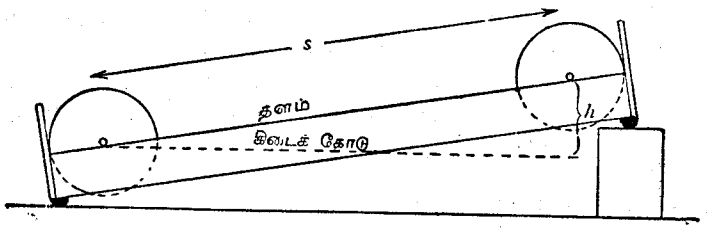
வெவ்வேறான இந்தக் கணியங்களுக்கு அறிந்த பெறுமானங்களை

$$mgh = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}I\omega^2$$

என்னுஞ் சமன்பாட்டில் பிரதியிட்டு, I ஐப் பெறலாம்.

பரிசோதனை 64. சாய்தளத்திற் சில்லும் அச்சாணியும்.—சாய்தளமொன்றில் தண்டவாளங்கள் நெடுகே உருளச் செய்யப்பட்டவொரு டெருந்தட்டுக்கு உருக்கச்சாணியொன்று பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றது. கீழ்நோக்கி அந்தத் தளம் நெடுகே உருண்டுபோக அது எடுக்கும் நேரத்தைக் குறிக்க. இந்த நேரத்தைச் t செக். என்போம்.

தளத்தில் அச்சாணி கடந்து சென்ற தூரத்தின் நீளத்தையுந் துணிக. இதனை s ச. மீ. என்போம். சிற்றுயரமானியொன்று கொண்டு, அச்சாணி



உரு. 80. சாய்தளத்திற் சில்லும் அச்சாணியும்

இறங்கிய மொத்தத் தூரத்தை அளக்க. இதனை h ச.மீ. என்போம். ஈழந்த நிலைப்பண்புச் சத்தி = mgh ஆகும். தட்டை நிறுத்து, mgh இன் பெறுமானத்தைக்காண்க.

தளத்தின் அடியைத் தட்டு அடையுமளவில், அதன் நேர் கோட்டு வேகம் $2s/t = v$.

ஒரு செக்கனுக்கு எத்தனை ச. மீ. என்று v இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க.

தளத்தின் அடியில் தட்டுக்குள்ள இடப்பெயர்ச்சியியக்கப்பண்புச் சத்தி $\frac{1}{2}mv^2$ ஐக் கணிக்க.

இந்த உதாரணத்தில், நிலைத்த அச்சிலிருந்து புவியீர்ப்பு மையம் இருக்குந் தூரம் அச்சாணியின் ஆரைக்குச் சமம்.

திருகாணி நுண்மானியொன்று கொண்டு அச்சாணியின் ஆரையை அளக்க. இதனை r ச.மீ. என்போம்.

தளத்தின் அடியில் தட்டுக்குள்ள கோண வேகம் = $\omega = \frac{v}{r} = \frac{2s}{rt}$

ஒரு செக்கனுக்கு எத்தனை ஆரையன் என்று ω இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க. சமன்பாடு

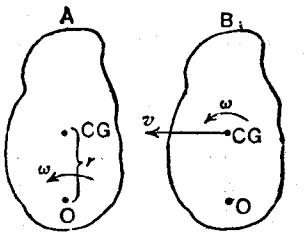
$$mgh = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}I\omega^2 \text{ இல்}$$

இந்தப் பெறுமான்களைப் பிரதியிட்டு, சமன்பாட்டைத் தீர்த்து, I ஐக் காண்க.

h இன் பல்வேறு பெறுமானங்களை (5, 10, 15, 20 ச.மீ.) உபயோகித்துப் பரிசோதனையை மீட்டும் மீட்டுஞ் செய்க.

தட்டின் ஆரை a ஆக இருக்க, அதன் சடத்துவத் திருப்புதிறன் $\frac{1}{2}ma^2$ என்று எடுத்துக்கொண்டு, கணித்தலிலுல், பெற்ற பேற்றை வாய்ப்புப்பார்க்க.

தளத்தைத் தொடுகின்ற தொடுகை அச்சைப் பற்றிய சுழற்சி இயக்கமாக உள்ளபடியான இயக்கம் இருந்தாலும், இந்த இயக்கமானது புவியீர்ப்பு மையத்துக்கு ஊடாகப் போகுமோர் அச்சைப்பற்றிய கோணவியக்கத்தோடு கூடிய புவியீர்ப்பு மைய நேர்கோட்டியக்கத்துக்குச் சமமென்று முன்பு கூறப்பட்டுளது.



உரு. 81. சுழற்சிக் கணவச்சைப் பற்றிய இயக்கம்.

இதன் நிறுவல் பின்வருமாறு: நிலைத்த அச்சு O ஐப் பற்றிய கோண வேகம் ω இற்குக் கிழ்ப்பட்டவொரு பொருள் A ஐக் கருத்திற் கொள்க. புவியீர்ப்பு மைய நேர் கோட்டு வேகம் v ஐயும், புவியீர்ப்பு மையத்துக்கு ஊடாகப் போகின்ற அச்சைப் பற்றிய கோணவேகம் ω ஐயும் உடையதும், பொருள் A இற்குச் சரி ஒப்பானது மானவொரு பொருளை B என்போம்.

புவியீர்ப்பு மையத்திலிருந்து O இற்குள்ள தூரத்தை r என்றும், B ஐப் பொறுத்தமட்டிற் புவியீர்ப்பு மைய நேர்கோட்டு வேகம் இந்தக் கோட்டுக்குச் செங்கோணமாக உள்ளதென்றும், ωr இற்கு அது சமடென்றுங்கொள்வோம்.

இந்த உதாரணங்கள் இரண்டிலும் புவியீர்ப்பு மைய இயக்கத்தை ஆராய்வோம்.

உதாரணம் A. O ஐப் பற்றிய கோண வேகத்திலுல் எழுகின்ற பு. மை. இன் வலமிருந்து இடமான நேர்கோட்டு வேகம் = ωr.

உதாரணம் B. கருதுகோளின்படி பு. மை. இன் வலமிருந்து இடமான நேர்கோட்டு வேகம் = $v = \omega r$.

சுழற்சியினால் உண்டாகும் இயக்கம் பூச்சியம்.

அடுத்தாப்போல், இந்த உதாரணங்கள் இரண்டிலும், புள்ளி **O** இன் இயக்கத்தை ஆராய்வோம்.

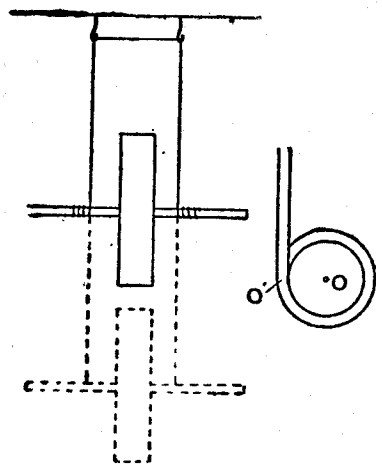
உதாரணம் **A**. இயக்கம் பூச்சியம்.

உதாரணம் **B**. நேர்கோட்டியக்கத்தினால் உண்டாகும் வலமிருந்து இடமான இயக்கம் $v = \omega r$; சுழற்சியினால் உண்டாகும் இயக்கம் ωr ஆனது இடமிருந்து வலமானதாகும் ; ஆதலினால், ஒய்வுநிலையில் **O** இருக்கின்றது.

இவ்வாறு, இரண்டு உதாரணங்களிலும், விறைப்பான இந்தப் பொருளிலுள்ள புள்ளிகள் இரண்டுக்கும் ஒரே இயக்கம் உண்டு. ஆதலினால், **எல்லாப்** புள்ளிகளுக்கும் உள்ள இயக்கம் ஒன்றே. அதாவது, பு. மை. இல் இருந்து தூரம் r இல் உள்ளவோர் அச்சைப் பற்றிய சுழற்சி இயக்கத்தை, பு. மை. இற்கு ஊடாகப் போகின்றவொரு சமாந்தர அச்சைப் பற்றியதும் அதற்குச் சமமானதுமானவொரு சுழற்சி இயக்கமாகவும், ωr இற்குச் சமமான பு. மை. நேர்கோட்டியக்கமாகவும் பிரிக்கலாம்.

தட்டுக்கூடாக அச்சாணியைச் சுற்றிப்போகின்ற நாண்கள் தாங்குங் தட்டு

அச்சாணி இடையாகக் கிடக்குமாறு இழைகள் கொண்டு தொங்கவிடப்பட்டவோர் உருக்குக் கதிர்க்கோல் மீது தட்டு எற்றியிருக்கும். 82 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பது போல, அச்சாணியின் இரண்டு பக்கங்களிலும் சமமாக இழையை உருட்டுமாறு அச்சாணியைச் சுழற்றித் தட்டு உயர்த்தப்படும். கட்டவிழ்த்தவுடனே, நாண் சுற்றுக்குலைதலினால் உண்டாகுஞ் சுழற்சி இயக்கத்தோடு கீழ்நோக்கிய நிலைக்குத்தியக்கத்தைப் பெற்ற வண்ணமாகத் தட்டு விழுகின்றது.



உரு. 82. இழைகள் கொண்டு தொங்கவிடப்பட்ட தட்டு

அதன் திணிவு m ஆக இருக்க, அது தூரம் h விழுகின்றது. அப்பொழுது, முன்போல,

$$mgh = \tfrac{1}{2}mv^2 + \tfrac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2.$$

இங்கே, தூரம் h இற்குத் தட்டு விழுந்தபோது, தட்டின் நேர் கோட்டு வேகம் v ஆகவும், கோணவேகம் ω ஆகவும் இருக்கின்றன.

v இற்கும் ω இற்கும் உள்ள தொடர்பு $v = \omega r$ ஆகும். இங்கே, r ஆனது அச்சாணியின் ஆரை சக இழையின் தடிப்பு ஆகும். இதனை 82 ஆம் உருவத்தில் இலகுவாகக் கண்டறியலாம். புள்ளி **O′** ஒய்வு நிலையில் இருக்கின்றதாதலின், அச்சாணியின் மையம் **O** இற்கு வேகம் $v = \omega \mathrm{OO}'$ உண்டு.

v ஐயும் ω ஐயும் துணிதல்.—இழையின் அடியைத் தட்டு வந்தடையும்போது, அதன் நேர்கோட்டு வேகமானது விழுகை நிகழும்போது அதற்குள்ள சராசரி நேர்கோட்டு வேகத்தின் இருமடங்காக இருக்கும். எனெனில், பூச்சிய வேகத்துடன் அது தொடங்கி முதலிலிருந்து முடிவு பரியந்தம் ஒரு சீரான வேகவளர்ச்சியைப் பெறுகின்றது.

அதி தாழ்ந்த அதன் நிலையைத் தட்டுவந்தடைய எடுத்த நேரம் t ஐக் கண்டு, சராசரி விழுகை வேகத்தைப் பெறலாம். கடக்கப்பட்ட தூரம் h ஆதலின், சராசரி வேகம்

$$\bar{v} = \frac{h}{t},$$

அல்லது

$$v = 2\bar{v} = \frac{2h}{t}.$$

$\omega = \frac{v}{r}$ ஆதலின், இதனிலிருந்து ω பெறப்படும்.

பரிசோதனை 65. இழைகளிலிருந்து தொங்குமொரு தட்டின் சடத்துவத் திருப்புதிறனைத் துணிதல்.—அதிதாழ்ந்த தனது நிலையில் தட்டு இருக்கும்போது, அச்சாணி இடையாக இருக்கச் செய்க. கதிர்க்கோலை ஒப்புரவாக இழைகள் சுற்றியிருக்குமாறும், தனது அதியுயர்வான புள்ளிக்குத் தட்டு உயர்த்தப்படுமாறும், தட்டை, அதன் அச்சைப் பற்றி, சுழற்றுக. தட்டைக் கட்டவிழ்த்த அந்நேரத்தில் ஒரு நிற்பாட்டற் கடிகாரத்தைத் தொடக்கிவிட்டு, அதியுயர்ந்த புள்ளியிலிருந்து அதிதாழ்ந்த புள்ளிக்குப் போகும் இறக்க நேரத்தை எடுக்க. இந்த நோக்கலைப் பன்முறை செய்து, சராசரிப் பெறுமானத்தைக் காண்க. தட்டு விழுகின்ற தூரம் h ஐ அளந்து, முடிவு வேகம் v ஐச் செக். ஒன்றுக்கு எத்தனை ச. மீ. என்று

$$v = \frac{2h}{t}$$

என்னுஞ் சூத்திரத்திலிருந்து காண்க. கதிர்க் காலின் விட்டத்தையும் நாணின் விட்டத்தையும் ஒரு திருகாணி நுண்மானி கொண்டு அளந்து, திர்க்கோல் நாண் இரண்டினதும் ஆரைகளின் கூட்டுத்தொகை r ஐத் துணிக. $v = \omega r$ என்னுஞ் சூத்திரத்திலிருந்து கோணவேகம் ω ஐத் துணிந்து, ஒரு செக்கனுக்கு அது எத்தனை ஆரையன் என்று கூறுக.

தட்டின் (அச்சாணிபுடன்) திணிவை உள்ளபடி நிறுத்துக் காண்க. இவ்வாறு, I ஐக் கணித்தற்கு வேண்டிய தரவு எல்லாம் அறிந்தன வாயின. சத்திச் சமன்பாட்டிலிருந்து I ஐக் கணிக்க.

தட்டின் திணிவிலும் பரிமாணங்களிலும் இருந்து அண்ணளவாக I ஐக் கணித்தறியக் கூடும்.

$$I = \frac{ma^2}{2}.$$

இங்கே, தட்டின் ஆரை a ஆகும்.

கணித்தறிந்த இந்தப் பெறுமானம் அண்ணளவேயானது. தட்டின் திணிவு ஒரு சீராக அதன் கனவளவு முழுதிலும் பரம்பி இருந்தால் மாத்திரஞ் சூத்திரம் பொருத்தமுடைத்து எனலாம். அச்சாணியின் திணிவானது, தட்டு முழுதிலும் ஒரு சீராக அது பரம்பி இருக்கவில்லை என்பது தெளிவாதலினாலும், பொருட்படுத்தக் கூடியதாக அது இருத்தலினாலும், இந்தச் சூத்திரம் உண்மையானதன்று என்பது திண்ணம்.

§ 5. அதிரிச் சுவடுகள்

பிளெச்சரின் துரொல்லியையும் அத்துவூட்டின் பொறியையும் பயன் படுத்திப் பெற்ற அதிரிச் சுவடுகளிலிருந்து வேகவளர்ச்சியைத் துணியும் பின்வரும் முறைக்காக நாம் இடக்ளர் L. F. இரிச்சேட்சனுக்குக் கடப்பாடு (L. F. Richardson) உடையோம். ஆம் பக்கத்திலுள்ள 119 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பது போல, இசைக்கவர் தருகின்ற சுவட்டுக்கு இந்தச் சுவடு ஒப்ப கும். சுவட்டை வரையுங் சுடர் வலையாதிருக்க, அவதானமாக, அதிரிலைய அசைய விடாது, கடதாசியை இயங்கச் செய்து, சுவட்டுக்கூடாக நடுக்கோட்டை வரைக. இந்தக் கோடுஞ் சுவடும் ஒன்றையொன்று தெளிவாக வெட்டுகின்ற முதலாம் புள்ளியிலிருந்து அதனைத் தொடர்ந்து வரும் பன்னிரண்டு **ஒன்றைவிட்ட** ஒவ்வொரு வெட்டுப் புள்ளிக்கும் உள்ள தூரங்களை அளக்க. இந்தத் தூரங்களை $a, b, c, d, \ldots\ldots, j, k, l$ என்போம்.

இந்த அளவுகள் 12 ஐயும் மும்மூன்றுகப் பின்வருமாறு அட்டவணைப் படுத்துக :—

அளவுகள்	முதல் வித்தியாசங்கள்	இரண்டாம் வித்தியாசங்கள்
$a \;.\; e \;.\; i$	$(e-a)$ உம் $(i-e)$ உம்	$(i-e)-(e-a) = a-2e+i$
$b \;.\; f \;.\; j$	$(f-b)$ உம் $(j-f)$ உம்	$(j-f)-(f-b) = b-2f+j$
$c \;.\; g \;.\; k$	$(g-c)$ உம் $(k-g)$ உம்	$(k-g)-(g-c) = c-2g+k$
$d \;.\; h \;.\; l$	$(h-d)$ உம் $(l-h)$ உம்	$(l-h)-(h-d) = d-2h+l$

இரண்டாஞ் சராசரி வித்தியாசம்

$$= \tfrac{1}{4}\{a+b+c+d-2(e+f+g+h)+i+j+k+l\} = \mathrm{D}.$$

இந்தச் சராசரியைக் காணுமிடத்து, அளவீடுகள் பன்னிரண்டும் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. அதிரியின் ஆவர்த்தன காலம் T ஆயின்,

$$\text{வேகவளர்ச்சி} = \frac{\mathrm{D}}{16\mathrm{T}^2}.$$

நிறுவல்.—அடுத்து வருகின்ற நன்னூன்கு அலைகளின் எவையேனும் இரண்டு கூட்டங்களானவை சுவட்டிலே எடுக்கின்ற நீளங்களை s_1 உம் s_2 உம், முதலாம் அலையின் தொடக்கத்தில் வேகம் v_0 உம், நாலாம் அலையின் முடிவில் (அல்லது ஐந்தாம் அலையின் தொடக்கத்தில்) வேகம் v_1 உம் என்போம். வேகவளர்ச்சியை a எனில்,

$$s_1 = v_0(4\mathrm{T}) + \tfrac{1}{2}a(4\mathrm{T})^2,$$
$$v_1 = v_0 + a(4\mathrm{T}),$$
$$s_2 = v_1(4\mathrm{T}) + \tfrac{1}{2}a(4\mathrm{T})^2 = v_0(4\mathrm{T}) + \tfrac{3}{2}a(4\mathrm{T})^2,$$

எனவே $\quad s_2 - s_1 = a(4\mathrm{T})^2$, அல்லது $a = (s_2-s_1)/(4\mathrm{T})^2$.

$(e-a)$ ஐயும் $(i-e)$ ஐயும் போன்ற முதல்வித்தியாசச் சோடு எதனையும் நீளங்கள் s_1 உம் s_2 உம் குறிக்க, அவற்றை ஒத்த இரண்டாம் வித்தியாசத்தை (s_2-s_1) குறிக்கின்றது.

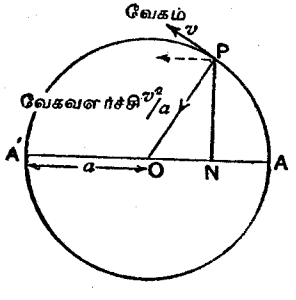
சரியான நேரவிடையை உபயோகித்தால், எத்தொகையான அளவீடுகளுக்கும் இதே முறையைப் பயன்படுத்தலாம். உயர் சதிரில், அடுத்து வரும் வெட்டுப் புள்ளிகளை, அல்லது அரை அலைநீளங்களை உபயோகித்தால் வசதியாக இருக்கும்.

அதிகாரம் IX

ஆவர்த்தன இயக்கம்

§ 1. நேர்கோட்டுத் தனியிசையியக்கம்

பௌதிகவியற் பிரிவுகள் எல்லாவற்றிலும், அலைவின் அல்லது அதிர்வின் தன்மையை உடைய புள்ளியின் அல்லது துணிக்கையின் இயக்கம் வருகின்ற இடங்கள் உண்டு. ஒழுங்கான காலவிடைகளில் மீட்டும் மீட்டும் அதே இயக்கத்தொடர் நிகழும்போது, இயங்கும் புள்ளியின் இயக்கத்தை **ஆவர்த்தன** இயக்கம் என்பர். **பூரணமானவோர் இயக்கத் தொடருக்கு,** அல்லது பூரணமான வோர் இயக்க **வட்டத்துக்கு, வேண்டிய நேரத்தை அந்த இயக்கத்தின் காலம்** என்பர். ஒரு செக்கனில் நிகழுகின்ற வட்டங்களின் தொகையை அலைவின் **அதிர்வெண்** என்பர். **தனியிசையியக்கமே** (த.இ.இ.) மிக்கவெளி தான ஆவர்த்தனவியக்க வகையாகும்.



உரு. 83. தனியிசையியக்கம்

நேர்கோட்டுத் தனியிசையியக்கத்துக்கு, வட்டத்தின் விட்டமொன்றின் மீதுள்ள ஒரு சீரான வட்டவியக்கத்தின் எறியம் என்று கேத்திர கணித முறைப்படி வரைவிலக்கணங் கூறலாம்.

ஒரு வட்டத்தைச் சுற்றி ஒரு சீரானகதியுடன் இயங்குகின்றவொரு புள்ளி **P** ஐக் கற்பனை செய்க. அந்த வட்டத்தின் **எதுவாயினுமொரு** விட்டம் **AA'** ஐ எடுத்து, அதற்குச் செங்குத்தாகப் **P** இல் இருந்து **PN** ஐ வரைக. இந்தச் செங்குத்துக் கோட்டின் அடியாகிய புள்ளி **N** ஆனது **AA'** இற்குக் குறுக்கே **த. இ. இ.** ஐ இயற்றுகின்றது. இந்தப்புள்ளி **N** இனது **இடப்பெயர்ச்சி யானது அதன் இடைநிலை O இல் இருந்து அதுவிருக்குத் தூரமாகிய ON** ஆகும். **இடை நிலை O இல் இருந்துள்ள உயர்விடப்பெயர்ச்சியானது** இயக்கத்தின் **வீச்சு** ஆகும். மாட்டேற்று வட்டத்தின் ஆரை a இற்கு, அல்லது **OA** இற்கு, அது சமமாகும். இயக்கத்தின் **நிலைமை** ஆனது, **A** ஐப் போன்ற வொரு **நிலைத்த புள்ளியை P கடந்தபின் சென்ற காலம், அல்லது அலைவுக்காலப் பகுதி** ஆகும். அதனைக் கோணம் **POA** என்றுங் கூறலாம். **விட்டம் AA_1 நெடுகே முன்னும் பின்னுமாகப் புள்ளி N போக எடுக்கும் நேரத்தை** இயக்கக் **காலம் என்பர்.** ஆரை a ஐ உடைய "மாட்டேற்று வட்டத்தை"ச் சுற்றிப்போக **P** எடுக்கும் நேரமும் அதுவும் ஒன்றே.

எதுவேனுமொரு புள்ளியில் **P** இற்கு உள்ள வேகத்தை v உம், **OP** இன் கோண வேகத்தைச் செக்கனுக்கு ω ஆரையனும் என்போமென்றால், $v = a\omega$ ஆகவும், காலம்

$$t = \frac{2\pi a}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$$

ஆகவும் இருக்கும்.

N இன் இடப்பெயர்ச்சி $= a$ கோசை **PON**.

AA' இற்குச் சமாந்தரமாகவுள்ள **P** இன் வேகக்கூற்றுக்கு எப்பொழுதுஞ் சமமானவொரு வேகமானது **AA'** நெடுகே புள்ளி **N** இற்கு உண்டு. எனவே, **N** இன் **வேகம்** $= v$ சைன் **PON.**

AA' இற்குச் சமாந்தரமான புள்ளி **P** இன் வேகத்தைத் தாக்குகின்ற அதன் வேகமாற்றம் எதுவும் **N** இன் வேகத்தையுந் தாக்குகின்றது. இவ்வாறு, **AA' இற்குச் சமாந்தரமான P இன் வேகவளர்ச்சிக் கூற்றுக்கு AA' நெடுகே உள்ள புள்ளி N இன் வேகவளர்ச்சி சமமாகும்.** ஆனால் திசை **PO** இல் உள்ள $\frac{v^2}{a}$ இற்கு **P** இனது வேகவளர்ச்சி சமமென்று காட்டக்கூடும். எனவே, **N** இன் **வேகவளர்ச்சி**

$$= \frac{v^2}{a} \text{ கோசை PON (O ஐ நோக்கி),}$$

$$= \frac{v^2}{a} \times \frac{\mathbf{ON}}{\mathbf{OP}},$$

$$= \left(\frac{v}{a}\right)^2 \times \mathbf{N} \text{ இன் இடப்பெயர்ச்சி,}$$

$$= \omega^2 \times \mathbf{N} \text{ இன் இடப்பெயர்ச்சி.}$$

ஆகவே, **நேர்கொட்டுத்தனியிசையியக்கத்தில், ஒரு நேர்கோடு நெடுக்க அதனிலுள்ள நிலைத்த புள்ளியொன்றை எப்பொழுதும் நோக்கியிருக்கும் வேகவளர்ச்சியுடனும், நிலைத்தவந்தப் புள்ளியிலிருந்துள்ள தூரத்துக்கு நேர்விகித சமமாக இருக்குமாறும், ஒரு புள்ளி இயங்குகின்றதென்று** காணக்கிடக்கின்றது.

த. இ. இ. இற்குப் பிறிதொரு வரைவிலக்கணத்தை இந்தக்கூற்றுத் தருகின்றது.

$$\frac{\text{வேகவளர்ச்சி}}{\text{இடப்பெயர்ச்சி}} = \text{ஒரு மாறிலி ஆகவும்,}$$

அந்தக் கோட்டிலுள்ள நிலைத்த புள்ளியை வேகவளர்ச்சி நோக்கியதாகவும் இருக்குமாறு, இவ்விதமான வேகவளர்ச்சியுடன் ஒரு நேர்கோடு நெடுகே ஒரு புள்ளி இயங்கும் போதெல்லாம், நிலைத்தவிந்தப் புள்ளி **O** அதன்

சராசரி நிலையாக இருக்க, இயங்குகின்ற புள்ளி **த. இ. இ** ஐ இயற்று கின்றது என்று நாம் அறியக்கிடக்கின்றது. O இல் இருந்து எதுவேனும் அறிந்த தூரத்திலுள்ள வேகவளர்ச்சியைக் கொண்டு **த. இ. இ. க்** காலத்தை, இயக்கத்தின் இயல்பு வேறெதனையும் அறியாதவிடத்தும், கூறலாம்.

இயங்கும் இந்தப் புள்ளி 83 ஆம் உருவத்திலுள்ள புள்ளி N ஐ ஒத்ததாக இருக்கும். N இன் தரப்பட்ட இயக்கவீச்சு a இன் பெறுமானம் எதற்கும், ஆரை a ஐ உடைய மாட்டேற்று வட்டத்திற் சுற்றி இயங்குகின்றவொரு புள்ளி p ஐ நாங் கற்பனை செய்யலாம்.

N இன் வேகவளர்ச்சி $= \omega^2 \times$ N இன் இடப்பெயர்ச்சி ஆக இருக்குமாறு ஆரையினது கோணவேகம் ω இருத்தல் வேண்டும்.

வேகவளர்ச்சிக்கும் இடப்பெயர்ச்சிக்குமுள்ள மாறுத விகிதத்தை ஒத்தது கோணவேகத்தின் **வர்க்கம்** என்பதை நன்கு அவதானிக்க. $\omega = 2\pi/t$ ஆதலின், 2π செக்கனில் நிகழும் முழு இயக்க வட்டங்களின் தொகையை ω குறிக்கின்றது. இதனை இந்த ஆவர்த்தன இயக்கத்தின் **துடித்தல்** என்பர் ; சில வேளைகளில் அதனை p இனாற் குறிப்பர்.

முக்கியமான இந்தப் பருமன்[1] ஆனது சமன்பாடு

$$\omega = p = \sqrt{\frac{\text{வேகவளர்ச்சி}}{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}}$$

இனால் துணியப்படும்.

இயக்கக்காலம் t ஐ

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}{\text{வேகவளர்ச்சி}}}$$

தருகின்றது.

இயக்கவிசையியலில், ஒரு துணிக்கையைத் தாக்குகின்ற விசையானது, அந்தத் துணிக்கையின் நிலைகள் எல்லாவற்றுக்கும், நிலைத்தவொரு புள்ளியின் திசையை நோக்கி இருக்குமென்றும், அந்தப் புள்ளியிலிருந்து அந்தத் துணிக்கையுள்ள தூரத்துக்கு நேர்விகிதசமமென்று பன்முறை காணக்கிடக்கின்றது. நிலைத்த புள்ளிக்கூடாகப் போகின்றவொரு நேர்கோட்டில் துணிக்கை இயங்குகின்றதாயின், அதன் இயக்கம் **த. இ. இ.** என்பது தெளிவு.

1. பின்னை வேலையை முன்னினைந்து, த.இ.இ. இன் வரைப்படமானது சமன்பாடு $x = a$ கோசை $(pt - \alpha)$, அல்லது $y = a$ சைன் $(pt - \beta)$, குறிக்கின்ற சைன் அல்லது கோசை வளைகோடாகும்.

ஏனெனில், μ ஒரு மாறிலியாகவும், x இடப்பெயர்ச்சியாகவும் இருக்க, விசையை μx என்போம். இடப்பெயர்ச்சி ஒருபையாக இருக்கும்போது மாறிலி μ ஆனது விசையின் பெறுமானமாகும். துணிக்கையின் திணிவை m எனபோமாயின், நியூற்றனின் இரண்டாம் விதிப்படி, வேகவளர்ச்சி a ஐ

$$ma = \mu x,$$

அதாவது $$a = \frac{\mu}{m} x$$

தருகின்றது. எனவே, இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்விகிதசமமாக வேகவளர்ச்சியும், த இ இ. ஆக இயக்கமும் இருக்கின்றன.

மேற்காணும் விளக்கத்தில், ω^2 இன், அல்லது $(v/a)^2$ இன் இடத்தை μ/m எடுக்கின்றதென்று காணக்கிடக்கின்றது.

$t = \frac{2\pi}{\omega}$ ஆதலின், $t = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\mu}}$ ஆகுமெனவே, இயக்கக் காலம் t ஐ உடனே எழுதிக்கொள்ளலாம்.

வீச்சு a இல் **இயக்கக்காலம்** t **தங்கியிருக்கவில்லை** என்பதைக் குறித்துக்கொள்க.

இயக்கக் காலத்துக்குள்ள இந்தச் சமன்பாட்டுக்கு விசாலமான பிரயோகமுண்டு. ஒரு பொருளின் திணிவையும், அதன் இடை நிலையிலிருந்து அது பெயர்ந்து போகுந் தூரத்தை உறுப்பாகக் கொண்டு கூறப்பட்ட தாக்கும் விசையையும் அறிவோமேயானால், அதன் இயக்கக் காலத்தை இந்தத் தொடர்பிலிருந்து உடனே துணியக் கூடும்.

மாறிலி μ ஐ **இடப்பெயர்ச்சியலகொன்றுக்குள்ள விசை** என்பர். ஏனெனில், தனது இடைநிலையில் இருந்து ஒரு சதம மீற்றருக்கு ஒரு பொருள் இடம் பெயருமாயின், அந்தப் பொருளைத் தாக்குகின்ற விசையின் பெறுமானந் தனில் μ ஆகும். எளிதானவொரு புள்ளிவிவர முறைப்படி அதன் பெறுமானத்தைப் பலசந்தர்ப்பங்களிலுந் துணியலாம். மீள் சத்தியைப் பற்றிய உத்திக் கணக்குக்களில் விகார **விறைப்பை** μ குறிக்கின்றது.

§ 2. கோணத் தனியிசையியக்கம்

நேர்கோட்டியக்கத்தோடு தொடர்புடைய சில கணியங்களுக்கும் கோணவியக்கத்தோடு தொடர்புடைய சில கணியங்களுக்கும் உள்ள ஒப்புமையை முன்னர் எடுத்துக் காட்டியுள்ளோம் (169 ஆம் பக்கத்திலுள்ள அட்டவணை

யைப் பார்க்க). நேர்கோட்டியக்கத்தோடும் கோணத் **த.இ.இ.** த்தோடும் பயிலும் போது இதனைப் பயன்படுத்தலாம். இவ்வாறு, பின்வருங் கூற்றை நாம் உடனே உய்த்தறியலாம் :—

குறித்தவொரு நிலையிலிருந்துள்ள கோணவிடப்பெயர்ச்சிக்கு விகித சமமான வொரு விசைச் சுழலிணையின் கீழ், அச்சொன்றைப் பற்றி, ஒரு பொருள் சுழலும்போது, ஒரு கோணத் த.இ.இ. த்தை அது இயற்றுகின்றது.

மேலும், எளிதான ஒப்புமைப்படி, ஒரு பொருளைத் தாக்குகின்ற விசைச் சுழலிணை அல்லது "முறுக்குதிறன்" G ஆனது அதன் கோணவிடப் பெயர்ச்சியோடு,

$$\text{விசைச் சுழலிணை} \equiv G = c\theta$$

என்னுஞ் சமன்பாட்டுத் தொடர்புடையதாதலின், ஒரு மாறிலியாகச் இருக்குமிடத்து, இயற்றப்பட்ட கோணத் தனியிசையியக்கத்தின் காலம்

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{I}{c}}$$

ஆகும் ; இங்கே I ஆனது சுழற்சியச்சைப் பற்றி அந்தப் பொருளுக்குள்ள **சடத்துவத் திருப்புதிறனாகும்.**

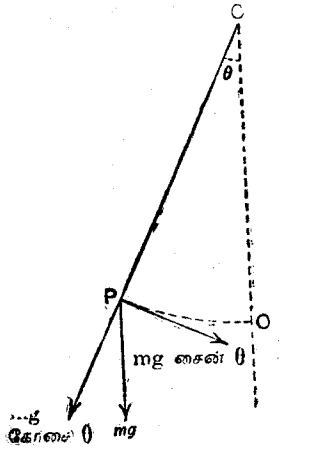
குணகம் c ஐப் பலகால் **திருகலலகொன்றுக்குள்ள விசைச் சுழலிணை** என்பர். எனெனில், தனது இடைநிலையில் இருந்து **ஓரலையனுக்குப்** பொருள் பெயர்க்கப்படுமிடத்து, அதனைத் தாக்குகின்ற விசைச் சுழலிணையின் பெறுமானம் c ஆகும். மீள்சத்தியினால் அது உண்டானதாதலின், அதனை விகார **விறைப்பு** என்று கொள்ளலாம்.

§ 3. ஆவர்த்தன இயக்கங்களின் உதாரணங்கள்

செய்முறையிற் காணக்கிடக்கின்ற ஆவர்த்தன இயக்க வகைகள் அர்தாகவே தூய தனியிசையியக்கமாக இருக்கின்றன. என்றாலும், குறித்த சில சிற்றெல்லைகளை மீறாது இயக்கத்தின் கணியம் இருக்குமேயானால், அவற்றை அதிகமாகத் தனியிசை இயக்கங்கள் எனக் கொள்ளலாம். ஊசலொன்றின் அலைவுகள் அதற்கோர் எடுத்துக்காட்டாகும். நேரங்காட்டும் பொறியமைப்புக்களுக்கு ஊசல் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுவதுமல்லாமல், ஊசற் காலத் துணிபுகளிலிருந்து பௌதிகவியலில் அதிமுக்கியமான பேறுகளைப் பெறலாம்.

தனியூசலின் இயக்கக் காலம்

தனியூசலானது, வளையுந் தன்மையுடைய, நிறையற்ற, நீட்டக் கூடாத இழையொன்றினால், விறைப்பு நிறைந்தவொரு கூங்கு புள்ளியிலிருந்து, தொங்கவிடப்பட்ட பாரமானவொரு பதார்த்தத் துணிக்கையினாலானதுவாகும். அதன் இடை நிலை O ஐ நோக்கிக் "குண்டு", அதனைத் தாக்கும் விசைகளுக்கு அமைந்து, ஊசலாடும் (84 ஆம் உருவம்). வில் நெடுகே கூறெதுவேனு முடைய ஒரேயொரு விசை குண்டின் நிறையாகும். பொருளை மீட்டும் O ஐ நோக்கிப் போகச் செய்யும் இயல்பையுடைய கூறு mg சைன் θ ஆகும்.



உரு. 84. தனியூசற் குண்டினைத் தாக்கும் விசைகள்

இவ்வாறு, குண்டைத் தாக்குந் தொடுகோட்டு விசையை

$$f = mg \text{ சைன் } \theta$$

தருகின்றது.

இடப்பெயர்ச்சிக் கோணம் மிகவுஞ் சிறிதாயின், அண்ணளவாக θ = சைன் θ என்று எழுதலாம். எழுதினால்,

$$f = mg\,\theta.$$

வில் நெடுகே குண்டின் இடப்பெயர்ச்சி x எனவும், ஊசலின் நீளம் l எனவும் இருப்பின், $\theta = \frac{x}{l}$, $f = \frac{mg}{l}x$ ஆகும்.

இது $f = \mu x$ வடிவமானவொரு சமன்பாடாகும். எனவே, இடப்பெயர்ச்சி x ஒருபோதும் பெரிதாக இராவிடில், குண்டின் இயக்கமானது தனியிசையியக்கம் ஆகும். இடப்பெயர்ச்சியலகொன்றுக்குள்ள விசையாகிய μ இன் பெறுமானம் $\frac{mg}{l}$ ஆகும் ; ஊசலின் நீளத்துக்கு அது நேர்மாறு விகிதசமமாகும். இயக்கக் காலத்தை

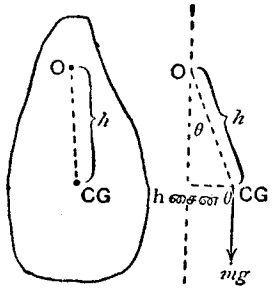
$$t = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\mu}} \quad \text{இங்கே,} \quad \mu = \frac{mg}{l}$$

(அண்ணளவாகத்) தருகின்றது

$$\text{எனவே,} \qquad t = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

கூட்டுசேலின் இயக்கக் காலம்

கனவளவு முழுதிலுந் திணிவு பரம்பியிருக்கின்றவொரு பொருளை அச் சொன்றைச் சுற்றி அலையுமாறு செய்து, அதனையோர் ஊசலாக உபயோகிக்கலாம். O இற்கு ஊடாகப் போகின்ற அச்சிலிருந்து ஒரு பொருள் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கின்றதென்று கற்பனை செய்க (85 ஆம் உருவம்).



உரு. 85. கூட்டுசேல்

ஒரு பக்கத்துக்கு அதைப் பெயர்த்தால், அதன் புவியீர்ப்பு மையத்துக்கூடாக அதன் நிறை கீழ்நோக்கி அதைத் தாக்கி, அதன்மீது மீட்டற்றிருப்பு திறனை உளற்றுகின்றது. அச்சு O ஐப் பற்றிய இந்த மீட்டற்றிருப்புதிறனானது, கோணம் θ இற்கு ஊடாகப் பொருள் பெயர்க்கப்பட்டபோது, mgh சைன் θ ஆக இருக்கும்.

θ சிறிதாயின், அண்ணளவாக $\theta =$ சைன் θ என்று எழுதலாம். அப்படி எழுதினால்,

$$\text{மீட்டற்றிருப்புதிறன்} = mgh\,\theta$$

ஆகும்.

$c = mgh$ என்றால், விசைச் சுழலிணை $= c\theta$ என்னும் வடிவை இது எடுக்கும். இவ்வாறு, O இற்கு ஊடாகப் போகின்ற அச்சைப் பற்றி ஒரு கோணத் த. இ. இ. த்தை அந்தப் பொருள் இயற்றும். அதன் காலத்தை

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{I_0}{mgh}}$$

தருகின்றது.

O இற்கு ஊடாகச் செல்லுகின்ற அச்சைப் பற்றிய சடத்துவத் திருப்பு திறனை I_0 குறிக்கின்றது. அதனை $I_0 = m(k^2 + h^2)$ என்று கூறலாம். இங்கே, k ஆனது புவியீர்ப்பு மையத்தைப் பற்றிய சுழிப்பாரையாக இருக்கின்றது (167 ஆம் பக்கம்).

எனவே,

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{m\,(k^2 + h^2)}{mhg}},$$

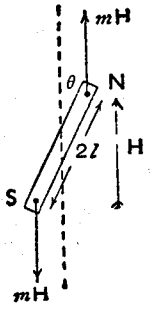
அதாவது

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{k^2 + h^2}{hg}}.$$

அலையும் காந்தத்திண்மமொன்றின் இயக்கக் காலம்

மூனைவத்திறன் m ஐ உடையவொரு காந்தத்திண்மத்தை திறன் H ஐ உடையவோர் ஒரு சீரான காந்தமண்டலத்தில் தொங்கவைத்தால், அதன் மூனை ஒவ்வொன்றும் விசை mH இனால் தாக்கப்படும்.

அந்தக் காந்தத் திண்மத்தை அதன் இடைநிலையில் இருந்து கோணம் θ இற்கு ஊடாகப் பெயர்த்தால், அதன் மீது பொறிமுறை விசைச் சுழலிணை யொன்றை இந்த விசைகள் உளற்றுகின்றன. $G = m\text{H} \times \text{NS}$ சைன் θ. இங்கே காந்தத்திண்மத்தின் மூனைவுகளுக்கிடையில் உள்ள தூரத்தை NS குறிக்கின்றது.



உரு. 86. காந்தத் திண்மத்தினமீது விசைச் சுழலிணை

பெருக்கம் $m \times \text{NS}$ ஐ அந்தக் காந்தத்திண்மத்தின் காந்தத்திருப்புதிறன் என்பர்; M இனால் அதனைக் குறிப்பர். எனவே,

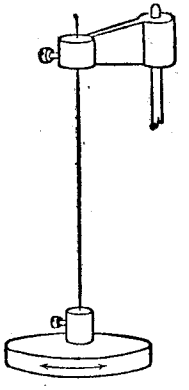
$$\text{மீட்டல் விசைச் சுழலிணை} = \text{MH சைன்}\,\theta.$$

ஊசலாட்டங்கள் சிறியனவாயின், இது $\text{MH}\theta$ ஆகச் சுருங்குகின்றது. ஊசலாட்டக்காலம்

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$$

என்று உடனே நாங் காணலாம். காந்தத்திண்மத்தின் சுழற்சியச்சைப் பற்றிய சடத்துவத் திருப்புதிறனை I இங்கே இருக்கின்றது.

முறுக்கலூசல் ஒன்றின் இயக்கக் காலம்


உரு. 87. முறுக்கலூசல்

மேற்காணும் ஆவர்த்தன இயக்க உதாரணங்கள் எல்லாவற்றிலும், ஊசலாட்டக் கோணஞ் சிறிதாக இருக்குமிடத்துத்தான், தனியிசையியக்கமாக இயக்கம் இருக்கும். **முறுக்கல் ஊசலிலோ கோணப் பெயர்ச்சிபெரிதாக இருக்குமிடத்தும், திருத்தமான தனியிசையியக்கமாகவே இயக்கம் இருக்கும்.**

ஒரு கம்பியின் மேலந்தத்தை நிலைப்படுத்தி, கீழந்தத்தை θ ஆரையனுக்கூடாகத் திருகினால், $\frac{\pi n r^4 \theta}{2l}$ இற்குச் சமமான மீட்டல் விசைச் சுழலிணையைக் கம்பி உளற்றுகின்றது. இங்கே, $r =$ கம்பியின் ஆரை, $l =$ அதன்

நீளம், n = விறைப்புக் குணகம் (139 ஆம் பக்கம்). ஆகவே கம்பியொன்றிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டதும் சடத்துவத் திருப்புதிறன் I ஐ உடையதுமானவொரு பொருளானது, இயக்கக் காலம்

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{I}{\pi n r^4/2l}} \text{ ஐ},$$

அதாவது

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{2lI}{\pi n r^4}} \text{ ஐ},$$

உடைய தனியிசையியக்கத்தை இயற்றுகின்றது.

I ஐ அறிந்தால், அலைவு முறைப்படி, இந்தப் பேற்றைக்கொண்டு விறைப்புக் குணகம் n ஐ அளந்தறியலாம்.

சுருளிவில்லிலிருந்து தொங்குகின்ற திணிவின் இயக்கக் காலம்

சுருளி வில்லொன்றிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டவொரு திணிவின் ஆவர்த்தன இயக்கம் தூயதனியிசையியக்கத்துக்கு பிறிதோர் உதாரணமாகும். ஒரு வில்லிலிருந்து தொங்குகின்ற திணிவு M ஆனது அந்த வில்லினை l ச.மீ. இற்கு நீட்டுகின்றதென்று கற்பனை செய்க. அப்பொழுது, தொங்கவிடப்பட்ட திணிவின் நிறை Mg இற்கு வில்லினால் உருற்றப்படும் விசை சமமாகும். ஒரு நீட்சியலகுக்குள்ள விசை Mg/l ஆகும். மேலும் வில்லைச் சற்றே ஈர்த்தால் (1 ச.மீ. அளவுக்கு என்போம்), $l + 1$ ச.மீ. இற்குச் சமமாக நீட்சி இருக்க, திணிவை வில்லானது மேனோக்கி இழுக்கின்ற விசை

$$\frac{Mg}{l} \times (l + 1) \text{ தைன்}$$

ஆகும்.

இப்பொழுது திணிவைத் தாக்குகின்ற விசைகளானவை (*a*) **மேனோக்கி** வில்லானது உருற்றுகின்ற விசை $Mg\left(1 + \frac{1}{l}\right)$ உம், (*b*) **கீனோக்கித்** தாக்குகின்ற அதன் நிறை Mg உம் ஆகும்; இவற்றின் விளைவு **மேனோக்கிய** விசை Mg/l ஆகும். இவ்வாறு, உறுதியான அதன் நிலையிலிருந்து 1 ச.மீ. இற்கு அது பெயர்க்கப்பட்டபோது, Mg/l தைனுக்குச் சமமான மேனோக்கிய வொரு விசையினால் திணிவு இழுக்கப்படுகின்றது. இதுவே இடப்பெயர்ச்சியலகொன்றுக்குள்ள விசையாகும்[1].

ஆதலினால்,

$$2\pi \sqrt{\frac{M}{Mg/l}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

அதன் அதிர்வுக் காலம் ஆகும். இங்கே, l எனப்படுவது தொங்குகின்ற திணிவு உண்டாக்கும் உறுதியான நீட்சியாகும்.

1. தனியூசலிற்குரிய — ஆம் பக்கத்திலுள்ள பேற்றுடன் இப்பேற்றினை ஒப்புநோக்குக ; இங்கு, l, வில்லின் நீளம் அல்லவென்பதைக் கவனிக்க.

§ 4. ஆவர்த்தன இயக்கங்களைப் பற்றிய பரிசோதனைகள்

பரிசோதனை 66 A. தனியூசலின் மீட்டல் விசை. — இடப்பெயர்ச்சிக்கு இந்த விசை **அண்ணளவாக** விகித சமமாகும் (187–188 ஆம் பக்கங்கள்). இந்தப் பேற்றைச் சோதித்துப் பார்ப்பதற்கு, விறைப்பானவொரு தாங்கியிலிருந்து **பாரமான**வொரு குண்டை **மிகவும் நீண்டவோர்** இழைகொண்டு தொங்கவிடுக. ஒரு கப்பிக்கு மேலாகப் போகின்றதும், மற்றை அந்தத்தில் ஒரு பாரந் தொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றதுமான இன்னோர் இழையைக்கொண்டு குண்டின்மீது அறிந்தவொரு இடையான விசையைப் பிரயோகிக்க. பல்வேறு பாரங்களுக்குள்ள இடப்பெயர்ச்சிகளை அளந்து வரைப்படமொன்று வரைக. இது கிட்டத்தட்ட நேர்கோடாக இருத்தல் வேண்டும். அதனிலிருந்து, 1 ச.மீ. இடப் பெயர்ச்சிக்குள்ள விசை μ ஐத் தனிற் காண்க. சூத்திரம் $t = 2\pi\sqrt{m/\mu}$ இலிருந்து கணிக்கப்பட்ட இயக்கக் காலமானது நோக்கிப் பெற்ற காலத்தோடு இணங்குகின்றதாவென்று பார்க்க.

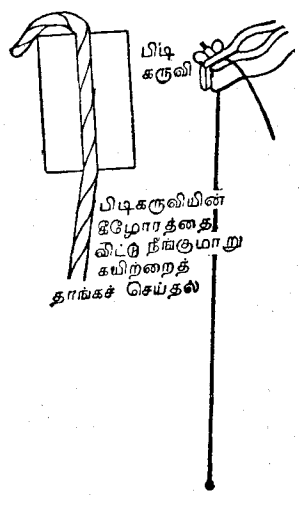
தனியிசையியக்கங்கள் எல்லாவற்றிலும், வர்க்கமூலக்குறியின் கீழுள்ளவொரு கணியத் தொகுதியாக இயக்கக் காலம் t கூறப்படும். எனவே, அதிர்வு காலத்தை நோக்கி, இந்தக் கணியங்களுள் ஒன்றைத் துணியுமிடத்து, t^2 இன் திருத்தத்தில் பெறுகின்ற பேறு தங்கியிருக்கும். t இல் உள்ள 1 சதவீத வழு வீளைவினுள் 2 சதவீத வழுவைப் புகுத்துகின்றது. மேலும் இவ்வாறே என்க.

எதுவாயினுந் தரப்பட்ட நேரமளக்குமோர் உபகரணத்தை உபயோகிக்குமிடத்து, மொத்தக் காலவிடை சிறிதாயினென் பெரிதாயினென், எழக்கூடிய வழுவுக்கு ஒரே **தனிப்** பெறுமானம் உண்டு. ஆதலால், அளக்கப்படுங் காலவிடை கூடக்கூட, அதற்கு விகிதசமமாகச் சதவீத வழுக் குறைந்துகொண்டு போகும். ஆதலினால், முடிவுப் பேற்றில் வேண்டப்படுந் திருத்தப் பிரமாணத்தின் **இருமடங்கு** திருத்தத்துடன் கால இடையை அளக்கப் போதுமானதாக அது நீண்டிருத்தல் வேண்டும் (35–36 ஆம் பக்கங்களைப் பார்க்க).

$\frac{1}{5}$ செக்கனுக்கு ஒரு தரம் ஒலிக்கின்ற கடிகாரத்தை உபயோகித்தால், எழக்கூடிய வழு $\frac{2}{5}$ செக்கனாக இருக்கும். எனவே, பேற்றில் 1 சதவீதத் திருத்தம் வேண்டப்படுமாயின், 80 செக்கனுக்குக் குறையாத இயக்கக் காலத்துக்கு நோக்கல்களை நீட்டல் வேண்டும். கருதிய இயக்கக் காலம் முடியுமட்டும் ஊசலாட்டங்களை எண்ணி, **பின்னர் கடிகாரத்தை அல்லது நிறுத்தன் மணிக்கூட்டை நிறுத்துமுன்னர், வசதியான ஒரு தொகை ஊசலாட்டங்கள் நிகழ்ந்து முடியுமட்டுந் தொடர்ந்து எண்ணிக்கொண்டு போதல் நயமுடைத்து.**

தனியூசல் கொண்டு g ஐத் துணிதல்

நேரல்லாத முறைப்படியன்றி புவியீர்ப்பு வேகவளர்ச்சி g ஐ பெருந் திருத்தத்துடன் துணிய முடியாது. இவ்விதமான முறைகளுள் தனியூசல் முறை மிக்க இலகுவானது. அதனை உபயோகிக்குமிடத்து, ஊசலின் நீளமாகிய l ஐயும் அதன் முழு ஊசலாட்டக் காலமாகிய t ஐயும் நோக்கிப பெறும் பேறுகளிலிருந்து, $t = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ என்னுஞ் சூத்திரத்தைப் பயன் படுத்தி, g ஐப் பெறலாம் (187 ஆம் பக்கம்).



உரு. 88. தனியூசல்

பரிசோதனை 66 B. தனியூசலைக்கொண்டு g ஐத் துணிதல்.— இலட்சியத்தனியூசலுக்கு நெருங்கிய கிட்டுமானமாக (187 ஆம்பக்கம்), பிடிகருவிகொண்டு மேலந்ததத்திற் பிடிக்கப் பெற்ற பலமான இழையினால், அல்லது மீன்பிடி நூலினால், தொங்கவிடப்பட்ட பாரமானவொரு சிறு "குண்டு" உபயோகிக்கப்படும். பிடிகருவியின் கீழ்ப் புருவத்திலிருந்து "குண்டின்" மையம் மட்டும் அளந்து ஊசலின் நீளம்பெறப்படும் (88 ஆம் உருவம்).

குண்டானது அடுத்து இருமுறை தனது ஊசலாட்ட மையத்தைக் கடந்து **ஒரேதிசையிற்** போதலுக்கிடையிலுள்ள இடை நேரமே ஒரு முழு அதிர்வு எடுக்குங் காலமாகும். எதுவோவொரு வசதியான விதமாக ஊசலாட்ட மையத்தைக் குறித்தல் வேண்டும். அதன் பின்னர், முன் தீர்மானித்துள்ளவொரு கால இடை செல்லுமளவும் ஊசலாட்டங்களை எண்ணி, **மொத்த நேரத்தை அளவிட்டுக் காணுமுன்னர், வசதியானவோர் எண் வருமளவுந் தொடர்ந்து எண்ணுதல் வேண்டும்** (38 ஆம் பக்கம்).

நிறுத்தற் கடிகாரங்கொண்டு ஊசலாட்டங்களின் காலத்தை அளத்தலில், கடிகாரத்தை ஓடத் தொடக்கியதும் 3 இல் எண்ணத் தொடங்கி, **பின்னைப் பூச்சியம் மட்டும் எண்ணுதல் நயமுடைத்து.** அப்பொழுது, தெரிந்தெடுத்த மொத்த இழிவுக்காலவிடை 80 செக்கனும், அண்ணளவாகக்கண்ட ஊசலாட்ட நேரம் $\frac{2}{3}$ செக். உம் ஆயின், எண்ணுதலையுங் காலக்கிரமப்படுத்துதலையும், பின்வருமாறு செய்க :—

3, 2, 1, 0, 1, 2, 3....(121)....130, அல்லது 140, அல்லது 150

அண்ணளவாக 80 செக்.

0 இல் தொடக்கி, 130 இல், அல்லது 140 இல், அல்லது 150 இல் கடிகாரம் நிறுத்தப்படும்.

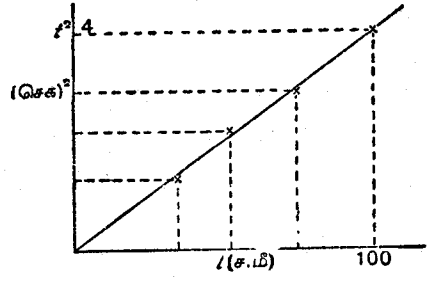
ஏறக்குறைய 30 ச.மீ. இல் இருந்து 100 ச.மீ. அல்லது 120 ச.மீ. மட்டும், நீளங்கொண்ட வெவ்வேருன ஆறு நீளங்களுக்குக் குறையாமல் எடுத்து, ஒவ்வொரு நீளத்துக்கும் உரிய அலைவுக் காலத்தை நோக்கிப் பெறுக. ஊசலாட்டக் காலஞ் சிறிதாக இருத்தல் வேண்டும். நோக்கற் பேறுகளைப்பின்வருமாறு பதிக.

ச.மீ. இல் நீளம், l	ஊசலாட்டங்களின தொகை n	நோகிபபெற்ற நேரம் T செக்.	அலைக்கக் காலம் $t = T/n$	t^2 செக்.^{2}	l/t^2 ச.மீ. செக்.$^{-2}$	l/t^2 இன் சராசரி

ஈற்று நிரலிலுள்ள l/t^2 இன் சராசரியிலிருந்து, செக். இல் செக். இற்கு உள்ள ச.மீ. இல் g கணிக்கப்படுகின்றது. அன்றேல்,

புவியீர்ப்பு வேகவளர்ச்சி, $g = 4\pi^2\left(\frac{l}{t^2}\right) =$ ச.மீ. செக்.$^{-2}$

l இன் பெறுமானங்கள் கிடைத்தூரங்களாகவும், அவற்றை ஒத்த t^2 இன் பெறுமானங்கள் நிலைத்தூரங்களாகவுங் கொண்டு வரைப்படம்



உரு. 89. தனியூசலின் வரைப்படம்.

ஒன்றை வரைக. t^2 இற்கு l விகிதசமமென்று காட்டுகின்ற, உற்பத்திக்கு ஊடாகப்போகும், ஒரு நேர்கோடாக இது இருத்தல் வேண்டும்.

குழிவாடியின் மீதுள்ள கோளத்தைக் கொண்டு g ஐத் துணிதல்

குழிவானவொரு கோளமேற்பரப்பின் மேலாக ஒரு கோளம் உருளுகின்றதைப் பற்றிய இந்தப் பரிசோதனையானது, இயங்கும் பொருளின் சடத்துவத் திருப்புதிறனே அகப்படுத்தியுள்ள ஆவர்த்தன இயக்கத்துக்கு இதமானவோர் உதாரணத்தைத் தருகின்றது. இழையின் நீளத்துக்குச் சமமான ஆரையை உடையவொரு வட்ட வில் நெடுகே தனியூசற் குண்டின் இயக்கம் இருக்கும். இந்தக் குண்டின் இடப்பெயர்ச்சியை, அல்லது முன்னும் பின்னுமான இயக்கத்தை, மாத்திரம் எடுத்துக் கொள்ளத்தக்கதாக அது சிறியதாக இருக்கின்றது.

குழிவாடியொன்றின் மேலாக உருளுகின்றவொரு கோளத்துக்குத் தனியூசற் குண்டுக்குள்ள இயக்கம் உண்டெனினும், வித்தியாசம் ஒன்றுண்டு. அது யாதெனில், கோளம் முன்னேக்கிச் செல்லுகையில் **உருளுகின்றது** அல்லது சுழலுகின்றது என்பதே. எனவே, குழிவாடிக்கு மேலாக ஒரு கோளம் உருளும்போது, அதன் சுழற்சி இயக்கத்தை மாத்திரமல்ல இடப்பெயர்ச்சி இயக்கத்தையும் எடுத்தல் வேண்டும். இந்த இயக்கங்கள் இரண்டிலும், எதுவேனுமொரு புள்ளியில், இயங்கும் பொருளுக்குள்ள இயக்கப் பண்புச் சத்தியானது ஊசலாட்டத்தின் எல்லையிலிருந்து எடுத்துக் கொண்ட புள்ளி இருக்கும் இடத்துக்கு அது விழுதலின் நட்டம்போன நிலைப்பண்புச் சத்திக்குச் சமமாகும்.

தனியூசலைப் பொறுத்தமட்டில், இடப்பெயர்ச்சி இயக்கமாக அதன் இயக்கம் இருக்க, இயக்கப் பண்புச்சத்தி $\frac{1}{2}mv^2$ ஆகவும், நட்டம்போன நிலைப் பண்புச்சத்தி mgh ஆகவும் இருக்கின்றன.

$$\therefore \tfrac{1}{2}mv^2 = mgh,$$

அதாவது, $$v^2 = 2gh.$$

ஆடியின்மீது கோளம் உருளுமிடத்து, இயக்கப் பண்புச்சத்தி $= \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2$ உம், நட்டம்போன நிலைப்பண்புச்சத்தி $= mgh$ உம் ஆகும்;

$$\therefore \tfrac{1}{2}mv_1^2 + \tfrac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2 = mgh.$$

இனி, ஒரு கோளத்துக்கு, அதன் மையத்தைப் பற்றியுள்ள சடத்துவத் திருப்புதிறன் (I) ஆனது $\frac{2}{5}ma^2$ ஆக இருத்தலின், இந்தச் சமன்பாடு

$$mgh = \tfrac{1}{2}mv_1^2 + \tfrac{1}{2}\left(\tfrac{2}{5}ma^2\right)\omega^2$$

ஆகின்றது.

மேலும், மேற்பரப்பைத் தொடுகின்ற புள்ளி ஓய்வு நிலையில் இருப்பதனால் மையத்தின் நேர்கோட்டு வேகம் (v_1) ஆனது கோளத்தின் ஆரைக்குள்ள கோணவேகம் (ω) இனால் அதன் ஆரை a ஐப் பெருக்க வரும் பெருக்கத்துக்குச் சமமாகும். ஆகவே, — ஆம் பக்கத்திற் கூறியிருப்பதுபோல,

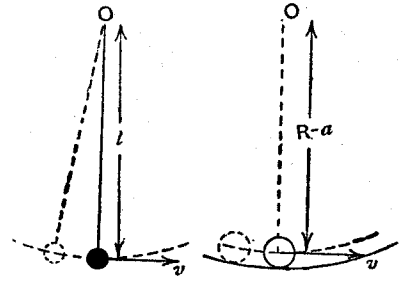
$$v_1 = \omega a,$$
$$v_1^2 = \omega^2 a^2.$$

குழிவாடியின்மீது கோளத்துக்குள்ள இயக்கத்துக்குரிய சமன்பாடு

$$mgh = \tfrac{1}{2}mv_1^2 + \tfrac{1}{2}\cdot\tfrac{2}{5}m(a^2\omega^2),$$
$$= \tfrac{1}{2}mv_1^2 + \tfrac{1}{2}\cdot\tfrac{2}{5}mv_1^2.$$
$$= \left(\tfrac{7}{5}\right)\tfrac{1}{2}mv_1^2,$$

அல்லது, $$v_1^2 = \left(\tfrac{5}{7}\right)\tfrac{1}{2}gh$$ ஆகின்றது.

இவ்வாறு, குழிவாடியொன்றின் மீதுள்ளவொரு தனியூசற் குண்டும் ஒரு கோளமும் ஒன்றுக்கொன்று ஒப்பான வழிகளிற் சென்றால், ஒரே நிலையில், கோளத்தின் வேகம் ஊசற் குண்டின் வேகத்திலுங் குறைவாகவே எப்பொழுதும் இருக்கும்.



உரு. 90. குழிவாடிமீது தனியூசலுங் கோளமும்

ஒரே புள்ளியில், ஊசற் குண்டின் வேகம் $= v$ உம், கோளத்தின் வேகம் $= v_1$ உம் ஆக இருந்தால், $v^2 = 2gh$ உம்

$$v_1^2 = \tfrac{5}{7}(2gh) = \tfrac{5}{7}v^2$$ உம்

ஆக இருக்கும். எனவே, உருளுகின்றவொரு கோளத்தின் வழியிலுள்ள புள்ளி எதுவானாலும் அதனில் அதற்குள்ள வேகமானது அதே புள்ளியில் ஊசற்குண்டுக்குள்ள வேகத்தின் $\sqrt{\frac{5}{7}}$ பங்காகும்.

ஆதலினால், எதுவேனுமோர் இயக்கத்தை முழுதாக முடித்தற்கு, கோளத்திலுங் கூடிய வேகத்துடன் இயங்குகின்ற ஊசற்குண்டானது எடுக்கும் நேரத்தின் $\sqrt{\frac{7}{5}}$ மடங்கு நேரத்தைக் கோளம் எடுக்கும்.

தனியூசற்குண்டின் இயக்கக் காலம் $t = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

ஆதலினால், ஒப்பானவொரு வழியில் உருண்டு செல்லுகின்ற கோளத்தின் இயக்கக் காலம் (t_1) ஆனது $t \times \sqrt{\frac{7}{5}}$ ஆகும்; அதாவது $t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{7}{5}}\sqrt{\frac{l}{g}}$

கோளத்தின் இயக்கவழியானது ஆரை $(R-a)$ ஐ உடையவொரு வளை கோடாக இருக்கும். இங்கே R = ஆடியின் வளைவினுரையும், a = கோளத்தின் ஆரையும் ஆகும்.

இதற்கொப்பான வழியிற் குண்டு செல்ல வேண்டிய தனியூசலின் நீளம் $(R-a)$ ஆகும்.

இவ்வாறு, இதற்கொப்பான தனியூசலின் இயக்கக் காலம்

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{(R-a)}{g}}$$

ஆகும்.

ஆடியின்மீதுள்ள கோளத்தின் இயக்கக் காலம் இதனின் $\sqrt{\frac{7}{5}}$ மடங்கெனவே,

$$t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{7}{5}(R-a)}{g}} \qquad \text{ஆகும்.}$$

பரிசோதனை 67. ஒரு குழிவாடியின்மீது ஒரு கோளத்தை உருளச் செய்து g ஐத் துணிதல்.—கோளமானியொன்று கொண்டு ஆடியின் வளைவினுரையையும், இரக்குமானியொன்று கொண்டு கோளத்தின் ஆரையையும் அளக்க. கோளத்தின் மேற்பரப்பிலும் ஆடியின் மேற்பரப்பிலும் இருக்கின்ற தூரியைத் துடைக்க. நிறுத்தற் கடிகாரமொன்று கொண்டு, 10 இற்குக் குறையாமலும் 20 இற்குக் கூடாமலும் மூழு ஊசலாட்டங்களை ஆடிமீது கோளம் ஆட எடுக்கும் நேரத்தைக் கண்டு, ஊசலாட்டக் காலத்தை உய்த்தறிக. இயக்கக் காலத்தைத் துணிதற்கான இந்த நோக்கல்களை மூன்று முறை மீட்டுஞ் செய்க.

$$t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{7}{5}(R-a)}{g}},$$

அதாவது, $$g = 4\pi^2\left(\frac{\frac{7}{5}(R-a)}{t_1^2}\right) \text{ச.மீ. செக்.}^{-2}$$

என்னுஞ் சூத்திரத்திலிருந்து செக். இல் செக். இற்கு உள்ள ச.மீ. இல் g ஐக் கணித்தறிக.

கூட்டுசல்

கிடையானவோர் அச்சைப் பற்றிச் சுழலக் கூடியதாகவொரு விறைப்பான பொருள் தாங்கியிருக்கப்படும்போது, ஒரு சமநிலையிடத்தைப் பற்றி அது ஊசலாடும் (— ஆம் பக்கத்திலுள்ள விளக்கத்தைப் பார்க்க).

அதன் புவியீர்ப்பு மையம் G இற்கு ஊடாகப் போகின்ற கிடையானவோர் அச்சைப் பற்றிய அதன் சடத்துவத் திருப்புதிறன் $I_G = Mk^2$ என்போம் (85 ஆம் உருவம்).

கடதாசியின் தளத்துக்குச் செங்கோணமாகவும், O இற்கு ஊடாகவும் உள்ளவோர் அச்சைப் பற்றி அந்நப் பொருள் ஊசலாடுகின்றதென்று கற்பனை செய்யப்படும். புள்ளி O ஐத் தொங்கன் மையம் என்பர். O இற்கு ஊடாகவுள்ள அச்சைப் பற்றிய சடத்துவத் திருப்புதிறன் $I_0 = I_G + Mh^2 = M(k^2 + h^2)$ தருகின்றது. இங்கே, $h = OG$.

கூட்டுசலின் அதிர்வுக் காலத்தை — ஆம் பக்கத்தில்,

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{I_0}{mgh}}, \text{ அல்லது } 2\pi\sqrt{\frac{k^2+h^2}{hg}} \text{ என்று காட்டியிருக்கின்றது.}$$

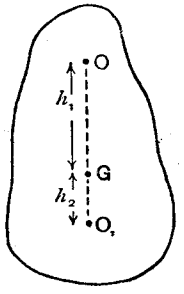
அதே இயக்கக் காலத்தில் அதிருகின்ற தனியூசலின் நீளம்

$$l = \frac{k^2+h^2}{h}$$

ஆகும்.

இதனைத் **தனிச் சமவலுவூசலின் நீளம்** என்பர்.

பொருளின் திணிவு முழுதுந் தொங்கலச்சிலிருந்து இந்தத்தூரத்தில், OG ஐத் தொடுத்து நீட்டப்பட்ட கோட்டிலுள்ளவொரு புள்ளியில், செறிவுறச் செய்யக்கூடுமேயானுல், ஊசலாட்டக் காலமும் சமநிலையிடமும் மாறுதிருக்கும். 91 ஆம் உருவத்தில், தூரம் $OG = h_1$ ஆகவும், ஒத்த தனியூசலின் நீளம் $l_1 = (k^2 + h_1^2)/h_1$ ஆகவும் இருக்கின்றன. தூரம் OO_1 ஆனது l_1 இற்குச்சமமாயின், O_1 ஐ O இல் **உள்ள தொங்கலச்சோடொத்த ஊசலாட்ட மையம் என்பர்.**



உரு. 91. கூட்டுசல்

G இல் இருந்து O_1 இற்கு உள்ள தூரம் h_2 ஐத் தொடர்பு $h_1 + h_2 = l_1$ தருகின்றது. எனவே,

$$h_1 + h_2 = \frac{k^2 + h_1^2}{h_1},$$

அல்லது $$h_1 h_2 = k^2 \qquad (1)$$

சமச்சீரான இந்தத் தொடர்பு மிக்க முக்கியமானது. இரண்டு பக்கத்துக்கும் h_2^2 ஐக் கூட்டிப் பெறுவது :—

$$h_2^2 + h_1 h_2 = k^2 + h_2^2,$$

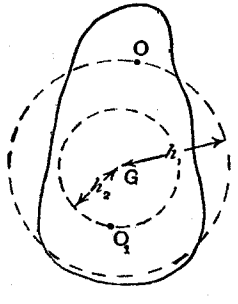
அல்லது $$h_2 + h_1 = \frac{k^2 + h_2^2}{h_2} \qquad (2)$$

மேலும், இந்தப் பொருளை O_1 இல் இருந்து தொங்கச் செய்த போது, அதற்குள்ள இயக்கக் காலத்தையே உடைய தனியூசலின் நீளம் l_2 ஆனது $\frac{k^2+h_2^2}{h_2}$ ஆக இருக்கும். சமன்பாடு (2) ஆனது $l_1 = l_2$ என்று காட்டுகின்றதாதலின் **O ஐப் பற்றியென் O_1 ஐப் பற்றியென் எது வேனும் ஒன்றைப் பற்றிப் பொருளைத் தொங்கச் செய்தால்,** இயக்கக் காலம் ஒன்றுகவே இருக்கும். **தொங்கன் மையமும் ஊசலாட்ட மையமும் ஒன்றற்கொன்று மாற்றப்படக் கூடியன** என்னுங் கூற்றை இதுவொக்கும்.

t ஒரு மாறிலியாக உள்ள புள்ளிகளினெழுக்கு.—O ஐயும் O_1 ஐயும் பற்றிப் பொருள் ஊசலாடுங்காலம் எதுவோ அதே காலத்தில் அந்தப் பொருளானது பற்றி ஊசலாடும் வேறச்சுக்களும் உண்டு.

G ஐ மையமாகவும், h_1 உம் h_2 உம் ஆரைகள் ஆகவும் உள்ள இரண்டு வட்டங்களை வரைவோமேயானால், அவற்றுள் எதுவேனும் ஒன்றில் நாம் எடுக்கும் ஊசலாட்டச் சமாந்தரவச்சு எதுவும் t இற்கு அதே பெறுமானத்தைத்தரும்.

h ஒடு t மாறுதல்—இழிவியக்கக் காலம்.—புவியீர்ப்பு மையத்துக்கு ஊடாகத் தொங்கலச்சுப் போகும்போது, ஆவர்த்தன காலம் முடிவின்றிப் பெரிதாகின்றது. முடிவில்லாத தூரத்தில் அச்சு இருக்கும்போதும் ஆவர்த்தன காலத்துக்கு முடிவில்லை. ஆதலினால், ஆவர்த்தன காலம் இழிவு நிலையில் இருக்கும் இடைநிலை ஒன்றுண்டு. இழிவுப் பெறுமானமாக $\frac{k^2+h^2}{h}$ இருக்கும்போது, t உம் இழிவுப் பெறுமானத்தை உடையதாகின்றது.



உரு. 92.
t ஐ மாறிலியாகக் கொண்ட புள்ளிகளின் ஒழுக்கு

ஆனால், $\frac{k^2+h^2}{h} = \frac{(k-h)^2+2kh}{h} = \frac{(k-h)^2}{h} + 2k.$

$h = k$ ஆக இருக்கும்போது இது இழிவு நிலையில் இருக்கும் என்பது தெளிவு.

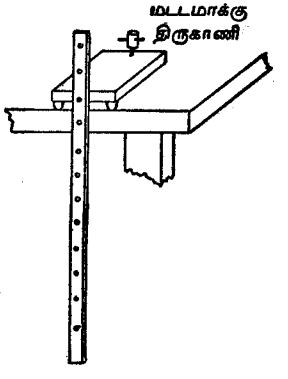
இந்த உதாரணத்தில், தனிச்சமவலுவூசலின் நீளம் $= 2k$; $OG = O_1G \equiv k$ அதாவது $h_1 = h_2 = k$.

இழிவுக்காலம் $t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2k}{g}}$.

G இல் இருந்து சமமற்றதூரங்களிலுள்ள இரண்டு கத்தியோரங்களைப் பற்றி இயக்கக் காலங்கள் ஏறக்குறைய ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருக்குமாறு செப்பஞ்செய்யப் பெற்று, ஊசலாடக்கூடியவோர் ஊசலை இற்றைக்கு

ஒருநூற்று ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் **காப்ரின் கேற்றர்** என்பவர் அமைத்தனர். அவருடைய முறையைப் பயன்படுத்தி g இற்கு மிக்கதிருத்தமான முறைகளைப் பெறலாம்.

1939 ஆம் ஆண்டில் **D. ஒவென்** என்பவர் எளிதான வடிவத்தை உடையவோர் ஊசலை அமைத்தனர். கத்தியோரமொன்றைத் தாங்கி இருக்கின்ற இலேசானவொரு சுமைகாவியானது ஒரு சட்டம் நெடுகே வழுக்கிச் செல்லத் தக்கதாக இருக்கும் வடிவத்தில் அதுவிருக்கின்றது. பத்திலொரு செக்கன்களைக் காட்டுகின்றவொரு நிறுத்தற் கடிகாரத்தைக் கொண்டு, 10,000 இல் ஒரு சிறு தொகைப் பாகங்களளவுக்குத் திருத்தமாக g ஐ விரைவில் துணியக்கூடும்.



உரு 93. சட்டவூசல்

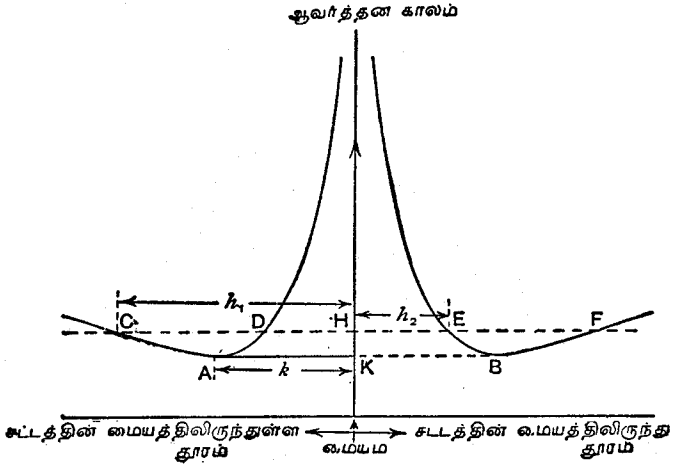
பரிசோதனை 68. கூட்டுசல்.—இந்தப்பேறுகளுக்கு எடுத்துக்காட்டாக, ஏறக்குறைய 1 மீற்றர் நீளமுள்ள சட்டமொன்றை எடுத்து, சமதூரங்கள் (ஏறக்குறைய 2 ச.மீ.) இடையில் இருக்குமாறு அதன் நெடுகே துளைகளைத் துளைத்து, கிடையாகவிருக்கச் செய்யப்பட்டவோர் அச்சிலிருந்து தொங்கவிடலாம். (உருவம் 93)

(i) சட்டத்தினூடே அந்தத்திலிருந்து தொடங்கி, ஒவ்வொரு மூன்றாந் துளைக்கும் ஆவர்த்தன காலத்தை எடுக்க. முழுவூசலாட்டங்கள் 50 எடுக்கும் நேரத்தைக் குறிக்க.

(ii) புவியீர்ப்பு மையத்திலிருந்து வெவ்வேறு தூரங்களுக்கு ஆவர்த்தன காலத்தைக் காட்டுமொரு வளைகோட்டை வரைக. சட்டத்தின் இரண்டு பாதிகளையும் ஒத்த சமச்சீரான இரண்டு கிளைகளினாலானதுவாகும் இந்த வளைகோடு. புள்ளிகள் A, B இரண்டுக்குமுள்ள இழிவுக்காலத்தை அது காட்டும்.

(iii) இந்த இழிவுக்காலங்களை ஒத்த சட்டத்துளைகளைக்கண்டு t இற்கு இழிவுக்காலத்தைத் தருகின்ற இரண்டு பக்கங்களிலுமுள்ள புள்ளிகள் இரண்டுக்கும் இயக்கக் காலத்தை **மிக்க திருத்தமாகத்** துணிக. இழிவுக்

காலமதனை ஒத்தபுள்ளிக்கும் இல்வாறு செய்க. வளைகோட்டின் இந்தப் பகுதியில் மிக்க திட்டமான புள்ளிகளைப் பெறுமாறு, இந்தத் தூளைகள் ஐந்தினுள் ஒவ்வொன்றுக்குங் குறைந்தபட்சம் 100 ஊசலாட்டங்களை



உரு. 94. கூட்டுசேலுக்கு வரைப்படம்

எடுத்தல் வேண்டும். A உம் B உம் ஆகிய நிலைகளிலிருந்து k ஐக் காண்க ;

$$k = AK = BK.$$

(iv) 94 ஆம் உருவத்திலுள்ள C, D, E, F ஐப்போல ஆவர்த்தன காலம் அதுவேயாகவுள்ள வேறு புள்ளிகளைக்காண்க.

அப்பொழுது, CH ஐ h_1 என்று கொண்டால், HE ஆனது h_2 ஆகும்.

அன்றியும், $HF = h_1$, $HD = h_2$.

சுழிப்பாரையை

$$k^2 = h_1 h_2$$

என்னுஞ் சூத்திரத்திலிருந்து கணிக்க.

தனிச்சமவலுவூசலின் நீளத்தை

$$l = h_1 + h_2 \text{ இல்}$$

இருந்து கண்டு,

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

என்னுஞ் சூத்திரத்திலிருந்து g ஐக் கணித்தறிக.

(v) வரைப் படத்திலுள்ள புள்ளிகள் A ஐயும் B ஐயும் ஒத்த இழிவாவர்த்தன காலம் t_0 ஐக் கண்டு, k ஐ

$$t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2k}{g}}$$

என்னுஞ் சூத்திரத்திலிருந்து கணித்தறிக ; $g = 981$ ச.மீ./செக்.^{2} என்று எடுத்துக்கொள்க.

(vi) பொருளின் திணிவு M ஐக் கண்டு, அதன் சடத்துவத் திருப்புதிறனை

$$I = Mk^2$$

என்னுஞ் சூத்திரத்திலிருந்து கணித்தறிக.

(iii), (iv) (v) மூன்றிலும் பெற்ற k இன் பெறுமானங்கள், எல்லாம் உடன்பாடுடையனவாக இருத்தல் வேண்டும். அதுவுமல்லாமல், சட்டத்தின் நீளத்தோடு ஒப்பிடுமிடத்து அதன் அகலம் புறக்கணிக்கத் தக்கதாயின், சட்டத்தின் நீளத்தை $\sqrt{12}$ ஆற் பிரிக்க வரும் ஈவுக்கு அண்ணளவாக k இன் பெறுமானங்கள் இருத்தலும் வேண்டும் (அனுபந்தம்,—ஆம் பக்கம்).

பரிசோதனை 69. ஊசலாட்டங்களைக் கொண்டு விறைப்புக் குணகத்தைத் துணிதல்.—ஒரு சட்டத்தை, அல்லதொரு தட்டை, அல்லது அறிந்த சடத்துவத்திருப்புதிறனை உடைய வேறெதுவேனுமொரு பொருளை, மேலந்தத்தில் உறுதியாக நிலைப்படுத்தப்பட்டவொரு கம்பியில் இருந்து தொங்கச் செய்க.

முறுக்கலூசலாகப் பொருள் ஊசலாடும் போது, அதன் ஊசலாட்டக் காலத்தைத் துணிக.

கம்பியின் நீளத்தையும் ஆரையையும் அளக்க. தொங்கவிடப்பட்ட பொருளின் சடத்துவத்திருப்புதிறனை அதன் திணிவிலும் பரிமாணங்களிலும் இருந்து கணித்தறிக.

விறைப்புக் குணகத்தின் பெறுமானத்தைச் சமன்பாடு

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{2Il}{n\pi r^4}}$$

அல்லது $n = \frac{8\pi Il}{t^2 r^4}$ இல் இருந்து உய்த்தறிக.

இரண்டு பொருள்களை **ஒரே** கம்பியிலிருந்து தொங்கும் முறுக்கூசல்களாகப் பயன்படுத்தி, அவற்றின் சடத்துவத் திருப்புதிறன்களை ஒப்பிடுக.

$$t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{2l}{\pi nr^4}\,I_1}, \qquad t_2 = 2\pi\sqrt{\frac{2l}{\pi nr^4}\,I_2}.$$

ஒரே கம்பி உபயோகிக்கப்பட்டதாதலின்,

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2}.$$

பரிசோதனை 70. சுருளிவில்லொன்றில் இருந்து தொங்கவிடப்பட்ட வொரு திணிவின் ஊசலாட்டக்காலத்தை நோக்குதலினால் g ஐத் துணிதல். —சுருளிவில்லொன்றில் இருந்து ஒரு திணிவைத் தொங்கச் செய்க. மெல்லவாக அதைப் பிரயோகிக்க உண்டாகும் நீட்சி l ஐக் குறிக்க. நிலைக்குத்தாகத் திணிவு அதிரும்போதுள்ள அதன் ஊசலாட்டக்காலத்தை நோக்கிப் பெறுக.

$$t = 2\pi\sqrt{l/g}$$

என்னுங் கோவையில் இருந்து g ஐக் கணித்தறிக (190 ஆம் பக்கம்).

அதிகாரம் X

வாயுக்கள்: பாரமானியும் போயிலின் (Boyle's) விதியும்

§ 1. வாயுக்களின் இயல்புகள்

அடக்கியுள்ள இடத்தை நிரப்பும் இயல்பு வாயுவுக்கு உண்டென்னும் வித்தியாசம் அதற்கும் வேறான வடிவத்திலுள்ள சடப்பொருள்களுக்கும் உண்டு. மூடப்பட்டவொரு வெற்றிடத்தினுள்ளே அடக்கப்பட்டுள்ள வாயுவின் கனியம் எவ்வளவுக்குச் சிறிதாக இருப்பினும், அந்தக் கனவளவு முழுதையும் நிரப்புமாறு அந்த வாயு பரவும். வாயுவடிவத்திலுள்ள பதார்த்தங்களுக்குள்ள இயல்புகளுள் இந்த இயல்பு மிகவும் விசேடமானது. அதனை அவற்றின் **விரியுந்தன்மை** எனலாம்.

வெப்பநிலை மாற்றத்தின் விளைவுகளைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியை வெப்பத்தைப் பற்றிய பகுதிக்குப் பின்போட்டு வைத்து விட்டு, இந்த அதிகாரத்தில், மாறுத வெப்பநிலையோடு தொடர்புடைய வாயுத்தோற்றப்பாடுகளை மாத்திரம் ஆராய்வாம்.

போயிலின் விதி (Boyle's Law)

நியமமானவொரு வாயுத்திணிவின் கனவளவு மாற்றப்படும்போது, அந்த வாயு உளுற்றும் **அமுக்கம்** தீர்க்கமானவொரு விதமாக மாறும். அல்லாமலும், **வெப்பநிலை மாறுதிருக்குமெனில், கனவளவுக்கு நேர் மாறுக அமுக்கம் வேறுபடும்.** இந்தத் தொடர்பை,

அமுக்கம் × கனவளவு = மாறிலி

என்று வசதியாகக் கூறலாம்.

இந்த விதியை, 1662 ஆம் ஆண்டில், **போயில்** என்பவர் முதலில் விவரித்தனர். பொதுவாக அது **போயிலின் விதி** எனப்படும். இஃது தெவ்வாறுயினும், பிரான்சியப் பௌதிகவியல் விற்பன்னர் **மாரியற்று (Mariotte)** என்னுமொருவர், 14 ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர் அதனை ஒரு விதியாக்கிக் கூறினராதலின், ஐரோப்பாக் கண்டத்தில் **மாரியற்றின் விதி**[1] என்று அதனைக் கூறுவர்.

---

1. **தேயிற்று** என்பவர் இயற்றிய சடப்பொருளியல்பு நூலின் IV ஆம் அனுபந்தத்தைப் பார்க்க

மாறுத வெப்பநிலையில் உள்ளவொரு வாயுவின் தோற்றப்பாடுகளை ஆராய்தற்கு, அதன் **கனவளவையும் அமுக்கத்தையும்** நாம் அளக்கத் தக்கதாக இருத்தல் வேண்டும் என்று காணக்கிடக்கின்றது.

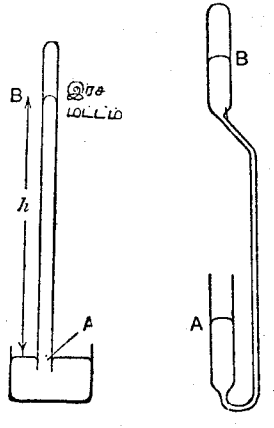
கனவளவை அளத்தல் பிரயாசமானவொன்றன்று. அமுக்கத்தை அளத்தலேயோ விளக்கவேண்டி இருக்கின்றது.

§ 2. வளிமண்டலவமுக்கத்தை அளத்தல்

எல்லைக்கடங்கிய கனவளவுகளில் வாயுக்களுக்குள்ள அமுக்கத்தைப் பற்றிக் கூறுமுன்னர், பொருட்படுத்தத்தக்க அளவுக்கு அமுக்கத்தை வளி உளுற்றுகின்றதென்பதை முதற்கண் நாம் நன்கு உணருதல் வேண்டும்.

பாரமானி

இதனை ஆக்குதற்கு, ஏறக்குறைய 1 மீற்றர் நீளமுள்ளவொரு நீண்ட கண்ணுடிக்குழாயின் அந்தமொன்றை மூடவேண்டும். இந்தக் குழாயினுள்ளே இரசத்தை விட்டு அதை நிரப்பி, ஒரு தாழியினுள்ளிருக்கின்ற இரச மட்டத்துக்குக் கீழே மூடப்படாத அதன் அந்தம் இருக்குமாறு குழாயைக் கவிழ்த்தல் வேண்டும். வளி அல்லது வேறேதும் பதார்த்தம் உட்புகாதிருக்க, குழாயின் மேல்முனையில் இருந்து கொஞ்சத்தூரம் இரசம் உடனே இறங்கும். இந்த இரசம் முற்றுய்க் குழாயினுக்கு வெளியே போகின்றிலது. ஏறக்குறைய 75 ச.மீ. உயர முள்ள நிரலொன்று குழாயினுள்ளேயே தங்கி யிருக்கின்றது. இந்த நிரலே வளிமண்டல வமுக்கந் தாங்குகின்றது. **இந்த அமைப்பை உடைய குழாயைப் பாரமானிக் குழாய் என்பர்.**



உரு. 95 பாரமானியின் எளிதான வடிவங்கள்

புறத்தேயுள்ள **கட்டில்லா மேற்பரப்பின்** மட்டத்திலே, குழாயினுள்ளே புள்ளி A இல் (95 ஆம் உருவம்) இருக்கின்ற அமுக்கத்தைச் சிந்தனைக் கெடுப்போம். சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு hpg தனுக்குச் சமமான அமுக்கத்தைப் புள்ளி A இல் உளுற்றுகின்ற, h ச.மீ. உயரமும் P அடர்த்தியுமுள்ள இரசநிரல் ஒன்று இப் புள்ளிக்கு மேலே உண்டு. குழாயினுள்ளிருக்கின்ற இரசத்துக்கு மேலே, புறக்கணிக்கக்கூடிய இரச ஆவியின் நுண்சுவடு மாத்திரம் உண்டென்றதை

விட, வெற்றிடமாக இடம் B இருக்கும். ஆதலினுல், புள்ளி A இல் உளுற்றப்படும் மொத்த அமுக்கமானது அந்தத் திரவநிரலினுல் மாத்திரம் உண்டாகின்றது. அதாவது,

குழாயினுள்ளே A இல் உள்ள அமுக்கம் = சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு hpg தைன்.

குழாயினுக்குப் புறத்தே, திரவமேற்பரப்பைத் தாக்குகின்ற அமுக்கமானது வெளியிலுள்ள வளிமண்டலவமுக்கம் ஒன்றேயாகும்.

மேலும், **ஒரு திரவத்தில் ஒரே மட்டத்திலுள்ள எல்லாப் புள்ளிகளிலும் ஒரே அமுக்கம் உண்டெனவே,** புற மேற்பரப்பின் மட்டத்தில் A இருத்தலினுல், **அந்தப் புறமேற்பரப்பிலுள்ள அமுக்கத்துக்குக் குழாயினுள்ளே A இல் உள்ள அமுக்கஞ் சரிசமமாக இருக்கும்.**

A இல் உள்ள அமுக்கம் hpg உம், புறத்தே உள்ள திரவமேற் பரப்பில் உள்ள அமுக்கம் வளிமண்டல அமுக்கமும் ஆகும்.

ஆதலினுல், வளிமண்டல அமுக்கம் = சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு hpg தைன்.

வளிமண்டலம் வேறுபடுகின்ற சிறு வெப்பநிலை வீச்செல்லைக்குள், இரசத்தின் அடர்த்தி, அண்ணளவாக, மாறுதிருக்குமாதலினுல், **அமுக்கத்தை இரசச் ச.மீ. இல்** கூறுதல் வழக்கமாயிற்று. கண்டிப்பாகக் கூறுமிடத்து, அமுக்கத்தை இவ்வாறு கூறும்போது **0°ச.** இல் உள்ள இரசநிரலின் நீளத்தைக்கொண்டே கூறுதல் வேண்டும். ஆனுல், சாதாரணமாக, அடர்த்தி வேறுபாடு மிகவுஞ் சிறிதாக இருத்தலினுல், வெப்பநிலைக்கு வேண்டிய திருத்தத்தைப் பிரயோகிக்க வேண்டியதில்லை (211 ஆம் பக்கம்).

மேலும், புவிமேற்பரப்பு முழுதிலும் g இன் பெறுமானம் ஒரு தன்மைத்தானதன்று. 45° அகலக் கோட்டில் கடல் மட்டத்தில் இரச நிரல் இருக்கவேண்டிய உயரத்துக்கு அதைக்கொண்டுவர, அகலக் கோட்டுக்காகவும், கடல் மட்டத்துக்கு மேலே உள்ள உயரத்துக்காகவுந் திருத்தஞ் செய்தல் வேண்டும். அதி சிறந்த திருத்தமுடைய வேலைக்கனறி ஒரு போதும் இந்தத் திருத்தம் வேண்டப்படாது.

அண்ணளவாக, ρ உம் g உம் மாறுதிருக்கின்றன என்று கொள்ளலாமாதலின், **இரசத்தின் எதுவோவோர் உயரம் h இற்கு வளிமண்டலவமுக்கஞ் சமவலுவாகும் என்று கூறலாம். இந்த உயரத்தைப் "பாரமானி உயரம்"** என்பர். மேலே விளக்கப்பட்டுள்ளவாறு அமைக்கப்பட்ட பாரமானிக் குழாய் ஒன்றினுள்ளே வளிமண்டலந் தாங்குகின்ற இரச நிரலின் உயரமாகும் அது.

தனி ச. கி. செ. அலகுகளின் மடங்குகளாகவுள்ள அலகுகளில், வளிமண்டலவமுக்கத்தை வளிமண்டல அலுவலகங் கூறுகின்றது. இத்தகைய அலகுகளில் அமுக்கத்தை நேராக வாசித்தறியுமாறு இக்காலப் பாரமானிகள் அளவு கோடிடப்பட்டிருக்கின்றன.

செய்முறையில் உபயோகிக்கப்படுகின்ற அமுக்க அலகைப் **பார்** (அமுக்க கவலகு) என்பர். **அது சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு 10 இலட்சம் தைனுக்குச்** சமமாகும். **சதமப் பார்**, **மில்லிப்பார்** எனப்படும் இதனிலுஞ் சிறிதான இரண்டு அலகுகளும் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. அவை முறையே **நூற்றிலொரு பாரும்**, **ஆயிரத்திலொரு பாரும்** ஆகும்.

பார் ஆனது 45° அகலக் கோட்டில் **0°ச** இல் உள்ள **75·01 ச.மீ.** இரசவமுக்கத்துக்குச் சமமாகும்.

1013·2 மில்லிப் பாருக்குச் சமமான நியம வளிமண்டலம் (76 ச.மீ. இரசம்) ஒரு பாரிலுஞ் சற்றே பெரிதானது.

பாரமானியின் பொது வகை

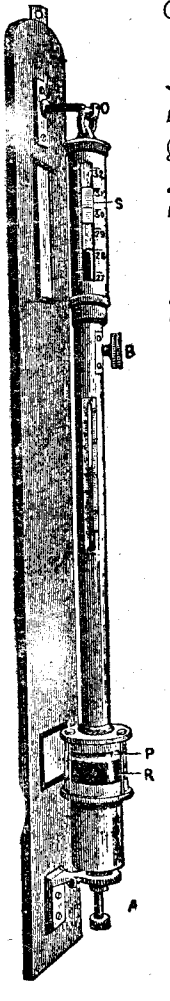
U–குழாய் வடிவம்.—பருமட்டான வேலைக்கு எளிதான **U**—குழாய் வடிவப் பாரமானி போதுமானது (95 ஆம் உருவம்). முன்னர் விளக்கப்பட்டுள்ள வகைக்குரிய தாழியிலுள்ள மேற்பரப்பை **A** இல் உள்ள கட்டிலா மேற்பரப்பு ஒத்திருக்கும். மட்ட வித்தியாசத்தை அளப்பதற்குள்ள இரசமேற்பரப்பிரண்டும் ஒரே நிலைக்குத்துக் கோட்டில் இருக்குமாறு, குழாய் அதன் உச்சிக்கருகில் வளைக்கப்பட்டிருக்கும்.

நோக்கிப் பெறும் உயரத்தில் மேற்பரப்பிழுவிசையின் விளைவுகளினால் எழக்கூடிய வழுவெதனையும் தவிர்த்தற் பொருட்டு, குழாயின் இந்தப் பாகங்கள் ஓரளவுக்கு அகன்ற விட்டத்தையும், ஒன்றுக்கொன்று சமமான துளைகளையும் உடையனவாக இருத்தல் வேண்டும். குழாய்களிலேயே செதுக்கப்பட்டுள்ள அளவுகோலில் உயரங்களை வாசித்தறியலாம். **B** இன் மட்டத்துக்கும் **A** இன் மட்டத்துக்கும் உள்ள வித்தியாசம் **பாரமானி உயரம்** ஆகும்.

இந்த வடிவமான பாரமானி கொண்டு பெறக் கூடிய திருத்தம் மிகவும் பெரிதன்று. ஒவ்வோர் அளவீட்டிலும் உள்ள வழு அரை மில்லிமீற்றராகவும் இருக்கக்கூடும். இவ்வாறு **இரண்டு** அளவீடுகளை எடுக்கவேண்டுமாதலின், எழக்கூடிய வழு ஒரு மில்லிமீற்றருக்குச் சமமாகும்.

(Fortin's) போட்டினது பாரமானி.—வளிமண்டலவமுக்கத்தைப் பற்றி திருத்தமான நோக்கற் பேறுகளைப் பெறவேண்டியிருக்கின்ற பௌதிகவியற் பரிசோதனைச் சாலைகளில் இந்தப் பாரமானியை வழக்கமாகக் காணலாம். இரசமட்டங்கள் இரண்டையும் அளந்து அளவீடுகளைப் பெறும் விதத்திலுள்ள வித்தியாசம் ஒன்று தவிர, இந்தக் கருவிக்கும் முதலில் விவரிக்கப்பட்ட (204 ஆம் பக்கம்) எளிதான வகைப் பாரமானிக் குழாய்க்கும் வேறு வித்தியாசம் இல்லை.

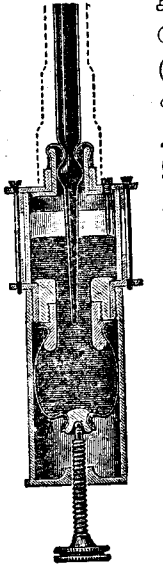
பரிசோதனை 71. போட்டினது பாரமானியை வாசித்தல்.—இரச நிரலின் உயரத்தைத் துணிதற்கு இரண்டு செப்பஞ்செய்கைகள் அவசியம் வேண்டப்படும்.



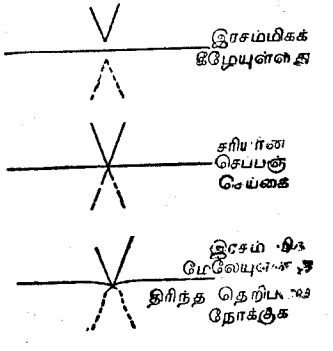
உரு. 96. போட்டினது பாரமானி

(i) சேமிப்புக்கலனைச் செப்பஞ் செய்தல்.—குழாயின் அடியில், திருகாணி **A** இனால் (96 ஆம் உருவம்) வடிவ மாற்றஞ் செய்யக் கூடியவொரு தோற் பையினுள்ளே இரசம் இருக்கும். பாரமானியின் சட்டப்படலில் நிலைப்படுத்தப்பட்டவொரு யானைத்தந்தக் கூர் **P** உண்டு. அதுவே பாரமானி அளவுகோலின் பூச்சிய மாகும்.

இந்த யானைத் தந்தக் கூருக்கு இரசமட்டம் வருமளவும் திருகாணி **A** ஐத் திருப்பி அந்த மட்டஞ் செப்பஞ் செய்யப்படும். அந்தப் புள்ளியில், **இரசமேற்பரப்பில் இறக்கம் ஏதுந்தோற்றுதிருக்க,** புள்ளியும் இரசந் தெறித்த அதன் விம்பமும் ஒன்றையொன்று சரியாக முட்டுமாறு இந்தச் செப்பஞ் செய்கையைச் செய்தல் வேண்டும் (98 ஆம் உருவம்). இரச மேற்பரப்பை எற்றவாறு ஒளியால் துலங்கச் செய்திருந்தால், மிகவும் நுண்மையாக இவ்வாறு செப்பஞ் செய்யக் கூடியதாக இருக்கும்.



உரு. 97. போட்டினது பாரமானியின் சேமிப்புக் கலன்



உரு. 98. சேமிப்புக் கலனைச் செப்பஞ் செய்தல்

(ii) மேற்பக்க மேற்பரப்பிற் செப்பஞ்செய்தல்.—மேற்பக்க மேற்பரப்பிற் செப்பஞ் செய்தல் இவ்வளவுக்கு எளிதானதன்று. கண்ணுடிக் குழாயைச் சுற்றி ஒரு பித்தளைக் குழாய் **S** பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றது. ஆய்கருவியின் பக்கத்திலுள்ள திரிகை வட்டக் குடுமி **B** (96 ஆம் உருவம்)

கொண்டு இந்தப் பித்தளைக் குழாய் மேலுங் கீழும் இயக்கப்படும். அடியோரத்தின் பின்புறம் **D** உம் முன்புறம் **C** உம் சரி ஒரே மட்டத்தில் இருக்குமாறு இந்தக்குழாயின் அடியோரம் வெட்டப்பட்டிருக்கும் (100 ஆம் உருவம்). இவை இரண்டினதும் மட்டத்துக்குக் கீழே கண்ணை வைத்தால் பின்னோரம் முன்னோரம் இரண்டையும் ஒரே முறையிற் காணலாம். கண்ணை உயர்த்த உயர்த்த பின்னோரம் படிப்படியாக மறையும். இவ்வாறது மறைந்து கொண்டு போய் முடிவில் **இயக்கக் கூடிய இந்தக் குழாயின் அடியின் மட்டத்துக்குக் கண் சரியாக வந்ததும் பின்னோரத்தை முன்னோரம் முற்றுய் மறைத்துவிடும்.**

பின்னோரத்தை இவ்வாறு முன்னோரம் சரியாக **மறைக்கத்தக்கதாகக் கண்ணை** வைத்தல் வேண்டும்.

இரச மேற்பரப்பினுல் உண்டான "பிறையுரு" வின் அல்லது வளை கோட்டின் உச்சி **B** ஒடு (100 ஆம் உருவம்) சரியொரே மட்டத்துக்கு முன்னோரம் வருமளவும் பித்தளைக் குழாயை இயக்குதல் வேண்டும். இயக்கும் போது குழாய் அசைந்து செல்லச் செல்ல அதன் ஓரத்தோடு சரியொரே மட்டத்திற் கண் இருத்தல் வேண்டும்.

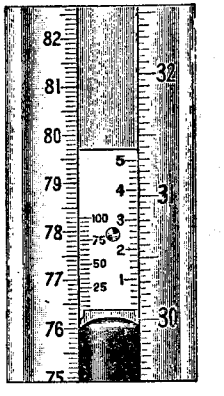
குறிப்பு.—வேண்டிய அளவுக்கதிகமான உயரத்திற் கண்ணை வைத்தால் பின்னோரத்தை முன்னோரம் மறைக்க, செப்பஞ் செய்தல் திருத்த மற்றது ஆகிவிடும். ஆதலினுல், **முன்னோரத்துக்குப் பின்னே பின்னோரஞ் சரிமட்டாக மறையுமளவுங் கண்ணை உயர்த்துதல்** முக்கியமானது. திருத்தமான மட்டத்தின் உரைகல் இது **ஒன்று மட்டுமே** உண்டு.

இயங்குங் குழாயைத் திருத்தமாகச் செப்பஞ் செய்த பின்னர், கண்ணைக் கீழ்நோக்கி அசைக்கக் குழாயின் பின்னோரந் தோற்றமளிக்கும். மீட்டுங் கண்ணைச் சரியான மட்டத்துக்கு உயர்த்த, முன்னோரத்தின் நடுவானது இரசமேற்பரப்புக்குத் தொடுகோடாக இருத்தல் வேண்டும். அப்படி அது இருக்கும் போது, ஓரத்துக்கும் பக்கங்களிலுள்ள இரசமேற்பரப்புக்கும் இடையிலுள்ள வெளிக்கூடாக ஒரு சிற்றொளி தோன்றும்.

கீழோரத்தின் மட்டத்தில் பூச்சியம் இருக்கின்றவொரு வேணியர் அளவுகோலைச் சிறிய பித்தளைக் குழாய் தாங்கி இருக்கும். மூலையில் தேய்தல் உண்டாகாதிருத்தற்காக, பக்கங்களில் இந்த ஓரங் கீழ்நோக்கி நீண்டிருக்கும். கருவியின் சட்டப்படலில் அளவுகோல் ஒன்றுண்டு. இந்த அளவுகோலின் நீளத்திற்கு வேணியர் வழுக்கிச் செல்லும். இரசமேற்பரப்பின் நிலையை இந்த அளவுகோலில் வேணியரின் அளவீடு தரும். அளவுகோலில், அதன் உச்சிக்குச் சமீபத்தில், ஒரு சில சதம மீற்றருக்குத்தான் அளவுகோடு இடப்பட்டிருக்கும். ஆனுல், கீழ்ச் சேமிப்புக் கலனிலுள்ள யானைத் தந்தக் கூர்முருன் அதன் பூச்சியம் இருக்கும். ஆகவே பாரமானி உயரத்தை அளவுகோலில் வேணியர் காட்டும் அளவீடு தருகின்றது.

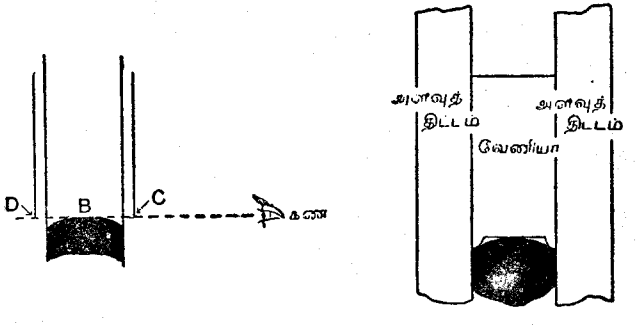
அளவுகோலும் வேணியருந் தருகின்ற பாரமானி உயரத்தை வாசித்துக் குறிக்க.

சாதாரணமாக உபயோகிக்கப்படுகின்ற வேறு பாரமானி வகைகளுள் பதிவு செய்யும் **U**-குழாய் ஒன்று. காட்டியொன்றேடு பொறியமைப்பு முறைப்படி பொருத்தப்பட்டவொரு மிதவையினுல் கீழ்க் குழாயினுள்ளிருக்கின்ற மட்டவியக்கத்தை இந்த **U**-குழாய் பதிவுசெய்கின்றது. **போட்டின்** வகையைப் போன்றதாக அமைக்கப்பட்ட பாரமானி பிறிதொன்றுண்டு. ஆனுல், அதற்குச் சேமிப்புக் கலனைச் செப்பஞ்செய்யும் ஒழுங்கு இல்லாதிருக்க, சேமிப்புக் கலனுள்ளிருக்கின்ற மட்டமாற்றத்துக்கு ஈடுசெய்தற்பொருட்டு, நுனியிலுள்ள அளவுத்திட்டப் பிரிப்புக்களானவை முற்றுய் உண்மையான அங்குலங்களாக அல்லது சதமமீற்றர்களாகக் குறிக்கப்பட்டிரா. விஞ்ஞான வேலைக்கு இந்த வகைகளுள் ஒன்றுக்கும் பெறுமானம் யாதுமில்லை.



உரு. 99. பாரமானியின் அளவுகோல்களும் வேணியர்களும்

திரவமில் பாரமானி.—மிக்க வசதியான வகையினதும், அதன் இக்கால வடிவத்தில் மதிக்கக்கூடிய திருத்தம் உடையதுமான பாரமானி திரவமில் பாரமானியாகும். முற்றுய் வளி வெளியேற்றப் பெற்றுக் காற்றுப் புகாமல் அடைத்தவொரு உலோகப் பாத்திரத்தினுல் அது ஆனதுவாகும். பாரமானி அமுக்கத்தில் எழுகின்ற வேறுபாடெதுவும் இந்தப் பாத்திரத்தைக் கொஞ்சம் வடிவழியச் செய்யும். உண்டாகும் வடிவழிவு அமுக்க மாற்றத்துக்கு விகிதசமமாகும் (128 ஆம் பக்கட் ஊக்கின் விதி). நெம்புகோல்களும் கடிகாரப் பொறியமைப்புக்களுங் கொண்டு, ஓரளவுத் திட்டத்தின் மேலாகக் காட்டியொன்று அசைந்து செல்லுமாறு, இந்தச் சொற்ப வடிவழிவு பெரிதாக்கப்படுகின்றது. இந்தக் காட்டியின் இயக்கத்தினுல் பாரமானியின் உயரத்தின் வேறுபாட்டைப் பெறலாம்.



உரு. 100. வேணியரைச் செப்பஞ்செய்கை

இந்த ஆய்கருவி **தனி**யானதன்று என்பது தெளிவு. அது காட்டும் அடையாளங்களை, போட்டின் வகைக்குரிய இரசப் பாரமானியொன்று கொண்டு ஒப்பிட்டு அதற்கு அளவு கோடிடுதல் வேண்டும். ஆனால், அதற்கு அளவுகோடிட்டதும், கிட்டத்தட்ட எல்லையிலாக் காலத்துக்கு இசைவான அளவீடுகளை அது தரவல்லதென்று நம்பியிருக்கலாம். நன்கமைக்கப் பெற்ற கடிகாரப் பொறியமைப்பு அதற்கிருந்தாற் "பின்னடிப்பு" சற்றேனும் இருக்காது. அடக்கமாக அதை அமைக்க முடியுமாதலினால், அதைக் கொண்டு செல்ல வேண்டுமாயின், அது மிகவும் பயன்படும். எனினும், பொருட்படுத்தக்கூடிய அளவுக்கு வெப்பநிலை வேறுபாடுகள் உண்டெனில், அது தரும் அளவீடுகள் முற்றுய்த் திருத்தமானவையன்று. ஏனெனில், அந்த உலோகத்தின் மீள்சத்தியை வெப்பநிலை தாக்குகின்றது.

பரிசோதனை 72. திரவமில் பாரமானி கொண்டு ஒரு கட்டடத்தின் உயரத்தை அளத்தல்.— நுண்மையாகப் பிரிக்கப்பட்டவோர் அளவுகோலை உடையவொரு திரவமில் பாரமானியை எடுத்து, ஒரு கட்டடத்தின் அடிக்கும் நுனிக்கும் உரிய அளவீடுகளின் **வித்தியாசத்தை** நோக்குக. நோக்கிப் பெற்ற வித்தியாசத்தை x **ச.மீ. இரசம்** என்போம்.

கட்டடத்தின் உயரம் h இற்குச் சமமான வளிமட்ட வித்தியாசத்தை இந்த வித்தியாசம் ஒத்திருக்கும். சிறு மட்ட வித்தியாசங்களுக்கு, வளியை அண்ணளவாக ஒருதன்மைத்தான அடர்த்தியை உடையவொரு பாய்பொருளாகக் கொள்ளலாம். இரண்டு புள்ளிகளுக்கும் இடையிலுள்ள அமுக்க வித்தியாசமானது $h\rho_1 g$ ஆக இருக்கும். இங்கே, வளியின் அடர்த்தியை ρ_1 குறிக்கின்றது.

திரவமில் பாரமானி கொண்டு அமுக்க வித்தியாசம் அளக்கப்பட்டு, x ச.மீ. நீளமுள்ள இரசநிரல் உளுற்றும் அமுக்கமென்று காணப்பட்டது.

இவ்வாறு, $h\rho_1 g = x\rho g$. இங்கே இரசத்தின் அடர்த்தியாக ρ இருக்கின்றது.

வெப்பநிலை காரணமாக ρ_1 இல் எழுகின்ற சொற்ப வேறுபாட்டைப் புறக்கணித்து, போதுமான திருத்தம் இருக்கத்தக்கதாக, $\rho=13{\cdot}6$ என்றும் $\rho_1=0{\cdot}0012$ என்றும், இவை இரண்டும் கன ச.மீ. ஒன்றுக்குள்ள கிராமில் இருக்கின்றன என்றும் எடுத்துக்கொண்டு நாம் பெறுவது

$$h = x.\frac{13{\cdot}6}{0{\cdot}00129} \text{ ச.மீ. ஆகும்.}$$

இவ்வாறு பெற்ற பேற்றை உள்ளபடி அளந்து வாய்ப்புப் பார்க்க.

மலையேறுவோர் பயன்படுத்துந் திரவமில் பாரமானிகளுக்கு **அதிகமாக அடியில்** அல்லது **மீற்றரில்** நேராக அளவுகோடிடப்பட்டிருக்கும்.

இரசப் பாரமானியின் வெப்பநிலைக்கான திருத்தம்

0° ச. இல் உள்ள ச.மீ. இரசத்தில் அல்லது சது. ச.மீ. ஒன்றுக்குள்ளதனில் வளிமண்டல அமுக்கத்தைக் கூறுதற்கு, பாரமானி தரும் அளவீட்டை வெப்பநிலைக்காகத் திருத்தஞ் செய்தல் வேண்டும்.

பாரமானி தருகின்ற அளவீட்டை $\mathbf{H}$ ச.மீ. என்போம். உள்ளபடி இது ச.மீ. இல் பெற்றதன்று, **அளவுகோற் பிரிப்புக்களிற்**பெற்றது. வழக்கமாக, 15° **ச.** ஆகவுள்ளவொரு வெப்பநிலை t_0° ச. இல் தான் இந்த அளவுகோற் பிரிப்புக்கள் ச.மீ. ஆகவிருக்கும். அறையின் வெப்பநிலை t° **ச.** ஆயின், ஒவ்வொரு பிரிப்பும் நீளம் $\{1+b(t-t_0)\}$ ச.மீ. உடையதாக இருக்கும். இங்கே, வழக்கமாகப் பித்தளையினாற் செய்யப்பட்ட அளவுகோலின் நீள விரிவுக் குணகம் b ஆகும்.

இவ்வாறு, இரசத்தின் **உள்ளபடியான உயரம்**

$$\mathbf{H}_1 \text{ ச.மீ.} = \mathbf{H}\{1 + b(t-t_0)\} \text{ ச.மீ.}$$

ஆகும்.

எனவே, வெப்பநிலை t° **ச.** இல் $\mathbf{H}_1$ ச.மீ. உயரமான இரச நிரலைப் பெறுகின்றோம்.

ஆதலினால், வெப்பநிலை t° **ச.** இல் இந்த நிரல் $\mathbf{H}_1$ உளுற்றுகின்ற அமுக்கத்துக்குச் சமமான அமுக்கத்தை **0° ச.** இல் உளுற்றுகின்ற இரசவுயரம் $\mathbf{H}_0$ எவ்வளவென்று காணவேண்டி இருக்கின்றது.

0° ச. இல் $\mathbf{H}_0$ ச.மீ. இரசத்தின் அமுக்கம் சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு

$$\mathbf{H}_0\rho_0 g \text{ தைன் ஆகும்.}$$

இங்கே, **0° ச.** இல் இரசத்தின் அடர்த்தி ρ_0 ஆகும்.

t° **ச.** இல் $\mathbf{H}_1$ ச.மீ. உயரமான நிரலின் அமுக்கம் சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு

$$\mathbf{H}_1\rho_1 g \text{ தைன் ஆகும்.}$$

இங்கே, t° **ச.** இல் இரசத்தின் அடர்த்தி ρ_1 ஆகும்.

$$\mathbf{H}_0\rho_0 g = \mathbf{H}_1\rho_1 g$$

ஆக இருத்தற்கு $\mathbf{H}_0$ என்னவாக இருத்தல் வேண்டுமென்று காண வேண்டி இருக்கின்றது.

மேலும், $\rho_0=\rho_1(1+at)$. இங்கே a ஆனது இரசத்தின் கனவளவு விரிவுக் குணகமாகும்.

ஆகவே,
$$\mathbf{H}_0 = \frac{\mathbf{H}_1\rho_1}{\rho_0} = \frac{\mathbf{H}_1}{1+at},$$

எனவே, அளவீடு H இன் உறுப்புக்களில் H_1 இற்குப் பிரதியிட்டு

$$H_0 = \frac{H\{1+b(t-t_0)\}}{1+at} \text{ ஐப்}$$

பெறுகின்றோம்.

0° ச. இல் உள்ள இரசச் சமவலு உயரமாகிய இந்தப் பெறுமானம் H_0 ஐக் கணித்த பின்னர்,

$$P = H_0\rho_0 g$$

என்னுஞ் சமன்பாட்டிலிருந்து சது. ச.மீ. ஒன்றுக்குள்ள தைனில் அமுக்கத்தைப் பெறலாம். இங்கே, சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு 13·596 கிராமாக ρ_0 உம், ஒரு கிராமுக்கு 981·18 தைன் அல்லது செக். இல் செக். இற்கு 981·18 ச.மீ. ஆக g உம் (இலண்டனில்) இருக்கின்றன.

ஆகவே, P=சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு $H_0 \times 13{\cdot}596 \times 981{\cdot}18$ தைன்.

வெப்பநிலைக்காக பாரமானி உயரத்தைத் திருத்துதற்குள்ள இந்த முறையை விளக்குதலில் எண்ணளவானவோர் உதாரணம் உதவிபுரியக் கூடும்.

18° ச. இல் 75·933 ச.மீ. அளவீட்டை ஒரு பாரமானி தருகின்றது. 15° ச. இல் திருத்தம் உள்ளதாகவிருக்குமாறு அளவுகோல் அளவு கோடிடப்பட்டுள்ளது. 0° ச. இற்குக் கொண்டுவரப்பட்ட பாரமானியின் உயரம் என்ன ? சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு வளிமண்டல அமுக்கம் எத்தனை தைன் என்றுங் காண்க.

பித்தளையின் நீள விரிவுக் குணகம் =1° ச. இற்கு 0·0000189.
இரசத்தின் கனவளவு விரிவுக் குணகம் =1° ச. இற்கு 0·000180.

$$H_0 = \frac{75{\cdot}933\{1+0{\cdot}0000189\ (18^\circ - 15^\circ)\},}{(1+0{\cdot}00018\times 18)}$$
$$= \frac{75{\cdot}933\ 1+0{\cdot}0000567).}{1+0{\cdot}00324}$$

இதனை $H_0 = 75{\cdot}933(1+0{\cdot}0000567)(1-0{\cdot}00324)$ என்றும்,

பின்பு $H_0 = 75{\cdot}933(1+0{\cdot}0000567-0{\cdot}00324)$ என்றும்,

மிகவும் நெருங்கிய அண்ணளவான திருத்தத்துடன் எழுதலாம்.

இதனிலிருந்து,

முதலில், $H_0 = 75{\cdot}933(0{\cdot}99682)$ ஐயும்,

பின்பு $H_0 = 75{\cdot}690$ ச.மீ. ஐயும் பெறுகின்றோம்.

தரப்பட்ட இந்த உதாரணத்தில், சது. ச.மீ. ஒன்றுக்குள்ள தைனில்,

அமுக்கம் P = சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு $H_0 \rho_0 g$ தைன்
$= 75{\cdot}690 \times 13{\cdot}596 \times 981{\cdot}18$
= சது ச.மீ. ஒன்றுக்கு 1,009,700 தைன், அல்லது 1009·7 மில்லிப்பார்.

பரிசோதனை 73. தனியலகுகளில் வளிமண்டல அமுக்கத்தைத் துணிதல்.—71 ஆம் பரிசோதனையிற் செய்தது போல, பாரமானியின் உயரத்தை வாசித்தறிக. பாரமானியோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள வெப்பமானி கொண்டு அதன் வெப்பநிலையையும் வாசித்தறிக. மேற்காணும் உதாரணத்திற் கூறிய வாறு, வெப்பநிலைக்காகத் திருத்தஞ் செய்து, இரசச் ச.மீ இல் 0° ச. இல். உள்ள வளிமண்டல அமுக்கத்தைக் கண்டு தனியலகுகளில் உய்த்தறிக.

வெப்பமானி தரும் அளவீட்டுக்குத் திருத்தலட்டவணை.—0° ச. இல் இருந்து 25° ச. மட்டுமுள்ள ஒவ்வொரு வெப்பநிலைக்கும் பிரயோகிக்க வேண்டிய திருத்தத்தை இவ்வாறு கணித்து, வெப்பமானியின் பக்கத்தில், வேண்டியவாறு பயன்படுத்துதற்காக, இதனை ஒழுங்குபடுத்துக. 76·0 ச.மீ. ஆக எடுத்துக்கொண்ட அளவீட்டுக்கென்று திருத்தங்கள் கணிக்கப்பட்டால், பாரமானி அளவீடுகள் எல்லாவற்றுக்கும், மாற்றம் யாதுமின்றி, பிரயோகித்தற்குப் போதுமான திருத்தம் உடையனவாக அவை இருக்கக் காணலாம்.

எதுவேனும் ஒரு வெப்பநிலையில் பிரயோகித்தற்குத் திருத்தற் சூத்திரம்.—பின்வருமாறுஞ் சில வேளைகளில் திருத்தங் கூறப்படும் : **பெற்ற அளவீட்டிலிருந்து B ச.மீ. ஐக் கழித்து, வரும் மீதியிலிருந்து, 0° ச. இற்கு மேற்பட்ட ஒவ்வொரு பாகைக்கும், C ச.மீ. ஐக் கழிக்க.**

சமன்பாடு

$$H_0 = \frac{H\{1+b(t-t_0)\}}{1+at} \text{ இற்கு}$$

உரியவோர் அப்பியாசமாக வெகு பிரயாசமின்றி இவ்வகையானவொரு சூத்திரத்தைப் பெறலாம்.

இதனிலிருந்து, $H_0 = H\{1-bt_0-(a-b)t\}$ ஐப் பெறுகின்றோம்.

மேற்காணும் B ஆனது, அண்ணளவாக, மாறுதலவொரு கணியம் Hbt_0 ஆகும். அதைக் கணிக்கும் போது H = 76 ச.மீ. என்று கொள்ளப்படும்.

மேற்காணும் C ஆனது அண்ணளவாக $H(a-b)$ ஆகும். அதுவும் மாறுதிருக்கும். அதனைக் கணிக்கும் போதும் H = 76 ச.மீ. என்று கொள்ளப்படும்.

§ 3. மூடிய அறை ஒன்றினுள்ளிருக்கின்ற வாயுவின் அமுக்கம்

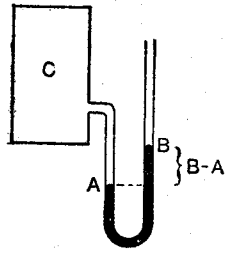
வழக்கமாக, இரசங் கொண்டவோர் U-குழாயினுல், மூடிய அளவு ஒன்றினுள்ளிருக்கின்ற வாயுவின் அமுக்கம் அளக்கப்படும். அளத்தற்குள்ள அமுக்கம் இருக்கின்ற அறையோடு இந்தக் குழாயின் ஒரு பக்கந் தொடுக்கப்பட்டிருக்க, மற்றைப் பக்கம் வளிமண்டலத்திலே திறந்திருக்கும் (101 ஆம் உருவம்).

அறையினுள்ளிருக்கின்ற அமுக்கத்துக்கும் புறத்தேயுள்ள வளிமண்டல அமுக்கத்துக்குமுள்ள வித்தியாசத்தை U-குழாயினுள்ளிருக்கின்ற இரச மேற்பரப்புக்களுக்குள்ள மட்ட வித்தியாசங் காட்டுகின்றது.

இவ்வாறு, இடம் C இனுள் இருக்கின்ற அமுக்கம் P (இரசச் ச.மீ.) ஆகவும், வளிமண்டல அமுக்கம் (அல்லது பாரமானி உயரம்) H ஆகவும் இருந்தால், P இற்கும் H இற்கும் உள்ள தொடர்பை

$$P = H + (B - A)$$

தருகின்றது.



உரு. 101. அமுக்கத்தை அளத்தல்

A இற்குக் கீழே B இருக்குமாயின், எதிர்க் கணியமாக (B – A) இருக்கும். எனவே, அமுக்கம் H இலும் அமுக்கம் P சிறிதாக இருக்கும்.

விரும்பினுல், இந்த உதாரணத்துக்குப் பொருத்தமாக, இந்தக் கோவையை $P = H - (A - B)$ என்று எழுதலாம்.

இந்தக் கோவைகள் இரண்டும் அட்சரகணிதப்படி சர்வசமமானவையும் நிறைவாகப் பொதுவானவையுமாக இருக்கின்றன.

சில வேளைகளில், பாரமானி உயரம் வாசித்தலைத் தவிர்க்க விரும்பினுல், வளி வெளியேற்றப் பெற்றவோர் அறையோடு தொடர்புடையதாக இருக்குமாறு மேற்பரப்பு B திறந்திருக்கும். அப்பொழுது,

$$P = B - A$$

ஆகும். ஆனுல், ஓரளவிற்கே இந்த முறை பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

வளிமண்டலத்திற் குழாய் B திறந்திருக்கும்போது, அறை C இனுள்ளிருக்கின்ற அமுக்கத்தை அளக்கக் கூடியதாக இருக்கு முன்னர், பாரமானியை மாத்திரமன்று, B இற்கும் A இற்கும் உள்ள மட்டவித்தியாசத்தையும் வாசித்தறிதல் வேண்டும். இதனை விசேடமாகக் குறித்துக்கொள்க.

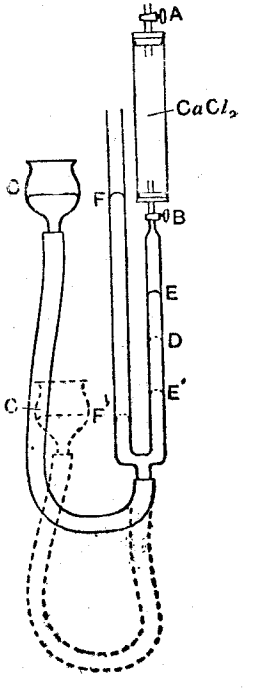
ஒரு பரிசோதனையை நடத்துகையில், பாரமானி உயரம் வேறுபடுகின்ற தாயின், பிந்திய அளவீடுகளிற் பயன்படுத்தப்படுகின்ற கணியங்கள் முன் பயன்படுத்திய கணியங்களிலிருந்து வேறுபடும்.

கண்டிப்பாகக் கூறில், B, A இரண்டினதும் ஒத்த பெறுமானங்களை **நோக்கிப் பெறுகின்ற ஒவ்வொரு தரத்தின் பின்னும் உடனே** பாரமானியை வாசித்தல் வேண்டும். ஆனுல், மிகவுந் திருத்தமான வேலைக்கன்றி இது தேவைப்படாது. என்றாலும், வாயுக்களோடு நடத்தும் பரிசோதனை எதுவாயினும் அதன் முன்பும் பின்பும் பாரமானியை வாசித்து, வித்தியாசத்தை நோக்கற் பேறுகளுக்கிடையில், அவற்றைப் பெற்ற ஒழுங்கின்படி, பகிர்தல் வேண்டும்.

§ 4. போயிலின் விதியை வாய்ப்புப் பார்த்தல்

போயிலின் விதியை (203ஆம் பக்கம்) வாய்ப்புப் பார்த்தற்கு, கண்ணுடிக் குழாய் ஒன்றினுள்ளே ஓர் அளவு வாயு அடைக்கப்பட்டு, புறத்தே உள்ள வளிமண்டலத்திலிருந்து இரச நிரல் ஒன்றினுல் அந்த வாயு பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். வளியில் வெளியாகக்கிடக்கின்ற இரசத்தின் மட்டந் தெரியத் தக்கதாகவுள்ள ஒரு கண்ணுடிக் குழாயோடு வாயு உள்ளிருக்கின்ற குழாயைத் தொடுக்கின்ற வளையுந் தன்மையை உடையவோர் இரப்பர்க்குழாயினுள்ளே இந்த இரசம் இருக்கும். அன்றேல், 102 ஆம் உருவங் காட்டுவது போல, இரண்டு கண்ணுடிக் குழாய்களையும் ஒன்றோடொன்றை இணைத்து, ஒரு சேமிப்புக் கலனோடு இரண்டையுந் தொடுத்தல் இன்னோர் ஒழுங்காகும்.

இந்தக் கருவியின் மிகவுஞ் சிறந்த வடிவங்களில், வாயு உள்ளிருக்கின்ற மூடப்பட்ட குழாயானது கன ச.மீ. இல் அளவுகோடிடப்பட்டிருக்கும். இதற்குத் திறவு கருவி வரையும் அளவு கோடிடப்பட்ட அளவியொன்று வசதியானது. இவ்விதமானவோர் அளவி கிடையாதவிடத்து, ஒரு தன்மைத்தான துளையை உடையவொரு சதுர மூனைக் கண்ணுடிக் குழாயை உபயோகிக்கலாம். அதனுள்ளிருக்கின்ற வளிக்கனவளவானது இரச மட்டத்துக்குஞ் சதுரமூனைக்கும் இடையிலுள்ள குழாயின் நீளத்துக்கு விகிதசமமாக இருக்கும்.



உரு. 102. போயிலின் விதி (I ஆம் ஆய்கருவி)

எளிதான இந்த வடிவத்திலும் அளவி வகைக்குரிய ஆய்கருவியானது செப்பஞ் செய்தற்கும்

வ சித்தற்கும் மிக்க வசதியானது. நற்பேறு பெறுதற்கு முன்னேற்பாக வழிவகைகளைப் பெரிதும் அனுட்டிக்க வேண்டுமாயின், திறவுகருவியை மூடுமுனைர், குழாயினுள்ளிருக்கின்ற வளி முற்றுய் உலர்த்தப்படுமாறு, அதனோடு உலர்த்து குழாயொன்றைப் பொருத்துதல் வேண்டும். மிகவுந் திருத்தமாகத் திறவுகருவி பொருந்தி இருத்தல் வேண்டும் என்பது முக்கிய மானது. அனறேல், உயரமுக்கங்களில் பொசிவுகள் உண்டாகி, பரிசோத னைக்கு எடுத்துக்கொண்ட வாயுவின் கணியம் மாற, அளவீடுகள் எல்லாம் பிழைப்படும்.

பரிசோதனை 74. போயிலின் விதியை வாய்ப்புப் பார்த்தல் (1 ஆம் ஆய் கருவி).—இந்த வகையான ஆய்கருவியைப் பயன்படுத்தும்முறை பின் வருமாறு :—

திறவு கருவிகள் **A**, **B** இரண்டையுந் திறந்து, சேமிப்புக் கலன் **C** ஐ உயர்த்தி, அளவியினுள்ளே இரசம் மேலெழுமாறு வலிக்கப்படும். இந்தத் திறவு கருவிகளுக்கூடாக வளி வந்து புகுந்து அளவியை **D** வரையும் நிரப்புமளவும் **C** இறக்கப்படும். **B** இற்கும் **D** இற்கும் இடையில் ஏறக் குறைய 30 கன. ச.மீ. வளி இருக்குமாறு அதை உட்புக விடுதல் வேண்டும்.

அதன் பின்னர், திறவு கருவி **A** ஐ மூடி, **B** மட்டும் இரசம் எழுமாறு, **C** ஐ மீட்டும் உயர்த்தி, உலர்த்து குழாயினுள்ளே, வளி முழுதும் அமுக்கப்படும்.

A இற்கும் **B** இற்கும் இடையில், ஒரு சில நிமிடங்களுக்கு இந்த வாயுவை முற்றுய் உலரவிட்டுப் பின் அளவியில் மீட்டும் **D** இற்கு இரசமட்டம் வருமள வும் **C** இறக்கப்படும். இவ்வாறு, செய்முறைக்குப் போதுமான அளவுக்கு உலர்ந்த வளி **BD** ஐ நிரப்பியிருக்கும். அப்பொழுது, **B** இற்கும் **D** இற்கும் இடையில் தீர்க்கமானவொரு அளவு வளி அடங்கியிருக்குமாறு **B** மூடப்படும். இந்த மட்டிற் பரிசோதனைக்கு ஆய்கருவி ஆயத்தமாக இருக்கும்.

C ஐ உயர்த்தியுந் தாழ்த்தியும் அளவியினுள் இருக்கின்ற வாயுமீது பல்வேறு அமுக்கங்களைப் பிரயோகிக்கலாம். பிரயோகிக்கப்பட்ட அமுக்கத் துக்குச் சமமாக அதன் அமுக்கம் வருமளவும் அதன் கனவளவு மாற்றப்படும்.

மற்றைக் குழாய் (**F**) இல் உள்ள இரசத்தின் மேற்பரப்பும் இதுவும் வளிமண்டலத்திற்குத் திறந்திருக்கின்றனவாதலின், இரண்டு மட்டங்களும் ஒன்றுகவே இருக்கும்.

சேமிப்புக் கலனின் நிலை எதற்கும், பக்கக் குழாயிலுள்ள மட்டம் **F** ஆகவும், அளவியில் உள்ள மட்டம் **E** ஆகவும் இருந்தால், அளவி யினுள் இருக்கின்ற வாயுவின் மீது உளுற்றப்படும் அமுக்கத்தை

$$P = H + (F - E)$$

தருகின்றது. இங்கே, **H** ஆனது பாரமானி உயரமாகும்.

குழாய்களுக்குப் பின்னை அண்மையில் வைக்கப்பட்டுள்ள நிலைக்குத் தான ஓரளவுகோலில் **F** இனதும் **E** இனதும் மட்டங்களை வாசித்தறிக.

அளவியும் பக்கக் குழாயும் போதுமான அளவுக்கு நீண்டுள்ளனவாயின், வளிமண்டல அமுக்கத்துக்குக் குறைவாக அமுக்கம் இருக்கும்போது, இந்த வடிவத்தில் உள்ள ஆய்கருவியோடு வளிமண்டல அமுக்கத்துக்கு மேற் பட்டனவும் கீழ்ப்பட்டனவுமான அமுக்கங்களை உபயோகிக்கலாம். இந்த விடத்து **F′** உம் **E′** உம் ஒத்த பெறுமானங்களாகும். இவ்விதமான நிலைமையை, 102 ஆம் உருவத்திற் புள்ளியிடுக் காட்டப்பட்டிருப்பது போன்ற ஒரு நிலைக்கு **C** ஐ இறக்கிப் பெறலாம்.

V ஆனது **B** இற்கும் **E** இற்கும், **B** இற்கும் **E′** இற்கும், இன்னும் இவை போன்றனவற்றுக்கும் இடையிலுள்ள இடங்களின் கனவளவுகளைக் குறிக்கின்றது.

நோக்கற் பேறுகளின் ஓரைவாசியை வளிமண்டல அமுக்கத்துக்குக் கீழுள்ள அமுக்கங்களோடும், மற்றை அரைவாசியை மேலுள்ள அமுக்கங் களோடும் பெறுமாறு, சேமிப்புக் கலனின் மட்டத்தைப் பல்வேறு உய ரங்களிற் செப்பஞ்செய்க.

ஒவ்வொரு முறையும் அளவியிலுள்ள மொத்த அமுக்கத்தைக் கணித்து (இதைச் செய்யுமுன் பாரமானியை வாசித்தல் வேண்டும்), ஒவ்வோர் அமுக்கத்துக்கும் அளவியிலுள்ள வாயுவின் **கனவளவைக்** குறித்துக் கொள்க. ஒவ்வொரு செப்பஞ் செய்கைக்கும், பெருக்கம் **PV**, அதாவது அமுக்கம் × கனவளவு, ஒன்றேயாக இருக்குமென்று காட்டுக.

நோக்கற் பேறுகளைப் பின்வருமாறு ஒழுங்குபடுத்துக :—

பாரமானி அமுக்கம் = **H** = ...ச.மீ.

பக்கக் குழாய் **F** இல் அளவீடு	அளவியில் அளவீடு **E**	**F − E**	மொத்த அமுக்கம் = **H** + (**F** − **E**) = **P**	வாயுவின் கனவளவு **V**	**PV**
		(இந்தக் கணியங்களுள் அரைவாசி எதிரானவை)			

மி.மீ. இல் அளக்கப்பட்ட **H** ஒடு ச.மீ. இல் அளக்கப்பட்ட **F − E** ஐக் கூட்டாது எச்சரிக்கையாக இருக்க. **H**, **(F-E)** இரண்டும் ச.மீ. இல் இருத்தல் வேண்டும்.

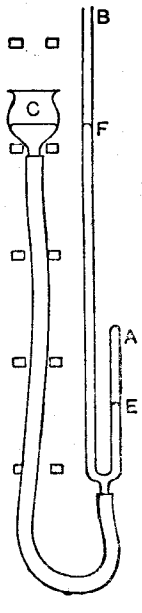
வாயுவை அடக்கியிருக்கின்ற குழாய்க்கு உச்சியில் திறவு கருவி இல்லா விடில், அதை வாயுவினுல் நிரப்பி, முன்பு விளக்கியவாறு, பரிசோதனையை நடத்துக. என்றலும், வளிமண்டல அமுக்கத்துக்குக் குறைந்த அமுக்கங்

களோடு நோக்கற் பேறுகளைப் பெறல் வெண்டுமேயானால், குழாயை இர சத்தினால் மூடு முன்னர், ஓரளவுக்கு நன்றாக அதற்கு வெப்பம் ஏற்றுதல் வேண்டும்.

பரிசோதனையைத் தொடங்குமுன்னர், குழாயை முற்றுய்க் குளிரவிடு தல் வேண்டும்.

குழாயிலுள்ள வளியின் அளவை இவ்வாறு செப்பஞ் செய்தல் இலகுவன்று; அதனாற் குழாய் வெடித்தல் அதிகம். **இதனைச் செய்தற்கு மாணவன் தானே ஒரு போதும் எத்தனிக்கக்கூடாது**

அளவியுந் திறவு கருவியுமுள்ள ஆய்கருவி இடையாதவிடத்து, மேலே விவரித்திருப்பது போல, வளியின் கணியத்தைச் செப்பஞ் செய்தற்குப் பதி லாக, போயிலின் விதியை வாய்ப்புப் பார்த்தற்கு வேறிரண்டு வடிவத்திலுள்ள ஆய்கருவிகளை உபயோகித்தல் அதிகமாக விரும்பப்படத் தக்கது. அவற்றுள் ஒன்றை வளிமண்டல அமுக்கத்துக்கு மேற்பட்ட அமுக்கங்களோடும், மற்றையதைக் கீழ்ப்பட்ட அமுக்கங்களோடும் உபயோகிக்கலாம். மேலே விளக்கிய முதல் வகைக் கருவியை உபயோகிக்குமிடத்துத் தானும், இந்த வடிவங்களிலுள்ள இரண்டு கருவிகளையும் உபயோகித்தல் நன்று. விவரிக்கப்பட்டுள்ள வடிவத் தனிக் கருவியை மாத்திரம் உபயோகித்தலால் உண்டாகும் மொத்த அமுக்க வேறுபாட்டிலுங் கூடிய **மொத்த** வேறுபாட்டை இத்தகைய இரண்டு வடிவங்களிலும் உள்ள ஆய்கருவியை உபயோகித்துப் பெறலாம். வாயுவமுக்கத்தை அளத்தற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்ற ஆய்கருவியின் வெவ்வேறான வடி வங்களோடு மாணவன் பழகத்தக்கதாகவும் இருக்கின்றது.



உரு. 103.
போயிலின் விதி
(II ஆம் ஆய்கருவி)

பரிசோதனை 75. போயிலின் விதியை வாய்ப்புப் பார்த்தல் II ஆம் ஆய்கருவி (வாயுமண்டல அமுக்கத்துக்கு மேற்பட்ட அமுக்கத்துக்கு).—வளிமண்டல அமுக்கத்திலும் பெரிதான அமுக்கத்துக்குப் போயிலின் விதியை வாய்ப்புப் பார்த்தற்கு இந்த ஆய்கருவி உபயோகிக்கப்படுகின்றது.

பரிசோதனைக்கு எடுத்துக்கொள்ளும் வளியானது கண் ணுடிக் குழாய் **A** இன் உள்ளே அடக்கப்பட்டிருக்கும். ஓரிரசச் சேமிப்புக் கலன் **C** ஒடும் ஓரமுக்கக் குழாய் **B** ஒடும் இந்தக் குழாயின் கீழ்ப்பாகம் இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றது. வளிமண்டல அமுக்கத்தோடு **A** இலும் **B** இலும் உள்ள மட்டங்களின் வித்தியாசத்தி னால் உண்டாகின்ற அமுக்கமுஞ் சேர்ந்த அமுக்கத்துக்குச் சமமான அமுக் கத்தில் ஓரளவுக் கணியமான வளி, **A** இனுள் அடக்கப்பட்டிருக்கின்றது. வளிமண்டல அமுக்கத்தைப் பாரமானியை வாசித்து அறிதல் வேண்டும்

அதனை **H** இரசச் சதம மீற்றர் என்போம். ஆய்கருவியோடு தொடுத்திருக் கின்ற அளவு கோலினால் அளந்து பெற்ற **AE** இற்கு வாயுவின் கனவளவு விகிதசமமென்று கோள்ளலாம்.வாயுவை அடக்கியுள்ள குழாய் **A** இன் உச்சி நிலை அந்த அளவு கோலிற் குறிக்கப்படும்.

சேமிப்புக் கலனை உயர்த்தினால், **A** இல் உள்ள வளியின் அமுக்கங்கூடக் கனவளவு குன்றும். வளிமண்டல அமுக்கமும் இரசநிரல் **FE** இன் அமுக் கமுஞ் சேர்ந்த அமுக்கத்துக்கு இந்த அமுக்கஞ் சமமாகும். அதாவது,

$$P = H + (F - E).$$

இந்தப் புதுக் கனவளவு **V** இற்குச் சமமாகவும், **AE** இற்கு விகித சம மாகவும் இருக்கும்.

இரசச் சேமிப்புக் கலனின் வேறு நிலைகளை ஒத்த **P,V** இரண்டினதும் பெறுமானங்களை இவ்வாறே துணிக.

பெருக்கங்கள் **P×V** இன் பெறுமானங்களைக் கணித்தறிக. போயிலின் விதிக்கு நோக்கற் பேறுகள் அமையுமாயின், இந்தப் பெருக்கம் மாறு திருத்தல் வேண்டும்.

I ஆம் ஆய்கருவியோடு செய்தது போல இந்தப் பேறுகளையும் அட்ட வணைப் படுத்துக (— ஆம் பக்கம்).

அமுக்கத்தை நிலைத்தூரமாகவும், கனவளவைக் கிடைத்தூரமாகவுங் கொண்டு புள்ளிகளைக் குறித்து இரண்டுக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைக. இது ஒரு செவ்வக அதிபரவளைவாகும்.

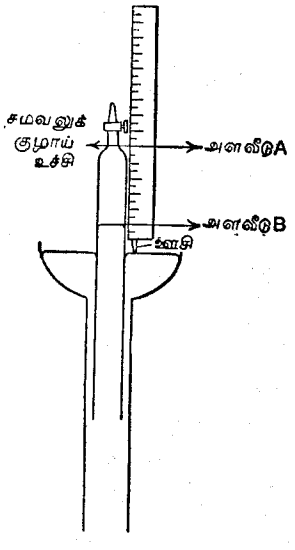
பரிசோதனை 76. போயிலின் விதியை வாய்ப்புப் பார்த்தல், III ஆம் ஆய்கருவி (வளிமண்டல அமுக்கத்துக்குக் கீழ்பட்ட அமுக்கங்களுக்கு).— போயிலின் விதியை வாய்ப்புப் பார்த்தற்கு உபயோகிக்கப்படும் மூன்றும் வகைக்குரிய இந்த ஆய்கருவியானது வளிமண்டலவமுக்கந் தொடக்க மாக, அதன் கீழேயுள்ள விசாலமான வீச்சினுள்ளே, பரிசோதனை வேலை யைச் செய்ய உதவுகின்றது.

இரசத்தினால் நிரப்பப்பட்டவோர் இரும்புக் குழாயினுள்ளே மேலுங் கீழுமாக அசைக்கக்கூடியவோர் ஒருதன்மைத்தான கண்ணுடிக் குழாய் இந்த ஆய்கருவியின் மிக்க வசதியானவொரு வடிவமாகும். இந்த இரும்புக் குழாயானது தகழி வடிவமானவொரு பாத்திரமாக நுனியில் விரி கின்றது. இந்த விரிவினால், இரசத்தின் புறமேற்பரப்பு மட்டத்திற் பெரு மாற்றம் எதும் நிகழாதிருக்க, உட்குழாயை உயர்த்த அல்லது தாழ்த்தத் தக்கதாய் இருக்கின்றது.

புறத்தேயுள்ள இரசமட்டத்துக்கு மேலே (கண்ணுடி) உட்குழாயினுள் ளிருக்கின்ற இரசமட்டத்தின் உயரமளவுக்கு வளிமண்டல அமுக்கத்திலும் உட்குழாயினுள்ள வாயுவின் அமுக்கஞ் சிறிதாக இருக்கும்.

தாழியினுள்ளிருக்கின்ற இரசத்தின் மேற்பரப்பை நீலைக்குத்தான வொரு மீற்றரளவுகோலொடு (104 ஆம் உருவம்) நிலைப்படுத்தப்பட்ட உருக்கூசி ஒன்றின் நுனி சரியாகத் தொடுமளவும் அந்த ஊசியைச் செப்பஞ் செய்து இந்த உயரம் அளக்கப்படும்.

குழாயினுள்ளிருக்கின்ற இரசநிரலின் உயரத்தை அளவீடு **B** (104 ஆம் உருவம்) சக ஊசியின் நீளம் (x ச.மீ.) தருகின்றது. வளிமண்டல அமுக்கத்திலும் உள்ளிருக்கின்ற வாயுவின் அமுக்கங் குறைவாக இருக்கின்ற கணியம் இதுவே.



உரு. 104. போயிலின் விதி (111 ஆம் ஆய்கருவி)

ஒரு தன்மைத்தானதாகத் தூய இருந்தால், ஒரு குழாயை நிரப்பி இருக்கின்ற வாயுவின் கனவளவு அந்தக் குழாயின் நீளத்துக்கு விகித சமமாகும்.

குழாயின் "சமவளவுச்சியை"த் திறவு கருவிக்குச் சரி கீழேயுள்ள குழாய்க் கண்டத்தில் இருக்குமோர் அடையாளங் குறிக்கின்றது. இந்தச் "சமவளவுச்சி" ஆனது, **மேனேக்கி எங்கும் ஒரளவான குறுக்கு வெட்டுமுகத்தையும் உள்ளபடியான கனவளவுக்குச் சமமான கனவளவையும் உடையதாகக் குழாயிருந்தால், அதன் உச்சி இருக்கவேண்டிய இடமாகும்.**

உள்ளிருக்கும் வாயுவின் கனவளவுக்கு, இந்த அடையாளத்துக்குங் குளாயினுள் இருக்கின்ற இரசத்தின் மட்டத்துக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் விகிதசமமாகும்.

திறவு கருவி **திறந்திருக்க,** தாழியினுள் இருக்கின்ற இரசத்தின் மட்டத்துக்கு மேலே வறக்குறைய 15 ச.மீ. உயரத்துக்குக் கண்ணுடிக் குழாயின் உச்சி வருமளவும் அதனை இறக்குக.

திறவுகருவியைத் திருப்பும்போது, மெல்லவாக அதை உண்ணேக்கி நெருக்கிக் கொண்டு அவதானமாக மூடுக. பரிசோதனை முடியுமளவும் மீடடுமதைத் தொடலாகாது. தொட்டால், குழாயினுள்ளே மிகுதியாக வளி வந்து உட்புக, உபயோகிக்கின்ற வளியின் திணிவு மாறும்.

இப்பொழுது குழாய் அடக்கியிருக்கின்ற வளியின் அமுக்கம் வளிமண்டல அமுக்கத்துக்குச் சமமாக இருக்கும்.

தாழியினுள் இருக்கின்ற இரச மேற்பரப்பை உருக்கூசி வந்து சரியாகத் தொடுமளவும் மீற்றரளவுகோலைச் செப்பஞ் செய்து, குழாயின் "சமவளவுச்சி" இருக்கும் மட்டத்தில் உள்ள அளவுகோலளவீட்டைக் காண்க.

மீற்றரளவுகோலின் பூச்சியத்துக்கு மேலே குழாயினுள் இருக்கின்ற இரசமட்டம் வருமளவும் குழாயை உயர்த்துக. தாழியினுள் இருக்கின்ற இரசத்தைச் சரியாகத் தொடுமாறு ஊசியைச் செப்பஞ் செய்து, குழாயின் "சமவளவுச்சி" யின் மட்டத்திலே இருக்கின்ற அளவுகோலின் அளவீடு **A** ஐ எடுக்க. குழாயினுள்ள இரசத்தின் மேற்பரப்பு மட்டம் **B** ஐயும் வாசித்தறிக.

ஒவ்வொரு முறையுங் குழாயை ஒரு சில சதம மீற்றருக்கு உயர்த்தி, அளவீடுகள் **A** ஐயும் **B** ஐயும் மீட்டும் மீட்டும் எடுக்க. எடுக்கும்போது, **அளவீடுகளை ஒவ்வொரு முறையும் எடுக்கத் தொடங்குமுன்னர் தாழியிலுள்ள இரசத்தை ஊசி சரியாகத் தொடுமாறு அதைச் செப்பஞ் செய்தல் வேண்டும்.**

மேலுங் குழாயை உயர்த்தத் தாழியில் இரசம் இல்லாத நிலை வருமளவும் இவ்வாறு செய்க.

பயன்படுத்துகின்ற அமுக்க வீச்சினுள்ளே ஒருதன்மைத்தாகப் பரப்பியிருக்கும் நோக்கற் பேறுகளை **ஆறு** முறையாகுதல் எடுத்தல் வேண்டும்.

அளவீடுகள் முதன்முறை எடுக்கப்பட்ட நிலைக்குக் குழாயை இறக்குக. முதன்முறை எடுத்த அளவீடுகள் மீட்டும் வராவிடில், திறவு கருவியைச் சரியாக மூடாததினால், ஓரளவுக்கு வளி பொசிந்து புகுந்திருத்தல் வேண்டும். ஆதலினால், வளி உட்புகாத வண்ணம் திறவு கருவியைச் சரியாக மூடிப் பரிசோதனையை மீட்டுஞ் செய்தல் வேண்டும்.

பாரமானியை வாசித்து வளிமண்டல அமுக்கத்தை இரசச் சதமமீற்றரிற் கூறுக.

நோக்கற் பேறுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்துக.

ஊசியின் நீளம், x = ... ச.மீ.

அளவீடு A	அளவீடு B	அமுக்கம் P = வ.ம.அ. − (B + x)	கனவளவு V = A − B	P V

ஈற்று நிரலிலுள்ள பெறுமானங்கள் மாறுதிருத்தல் வேண்டும்.

அமுக்கத்தின் பெறுமானங்கள் நிலைத்தூரங்களாகவும், கனவளவுகளின் பெறுமானங்கள் இடைத்தூரங்களாகவுங் கொண்டு, வரைப்படம் ஒன்று வரைக. வரையப்பட்ட வளைகோடு செவ்வக அதிபரவளைவாக இருத்தல் வேண்டும்.

ஒரு வாயுவின் அடர்த்திக்கும் அதன் அமுக்கத்துக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டும் வரைப்படத்தை வரைதலும் அறிவுறுத்துகின்றதாக இருக்கும். அமுக்கப் பெறுமானங்கள் நிலைத்தூரங்களாகவும், தலைகீழான கனவளவுகள் கிடைத்தூரங்களாகவுங் கொள்க. இந்த வரைப்படம் ஒரு நேர்கோடாக இருத்தல் வேண்டும்.

வெப்பநிலை மாறுதிருக்க, ஒரு வாயுவின் தீர்க்கமான வொரு கணியம் அமுக்கத்துக்கு நேர்மாறாக வேறுபடுகின்றது என்று கூறுகின்ற போயிலின் விதியை இவ்வாறு வாய்ப்புப் பார்க்கக்கூடும்.

மாறுத வெப்பநிலையிற் பெருக்கம் PV மாறுதிருக்கும் என்பதையே போயிலின் விதி கூறுகின்றது. ஒரு வாயுவின் தீர்க்கமானவொரு கணியத்துக்கு இது பொருத்தமானது. அல்லாமலும், உள்ளபடி, எடுத்துக் கொண்ட வாயுத் திணிவுக்குப் பெருக்கம் PV விகிதசமமாகும். ஒரு வாயுக்கணிய அலகுக்கு (இதனை 1 கிராம் என்போம்), குறித்தவொரு வெப்பநிலையில் இந்தப் பெருக்கம் தீர்க்கமானவொரு பெறுமானத்தை உடையதாக இருக்கும். தெரிந்தெடுத்த வெப்பநிலையில் வாயுவின் அடர்த்தியை ρ என்போம். எனவே, வரைவிலக்கணப்படி, $\rho = \frac{1}{V}$ ஆதலின், V இற்கு $\frac{1}{\rho}$ ஐப் பிரதியிட்டுப் போயிலின் விதியை

$$\frac{P}{\rho} = \text{(அந்த வெப்ப நிலையில்) ஒரு மாறிலி}$$

என்று கூறலாம்.

வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் உள்ள வாயுக்களைப் பற்றிய பரிசோதனைகளின் பேறுகள் 420 ஆம் பக்கத்தில் விளக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அங்கே, போயிலின் விதியையும் சாளரிசின் விதியையும் சேர்த்து ஒரு கோவையாகக் கூறலாம் என்று காட்டப்பட்டிருக்கின்றது.

அதிகாரம் XI

மேற்பரப்பிழுவிசை

§ 1. மேற்பரப்பிழுவிசையின் வரைவிலக்கணம்

ஒரு திரவத்தின் மேற்பரப்பானது எங்கும் ஓர் இழுவிசையினால் ஈர்க்கப்பட்டிருக்குமாப்போல், தோற்றம் அளிக்கின்றது. இதற்கு எடுத்துக்காட்டாக ஈர்க்கப்பட்டுள்ள இரப்பர்ச் சவ்வொன்றை ஒப்புமையாக அடிக்கடி கூறுவதுண்டு. ஆனால், முக்கியமானவொரு வித்தியாசத்தைக் குறித்துக்கொள்ளல் வேண்டும். ஒரு இரப்பர்ச் சவ்வை ஈர்த்தால், அதனிலுள்ள கோடு எதற்குங் குறுக்கே உணர்ற்றப்படும் இழுவிசையானது விரிவு கூடக்கூட, கூடிக்கொண்டு போக, அத்தகைய இழுவிசை அதிகரிப்பு திரவமேற்பரப்புக்கு இல்லை.

திரவமேற்பரப்பில் உள்ளதாகக் கற்பனை செய்யப்பட்ட எதுவேனுமொரு கோட்டின் நீளவலகொன்றுக்குக் குறுக்கே உணர்ற்றப்படும் இழுவிசையை (தனில்) அந்தத் திரவத்தின் மேற்பரப்பிழுவிசை என்பர். ஒரு ச.மீ. இற்கு எத்தனை தைன் என்று அது அளந்தறியப்படும்.

ஒரு திண்மத்துக்கு, அல்லது திரவத்துக்கு, அல்லது வாயுவுக்கு இடையிலுள்ள **பொதுமுகத்தில்** பரப்பலகு ஒவ்வொன்றெடுந் தொடர்புடைய ஓர் அளவுச் சத்தி உண்டென்று சில காலத்துக்குமுன் நிகழ்ந்த ஆராய்ச்சி வற்புறுத்துகின்றது. இந்த **மேற்பரப்புச் சத்தியை** வெப்பப் பகுதி என்றும் பொறிமுறைப் பகுதி என்றும் பிரிக்கலாம். பின்னது மேற்பரப்பிழுவிசையை ஒத்தது.

திரவத்தில் மாத்திரமன்று மேற்பரப்பின் மற்றைப் பக்கத்திலுள்ள ஊடகத்திலும் மேற்பரப்பிழுவிசை தங்கி இருக்கின்றது. இவ்வாறு, இரசத்துக்கும் நீருக்கும் இடையிலுள்ளவோர் இரசமேற்பரப்பின் இழுவிசையில் இருந்து வளியில் திறந்திருக்கின்ற இரச மேற்பரப்பின் இழுவிசை முற்றுய் வேற்றுமைப்படுகின்றது. பொற்றாசிய மிருகுரோமேற்று மென்கரைசலில் இரசத்தை வைத்தால், இரண்டாம் ஊடகத்தின் மிகுந்த தாக்கம் அளவு குறிப்பிடத் தக்கதாகத் துரிதமாய் இருக்கும். அப்பொழுது அந்த இரசம் தனது "இரசத்" தன்மையை இழந்து, வளியைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்போது அதற்குள்ள மந்தமான அசையுந் தன்மையிலிருந்து முற்றுய் வேறுபடுகின்ற குணத்தைக் காட்டுகின்றது.

ஆதலினால், ஒரு திரவத்தின் "மேற்பரப்பிழுவிசை" என்று நாம் சொல்லும்போதெல்லாம், அந்தத் திரவமும் வளியும் எல்லைகளாகவிருக்க அவற்றுக்கிடையில் உள்ள மேற்பரப்பின் இழுவிசையைக் குறிக்கின்றோம் என்று கொள்ளல் வேண்டும்.

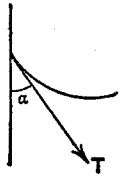
§ 2. மேற்பரப்பிழுவிசையின் விளைவுகள்

மயிர்த்துளைத் தன்மை

நுண்குழாய் ஒன்றை ஒரு திரவத்தினுல் நிரப்பி, பெரியவொரு பாத்திரத்தில் உள்ள அதே திரவத்தின் மேற்பரப்பின் கீழ் அதன் கீழ்ந்தத்தை வைத்தால், முதலாவதாகத் திரவம் குழாயினுக்கு வெளியே கீழ்நோக்கிப் பாயும். ஆனல், ஈற்றில் அந்தப் பெரும் பாத்திரத்தில் உள்ள திரவ மட்டத்துக்கு மேலே அளந்தறியக்கூடிய உயரத்தை உடையவொரு திரவ நிரல் குழாயினுள்ளே இருக்கும்.

திரவத்தினது மேற்பரப்பிழுவிசையின் விளைவாகக் குழாயினுல் இந்த இரசநிரல் தாங்கப்படுகின்றது. திரவநிரலின் உயரத்திலும், குழாயின் பரிமாணங்களிலும் இருந்து இந்த மேற்பரப்பிழுவிசையைத் துணியக்கூடும்.

குழாயின் ஆரை r ச.மீ. உம், திரவத்தின் மேற்பரப்பிழுவிசை ச.மீ. ஒன்றுக்கு T தைனும் என்போம். திரவமேற்பரப்புங் குழாயுஞ் சந்திக்கின்ற கோட்டில், அவற்றின் தொடுகோட்டுக்குச் செங்கோணமாக, அதன் சதமமீற்றர் ஒவ்வொன்றிலும் T தைன் விசை உளுற்றப்படுகின்றது.



உரு. 105.
மேற்பரப்பிழுவிசை காரணமான விசை

குழாயின் சுவரில் திரவமேற்பரப்பு உளுற்றுகின்ற இந்த விசையானது தொடுகோட்டுக்குச் செங்கோணமாகத் திரவ மேற்பரப்பில் தாக்குகின்றது. எனவே, குழாயின் பக்கத்துடன கோணம் α இல் இந்தக் கோட்டிலுள்ள திரவமேற்பரப்பின் தொடுகோடு இருக்கின்றதென்னில் (105 ஆம் உருவம்), நிலைக்குத்துக் கோட்டொடு α கோணத்தில் தாக்குகின்ற ஒரு விசை உண்டு. அதன் பருமன் ச.மீ. ஒன்றுக்கு T தைன் ஆகும்.

நிலைக்குத்துக் கோட்டொடு கோணம் α இல் தாக்குகின்ற இந்த விசை எல்லாப் புள்ளிகளிலுந் தாக்குகின்றது. நிலைக்குத்துக் கூறுகவுங் கிடைக் கூறுகவும் அதனைப் பிரிக்கலாம். புள்ளி எதுவாயினும் அதனிற் கிடைக் கூற்றைக் குழாயின் சுவரிலுள்ள மூலக் கூற்று விசைகள் சமமாக்குகின்றனவாதலின், நிலைக்குத்துக் கூற்றொடு மாத்திரம் எங்களுக்குப் பாத்தியம் உண்டு. இவ்வாறு, தொடு கோட்டுக்குக் குறுக்கே குழாயின் மீது திரவம் உளுற்றுகின்ற மொத்த நிலைக்குத்து விசை $2\pi r T$ கோசை α ஆகவிருக்கும். இந்த விசையைக் குழாயின்மீது திரவங்கீழ்நோக்கி உளுற்றுகின்றது.

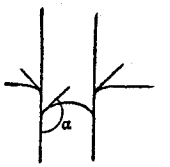
ஆதலினுல், தாக்கமும் எதிர்த்தாக்கமும் ஒன்றுக் கொன்று சமமாகவும் எதிராகவும் இருத்தலினுல், திரவத்தின்மீது குழாய் உளுற்றுகின்ற அதே கணியத்தை உடைய மேனோக்கிய ஒரு விசை இருக்க, $2\pi r$ நீளமுடைய

தொடுகோட்டுக்குக் குறுக்கே திரவத்தின்மீது விசைகளைக் குழாய் உளுற்றுகின்றது. இவ்வாறு, **திரவத்தின்மீது குழாய் உளுற்றுகின்ற மேனோக்கிய மொத்த விசை**

$2\pi r T$ கோசை α தைன் ஆகும்.

புறத்தேயுள்ள மட்டத்துக்கு மேலே உயர்த்தப்பட்ட திரவநிரலை இந்த விசை தாங்குகின்றது. ஆகவே, அந்தத் திரவநிரலின் நிறையை நாம் காணமுடியுமாயின், மேற்கூறிய விசைக்கு அந்த நிறை சமமாக இருத்தல் வேண்டும்.

உயர்த்தப்பட்ட இரசநிரலின் நிறை.—பிறையுருவின் அடி மட்டும் உருளை வடிவினதாக நிரல் இருக்கும். அதற்கு மேலே, ஆரை r ஆகவுள்ளவோர் அரைக் கோளத்துக்கும் அதனைச் சுற்றியிருக்கின்ற உருளைக்கும் உள்ள வித்தியாசத்துக்கு அண்ணளவாக நிரலின் கனவளவு சமமாக இருக்கும்.



உரு. 106.
இரச மேற்பரப்பிழுவிசையின் விளைவுகள்

புறத்தேயுள்ள கட்டில்லா மேற்பரப்பிலிருந்து பிறையுருவின் அடி இருக்கின்ற உயரம் h ஆயின்,

உயர்த்தப்பட்ட நிரலின் கனவளவு $= \pi r^2 h + \frac{1}{3}\pi r^3 = \pi r^2 (h + \frac{1}{3} r)$.

$h + \frac{1}{3} r$ ஐ h' என்போம்.

திரவத்தின் அடர்த்தி ρ ஆயின், உயர்த்தப்பட்ட நிரலின் **நிறை** $\pi r^2 h' \rho$ கிராமும், அதன் **நிறை** $\pi r^2 h' \rho g$ தைனும் ஆகவிருக்கும்.

இவ்வாறு $2\pi r T$ கோசை $\alpha = \pi r^2 h' \rho g$,

எனவே, $$T = \frac{h' r \rho g}{2 \text{ கோசை } \alpha}.$$

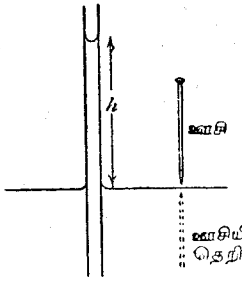
மேற்பரப்பை நனைக்கின்ற எல்லாத் திரவங்களுக்கும் $\alpha = 0$ ஆதலின், கோசை $\alpha = 1$. எனவே, இந்த உதாரணத்தில்,

$$T = \frac{h' r \rho g}{2}.$$

இதற்குத் தலைமையான விலக்கு இரசமாகும். அதற்கு, $90°$ இலும் α மேற்படுகின்றது. எனவே, கோசை α ∝ எதிரானதாகும். இவ்வாறு, இரசத்தைப் பொறுத்தமட்டில், கோசை α இன் பெறுமானம் எதிரானதாதலின், h உம் எதிரானது.

பரிசோதனை 77. மயிர்த்துளைக் குழாயினுள்ளே நீர் எழுகின்ற உயரத்தைக் கொண்டு அதன் மேற்பரப்பிழுவிசையைத் துணிதல். — முதற்

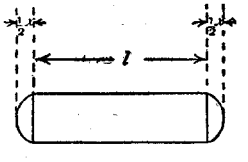
கண் எரிசோடாவினாலும், பின்பு நைத்திரிக்கமிலத்தினாலும்[1] மயிர்த்துளைக் குழாயொன்றைக் கழுவிச் சுத்தப்படுத்துக. நைத்திரிக்கமிலத்தை நன்றாக நீரினாற் கழுவி நீக்குதல் வேண்டும். நிலைக் குத்தான பக்கங்களை உடைய நீர் கொண்ட வொரு **மெல்லிய** கண்ணாடி முகவையினுள்ளே குழாயை வைத்து, நீரினால் நிரம்புமாறு அதைத் தாழ்த்தி, பின்பு அதனுள்ளே நீர் நிரலொன்று தாங்கப்பட்டிருக்குமளவும் அதை உயர்த்துக. நீரை ஒருபோதும் **உறிஞ்சி** மேலிழுக்கக்கூடாது. காய்ச்சி வடித்த நீரினுஞ் சாதாரண குழாய் நீரை உபயோகித்தல் நன்று. எனெனில் நெய்ப் படலமொன்றினால் முன்னதன் மேற்பரப்பு மாசடைந்திருக்கக்கூடும்.



உரு. 107. ஒரு மயிர்த்துளைக் குழாயினுள்ளே திரவம் எழுதல்

நிரலின் உயரத்தை அளத்தல்..—பிரிகருவியொன்று கொண்டு நேராக இதனை அளக்கலாம். இவ்வாறு அளத்தற்கு முகவையில் இருக்கின்ற திரவமட்டத்தில் ஒரு முனை சரியாக இருக்குமாறும், மற்றையது குழாயினுள்ளிருக்கின்ற பிறையுருவின் மட்டத்தில் இருக்குமாறும் பிரிகருவியைச் செப்பஞ் செய்தல் வேண்டும்.

என்றாலும், அதிகமாகச் சிற்றுயரமானி நுணுக்குக்காட்டி உபயோகிக்கப் படும். முதற்கண் பிறையுருவிலும், பின்பு நீரைத் தொட்டதுந் தொடாததுமாக இருக்கின்ற ஊசியின் முனையிலும் நுணுக்குக்காட்டியைக் குவியச் செய்க. அப்படிச் செய்யும்போது, ஊசியின் விம்பமும் அதன் தெறிப்பு விம்பமும், நுணுக்குக் காட்டியினூடு பார்க்க, அதன் குறுக்கு மயிர் இரண்டுக்குஞ் சரிநடுவில் இருக்குமாறு நுணுக்குக் காட்டியைச் செப்பஞ் செய்தல் வேண்டும். இந்த நிலைகள் இரண்டுக்கும் இடையில் நுணுக்குக் காட்டியை உயர்த்த வேண்டிய நிலைக்குத்துத் தூரத்தை நுணுக்குக்காட்டியின் சிற்றுயரமானித் தம்பத்தில் அளத்தல் வேண்டும். இவ்வாறு மிக்க திருத்தமாக h ஐப் பெறலாம்.



உரு. 108. இரசவிழை

குழாயின் துளையை அளத்தல்.—குழாயை உலர்த்தி இரசவிழையொன்றை அதனுள்ளே இழுத்தெடுத்து குழாயினுள்ளிருக்கின்ற இழையின் நீளத்தை அளந்து, அதன் துளையின் அளவைக் காணலாம். முன்னர்

1. குழாயினுள்ளே இருக்கக் கூடிய நெய்யை நீக்குதற்கு எரிசோடா உபயோகிக்கப்படும். அமிலத்தை நீரினாற் கழுவி இலகுவாக நீக்கலாமாதலின் அமிலத்துக்குமுன் எரிசோடா உபயோகிக்கப்படும். பழம் மயிர்த்துளைக் குழாயைச் சுத்தப்படுத்துதலைத் தவிர்ப்பதற்கு, சுத்தமானவொரு கண்ணாடிக் குழாயை எடுத்து அதற்கு ஊது குழாயொன்று கொண்டு வெப்பமேற்றி மயிர்த்துளைக் குழாய்களை இழுத்தெடுக்கலாம்.

நிறுக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடிச் சிறு தகழியொன்றினுள்ளே இந்த இழையை ஒடவிட்டு அதன் திணிவு துணியப்படும். இரசத்தின் அடர்த்தியை அறிந்தவொன்றாக எடுத்துக்கொண்டால், இந்தத் திணிவிலிருந்து குழாயின் ஆரையைக் கணித்தறியலாம்.

இரசவிழையின் திணிவு $= \pi r^2 l' \rho'$. இங்கே, ρ' இரசத்தின் அடர்த்தியாகவும் l' இழையின் நீளமாகவும் இருக்கின்றன.

இரசவிழையின் நீளத்தை அளக்குமிடத்து, இரசநிரலின் அந்தங்கள், தட்டையானவையல்லாது, வளைவானவையென்று காணலாம். இரசவிழையின் **உருளை வடிவப்** பகுதியின் நீளம் l ஐயும், இழையின் **மொத்த** நீளம் $l+x$ ஐயும் அளக்க. வளைந்திருக்கின்ற அந்தங்கள் **இரண்டினதும்** நீளங்கள் சேர்ந்த நீளம் x ஐக் கழித்துக் காண்க. அப்பொழுது, இரசவிழையின் கனவளவை $\pi r^2 l + \frac{2}{3}\pi r^2 x$, அதாவது $\pi r^2 [\, l + \frac{2}{3} x \,]$, ஆக எடுத்துக்கொள்ளலாம். இந்த அந்தங்கள் சிற்றச்சரைக்கோள உருவுடையனவென்று (தோடைக்கனிபோற் சிறுனச்சுடையனவென்று) கொண்டால், அவற்றின் கனவளவைப் பெறலாம்.

226ஆம் பக்கத்தில் உள்ள சூத்திரத்தில் l' குறிக்கின்ற கணியத்தின் இடத்தைக் கணியம் $[\, l + \frac{2}{3} x \,]$ எடுக்கும்.

இழையை வெவ்வேறான இடங்களில் வைத்தளந்து துளை ஒரே அளவுடையதா அல்லதாவென்று குழாயைச் சோதித்தறியக்கூடும். பரிசோதனையின் எஞ்சிய பகுதியை நடத்துமுன்னர் இந்தப் பகுதியை நடத்துதல் வேண்டும். துளையில் பெரிதும் சமமின்மை இருக்கக்கண்டால், அந்தக் குழாயை நீக்குதல் வேண்டும்.

பிறையுரு இருந்த இடத்திற் குழாயை வெட்டி, நுணுக்குக் காட்டி ஒன்று கொண்டு வெட்டுமுகத்தைப் பார்க்கத் தக்கதாக ஒரு தம்பத்தில் அதை ஏற்றுதல் இன்னொரு முறையாகும். நுணுக்குக் காட்டியிற் கண்ட துளையின் விம்பப் பருமனைப் பார்வைத் துண்டின் குவியற்றளத்தில் நுண்மானி அளவுகோலின்மீது அளந்தறியலாம். நியம அளவுகோலொன்றைப் பார்த்து, அதனிலுள்ள மில்லிமீற்றரை ஒத்த நுண்மானிப் பிரிப்புக்களின் தொகையைக் கண்டு, நுண்மானிக்கு அளவுகோடு திருத்தப்படும். அளவுகோலை நுணுக்குக்காட்டியினூடு பார்க்கும்பொழுது, குழாயின் வெட்டுமுகத்தைப் பார்க்கும்போது செப்பஞ் செய்யப்பட்ட நிலையில் நுணுக்குக் காட்டி இருத்தல் வேண்டும் (32ஆம் பக்கம்.)

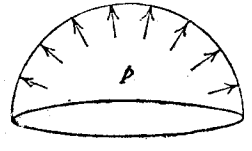
இரசவிழையைப் பயன்படுத்தும் முறையளவுக்கு இந்த முறை திருத்தமானதன்றாக இருக்கலாமெனினும், ஆரம்பப் பரிசோதனைச் சாலைகளுக்கு முன்னதனிலும் அது ஏற்றது. முன்னதாகச் சுத்தப்படுத்தப்பட்ட கண்ணாடிக் குழாயொன்றிலிருந்து மயிர்த்துளையை இழுத்தெடுத்துப் பழகுதல் நன்று. வெவ்வேறு திசைகளில் வெவ்வேறு விட்டங்களை உடைய மயிர்த்துளைக் குழாய்களை நீக்குதல் வேண்டும்.

வெவ்வேறான துளைகளையுடைய நாலு குழாய்களோடு பரிசோதனையைச் செய்து, r இற்கு h நேர்மாறு விகிதசமம் என்று காட்டுக.

நீர் ஒழிந்த வேறெந்தத் திரவத்தை உபயோகித்தாலும், அதன் அடர்த்தியைத் துணிந்த பின்புதான் T ஐக் கணிக்கக்கூடும்.

வளைவான மேற்பரப்புக்களினால் உண்டாகும் அமுக்கம்

சவர்க்காரக் குமிழியினுள்ளிருக்கின்ற அமுக்கம்.—சவர்க்காரக் குமிழியொன்றினுள்ளே இருக்கின்ற அமுக்கமானது, வளிமண்டல அமுக்கத்திலும், ஒரு சிறு கணியம் p அளவுக்குப் பெரிதானது. இந்தக் குமிழி கோள வடிவமானதென்றும், ஆரை r ஐ உடையதென்றும் எடுத்துக்கொள்வோம். மேற்பாதிக் கோளத்தின் சமநிலையை ஆராயுமிடத்து, அதனை இந்த மேலதிகமான அமுக்கந் தாக்கி, கோளத்தின்மீது மேனோக்கிய ஒரு விளைவு விசை $p\pi r^2$ ஐ உருற்றுகின்றதென்று விளங்கக்கிடக்கின்றது. இந்த விசைக்கு மேற்பாதிக் கோளத்தையும் கீழ்ப்பாதிக் கோளத்தையும் வெடித்துப் பிரியச் செய்யும் இயல்பு உண்டு.



உரு. 109.
சவர்க்காரக் குமிழி ஒன்றினுள்ளே இருக்கும் அமுக்கம்

தொடுகோட்டைச் சுற்றியுள்ள படலத்தின் மேற்பரப்புக்கள் இரண்டையுந் தாக்குகின்ற மேற்பரப்பிழுவிசைகளினாற் பாதிக்கோளங்கள் இரண்டும் ஒன்றுகூடியிருக்கச் செய்யப்படுகின்றன. பிளக்கும் இயல்பையுடைய விளைவு விசை $p\pi r^2$ ஐ இந்த விசைகளின் விளைவு சரியாக நடுநிலைப்படுத்துமளவும் குமிழி விரிகின்றது.

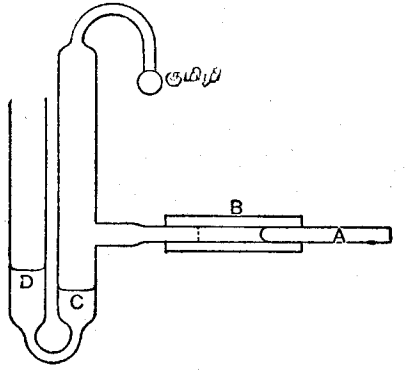
ஒவ்வொரு மேற்பரப்பினுமுள்ள பாதிக் கோளங்களுக்கிடையில் உள்ள தொடுகோட்டின் நீளம் $2\pi r$ ஆகும். ஆகவே, படலத்துக்கு மேற்பரப்புக்கள் இரண்டுண்டாதலின், பாதிக் கோளங்களை ஒன்று கூட்டி வைத்திருக்கின்ற மொத்த மேற்பரப்பிழுவிசை $2(2\pi rT)$ ஆகும்.

இவ்வாறு $$4\pi rT = p\pi r^2,$$

அல்லது $$T = \frac{pr}{4}.$$

பரிசோதனை 78. சவர்க்காரக் குமிழியிலுள்ள அமுக்கத்தைக் கொண்டு சவர்க்காரக் கரைசலின் மேற்பரப்பிழுவிசையைத் துணிதல்.— 110 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பது போல, ஆய்கருவியின் பக்கத்தில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்ற இரப்பர்க் குழாய் B இன் உள்ளே கண்ணாடிக் கோல் A ஐ மெல்லவாகத் தள்ளி, அந்த ஆய்கருவியின் அந்தத்திற் சிறியவொரு குமிழியை உண்டாக்குக.

நிலைக்குத்தளவு கோலுங் கிடையளவு கோலும் உள்ளவோர் இயங்கு நுணுக்குக்காட்டி கொண்டு குமிழி விம்பத்தின் ஒரு பக்கத்தில் முதலும், பின்பு மற்றைப் பக்கத்திலுந் தொடுகோட்டு நிலையிற் செப்பஞ் செய்யப்



உரு. 110. குமிழியிலுள்ள அமுக்கத்துக்கு ஆய்கருவி

பட்ட அந்த நுணுக்குக் காட்டியின் நிலைக்குத்துக் குறுக்கு மயிரைப் பயன்படுத்தி. கிடையானவொரு விட்டத்துக்குக் குறுக்கே குமிழியின் பரிமாணத்தை அளக்க.

சிற்றுயரமானியின் நிலைக்குத்தளவுகோல் கொண்டு குழாய்கள் C இலும் D இலும் உள்ள நீர்மட்டங்களுக் கிடையேயுள்ள உயர வித்தியாசம் h ஐ அளக்க.

அப்பொழுது, குமிழியினுள்ளே வளிமண்டலத்துக்கு மேற்பட்டதாகவிருக்கின்ற அமுக்க மிகுதி p ஐ

p = சது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு $h\rho g$ தைன்

தருகின்றது. இங்கே, U-குழாயின் வளைவிலுள்ள நீரின் அடர்த்தி ρ ஆகவும், முன்பு அளந்தறிந்த விட்டத்திலிருந்து கண்ட குமிழியினுரை (ச.மீ. இல்) r ஆகவும் இருக்கின்றன.

சமன்பாடு $$T = \frac{pr}{4}$$

இலிருந்து, மேற்பரப்பிழுவிசையின் பெறுமானம் ச.மீ. ஒன்றுக்கு எத்தனை தைன் என்று கணித்தறிக.

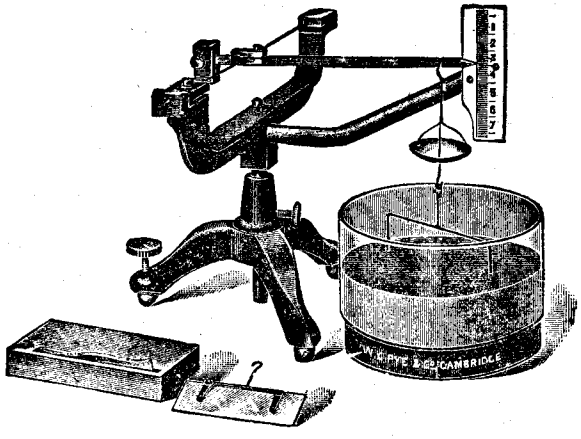
வெவ்வேறான இரண்டல்லது மூன்று குமிழிகளை உபயோகித்து, நோக்கற் பேறுகளைப் பெறுக.

சவர்க்காரக் கரைசல்.—சவர்க்காரக் குமிழிகளும் அவற்றை உருவாக்கும் விசைகளும் என்னுந் தனது நூலில் சேர் சாளசு போயசு (Sir Charles Boys) என்பவர் தந்திருக்கின்ற குறிப்புக்களை, சவர்க்காரக் கரைசலை ஆயத்தம்

பண்ணும் பின்வரும் முறை ஆதாரமாகக் கொண்டுளது. காய்ச்சி வடித்த நீர் அல்லது கிடைக்கக்கூடிய மென்மைமிக்க நீர் கொண்டு சிறந்த அடைப்பை உடையவொரு சுத்தமான போத்தலை முக்காற் பங்குக்கு நிரப்புக. ஒவ்வொரு இலீற்றர் நீருக்கும் 25 கிராம் சோடியம் ஒலியேற்றை(பிளாற் றேவை)க் கூட்டி, ஒரு நாளுக்கு அப்படியே அதை வைத்தால், சவர்க்காரங் கரைந்துபோம். பின்பு, ஒவ்வோர் இலீற்றருக்கும் 300 கன ச.மீ. கிளிசரீனைக் கூட்டி, நன்கு குலுக்கி, இருளானவோர் இடத்தில் ஒரு வாரத்துக்கு வைக்க. மேலே வந்து திரண்டு கிடக்கின்ற ஆடையை அப்படியே இருக்கவிட்டு, ஒரு நீரிறக்கி கொண்டு சுத்த திரவத்தை இழுத்தெடுக்க. இரண்டல்லது மூன்று திரவ அமோனியாத் துளிகளை விட்டு, கரைசலை அடைப்புப் போத்தலினுள்ளே வார்த்து இருளானவோர் இடத்திற் பத்திரமாக வைக்க. திரவத்தை ஆயத்தஞ் செய்யும்போது, அதற்கு வெப்பம் ஏற்றுதலும் அதனை வடித்தலுஞ் செய்தல் ஆகாது. உபயோகித்த திரவத்தை முதற்றிரவத்தோடு மீட்டும் ஒருபோதுஞ் சேர்த்தலும் ஆகாது.

தராசு கொண்டு மேற்பரப்பிழுவிசையை அளத்தல்

உணர்தராசொன்று கொண்டு நேராக அளக்கத்தக்கதாக மேற்பரப் பிழுவிசை பெரிதாக இருக்கின்றது. 144 ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப்பட்டிருப்பது போல, நீண்ட சுருளி வில்லினாலானவொரு தராசை இதற்குப்



உரு. 110A. சேளின் முறுக்கற்றராசு

படன்படுத்தலாம். சில வேளைகளிற் சாதாரணமான புவியீர்ப்புத் தராசை உபயோகிப்பர். 65 ஆம் உருவங் காட்டுவது போன்றவொரு வடிவத்திலுள்ள நீர்நிலையியற்றராசு வசதியானது. கேம்பிரிச்சைச் சேர்ந்த

இடக்ரர் சேள் (Dr. Searle) என்பவர் அமைத்த எளிதான முறுக்கற்றராசு சில நயங்களை உடையது. 110A ஆம் உருவங்காட்டுகின்ற ஆய்கருவியில் முறுக்கற்கம்பி கிடையாகக் கிடக்க, கருவியின் சட்டப்படலொடு செப்பஞ்செய்யக்கூடிய பிடிகருவிகள் கொண்டு அதன் அந்தங்கள் இரண்டும் நிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றன. இந்தக் கம்பியின் மையத்தில் இலேசானவோர் உலோக வளை இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இந்த வளையின் அந்தமொன்று அளவு கோடிடப்பட்டவோர் அளவுகோலுக்கு மேலாக இயங்குமொரு காட்டியாகத் தொழிற்படும். நிலையை மாற்றிச் செப்பஞ் செய்யக்கூடியவோர் ஈடுசெய்யும் பாரத்தை வளையினது குறுகிய மற்றையந்தந் தாங்குகின்றது. நீண்ட புயத்தின் அந்தத்துக்கு அருகிலுள்ள நிலைத்தவொரு புள்ளியிலிருந்து சிறியவொரு தராசுத் தட்டைத் தொங்கவிடக்கூடும். சில பரிசோதனைகளில், இந்தத் தட்டில் நிறைகளை வைத்து அளவுகோலின் அளவுகோட்டைத் திருத்துதல் வசதியாக இருக்கும். நிலைக்குத்தானவொரு வழுக்குங்கோலினால் முறுக்கற் கம்பியைத் தாங்குகின்ற சட்டத்தின் உயரத்தைச் செப்பஞ் செய்யலாம். அடியின் மூலையொன்றிலுள்ள மட்டமாக்குந் திருகாணியைக் கொண்டு நுண்மையாகச் செப்பஞ் செய்யக்கூடும்.

பரிசோதனை 78A. சவர்க்காரப் படலமொன்றின் மேற்பரப்பிழுவிசை.— தராசுத் தட்டிலிருந்து, தூரம் l ச.மீ. இணைப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்ற நிலைக்குத்தான பக்கங்களை உடையவொரு கம்பிச் சட்டந் தொங்க விடப்பட்டிருக்கின்றது. சட்டத்தின் எஞ்சிய பாகத்தினது திட்டமான வடிவம் பேற்றைத் தாக்காது. ஆனால், சமாந்தரமான இரண்டு பக்கங்களும் நிலைக்குத்தான தளத்தில் நிச்சயமாகத் தொங்குமாறு முழுச் செவ்வக வடிவமானவொரு சட்டத்தை உபயோகித்தல் வசதியாக இருக்கும். முகவையொன்றிலுள்ள சவர்க்காரக் கரைசலினுள்ளே முழுப் படலையும் இறக்கி, அல்லது மேலிருக்குங் கம்பி அமிழுமளவும் முகவையை உயர்த்தி, இந்தப் படலத்தின்மீது சவர்க்காரப் படலமொன்றை உண்டாக்கலாம். ஒரு சில செக்கன்களுக்கு அந்தப் படலத்தை வடியவிட்டு, சவர்க்காரப் படலம் இருக்கும்போதே, ஈடுசெய்யும் பாரத்தின் பெறுமானங் காணப்படும். பின்பு, படலத்தை உடைத்து ஈடு செய்யும் பாரத்தின் புதுப் பெறுமானங் காணப்படும். ஈடுசெய்யும் பாரத்தின் இரண்டு பெறுமானங்களுக்குமுள்ள வித்தியாசம் m கி. ஆயின், மேற்பரப் பிழுவிசையின் அளவை mg தைன் குறிக்கும். சவர்க்காரப் படலத்துக்குப் பக்கங்கள் இரண்டுள்ளனவாதலின், படலத்துக்குந் திரவத்துக்கும் உள்ள தொடுகை மேற்பரப்பின் நீளம் $2l$ ச.மீ. என்று நாம் எடுத்துக்கொள்ளலாம். ஆகவே, மேற்பரப்பிழுவிசையை,

$$2lT = mg \text{ தைன்}$$

என்னும் சமன்பாடு தருகின்றது. ச.மீ. ஒன்றுக்கு எத்தனை தைன் என்று மேற்பரப்பிழுவிசையைக் கணித்தறிக.

நீரைப் போன்றவொரு தெளிந்த திரவத்தின் மேற்பரப்பிழுவிசையைக் கணின் சுத்தமானவொரு கண்ணுடித் தட்டை (நுணுக்குக் காட்டி வழுக்கியை)க் கவ்வியொன்று கொண்டு நிலைப்படுத்தித் தராசுப் புயமொன்றிற் தொங்க வைத்து, அளக்கலாம். திரவத்தின் மேற்பரப்பை இந்தத் தட்டினது கீழ்க் கிடையோரம் தொட்டுந் தொடாதிருக்கும்போது அதன்மீதுள்ள ஒழுப்பை அளப்பதே நோக்கமாகும். (முகவையையும் கண்ணுடித்தட்டையும் முதலில் எரிபொற்றுசுக் கரைசலிலும, பின்பு தூய நீரிலுங் கவனமாகச் சுத்தப்படுத்த வேண்டும்). சவர்க்காரப் படலத்தோடு செய்த அளத்தலிலும் இது கடினமானது. எனெனில், திரவமட்டத்துக்குக் கொஞ்சங் கீழே தட்டினோரம் இருக்கும்போதுள்ள மேலுதைப்பின் பெறுமானம் இனனதெனபது ஐயுறவுக்கிடம னது.

பரிசோதனை 78B. புவியீர்ப்புத் தராசு கொண்டு நீரின் மேற்பரப்பிழுவிசையைத் துணிதல்.—சுத்தமானவொரு கண்ணுடித் தட்டை, அதன் தளம் நிலைக்குத்தாகவும் கீழோரங் கிடையாகவும் இருக்குமாறு, தரப்பட்ட தராசின் புயமொன்றிலிருந்து தொங்கவிடுக. சமநிலை உண்டாகுமாறு, தராசின் மற்றைத் தட்டில் நிறைகளை வைக்க. சுத்தமான நீர்கொண்டவொரு முகவையை, அந்த நீரின் மேற்பரப்பும் கண்ணுடியின் கீழந்தமும் மட்டுமட்டாக முட்டுமளவும், தட்டின்கீழ்ப் படிப்படியாகக் கொண்டுவரப்படுகின்றது. திருகாணியியக்கத்தினால் மெல்லவாக உயர்த்தப்படக்கூடிய வொரு மேசையின்மீது வைத்து முகவையை உயர்த்துதல் வசதியான வொரு வழியாகும். நீர்மேற்பரப்பைத் தட்டினோந் தொடும்போது, தராசின் காட்டி பாயக் காணலாம். இதற்குக் காரணங் கீழேக்கி இழுக்கின்ற மேற்பரப்பிழுவிசையேயாகும். நீருக்குங் கண்ணுடிக்கும் உள்ள தொடுகை அற்றுப்போமளவும், இ ண்டாந் தராசுத் தட்டில் மேலதிகமான திணிவுகள் இப்பொழுது வைக்கப்படும். திரவத்தின் மேலுதைப்புக்கென்று திருத்தஞ் செய்யவேண்டியதில்லையென்றெடுத்துக்கொண்டு, மேதிகமான திணிவு m இன் நிறையாகிய mg தைன் மேற்பரப்பிழுவிசைக்குச் சமமெனலாம். தட்டின் நீளம் l உம் அகலம் t உம் எனில், நீளம் $2(l+t)$ ச.மீ. இற்கு இந்த விசை தாக்குகின்றது. மேற்பரப்பிழுவிசை T ஆயின்,

$$2(l+t)\mathrm{T} = mg \text{ தைன்}$$

என்று காணக்கிடக்கின்றது. இந்தச் சமன்பாட்டிலிருந்து T ஐ ச.மீ. ஒன்றுக்கு எத்தனை தைன் என்று காணலாம்.

ஒரு சட்டத்திற பல கண்ணுடித் தட்டுக்களை, ஒன்றை யொன்று முட்டாதிருக்குமாறு, ஏற்றி, அளக்க வேண்டிய இழுவிசையைக் கூட்டலாம்.

பரிசோதனை 78C. சேளின் முறுக்கற்றராசு கொண்டு நீரின் மேற்பரப்பிழுவிசையைத் துணிதல்.—முந்திய பரிசோதனையில் விவரிக்கப்பட்ட நடத்தன் முறையை ஓரளவுக்கு இந்த முறை ஒத்தது. எனினும், நீரின் மேற்பரப்பிருக்கும் மட்டத்திற் சரியாகவும், அதைத் தொட்டுக்கொண்டுந் தட்டின் கீழோரம் இருக்கும்போது முதற்கண் தராசின் சமநிலையிடத்தைக்

காண்பது வசதியாகவிருக்கும். அளவுகோலின்மீது காட்டியைக் கொண்டு வருதற்கு ஈடுசெய்யும் பாரத்தின் நிலையை மாற்றவேண்டியிருக்கலாம். ஈற்றில் செப்பஞ் செய்தற்கு அடியிலுள்ள மட்டஞ்செய்யுந் திருகாணியை உபயோகிக்க வேண்டியிருக்கலாம்.

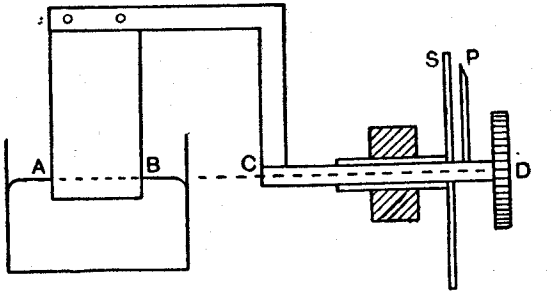
பின்பு, நீர்கொண்ட முகவையை நீக்கிவிட்டு, தட்டை உலரவிடல் வேண்டும், அல்லது வடிதாள் கொண்டு மிக்க அவதானமாக உலர்த்தல் வேண்டும். உலர்த்தியபின்னர் முன்காட்டிய அளவீட்டையே இங்குங் காட்டி காட்டுமாறு, தராசுத் தட்டில் திணிவுகள் வைக்கப்படும். தராசுத் தட்டில் வைத்த திணிவு m கி. ஆயின், மேற்பரப்பிழுவிசை T ஐ ச.மீ. ஒன்றுக்கு

$$\mathrm{T} = \frac{mg}{2(l+t)} \text{ தைன்}$$

என்னுஞ் சமன்பாட்டிலிருந்து காணலாம். இங்கே, தட்டின் நீளத்தை l ச.மீ. உம் அகலத்தை t ச.மீ. உம் குறிக்கின்றன.

கண்ணுடிக்கும் இரசத்துக்கும் இடையிலுள்ள தொடுகோணம்

கண்ணுடியைத் திரவவிரசந் தொட்டுக்கொணடிருக்கும் போது, மேற்பரப்புக்கள் இரண்டினுமுள்ள தொடுகோடுகளுக்கு இடையில் திட்டமானவொரு கோணம் உண்டு. சுத்தமான மேற்பரப்புக்களுக்கு இந்தக் கோணம்



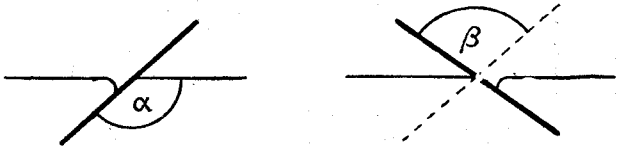
உரு. 110B. தொடுகோணத்தைத் துணிதல்

பெரிதாக இருக்கும் (அண்ணளவாக 135°). எனவே, ஒடுக்கமான குழாயினுள்ளே இரசமேற்பரப்பு இறங்கும் (106 ஆம் உருவம்). புதிதாக உண்டான பொதுமுகத்துக்கு, தொடுகோணம் α ஆனது 135° இலும் பெரிதாக இருக்கவுங்கூடும். மேற்பரப்புக்களை ஆயத்தஞ்செய்த நேரந் தொடங்கிக் காலம் போகப்போகக் குறைந்துகொண்டு போகும் இயல்பு அதற்குண்டு. முற்றுய் உலர்ந்ததும் பூரண சுத்த முடையதுமான கண்ணுடிமேற்பரப்பைக் காண்பது அரிது. முதலிற் பொற்றுசுக் கரைசலினாலும் பின்பு சுத்தமான நீரினாலுங்

கழுவி, முடிவில் ஈரமுலர்த்தி ஒன்றினுள்ளே வைத்து, அதை உலர்த்துதல் மிகவும் எளிதான முறையாகும். சுத்தமான திரவவழங்கலின் **உள்ளிருந்து** இரசத்தை எடுத்தல்வேண்டும். எடுத்து, பரிசோதனைச் சாலையிலுள்ள வளி மண்டலத்தில் வெளியாகக்கிடக்க மேற்பரப்பு மாற்றமடைகின்றதாதலின், எவ் வளவு விரைவாக முதலாம் நோக்கற்பேற்றைப் பெறலாமோ அவ்வளவு விரைவாக அதைப் பெறுதல் வேண்டும். கோணம் α ஐத் துணிதற்கோர் எளிதான முறையின் விவரங்களைச் சென் அன்டிரூசுப் பௌதிகவியற் பரிசோதனைச்சாலையில் வேலைசெய்வோர் கண்டுபிடித்திருக்கின்றனர்.

பரிசோதனை 78D. தொடுகோணத்தைத் துணிதல்.—ஏறக்குறைய **4** ச.மீ. விட்டம் உள்ளவொரு சுத்தமான சிறு கிண்ணத்தில் ஏறக்குறைய **300** கி. சுத்தமான இரசத்தை வைக்க. உலர்ந்த சுத்தமான நுணுக்குக் காட்டி வழுக்கியொன்றின் கீழ்நுதம் இரசத்தினுள்ளே தோயுமாறு அதற்கென் றுள்ளவொரு பிடிகருவியினால் அதன் மேலந்தத்தை நிலைப்படுத்துக. புள்ளிக் கோட்டினூற் காட்டப்பட்டுள்ள **சுழலுமச்சானது இரசமேற்பரப்புக் கூடாகச் செல்லுமாறு** செப்பஞ் செய்யப்பெற்ற கிடையச்சைப் பற்றி அந்தத் தட்டைச் சுழற்றத்தக்கதாக, ஆய்கருவியோடு அந்தப் பிடிகருவி இணைக்கப் பட்டிருக்கும் (110 B ஆம் உருவம்). இந்த ஒழுங்கினால், தட்டின் சாய்வை மாற்ற, இரசமேற்பரப்பைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கின்ற தட்டின் பாகம் நிலையானதாக இருக்கும். தட்டின் நீண்ட ஓரத்தின் சுழற்சிக் கோணத்தை வட்டவடிவ அளவுகோல் **S** இன் மீது இயங்குகின்றவொருகாட்டி **P** கொண்டு அளக்கக்கூடும்.

110 C ஆம் உருவத்தின் இடப்பக்கத்திலுள்ளது போன்ற தட்டினது பக்கமொன்றின்மீது இரசமேற்பரப்புக் கிடையாகக் கிடைக்குமளவும், தட்டுச் சுழற்றப்படும். அப்பொழுது காணவேண்டிய தொடுகோணம் α ஆகும்.

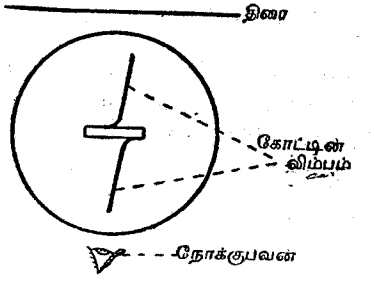


உரு. 110 C. தொடுகோணம்

α ஐத் திருத்தமாக அளக்கமுடியாதாதலின், விளக்கப்படத்தின் வலப்பக் கத்தில் காட்டியிருப்பது போல, மற்றைப் பக்கத்தில் இரசங்கிடையாகக் கிடக்கு மளவும் கோணம் β இற்கு ஊடாகத் தட்டுச் சுழற்றப்படும். அப்பொழுது, $\alpha = 90° + \beta/2$. β ஐத் திருத்தமாகக் காணலாம். (இந்தக் கோவையை நிறுவுக).

மேற்காணும் நிலைகள் இரண்டினுந் தட்டுச் சரியாகச் செப்பஞ் செய்யப் பட்டிருப்பதைச் சோதித்தறிதற்குப் பின்வரும் முறையைப் பிரயோகிக்க

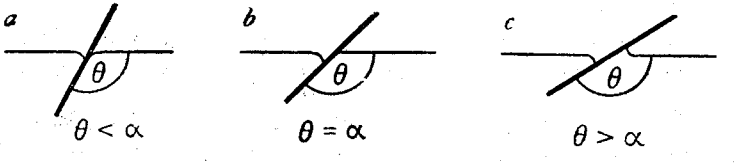
லாம். ஒளியினூற் பிரகாசமாக விளங்குகின்ற நிலைக்குத்துத் திரையொன்றில் நிலைக்குத்துக்கு ஏறக்குறைய 20° இல் சாய்ந்திருக்குமொரு நேர்கோட்டை வரைக. நோக்குவோன் தனது நிலையை மாற்றாது இந்தக்கோட்டின் விம்பத்



உரு. 110 D. மாதிரிப் படம்

தைத் திரவமேற்பரப்பிற் காணலாம். பொதுவாக, மேற்பரப்பு வளைந்துள்ள மையால் விம்பம் தட்டினை அணுகுமிடத்தில் வளைந்திருக்கும். என்றாலும், தட்டின் ஓரம்வரையும் இரசங் கிடையாகக் கிடக்கும்போது, இந்த வளைவு மறைந்து போகும்.

திரையிலிருந்து எட்டத்தே தட்டைச் சுழற்றி, தட்டின் **கிட்டிய** பக்கத்திற் கோட்டின் விம்பத்தை நோக்குக. நிலை **a** இல் விம்பம் வளைந்திருக்கும் (வலப்பக்கமாக என்போம்); நிலை **b** இல் அது நேராக இருக்கும்; நிலை **c** இல் (110 E ஆம் உருவம்) தட்டை இரசமேற்பரப்புச் சந்திக்கின்ற இடத்தி லுள்ள அதன் வளைவுமாற்றத்தினால் விம்பம் இடப்பக்கமாக வளைந்திருக் கும். நிலை **b** திருத்தமாக வருமளவும் தட்டைச் சுழற்றி, காட்டியின்



உரு. 110 E. தட்டின் நிலைகள் மூன்று

அளவீட்டைக் குறிக்க. பின்பு திரையின் பக்கமாகத் தட்டைச்சுழற்றித் (தட்டினூடாக வரைக்கும் விம்பம் மீண்டும் நேராக இருக்குமாறு செப்பஞ் செய்து) திரையின் தூரமான பக்கத்தில் விம்பத்தை நோக்குக. கோணத் தைத் துணிந்து பெறுமானத்தைக் காண்க. இரண்டல்லது மூன்று தரம் இவ்வாறு துணிந்து, சராசரிப் பெறுமானத்தை எடுத்தல் வேண்டும். காலம் போகப் போகத் தொடுகோணம் எவ்வாறு வேறுபடுகின்றதென்று காண்பது விரும்பப்படத்தக்கது.

I ஆம் பாகம்

சடப்பொருளின் இயல்புகளைப் பற்றிய மேலதிகமான அப்பியாசங்கள்

1. ஆரை 15 ச.மீ. ஆகவுள்ள ஒரு வட்டத்தின் 150° கோணங் கொண்ட வோர் ஆரைச்சிறையை வரைந்து, ஒரு பரப்புமானிகொண்டு அதன் பரப்பை அளக்க. அளந்து பெற்ற பேற்றை ஒரு தராசுகொண்டு வாய்ப்புப் பார்க்க.

2. பேரச்சு 20 ச.மீ. உம், சிற்றச்சு 10 ச.மீ. உம் ஆகவுள்ள நீள் வளையம் ஒன்றை வரைந்து, ஒரு பரப்புமானிகொண்டு அதன் பரப்பை அளக்க.

3. தரப்பட்டவொரு தட்டைக் காற்றிலும் நீரிலும் நிறுத்தும் அதன் தடிப்பை அளந்தும், அதன் பரப்பையும் அடர்த்தியையும் காண்க.

4. ஒரு மீற்றரளவுகோலும் ஒரு நீர்நிலையியற்றராசுங்கொண்டு, தரப்பட்ட வொரு கம்பியின் சராசரிக் குறுக்கு வெட்டுமுகப் பரப்பைக் காண்க.

5. ஒரு நீர்நிலையியற்றராசும் ஒரு திருகாணி நுண்மானியுங்கொண்டு, தரப் பட்டவொரு சிக்குப்பட்ட கம்பியின் நீளத்தையுந் தன்னீர்ப்பையுங் காண்க.

6. அறிந்த தன்னீர்ப்பை உடையவொரு திரவத்தில் ஒரு திண்மப் பொருளை நிறுத்து, அந்தப் பொருளின் தன்னீர்ப்பைக் காண்க.

7. தரப்பட்ட திண்மப் பொருளைக் காற்றிலும், நீரிலும், தரப்பட்ட திரவத்திலும் நிறுக்க. இவற்றிலிருந்து அந்த உலோகத்தின் தன்னீர்ப்பை யுந் திரவத்தின் தன்னீர்ப்பையும் உய்த்தறிக.

8. வெல்லத்தின் நிறை சரி 10 சதவீதமாக இருக்கின்ற வெல்லமும் நீருஞ் சேர்ந்தவொரு கரைசலை ஆக்கி, அதன் தன்னீர்ப்பைக் காண்க.

9. 100 கிராம் கரைசலில் 15 கிராம் கறியுப்பு அடங்கி இருக்கத்தக்க தாக, உப்பை நீரிற் கரைத்து ஒரு கரைசலை ஆக்கி, அதன் அடர்த்தியைக் காண்க.

10. நீரிலும் அடர்த்தியானதும் அதனோடு கலவாததுமானவொரு திர வத்தின் அடர்த்தியை, அதே அடர்த்தியுள்ளவோர் உப்புக் கரைசலை ஆக்கி, இதன் அடர்த்தியைத் துணியும் முறையாகக் காண்க.

11. தரப்பட்டவோர் அளவியினது அளவுகோட்டின் செம்மையை ஒரு தராசுகொண்டு திருத்துக.

12. ஒடுக்கமான துளையை உடையவொரு குழாயின் தீர்க்கமானவொரு நீளத்தின் உட்கனவளவைக் கண்டு, அதன் சராசரி அகவிட்டத்தைக் கணிக்க.

13. கோளமானியொன்று கொண்டு தரப்பட்டவொரு கோளத்தின் ஆரையை அளந்து, அதன் நிறையையுங் கண்டு, அதன் திரவியத்தின் அடர்த்தியை உய்த்தறிக.

14. ஒரு சாய்தளத்தில், அதற்குச் சமாந்தரமாகத் தாக்குகின்றவொரு விசையினால், ஒரு பொருள் தாங்கப்பட்டிருக்கின்றது. அந்த விசையின் பருமனுக்குந் தளத்தின் உயரத்துக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டுகின்ற வரைப்படமொன்று வரைக.

15. சாய்தளமொன்றை உபயோகித்துத் தரப்பட்ட உருளியின் திணிவைக் காண்க.

16. ஒரு மீற்றரளவுகோலை, அதன் நீளம் நெடுகேயுள்ள வேருன பல புள்ளிகளிலிருந்து தொங்கவிட்டு, அதன் குறுகிய பக்கத்தில் நிறை களைத்தூக்கி அதனைச் சமநிலைப்படுத்துக. இவற்றினின்றும் அதன் நிறையை உய்த்தறிக.

17. தரப்பட்ட மேற்பரப்புக்களுக்கு இடையிலுள்ள நிலையியலுராய்வுக் கோணத்தைக் காண்க.

18. தரப்பட்ட பொறியின் வேகவிகிதத்தையும் விசைவிகிதத்தையுங் கண்டு, அதன் வினைத்திறனை உய்த்தறிக.

19. ஒரு சட்டம் அதன் அந்தங்களில் தாங்கப்பட்டிருக்க, அதன் மையத் திற் பாரம் ஏற்றப்பட்டிருக்கின்றது. பாரத்தோடு அதன் மையவிறக்கம் எவ்வாறு வேறுபடுகின்றதென்று காட்டுமொரு வரைப்படம் வரைக.

20. ஒரு கம்பியின் அந்தத்தில் தரப்பட்டவொரு விசைச்சுழலிணையைப் பிரயோகிக்க, முறுக்கற் கோணத்துக்கும் முறுக்கப்படுங் கம்பியின் நீளத் துக்குமுள்ள தொடர்பைக்காட்டும் வரைப்படமொன்று வரைக.

21. கால்வட்டமொன்றிற் கீழ்நோக்கி ஒரு பந்தை உருளவிடுதலினால், தரப்பட்டவொரு வேகத்துடன் கிடையாக அது எறியப்படுகின்றது. கிடை வீச்சுக்கும் எறிதற் புள்ளியின் உயரத்துக்குமுள்ள தொடர்பைக் காட்டு மொரு வரைப்படம் வரைக.

22. அத்துவூட்டின் பொறியைப் பயன்படுத்தி, ஓய்வுநிலையிலிருந்து பொரு ளொன்று அசையத் தொடங்கி ஒருதன்மைத்தான வேகவளர்ச்சியுடன் அசைந்து செல்லும் நேரத்துக்கும் அவ்வாறு அசைந்து சென்ற தூரத்துக் கும் உள்ள தொடர்பைக் காண்க.

23. அத்துவூட்டின் பொறியினது நிறைகள் இரண்டுங் கப்பியுஞ் சேர்ந்த திணிவைக் காண்க. g = செக். இல் செக். இற்கு 981 ச.மீ. என்று எடுத்துக் கொள்க.

24. ஓய்வுநிலையிலிருந்து ஒரு சாய்தளம் நெடுகே கீழ்நோக்கி உருளுகின்ற வொரு பொருள் கடந்து செல்லுகின்ற தூரத்துக்கும், அதைக் கடக்க எடுக்கும் நேரத்துக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காண்க.

25. தரப்பட்ட நீளமுள்ள சாய்தளம் ஒன்று நெடுகே கீழ்நோக்கி உருளுகின் றவொரு பொருளின் வேகவளர்ச்சி அதன் அந்தங்கள் இருக்கின்ற உயரங்க ளின் வித்தியாசத்துக்கு விகிதசமம் என்று நிறுவுக.

26. சாய்தளம் ஒன்று நெடுகே கீழ்நோக்கி உருளுகின்றவொரு பொருளின் வேகவளர்ச்சி அந்தத் தளத்தின் உயரத்தோடு எவ்வாறு மாறுகின்றது என்று காட்டும் வரைப்படம் ஒன்று வரைக.

27. தனது அச்சைப்பற்றி ஓரலகு கோண வேகத்தோடு சுழலுகின்ற வொரு பொருளின் இயக்கப் பண்புச் சத்தியைக் கணிக்க.

28. தனியூசல் ஒன்றின் ஊசலாட்ட நேரத்துக்கும் அதன் நீளத்தின் வர்க்கமூலத்துக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டும் வரைப்படமொன்று வரைக. இந்த விளைவுகளிலிருந்து g இன் ஒரு பெறுமானத்தை உய்த்தறிக.

29. ச. இ. செ. அலகுகளில் $g = 981$ என்று எடுத்துக்கொண்டு, ஊச லாட்ட நேரத்தைத் துணிந்து, தரப்பட்டவொரு தனியூசலின் நீளத்தைக் காண்க. ஒரு முழு ஊசலாட்டத்தின் ஊசலாட்ட நேரம் 2 செக். ஆக இருக்குமாறு அதன் நீளத்தைச் செப்பஞ்செய்க.

30. ஒரு தனியூசலின் நீளத்தோடு அதன் ஊசலாட்ட நேரம் மாறுகின்ற விதத்தைக் காட்டுமொரு வரைப்படத்தை வரைந்து, "காற் செக்கன்" ஊசலின், அதாவது இரு புறமும் ஊசலாடுதற்கு அரைச் செக்கன் எடுக்கின்றவோர் ஊசலின் நீளத்தை உய்த்தறிக.

31. உண்மையில் 20 அங். நீளம் அல்லாதவோர் ஊசலை உபயோ கித்து, 20 அங். நீளமுள்ளவோர் ஊசலின் ஊசலாட்ட நேரத்தைக் காண்க.

32. (*a*) ஊசலாட்ட நேரத்துக்கும், (*b*) ஊசலாட்ட நேரத்தின் வர்க்கத் துக்கும் ஊசலின் நீளத்துக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டும் வரைப்படம் ஒன்று வரைந்து, புவியீர்ப்பு வேகவளர்ச்சி g இன் பெறுமானத்தை உய்த்தறிக.

33. ஏற்றப்பட்ட சமச்சீரான பாரமானது அச்சிலிருந்துள்ள தூரத்தோடு தரப்பட்டவொரு முறுக்கலூசலின் அலைவுநேரம் எவ்வாறு மாறுகின்றது என்பதைக் காட்டுமொரு வரைப்படம் வரைக.

34. மெல்லியவொரு வரிச்சின் அந்தமொன்றைக் கிடையாக நிலைப் படுத்தி, அதன் மற்றையந்தத்திற் பாரம் ஏற்றி இருக்கின்றது. பாரத்தோடு அதிர்வுநேரம் எவ்வாறு மாறுகின்றது என்பதைக் காட்டுமொரு வரைப் படம் வரைக.

35. பாரமேற்றப் பெற்றவொரு வில்லின் அலைவுகளை நோக்கிப் பெற்ற பேறுகளிலிருந்து, அலைவுக் காலத்தின் வர்க்கத்தைப் பாரத்தாற் பிரிக்க வரும் ஈவு ஏறக்குறைய மாறுதிருக்கும் என்று நிறுவுக.

36. நிலைத்தவொரு தாங்கியொடு நடுப்புள்ளியில் நிலைப்படுத்தப்பட்ட இழை ஒன்றினூற் பாரமானவொரு சட்டத்தின் அந்தங்கள் இரண்டும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அலைவு நிகழுகையில் ஒரே நிலைக்குத்துத் தளத்திற் சட்டம் இருக்கும்போது, இழையின் நீளத்தில் இந்தத் தொகுதி யின் ஊசலாட்டநேரம் எவ்வாறு தங்கியிருக்கின்றது என்பதைக் காண்க.

37. U – குழாய் ஒன்றின் புயமொன்று மூடப்பட்டிருக்க, மற்றைப் புயத்தி னுள்ளே இரசத்தை வார்த்துப் போயிலின் விதியை வாய்ப்புப்பார்க்க.

38. U – குழாய் ஒன்றின் வளைவினுள்ளே இரசமும், மூடப்பட்டிருக் கின்ற புயத்தினுள்ளே வளியும் இருக்கின்றன. இதனை உபயோகித்துப் பாரமானி உயரத்தைக் காண்க.

இரண்டாம் பாகம்

ஒலியியல்

ஒலி பற்றிய குறிப்புக்கள்

"**ஒலி**" என்னும் சொல்லின் இருவகைப்பட்ட வழக்கினை வேறுபடுத்தி உணர்ந்து கொள்வது நன்று. "ஒலி" என்னும் இச்சொல், செவிப் புலனைத் தூண்டுதலால் விளைவிக்கப்படும் குறித்த ஓர் உணர்ச்சியைக் கருதும்; அல்லது இவ்வுணர்ச்சிக்கு புறமாயமைந்த பருப்பொருட் காரணத்தைக் கருதும். இந்நூலில், நாம் பெரும்பாலும், இச்சொல்லின் **புறவியல்** வழக்கினைப் பற்றியே ஆராய்வாம். புறவியல் வழக்கு எனும் பொழுது அதன் **அகத்தியல்** பயன்பாட்டினின்றும் வேறுபடுத்தி எடுத்தே கையாள்கின்றோம். மீண்டும் இங்கே ஒலிக்கு மூலாதாரமான அசையும் இயக்கத்திற்கும், காதின் பொறியில் தாக்குதலை விளைவிக்கும் காற்றிலுள்ள, அல்லது மற்றை ஊடகத்திலுள்ள அலைபோன்ற குழப்பத்திற்கும், உள்ள வேறுபாட்டினை நாம் கூர்ந்து அறிந்துகொள்ளல் வேண்டும். ஒவ்வோர் இசைச் சுரமும் **சுருதி, உரப்பு, பண்பு** ஆகிய மூன்று அகத்தியல் குணங்களைக் கொண்டிருக்கும். இம் மூன்றிற்கும் நேரொத்த புறவியல், அல்லது பௌதிகக் குணங்கள் இருக்கும். இக்குணங்களாவன முறையே, **அதிர்வெண்,** (சில வேளைகளில் "பௌதிகச் சுருதி" என அழைக்கப்படும்,) **செறிவு, அலைவடிவம்** ஆகியவையாம். சுருதி எனக் கூறப்பட்ட அகத்தியல் பண்பு ஓரளவிற்கு உரப்பினும் அதிர்வெண்ணினும் தங்கியுள்ளதென்பதைக் காட்டு வதற்குச்சில ஆதாரங்கள் உண்டு.

அதிர்வெண் என்பது ஓர் அலகு நேரத்தில் (ஒரு செக்கனில்) நடைபெறும் முழு அதிர்வுகளின் (அல்லது **சுற்றுக்களின்**) எண்ணிக்கையாகும்; இதனால் அதிர்வெண் என்பது **காலத்தின்** (அதிர்வு நேரத்தின்) தலைகீழ் என்பதாகும் (பக்கம் 182); இது ஒரு செக்கனுக்கு எத்தனை சுற்றுக்கள் (சு./செ.) என எடுத்துக் கூறப்படும். விஞ்ஞான நூல்களில் நடு C இனது அதிர்வெண்ணை 256 சு./செ. என எடுத்துக்கொள்ளல் வாய்ப்புடைத்தாகும். (பக்கம் 244, 245). 1939 ஆம் ஆண்டிலே அனைத்துலக மாநாடானது இசைச் சுருதிக்குரிய ஒரு நியமத்தைப்பற்றி ஒருமனமான முடிவுக்கு வந்தது; அதனால் 20° ச. (68° ப) வெப்ப நிலையில் மும்மைக்கிளைப்புவிலுள்ள (treble clef) சுரம் A இற்கு (அல்லது a' இற்கு) ஒரு செக்கனுக்கு 440 சுற்றுகள் என அதிர்வெண்கொண்டனர். பெரும் சுர வரிசையில் இது நடு C இற்கு $\frac{3}{5} \times 440$, அல்லது 264 சு./செ. அதிர்வெண்ணுக்கு ஒத்ததாயிருக்கும்.

சென்ற சில ஆண்டுகளில் இசை ஒலிக்கலையில் ஆராய்ச்சி வளர்ந்துள்ளது. எனவே இப்பொழுது உற்பத்தித் தானத்தைச் செலுத்தும் வலுவினை உவாட்டினளவில் அளக்கக் கூடுமன்றியும் உண்மையில் ஒலியாக வீசப்பட்ட வலுவையும் அளக்கக் கூடியதாயிருக்கின்றது. மேலும் அறியவேண்டின் அலெக்சாந்தர் உவூட்டு (Alexander Wood) என்பவர் எழுதிய **இசையின் பௌதிகம்** (Methuen, 1944) என்னும் நூலைப் பார்க்க. இந்நூலில், எடுத்த ஒரு புள்ளியில் உரப்புக்கும் செறிவுக்கும் (ஒரு சது. ச. மீ. இற்கு ஊடாகச் செலுத்தப்பட்ட வலு) உள்ள தொடர்பு செவ்வையான முறையில் ஆராயப்பட்டுள்ளது.

அதிகாரம் 1

ஆரம்பக் கொள்கை

§ 1. வேகம்: அதிர்வெண்ணும் அலைநீளமும்

ஒலியானது யாதாயினும் திரவிய ஊடகத்தின் ஊடாக அலை இயக்கமாகச் செலுத்தப்படுகின்றது. ஒலிக்கும் பொருள் குழப்பத்தை ஆக்க அது செவியினை அடைந்து ஒலி உணர்ச்சியை உண்டாக்குகின்றது. ஒலி பற்றிய எளிய பரிசோதனைத் துணிபுகளில் பெரும்பாலானவை பல்வேறு ஊடகங்களில் ஒலியின் வேகம் பற்றியவையாயிருக்கும்; இன்றேல் அவற்றோடு சார்புடைய கணியங்களான அதிர்வெண், அலைநீளம் ஆகியவற்றைப் பற்றியவையாயிருக்கும்.

ஒலியின் வேகம் அது செல்லும் ஊடகத்திற்கு இயைய மாறுபடும். மீள்சத்தி **E** ஆயும் அடர்த்தி ρ ஆயுமுடைய ஓர் ஊடகத்திற்கூடாக ஒலியின் வேகத்தைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் குறிக்கலாம்:

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

E என்பது, ஒலியலை இயக்கத்தின் குறிக்கப்பட்ட விகாரத்தோடு ஒத்த மீள்சத்தியின் குணகமாகும்.

ஒரு வாயுவிற்செல்லும் ஒலியின் வேகத்தில் வெப்பநிலையின் தாக்கம்

வாயுவொன்றினூடாக ஒலியலை செல்லும்பொழுது நாம் கருத்திற் கொண்ட மீள்சத்தியின் குணகம் γP என்பதற்குச் சமமாகும்; இங்கு γ ஆனது வாயுவின் தன்வெப்பங்களின் (ஒரு மாறிலி) விகிதமாகும்; **P** அதன் அமுக்கமாகும். எனவே வாயுவில் ஒலியின்வேகம் **V** ஆனது $\sqrt{\gamma P/\rho}$ என்பதற்குச் சமமாகும். இங்கு ρ அடர்த்தியாகும்.

இப்பொழுது $\frac{P}{\rho} = RT$ (வெப்பம் பற்றிய பகுதியைக் காண்க; பக்கம் 421); எனவே வாயுவில் ஒலியின் வேகம் **V** ஆனது $\sqrt{\gamma RT}$ என்பதற்குச் சமம், அல்லது அது தனிவெப்பநிலை **T** இன் வர்க்கமூலத்திற்கு விகிதசமனானது. T_0 என்பதைப் பனிபடுநிலை 0^0ச. என்பதன் தனி வெபநிலையாகக் கொள்க.

வாயுக்குணகம் α என்பது $\frac{1}{273}$, எனக்கொண்டால்,

$T_0 = 273°$ ஆகும்; $T/T_0 = 1 + \alpha t$ ஆகும்;

இங்கு t சதமவளவைப் பாகையில் வெப்பநிலையாகும்.

$$\therefore \quad \frac{t^\circ \text{ச. இல் ஒலியின் வேகம்}}{0^\circ \text{ச. இல் ஒலியின் வேகம்}} = \sqrt{\frac{T}{T_0}} = \sqrt{1 + at},$$

அல்லது $V_t = V_0 \sqrt{1 + at}$

t பெரிதாக இல்லாவிடத்து இது

$V_t = V_0 (1 + \frac{1}{2} at)$ என எழுதப்படும்.

எனவே 0°ச. இல் உள்ள வேகத்தை அளந்தால் எந்த வெப்பநிலையிலு முள்ள ஒலியின் வேகத்தைக் கணித்தறியலாம்.

சுருதியும் அதிர்வெண்ணும்

ஒரு சுரத்தின் இசைச் சுருதி ஒலிக்கும் பொருளொன்று ஒரு செக்கனில் ஆக்கும் அதிர்வின் எண்ணிக்கையிலோ அல்லது **சுரத்தின் அதிர் வெண்ணிலோ** தங்கியிருக்கும். ஒரு பியானோவில் நடு C எனப்படும் சுரம் 256 அதிர்வெண்ணோடு ஒத்ததாக எடுத்துக் கொள்ளப்படும். இது நடு C இன் **விஞ்ஞானமுறையிலமைந்த சுருதி** எனப்படும். இப்பொழுது **இசை யரங்குகளில்** கைப்பிடிக்கப்படும் நடு C மேற்கூறப்பட்ட அதிர்வெண்ணிலும் மிக உயர்ந்த ஓர் எண்ணினைக் கொண்டதாகும் (பக்கம் 242). முந்திய காலத்தில் இச்சுருதிக்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட மற்றை நியமங்கள் இந்த விஞ் ஞான முறையிலமைந்த நியமத்திற்கு மேற்பட்டும் கீழ்ப்பட்டும் இருந்தன.

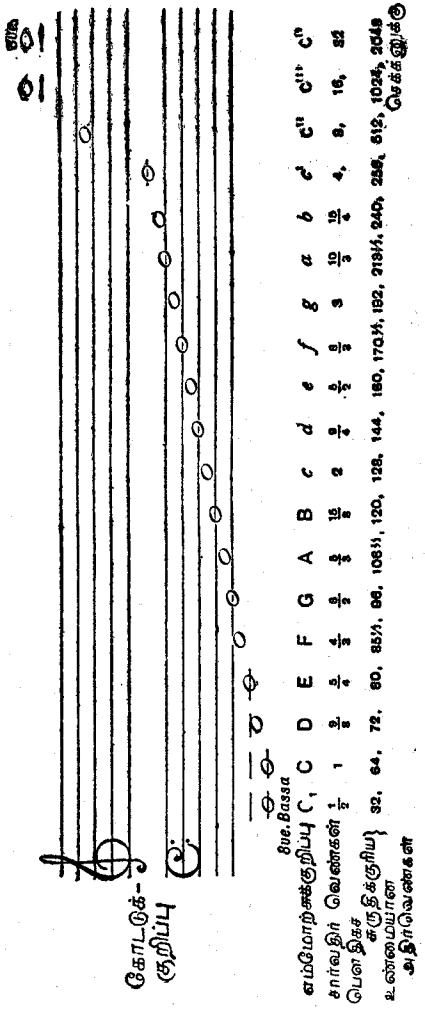
விஞ்ஞான ஆராய்ச்சியில் 256 இனை நடு C இன் அதிர்வெண் என மேற்கொண்டதன் காரணம், யாதும் ஒரு C உடன் ஒத்த அதிர்வுகளின் எண்ணிக்கை ஒரு முழு எண்ணாக இருத்தல் வேண்டும் என்பதனாலேயே என்க ; எனெனில் $256 = 2^8$ (கீழே பார்க்க).

இசை இடைவெளி இரு சுரங்களின் **அதிர்வெண்களின் விகிதத்தில்** தங்கியுளது. பலதிறப்பட்ட இடைவெளிகளுக்குள்ள விகிதங்கள் வருமாறு :

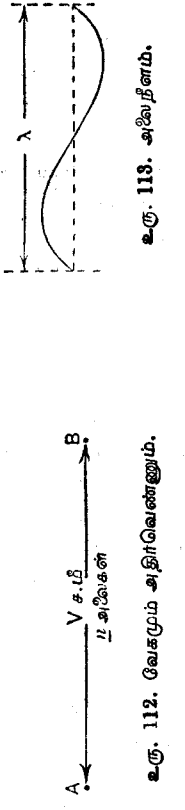
அட்டமசுரம்	1 : 2	சிறிய மூன்றுவது	5 : 6
ஐந்தாவது	2 : 3	பெரிய தொனி	8 : 9
நாலாவது	3 : 4	சிறிய தொனி	9 : 10
பெரிய மூன்றுவது	4 : 5	அரைத் தொனி	15 : 16

வேகம், அதிர்வெண், அலைநீளம் ஆகியவற்றிற்கிடையுள்ள தொடர்பு : யாதும் ஓர் ஊடகத்தில் ஒலியின் வேகம் செக்கனுக்கு V ச.மீ. என ஆகுக. A, B என்னும இரு புள்ளிகளை அவை தம்முள் V ச.மீ. இடைவெளி கொண்டிருக்கத் தக்கனவாகத் தேர்ந்தெடுக்க. (உரு. 112).

A இல் ஆய்வோன் ஒருவன் நிறுத்தப்பட்டுள்ளான். B இல் பொரு ளொன்று n அதிர்வெண் கொண்ட ஒரு சுரத்தை எடுக்கக் கூடியதாக அதிர்க்கப்படுகிறது.



உரு. 111. இசைவரிசை (பாட்டின் என்பவரின் "ஒலியியல்" என்னும் நூலிலிருந்து)



உரு. 113. அலைநீளம்.

உரு. 112. வேகமும் அதிர்வெண்ணும்.

AB இனுடையதொலை V இற்குச் சமமாதலின் முதல் அலை A இனை அடைய ஒரு செக்கன் நேரம் எடுக்கும். இவ்வாறுக n ஆம் அலை B இனின்று வெளிப்படுத்தப்படுகின்ற தறுவாயில் A முதல் அலையைப் பெறும்.

இவ்வாறாக A இற்கும் B இற்கும் இடையில் A ஐ நோக்கிச் செல்லும் n அலைகள் இருக்கும். ஒவ்வோரலையின் நீளமும் λ ஆக இருந்தால் (உரு. 113), AB இனுடைய நீளம் $n\lambda$ ஆக இருக்கும்; இதிலிருந்து நாம் பின்வரும் முக்கிய விளைவைப் பெறுகின்றோம்:

$$V = n\lambda.$$

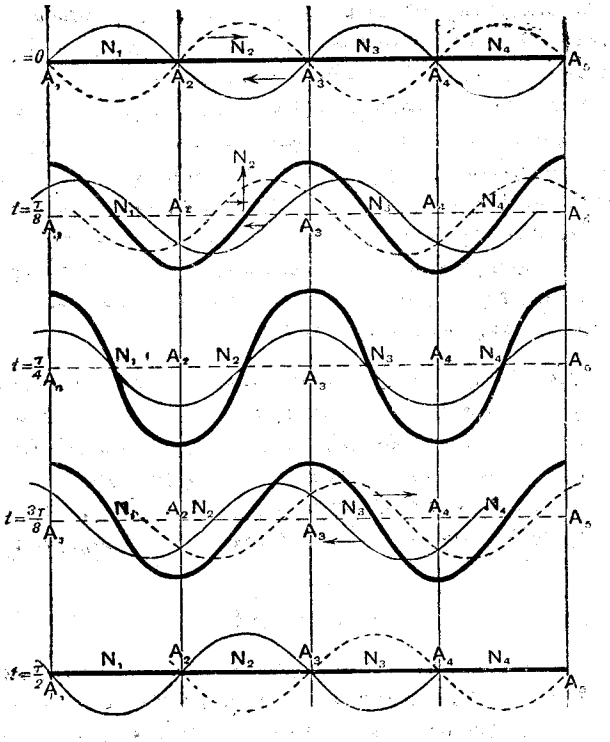
§ 2. பரிவு

பரிவின் தத்துவம்

ஒன்றுக்கொன்று அயலிலுள்ள இரு பொருள்கள் ஒத்த அதிர்வெண்களைக் கொண்டிருக்க அவற்றுள் ஒன்றை அதிரச் செய்தால் மற்றையது முதலாவது பொருளின் அதிர்வு காரணமாக ஓர் ஒத்திசை அதிர்வினை எடுக்கும. இவ்வாறாக இரண்டாம் பொருளுக்கு அளிக்கப்பட்ட அதிர்வு நல்ல வீச்சத்தைப் பெறக்கூடும். இதனால் முதலாவது பொருளின் அதிர்வினை நிறுத்திய போதிலும் இரண்டாம் பொருள் தொடர்ந்து அதிர்ந்து கொண்டிருக்கும்.

இத் தத்துவம் ஒலிக்கு மட்டுமே உரியதன்று. எல்லாவித அதிர்வியக்கங்களுக்கும் இது பொதுவானதாகும். செவ்வையாக இசைவூட்டிய இசைக் கவர் இரண்டினை நோக்குவதால் இத்தத்துவம் எளிதிற் புலப்படும். ஒன்றிற்கு இயக்கம் அளித்தவுடன் அதிலிருந்து தோன்றும் அலைக் குழப்பங்கள் மற்றையதை எட்டும். இரண்டாவது கவரின் கீளைகள் மாறி மாறி காற்றிற்கூடாக வரும் அமுக்கங்கள், ஐதாக்கல்கள் ஆகியவற்றிற் கியைய, முதற் கவரை நோக்கி மாறி மாறி, தள்ளவும் ஈர்க்கவும் படும். இவ்வியக்கங்கள் இரண்டாவது கவரின் இயல்பான இயக்கத்தோடு அடியொத்தனவாக நடைபெறும்; இப்பொழுது இவ்விரண்டாம் கவர் முதலாவது அமுக்க அலை வந்து போனபின் தன்னுடைய இடை நிலைக்கு வரத் தொடங்கும்; ஐதாக்கல் ஆரம்பிக்கின்ற பொழுது மீண்டு போகும் அதன் இயக்கத்திற்கு அதனால் சிறிது துணை அளிக்கப்படும். இப்பொழுது கவரானது தன்னுடைய திணிவு வேகத்தாலும் இத் துணையான விசையினாலும் அதன் சமநிலைக்கு அப்பால் செல்கின்றது. சென்று அடுத்த அமுக்க அலை வருகின்ற பொழுது மீண்டும் முன் நோக்கிப் போகத் திரும்புகின்றது. தன்னுடைய சொந்த மீள்சத்தி விசையினால் மட்டும் முன்னோக்கிப் போகவிடாமல் இவ்வமுக்க அலையின் ஆற்றலாலும் அது முன்னோக்கிச் செல்லத் தூண்டப்படுகின்றது. இவ்வாறாக கவரின் ஒவ்வோர் அதிர்வும் அதற்கு அருகிலுள்ள காற்று உறுத்தும் விசையினால் துணைசெய்யப்படுகின்றது. தனித்தனியே நோக்குகின்றபொழுது

எளியன எனக் கருதப்படுகின்ற இவ்விலேசான கணத்தாக்குக்கள் அடுத்தடுத்து வந்து திரண்ட ஒரு விளைவினைத் தருகின்றன. இவ்விளைவின் பயனாகக்



உரு. 114. நிலையான அதிர்வுகள்.

கவரானது நல்ல வீச்சம் கொண்ட ஓர் அதிர்வினைப் பெறுகின்றது. மற்றை எல்லா வகைகளிலும் உள்ள பரிவுகளை இவ்வாறாக நாம் விளக்கலாம்.

பகுதி ஒன்றில் (பக்கங்கள் 187–202) ஆவர்த்தன இயக்கம் பற்றிய பல உதாரணங்களை எடுத்துக்காட்டியுள்ளோம். ஒருவகை வழியில் கட்டில்லா அதிர்வு ஒன்றினை விளைவிக்கக்கூடிய ஒரு தொகுதியானது, ஆவர்த்தன விசை ஒன்றினால் தாக்கப்படின் கட்டுடைய அதிர்வுகளை மேற்கொள்ளுமாறு கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. பிரயோகிக்கப்பட்டவிசையின் அதிர்வெண்கட்டில்லா அதிர்வெண்ணுடன் அண்ணளவில் ஒற்றுமை கொண்டிருப்பின் அதனால் பரிவு ஏற்படும். ஆகிய விளைவு திரட்சியால் வந்ததாதலின், அளவுக்கு மீறக்கூடுமாயினும் பொதுவாக உராயும் விசைகள் இருத்தலினால் ஈறின்றி உயர்த்தல் முடியாது. பொறி முறை அலைவுகளுக்கன்றியும் மின்னியல் அலைவுகளுக்கும் இத்தோற்றப்பாடு முக்கியமானது.

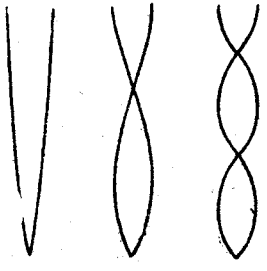
நிலையான அதிர்வுகள்

ஒரே ஊடகத்தினூடாக ஒத்த செறிவுடைய ஈரலைத் தொடர்கள் எதிர் முகமாகச் செல்கையில் நிலையான அதிர்வுகள் தோற்றமாகின்றன. உரு. 114 இலுள்ள ஒவ்வொரு வரிசையிலும் இடம் நோக்கிச் செல்கின்ற ஓர் அலை இயக்கத்தை மெல்லிய அலை போன்ற கோடு குறிக்க புள்ளியிட்ட கோடு வலம் நோக்கிச் செல்கின்ற ஒத்த இயக்கத்தைக் குறிக்கும்; எனவே A_1 என்பதற்கும் A_5 என்பதற்கும் இடையிலுள்ள அவ்வூடகத்திலே அவற்றின் **விளைவான** செயல், **தடித்த** ஒரு கோட்டினால் ஒவ்வொரு வகையிலும் எடுத்துக் காட்டப்பட்டுள்ளது. N_1, N_2, N_3 ஆகிய சில புள்ளிகள் ஒரு பொழுதும் குழப்பப்படாமலிருக்க, A_1, A_2, A_3 ஆகிய புள்ளிகள், அந்த முழுக்கோட்டிலும் உள்ள மற்றை எல்லாப் புள்ளிகளிலும் மேலாகக் குழப்பப்பட்டுள்ளன. இவற்றில், N_1, N_2, N_3 ஆகியவை **கணுக்கள்** எனப்படும்; A_1, A_2, A_3 ஆகியவை **முரண் கணுக்கள்** எனப்படும்.

அடுத்தடுத்துள்ள இரு கணுக்களுக்கிடையுள்ள தூரம் அல்லது **அடுத்தடுத்துள்ள இரு முரண் கணுக்களுக்கிடையுள்ள தூரம் ஓர் அலை நீளத்தின் அரைப்பகுதிக்குச் சமம்** என்பதை நாம் மேற்கூறியவற்றிலிருந்து காணலாம். இதை வேறு வழியில் சொல்வோமானால் ஒரு கணுவிலிருந்து அடுத்த முரண் கணுவுக்குள்ள தூரம் ஓர் அலைநீளத்தின் காற்பகுதியாகும். இவ்விளைவினைக் கீழே குறிப்பிட்டுள்ள பரிசோதனைகளில் பயன்படுத்தியுள்ளோம்.

பரிவுக்குழாய்

மேல் முனை திறந்தும் கீழ் முனை மூடியும் உள்ள ஒரு குழாயிலிருக்கும் வளி நிரலானது திறந்த முனையில் கட்டிலா இயக்கமும் மூடிய முனையில் பூச்சிய இயக்கமும் இருக்கக் கூடியதான யாதும் ஒரு முறையில் அதிரக் கூடும். அதாவது திறந்த முனையில் ஒரு முரண் கணுவும் (உயர்வுக் குழப்ப இடம்) மூடிய முனையில் ஒரு கணுவும் (பூச்சியக் குழப்ப இடம்) இருத்தல் வேண்டுமென்பதை இது குறிக்கின்றது. வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்குஒத்தவெவ்வேறு வகை அதிர்வுகள் உரு. 115 இல் வரிப்பட முறையில் எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளன: உண்மையில், இவ்வொலி அதிர்வுகள் இங்குள்ள வரிப்படம் காட்டுவதுபோல் குறுக்குப்பக்கம் நோக்கியவையல்ல; அவை நீள்பக்கம் நோக்கியவையேயாம். ஒரு கணுவிலிருந்து ஒரு முரண் கணுவிற்குள்ள தூரம் ஓர் அலையின் காற்பங்கு நீளம் ஆதலின், λ_1, λ_2, λ_3, ஆகியவை நிகழக் கூடிய அதிர்வுகளின் அலைநீளங்களாயிருக்கக் குழாயின் நீளமும் முறையே $\lambda_1/4$, $3\lambda_2/4$, $5\lambda_3/4$ ஆகும்.



உரு. 115. குறித்த நீளமுள்ள பரிவுக்குழாயில் அதிர்வு வகைகள்

இசைக்கவரானது ஒரு குழாயின் திறந்த முனைமேல் வைக்கப்படும் போது, குழாயிலுள்ள வளிநிரலில் அதிரக்கூடிய அதிர்வு வகைகளுள் யாதாயினும் ஒன்றுடன் அக்கவரின் அதிர்வெண் பொருந்துமாயின், பரிவு ஏற்படும். குழாயிலுள்ள வளியானது, கவர் அனுப்பிய அலைகளாலும் மூடிய முனையிலிருந்து தெறிக்கப்பட்ட அலைகளாலும் தாக்கப்படுவதால் நிலையான அதிர்வைக் கொள்கின்றது. மூன்று வேறு வேறு இசைக் கவர்களைப் பயன்படுத்துகின்றபொழுது குறித்த ஒரு நீளமுடைய குழாய் கொள்ளும் பரிவினை உரு. 115 எடுத்துக்காட்டுகின்றதெனக் கொள்ளலாம்.

பரிவுக் குழாய் வழக்கமாக அதன் நீளம் எளிதில் மாற்றக்கூடிய வகையில் ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டிருக்கும். குறித்த ஒரு சுருதி உடைய கவரொன்றைக் குழாயின் முனைமேல் பிடித்துக் கொள்ள அக்கவர் இளர்த்தும் சுரத்துடன் ஒத்தொலிக்குமாறு அக்குழாய் செம்மைப்படுத்தப்படுமெனின், கவர் இளர்த்திய சுரத்தினது அலைநீளம் காற்றில் λ ஆயிருப்ப, $l_1 = \frac{\lambda}{4}$ ஆகுமாறு பரிவைத்தரக்கூடிய குழாயினுடைய மிகக் குறைந்த நீளம் l_1 ஆகும்.

பரிவை அளிக்கும் அடுத்த நீளம் l_2 ஆயின், $l_2 = \frac{3}{4}\lambda$ ஆகும். மேலும் இவ்வாறே. இவ்வாறாக கவர் இளர்த்திய சுரத்தினுடைய காற்றிலுள்ள அலைநீளத்தைத் துணிவு செய்து கொள்ளலாம்.

குழலினுடைய விட்டத்திற்கு ஏற்ற ஒரு சிறு திருத்தமொன்றைச் செய்தல் வேண்டும். l_1 ஆகிய நீளம் $\frac{\lambda}{4}$ என்பதற்கோ, அல்லது l_2 ஆகிய நீளம் $\frac{3}{4}\lambda$ என்பதற்கோ சரிசமமாக உள்ளதன்று. குழல் **வளி**யினைக் கொண்டிருக்கும்பொழுது உருளைக்குழலுக்குரிய திருத்தம் அண்ணளவில் அதன் ஆரையின் $\frac{3}{5}$ ஆகும்.

இவ்வாறாக $$l'_1 = l_1 + \tfrac{3}{5}\mathrm{R} = \frac{\lambda}{4},$$

$$l'_2 = l_2 + \tfrac{3}{5}\mathrm{R} = \tfrac{3}{4}\lambda.$$

இவ்வாறு திருத்தப்பட்ட l'_1, l'_2 ஆகிய நீளங்களையே λ வைக் கணிக்கும் போது பயன் படுத்தல் வேண்டும்.

l_1, l_2 ஆகிய இரண்டையும் அறிதல் கூடுமெனின் திருத்தத்தை அறிதல் வேண்டியதில்லை; ஏனெனில் செவ்வையாக

$$l_2 - l_1 = \frac{\lambda}{2} \text{ ஆகும்.}$$

l_2 என்பதற்கும் l_1 என்பதற்கும் உள்ள வித்தியாசத்தை எடுப்பதனால் செய்யவேண்டிய திருத்தத்தை நாங்கள் தவிர்த்துக் கொள்ளலாம்.

இவ்வழி தெரிந்த ஓர் அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட ஒரு கவரின் உதவியால் λ ஐ அறிந்தால், குழலிலுள்ள காற்றினில் ஒலியின் வேகத்தைக் கணித்தறிந்து கொள்ளலாம்; ஏனெனில்,

$$V = n\lambda.$$

இங்கு, குழலிலுள்ள வளியில் உள்ள அலைநீளமான λ அறியப்பட்ட தொன்றாகும்; n கொடுக்கப்பட்டுள்ளது; எனவே V பெறக்கூடிய தொன்றாகும். அல்லது V தரப்பட்டால் n கணிக்கப்படலாம்.

இரு கவர்கள் பயன்படுத்தப்பட்டால், அவை இளர்த்தும் சுரங்களுக்கு ஒத்த λ இன் பெறுமானங்களைப் பெற்று, அவற்றின் அதிர்வெண்களின் வீதத்தைத் துணிந்தறிந்து கொள்ளலாம்.

$$V = n_1 \lambda_1,$$
$$V = n_2 \lambda_2,$$
$$\therefore \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}.$$

பரிசோதனை 79. பரிவுக்குழாய்.—உரு. 116 இல் காட்டிய வகைகளில், யாதாயினும் ஒரு வகையில் பரிவுக் குழாயினை அமைத்துக் கொள்ளலாம். **முதலாவது வகை:** தண்ணீர் கொண்டுள்ள ஓர் உயர்ந்த நியமமான குழாயினிற்குள், சமப்படுத்திவைக்கப்பட்ட செப்புக் குழாயொன்று அதன் நுனிப்பாகமானது மேலே தள்ளிக்கொண்டு நிற்குமாறு வைக்கப்படும்.

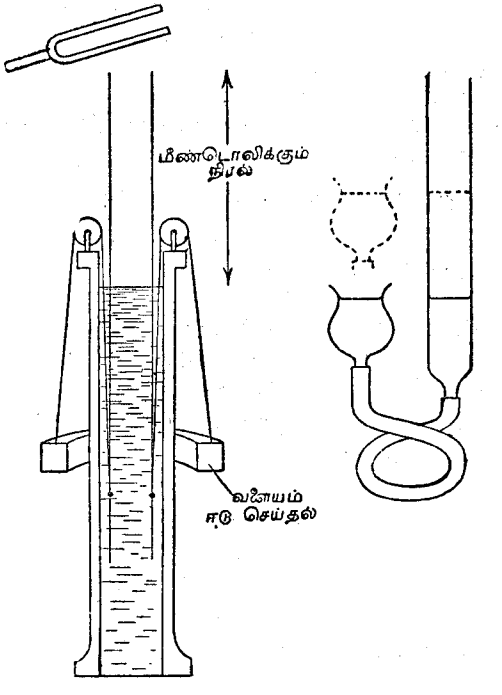
சதம மீற்றர் அளவை, அசையக்கூடிய செப்புக் குழாயில் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வளவுத் திட்டத்தின் பூச்சியக் குறி குழாயிற்கு மேற்பக்கத்தில் இருக்கும். நிலையான குழாயில் ஒரு பலகணியை அமைத்து அதற்கூடாக நீரின் மட்டத்தை அளவுத்திட்டத்தில் அறிந்து கொள்ளலாம். இம்முறையால் பரிவினை அளிக்கும் குழாயின் நீளத்தை நன்கு அறிந்து கொள்ளலாம்.

இரண்டாவது வகை மிகவெளிதானது. இதை அதிகம் விளக்க வேண்டிய தில்லை. நீர்த் தேக்கத்தை நகர்த்துவதால் நீரின் மட்டத்தை அமைவு படுத்திக்கொள்ளலாம். வளியைக் கொண்டிருக்கும் குழாயினது நீளத்தை சதம மீற்றர் அளவுகோலினால் அளந்து கொள்ளலாம்.

பரிவுக் குழாயினைப் பல்வேறு கவர்களுக்குப் பரிவு அளிக்கக்கூடியதாக அமைத்துக்கொள்க. இயலுமானால் ஒவ்வொரு கவருக்கும் முதலாம் பரிவு நீளத்தையும் இரண்டாம் பரிவு நீளத்தையும் பெற்றுக்கொள்க.

(i) தெரிந்த அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட கவரொன்றினால் குழாயிலி ருக்கும் வளியில் ஒலியின் வேகத்தைக் கணித்தறிக. அறையின் வெப்ப

நிலையை அறிந்து (பக்கம் 244 இல் உள்ள) $V_t = V_0(1 + \frac{1}{2}\alpha t)$ ஆகிய சூத்திரத்தின் துணைகொண்டு இவ்வெப்பநிலையில் பெற்றுக்கொண்ட V இனுடைய பெறுமானத்திலிருந்து, 0^0 ச. இல் உள்ள வேகத்தைக் கணித்தறிக; அல்லது



உரு. 116. பரிவுக் குழாய்கள்

(ii) 0^0 ச. இல் வளியிலுள்ள ஒலியின் வேகம் கொடுக்கப்பட்டால் அறையின் வெப்பநிலையிலுள்ள வளியில் ஒலியின் வேகத்தைக் கணித்தறிக; அதன்பின்னர் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு கவரின் அதிர்வெண்ணைக் கணிக்க.

(iii) பரிவுக் குழாயோடு இணைந்த நோக்கல்களைக் கொண்டு இரண்டு கவர்களின் அதிர்வெண்களை ஒப்பிடுக; இவ்வாறு கணித்தறிந்த பெறுமானங்களைக் கவர்களில் குறிக்கப்பட்ட அதிர்வெண்களோடு ஒப்பிடுக.

(iv) அறியப்பட்ட அதிர்வெண் கொண்ட ஒரு கவரைக் கொண்டு பரிவுத்தானங்கள் இரண்டைக் காண்க. பின்னர் முனைக்குரிய திருத்தத்தைக்காண்க. நூலில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள பெறுமானம் $\frac{8}{3}R$ என்பதுடன் கணித்தறிந்த விளைவை ஒப்பிட்டுப் பார்க்க.

(v) தெரிந்த அதிர்வெண்களைக் கொண்ட பல கவர்களுக்கு இரு பரிவுத்தானங்களைக்கண்டு பின்னர் $l_2 - l_1 = \lambda/2$ என்பதற்கும் $\frac{1}{n}$ என்பதற்கும் உள்ள தொடர்பினைக்காட்டும் ஒரு வரைப்படம் வரைக. நோக்கல்களின் பொழுது வெப்பநிலை மாறு நிலையிலிருந்தால் வரைப்படம் ஒரு நேர் கோடாகும்; வெப்பநிலை மாறுமாயின் ஒவ்வொரு பெறுமானமும் 0^0 ச. இற்குத் திருத்தப்படல் வேண்டும்.

79 ஆம் பரிசோதனையைக் காபனீரொட்சைட்டு (CO_2) நிரப்பப்பட்ட பரிவுக் குழாயொன்றுடன் நடத்துக. பின்னர்

(a) CO_2 இல் ஒலியின் வேகத்தைக் காண்க;

(b) CO_2 ஆல் நிரப்பப்பட்ட குழாய்க்குப் பிரயோகிக்கவேண்டிய முனைத் திருத்தத்தைக் காண்க.

இரு முனைகளிலும் திறந்த பரிவுக் குழாயுடனும் பரிசோதனைகளை நடத்தலாம். இதற்காக ஒன்றனுளொன்று நழுவும் இரு குழாய்களைப் பயன்படுத்தலாம். இரு பக்கமும் திறந்த ஒரு குழாய்க்கு அக்குழாயின் ஒவ்வொரு முனைக்கும் முனைத்திருத்தம் பிரயோகிக்க வேண்டுமென்பதை மனத்தில் கொள்ளல் வேண்டும்.

குறிப்பு

0° ச. இல் உள்ள உலர்ந்த வளியில் ஒலியின் வேகம் ஒரு செக்கனுக்கு 331·3 மீற்றர் அல்லது ஒரு செக்கனுக்கு 1087 அடி ஆகும்.

அதிகாரம் II

அதிர்வெண்

§ 1. அதிர்வெண்ணைத் துணிதல்

சைரன்

அதிர்வெண்ணானது ஓர் அலகு நேரத்தில் (ஒரு செக்கனில்) உள்ள **முழுமையான அதிர்வுகளின் அல்லது சுற்றுக்களின்** எண்ணிக்கை **என** வரையறுக்கப்படும். தொடர்ந்து தொடர்ந்து வரிசையாக வரும் வளியின் பொம்மல்களைக் கொண்டு கட்டுப்படுத்தக்கூடிய அதிர்வெண்களைக் கொண்ட ஓர் இசைச் சுரத்தை ஆக்குவதுபற்றி, 1801 இல் **எடின்பரோ**விலிருந்த **யோன் உரொபின்சன்** என்பார் விரிவாகக் கூறியுள்ளார். இம்முறையை, **கை நாட்டு தலாதூர்** (1819) என்பார் நன்முறையில் விரிவாக்கிச் செம்மைப் படுத்தினர்; அவர் தம்முடைய கருவியை சைரன் எனக் கூறினர். எனெனில் அது நீரின் கீழ் இசைக்கக் கூடியதாயிருந்ததால் என்க.[1] ஒலியினுடைய உரப்பினை உயர்த்துவதற்கும் அளவையைச் செம்மையாக்குவதன் பொருட்டும் இக்கருவியிற் பல மாற்றங்களை 1841 வரையில் **ஏல். சீபெக்கு (L. Seebeck)** என்பார் செய்தார். உரு. 117 பார்க்க. இக்கருவி உருளையான பெட்டியொன்றைக் கொண்டுள்ளது. இப்பெட்டி காற்றுப் பெட்டகம் எனப்படும். இது வளி வீச்சை ஆக்குவதன் பொருட்டுக் கீழே துருத்திகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இயலுமானல் நிலையான அமுக்கத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பெரும் வளித் தேக்கத்தைப் பயன்படுத்துதல் நல்ல முறையாகும். இக்கருவியை வளி வரும் வாயினுடன் ஓர் இறப்பர்க் குழாயினூற் பொருத்திவிடவேண்டும். இவ்விறப்பர்க் குழாயிற் காற்றினுடைய அமுக்கத்தை ஒழுங்கு படுத்துவதற்கு ஒரு **திருகாணிக்கவ்வி** பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

காற்றுப் பெட்டகத்தின் மேற் பரப்பில் உள்ள ஒரு வட்டத்தைச் சுற்றி சம இடைவெளிகள் கொண்ட துளைகள் ஆக்கப்பட்டிருக்கும். உரு. 117 இல் உள்ள ஒரு பகுதி வெட்டு முகத்திற் காட்டப்பட்டவாறு இத் துளைகள் மேற்பரப்போடு ஒரு கோணகத்திலமையுமாறு துறப்பணத்தாற் றுளைக்கப்பட்டிருக்கும். இப்பெட்டிக்கு மேலே அதற்கு மிக அண்மையில் இத்தகைய துளைகள்கொண்ட வட்ட வடிவமான ஒரு தட்டு இருக்கும். இத்துளைகள் பெட்டகத்திற்கு மேலே உள்ள துளைகள் கொண்டிருக்கும்

1. ஆங்கிலத்தில் சைரன் எனப்படும் இச்சொல் நீரரமகளிர் என முதலிற் கருத்துக் கொண்டு நின்றது.

கோணத்திற்கு எதிராண கோணத்திற் சாய்ந்து இருக்கும். இத்தட்டு, காற்றுப் பெட்டகத்திற்கு மேலே சுழலும்பொழுது ஒரு தொகுதித் துளைகள் மற்றைத் தொகுதிகளின் மேல் செல்லக்கூடிய வகையில் ஏற்றப்பட்டிருக்கும்.

அமுக்கத்திலுள்ள வளியினை அப்பெட்டகம் கொண்டிருக்குமாஞல் வளி அத்துளைகளின் வழியே வெளிவரும். வரும்பொழுது தட்டிலுள்ள துளைகளை அழுத்தித் தட்டினை அதன் அச்சிற் சுழலச் செய்யும்.

இவை இவ்வாறுக, பெட்டகத்திலுள்ள துளைகள், ஒழுங்கான இடைவேளைகளில் ஒருமுறை மூடவும், பின்னர் ஒருமுறை திறக்கவும் செய்கின்றன. இதன் காரணமாக இரு தொகுதித் துளைகளும் ஒரு கணப் பொழுது ஒருமிக்கின்ற நேரத்தில், நேரத்திறகு நேரம் காற்றுப் பொம்மல்கள் வெளிப்படுகின்றன. இவ்வாறுக ஆவர்த்தன முறையிலமைந்த அமுக்க அலைகள் வளியில் வெளிவிடப்படுகின்றன. இதஞல் கால முறையிலமைந்த குழப்பமொன்று உண்டாகின்றது ; இதுவே ஒலி எனப்படும்.

தட்டின் ஒவ்வொரு சுழற்சியிலும், சுழல்கின்ற தட்டிலுள்ள துளைகள் அளவு வளிப்பொம்மல்கள் உண்டாகின்றன ; இவற்றை n எனக் கொள்வோம்.

மேலேயுள்ள பெட்டியில் உள்ள ஒரு சுருள்வடிவப்பற்றுணைப் பொறியும் பல்லுடைய சில்லுகளும் படத்திற் காட்டப்பட்ட முகப்புக்களிலே சுழற்சிகளைப் பதிவு செய்யக் கூடியனவாயிருக்கின்றன. குறித்த சுழற்சிகளை ஆக்குவதற்குரிய நேரத்தை அளப்பதால் தட்டினுடைய சுழலும் வீதத்தை நாம் பெற்றுக்கொள்ளலாம்.

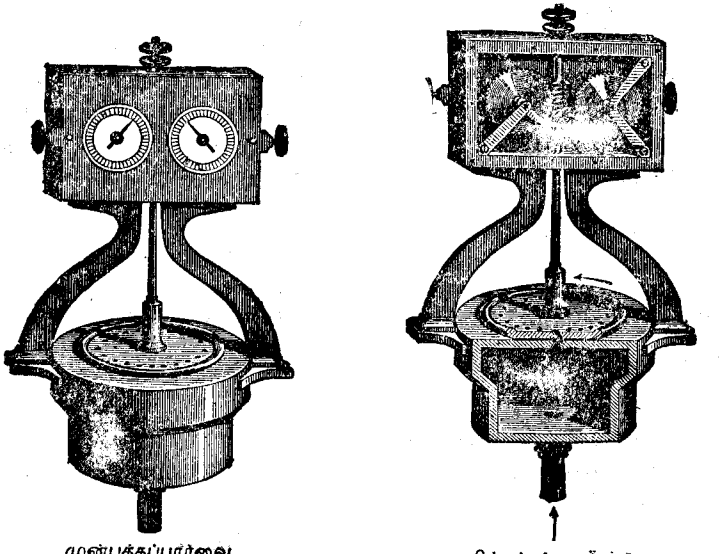
தட்டும், பெட்டகத்தின் மேற்பகுதியும் வளையத்தில் n துளைகளைப் பொருந்தி செக்கனிலே தட்டு N சுழற்சிகளைச் செய்யுமெனக் கொண்டால், t செக்கனிற் செய்யப்பட்ட முழுப்பொம்மல்களினதும் எண்ணிக்கை nN ஆகும் ; எனவே அதிர்வெண் ஒரு செக்கனுக்கு $\frac{nN}{t}$ சுற்று ஆகும்.

சைரன் கருவியின் சுரம் அதிரும் பொருளின் சுரத்தோடு ஒத்திசை கொள்ளும் அளவுக்குச் சுழற்சியின் வேகத்தை அமைவுபடுத்தி, அப்பொருளின் அதிர்வெண்ணை நாம் பெறலாம் ; எனெனில் அது சைரன் கருவி அளிக்கும் சுரத்திற்கு ஒத்ததாயிருக்கும் என்க ; அது ஒரு செக்கனுக்கு $\frac{Nn}{t}$ சுற்று ஆகும்.

பரிசோதனை 80. சைரனைக்கொண்டு அதிர்வெண்ணைத் துணிதல் :—அதிரும் இசைக்கவருடனை ஒலிக்கும் சுரமண்டலக்குழாயுடனை[1] ஒத்திசைக்கக் கூடியதாக சைரனைச்செம்மை செய்க. துருத்தியின் அமுக்கத்தையும் தாப்பையும் அமைவுபடுத்திச், சுழற்சியின் வீதத்தை நிலையாகவைத்துக்கொள்க.

[1]பக்கம்.....இலுள்ள இசைத்தல் பற்றிய குறிப்புக்களைக் காண்க.

இவ்வாறு, சைரனுடைய அதிர்வெண்ணைக் காண்க. இது Nn/t என்பதாற் சுட்டப்படும் ; இது பயன்படுத்தப்பட்ட சுரமண்டலக் குழாயினுடைய, அல்லது கவரினுடைய சுரத்தின் அதிர்வெண்ணுக்கு ஒத்ததாயிருக்கும்.



முன்பக்கப்பார்வை பிற்பக்கப் பார்வை

உரு. 117. சைரன்

அதிர்வெண்ணைத் துணிதற்குக் கீழ்க்காணும் பரிசோதனைகள் வேறுசில வழிகளாகும் :—

பரிசோதனை 81. வீழ்தட்டு முறையைக் கொண்டு இசைக்கவரின் அதிர்வெண்ணைத் துணிதல்—விறைப்பான மயிரிஞல் ஆன இலேசான குச்சு ஒன்றினை இசைக்கவரின் கீளமேல் வைத்து மெழுகினல் ஒட்டிவிடுக. உரு. 118 பார்க்க. புகையினல் கருமையாக்கப்பட்ட, கனமான சட்டத்தையுடைய ஒரு கண்ணுடித்தகட்டை ஒரு நிலையில் கட்டித் தொங்கவிடுக ; இதை இரு குண்டூசிகளைக் குத்தி ஒரு சிறு பருத்திநூல்கொண்டு இணைத்துச்செய்யலாம். கவரின் மயிர் கண்ணுடியின் கீழ்முனையைத் தொடக்கூடியதாகக் கவரைப் பூட்டிவிடுக ; இப்பொழுது வயலின் வில்லினுற் கவையைமீட்டி குண்டூசிகளுக்கிடையிலுள்ள நூலை எரித்துக் கண்ணுடியை விழவிடுக.

கண்ணுடியை நாம் ஆராய்ந்து பார்த்தால், கரி தோய்ந்த மேற்பரப்பில் அலைபோன்ற வரைவு ஒன்றினை நாம் காணலாம். அவ்வரைவு, தட்டு விழுகின்ற பொழுது குச்சு புகைப்படலத்தில் ஆக்கிய வரைவேயாம். இவ்வாறு ஆக்கப்பட்ட வரைவிலிருந்து கவரினுடைய அதிர்வெண்ணைக் கீழ்வருமாறு நாம் காணலாம் :

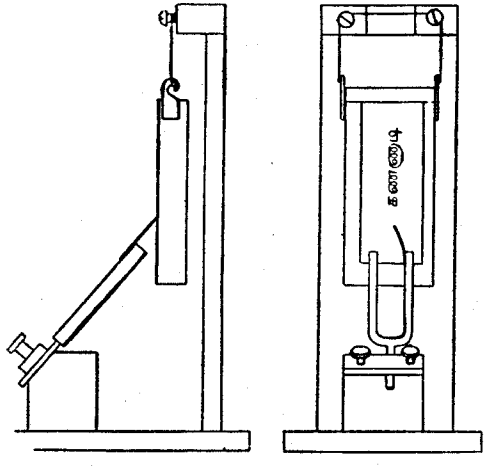
(i) வரைவின் ஆரம்பம் செவ்வையாகக் காட்டப்பட்டிருந்தால் ஆரம்பத்திலிருந்து கண்ணுடியிற் காட்டப்பட்ட கடை அலை வரை உள்ள தூரம் s ஐ அளக்க ; இத் தூரத்திலுள்ள முழு அலைகளின் எண்ணிக்கைகளை எண்ணுக ; இதை N என்க.

கண்ணுடி தன்னுடைய பாரத்தினுற் கீழே விழுகின்றது. அதற்கு ஆரம்பவேகம் இல்லாததால் t செக்கனில் அது $s=\frac{1}{2}gt^2$ ஆகிய தூரம் விழும். இவ்வாறுக அளந்தறியப்பட்ட தூரமான s இற்கு விழுவதற்கு வேண்டிய நேரமான t இனைக் கணித்தறியலாம் ; இதை

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$ என்பதால் அறியலாம்.

இந்நேரத்தின்பொழுது கவர் N அதிர்வுகளை ஆக்கியது ; எனவே கவரின் அதிர்வெண் $\frac{N}{t}$ ஆகும்.

(ii) ஆரம்பத்தில் வரைவு தெளிவாக இல்லாவிட்டால் முதலாவதாகத் தெளிவாகக் காணப்படும் அலைமுடியிலிருந்து, n ஆம் முடியாகக் குறித்து



உரு. 118. வீழ்தட்டு ஆய்கருவி

சில n அலைகளை (இது 20 ஆகுக) எண்ணி அறிக. இதற்குமேலும் சில n அலைகளை எண்ணி அறிக. முதலாவது தொகுதியான n அலைகளின் நீளம் s_1 ஐயும், இரண்டாம் தொகுதியான n அலைகளின் நீளம் s_2 ஐயும் அளந்தறிக.

முதலாவது முடியைத் தாண்டுகின்ற பொழுது கண்ணுடியின் வேகம், v_0 ஆகவும் n அலைகளை ஆக்குதவற்கு எடுக்கப்பட்ட நேரம் t ஆகவும் இருந்தால் (உரு. 119),

$$s_1 = v_0t + \tfrac{1}{2}gt^2$$ ஆகும்.

குறிக்கப்பட்ட முடிகளுள் இரண்டாவதைக் கண்ணுடி தாண்டும்போது அதனுடைய வேகம் $v_1 = v_0 + gt$.

தூரம் s_2 என்பது

$$s_2 = v_1t + \tfrac{1}{2}gt^2$$

அல்லது $$s_2 = v_0t + gt^2 + \tfrac{1}{2}gt^2$$

என்பதாற் பெறப்படும் ; ஏனெனில் s_2 என்பது s_1 என்பதனை ஆக்குவதற்கு எடுக்கப்பட்ட நேரத்திலேயே ஆக்கப்பட்டிருக்கும்.

இவ்வாறுக $$s_2 - s_1 = gt^2$$

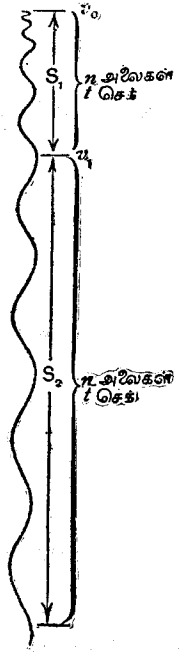
அல்லது $$t = \sqrt{\frac{s_2 - s_1}{g}}.$$

இந்நேரத்தின்பொழுது n அதிர்வுகள் இயற்றப்படுகின்றன ; எனவே அதிர்வெண் $= n/t$.

பரிசோதனை 82. குண்டின் குழாய் (Kundt's Tube)—ஒரு மீற்றர் அளவு நீளமும் 5 ச. மீ. உள் விட்டமும் கொண்ட ஒரு கண்ணுடிக் குழாயை எடுத்து ஒரு பன்சன் சுடர் மேல் நன்றாக உலர்த்திக் கொள்க. இக்குழாயின் ஒரு பக்கத்தைக் கிடேச்சினுல் அடைக்க முன்னர் **உலர்ந்த** தக்கைத் தூளை, அல்லது இலைக்கப்போடியம் தூளினை உள்ளே தூவி விடுக. இடையான அச்சின் மூலமாக குழாயினை அக்குழாயிலுள்ள தூசுகள் சுவர் வழி நழுவிப் போகும் வரை சுழற்றுக. தக்கையால் அல்லது எபனைற்றால் ஆய இலேசான தட்டொன்று முனையிற் பொருத்தப்பட்ட ஒரு கோலினை அம்முனை மேற்கூறிய குழாயினுட் சற்றுப் புடைத்து நிற்குமாறு நாட்டுக. இக்கோலின் முனையும் அதனுடு பொருத்திய தட்டும் குழாயினுள் இலகுவாக அதிரக்கூடியவகையில் அத்தட்டானது அக்குழாயிலும் சிறிதாகச் செய்யப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

இக்கோலினை செவ்விய நடுப்புள்ளியில் இறுகப் பற்றி நீள்முறையில் அலை அதிர்வுகள் உண்டாக்கப்படல் வேண்டும்; பசைபூசிய ஒரு தோலினுல், அல்லது துணியினுல் நீளப்பாட்டுக்குக் கோலை அழுத்துவதால் இவற்றை உண்டாக்கலாம். இதனுல் குழாயினுள் உள்ள வளி அதிர்வு பெற, அதனுல் அலைகள் குழாயூடாகச் செலுத்தப்படக் குழாயின் மூடப்பட்ட மற்றை முனையிலுள்ள தக்கையிலிருந்து அவை தெறித்து மீளும்.

ஒவ்வொரு செப்பஞ் செய்யும் புதுப்புது நிலையிலும் அக்கோல் ஒலி உண்டாக்குமாறு தட்டப்பட குழாய் **சிறு சிறு** அளவாகக் கோலின் மூனைக்கு மேலாகத் தள்ளப்படுகின்றது. இவ்வாறே செய்து கொண்டுபோகும்பொழுது கோலினுடைய சுரத்திற்கு குழாயிலுள்ள வளியோ வாயுவோ பரிந்தொலிக்கக் கூடிய சுரநிலையொன்று வரும். இப்படியாக நடக்கின்ற நேரத்தில் குழாயிலுள்ள தூசி யெல்லாம் அதிர்வில் அகப்பட்ட வளியின் சுழற்சியில் அகப்பட்டுவிடும். இயக்கம் இறந்துபட்டபின் **முரண்கணுக்களில்**[1] இத்தூசுகள் குறிக்கப்பட்ட சில பண்புகள் கொண்ட விளிம்புகளாகப் படிந்து கொள்ளும். இவ்வாறுகப் பல முரண்கணுக்கள் செவ்வையாகப் புலப்படும். இப்பொழுது ஓரளவு கூடிய தொலைவிலுள்ள இரு முரண்கணுக்களுக்கிடையிலுள்ள தூரம் அளந்தறியப்படும்.



உரு. 119.
இசைக்கவரின் பதிப்பு.

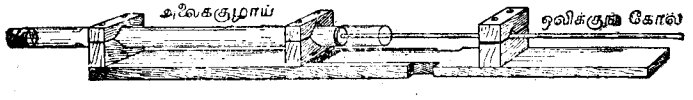
இவ்வாறு எடுத்துக்கொண்ட இரு முரண்கணுக் குவியல்களுக்கிடையில், உள்ள குவியல்களின் எண்ணிக்கைகளைக்கொண்டே இடையமைந்த முரண்கணுக்கள் அறியப்படும். இதனால் குழாயிலுள்ள வாயுவின் ஒலி அலை நீளம் பெறப்படும். இங்கு அடுத்தடுத்த இரு முரண்கணுக்களுக்கிடையிலுள்ள தூரம் ஓர் அலை நீளத்தின் அரைப் பகுதியாகும்.

இப்பொழுது கோலின் சுருதியை, ஒப்புமைக்காக அறியப்பட்ட அதிர்வெண் கொண்ட ஓர் இசைக்கவரைப் பயன்படுத்தி, சுரமானியில் அறியலாம்.

(271 ஆம் பக்கத்திலுள்ள சுரமானியோடிணைந்த பரிசோதனைகளைக் காண்க.) இதனிலிருந்து, $V = n\lambda$ என்னும் தொடர்பினைப் பயன்படுத்தி வாயுவில் ஒலியின் வேகத்தை அறியலாம்.

வாயுவில் ஒலியின் வேகம் அறியப்பட்டதெனக் கொள்ளின் இச்சமன்பாட்டினைக்கொண்டே கோலினது சுரத்தின் அதிர்வெண்ணை அறிந்துகொள்ளலாம்.

கோலுக்கு யங்கின் குணகத்தைக் கணித்தறிதல்.—கோலானது அதன் நடுப்புள்ளியிடத்தில் கனு ஒன்றினைக் கொண்டும் ஒவ்வொரு முனையிலும்



உரு. 120. **குண்டின்** குழாய்

[1]கடினமாயினும், தொடர்ந்து ஒலிப்பதால் கனுக்களில் தூசிகளைச் சிறு குவியல்களாகப் படியச் செய்யலாம்.

ஒரு முரண்கணுவைக் கொண்டும் அதிர்கின்றது. எனவே **அதன் நீளம் அக்கோலின் திரவியத்திலுள்ள சுரத்தின் அரை அலை நீளத்திற்குச் சமனாகும்.**

கோலிலே ஒலியின் வேகம் $\sqrt{E/\rho}$ ஆகும். இங்கு ρ என்பது கோலின்



உரு. 121. **குண்டின்** குழாயில் முரண்கணுக்கள்

அடர்த்தியாகும்; E என்பது நீளப்பக்க விகாரத்திற்குரிய மீள்சத்தியின் குணகமாகும். இதனால் E என்பது **யங்கின்** குணகமாகும். இங்கு

V' = கோலிலே ஒலியின் வேகமாக,
λ' = கோலிலே ஒலியின் அலை நீளமாலும்,
$V' = n\lambda'$ ஆகும்.

இங்கு n அறியப்பட்டதொன்றாகும்; λ' கோலின் நீளத்தின் இரு மடங்கிற்குச் சமம், இது அளந்தறியப்படக்கூடியது; எனவே V' கணித்தறியப்படக்கூடும்.

கோலின் அடர்த்தியும் அறியப்பட்டது; இன்னும்,

$$V' = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

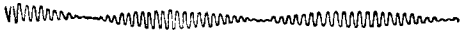
எனவே கோலின் திரவியத்திற்கு **யங்கின்** குணகத்தை நாம் காணலாம்.

§ 2. அடிப்புக்கள்

ஏறக்குறைய ஒத்த சுருதி கொண்ட இரு தூய சுரங்களை ஒத்து இசைத்தால் ஒலியின் செறிவிலே ஆவர்த்தன முறை மாறல்களை நாம் கேட்கலாம். ஒலியும் ஒத்தியைந்த அமைதியும் மாறி மாறி வருதலே **அடிப்புக்கள்** எனப்படும். ஏறக்குறைய ஒத்த அதிர்வெண்கொண்ட இரண்டு இசைக் கவர்கள் ஒருங்கே அதிர்வுகொள்ளச் செய்யப்படுகின்றபொழுது இவ் வடிப்புக்களைத் தெளிவாக அறிந்து கொள்ளலாம். முறையே இரு கவர்கள் N_1, N_2 ஆகிய அதிர்வெண்களைக் கொண்டிருந்தால் ஒரு செக்கனுக்கு உள்ள அடிப்புக்களின் எண்ணிக்கை இவ்வதிர் வெண்களுக்கிடையிலுள்ள வித்தியாசமாகும்; $n = N_1 - N_2$. இங்கு N_1 என்பது N_2 என்பதிலும் பெரிதாகக் கொள்ளப்பட்டது.

இவ்வினவினைத் தலையீட்டுத் தத்துவத்தினால் விளக்கிக் கொள்ளலாம். இரு சுரங்களுக்குமுள்ள செலுத்துகை வேகம் ஒன்றேயாகும். ஆனால் அவற்றின் அலைநீளங்கள் சிறிது வேறுபடும். அலைகள் நிலைமையில்

ஒத்திருக்கின்றபொழுது அவை ஒன்றையொன்று வலிமைகொள்ளச் செய்யும். ஆனால் அவை எதிராக நிற்கின்ற பொழுதில் அவை ஒன்றையொன்று



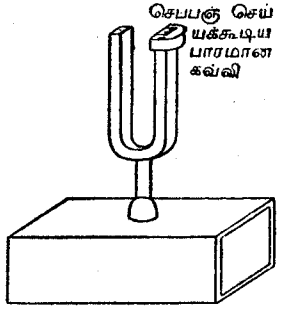
உரு. 122. அடிப்புக்களில் வீச்சு வேறுபாடுகள்

நடுநிலையாக்கிவிடும் (உரு. 122). உதாரணமாக, இரு மூலங்களிலிருந்து வருகின்ற அலைகள் ஒரே நிலைமையில் நம் செவிப்புலனை அடைகின்ற அக்கணத்தைத் தொடக்க நிலையாக எடுத்துக் கொள்வோம்.

ஒரு செக்கன் முடிந்ததும் உயர்சுரம் N_1 முழு அதிர்வுகள் இயற்றி முடிக்க தாழ் சுரம் N_2 அதிர்வுகளையே செய்து முடித்திருக்கும்; அதாவது, உயர்சுரம் தாழ்சுரத்திலும் $N_1 - N_2$ அதிர்வுகள் மேலாகச் செய்திருக்கும். அந்தச் செக்கனின்பொழுது ஒரு தொகுதி அலைகள் மற்றதனிலும் வீழ்ச்சியடையும்; இவ்வாறான நட்டம் $N_1 - N_2$ அலைநீளங்களாகும். எனவே அச் செக்கனின் பொழுது, நிலைமையில் இரு தொகுதிகளும் $N_1 - N_2$ அமையங்களில் ஒத்தும் $N_1 - N_2$ அமையங்களில் எதிருற்றும் நின்றன எனலாம். இப்பின்னைய நிலைமை அமைதி நிலையம். இதனை வேறு முறையிற் கூறில் ஒரு செக்கனிலுள்ள அடிப்புக்களின் எண்ணிக்கை $n = N_1 - N_2$ ஆகும்.

இரு சுரங்கள் ஏறக்குறைய ஒத்திசை கொண்டனவாயின், அடிப்புக்கள் மிக்க மந்தமாக இருக்கும். அதனால் அவற்றை வேறுபடுத்தி உணர்தல் கடினமாகும். ஆனால் அடிப்புக்கள் ஒரு செக்கனுக்கு 4 இற்கு மேலாக இருக்குமெனின் அவற்றை எண்ணுவதும் கடினமாகும். இவ்வடிப்புக்கள் வெவ்வேறுகப் பிரித்துணரா வழியில் மிக்க விரைவாக அமையுமெனின் "இசையின்மை", அல்லது "இசை ஒவ்வாமை" உண்டாகும்.

பரிசோதனை 83. இசைக்கவர்களுக் கிடையிலுள்ள அடிப்புக்கள்:—பரிவுப் பெட்டிகள் மேல் ஏற்றப்பட்ட ஏறக்குறைய ஒத்த சுருதி கொண்ட ஈர் இசைக் கவர்களை எடுக்க. ஒரு கவரின் அதிர்வெண்ணை, அதன் இலையில் பொருத்தப்பட்ட நகர்த்தப்படக் கூடிய திணிவு ஒன்றினால் மாற்றிக்கொள்ளலாம். (உரு. 123).



உரு. 123. சுமைகொண்ட இசைக் கவர்.

இலையின் முனையிலிருந்து குறித்த ஒரு தொலைவில் திணிவை நிலையாக்குக. குறித்த ஒரு நேரத்திற்குள், மற்றக்கவருடன் ஆக்கப்பட்ட அடிப்புக்களை எண்ணுக.

நிறுத்தற்கடிகாரம், அல்லது மணிக்கூண்டு ஒன்றின் துணைகொண்டு நேரத்தை எடுத்து இயலுமான அளவு அடிப்புக்களை எண்ணி ஒரு செக்கனுக்கு எவ்வளவு அடிப்புக்கள் உள என்பதைத் துணிந்துகொள்க.

இலையின் மற்றைப்புள்ளிகளிலே திணிவைப் பொருத்தி இந்நோக்கமே மீண்டும் மீண்டும் செய்து, இலையின் சுயாதீன முனையிலிருந்து அத்திணிவு கொண்டிருக்கின்ற தூரத்திற்கும் ஒரு செக்கனுக்குள்ள அடிப்புக்களின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள தொடர்பினைக் காட்டும் ஒரு வளைகோட்டை வரைந்து காட்டுக.

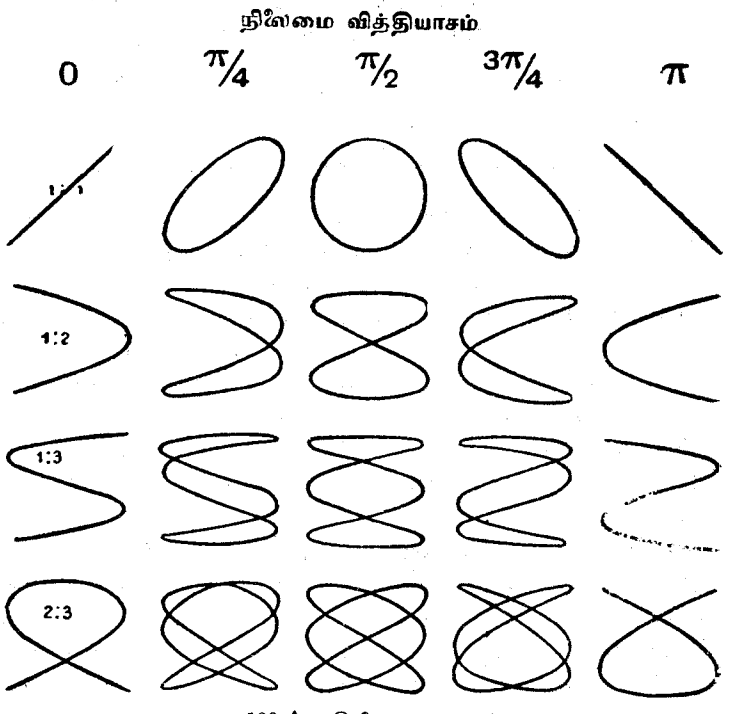
§ 3. செங்கோணங்களில் இசை அதிர்வுகளை ஆக்கல்

செங்கோணத்திசைகளிலமைந்த இரு **தனியிசை இயக்கங்கள்** (பக்கம் 182 உரு. 83) மேற்பொருத்தப்படின் அதனால் விளையும் இயக்கத்தை முறையே அவற்றிற்கு அமைந்த வட்டங்களின் துணைகொண்டு (துணைவட்டங்கள்) அறிந்துகொள்ளலாம். இதனால் பெறப்படும் உருவங்கள் மிக்கபுகழ்பெற்ற பௌதிகவியல் பேராசிரியரான பிரெஞ்சு அறிஞர் **ஜே. ஏ. இலீசசு (J. A. Lissajous)** என்பவர் பெயரால் அழைக்கப்படுகின்றன. இவருடைய நினைவுக் குறிப்புக்கள் 1873 இல் வெளியிடப்பட்டன. இதற்குரிய சில விளக்கப்படங்கள் உரு. 123A இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இங்கு செவ்வக அதிர்வுகளின் வீச்சங்கள் ஒன்றுயிருக்கின்றன. இவற்றுள் எளிமையான உருவங்கள் வரிப்படத்தில் மேல்வரிசையில் உள்ளவையே. இவற்றில இரு ஆர்வத்தனங்களும் ஒன்றுயுள்ளன. இதனால் வரும் வளைகோடு ஒரு நீள்வளையம் என்பதைக் காணலாம். இது, தொடக்க நிலைமைகள் பொருந்தினால் அல்லது π இனால் வித்தியாசப்பட்டால் ஒரு நேர்கோடாக அமைவுறும். ஆனால் அக்கூறுகளின் வீச்சங்கள் சமமாக இருக்கையில் நிலைமையின் வித்தியாசம் $\frac{1}{2}\pi$ ஆனால், நீள்வளையம் ஒரு வட்டமாகும். மாறுத வட்ட இயக்கம் என்பது நிலைமையால் ஒரு முழு ஆவர்த்தனத்திற் காற்பங்கு வித்தியாசம் கொண்டிருக்கும் செங்கோணங்களிலமைந்த இரு தன்னிசை இயக்கங்களை மேற்பொருத்தல் எனக் கருதலாம்.

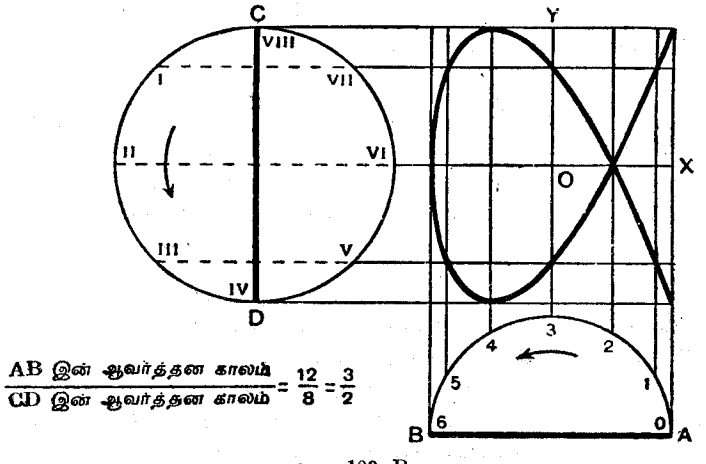
கீழ்வரிசையிலுள்ள உருவங்கள், 1 : 2, 1 : 3, 2 : 3, என்னும் விகிதங்களிலமைந்த ஆவர்த்தனங்களைக் கொண்ட கூற்று அதிர்வுகளுக்கு ஒத்தனவாயுள்ளன. இவ்வகையிலமைந்த சிக்கலான வேறு பல உருவங்கள் **பார்த்தன்** உடைய **ஒலிப்பாடநூல்** என்பதில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. (பக்கம் 61 உரு. 18).

இலீசசுவின் உருவங்களைப் பெறும் இக்கேத்திரகணித முறை உருவம் 123B இல் எடுத்துக் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ்வகை சார்ந்த பல வரிப்படங்கள் மிக விரிவான அளவில் **அல்பிரட்டு தனியலின் (Alfred Daniell) பௌதிக தத்துவப் பாடநூல்** (1884) என்பதில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இங்கு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட உருவத்தில் அதிர்வெண்கள் AB, BC என்பவற்றிற்கு ஒத்த சமமில்லா வீச்சங்களைக்கொண்ட அதிர்வுகளையுடையன. காலங்கள்

12 : 8, அல்லது 3 : 2 என்ற விகிதத்தில் உள்ளன. ஆகவே அதிர்வெண்கள், (அல்லது துடித்தல்கள்) (பக்கம் 184) 2 : 3 என்ற விகிதத்திலுள்ளன.



உரு. 123 A. இலீசசு உருவங்கள்



$$\frac{\text{AB இன் ஆவர்த்தன காலம்}}{\text{CD இன் ஆவர்த்தன காலம்}} = \frac{12}{8} = \frac{3}{2}$$

உரு. 123 B.

ஒவ்வொரு குறிப்பு வட்டமும் சமமான இடைவெளி நேரங்களுக்கு ஒத்தவாறு சமமான விற்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது; இப்பிரிப்பு, இவ் வாறுன .வில் ஒரே நேரத்தில் கடக்கப்படக்கூடியதாக அமைக்கப்பட் டுள்ளது. முழுக் குறிப்பு வட்டத்தின் ஓர் அரைப்பகுதியே அமைக்க வேண்டி வரும். வட்டங்களிலே தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட புள்ளிகளுக்கூடாக செவ்வக வலேவேலேப்பாடு ஒன்று அமையக்கூடிய வகையில் AB, CD ஆகிய விட்டங்களுக்குச் செங்கோணங்களில் அமையுமாறு கோடுகள் கீறப் படும். இச் செவ்வகங்களில் யாதாயினும் ஒன்றின் மூலையிலிருந்து நாம் தொடங்கி (உதாரணமாக, A இற்கும் C இற்கும் ஒத்த மூலையிலே தொடங்கி) மூலைவிட்ட வழியிற் செல்வோமானால் ஒத்த இடைநேரங்களால் பிரிக்கப்பட்ட வரிசையிலமைந்த புள்ளிகளுக்கூடாகச் (II, 2II, முதலியன), செல்வோம்; இப்புள்ளிகள் இலீசசுவின் உருவங்களில் ஒன்றுன வளேகோட டிற் கிடக்கும். இவ்வாறமைந்த வளேகோடு இரு கூறுகளுக்குமிடை அமைந்த நிலைமை வித்தியாசத்திலே தங்கியுள்ளது. இதை உரு. 123 A இற் கண்டுள்ளோம்.

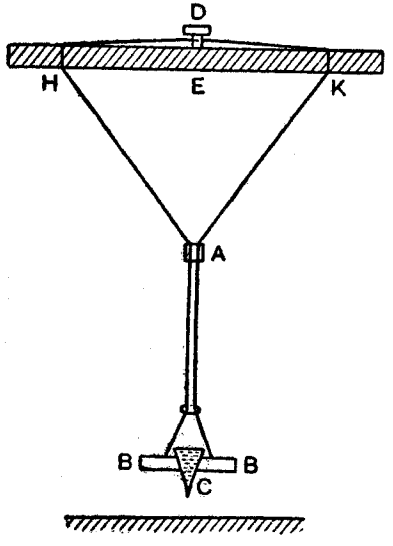
வீச்சங்களும் நிலைகளும் காலங்களும் வேறு வேறுக இருக்கின்றபொழுது சிக்கல் மிக நிறைந்த வளேகோட்டினேப் பெறுவதற்குக் கேத்திர கணித முறையை மாணுக்கர் பயிலல் வேண்டும். பல விற்களேப் பயன்படுத்து வதால் மிக்க திருத்தமான விளேவுகளேப் பெற்றுக்கொள்ளலாம்.

பிளாக்குபேணின் (Blackburn) ஊசல்

இவ் விளேவுகளே எடுத்துக் காட்டுவதற்குப் பலவிதமான பரிசோதனே வழிகள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. வகுப்பில் எடுத்துக் காட்டுவதற்கு வாய்ப் புடைய எளிய கருவி எச். பிளாக்குபேண் அவர்கள் அமைத்த ஊசலாகும். இவர் 1849 இலிருந்து 1879 வரை கிளாசுகோவில் கணிதப் பேராசிரியராக விளங்கினர். நாம் முன்னர் கண்டவாறு ஒரு தனி ஊசலின் குண்டு அண் ணளவான தனியிசை இயக்கத்தோடு அசைகின்றது. உரு. 123 C இல் காட்டியவாறு Y எழுத்தைப் போன்ற இரட்டைத் தொங்கல் ஒன்றைப் பயன் படுத்தி பிளாக்குபேணின் ஊசலின் குண்டைச் செங்கோணங்களில் அமைந்த இரு திசைகளில் ஊசலாடச் செய்யலாம். BB என்னும் குண்டு நிலேப்படுத் தப்பட்ட HK எனும் விட்டத்திலிருந்து இரண்டு அல்லது மூன்று மீற்றர் நீளம் கொண்ட ஒர் இரட்டை நாணில் தொங்கவிடப்படும்.

அமைத்துக்கொள்ளக்கூடிய கவ்வி A ஆனது கயிற்றின் கீழ்ப்பாகங்களே ஒன்று சேர்த்து வைத்துக்கொண்டு A என்பதற்கும் குண்டின் ஈர்க்கும் மையத்திற்கும் இடையுள்ள தூரத்தை மாற்றுவதற்கேற்ற வழியொன்றை அளிக்கின்றது. விட்டத்திற்கு மேலாக உள்ள நாணின் மேற்பகுதி ஒரு மூளே D என்பதைச் சுற்றிச் சுற்றப்பட்டுள்ளது. இது இன்னும் அமைவு படுத்திக்கொள்ளக்கூடிய வழிவகையைத் தருகின்றது.

இக்குண்டானது தாளின் தளத்திலே ஊசலாடுகின்றபொழுது இவ் வொழுங்கு AB என்னும் நீளத்தைக் கொண்ட ஒர் ஊசலைப் போல் நடந்து கொள்கின்றது. ஆனால் இக் குண்டானது அவ்வுருவின் தளத்திற் குச் செங்கோணத்திலமைந்த ஒரு நிலைக்குத்துத் தளத்தில் ஆடுகின்ற பொழுது சமவலுவூசலின் நீளம் EB ஆகும். இக்குண்டானது நல்ல மண லோ (அல்லது நிறமுள்ள நீரையோ) கொண்டுள்ள புனல் C ஐத்தாங்கும் காரியத்தாலான வளையமாகும். இக் குண்டின் கீழே, அளவான ஒரு தொலைவில், கிடைத் தளத்தில் ஒரு தாளானது இடப்பட்டிருக்கும். இவ் வூசல் ஆடுகின்றபொழுது இம்மண லிலிருந்து வரும் தாரை அவ்வூச லின் இயக்கத்தின் ஒரு பதிவினைத் தருகின்றது.



உரு. 123 C.

இதனிலும் சிக்கலான, ஆனால் திறமையுடைய கருவி இசையளவி யாகும் (Harmonograph). இது ஒன் றுடனொன்று செங்கோணங்களில் அமைந்த தளங்களில் அசையக்கூடிய முறையில் அமைக்கப்பட்ட இரு பாரிய திண்ணிய கூட்டுசேல்களைக் கொண்ட தாகும். இவற்றுள் ஓர் ஊசல், வரையும் ஒரு முனையைக் கொண்டிருக்கும். மற்றது தட்டையான கிடைத்தளமான மேற்பரப்பைக் கொண்டிருக்கும்; இதன்மேல் வரைவு பதிவு செய்யப்படும்.

வெப்பவயன் வால்வுகளில் பிறக்கும் அலைவுகளைப் பற்றி ஆய்வதற்குச் செங்கோணங்களில் அமைந்த அதிர்வுகளின் அமைப்பு மிக்க பயனுடைய தாகும்; எதிர்மின்வாய்க் கதிரலைவு பதிகருவி இவ்வினைவுகளைப் பயன் படுத்தற்கு நல்லதொரு எடுத்துக்காட்டினை அளிக்கின்றது. அன்றியும் இலீசசுவின் உருவங்களைக் கட்புலப்படுத்துவதற்கும் அது பயன்படுகின்றது.

அதிகாரம் III

ஈர்க்கப்பட்ட ஒரு தந்தியின் குறுக்கு அதிர்வுகள்

§ 1. ஈர்க்கப்பட்ட தந்தி வழியே குறுக்கு அலைகளைச் செலுத்துதல்

இழுவிசையிலுள்ள ஒரு தந்தியின் வழியே உள்ள ஒரு குறுக்கு அலையின் வேகத்திற்குரிய கோவை,

$$V = \sqrt{\frac{T}{m}}$$

என நாம் காட்டலாம். இங்கு T என்பது தந்தியிற் செலுத்தப்பட்ட இழுவிசை, அல்லது விசை எனப்படும். m என்பது தந்தியின் ஓர் அலகு நீளத்தின் திணிவாகும்.

T என்பது இருத்தலியில் அளக்கப்பட, m என்பது ஓர் அடி நீளத்துக்கு இருத்தல் என்னும் முறையில் அளக்கப்பட்டால், வேகமானது ஒரு செக் கனுக்கு இத்தனை அடி எனக் கொடுக்கப்படும்; T தானில் இருக்க m என்பது ஒரு சதம மீற்றர் நீளத்திற்கு இத்தனை கிராம் என இருந்தால், வேகம் ஒரு செக்கனுக்கு இத்தனை சதம மீற்றர் என்னும் முறையிற் பெறப்படும்.

பரிசோதனை 84. தந்தியின் வழியே செல்லும் ஓர் அலையின் வேகத்தை அறிதல்— பல மீற்றர் அளவு நீளம் கொண்ட ஓர் இழையினை, ஒரு முனை ஓரிடத்தில் பொருந்துமாறும் மற்ற முனை கப்பிக்கு மேலாகச் சென்று ஒரு தராசுத் தட்டைக் கொள்ளக்கூடிய வகையிலும் அமைக்க. தராசுத் தட்டில் பலவித நிறைகளை வைத்து இழையை இழுத்து வலிக்க. இழையின் ஒரு முனையை மீட்ட, அங்கு எழும் குழப்பம், இழையின் ஒரு முனையிலிருந்து மற்ற முனைக்கு 10 அல்லது 15 தடவை செல்ல எடுக்கும் நேரத்தைக் காண்க. இதைச் சுலபமாகச் செய்யலாம். ஏனெனில் குழப் பத்தின் இயக்கம் எளிது புலப்படக்கூடியதாக இருப்பதால், அது செல்ல எடுத்துக்கொண்ட நேரத்தை ஒரு நிறுத்தற்கடிகாரத்தின் துணைகொண்டு அறிந்துகொள்ளலாம்.

முனையிலே தொங்குகின்ற அறியப்பட்ட திணிவு M கிராமிலிருந்து இந்த இழையின் இழுவிசையைத் தைற் கணித்தறிக;

$$T = Mg \text{ தைன்.}$$

M என்பது இங்கே தராசுத்தட்டின் திணிவையும் அடக்கும்.

11—R 2477 (5/62)

பின்னர், பரிசோதனையின் பொழுது எடுத்துக் கொண்ட இழையை யொத்த இழையின் ஒரு பகுதி நீளத்தை அளந்து, நிறுத்து, அதன் மூலம், ஒரு சதம மீற்றர் இழையின் திணிவை அறிக.

குழப்பத்தின் இயக்கத்தோடு ஒட்டிய நோக்கல்களிலிருந்து அவ்விழை வழியே, அலைகொண்ட வேகத்தைக் கணித்தறிக. அப்படியாக நோக்கி அறியப்பட்ட வேகம், ஒரு செக்கனுக்கு $\sqrt{T/m}$ சதம மீற்றர் எனக் காட்டுக.

பரிசோதனை 85. ஓர் அலையின் வேகத்தைப்பற்றிய நோக்கல்களிலிருந்து அறியாத திணிவைத் துணிதல்—முன்கூறிய பரிசோதனையிற் பயன்படுத்தப் பட்ட இழையில், அறியப்படாத திணிவு M இனைத் தொங்கவிடுக. பின்பு முன்னர் செய்தவாறு அலைக்குழப்பத்தின் வேகத்தை நோக்குக. கீழ் வரும் சமன்பாடுகளிலிருந்து தொங்கவிட்ட பொருளின் திணிவினைக் கணித்தறிக.

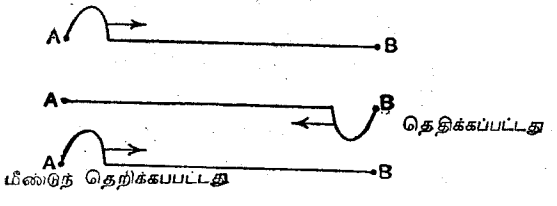
$$\text{M (அறியப்படாதது)} = \frac{T}{g},$$

$$T = V^2 m.$$

ஒரு தராசின் துணை கொண்டு உண்மை நோக்கலினால் M இனை அறிந்து மேலே காணப்பட்ட விளைவுடன் வாய்ப்புப் பார்க்க.

§ 2. ஈர்க்கப்பட்ட ஓர் இழையின் நிலையான அதிர்வுகள்

உரு. 124 ஐப் பார்க்க. A, B என்னும் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே ஓர் இழை ஈர்க்கப்பட்டு அவ்விழையின் யாதாயினும் ஒரு புள்ளியில் ஒரு குழப்பம் உண்டாக்கப்பட்டால் அக்குழப்பம் ஒரு முனை நோக்கிச் சென்று, பின்னர், அங்கிருந்தும் மற்றை முனைநோக்கி நேர்மாறான முறையில் தெறிக்கப்படுகின்றது. இங்கு, இது மீண்டுந் தெறிக்கப்படுகின்றது. ஆனால் இம்முறை அது முந்திய



உரு. 124. ஈர்க்கப்பட்ட இழையின் முனைகளிலிருந்து குழப்பம் தெறித்தல்

குழப்பத்தின் வடிவிலேயே செல்கின்றது; ஆதலால் குழப்பமானது, இழை நீளத்திற்கு இருமுறை சென்றபின், அவ்விழை செவ்வையாக முதலிலிருந்த நிலையிலேயே இருக்கின்றது. இதை வேறு வகையிற் கூறில், குழப்பமானது ஒருமுறை இழை நீளம் சென்று பின் ஒருமுறை திரும்பி வந்தால், இழையின் அதிர்வு ஒரு அலைவுச் சுற்றை முடித்ததென்று சொல்லலாம்.

இப்பொழுது, செலுத்தலின் வேகம் $\sqrt{T/m}$; அலை ஒரு முழு அலைவுச் சுற்றிற் சென்ற தூரம் $2l$. எனவே அதிர்வின் காலம்,

$$t = \frac{2l}{\sqrt{T/m}},$$

அல்லது அதிர்வெண் $$n = \frac{1}{t} = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}.$$

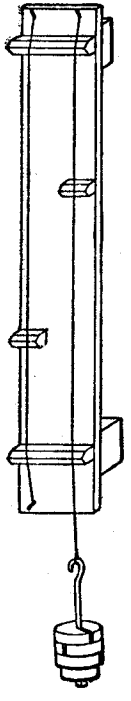
இதிற் காணப்படும் l, T, m என்னும் பலவித கணியங்களையும் அறிந்தால் ஓர் இழையின் அதிர்வெண்ணைக் கணிக்க, இக்கோவை உதவுகின்றது.

சுரமானி அல்லது ஒற்றைநாண் கருவி

சுரமானியானது, ஒன்று அல்லது பல இழைகள் அல்லது தந்திகளை வைத்து ஈர்க்கக்கூடியதான நிலையான இரு பாலங்களைக் கொண்ட உறுதியான ஒரு சட்டத்தைக் கொண்டுளதாகும். வழக்கமாக இவ்வாய்கருவியில், நிலையாக ஒரு தந்தி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். திருகாணிச்சாவிகளை, அல்லது வேறு கருவிகளைப் பயன்படுத்தி இழுவிசையினை வேண்டிய வாறு அமைத்துச் சுருதியை மாற்றிக் கொள்ளலாம். இன்னொரு தந்தியை எடுத்து நிலையான பாலம் ஒன்றின்மேல் ஒரு முனையை நிலைப்படுத்தி, மற்ற முனையை இரண்டாம் பாலத்திற்கு மேலாகக் கொண்டு சென்று அதனைத் தராசுத்தட்டு ஒன்றுடன் பொருத்திவிடலாம். இவ்விரண்டாம் தந்தி நுனியிலிருந்தும் தொங்குகின்ற தராசுத்தட்டில் நிறைகளைப் போட்டு, இரண்டாவது தந்தியின் இழுவிசையை வேண்டியவாறு அமைத்துக் கொள்ளலாம். இதற்காக இச்சுரமானியை நிலைக்குத்தான நிலையில் வைத்துக்கொள்வது நல்லது. கிடைத்தளமான நிலையில் அதனை நாம் வைத்தால், நிறைகள் கீழ் முகமாகத்தொங்குவதற்கு அத்தந்தியானது ஒரு கப்பியின் மேலாகச் செல்லல் வேண்டும். இந்த முறையில் எப்பொழுதும் கப்பியில் ஓரளவு உராய்வு இருக்குமாதலின் தந்தியிலுள்ள இழுவிசை அதன் முனையிலே தொங்குகின்ற நிறை அளவினதாக எப்பொழுதும் இருக்காது. ஒவ்வொரு தந்திக்கும், நகர்த்தக்கூடிய இரு பாலங்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும், இவற்றைத் தந்திகள் வழியே நகர்த்துவதால், "**ஒலிக்கும் நீளத்தை**" நாம் வேண்டியவாறு மாற்றிக் கொள்ளலாம். இவ்வாறு இரண்டு தந்திகளின் சுருதிகளையும் நாம் விரும்பியவாறு மாற்றிக்கொள்ளலாம்.

பரிசோதனை 86. நீளத்தோடு சுருதி மாறுபடுவதை அறிதல்.—குறிக்கப்பட்ட சுரமானியொன்று அதிலுள்ள முறுக்குக்கம்பியை இழுத்து இசைத் தொனி பிறப்பிக்கக் கூடியதாக இழுவிசை ஏற்றப்பட்டுள்ளது. அதிர்வெண் தெரிந்த பல இசைக்கவர்களும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. நகரும் பாலத்தை நகர்த்தி முறுக்கிய கம்பியானது ஒவ்வொரு கவரோடும் முறையாக ஒத்திசைக்குமாறு,

அதன் நீளம் மாற்றிக்கொள்ளப்படும். இந்நேரத்திற் கம்பியின் இழுவிசையை நிலையாக வைத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். பக்கம் 273 இலுள்ள இசைத்தலைப் பற்றிய குறிப்புக்களைக் காண்க.



உரு. 125. நிலைக் குத்தாகவுள்ள சுரமானி

இசைக்கவர்களினதும் (இசைக்கப்பட்ட கம்பியினதும்) n_1, n_2 ஆகிய அதிர்வெண்களுக்கு ஒத்த நீளங்கள் l_1, l_2 ஆகியவை இவ்வாறு துணியப்படும்.

இப்போது $n_1 l_1 = n_2 l_2 = n_3 l_3$ என்பதை நாம் காணலாம். **இதிலிருந்து மாறு இழுவிசையிலுள்ள ஒரு கம்பியின் அதிர்வெண் அதன் நீளத்திற்கு நேர்மாறான விகிதசமனில் உள்ளது என்பதை நாம் காணலாம்.** n ஐயும் $\frac{1}{l}$ என்பதையும் தொடர்புபடுத்தி ஒரு வரைப்படம் வரைக.

இப்பெறுபேறுகளைக் கொண்டு அதிர்வெண் தெரியாத இசைக்கவரின் சுருதியை அறிக. முதலாவதாக, தெரிந்த அதிர்வைக்கொண்ட இசைக் கவரோடு ஒத்திசைக்கக்கூடிய கம்பியின் நீளத்தைத் துணிந்து அதன் பின்னர் அதிர்வு அறியப்படாத இசைக்கவரோடு ஒத்திசைக்கும் நீளத்தைக் காண்க.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{l_2}{l_1},$$

அல்லது n_1(அறியப்படாதது) $= n_2 \frac{l_2}{l_1}$ (எல்லாம் அறியப்பட்டவை).

மாறு நீளமுடைய ஒரு தந்தியின் அதிர்வெண்ணானது அதன் இழுவிசை ஆகியவற்றோடு எவ்வாறு மாறுபடுகின்றது என்பதை அறிதல், சிறிது சிக்கலானது. இதற்கு அறியப்பட்ட சுருதியுடைய பல இசைக்கவர்கள் தேவைப்படும். அடுத்து வரும் பரிசோதனைகளில், மறைமுகமான வழியொன்று பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இங்கு தந்தியானது, நீளம் மாற்றப்பட்டும் இழுவிசை மாற்றப்பட்டும் மீட்டப்படுகின்றது. இங்கு நீளத்தை எற்றவாறு மாற்றியதற்கு மேலே கூறப்பட்ட பரிசோதனையிலிருந்து பெற்ற விளைவைக்கொண்டு கணித்தறிந்து ஈடுசெய்து கொள்ளலாம்.

பரிசோதனை 87. இழுவிசைக்கு இயைந்தவாறு சுருதி மாறுபடுவதை அறிதல்.—சுரமானியின் இரண்டாவது கம்பிக்கு வேறு இழுவிசைகளைப் பிரயோகித்து, நிலையான கம்பியினுடைய குறித்த ஒரு நீளத்தோடொத்திசைக்கக்கூடிய இக்கம்பியின் நீளங்களைக் காண்க. நிலையான கம்பி எப்பொழுதும் மாறு இழுவிசையிலிருத்தல் வேண்டும். இழுவிசைகள் T_1, T_2, T_3, என்பன ஆகுக. அவற்றால் இசைக்கப்பட்ட நீளங்கள் l_1, l_2, l_3, என்பன ஆகுக.

கம்பி மேற் செயற்படும் இழுவிசைக்கு ஏற்றவாறு கம்பியின் ஒரு மாறு நீளத்தின் சுருதி எவ்வாறு மாறுகின்றது என்பதை அறிவதற்கு பரிசோதனை 86 இல் நாம் பெற்ற விளைவினைப் பின்வரும் முறையில் பிரயோகிக்கலாம்:

இழுவிசை T_1 என்பதைக் கொண்டு இழுக்கப்பெற்ற பொழுது l_1 நீளத்தின் சுருதி n_1 ஆகுக. அக்கம்பியின் ஒரு l_2 நீளமானது ஒரு இழுவிசை T_2 கொண்டு இழுக்கப்பட்ட பொழுது அதே அதிர்வெண் n_1 ஐக் கொண்டிருந்தது. முதலிருந்த கம்பியின் நீளத்தை (l_1) நாம் பயன்படுத்தியிருந்தால் இழுவிசை T_2 இல் சுருதியானது,

$$n_2 = n_1 \frac{l_2}{l_1}$$

ஆக இருந்திருக்கும். எனவே நாம் இப்பொழுது l_1 நீளமுடைய கம்பி, இழுவிசை T_2 இல் இருக்கின்றபொழுது கொண்டுள்ள சுருதி n_2 என்பதைக் கணித்தறியலாம்.

இவ்வாறே நீளம் l_1 என்பது இழுவிசை T_3 இலிருந்து ஒலிக்கின்ற பொழுது $n_3 = n_1 \frac{l_3}{l_1}$ என்னும் அதிர்வெண்ணைக் கொண்டிருக்கும்.

n_2, n_3 என்பனவற்றைக் கணித்தறிந்து n என்பது $\sqrt{T}$ என்பதற்கு விகிதசமமெனக் காட்டுக.

கீழ்வரும் அட்டவணையில் காட்டியவாறு விளைவுகளை ஒழுங்கு படுத்துக.

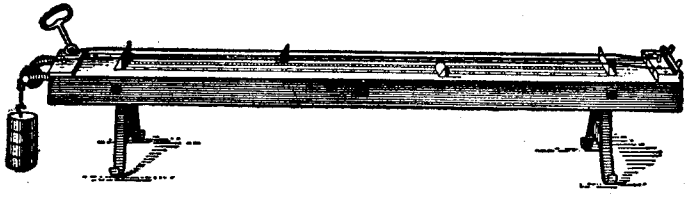
நிலைப்படுத்தப்பட்ட கம்பியின் அதிர்வெண் $= n_1$.

நிறைகொண்ட கம்பியின் இழுவிசை, ஈராம்–நிறை T	n_1 அதிர்வெண் சுரத்தினை அளிக்கும் நீளம் l	l_1 நீளத்துக்குக் கணித்தறியப்பட்ட அதிர்வெண் $n = n_1 \frac{l_2}{l_1}$, முதலியன	$\frac{\sqrt{T}}{n}$
T_1 =	l_1 =	n_1 =	$\frac{\sqrt{T_1}}{n_1}$ =
T_2 =	l_2 =	$n_2 = \frac{l_2}{l_1} n_1$ =	$\frac{\sqrt{T_2}}{n_2}$ =
T_3 =	l_3 =	$n_3 = \frac{l_3}{l_1} n_1$ =	$\frac{\sqrt{T_3}}{n_3}$ =

இவ்வட்டவணையின் இறுதி நிரல் மாறிலியாயிருக்கும் என்பதை நாம் காணலாம். இது n என்பது $\sqrt{T}$ என்பதற்கு விகிதசமன் என்பதைக் காட்டுகின்றது. ஒரு வரைப்படம் வரைக.

பரிசோதனை 88. ஓர் அலகு நீளத்தின் திணிவோடு அதிர்வெண் மாறுபடல்—கொடுக்கப்பட்ட ஒரு பாரத்தோடு ஒரு கம்பியைச் சுரமானியில் ஈர்க்க. நிலையான கம்பியோடு அக்கம்பியின் எவ்வளவு நீளம் ஒத்திசைக்கின்றது என்பதைக் காண்க.

அக்கம்பியை நீக்கிவிட்டு அதே பாரம் தாங்கிய இரண்டாவது ஒரு கம்பியைப் பொருத்துக. மீண்டும் நிலையான கம்பியோடு ஒத்திசைக்கின்ற நீளத்தைக் காண்க.



உரு. 126. இடைத்தளமான சுரமானி

ஒவ்வொரு முறையும் வெவ்வேறு பொருள்களாலான, அல்லது வெவ் வேறு விட்ட முடைய மூன்று அல்லது நான்கு கம்பிகளுக்கு இவ்வாறு மீண்டும் ஒத்திசைக்கின்ற நீளத்தைக் காண்க.

ஒவ்வொரு கம்பியையும் அல்லது அவற்றின் பகுதிகளையும் நிறுத்து, அப்படியாக நிறுக்கப்பட்ட பகுதியின் நீளத்தை அளந்தறிக. திருத்தமான பெறுபேற்றைப் பெற, போதுமான அளவு நீளத்தை எடுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். இவ்வாறு பயன்படுத்தப்பட்ட கம்பிகள் ஒவ்வொன்றினதும் ஒரு சதம மீற்றர் திணிவினைக் கணித்தறிக.

இப்போது பரிசோதனை 86 இல் இருந்து பெற்ற பெறுமானங்களைப் பயன்படுத்தி, ஒவ்வொரு கம்பியும் ஒரே இழுவிசையைக் கொண்டும் முதல் உபயோகிக்கப்பட்ட கம்பியின் நீளத்தையுங் கொண்டுமிருந்தால் அக் கம்பிகள் ஒவ்வொன்றினதும் அதிர்வெண் என்னவெனக் கணித்தறிக.

ஒத்த நீளங்கள் ஒரே இழுவிசையில் அதிர்கின்றபொழுது ஒவ்வொரு கம்பிக்குமுள்ள n இன் பெறுமதியை இது கொடுக்கின்றது.

ஒவ்வொரு கம்பிக்கும் $n\sqrt{m}$ ஒன்றேயாம் எனக் காட்டுக; அல்லது n என்பது $1/\sqrt{m}$ என்பதற்கு விகிதசமன் எனக் காட்டுக.

இவ்வினைவுகளைப் பின்வருமாறு ஒழுங்கு படுத்துக :

நிலையான கம்பியின் அதிர்வெண் $= n_1$.

நிலையான கம்பியோடொத்திசைக்கும் கம்பியின் நீளங்கள் l_1, l_2, l_3 ஆகியவை	ஒவ்வொரு கம்பிக்கும் ஒரு சதம மீற்றர் நீளத்திற்குள்ள திணிவு m_1, m_2, m_3 ஆகியவை	கொடுக்கப்பட்ட இழுவிசையில் (n_1, n_2, n_3 ஆகியவற்றில்) ஒவ்வொரு கம்பியினதும் நீளம் l_1 இன் அறியப்பட்ட அதிர்வெண்	$n\sqrt{m}$
$l_1 =$	$m_1 =$	n_1 (மேலுளவாறு) $=$	$n_1\sqrt{m_1}$
$l_2 =$	$m_2 =$	$n_2 = \frac{n_1 l_2}{l_1} =$	$n_2\sqrt{m_2}$
$l_3 =$	$m_3 =$	$n_3 = \frac{n_1 l_3}{l_1}$	$n_3\sqrt{m_3}$

இவ்வட்டவணையின் இறுதி நிரல் ஒரு மாறிலியாயிருப்பதை நாம் காணலாம். இது **n என்பது $1\sqrt{m}$ என்பதனுடன் மாறுபடுகின்றது** என்பதைக் காட்டுகின்றது.

பரிசோதனை 89. ஒரு சுரமானியைக்கொண்டு சுருதியின் பெறுமானத்தை நிர்ணயம் செய்தல்.—ஒரு கம்பியை, அறியப்பட்ட விசை T தைனைக் கொண்டு ஈர்க்க. துணியப்படவேண்டிய அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட கவருடன் ஒத்திசைக்கும் கம்பியின் நீளம் l ச.மீ. ஐக் காண்க.

பின்பு, கம்பியின் ஒரு துண்டினை வெட்டி, நிறுத்து அதிலிருந்து ஓர் அலகு நீளத்தின் திணிவைக் காண்க; இது ஒரு ச.மீ. இற்கு m கிராம் ஆகுக.

கம்பியின் அதிர்வெண்ணைக் கணித்தறிக. இவ்வதிர்வெண் அக்கம்பியோடு ஒத்திசைக்கும் கவரினதற்கு ஒத்ததாம்.

$$\text{இது, } n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$$

என்பதாற் பெறப்படும்.

இவ்வினைவுகளைப் பல வகையிற் பிரயோகிக்கலாம். நீளங்களின் அதிர்வுகளிலிருந்து வரும் தூண முடிபுகளுக்குப் பின்வரும் பயிற்சிகளைப் பயன் படுத்திக்கொள்ளலாம் :—

பரிசோதனை 90. சுரமானியைக்கொண்டு ஒரு கம்பியினது திரவியத்தின் அடர்த்தியைத் துணிதல்.—இப்பரிசோதனையில், சுரமானியின் பலகையிலிருந்து கம்பியை அகற்றலாகாது. தெரிந்த சுருதியுடைய ஒரு இசைக் கவரானது கொடுக்கப்படும். தெரிந்த ஒரு விசைகொண்டு கம்பியை ஈர்த்து, அதனுடைய ஒரு நீளத்தைக் கொடுக்கப்பட்ட இசைக்கவரோடு ஒத்திசைக்குமாறு செய்க.

$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$ என்பதில் n கொடுக்கப்பட்டுள்ளது, T அறியப்பட்டுள்ளது, l அளக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே m இனைக் கணித்தறியலாம்.

இப்பொழுது m ஆனது ஒரு சதம மீற்றர் நீளமும் அக்கம்பியினது விட்டத்திற்கு ஒத்த விட்டத்தையுமுடைய ஓர் உலோக உருளையின் திணிவாம். எனவே

$$m = \pi r^2 \rho;$$

இங்கு r என்பது கம்பியின் ஆரையாகும். ρ அதன் அடர்த்தியாகும். எனவே, கம்பியினது ஆரையை நுண்மானித்திருகாணியைக் கொண்டு அளந்தறிந்தால் m இனைக் கணித்தறிந்த பெறுமதியிலிருந்து ρ இனைத் துணியலாம்.

பரிசோதனை 91. சுரமானியைக்கொண்டு கொடுக்கப்பட்ட ஒரு சுமையினது நிறையை அறிதல்.—சுரமானியைக்கொண்டு நிறைகள் உள்ள ஒரு பையினை நிறுத்தல் பயனுடைய இன்னுமொரு பயிற்சியாகும். அறியப்பட்ட சுருதியுடைய ஒரு கவர் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. l நீளமுள்ள கம்பியொன்று அச் சுமையால் ஈர்க்கப்பட்டுக் கவரோடொத்திசைக்குமாறு செய்யப்பட்டுள்ளது. அக்கம்பியின் நல்ல நீளமான ஒரு பகுதியையெடுத்து நிறுத்து நிறையறிந்து, பின்பு ஒரு சதம மீற்றரின் திணிவைக் கிராமில் அறிந்து கொள்ளலாம். இவ்வாறுக,

$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$ என்னும் கோவையில்

n, l, m ஆகிய எல்லாவற்றையும் அறிந்து கொள்ளலாம்; எனவே T என்பதைத் தனிற் கணித்தறிந்து கொள்ளலாம். இப்பொழுது

$T = Mg$ தனால்;

இங்கு M என்பது கிராமில் அப்பையினது திணிவாகும். எனவே $M = T/g$ ஆகும்; எனவே பையினது திணிவும் அறியப்படக்கூடும்.

குறிப்பு.—

$$n = \frac{1}{2lr}\sqrt{\frac{T}{\pi\rho}}, \qquad \rho = \frac{T}{4l^2r^2n^2\pi}.$$

என்பன போன்ற "சூத்திரங்களைத்" தவிர்க்க.

இவை உண்மையானவை. எனினும் தேவையான பெறுபேறுகளை அடிப்படையான, முதற் தத்துவங்களைக்கொண்ட

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$$

என்னும் சமன்பாட்டைப் (பக்கம் 265–266 பார்க்க) பயன்படுத்தி அறிந்து கொள்ளலாம்.

மெலிடேயின் (Melde's) பரிசோதனை.—இப்பரிசோதனையில் வரையறுத்த அதிர்வெண்ணைக் கொண்ட ஒரு செலுத்தியைப் பயன்படுத்தி ஈர்க்கப்பட்ட ஓர் இழையின் மேல் அதிர்வுகளை நிலையுறச் செய்யலாம். இசைக்கவரின் கிளையிலுள்ள குறித்த ஒரு புள்ளியில், நூலின் ஒரு முனையைப் பொருத்தி விடுதல் வழக்கம். பின்னர் கவர் செலுத்தும் நேர் அலையையும், நூலின் தொலை முனையில் உள்ள நிலையான புள்ளியிலிருந்து தெறித்த அலையையும் மேற்பொருத்தி நிலையான அலையை ஆக்கலாம். வரையறுத்த அதிர்வெண்ணுடைய ஆடலோட்டமானது கிடைக்குமாயின் இப்பரிசோதனையை, இன்னும் எளிதாக்கலாம். இவ்வகையிற் பரிசோதனை செய்யும் முறையை, பின்னியற் பகுதியில் கூறுவாம். (பரிசோதனை 258 C, பக்கம் 702)

§ 3. இசைத்தலைப் பற்றிய குறிப்புகள்

ஓர் இசைக் கவருடன், ஓர் இழையையோ, இரு இழைகளையோ, அல்லது இரு சுரங்களையோ ஒத்திசைக்கச் செய்வதில், இசைச் "செவிப்" புலன் இல்லாமலுக்கருக்குச் சோதனைகள் சற்றுக் கடினமாக இருக்கும். எப்பொழுது இசைப்பு திருத்தமானது என்பதைக் குறிப்பதற்குச் சில துணைகளைக் கையாளலாம். இவற்றுள் ஒன்று **அடிப்புத்** தோற்றப்பாடாகும். இசைப்பது செவ்வையாக இல்லாமல் ஆனால் நெருங்கியதாக இருப்பின் இரு சுரங்களும் "அடித்துக்" கொள்ளும். இதனால் ஒலியின் செறிவில் உள்ள விரைவான மாற்றங்கள் நோக்கக்கூடியதாக இருக்கும். இது, அண்ணளவில் ஒத்திசையை இசைமுறையிற் பகுத்தறிய முடியாவிடினும், நோக்குவதற்கு இயலக்கூடியதாகும்.

அடிப்புக்கள் அறியக் கூடாத வகையில் மிக மந்தமாக இருப்பின் சுரங்கள் ஒத்திசைக்கும். சுரமானியைப் பயன்படுத்துகின்றபொழுது அடிப்புக்கள் மந்தமாக மந்தமாக வரும் வரை மிக **மிகச் சிறிய அளவில் நீளத்தை வேறுபடுத்தி** தந்தியை அமைத்துக் கொள்க. இவை மேலும் பகுத்தறிய முடியா வகையில் வரும்பொழுது, சுரங்கள் **ஒன்றுகின** என்று கருதிக்கொள்ளலாம்; அதாவது, ஒலிக்கும் பொருள்களின் அதிர்வெண்கள் ஒத்தவையாம் என்பதே.

கிடைத்தளமான இழை ஒன்றைப் பயன்படுத்துகின்றபொழுது இசைக்க வேண்டிய இழையின் நடுவில், தாளிலையாய நுண்ணிய மடிப்பு ஒன்றை வைத்துக்கொள்வது இன்னொரு வகையாகும். மற்ற இழையோ, அல்லது கவரோ ஒலிக்கப்பட்டு, கவரானது சுரமானியின் பலகைமீது தங்குமாறு வைக்கப்படின், அத்தாள் மடிப்பு இசைவு அண்ணிதாக இருந்தால் **அசையும்.** இசைவு திட்டமானதாக இருந்தால், இழையினின்றும் அம்மடிப்பு விரைவில் வெளியெறியப்படும். இவ்வாறுக எறியும் அசைவு உயருமாறு நீளத்தை மாற்றி, மற்றை இழையுடனோ, அல்லது கவருடனோ கம்பியை இசைய வைக்கலாம். "பரிவுத் தத்துவத்தைப்" பார்க்க. (பக்கம் 246.)

ஓர் இழையில், அதன் சுரத்தை வெளியிடுமாறு, இழுத்து விடும் பொழுது இழையை நகத்தினால் தீண்டுவதைத் தவிர்க்க. எனெனில் இது மேற்றெனிகளை உண்டாக்கி விடும் என்க. இழையைப் பெரு விரல் மறுவிரல்கொண்டு ஒரு பக்கத்திற்கு இழுத்தல் வேண்டும்.

ஓர் இழையின் சுரத்தை அவதானிக்கின்றபொழுது, மரப்பிடிப்புடன் பொருத்தப்பட்ட ஒரு மரப் பலகையைக் காதுக்குக் கிட்ட வைத்திருக்கலாம். அக் கைப்பிடியின் முனையைச் சுரமானியின் அடிப்பலகையோடு பொருந்துமாறு வைத்திருத்தல் வேண்டும்.

பகுதி II

ஒலியில் மேலதிகமான பயிற்சிகள்

1. ஒன்றுள் ஒன்று நழுவிச் செல்லக்கூடியதாக அமைக்கப்பட்ட இரு குழாய்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வாறு சேர்த்தமைந்த குழாய் இரு முனைகளிலும் திறக்கப்பட்டதாயுள்ளது ; அதன் பரிவு நிலையையறிந்து ஓர் இசைக் கவரின் அதிர்வெண்ணை அளந்தறிக.

2. வீழ்தட்டு ஆய்கருவியின் முறையைக் கொண்டு ஈர் இசைக் கவர்களின் அதிர்வெண்களை ஒப்பிடுக.

3. கொடுக்கப்பட்ட கண்ணுடிக் கோல் ஒன்றில், ஒலியின் வேகத்தைக் காண்க. 6 அடி நீளமுள்ள திண்ணிய கண்ணுடிக் கோல் ஒன்றை அதன் நடுப் புள்ளியில் மாட்டி அற்கோலில் நனைக்கப்பட்ட துணி ஒன்றினால் நீளப்பக்கமாக அக்கோலானது உராயப்பட்டபொழுது பிறக்கும் சுரத்தின் அதிர்வெண்ணைக் காண்க (பக்கம் 258). கண்ணுடியின் அடர்த்தியைக் கண்டு யங்கின் குணகத்தின் பெறுமதியை உய்த்தறிக.

4. அறிந்த ஓர் இழுவிசையிலிருக்கின்ற கொடுக்கப்பட்ட ஒரு நரம்பில் உள்ள ஒரு குறுக்கலையின் வேகத்தை அறிந்து, அந்த நரம்பின் ஒரு சதம மீற்றரின் திணிவைக் காண்க.

5. சுரமானியின் துணை கொண்டு இரு கம்பிகளின் திரவியங்களின் அடர்த்திகளை ஒப்பிடுக.

6. சுரமானியின் துணைகொண்டு ஈர் இசைக் கருவிகளின் அதிர்வெண்களை ஒப்பிடுக.

7. சுரமானியின் துணை கொண்டு நிறை சேர்க்கப்பட்ட இரு பைகளின் நிறைகளை ஒப்பிடுக.

8. ஒரு கம்பியைப் பல நிறைகளாலும் நீட்டி, அறியப்பட்ட அதிர் வெண்கொண்ட ஓர் இசைக் கவருடன், கம்பியின் எந்தெந்த நீளங்கள் ஒத்திசைக்கின்றன எனக் காண்க. 2 மீ. நீளமுள்ள அதையொத்த ஒரு கம்பியை, ஒரு செக்கனுக்கு 50 அதிர்வெண் கொண்டு அதிரக்கூடிய தாய்ச் செய்வதற்கு வேண்டிய ஈர்க்கும் விசையை, உய்த்தறிக.

9. கொடுக்கப்பட்ட பரிவுக் கருவியின் கனவளவுக்கும், பரிவு அதிர்வின் அதிர்வெண்ணுக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டும் ஒரு வளை கோடுவரைக. (இப் பரிசோதனைக்குள்ள பரிவுக்கருவி ஒடுங்கிய கழுத்துடைய சாதாரண ஒரு மருந்துப் போத்தலாகும். அதனுடைய கனவளவை, நீர் கொண்டு மாற்றியமைத்துக் கொள்ளலாம்.

10. இசைக்கவர் ஒன்றின் கீளையில் தும்பு ஒன்றினை இணைத்து அளந்து தறியக்கூடிய வேகத்தில் சுழலும் புகையூட்டப்பட்ட ஓர் உருளையிலே அதிரும் முனைகொண்டு ஒரு வரைவை ஆக்கி, அக்கவரின் அதிர்வெண்ணைக் கணித்தறிக.

11. கொடுக்கப்பட்ட ஈர் இசைக் கவர்களுக்கிடையுள்ள அடிப்புக்களை எண்ணிப்பறிந்து அவற்றின் அதிர்வெண்களின் வித்தியாசத்தைக் கண்டறிக. அவற்றுள் எது உயர் சுருதியைக் கொண்டுள்ளது என அறிந்து இரண்டினதின் அதிர்வெண்கள் ஒன்றுகும் வரை அதைச் சுமை கொளச் செய்க. (ஏறத்தாழ ஒரே சுருதியுள்ள ஒரு துணை இசைக் கவரொன்றை இதற்குப் பயன்படுத்தலாம்.)

12. (அ) கரிவாயுவினும் (ஆ) காபனீரொட்சைட்டினும் ஒலியின் வேகத்தை அறியக் குண்டின் குழாயைப் பயன்படுத்துக.

13. குண்டின் குழாயைப் பயன்படுத்திக் கரிவாயுவிலும் வளியிலும் ஒலி கொண்டுள்ள வேகத்தை ஒப்பிடுக.

14. ஏறக்குறைய 50 ச.மீ. நீளமும் 2 ச.மீ. அகலமுமுள்ள மெல்லிய உருக்குத் துண்டொன்றை ஒரு பேரிடுக்கியில் மாட்டிவிடுக ; அதிர்வெண், அதிர்வு கொண்டுள்ள பகுதியில் எவ்வாறு தங்கியுள்ளது என்பதைக் கண்டறிக.

பகுதி III

ஒளி

ஒளிபற்றிய குறிப்புக்கள்

ஒளியியலானது சிறப்பாகப் பயிற்சி வழி அறிந்துகொள்ள வேண்டிய ஒரு பாடமாகும். எனவே பொதுவில் நன்குதெரிந்த பொருள்களைக் கொண்டு எளிய பரிசோதனைகளைச் செய்வதற்கு எல்லா வழிவகைகளையும் தேடிக்கொள்ளல் வேண்டும். துலக்கப்பட்ட உலோகமேற்பரப்புக்களை ஆடியாகத் தொழிற்படச் செய்தும், மூக்குக் கண்ணாடிகளின் வில்லைகளையும், உருப்பெருக்கும் கண்ணாடிகளையும் கொண்டு பல்வேறு வித விம்பங்களை ஆக்கியும் இப்பரிசோதனைகளை நடாத்தலாம்.

ஒரு கோடு "அகலமின்றிய நீளம்" என்பது ஒரு கணக்கறிஞனின் வரைவிலக்கணம். இதை ஒத்ததே ஒளிக்கதிர் ஒன்றினைப் பற்றிய எண்ணக்கருவும். ஆயினும், கேத்திரகணித ஒளி இயல் பற்றிய அறிவும், ஓர் ஒளிக் கதிரை, ஈர் ஊசி முனைகளை இணைக்கும் ஒரு கோடு எனக் கொள்வதாலும், ஒளி இயல் தட்டு, **உரொபின்சனின்** கதிர் வழிக்கருவி ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்துவதாலும் இலகுவாகின்றது ; இக் கருவிகளினுல் வாய்ப்பான மூலங்களிலிருந்து நுண்ணிய ஒளிக் கற்றைகள் பெறப்பட்டு தெறிப்பின் பின்னரோ முறிவின் பின்னரோ வரையக்கூடியவாயுள்ளன. பயிற்சி வேலையில், வரைப்படங்களை அமைத்தலும் முக்கியமான பகுதி என்பதை மனத்தில் பதித்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

ஒளி பற்றிய கல்வியில், கேத்திரகணித வழிவகைகளை அறிந்திருத்தல் நலந்தரும். முறிவு பற்றி ஆய்கின்ற பொழுது, திரிகோணகணிதத்தைப் பற்றிய அடிப்படை அறிவு வேண்டியதொன்றாகும். இன்னும் தூரங்களை இணைப்பது பற்றிய அட்சரகணிதச் சூத்திரத்தின் பயனும் அடிக்கடி வேண்டப்படுவதொன்றாகும். குறித்த ஒரு தூரத்திற்கு அளிக்கப்படவேண்டிய **குறி**யைப் பற்றிய பிரச்சினை இதனுல் எழுகின்றது. இந்நூலில் **உள்ள** இணைப்பில் (பக்கம் 815) எவ்வாறு இதைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும் என மூன்று வெவ்வேறு வழிகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றை நாம் வழக்கு **A**, வழக்கு **B**, வழக்கு **C** எனக் கூறியுள்ளோம். கணித பௌதிக மாணாக்கனுக்கு வழக்கு **A** தெளிவான சில நலன்களை அளிக்கும். மருத்துவ மாணாக்கனுக்கோ ஒளியியல் அறிஞனுக்கோ வழக்கு **C** எற்புடைத்தாகும்.

ஒளியியற் பிரச்சினைகளில் எந்தக்குறி வழக்கை ஏற்றுக்கொள்ள வேண்டும் என்பதுபற்றிப் பல உரையாடல்கள் நிகழ்ந்துள்ளன. இந்நூலில் பழைய **A** வழக்கே மேற்கோள்ளப்பட்டுள்ளது. இவ்வேற்பாடு ஒளியின் முதல் நோக்கில் அளக்கப்படுகின்ற தூரங்களை நேராகக் கருதுகின்றது. இதைவிட்டு வழக்கு **C** ஐயும் உகந்ததெனக் கொள்ளலாம். எனெனில், இது ஒருங்கு

வில்லையின் குவியத் தூரத்தை நேராய்வி ஒளியியல் கைத்தொழிலிலுள்ள வழக்குடன் ஒக்கும் என்பதனால். இணைப்பில் (பக்கம் 305–313) எடுத்துக் கூறப்பட்ட வழக்கு Cஐயும் சுருக்கமாக, "மெய்யானது நேரானதெனவும்", "மாயமானது எதிரானதெனவும்" கூறலாம். எனினும், எவ்வேற்பாட்டைத் தான் நாம் கைக்கொள்ளினும் இரு குறிப்புக்களை நாம் இங்கு உறுத்திக் கூறலாம் : (1) ஓர் ஒளியியல் சூத்திரம் **அட்சரகணிதவியல்புடையது.** அந்தச் சூத்திரத்தில் யாதுமொரு கணியத்தைப் பிரதியிடுமுன் அதன் பெறுமானத்தைக் **குறியுடன் இணைத்து** எழுதல் வேண்டும். (2) கணிப்புக்களின் விளைவுகளைத் தணித்தறிதலின் பொருட்டுத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட சதிர்களின் வழிகளைக் காட்டும் **வரைப்படத்தை** வரைதல்வேண்டும்.

ஒளியளவியற் பொருள் (பக்கங்கள் 367–376) மேலும் மேலும் முக்கியத்துவம் உடைய தாகும் ; ஒளிப்படுத்துதலில் பயன்படுத்தப்படும் சத்தியை அளந்தறிதல் பற்றி, ஒரு மின் விளக்கின் ஆற்றலைப் பற்றி ஆய்கின்ற இடத்துப் பின்னர் கூறியுள்ளோம் (பக்கம் 662). தற்கால ஒளியளவியல் பற்றி இன்னும் அறிவதற்கு **சி.வூ. நோக்கிசு எழுதிய ஒளி பற்றிய பாடநூல்** என்பதைப் பார்க்க.

அதிகாரம் I

கேத்திரகணித ஒளியியலின் விதிகள்

§ இடமாறு தோற்றம்

ஓர் ஊடகத்தின் பண்புகள் எல்லாப்புள்ளிகளிலும் எல்லாத்திசைகளிலும் ஒரேதன்மையனவாய் இருக்கின்றபொழுது அவ்வூடகத்தில் ஒளியானது நேர்கோட்டின் வழி செல்லும் ; ஓர் ஒளிக்கற்றையையோ, அல்லது மிகக் குறுகிய வெட்டு முகங்கொண்ட ஓர் ஒளிக்கதிரையோ , **ஒளியினது நேர்கோட்டுச் செலுத்துகை** என்னும் **வெளிப்படை உண்மைக்கிணங்க**, ஒரு கேத்திரகணித நேர்கோடொன்றினூற் குறிக்கலாம்.

யாதும் ஒரு பொருள் ஒருவன் கண்ணிற்குத் தோற்றும் **திசை,** பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர் பார்ப்போன் கண்ணுள் நுழையும் திசையில் தங்கியுள்ளது. ஆதியில் வானியல் அளவீடுகளுடன் தொடர்புபடுத்திப் பயன்படுத்தப்பட்ட **"இடமாறுதோற்றம்"** என்னும் விசேட சொற்றொடர் பார்ப்போன் ஒருவனின் உண்மையான நிலைமாற்றத்தினால் ஒரு பொருளில் ஆக்கப்பட்ட தோற்றப் பெயர்ச்சியைக் குறிப்பதாகும். நின்று நோக்கும் இடத்தில் ஒரு சிறிய இடமாற்றம் ஏற்படுத்தினால், பொருள் தோற்றும் நிலையிலும் ஒத்த ஒரு மாறுதல் உண்டாகும். இவ்வாறுக, குறித்த ஒரு நிலையிலிருந்து இரு பொருள்களை ஒருவன் பார்க்கின்றுழில் அந்நிலையிலிருந்து பிறிதொரு நிலைக்கு அவன் இடம் மாறுகின்ற பொழுது அவற்றினுடைய சார் நிலைகளும் மாறுதலடையும். இதனை விளக்கிக் காட்டுவதற்கு நாம் பின்வருமாறு செய்யலாம். ஒரு மேசைமேல் இரு வாலைத்தாள்களை நிறுத்தி வைக்க ; தொலைவிலுள்ள வாலைத்தாள் அண்மையிலுள்ளதற்கு நேரே பின்புறமாகத் தோற்றக் கூடியதான நிலையிலிருந்து அவற்றை நோக்குக. பார்ப்போன் இப்பொழுது வலப் பக்கம் சிறிது நகர்ந்தால் தொலைவிலுள்ள கோல் அண்மையிலுள்ளதற்கு வலப்புறத்தில் தோன்றும். இவ்வாறே பார்ப்போன் இடப்பக்கம் நகரின் தொலைவிலுள்ளது அண்மையிலுள்ளதற்கு இடப்பக்கமாக நகர்வது போற் றோன்றும். இவ்வாறுக, கூடிய தொலைவிலுள்ள **ஒரு பொருள் குறைவான தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளுடன் தொடர்பு படுத்தி நோக்கும் பொழுது பார்ப்போனுடைய திசையில் நகரும்.**

கோல்களை ஒன்றுடன் ஒன்று அண்மையில் இருக்குமாறு வைத்துப் பார்ப்போன் இடம் மாறிப் பார்த்தால் கோல்களின் சாரியக்கம் குறைவாகும். கோல்களை ஒன்றுடனொன்று தொடர்ந்து இருப்பன போல் வைத்தால், பார்ப்போன் எங்கு நின்று நோக்கினும் அவை

ஒருமித்து ஒன்றுபோற்றேன்றும். வில்லைகளும் ஆடிகளும் ஆக்கும் விம்பங்களை நாம் ஆராய்கின்ற பொழுதும் இத்தத்துவம் பொருந்தும். இரு பொருள்கள் ஒன்றுடனொன்று பொருந்திநிற்பின், அல்லது ஒன்று டனொன்று தொடர்ந்து நிற்பின் அவைகளுக்கிடையில் "**இடமாறுதோற்றம்**" **கிடையாது.** இப்பரிசோதனை இரு பொருள்கள், அல்லது இரு விம்பங்கள் பொருந்துகின்றனவா எனத் துணிவதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இட மாறுதோற்றம் காணப்படின் மேற்கூறிய விதி அவற்றுள் எதுமிக்க தொலை வினுள்ளது என்பதை அறிவதற்குப் பயன்படுகின்றது. இப்பரிசோதனை முறை **இடமாறுதோற்றவழி** எனப்படும். அன்றாட வாழ்க்கையில் இடமாறுதோற் றத்தோடியைந்த பல காட்சிகளை நாம் காணலாம். விரைந்து செல்லும் ஓர் ஊர்தியில் உள்ள ஒரு பலகணி வழி நாம் பொருள்களை நோக்குகின்ற பொழுது இவ்வனுபவத்தை நாம் பெறுகின்றோம்.

§ 2. தளமேற்பரப்புக்களிலே தெறிப்புக்கள்
தெறிப்பு விதிகள்

துலக்கப்பட்ட மேற்பரப்பின் மீது ஓர் ஒளிக்கதிர் விழுகின்றபொழுது கீழ்க்காணும் விதிகளுக்கியைய அது தெறிக்கின்றது :—

விதி 1. படுகதிர், தெறிகதிர், மேற்பரப்பிற்குரிய செங்குத்து யாவும் ஒரு தளத்திற் கிடக்கும்.

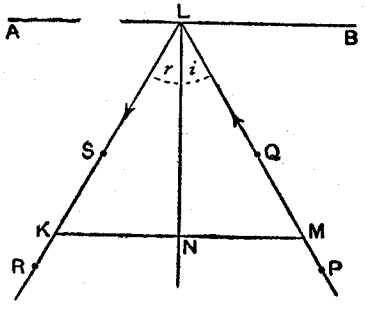
விதி 2. படுகதிருக்கும் செங்குத்துக்கும் இடையுள்ள கோணம் (படு கோணம்), தெறிகதிருக்கும் செங்குத்துக்கும் இடையுள்ள கோணத்திற்குச் (தெறிகோணம்) சமன்.

பரிசோதனை 92. தெறித்தல் விதிகளை வாய்ப்புப் பார்த்தல்.—தளவுரு வான ஆடியையும் பலகுண்டூசிகளையுங் கொண்டு இவ்விதிகளின் வாய்ப்பைப் பின்வருமாறு அறிந்து கொள்ளலாம் :—

வரை பலகையொன்றில் வரைதாள் ஒன்றைப் பொருத்தி விடுக. அதன் மேல் ஒரு துண்டு ஆடியை அதன் தளம் நிலைக்குத்தாயிருக்கும் வண் ணம் வைக்க. நிலைக்குத்துத் தளத்தில் அமைந்த தவாளிப்புக் கொண்ட ஒரு மரத்துண்டில் அவ்வாடி தங்குமாறு அமைக்க. ஆடி நல்ல கண்ணாடித் தகட்டாலானதாய், ஆயினும், மிக **மெல்லியதாய்** இருத்தல் வேண்டும். இயலுமானால் **முகப்** பரப்பில் வெள்ளி பூசிய கண்ணாடியைப் பயன்படுத் தல் நன்று.

கடதாசியிலே **தெறிக்கும்** மேற்பரப்பின் நிலையைக் குறிக்க ஒரு கோடு கீறுக. உரு. 127 ஐப் பார்க்க. **P, Q** என்பவை போன்ற புள்ளிகளில் பலகையிலே இரண்டு ஊசிகளைக் குத்திவிடுக. ஆடியிலே பார்க்கின்ற பொழுது இவ்வூசிகளின் விம்பங்களைக் காணலாம். இவ்விம்பங்கள் ஒரு

நேர்கோட்டில் அமைந்து தோற்றும் வண்ணம் தலையை நகர்த்துக. பின்னர் இவ்விம்பங்களோடு ஒரு கோட்டில் அமையும் வண்ணம் **R, S** என்னும் இரு வேறு ஊசிகளைக் குத்துக. **P, Q** என்பவை இரண்டும் சிறிய இடை வெளி கொண்டு நிற்றல் வேண்டும். இது 10 ச.மீ., அல்லது 15 ச.மீ. ஆக இருக்கலாம். **R** இற்கும் **S** இற்கும் இடையே இத்தகைய தூரம் இருத்தல் வேண்டும். கோடு **PQ** என்பது படுகதிர் ஒன்றின் சுவடாகும். **RS** என்பது தெறி கதிரின் சுவடாகும்.



உரு. 127. தெறித்தலின் விதிகள்

ஆடியானது வரைபலகையின் செங் குத்தாயிருந்தால் ஊசிகள் **R, S** என் பனவற்றின் அடிகள் **P, Q** என்பனவற் றின் அடிகளுடன் தொடர்ச்சியான ஒரு கோட்டோடு இயைந்து தோன்றும். இவ்வகையில் ஆடிக்குரிய செங்குத்து வரைபலகையின் தளத்திற் கிடப்பதால் தெறிப்பின் முதல் விதிக்கிணங்க, படுகதிர், தெறிகதிர், ஆடிக்குரிய செங் குத்து யாவும் ஒரு தளத்தில் இருத்தல் வேண்டும்.

கதிர்கள் **PQ, RS** என்பன ஆடியைப் புள்ளி **L** இல் சந்திப்பன ஆகுக. **L** இல் ஆடிக்குரிய செங்குத்து **LN** என்பதை வரைக. கோணங்கள் **MLN, KLN** என்பவற்றைப் பாகைமானி கொண்டு அளக்க. மேலும் **LK, LM** (இவை 10 ச.மீ. ஆகுக) என்னும் ஒத்த இரு தூரங்களை இரு கதிர்வழி அளந்து **KM** ஐ இணைக்க.

KN, MN சமமாயின் முக்கோணங்கள் எல்லா வகையிலும் ஒத்தனவா யிருக்கும் ; கோணங்கள் **MLN** உம் **KLN** உம் ஒன்றுக்கொன்று சமமா யிருக்கும். நீளங்கள் **KN, MN** என்பவற்றை அளந்து விளைவுகளைப் பதிக.

தெறிப்பின் இரண்டாம் விதியை மெய்ப்பித்தற்பொருட்டு **குறைந்த அளவு** படுகதிரின் **இரு** திசைகளில் ஆய்வுகள் நடத்தல் வேண்டும். இங்கு ஒவ்வொரு வகையிலும் படுகோணம், தெறிகோணத்திற்கு அண்ணளவிற் சமமாய் இருத்தலைக் காணலாம்.

ஆடி **தடிப்பாயி**ருந்தால் **PQ** உம் **RS** உம் ஆடியின் முற்பரப்பிற்குப் பின்னால் கண்ணாடி ஊடுவழியின் $\frac{2}{3}$ அளவு தூரத்தில் ஒரு புள்ளியிற் சந்திக்கும். அவை வெட்டும் இடத்தையே தெறிக்கும் மேற்பரப்பிற்குச் சமமான மேற்பரப்பு என எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

தளவாடி ஒன்றினால் ஆக்கப்பட்ட ஒரு பொருளின் விம்பம், அப்பொருள் ஆடியின் முன் எவ்வளவு தூரத்திலுள்ளதோ, அவ்வளவு தூரத்தில் பின்புறமாக இருக்கும்.

பரிசோதனை 93. தளவாடியால் ஆக்கப்பட்ட விம்பம்.—ஒரு தளவாடிக்கு முன் யாதாயினும் ஓரிடத்தில் ஓர் ஊசியைக் குத்தி நிறுத்துக. பரிசீலனை முறையால் விம்பத்தின் நிலையைக் காண்க. இந்நிலையை இன்னுமோர் ஊசியை எடுத்து அது ஆடிக்குப் பின்னால், மேற்புறம் மேலே தெரியுமாறும், அப்போது அதற்கும் முதலாவதினுடைய விம்பத்திற்கும் இட மாறுதோற்றம் இல்லாதிருக்குமாறும் அசைத்துக் காணலாம். இந்த நிலையில் தலையைப் பக்கத்திற்குப் பக்கம் அசைக்கும் போது இரண்டாவது ஊசிக்கும், முதலாவது ஊசியின் விம்பத்திற்கு மிடையில் சாரியக்கம் எதுவும் இராது. (பக்கம் 282 பார்க்க).

முதல் ஊசியிலிருந்து ஆடியின் சமவலுத் தெறிமேற்பரப்பிற்குள்ள செங்குத்துத் தூரத்தையும் விம்பத்திலிருந்து சமவலுத் தெறிமேற்பரப்பிற்குள்ள தூரத்தையும் அளந்து அவைகளைக் கவனமாகக் குறித்துக்கொள்க. அவை அண்ணளவிற் சமமாயிருக்கும். உம்முடைய பெறுபேறுகளை ஒரு குறிப்புப் புத்தகத்தில் பதிந்து கொள்க.

ஒரு கோணத்திற் சாய்ந்துள்ள இரு ஆடிகள், விம்பத் தொடர் ஒன்றைத் தோற்றுவிக்கும்.

பரிசோதனை 94. ஒன்றுக்கொன்று சாய்ந்துள்ள ஆடிகள். (சாயாடிகள்).—இடைத்தளமான ஒரு கடதாசியில் ஒன்றுடனொன்று கோணத்திலிருக்கும் இரு கோடுகள் வரைக; இக்கோணம் முதலாவதாக 90° ஆக இருக்க அடுத்தது 60° ஆகுக. இக்கோடுகளில் இரு ஆடிகளை நிறுவுக. இவ்வாடிகளுக் கிடையேயுள்ள கோணத்துள் ஓர் ஊசியை வைக்க. தரப்பட்ட ஒவ்வொரு கோணத்திலும் ஆடிகளில் தெறிப்பினாலாய **எல்லா** விம்பங்களினதும் நிலைகளைக் காண்க. இவ்விம்பங்கள் யாவும் இவ்வீர் ஆடிகள் ஒன்றையொன்று வெட்டும் புள்ளியை மையமாகக் கொண்ட ஒரு வட்டத்தில் உள்ளன என்பதையும், ஆடிகளின் இடையுள்ள கோணத்தின் பாகை θ ஆக இருக்கின்ற பொழுது ஆயவிம்பங்களின் எண்ணிக்கை $\frac{360}{\theta} - 1$ என்பதையும் வாய்ப்புப் பார்க்க.

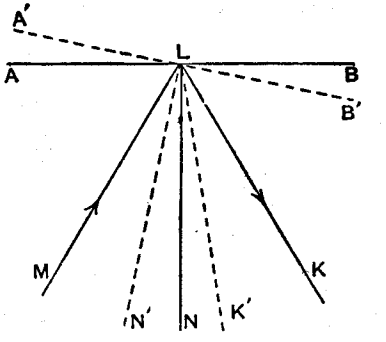
ஒரு விம்பமானது, ஈர் ஆடிகளுக்கும் பின்னால் உள்ள கோணத்தில் இருக்கக் காணலாம். இவ்விம்பம் எக்கதிர்களைக் கொண்டு பார்ப்போனின் கண்ணுக்குப் புலப்பட்டதோ அக்கதிர்களின் பாதையை ஊசியிலிருந்து அவன் கண்வரும் வரை வரைக.

ஒவ்வொரு விம்பத்தையும் I_1, I_2, $I_{1,2}$, என்னும் எழுத்துக்களால் முறையே முதலாம் ஆடியில் தன் தெறிப்பினால் ஆயது, இரண்டாம் ஆடியில் தன் தெறிப்பினால் ஆயது, முதலாம் ஆடியில் தெறித்து, பின் இரண்டாம் ஆடியில் தெறித்தாயது என்று, வரையறுக்குமுகமாகப் பெயரிடுக.

ஓர் ஆடியின் சுழற்சி

படுகைத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாயமைந்த அச்சு பற்றி ஓர் ஆடியைச் சுழற்றினால், தெறிகதிரானது ஆடி திரும்பிய கோணத்தைப்போல் இருமடங்கு கோணத்திற் கூடாகத் திரும்பும்.

AB என்பது (உரு. 128) ஆடியின் முதல் நிலையாகுக ; **ML** படுகதிராகுக ; **LK** தெறிகதிராகுக; **LN** மேற்பரப்பின் செங்குத்தாகுக. கீறிட்ட எழுத்துக்கள், ஆடி குறிக்கப்பட்ட ஒரு கோணத்தில் திரும்பிய பின் ஆகிய கணியங்களாகுக. இதற்கு முன்னர் ஆய்ந்த தெறிப்பு விதிகளிலிருந்து, **K'LK** அதாவது, தெறிகதிர் திரும்பிய கோணமானது **N'LN** என்பதிலும் – ஆடி திரும்பிய கோணத்திலும் – இரு மடங்கு என்பதை உய்த்தறிதல் வேண்டும்,



உரு. 128. ஓர் ஆடியின் சுழற்சி

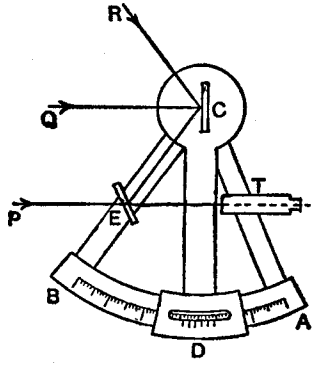
பரிசோதனை 95. சுழற்றப்படும் ஆடியிலிருந்து எழும் தெறிப்பு.—ஆடி திரும்பிய கோணத்திலும், இருமடங்கு கோணத்தில் தெறிகதிர் திரும்புகின்றது என்பதை ஊசிகளின் துணைகொண்டு, கதிர்களை வரையும் பரிசோதனை முறையால் மெய்ப்பிக்கலாம். படுகதிர் **ML** ஐ வரைவதற்கு ஈர் ஊசிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இன்னும் இரண்டு, தெறிகதிர் **LK** ஐ வரைவதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தெறிமேற்பரப்பின் நிலையைக்குறித்த பின், ஆடி குறித்த ஒரு கோணத்தில் திருப்பப்படுகின்றது. இப்பொழுது தெறிகதிரின் புதிய நிலை முன்னரைப் போலவே ஊசிகளால் அறியப்படுகின்றது. ஆடி திருப்பப்பட்ட கோணமும் தெறிகதிர் திரும்பிய கோணமும் பாகைமானி கொண்டு அளக்கப்படும். இரண்டாம் கோணத்திற்கும் முதற்கோணத்திற்குமுள்ள விகிதம் கணித்தறியப்படும். ஆடியின் பல்வேறு நிலைகளுக்கும் இவ்வாறு பரிசோதனைகள் நடத்தப்பட்டு பெறுபேறுகள் ஓர் அட்டவணைவடிவிற் கொடுக்கப்படும்.

தெறிகதிரின் திசையை மாறாது வைத்திருந்து, ஒரு நிலையில் ஆடியிருக்கின்ற பொழுது நோக்கிய பொருள்கள், ஆடி θ கோணத்திற் கூடாகச் சுழற்றப்பட்டபின், ஆடியின் சுழற்சி அச்சோடு 2θ கோணத்தை அமைக்கும் திசைகளில் இடக்கும் எனக் காட்டுக.

சட்டிமம்

தூரத்திலுள்ள இரு பொருள்களுக்கிடையேயுள்ள கோணத் தூரத்தை அளப்பதற்குரிய கருவி சட்டிமமாகும். கோணத் தூரமென்பது அப்பொருள்களைப் பார்ப்போனின் கண்ணோடு இணைக்கும் கோடுகளுக்கிடையேயுள்ள கோணத்தின் அளவாகும். கப்பல் ஓட்டும்பொழுது இது சூரியனின் கோணவேற்றத்தையோ அல்லது விண்மீனின் கோணவேற்றத்தையோ அளப்பதற்குப் பயன்படுவதொன்றாகும்.

பரிசோதனை 96. சட்டிமத்தை ஆய்தலும் செப்பஞ் செய்தலும்.—ஒரு சட்டிமத்தை நன்கு நோக்குக. அக்கருவியில் ஏறத்தாழ 60° அளவு கோடிட்ட ஒரு வில் **AB** இருப்பதைக் காண்க. இது நிலையான இரு **CA, CB** என்னும் ஆரைக் கைகளுடன் பொருத்தப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். மூன்றாவது ஆரைப்புயம் **CD** என்பது வில்லின் மையம் **C** பற்றிச் சுழலக்கூடியதாக உள்ளது. இது குறிகாட்டி ஒன்றையும் வேனியர் ஒன்றையும் **D** இல் கொண்டிருக்கும். இப்புயத்திற்குச் சிறு இயக்கம் கொடுக்கக்கூடிய வகையில் தொடு கோட்டுத் திருகாணியொன்று பொருத்தப்பட்ட ஒரு பிடிகருவி இணைக்கப்பட்டுள்ளது. **C** இல் **குறிகாட்டிக் கண்ணாடி** எனப்படும் தளவாடியொன்று, புயத்தோடு பொருத்தப்பட்டு அதனோடு திரும்பக்கூடிய விதத்திலுள்ளது. இவ்வாடியின் தளம் வில்லின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாயிருத்தல் வேண்டும். **E** இல் கண்ணாடித் துண்டொன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதன் கீழ்ப்பகுதி மட்டுமே வெள்ளிமுலாம் பூசப்பட்டுள்ளது. இக்கண்ணாடியின் தளமும் வில்லின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாயுள்ளது. இது **அடிவானக் கண்ணாடி** யெனப்படும். **T** என்பது அடிவானக் கண்ணாடியைச் சுட்டும் ஒரு தொலை காட்டியாகும். வழக்கமாகச் சூரிய ஒளியின் செறிவினைக் குறைப்பதற்காக, நிறமூட்டிய பல கண்ணாடிகள் கருவியோடு இருக்கும்.



உரு. 129. சட்டிமம்

குறிகாட்டிக் கண்ணாடி, அடிவானக்கண்ணாடியுடன் செம்மையாகச் சமாந்தரமாக இருக்கின்றபொழுது, தொலைவில் உள்ள ஒரு பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் தொலைகாட்டியை வேறு வேறு பாதைகளால் வந்து அடையக் கூடும். ஒரு கதிர்த்தொகுதி வெள்ளிமுலாம் பூசப்படாத அடிவானக்கண்ணாடியிற்கூடாகச் சென்று, விலகலின்றித் தொலைகாட்டியைச் சேரும். பிறி தொருதொகுதி ஆடியிலிருந்து தெறிபட்டு அடிவானக் கண்ணாடியின் வெள்ளி முலாம் பூசப்பட்ட பகுதிக்குச் சென்று முதற்றொகுதி வந்த அதே திசையில் தொலைகாட்டியைச் சேரும். இச்சமாந்தரக் கதிர்கள் பொருட்

கண்ணாடியின் குவியத்தளத்தில் ஒரு குவியத்திற்குக் கொண்டு வரப்படும். அப்பொழுது அவற்றிலிருந்து தொலைவிலுள்ள பொருளின் ஒரு தனிப் பட்ட விம்பம் தோன்றும். இது இவ்வாறிருப்பின், குறிகாட்டிப் புயம் **D** என்பது அளவுகோடிட்ட வில்லில், பூச்சியத்திலிருக்கும். அது அவ்வாறு இல்லாவிடின், **D** இன் சுட்டளவை எடுத்தல் வேண்டும். இந்த அளவீடு **பூச்சிய அளவாகக்** கொள்ளப்படும். இப்பொழுது புயம் **D** ஆனது, அதனுடைய ஆடியுடன் ஒரு சிறுகோணத்தில் திருப்பப்பட்டால் ஆடியினின்றும் தெறித்த கதிர்கள் தொலைகாட்டிக்குள் வேறொரு கோணத்தில் புகும். அப்பொழுது இக்கதிர்களினால் ஆக்கப்பட்ட விம்பம், நேரே காணப்படும் விம்பத்திலிருந்தும், பிறிதோரிடத்தில் அமைந்ததாயிருக்கும்.

முறையே **EP, CR** ஆகிய திசைகளில் உள்ள இரு பொருள்களுக்கிடையிலுள்ள கோணத்தை அளக்கவேண்டியிருப்பதாகக் கொள்வோம். திசை **EP** வழியே உள்ள பொருளை நேரே நோக்கும் விதத்தில் தொலைகாட்டி இருக்கும் வகையிலும், வெள்ளிமுலாம் பூசப்படாத கண்ணாடி வழி கதிர் போகக்கூடிய வகையிலும் சட்டிமத்தை அமைத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். இப்பொழுது திசை **RC** வழி வரும் கதிர்கள் **CE** வழி தெறிக்கப்பட்டு வெள்ளிமுலாம் பூசப்பட்ட கண்ணாடிக்குள் வீழ்ந்து தொலைகாட்டிக்குள் தெறிபடும்வரையில் ஆடி **C** திருப்பப்படல் வேண்டும். இப்பொழுது இரு பொருள்களினுடைய திசைகளுக்குமிடையுள்ள கோணம், **RCQ** ஆகும். இது பூச்சிய நிலையிலிருந்து, **CD** என்னும் புயம் திரும்பிய கோணம் **ACD** இலும் இரு மடங்காகும். இது முன்னர் கூறிய பரிசோதனை (95) இலிருந்து பெறப்படுகின்றது. ஒவ்வொரு நிகழ்ச்சியிலும் **C** இலிருந்து தெறித்த கதிரின் திசை ஒன்றுகவே (**CE**) இருக்கும்.

அதிகம் கணிப்பு வேலைகளைத் தவிர்ப்பதன் பொருட்டு, வில் **AB** இல் வழக்கமாக ஒவ்வொரு பாகையும் இரு பாகையென அளவிடப்பட்டிருக்கும். எனவே இவ்வளவு கோடுகளிலிருந்து தேவையான கோணத்தை நேரே அறிந்து கொள்ளலாம். இப்போதுள்ள வாசிப்பிற்கும் பூச்சிய வாசிப்பிற்கும் உள்ள வித்தியாசம் தேவையான கோணம் **RCQ** ஐக் காட்டும்.

திருத்தமான பெறுமானங்களைப் பெறுவதற்குக் கீழ்க்காணும் நிபந்தனைகள் பூர்த்தியாக்கப்பட வேண்டும் :—

(1) குறிகாட்டிக் கண்ணாடியின் தளம் அளவுகோடிட்ட வில்லின் தளத்திற்கு செங்குத்தாயிருத்தல் வேண்டும்.

(2) தொலைகாட்டியின் அச்சு, வில்லின் தளத்தோடு சமாந்தரமாய் இருத்தல் வேண்டும்.

(3) பயன்படுத்தப்பட்ட ஒவ்வொரு சோடிப் பொருள்களுக்கும் முதலில், பூச்சிய அளவு எடுத்தல் வேண்டும். சட்டிமத்திலிருந்து பொருள்கள் உள்ள தூரம் மாற்றப்பட்டால் பூச்சிய அளவும் மாறுபடும்.

வேண்டிய இணக்கங்களைச் செய்வதற்காக சட்டிமத்திற் செம்மைப்படுத்தும் புரிகள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். ஆயினும் ஆக்கியோனால் வேண்டிய இணக்கங்கள் கருவியில் எலவே செய்யப்பட்டிருத்தல் கூடும் என நாம் கொள்ளல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 97. சட்டிமத்தின் துணைகொண்டு திசைவில்லை அளத்தல்.— ஒரே கிடைத்தளத்திலுள்ள இரு பொருள்களுக்கிடையில் உள்ள கோணம் θ ஐ அளப்பதற்குச் சட்டிமத்தைப் பயன்படுத்துக. எரியும் இரண்டு மெழுகு திரிகளையோ, அல்லது இரண்டு ஒளிரும் விளக்குகளையோ நல்ல வாய்ப்புடன் பயன்படுத்தலாம். பொருள்களுள்ள அதே கிடைத்தளத்தில் சட்டிமத்தையும் வைத்திருத்தல் வேண்டும். ஒவ்வொரு பொருளுக்குமுள்ள தூரத்தை அளக்க. இத்தூரங்களைக் கொண்டும், θ என்னும் கோணத்தைக் கொண்டும் இரு பொருள்களுக்குமிடையிலுள்ள தூரத்தைக் கணிக்க. நேரே பொருள்களுக்கிடையிலுள்ள தூரத்தை அளந்து முன்பெற்ற பெறுமானத்தை உறுதிப்படுத்துக.

பரிசோதனை 98. கோணவேற்றத்தைச் சட்டிமத்தின் துணை கொண்டு அளத்தல்.—தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளின் கோண ஏற்றத்தை அளப்பதற்குச் சட்டிமத்தைப் பயன்படுத்துக. இவ்வளவையில் பொருளின் அடி, சட்டிமத்துடன் ஒரே மட்டத்தில் இருத்தல் வேண்டும். அளந்த கோணத்தைக் கொண்டும் சட்டிமத்திலிருந்து பொருளினடியிலுள்ள கிடைத்தளத் தூரத்தைக் கொண்டும் அதன் உயரத்தைக் கணித்தறிக. இயலுமானால் உயரத்தை அளந்து அதன் பெறுமானத்தை உறுதிப்படுத்துக. இன்னொரு நல் வகையிலும் தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளின் கோண ஏற்றத்தைக் காணலாம். அதாவது நேரே பார்க்கின்ற பொழுது தோன்றுகின்ற பொருளுக்கும் பாதரசமேற்பரப்புப் போன்ற ஒரு கிடைத்தள ஆடியில் அப்பொருள் ஆக்கும் விம்பத்திற்கும் இடையிலுள்ள கோணத்தை அளந்தும் அறியலாம். இவ்வாறு அளக்கப்பட்ட கோணம் தேவையான கோணவேற்றத்திலும் இரு மடங்காக இருக்கும்.

தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளின் உயரத்தை, அதாவது ஒரு கோபுரத்தின் உச்சியை எடுத்துக்கொள்வோம்; அக்கோபுரத்தின் அடியோடு கிடைத்தளமான ஒரு கோட்டிலுள்ள, தெரிந்த ஓர் இடைவெளித் தூரத்தைக் கொண்டுள்ள இரு புள்ளிகள், A,B என்பனவற்றை எடுத்து அவற்றில் அப்பொருளின் கோண ஏற்றம் θ_A, θ_B என்பவற்றை அளந்து பொருளின் உயரத்தை அறிந்து கொள்ளலாம். (கோபுரத்தின் அடி சட்டிமத்துடன் ஒத்த மட்டத்தில் இருப்பதாகக் கொள்ளல் வேண்டும்). எவ்வாறு இதைக் கணிப்பது என்பதைப் பயிற்சிக்காக மாணவர் தாமே அறிந்துகொள்ளல் வேண்டும்.

§ 3. தளமேற்பரப்புக்களில் முறிவு

முறிவு பற்றிய விதிகள்

சமவியல்புடைய ஊடகம் என்பது பல்வேறு திசைகளிலும் குணவேறுபாடு காட்டாத ஒரு பதார்த்தமாகும்.

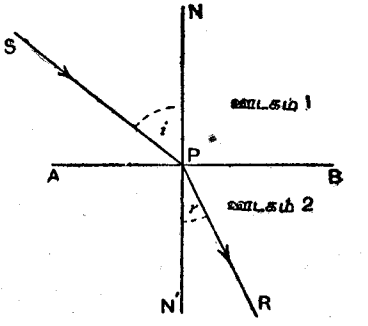
ஒளிக்கதிர் ஆனது ஓர் ஊடகத்திலிருந்து இரண்டாவதொன்றுக்குச் செல்கின்ற பொழுது பொதுவாக அதன் திசை மாறுபடுத்தப்படும். அப்பொழுது முறி கதிரின் திசை சமவியல்புடைய ஊடகங்கள் யாவிற்கும் இங்கு கூறப்படும் முறிவுக்குரிய இரு விதிகளின் கீழ் அடங்குவதாக இருக்கும்.

விதி 1. படுகதிர், மேற்பரப்புக்குரிய செங்குத்து, முறிகதிர் யாவும் ஒரு தளத்திலிருக்கும்.

விதி 2. எவையேனும் இரு குறித்த ஊடகங்களையும் யாதும் ஒரு நிறமுடைய ஒளியையும் கருதுமிடத்து முறிவுக் கோணத்தின் சைனுக்கு படுகோணத்தின் சைன் கொண்ட விகிதம் ஒரு மாறிலியாகும். இம்மாறிலி, முதல் ஊடகத்திலிருந்து இரண்டாவது ஊடகத்திற்குச் செல்கின்ற பொழுதுள்ள **முறிவுக்குணகம்** (μ) எனப்படும்.

இவ்வாறுக AB ஆனது (உரு. 130) ஈர் ஊடகங்களுக்கிடையேயுள்ள அவற்றின் பிரிவுமேற்பரப்பைக் குறிக்க SP என்பது புள்ளி P இற் படும் ஒரு கதிராக, NPN′ அம் மேற்பரப்பிற்குள்ள செங்குத்தெனின், முறிந்த கதிர் PR ஆனது SP, NPN′ என்பவற்றைக் கொண்டுள்ள தளத்திலிருக்கும்; இன்னும்

$$\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \text{ஒரு மாறிலி} = {}_1\mu_2.$$



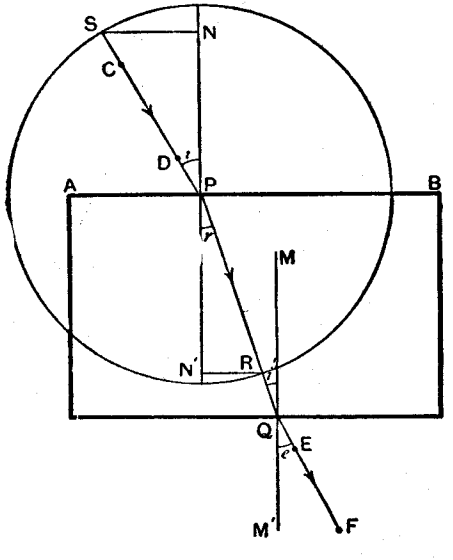
உரு. 130. முறிவுபற்றிய விதிகள்

இங்கு i என்பது படுகோணம், அல்லது படுகதிருக்கும் செங்குத்துக்கும் இடையுள்ள கோணம் SPN, r என்பது முறிவுக்கோணம், அல்லது முறிந்த கதிருக்கும் செங்குத்துக்குமிடையேயுள்ள கோணம் RPN′ ஆகும்.

ஊடகம் 1 இலிருந்து ஊடகம் 2 இற்குரிய முறிவுக் குணகம் அதைத் தெளிவு படுத்தும் ஒட்டுக் குறிகளுடன் ${}_1\mu_2$ எனக் குறிக்கப்படும்.

ஒரு பதார்த்தத்தின் தனிமுறிவுக்குணகம் ஒரு வெற்றிடத்திலிருந்து அப்பதார்த்தத்திற்குள் ஒரு கதிர் செல்கின்ற பொழுதுள்ள மாறிலியின் பெறுமானமாகும்; இது வளியிலிருந்து ஒரு கதிர் பதார்த்தத்திற்குள் செல்கின்றபொழுது பெறப்பட்ட பெறுமானத்திற்கு ஏறக்குறையச் சமனாகும். இதை μ என எழுதலாம்.

பரிசோதனை 99. முறிவு பற்றிய விதிகளை வாய்ப்புப் பார்த்தல்.—பெரிய வரைவுத்தாள் ஒன்றிலே ஒரு செவ்வகக் கண்ணுடித் துண்டினைவைக்க. அதைச் சுற்றி மூண்ணிய பென்சில் ஒன்றினால் கோடு வரைந்து அதன் நிலையைக் குறிக்க. பின்னர் அத்துண்டின் ஒரு பக்கத்தில் ஈர் ஊசிகளை, அவை தம்மை இணைக்கும் கோடு அக்கண்ணுடியின் முகத்தில் சரிவான முறையில் படும் ஒரு கதிரின் திசையைக் குறிக்குமாறு, குத்துக. இவ்வீர் ஊசிகளும் **குறைந்தது** 10 ச.மீ. இடைவெளிகொண்டிருத்தல் வேண்டும். கண்ணுடிக் கூடாக மறுபுறத்திலிருந்து அவ்வீர் ஊசிகளும் தெரியும் வண்ணம் தலையை ஆட்டி அசைத்து ஒரிடத்தைக் கொள்க. பின்னர் ஒரு கண்ணைப் பயன்படுத்தி ஈர் ஊசிகளும் ஒரு கோட்டில் உள்ளனபோல் தோன்றுமாறு தலையை அசைத்து இடங்கொள்க. கண்ணுடித்துண்டுக்கும் கண்ணுக்கு மிடையில் இன்னும் ஈர் ஊசிகளை, துண்டுக்கு அப்பாலுள்ள ஈர் ஊசிகளுடன் ஒத்த ஒரு கோட்டில் அவை உள்ளனபோல் தோன்றுமாறு, அமைக்க. இரண்டாம் முறை குத்திய சோடி ஊசிகள் **குறைந்தது** 10 ச.மீ. இடைவெளி தூரம் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். கடதாசியின் மேற்பரப்போடு ஒத்த மட்டத்தில் கண் அமைகின்ற அளவில் 4 ஊசிகளும் கடதாசியைத் துளைக்கின்ற புள்ளிகள் ஒரு நேர் கோட்டில் தோன்றுவதைக் கவனிக்க. கண்ணுடித்துண்டு செவ்வகமாக இருத்தலின் முறிக்கும் மேற்பரப்பிற்குரிய செங்குத்து கடதாசியின் தளத்தில் கிடக்கும்; இதனால் முறிவு பற்றிய முதல் விதியின் வாய்ப்பு அறியப்பட்டது.



உரு. 131. கண்ணுடித் துண்டொன்றின் ஊடாக முறிவு

ஊசிகள் (C, D, E, F) என்பவற்றின் நிலைகளைக் குறித்துக் கொண்டு கடதாசியிலிருந்து ஊசிகளையும் அத்துண்டினையும் அகற்றுக. CD ஐ இணைத்துத் துண்டின் முதல் மேற்பரப்பை P இற் சந்திக்குமாறு நீட்டுக. EF ஐ இணைத்துத் துண்டின் இரண்டாம் மேற்பரப்பை Q இற் சந்திக்குமாறு நீட்டுக. CD என்பது படுகதிரின் திசை. EF என்பது வெளிப்படு கதிரின் திசை; எனவே கதிர், கண்ணுடியுள் P இற்கூடாகப் புகுந்து Q இற் கூடாக வெளிவந்தது. PQ ஐ இணைக்க; இப்பொழுது PQ, கண்ணுடி ஊடாக ஒளிக்கதிர் கொண்ட திசையைக் காட்டுகின்றது. வெளிப்படுகதிர் EF, படுகதிர் CD உடன் சமாந்தரம் என்பதை வாய்ப்புப் பார்க்க. P, Q என்பவற்றில் செங்குத்துக்களை வரைக.

முதல் மேற்பரப்பிலுள்ள படுகோணம் SPN ஆகும். இதைக் கோணம் *என்க.*

முதலாவது மேற்பரப்பிலுள்ள முறிகோணம் N'PQ ஆகும். இதை *r* ஆற் குறிக்க.

அவற்றோடு ஒத்த இரண்டாவது மேற்பரப்பிலுள்ள கோணங்கள் MQR, M'QF என்பவற்றை முறையே *i'*, *e* என்பனவற்றாற் குறிக்க.

சைன் *i* என்பது சைன் *r* இற்குக் கொண்டுள்ள விகிதத்தை அறிவதற்கு இரு வழிகளைப் பயன்படுத்தலாம்:

(1) பாகைமானியைக் கொண்டு கோணங்கள் *i*, *r* என்பவற்றை அளக்க. பக்கம் — இல் உள்ள அட்டவணைகளிலிருந்து சைன்களின் பெறுமானங்களைப் பார்க்க. பின்னர் $\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r}$ என்பதன் பெறுமானத்தைக் காண்க.

(2) **ஒரு வரைப்பட முறை.**—P ஐ மையமாகக் கொண்டு 10 ச.மீ. இற்குக் குறையாத ஆரையைக் கொண்ட ஒரு வட்டம் வரைக. படுகதிர் வட்டத்தை வெட்டும் புள்ளி S என்பதைக்காண்க. முறிகதிர் PQ (தேவையெனில் நீட்டப்பட்டு) வட்டத்தை வெட்டும் புள்ளி R ஐயும் காண்க. S, R என்பவற்றிலிருந்து P என்பதிலுள்ள செங்குத்துக்குச் செங்குத்துக்கள் SN, RN' என்பவற்றை வரைக. இச்செங்குத்துக்களின் நீளங்களைக் கவனத்துடன் அளக்க.

இப்பொழுது $$\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{SN/SP}{RN'/RP} = \frac{SN}{RN'}.$$

ஆகவே, $\frac{SN}{RN'}$ இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க.

முறிவு பற்றிய இரண்டாம் விதியை வாய்ப்புப் பார்ப்பதற்கு இம் முடிபுகளை, **குறைந்தது** படுகதிரினது **இரு** நிலைகளில் ஆய்ந்து பார்த்தல் வேண்டும். *i* இன் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குப் பெற்ற $\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r}$ இன் பெறுமானங்கள் மிக நெருங்கிய அளவில் ஒப்புடையனவாயிருத்தல் வேண்டும். இப்பெறுமானங்களின் சராசரி, கண்ணுடியின் முறிவுக் குணகத்தைக் காட்டுவதாக எடுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும்.

கண்ணுடியின் இரண்டாவது மேற்பரப்பிலுள்ள முறிவிற்கு இத்தகைய ஓர் ஆய்வினைப் பயன்படுத்தி, $\frac{\text{சைன் } i'}{\text{சைன் } e}$ ஒரு மாறிலி என்பதை உணர்த்தலாம்.

முதலாவதாகத் துணிந்தறியப்பட்ட மாறிலி $\left(\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r}\right)$ என்பது வளியிலிருந்து கண்ணுடிக்குள்ள முறிவுக் குணகமாகும்.

இரண்டாவது மாறிலி கண்ணாடியிலிருந்து வளியிற்குள்ள முறிவுக் குணகமாகும்.

இவற்றை முறையே ${}_a\mu_g$, ${}_g\mu_a$ எனவும் குறிக்கலாம். அதிலிருந்து ${}_g\mu_a = 1/{}_a\mu_g$ என நாம் அறியலாம்.

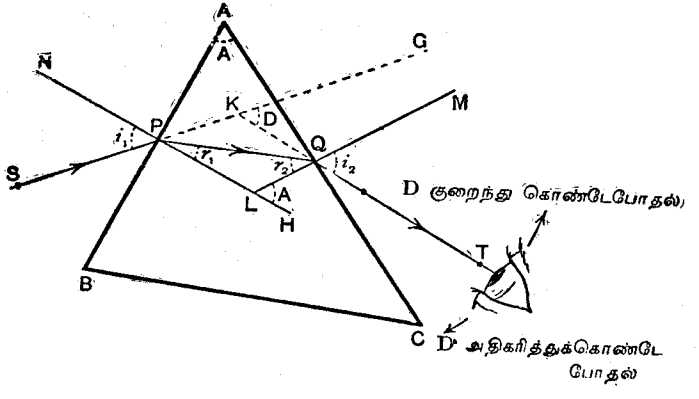
இந்த உண்மையை, கண்ணாடித் துண்டு சமாந்தரப் பக்கங்களைக் கொண்டது என்பதிலிருந்தும் வெளிப்படு கதிர், படுகதிரோடு சமாந்தரம், அல்லது $i = e$, $r = i'$ என்பதிலிருந்தும் உய்த்தறியலாம்.

எனவே $$ {}_a\mu_g = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{\text{சைன் } e}{\text{சைன் } i'} = \frac{1}{{}_g\mu_a}. $$

$i = e$ ஆதலின், சமாந்தரப் பக்கமுடைய ஊடகத் துண்டினூடாக முறிவுண்டாவதனால் **விலகல்** தோன்றுவதில்லை ; ஏனெனில், ஒரு மேற் பரப்பிலுள்ள விலகல், மற்றைப் பரப்பின் விலகலால் சைவ்விதாக நேர் மாறி விடுகிறதென்க.

அரியத்திற்கூடாகவுள்ள முறிவு

கண்ணாடி அரியமொன்றிற்கூடாக, அல்லது உரு. 132 இல் காட்டியவாறு தடித்த கண்ணாடி ஊடகம் யாதாயினுமொன்றிற்கூடாக ஒரு கதிர்



உரு. 132. ஓர் அரியத்திற்கூடாக முறிவு.

செல்கின்றபொழுது, முதலாவது மேற்பரப்பிலுள்ள விலகலே, வழக்கமாக இரண்டாவது மேற்பரப்பில் அமைந்த விலகலும் தொடர்ந்து ஒரே திசையிற் செல்லும். இது இவ்வாறு அமையாவிடினும், ஓர் அரியத்திற்கூடாக ஓர் ஒளிக்கதிர் செல்கின்ற பொழுது எவ்வாறேனும் ஒரு விலகல் உண்டாக்கப்

பட்டு அவ்வொளிக்கதிர் அரியத்தினடி நோக்கி வளைகின்றது. **QT** எனப் படும் வெளிப்படு கதிரின் திசைக்கும் படுகதிர் **SP** இன் திசைக்கும் இடையிலுள்ள கோணம் **விலகற்கோணம்** எனப்படும். உரு. 132 இல் இக்கோணம் **D** எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. கொடுக்கப்பட்ட அரியம் ஆக்கும் விலகல் படுகோணத்திற்கியைய வேறுபடும். அரியத்திற்கூடாக, ஒளிக்கதிர் சமச்சீராகச் செல்கின்றபொழுது அதாவது, கண்ணாடிக்குள் ஒளிக்கதிர் **(PQ)** இன் திசை அரியத்தின் பக்கங்களோடு, ஒத்தகோணங்களை ஆக்குகின்ற பொழுது விலகற்கோணம் மிகக் குறைவாக இருக்கும் என்பதைப் பரிசோதனையாலும் அறிமுறையாலும் எடுத்துக் காட்டலாம் ; இப்பொழுது அரியம் **இழிவுவிலகல்** நிலையில் இருக்கின்றது எனப்படும்.

இவ்வகையில், i, r என்பன முறையே படுகோணம், முறிவுக்கோணம் ஆக, விலகல் $D = 2i - 2r$ ஆகும் ; அரியத்தின் கோணம் $A = 2r$ ஆகும்.

இது $i = \frac{1}{2}(A + D)$, $r = \frac{1}{2}A$ என்பவற்றைத் தருகின்றது.

இதனால், $$ \mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{\text{சைன் } \frac{1}{2}(A + D)}{\text{சைன் } \frac{1}{2}A} $$ ஆகும்.

ஓர் அரியத்தின் கண்ணாடியினுடைய முறிவுக் குணகத்தை அறிவதற்கு அரியத்தின் முறியும் கோணம் **A** என்பதையும் இழிவு விலகற்கோணம் **D** என்பதையும் அளந்து μ என்பதை,

$$ \mu = \frac{\text{சைன் } \frac{1}{2}(A + D)}{\text{சைன் } \frac{1}{2}A} $$

ஆகிய சூத்திரத்திலிருந்து கணித்தறியலாம்.

பரிசோதனை 100. கண்ணாடி அரியமொன்றிற்கூடாகவுள்ள முறிவை, ஊசிகளைப்பயன்படுத்தி அறிதல்.— பெரிய கண்ணாடி அரியமொன்றினை அதன் முறிவு விளிம்பு நிலைக்குத்துத் தளத்தில் அமையுமாறு ஒரு வரைவுத் தாளிலே வைக்க. நுண்ணிய பென்சிற் கோடொன்றினால் அதன் நிலையைக் குறிக்க. அரியத்தின் ஒரு முகத்திற்கு மிக அண்மித்தாக ஓர் ஊசியை வைக்க ; பிறிதொன்றை முதலிலிருந்து 10 ச.மீ. தொலை யளவில் வைக்க. அரியத்தின் மறுபக்கத்திற்கூடாக அவற்றை நோக்குக; அரியத்தின் முறிவுக் கோணத்திற்கூடாக நோக்குகின்ற பொழுது அவை ஒன்றன்பின் ஒன்றுகத் தோற்றும்வரை கண்ணை அங்கும் இங்கும் நகர்த்தி நிலைகொள்க. அரியத்திற் கூடாக முதல் ஊசிகளை நோக்குகின்றபொழுது அவற்றுடன் ஒரு நேர்கோட்டு நிலைகொள்ளுமாறு ஈர் ஊசிகளை, கண்ணுக்கும், அரியத்திற்குமிடையே குத்துக. படுகதிர்களையும் வெளிப்படுகதிர்களையும் கீறி அவை சந்திக்கும்வரை நீட்டுக. பின் அதனால் பெறப்படும் விலகற்கோணத்தைக் காண்க ; வெளிப்படு கோணத்தையும் காண்க.

முதல் ஊசியை அரியத்தின் பக்கத்தோடு தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் முதல் நிலையில் வைத்திருக்க. ஆனால், இரண்டாவது ஊசி இப்பொழுது கருத்தி லுள்ள படுகதிர், அரியத்தின் முகத்தோடு பிறிதொரு படுகோணத்தை ஆக்குமாறு வைக்க. அதற்கு உரிய வெளிப்படுகதிரையும் விலகற் கோணத் தையும் காண்க.

பல்வேறு படுகோணங்களுக்கு இதைத் திருப்பிச் செய்க. ஒவ்வொரு முறையும், படுகோணத்தை 5° அளவில் வேறுபடுத்திச் செய்க. பின்னர், வெவ்வேறு படுகோணங்களுக்கு ஆகின்ற விலகற்கோண வேறுபாடு களைக் காட்டும் ஒரு வளைகோடு வரைக.

இவ்வளைகோடு குறித்த ஒரு படுகோணத்தோடு சார்ந்து ஒரு குறைவான பெறுமதியைக் கொண்டிருக்கும். இப்பெறுமானத்தின்கண் படுகோணமும் வெளிப்படுகோணமும் சமம் என்பதைக் காட்டுக.

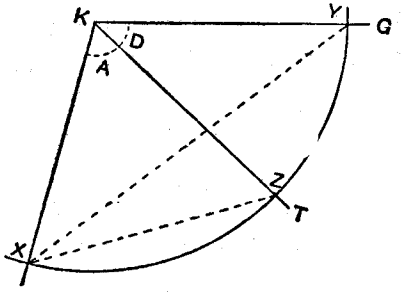
பரிசோதனை 101.—ஓர் அரியத்தின் இழிவு வீலகற்கோணத்தை ஆய்ந் தறிதல் (ஊசி முறை).—முன்னர் செய்தவாறு அரியத்தை வரைபலகை யொன்றில் வைக்க. அரியத்தின் முறிவுக் கோணத்தைச் சார்ந்துள்ள பக்கங்களுள் ஒன்றுடன் பொருந்துமாறு ஓர் ஊசியை வைக்க. அதனி லிருந்து 10 ச.மீ. தொலையளவில் இரண்டாவது ஊசியை வைக்க.

அரியத்தின் மறுபக்கத்திலிருந்து, முறிவுக் கோணத்திற்கூடாக, இவ் வூசிகளை நோக்குக. இவ்வீர் ஊசிகளும் ஒன்றன்பின் ஒன்றுகத் தோன்றுமாறு கண்ணைநிலைப்படுத்தி நோக்குக. தொட்டுக்கொண்டு நிற் கும் ஊசியை நிலையாகப் பற்றி அரியத்தைச் சுழற்றுங்கால் அவ்வரியத் தின் எல்லா நிலைகளிலும் ஊசிகள் ஒன்றன்பின் ஒன்றுகத் தோன் றுமாறு கண்களை நகர்த்தி நகர்த்தி நிலைகொள்க.

ஒரே திசையில் அரியம் சுழற்றப்பட்ட பொழுது, அது, **முறிவுக்கோணம் காட்டும்** திசையிலேயே கண்ணை நகரச் செய்யும். சுழற்சியின் திசையை மாற் றுவது, கண்ணின் இயக்கத்தை, மாறு திசையைக் கொள்ளச் செய்யும்; (உரு. 132). முதலாவது வகையில் அரியத்தின் இயக்கம், ஒளியின் விலகலைக் குறைக்கின்றது. இதுவே வேண்டப்படுவதாதலின், ஊசிகளின் மேல் நோக்கங்கொண்ட கண்கள், முறிவுக்கோணம் காட்டுகின்ற திசையில் இயங்குமாறு அரியம் சுழற்றப்படல் வேண்டும்.

இவ்வாறான வகையில் அரியம் ஒரு கோண அளவிற் சுழற்றப்பட்ட பின்னரும் ஒரு சிறு பொழுது, தொடர்ந்து அரியம் மெள்ளமாகச் சுழற்றப் பட்டபோது ஊசிகள் நிலையாக இருப்பனபோல் தோன்றும். இன்னும் மேற் கொண்டு அரியத்தைச் சுழற்றினால், அது கண்களை முன் சென்ற இயக்கத் திற்கு **மாறான** இயக்கத்தைக் கொள்ளச்செய்யும். இது **விலகல் மீண்டும் உயர்கின்றது** என்பதைக் காட்டுகின்றது. கண் மீண்டும் புள்ளியிடப்பட்ட கோடு **GK** என்பதற்கு அண்ணிதாக வருமளவில், அரியம் மீண்டும் மெள்ள மெள்ளமாகத் திருப்பிச் சுழற்றப்படல் வேண்டும்.

அரியம் இழிவு விலகல் நிலையிலிருக்கின்றபொழுது, வெளிப்படு கதிரின் திசையைக் குறிப்பதற்கு ஈர் ஊசிகளைக் குத்துக. இப்பொழுது தாளிலே அரியத்தின் வரையைக் கீறி முறிவுக் கோணம் **A** ஐக் குறிக்க. இப்பொழுது அரியத்தையும் ஊசிகளையும் அகற்றி விட்டு, இழிவு விலகற்கோணம் **D** என் பதைக் காட்டும் வழியில் படு கதிர்களை யும் வெளிப்படு கதிர்களையும் நீட்டி வரைப்படத்தை முடிவாக்குக. பொருள் கள் யாவும் அமைத்தவாறு செம்மையா என்பதை அறிவதற்குக் கண்ணுடிக் கூடாகவுள்ள கதிரின் வழி அரியத் தின் முகத்தோடு ஒத்த கோணங்களை ஆக்கு கின்றதா என்பதைக் கவனிக்க.



உரு. 133. μ ஐ அறிவதற்கு வரைப்பட வழி

சூத்திரம்

$$\mu = \frac{\text{சைன் } \frac{1}{2}(A + D)}{\text{சைன் } \frac{1}{2}A}$$

என்பதைப் பயன்படுத்தி, கண்ணுடியின் முறிவுக் குணகத்தைக் கணிப் பதற்கு இரு வழிகளைப் பயன்படுத்தலாம் :—

(1) **பாகைமானியின் உதவியுடன்.**—கோணங்கள் **A,D** என்பனவற்றைப் பாகைமானி கொண்டளந்து, சைன் $\frac{1}{2}(A + D)$, சைன் $\frac{1}{2}A$ என்பனவற் றின் பெறுமானங்களை அட்டவணைகளின் உதவி கொண்டு காண்க.

(2) **வரைப்பட முறை**[1].—முன்னர் கூறியவாறு இழிவு விலகற்கோணம் **GKT** என்பதைத் தாளிற் குறித்தபின், வெளிப்படுகதிர் **KT** இன் திசையுடன் அரியத்தின் ஒரு விளிம்பு பொருந்தக் கூடியதாகவும், அரியத்தின் உச்சியானது, படுகதிரும் வெளிப்படுகதிரும் வெட்டிக்கொள்ளும் புள்ளி **K** இற் பொருந்தக் கூடியவாறும், அரியத்தைத் தாளில் வைக்க. பின்னர் உரு. 133 இல் காட்டியவாறு அரியத்தின் இரண்டாம் விளிம்பு வழியே, ஒரு கோட்டைக் கீறுவதனால் அரியத்தின் கோணம் தாளிற் குறிக் கப்படும். இவ்வாறாக மூன்று கோடுகளையும் **X, Y, Z** ஆகிய இடங் களில் வெட்டக்கூடியதாக **K** ஐ மையமாகக் கொண்டு 10 அல்லது 15 ச.மீ. அளவுள்ள ஓர் ஆரையுள்ள ஒரு வட்டம் வரையப்படும்.

1. இம்முறையை அறிவுறுத்தியதற்கு இலண்டன் கிங்சு கல்லூரியைச் சேர்ந்த எம் கூட்டாளி கலாநிதி இடபிள்யு. உவில்சனுக்கு நாம் கடமைப்பட்டுள்ளோம்.

இவ்வுருவின் கேத்திர உருவத்திலிருந்து,

$$\frac{\text{சைன் } \frac{1}{2}(A + D)}{\text{சைன் } \frac{1}{2}A} = \frac{XY}{XZ}.$$

எனவே, $$\mu = \frac{XY}{XZ}.$$

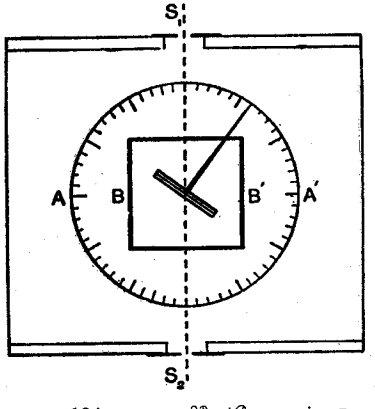
XY, XZ என்பனவற்றின் நீளங்களை அளந்து **μ** இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க.

முழு உட்டெறிப்பும் மாறுநிலைக்கோணமும்

ஓர் அடர்ந்த ஊடகத்திலிருந்து ஓர் ஐதான ஊடகத்தினூடாக ஓர் ஒளிக்கதிர் செல்கின்ற பொழுது அது, செங்குத்திலிருந்தும் **அப்பால்** வளைகிறது ; அப்பொழுது $\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} < 1$ ஆகும்.

இவ்வாறுக முறிவுக்கோணம் படுகோணத்திலும் விரைவாக உயர்ந்து கொண்டு போகும்.

$i = C$ ஆக இருக்கின்றபொழுது குறித்த ஒரு படுகோணத்திற்கு, வெளிப்படுகதிர் அப்பொழுது தான் மேற்பரப்பைத் தழுவுகிறது எனலாம், அல்லது மேற்பரப்போடு சமாந்தரமாகச் செல்கின்றதெனலாம் ; இதனால் முறிவுக்கோணம் $r = 90°$ ஆகும். ஆகவே $\frac{\text{சைன் } C}{\text{சைன் } 90°}$ = அடர்ந்த ஊடகத்திலிருந்து ஐதான ஊடகத்திற்குரிய முறிவுக் குணகமாகும்.



உரு. 134. மாறுநிலைக்கோணத்தை ஆய்ந்தறிதல்

ஆனால் சைன் $90° = 1$; எனவே இம் முறிவுக்குணகம் சைன் C என்பதற்குச் சமன்.

இக்கோணம் C இலும், **பெரிதான** ஒரு கோணத்திற் படுகின்ற ஒளி வெளிப்பட மாட்டாது. ஏனெனில், வெளிப்படு கோணம், ஒன்றிலும் மேலான சைனைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். இது இயலாத தொன்றாகும் ; இவ்வகையில், முழு ஒளியும் **முற்றுக உள்ளே தெறிக்கப்படும்.**

இவ்வெல்லைப்படுத்தும் கோணம் C தழுவி வரும் வெளிப்படுகைக்குப் படு கோணமாகும், அதாவது **முழு உட்டெறிப்பு** நிகழ்வதற்கு வேண்டிய மிகக் குறைந்த படுகோணமாகும்; இது இச்சோடி ஊடகங்களுக்குரிய **மாறுநிலைக் கோணம்** எனப்படும்.

ஐதான ஊடகம் வளி எனின், சைன் C என்பது அடர்ந்த ஊடகத்திற்குரிய முறிவுக்குணகத்தின் தலைகீழாகும்; (பக்கம் 292). எனெனில் **அடர்ந்த ஊடகத்துலிருந்து வளிக்குரிய** முறிவுக்குணகம் அதுவாதலின் என்க.

பரிசோதனை 102. மாறுநிலைக்கோணத்தை ஆய்ந்தறிதல்—இந்திய இறப்பர்வளையமொன்றினால், அல்லது வெள்ளீயத் தாளிலிருந்து வெட்டப்பட்ட தாளொன்றினால் பிறிது பிறிதாக வைக்கப்பட்ட இரு சமாந்தரக் கண்ணுடித் தகடுகளுக்குள் மெல்லிய வளிப்படலம் ஒன்று அமர்த்தி வைக்கப்பட்டுள்ளது. இக்கருவி தகடுகளின் முகப்புக்களுக்குச் சமாந்தரமாக அமைந்த நிலைக்குத்தான ஒரு கதிர்க்கோலில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதனால் இக்கருவி முழுவதும் நிலைக்குத்தான ஓர் அச்சில் சுழற்றக் கூடியதாயிருக்கும். சுழற்சிக் கோணத்தை ஒத்த-அச்சு வழி அளவுத் திட்டம் AA′ ஒன்றின் உதவிகொண்டு அளந்து கொள்ளலாம் (உரு. 134).

அடைக்கப்பட்ட வளிப்படலத்தையுடைய கண்ணுடித் துண்டுகள், இப் பொழுது நாம் எந்தத் திரவத்தின் மாறுநிலைக் கோணத்தை ஆய்ந்தறியப் போகின்றோமோ, அத்திரவத்தினுள் இடப்படும். இத் திரவம் கன வடிவான கண்ணுடிப்பெட்டி BB′ என்பதனுள் இருக்கும். இப்பெட்டியின் பக்கங்கள் கண்ணுடித் தகடுகளினாலாயவை.

ஒருசோடிப் பக்கங்களுக்குச் செங்கோணமாக ஒளிக் கற்றையானது திரவத்திற்கூடாகச் செலுத்தப்படுகின்றது. திட்டமான ஒரு கற்றையைப் பெறுவதற்கு S_1, S_2 ஆகிய இரு பிளவுகள் பயன்படுத்தப்படும். ஒரு பிளவுக்கூடாகக் கண் நோக்குகின்ற பொழுது, அது அடுத்த பிளவுக்கப்பாலுள்ள ஒளி முதலிலிருந்து ஒளிக்கற்றையைப் பெறல் வேண்டும்.

ஒளிக் கற்றையின் வழிக்கு, வளிப்படலம் செங்குத்தாயமைந்தால் ஒளி அதற்கூடாகச் செல்லும். கதிர்க்கோலைச் சுழற்றும்பொழுது திரவத்திலிருந்து வளிக்குச் செல்லும் ஒளியின் படுகோணம், மாறுநிலைக்கோணம் வரும் வரைக்கும் வளர்ந்துகொண்டே செல்லும். கதிர்க்கோல் இன்னும் மேலான கோணத்திற்கூடாகச் சுழற்றப்பட்டால், முழுத் தெறிப்பும் உண்டாகி ஒளி செலுத்தப்படுவது தடைப்படும். இது நிகழ்கின்றபொழுது, அளவுகோடிட்ட வட்டத்திலே கதிர்க்கோலின் நிலை குறிக்கப்படும். இப்பொழுது படலப்பெட்டி பின்னுக்கிச் சுழற்றப்படும். இப்பொழுது மீண்டும் ஒளி செலுத்தப்படுமாறு அது சுழற்றப்படும். மீண்டும் ஒளி தடைப்படும் வரைக்கும் இச்சுழற்சி நடைபெறும். பெட்டிதிருப்பப்பட்ட கோணம், திரவத்தின் மாறுநிலைக் கோணத்திலும் இருமடங்கிற்குச் சமமானது.

இப்பொழுது திரவத்தின் முறிவுக் குகணம் சூத்திரம்

$$\mu = \frac{1}{\text{சைன் } C}$$

என்பதிலிருந்து பெறப்படும்.

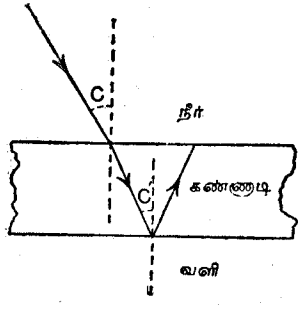
இவ்வழியில் நீரிற்குரிய மாறுநிலைக் கோணத்தையும் முறிவுக் குணகத்தையும் ஆய்ந்தறிக.

கண்ணுடித் தகடுகளுக்கிடையிலுள்ள வளிப்படலத்திற்குக் **கண்ணுடி** வழியாய் ஒளி படுகின்ற பொழுது, அதாவது, **கண்ணுடியில்** படுகோணம் கண்ணுடிக்குரிய மாறுநிலைக் கோணமாய் அமைகின்ற பொழுது, ஒளி மறைவு எற்படுகின்றது. ஆயினும் இவ்வாறு பெறப்பட்ட மாறுநிலைக் கோணம் நீருக்குரிய மாறுநிலைக் கோணமாகும். இதைப் பின்வருமாறு காட்டலாம் :—

நீரில், படுகோணம் C ஆக, இது நீருக்குரிய மாறுநிலைக் கோணமாகும், கண்ணுடி—வளி மேற்பரப்பிற்குரிய படுகோணம் C′ எனின்,

$$\frac{\text{சைன் } C}{\text{சைன் } C'} = \text{நீருக்கும் கண்ணுடிக்குமிடையிலுள்ள } \mu$$

$$= \frac{\text{கண்ணுடிக்குரிய } \mu}{\text{நீருக்குரிய } \mu},$$



உரு. 135. மாறுநிலைக் கோணம்

அதாவது, $\dfrac{\text{சைன் } C}{\text{சைன் } C'} = \dfrac{\mu_g}{\mu_w}$.

இப்பொழுது, சைன் $C = \dfrac{1}{\mu_w}$,

சைன் $C' = \dfrac{1}{\mu_g}$;

அல்லது, நீருக்குரிய மாறுநிலைக் கோணத்தில் ஒளியானது நீர்–கண்ணுடி மேற்பரப்பில் படுகின்றதாயின் தெறிக்கப்பட்ட ஒளி, கண்ணுடிக்குரிய மாறுநிலைக் கோணத்தில் கண்ணுடி–வளி மேற்பரப்பைத் தாக்கும். இவ்வாறு நீர்–கண்ணுடி மேற்பரப்பிற்குரிய படுகோணம் நீருக்குரிய மாறுநிலைக் கோணமாயிருக்கின்றபொழுது கண்ணுடி – வளிமேற்பரப்பில், முழு உட்டெறிப்பு நேரும்.

தோற்றத்தடிப்பு முறையால் முறிவுக் குணகம் காணல்

ஒரு குளத்துள் நீலைக்குத்தாக ஒருவன் நோக்குவானுயின் நீரிழும் அதன் உண்மை ஆழத்தியிலிருந்தும் சிறிது குறைந்துள்ளது போற்றேன்றும். இவ்வாறே, ஒரு கண்ணுடித் துண்டினுடைய தடிப்பு அதனூடு நோக்குவோன் ஒருவனுக்கு அதன் உண்மையான தடிப்பிலும் குறைந்துள்ளது போற்றேன்றும். இது ஒளியானது நீரிலிருந்தோ கண்ணுடியிலிருந்தோ வளியுட் செல்கின்ற பொழுது வளைவதாலோ, தெறிப்பதாலோ எற்படுவதொன்றுகும்.

ஈர் ஊடகங்களைப் பிரிக்கின்ற மேற்பரப்பு SS′ இல் வெளிப்படுவதற்காகச் செல்கின்ற ஒளிக் கதிரானது புள்ளி P என்பதிலிருந்து தொடங்குவதாகுக. செங்குத்து PO என்பதற்குச் சமமாகச் சாய்ந்துள்ள இரு கதிர்கள் PS, PS′ என்பன உரு. 136 இல் காட்டியவாறு SQ, S′Q′ என்னும் திசைகள் வழி முறிக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறு முறிக்கப்பட்ட கதிர்களின் திசைகளைப் பின்னேக்கி நீட்டினால் அவை P′ என்னும் ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கும். ஒளியியல் முறையில் அடர்த்தி மிகுந்த ஊடகமொன்றின் ஊடாக நோக்கி இவ்விரு கதிர்களையும் பெறுவான் ஒருவன், புள்ளி P′ என்பது பொருளின் நிலையைக் குறிக்கும் எனக் கருதுவான்.

அடர்த்தியான ஊடகத்திற்குள்ளே செல்கின்ற பொழுதுள்ள முறிவுக் குணகம் μ எனில்,

$$\mu = \frac{\text{சைன் QSM}}{\text{சைன் PSN}} = \frac{\text{சைன் SP′O}}{\text{சைன் SPO}}$$

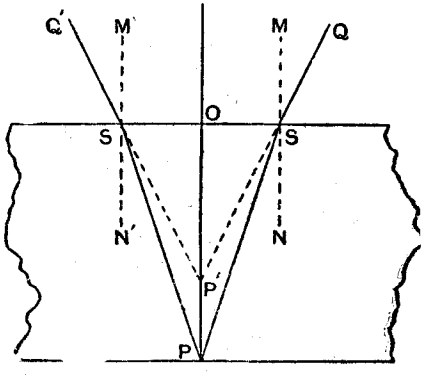
$$= \frac{\text{OS/SP′}}{\text{OS/SP}} = \frac{\text{SP}}{\text{SP′}}.$$

நோக்குவான் ஒருவன், கண்ணுடித் துண்டின் ஊடாகச் செங்குத்தாக நோக்குகின்ற பொழுது கோணங்கள் OPS, OP′S என்பன மிகச் சிறியன போற்றேன்றும். அப்பொழுது உண்மையில் SP, OP போலவும், SP′, OP′ போலவுமே தோன்றும்.

அப்பொழுது, $\mu = \dfrac{\text{OP}}{\text{OP′}} = \dfrac{\textbf{உண்மைத்தடிப்பு}}{\textbf{தோற்றத்தடிப்பு}}$.

இங்கு நாம் உண்மைத் தடிப்பையும் தோற்றத் தடிப்பையும் அளக்க முடியுமெனின் நாம் திரவியத்தின் முறிவுக் குணகத்தைத் துணியலாம்.

பரிசோதனை 103. தோற்ற ஆழத்தைக் கொண்டு நீருக்குரிய முறிவுக் குணகத்தைத் துணிதல்.—ஒரு கிண்ணத்தின் அல்லது முகவையின் அடியில் ஒரு சிறிய வெண் பொருளைவைக்க. ஒரு நாணயத் தோடு பிணைக்கப்பட்ட ஒரு கூருடை வெண் கடிதத்துண்டு இப்பரிசோதனைக்கு நன்கு உதவக் கூடியது. கிண்ணத்தின் அடிப்பகுதியைக் கறுப்புப் பூசி விடலாம் ; அல்லது முகவையை ஒரு கறுத்தத் தாளின் மேல், அல்லது கறுத்த வாங்கின் மேல் வைப்பது நல்லது. பாத்திரத்துள் நீரை ஊற்றி நிரப்புக.



உரு. 136. தோற்றத்தடிப்பு

நோக்குவான் அதனுள் நோக்கக் கூடிய உயரத்தில் அதை வைக்க. பின்னர் இரண்டாவது கடிதச் சுட்டியொன்றை ஒரு நிலையில், நீருக்கு மேலாக, அதனுடைய உயரத்தை வேண்டியவாறு அமைத்துக் கொள்ளக் கூடிய வழியில், வைக்க. தண்ணீருக்குள்ளாகப் பார்க்கின்ற பொழுது முதற் கடதாசித் துண்டை இடரின்றிக் காணலாம். இன்னும், **இரண்டாவது கடிதத்தின் கீழ் முகப்பு நன்முறையில் ஒளி செய்யப்பட்டிருந்தால்,** தண்ணீரின் மேற்பரப்பில் உண்டான தெறிப்பினாலாய இத் துண்டின் **தெறி** விம்பத்தையும் தெளிவாகக் காணலாம். இப்பொழுது நாம் காணும் இரு விம்பங்களுக்கிடையிலுள்ள இடமாறுதோற்றம் இல்லாமற் போகும் அளவுக்கு இரண்டாம் கடிதத் துண்டின் உயரத்தை அமைத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். தெறித்த விம்பமும் முறிந்த விம்பமும் இப்பொழுது ஒன்று டனொன்று பொருந்தும். ஆனால், நீரின் மேற்பரப்பிற்கு மேல் கடதாசிச் சுட்டி எவ்வளவு தூரத்தில் உள்ளதோ, அவ்வளவு தூரத்தில் நீரின் மேற்பரப்பிற்குக் கீழே தெறிப்பினாலாய விம்பம் இருக்கும். இதன்விளைவாக தோற்ற ஆழம் நீரின் மேற்பரப்பிலிருந்து இரண்டாம் கடிதத் துண்டு உள்ள தூரத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். தோற்ற ஆழத்தையும் உண்மை ஆழத்தையும் அளந்து முறிவுக் குணகத்தைக் கணிக்க.

பரிசோதனை 104. தோற்றத் தடிப்பினால் கண்ணுடியின் முறிவுக் குணகத்தைத் துணிதல்.—வெண் கடிதத் துண்டொன்றின் மேல் ஒரு செவ்வகக் கண்ணுடித்துண்டை வைக்க. கடிதத் துண்டின் மேல் ஒரு நேர்கோடு கீறப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். மேலிருந்து இக்கோட்டை நோக்குகின்றபொழுது முழுக் கோட்டினையும் பார்க்க இயலும். ஆனால் அதன் ஒரு பகுதி கண்ணுடிக்கூடாகத் தோன்றும்; மற்றையது வளியின் ஊடாகத் தோற்றும். கண்ணுடிக்கூடாக நோக்கப்பட்ட பகுதி தோற்ற அளவில் உயர்ந்திருப்பதாகத் தோன்றும். இத்தோற்ற நிலையை அக்கோட்டிற்குச் சமாந்தரமாக வைக்கப்பட்ட கிடைத்தளமான ஓர் ஊசியை அதன் முனை கண்ணுடித்துண்டின் பக்கத்தோடு பொருந்தியவாறு வைத்துக்கொண்டு, உயர்த்தியும், தாழ்த்தியும் அறிந்து கொள்ளலாம். அவ்வூசியின் முனையும் கண்ணுடிக்கூடாகத் தெரியும் கோடும் இடமாறுதோற்றம் இல்லாமல் இருக்கின்ற தருணத்திலேயே அதன் தோற்றநிலை புலப்படும். இதற்காக, இவ்வூசியை நிலைக்குத்துத் தளவழி வேண்டியவாறு அமைத்துக் கொள்ளக்கூடியதான ஒரு நிலையில் பொருத்தல் வேண்டும்.

ஊசியின் முனையிலிருந்து கண்ணுடியின் மேற்பரப்பிற்குள்ள தூரத்தை அளக்க. கண்ணுடித் துண்டின் உண்மைத் தடிப்பினையும் அளக்க. இவற்றைக் கொண்டு கண்ணுடியின் முறிவுக் குணகத்தைக் கணிக்க.

இவ்வழி தடித்த கண்ணுடித் துண்டுகளுக்கே உகந்ததாகும். 2 ச.மீ. அல்லது குறைந்த தடிப்புடைய துண்டுகளுக்கு, நிலைக்குத்துவழி மாற்றி அமைக்கக்கூடிய வேணியர் தொலைகாட்டி மிகுதியாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

பரிசோதனை 105. நுணுக்குக் காட்டியைக் கொண்டு முறிவுக்குணகத்தைத் துணிதல்.—நுணுக்குக் காட்டியை (*a*) கண்ணுடி இல்லாதபொழுது தாளில், அல்லது வேறு பிற தட்டையான மேற்பரப்பில், (*b*) கண்ணுடிக் கூடாகத் தாளில், (*c*) கண்ணுடியின் மேற்பரப்பில், குவியம் கொள்ளுமாறு அமைத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். இவ்வாறு அமைக்கும் பொழுது காண்கின்ற விம்பத்திற்கும் நுணுக்குக் கண்ணுடியின் குறுக்கு மயிர்களுக்குமிடையே ஒவ்வொரு வகையிலும் இடமாறுதோற்றம் இல்லாமலிருக்கக் கவனம் எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

இந்நிலைகளில், வேணியர் அளவுத்திட்டத்திற் காட்டப்படும் அளவுகளை அளந்து, கண்ணுடித் தகட்டின் உண்மைத் தடிப்பையும் தோற்றத் தடிப்பையும் இலகுவில் உய்த்தறிந்து கொள்ளலாம். முறிவுக் குணகம் முன்னர் கூறியவாறு கணித்தறியப்படும்.

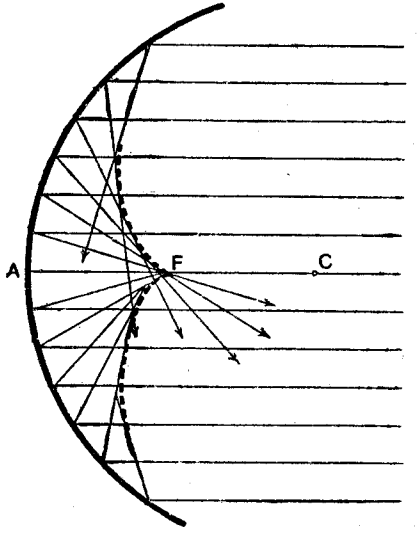
சிறிய அளவில் கிடைக்கக்கூடிய திரவங்களுக்கும், வேணியர் நுணுக்குக் காட்டியைக்கொண்டு ஆயும் வழி பயனுடையதாகும். நீரைக் கொண்டிருக்கும் பாத்திரத்தினடியில் அது வெறுமையாயிருக்கின்றபொழுதும் நிரம்பி இருக்கின்றபொழுதும், பின்னர் திரவத்தின் மேற்பரப்பிலும், நுணுக்குக் காட்டியைக் குவியச் செய்க; நீரின் மேற்பரப்பில், மிதக்கும் இலைக்கப் போடியத்தாலாய சிறு துகளை வைத்துக் குவியச் செய்துகொள்ளலாம்.

§ 4. எரிநிலை வளைகோடுகள்

தளப் பரப்புக்களிலும் கோள மேற்பரப்புக்களிலும் உண்டாகும் தெறிப்பு, முறிவு ஆகியவை பற்றிய ஆரம்ப கோள்களில், கொடுக்கப்பட்ட ஒரு புள்ளியிலிருந்து கிளம்பும் ஒளிக்கற்றை தெறித்தலின் பின்னே முறிவின் பின்னே **இணைக்குவியம்** எனப்படும் இரண்டாம் புள்ளியொன்றில் ஒருங்கியோ, விரிந்தோ செல்லும் என்று கொள்ளப்படும். பொதுவாக இது அண்ணளவிலேயே உண்மையானதாகும். எனினில் அடுத்தடுத்துவரும் இரு கதிர்கள் ஒன்றையொன்று வெட்டிக்கொள்ளக்கூடும். ஆனால், அயலிலுள்ள அடுத்த இரு கதிர்கள் ஒன்றையொன்று வெட்டும் புள்ளி, மேலே கூறப்பட்ட வெட்டுப் புள்ளியுடன் பொருந்தியிருக்கவேண்டியதில்லை. எல்லாக் கதிர்களும், **எரிநிலை வளைகோடு** எனப்படும் குறித்த ஒரு வளை கோட்டைத் தொடும்.

உதாரணமாக, தலைமை அச்சுக்குப் படுகதிர்கள் யாவும் சமாந்தரமாக இருக்கின்றபொழுது, குழிவான அரைக்கோளவாடியில் உண்டாகும் தெறிப்

பினைக் கருத்திற் கொள்க. அச்சுக்கு அண்மையிலுள்ள கதிர்களே, C இற்கும் A இற்கும் உள்ள இடைத்தூரத்தின் அரை வழியிலுள்ள, தலைமைக் குவியத்திற்கூடாகச் செல்கின்றன என்பதை உரு. 137 காட்டுகின்றது. மற்



உரு. 137. தெறிப்பினால் வரும் எரிநிலை மேற்பரப்பு

றைத் தெறிக்கப்பட்ட கதிர்கள், அச்சோடு சமச்சீருடைய, ஓர் எரிநிலை வளை கோட்டைத் தொடுகின்றன. இது புள்ளி முதற் இல் ஒரு **கூரைக்** கொள் கின்றது; **F** ஆடியின் முதற் குவியமாகும்.

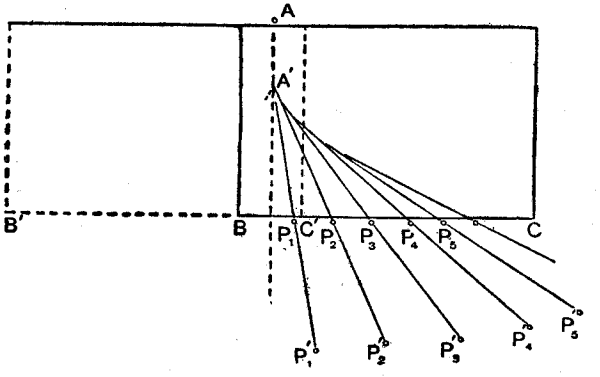
பரிசோதனை 106. தெறிப்பினாலாகும் எரிநிலை வளைகோடு.—அரைக் கோளவாடியில் சமாந்தரக் கதிர்கள் விழுகின்றபொழுது ஆகும் எரிநிலை வளைகோட்டைக் காட்டும் செவ்வையான வரைப்படமொன்றை அளவுத்திட்ட முறைப்படி உன் குறிப்புப் புத்தகத்தில் அமைக்க.

ஆடியின் பகுதியொன்றைக் காட்ட ஓர் அரை வட்டம் வரைக. பின்னர், அச்சு **CA** இற்குச் சமாந்தரமாக யாதுமொரு ஒளிக்கதிரை வரைக. ஓர் எளிய அமைப்பினால், அதற்கொத்த தெறிகதிரைக் காணலாம். **C** ஐ மையமாகக் கொண்டு, படுகதிரைத் தொடும் விதத்தில் ஒரு வட்டம் வரைக. ஆடியைப் படுகதிர் தொடும் புள்ளியிலிருந்து இவ்வட்டத்திற்கு ஒரு தொடுகோடு வரைக. இத்தொடுகோடு படுகதிரைக் குறிக்கும்; (இதை நிறுவுக).

அச்சுக்குச் சமாந்தரமான பல ஒளிக்கதிர்களுக்கு இவ்வமைப்பினை மீண்டும் மீண்டும் செய்க. பின்னர் அடுத்தடுத்த தெறிகதிர்களின் வெட்டுப் புள்ளிகளின் ஒழுக்கைக் குறிக்க ஒரு வளைகோடு வரைக. இவ்வளைகோடு குவிந்த அரைக்கோளவாடியிலே அச்சுக்குச் சமாந்தரமான படுகதிர்களின் தெறிப்பினாலான எரிநிலை வளைகோட்டின் ஒரு பகுதியாகும்.

கண்ணாடித்துண்டு ஒன்றிற்கூடாகவுள்ள முறிவினாலாகும் எரிநிலை **வளை** கோட்டினை ஊசிகளின் துணைகொண்டு பரிசோதனை முறையிற் கீறலாம்.

பரிசோதனை 107. முறிவினாலாகும் எரிநிலை வளைகோடு.—வரைதாள் ஒன்றில் கண்ணாடித் துண்டம் ஒன்றை வைக்க. துண்டத்தின் நீளப் பக்கங்களுள் ஒன்றிலே கோணத்திலிருந்து 2 ச.மீ. தூரத்தில் ஓர் ஊசியை **A** இலுள்ளவாறு குத்தியமைக்க (உரு. 138). துண்டத்தின் எதிர்ப்



உரு. 138. முறிவினாலாகும் எரிநிலை வளைகோடு

பக்கத்தில், ஒவ்வொன்றும் ½ ச.மீ. தூர அளவில் இடம் கொள்ளுமாறு P_1, P_2, P_3, என்னும் புள்ளிகள் பலவற்றைக் குறிக்க. இவற்றில் ஒரு புள்ளியில், P_1 எனக் கொள்க, ஓர் ஊசியை வைக்க. பின்னர் இன்னோர் ஊசி P'_1 என்பதனை, துண்டுக்கூடாகப் பார்த்தால் மூன்று ஊசிகளும் ஒரு நேர்கோட்டில் இருக்குமாறு அமைய எங்கே வைக்கலாம் என ஆராய்ந்தறிக. ஒவ்வொரு புள்ளி P இற்கும் இவ்வாறு ஆராய்க. எல்லாப் புள்ளிகளையும் கண்டறிந்தபின் இத்துண்டத்தின் வரைவுருவை அத்தாளிற் கீறிய பின் கண்ணாடித் துண்டத்தை அகற்றிவிடுக. புள்ளிகள் P_1, P_1' என்பனவற்றை ஒரு கோட்டினால் இணைத்து, அக்கோட்டை இரு திசைகளிலும் நீட்டுக. இவ்வாறே புள்ளிகள் P_2, P_2', என்பனவற்றை இணைக்க. இவ்விரு கோடுகளும் ஒரு புள்ளியிற் சந்திக்கும். இப்புள்ளி, P_1' என்பதற்கு அண்மையில், கண்ணை வைத்து **A** ஐ நோக்குகின்ற பொழுது தோன்றும் மாய விம்பத்தைக் குறிக்கும். இவ்வாறே எஞ்சியுள்ள புள்ளிச் சோடிகளையும்

இணைக்க. இப்பரிசோதனையை நன்முறையிற் செய்தால், எல்லாக் கோடுகளும் நன்முறையில் அமைந்த கூரொன்றுடைய எரிநிலை வளைகோடொன்றினைத் தொடுவதை நாம் காணலாம்.

எரிநிலை வளைகோட்டின் இரு இலைகளையும் நாம் பெறுவதற்குக், கண்ணாடித் துண்டத்தை ஒரு பக்கப் பாட்டில் குத்திட்ட கோடுகளால் குறிக்கப்பட்ட நிலைக்கு நகர்த்துதல் வேண்டும். சாதாரணமாக துண்டத்திற் கூடாக நோக்குகின்ற கண்ணுக்கு, மாயவிம்பம் எரிநிலை வளைகோட்டின் கூரிலுள்ளதுபோல் தோன்றும். இவ்வரைப்படம் மாணாக்கனின் குறிப்புக்களுடன் இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்; அல்லது அவன் குறிப்புப் புத்தகத்தில் வரையப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

பின்னர் பக்கம் 299 இல் நிறுவப்பட்ட சூத்திரத்தினைக்கொண்டு கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகத்தைக் கணித்தறிக.

$$\mu = \frac{\text{துண்டத்தின் உண்மைத் தடிப்பு}}{\text{துண்டத்தின் தோற்றத்தடிப்பு}}$$

பார்ப்போனுக்கு மிக அண்மையிலுள்ள துண்டத்தின் முகத்திலிருந்து எரிநிலை வளைகோட்டின் கூருக்குள்ள தூரமே தோற்றத் தடிப்பாகும். உண்மைத் தடிப்பினை இடுக்கிமானியின் துணைகொண்டு அளந்தறிதல் வேண்டும்.

குறிப்பு.—கூர் A′ இன் நிலையை மிகச் செம்மையாகத் துணிதல் இயலாது. எனவே வரைப்பட அமைப்பு முறையிற் பெற்ற μ இன் பெறுமானம் மிகத் திட்டமானதன்று.

அதிகாரம் II

கோளவாடி

§ I. அடிப்படைக் கொள்கை

ஆரம்பப் பயிற்சியில், நாம் கருத்தில் கொள்ளும் **ஆடி,** பொதுவாகக் கோளத்தின் ஓர் உருவினைக் கொண்ட, துலக்கப்பட்ட மேற்பரப்பேயாகும். இவ்வாடி கூறுகொண்ட கோளத்தின் மையம், ஆடியின் **வளைவுமையமாகும்.** துலக்கப்பட்ட மேற்பரப்பு வளைவு மையத்தை நோக்குமாயின் ஆடி **குழிவுடையதாகும்.** துலக்கிய மேற்பரப்பு மையத்திலிருந்து அப்பால் நோக்குவதாயின் ஆடி **குவிவுடையதாகும்.** வளைவு மையத்தை ஆடியின் முகத்து மையத்திலிருந்து பிரித்தறிந்து கொள்ளல் வேண்டும். ஆடியின் முகத்து மையம் வழக்கமாக **முனைவு** எனப்படும். வளைவு மையத்தை முனைவோடு தொடுக்கும் கோடு ஆடியின் **அச்சு** எனப்படும். ஆடியின் முக விட்டம் அதன் (ஆடியின்) வளைவு மையத்தோடு அமைக்கும் கோணம் ஆடியின் **துவாரம்** எனப்படும். வழக்கமாக ஓர் ஆடியின் துவாரம் சிறியதாயிருக்கும்.

அச்சிற்கு சமாந்தரமான ஒளிக் கற்றைகள் கோளவாடியில் விழின், அவை அச்சிலுள்ள ஒரு புள்ளியில் (ஆடி குழிவானதாயிருந்தால்) ஒருங்கும்; அல்லது (ஆடி குவிவானதாயிருந்தால்) விரியும். இப்புள்ளி ஆடியின் **முதற் குவியம்** எனப்படும்.

கோளவாடியின் முதற் குவியம் ஆடியின் முனைவிற்கும் அதன் வளைவு மையத்திற்கும் இடையே நடுப்புள்ளியில் இருக்கும்.

ஒரு குழிவான ஆடியின் முதற் குவியத்தில் ஒளி வீசும் புள்ளியொன்றை வைத்தால் அதிலிருந்து கிளரும் கற்றை அச்சுக்குச் சமாந்தரமான கதிர்களைக் கொண்டிருக்கும். ஒருங்கு கற்றையொன்றை ஒரு குவிவான ஆடியின் முதற்குவியத்தை நோக்கித் திசைப்படுத்தின், வெளிப்படும் கதிர்கள் அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக இருக்கும்.

ஓராடியின் அச்சில் அளக்கப்பட்ட தூரங்களோடு இணைக்கப்பட்ட **குறியீடு**களுக்கு, வரையறுக்கப்பட்ட வழக்குக்களைக் கைக்கொள்ளல் வேண்டும். பின்வருவன பெரும்பாலும் இங்கு பயன்படுத்தப்படுகின்றன; இவை முந்திய பதிப்புக்களிலும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன :—

(1) எல்லாத் தூரங்களும் **முனைவிலிருந்து** அளக்கப்படல் வேண்டும்.

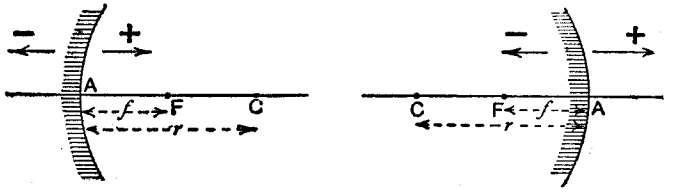
(2) ஆடியின் ஒரு பக்கத்திலுள்ள தூரங்கள் நேரானவையெனவும் மற்றைப் பக்கத்திலுள்ளவை எதிரானவையெனவும் கருதப்படும்.

(3) ஒளிமுதலே நோக்கித் திசைகள் அளக்கப்படும் பொழுது தூரங்கள் நேரானவையெனக் கருதப்படும்.

இவ்வழக்குக்களைக் கொண்டு, குழிவான ஆடியொன்றின் வளைவின் ஆரையும் குவியத் தூரமும் நேரானவையெனக் கருதப்படும்; குவிவான ஆடியொன்றின் வளைவின் ஆரையும் குவியத் தூரமும் எதிரானவையெனக் கருதப்படும் (உரு. 139).

வேறு வழக்கு முறைகளை 815–829 வரையுள்ள பக்கங்களில் காணலாம்.

ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிந்த ஒளிக்கற்றையொன்று ஆடியினால் தெறிக்கப்பட்டபின்பு, இரண்டாம் புள்ளியொன்றிலிருந்தும் விரிந்தால், அல்லது



குழிவான ஆடி குவிவான ஆடி

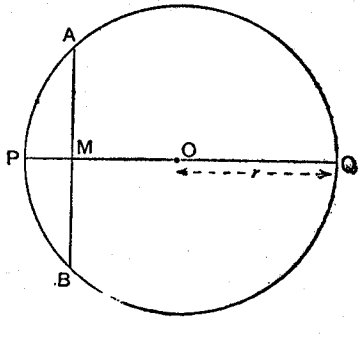
உரு. 139. குழிவான ஆடியும் குவிநத ஆடியும்

அதில் ஒருங்கினால் அவ்விருபுள்ளிகளும் **இணைக்குவியங்கள்** எனப்படும் ஒரு புள்ளியை மற்றைப் புள்ளியின் **கேத்திரகணித விம்பம்** எனலாம்.

r வளைவாரையும் f குவி நீளமும் கொண்ட ஓர் ஆடியின் முனைவிலிருந்து ஒரு பொருள் கொண்டுள்ள தூரம் u உம் முனைவிலிருந்து அதன் விம்பம் கொண்டுள்ள தூரம் v உம் ஆனால் அவை

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}$$

என்னும் சூத்திரத்தினால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.



உரு. 140. ஒரு வில்லின் வளைவு

கோள மேற்பரப்பின் **வளைவினைக் கோளத்தின் ஆரையினுடைய தலைகீழினால்** அளந்தறியலாம். ஆகவே நீள ஆரைகொண்ட ஒரு கோளத்தின் மேற்பரப்பு சிறிய வளைவு கொண்டிருக்க, சிறிய ஆரைகொண்ட கோளத்தின் மேற்பரப்பு பெரிய வளைவு கொண்டிருப்பதை நாம் இலகுவிற் காணலாம். இவ்வாறுக, rஎன்பது ஒரு கோளத்தின் ஆரையைக் குறிக்குமெனில், மேற் பரப்பின்

வளைவை $\mathbf{R}$ என்பதனால் குறிக்கலாம்; இங்கு $\mathbf{R} = \frac{1}{r}$. ஒளியியலார், வளைவினை அளப்பதற்கு ஓர் சிறப்புடை அலகான **தையொத்தர்** என்பதனைப் பயன்படுத்துவார்கள். இவ்வலகு **ஒரு மீற்றர் ஆரைகொண்ட கோளத்தின்** வளைவினைக் குறிக்கும்.

எனவே, வளைவு தையொத்தர்களில்

$$= \frac{1}{r\ (\text{மீட்டர்})} = \frac{100}{r\ (\text{ச.மீ.})} = \frac{39{\cdot}37}{r\ (\text{அங்.})}\ \text{ஆகும்.}$$

இவ்வாறுகக் கூறப்படும் வளைவுகளைப் பற்றித் திட்டமான ஒரு கருத்தினைக் கொள்வதற்குக் கீழ்க்காணும் அட்டவணையைக் கூர்ந்தாராய்தல் நலமுடையது:—

தையொத்தர்களில் வளைவு	1	2	2·5	3	4	5	10	20	25	50	100
வளைவின் ஆரை சதம மீற்றரில்	100	50	40	33·3	25	20	10	5	4	2	1

சிறிய வட்டவில் ஒன்றின் வளைவு வில்லின் அம்பிற்கு விகிதசமனுடையது.—ஒரு வில் APB இனுடைய நாண் AMB ஆயின், நாணினை செங்கோணத்தில் இரு சமக்கூறிடும் விட்டத்திலுள்ள தூரம் PM என்பது வில்லின் **அம்பு** அல்லது **தொய்வு** எனப்படும்.

ஒரு வில்லின் வளைவிற்கும் அம்பிற்குமுள்ள தொடர்பு.— உரு. 140 இல் PQ, AB என்பன M இல் ஒன்றையொன்று வெட்டும் இரு நாண்களாகும்.

எனவே $\quad \mathrm{PM.MQ} = \mathrm{MA}^2,$

இதனால் $\quad \mathrm{PM} = \dfrac{\mathrm{MA}^2}{\mathrm{MQ}}$

அல்லது, அண்ணளவில் $\quad \mathrm{PM} = \dfrac{\mathrm{MA}^2}{2r} = \dfrac{\mathrm{MA}^2}{2} \times \mathrm{R}$

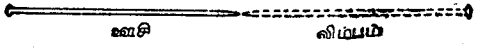
இவ்வாறுக ஒரே நாணையுடைய பல சிறிய வட்ட விற்களின் வகையில், யாதுமொரு வில்லின் வளைவும் அதன் அம்பிற்கு விகித சமனாகும். அம்பு என்பது சாதாரணமான ஒரு கோளமானியால் அளக்கப்படும் தூரமாகும்; ஒரு மேற்பரப்பின் வளைவினை, நேரடியாகத் தையொத்தரில் அளக்கக் கூடிய கோளமானியை அமைப்பது இயலும். மூக்குக் கண்ணாடியின் வில்லையின் மேற்பரப்பின் வளைவினை அளப்பதற்கு, ஒளியியலார் இத்தத்துவத்திலமைந்த, எளிய கருவிகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

§ 2. குழிவுள்ள ஆடியொன்றினால் ஒரு மெய்விம்பத்தை ஆக்கல்

விம்பமும் பொருளும் பொருந்துமுறை.—குழிவான ஓராடியினது வளை வுமையத்தில், சிறிய பிரகாசமான ஒளிமுதல் ஒன்றை வைத்தால், ஒளியின் எல்லாக் கதிர்களும் ஆடியின் மேற்பரப்பில், செங்குத்தாக விழும். இதன் பயனாக ஒவ்வொரு கதிரும் அது முன்வந்த வழி தெறிக் கும்; எனவே தெறித்த கதிர்கள் யாவும் வளைவின் மையத்திற்கூடாகச் செல்லும். இவ்வாறாக முதலின் விம்பம், கோளத்தின் மையத்தில், கதிர்கள் ஒன்றையொன்று வெட்டும் புள்ளியில் ஏற்படும். எனவே வளை வின் மையத்தில் பொருள் இருக்கும்பொழுது, விம்பமும் பொருளும் நிலையிற் பொருந்தும்; இதனால் தலைகீழ் விம்பமொன்று உண்டாகும்.

பரிசோதனை 108. குழிவான ஓராடியின் வளைவின் ஆரையைத் துணிதல்.—வளைவின் மையத்தின் நிலையைப் பின்வருமாறு இலகுவிற் காணலாம். ஊசி போன்ற ஒரு சிறு பொருளை எடுத்து அதை ஓரிடத்தில் அமைத்து ஊசியும், அதன் விம்பமும் பொருந்துகின்ற நிலையை, இடமாறு தோற்றத்தின் உதவியைக் கொண்டு அறியலாம். ஆடியின் முகம் நிலைக் குத்தாக அமையுமாறு அமைக்கலாம். இவ்வகையில் அதை ஒரு மேசை மேல் வைத்தல் வேண்டும். அன்றி அதன் முகம் கிடைத்தளமாய் அமையக் கூடியதாயும் வைக்கலாம்; இவ்வகையில் வாய்ப்பான ஓர் உயரம் கொண்ட ஒரு முக்காலியில் பார்ப்போன் இலகுவாக மேலிருந்து கீழ் பார்க்கக் கூடிய வகையில் ஆடியின் முகம் அமைந்திருத்தல் வேண்டும். பார்ப் போன் ஆடியுள் பார்க்கின்ற பொழுது தன்னுடைய முகத்தின் விம்பத்தைக் காண்பான். ஒரு கண்ணைப் பயன்படுத்தி, தலையை ஆட்டி ஆட்டித் திறந்த கண்ணின் விம்பம் ஆடியின் நடுவில் தோன்றும் வண்ணம் அவன் தலையை நிலை கொள்ள வேண்டும். அப்பொழுது கண்ணும் அதன் விம்பமும் ஆடியின் அச்சிலிருக்கும்.

வாய்ப்பான ஒரு நிறுத்தியில் ஓர் ஊசியைத் தங்கவிடுக; ஊசியின் முனை ஆடியின் அச்சிலிருக்குமாறு செய்க. இது இவ்வாறிருக்கின்ற



உரு. 141. ஊசியின் முனையும் அதன் விம்பமும் பொருந்துகை

வகையில் ஊசியின் முனை ஆடியுள் தெரியும் கண்ணின் விம்பத்தோடு, மேற்படிந்திருப்பது போல் தோன்றும். இவ்வமைப்பு செவ்வையாக இருப் பின் ஊசியின் விம்பமும் ஆடியுள் தெரியவேண்டும். இன்னும் ஊசி ஆடிக்கு மிக அண்மையில் இல்லாதிருந்தால் விம்பம் நேர்மாறாக இருக்கும். ஊசிகளைப் பயன்படுத்தும் ஒளியியல் பரிசோதனைகள் யாவற்றிலும் வெற்றி யடைவதற்கு, நாம் கவனிக்க வேண்டிய முக்கிய குறிப்பு யாதெனில்,

பார்ப்போன் ஆடியிலிருந்தோ அல்லது வில்லையிலிருந்தோ இயன்ற அளவு தூரத்தில் இருத்தல் வேண்டும் என்பதாகும். இன்னும் பொருளாய் அமைந்த ஊசியும் நல்ல தூரத்தில் இருத்தல் வேண்டும்.

இதுவரை அமைத்த விதம், ஊசியின் முனை ஆடியின் அச்சிற் இடப் பதை உறுதிப்படுத்துகின்றது; ஆனால் பொருளும் விம்பமும் கட்டாய மாக ஒன்றோடொன்று பொருந்துவதில்லை. அச்சின் வழியே பார்க்கும் கண்ணுக்கு ஊசியின் நுனியும் விம்பத்தின் நுனியும் பொருந்துமாறு, ஊசியை நகர்த்தல் வேண்டும். இதனைப் பரிசோதிப்பதற்கு இடமாறு தோற்ற வழியைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும் (பக்கம் 282 ஐப் பார்க்க).

இடமாறு தோற்றம் ஒன்றைக் கண்டுகொள்ள முடியவில்லையெனில் ஊசியின் முனை ஆடியின் வளைவின் மையத்திலிருக்கும். வளைவின் ஆரையை, அதாவது, ஆடியின் முனைவிலிருந்து ஊசியின் நுனியுள்ள தூரத்தை அளக்க.

தையொத்தரில், மேற்பரப்பின் வளைவைக் கணிக்க.

இவ்வளைவை வாய்ப்புப்பார்ப்பதற்கு வளைவின் ஆரையைக் கோளமானி கொண்டு அளக்க. இங்கு இவ்வளவையில் ஆடியின் முக மேற்பரப்பே பயன்படுத்தப்பட்டது என்பதும், ஒளியியல் அளவுகளில் பின்பக்கமேற் பரப்பே பயன்படுத்தப்படுகிறது என்பதும் மனத்திற் கொள்ளப்படல் வேண்டும். உண்மையில் குழிவான ஆடிகள் என்று சொல்லப்படுபவற் றுள் பல பின்பக்கத்தில் தளவாடி பொருத்தப்பட்ட ஒருங்கு வில்லைக ளாகும். அல்லது பின்பக்கத்தில் வெள்ளி பூசப்பட்ட வில்லைகளாகும்.

இணைக்குவியங்கள்.—குழிவான ஆடியின் வளைவு மையத்திற்கிடையிலும் முதற் குவியத்திற்கிடையிலும் ஒரு பொருளை வைத்தால், ஆடியின் முன்னர், வளைவின் ஆரையிலும் கூடிய தூரத்தில், தலைகீழான ஒரு மெய் விம்பம் உண்டாகும். விம்பத்தின் உருவத்தை ஆக்கும் கதிர்கள் உண்மை யில் ஒன்றையொன்று வெட்டுவனவாதலின், இவ்வாறுகும் விம்பத்தை ஒரு திரையில் பெற்றுக்கொள்ளலாம்.

பரிசோதனை 109. ஒரு குழிவான ஆடியின் இணைக்குவியங்களின் நிலை களைத் துணிதலும், குவியத்தூரத்தைக் கணித்தறியலும்.—பரிசோதனை 108 இல் கூறிய வழியைக் கொண்டு ஆடியின் வளைவின் ஆரையைக் காண்க. முதற்குவியம் வளைவின் மையத்திற்கும் ஆடியின் முனைவிற்கும் இடையிலிருக்கும். ஊசியை இப்பொழுது ஆடியின் அச்சில் நுனி அமை யுமாறு வைக்க. இது வளைவின் மையத்திற்கும் முதற் குவியத்திற் கும் இடையில் இருத்தல் வேண்டும். ஆயினும் முதன் முதலாக வளை வின் மையத்திலிருந்து அதிக தூரத்திலிருத்தலாகாது. ஊசியின் இந் நிலைக்கு, நேர்மாறான, பெருத்த, மெய்யான விம்பம் ஒன்று, ஆடியி லிருந்து, வளைவின் ஆரையிலும்கூடிய தூரத்தில் உண்டாகும்.

விம்பத்தைக் காண்பதற்குப் பார்ப்போன், ஆடியிலிருந்து போதிய அளவு தூரத்திற்கு ஆடியின் அச்சில் கண்ணை வைத்தவாறே செல்லவேண்டும் (பக்கம் 308). ஊசியின் நேர்மாறுன விம்பம் ஒன்றை அப்பொழுது காணலாம். இலகுவில் விம்பத்தைக் காண்பதன் பொருட்டு, ஊசியோடு தாட்கொடியொன்றை இணைத்துவிடலாம்.

இப்பொழுது ஓர் இரண்டாவது ஊசியை எடுத்து ஆடியின் அச்சுடன் நுனி கொள்ளுமாறு பொருத்துக. இடமாறுதோற்ற வழியினால் முதல் ஊசியின் விம்பத்தோடு வழிகொள்ளுமாறு அமைக்க. இரண்டாவது ஊசிக் குரிய செவ்விய நிலையை அறிந்தபின் இயன்ற முறையில் திருத்தமாக ஆடியின் முனைவிலிருந்து முதலாவது ஊசியின் நுனிக்குள்ள தூரத்தை (u) அளந்தறிக; ஆடியின் முனைவிலிருந்து விம்பத்திற்கு, அதாவது இரண்டாம் ஊசியின் நுனிக்குள்ள தூரத்தை (v) அளந்தறிக.

இப்பரிசோதனையைப் பொருளின் 3 அல்லது 4 நிலைகளுக்கு மீண்டும் மீண்டும் செய்க. ஒவ்வொரு பரிசோதனைக்கும் பொருளை முதற்குவியத்திற்கு அண்ணிது அண்ணிதாக வைத்துச் செய்க. பொருள் ஆடியை அணுக, அணுக விம்பம் ஆடியிலிருந்து விலகிச் செல்வதைக் கவனிக்க.

ஒவ்வொரு வகையிலும் குழிவான ஆடியின் குவிய நீளத்தை

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f}$$

எனும் சூத்திரத்தினால் கணித்தறியலாம். இவ்வட்சரகணிதச் சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்துவதில் மிக்க கவனம் எடுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். கீழேயுள்ள முக்கிய குறிப்பைக் கவனிக்க.

ஒளியியல் சூத்திரங்களில் குறியீடுகள்.—ஆடிகளுக்கோ, வில்லைகளுக்கோ பயன்படுத்தும் சூத்திரங்களிலுள்ள குறியீடுகளை ஒருபொழுதும் மாற்றலாகாது. அவதானித்த பல்வேறு கணியங்களின் பெறுமானங்களை, u, v போன்றவற்றை, அதே பக்கத்தில், பக்கம் 305–6 இல் உள்ள வழக்கிற் கையாண்ட உரிய குறிகளை (+ அல்லது −) முன்னிட்டு எழுதிக் கொள்ளல் வேண்டும். அவற்றைப் பின்னர் சூத்திரங்களில் இட்டுக் கொள்ளல் வேண்டும். இவ்வாறுக, உண்மையான எண் பெறுமானங்கள் இடப்பட்டு முடியும் வரை குறிகளைத் திருத்தலாகாது. இவ்விதியைக் கடைப்பிடிக்கத் தவறின் வழுக்கள் நேரும். சிறப்பாக வில்லைகளைப் பற்றி ஆயும் பொழுது பயன்படுத்தப்படும் சிக்கலான கோவைகளில் இவ்வழுக்கள் நேரக்கூடும்.

§ 3. கோளவாடியால் மாயவிம்பம் தோன்றல்

குவிந்த ஓர் ஆடியின் முன்னரோ, அல்லது குழிந்த ஆடியின் முனைவிற்கும் முதற் குவியத்திற்கும் இடையிலோ ஒரு மெய்ப்பொருளை வைத்தால் அப்பொழுதாகும் விம்பம் **மாயமானதாகும்.** தெறித்த கதிர்களின் திசைகள் ஒன்றையொன்று வெட்டும்; ஆனால் கதிர்கள் வெட்டா. எனவே இவ்வாறுகும் விம்பத்தை ஒரு திரையில் படுத்துதல் இயலாது.

பரிசோதனை 110.—ஊசி வழிமுறையில் குவிவான ஆடியின் குவியத் தூரத்தைத் துணிதல்.

வழி 1.—குவிவான ஆடியின் முன்னர் ஓர் ஊசியை வைக்க. எப் பொழுதும் விம்பம் ஆடியின் பின்னர் இருக்கும். ஆடியின் பின்னர் ஒரு பெரிய ஊசியை ஆடியின் மேலாகப் பார்க்கின்ற பொழுது ஆடிக்கூடாகத் தெரிகின்ற முதல் ஊசியின் மாய விம்பத்தோடு இடமாறு தோற்றம் அளியாதவகையில் அமைத்து விம்பத்தின் நிலையை அறிந்துகொள்ளலாம். ஆடியின் துவாரம் பெரிதாயிருப்பின், கோளவாடிவால் வரும் பிறழ்ச்சியால், செப்பம் செய்தலைத் திருத்தமாகச் செய்தல் இயலாது. சில வேளைகளில் ஆடியின் நடுப்பகுதியில் பின்புறத்திலுள்ள வெள்ளிப் பூச்சில் ஒரு சிறு பரப்பை நீக்கி, ஆக்கிய ஒளி புகவிடுகின்ற துவாரத்தினால் பின்னுள்ள ஊசியைக் காட்சிக்குக் கொண்டு வரலாம்.

பொருளின் பல நிலைகளுக்கும் தெறிப்பினாலாய விம்பத்தின் நிலையை அவதானிக்க. பொருள், ஆடியை அணுகி அணுகி வர விம்பமும் அணுகி வருவதைக் கவனிக்க. ஒவ்வொரு வகையிலும் u, v என்பவற்றை அளந்தறிக.

வெவ்வேறுன ஒவ்வொரு சோடித் தூரங்களுக்கும் ஆடியின் குவிய நீளத்தைக் கணித்தறிக. இக்கணியங்களுக்கு உரிய குறிகளில் மிக்க கவனம் செலுத்துக (மேற்குறிப்புப் பார்க்க).

குவிவான ஆடியைப் பயன்படுத்தி வளைவின் ஆரையைக் கணிப்பதற்குரிய வேறு வழிகளைப் பற்றி 312–14 வரையுள்ள பக்கங்களைப் பார்க்க.

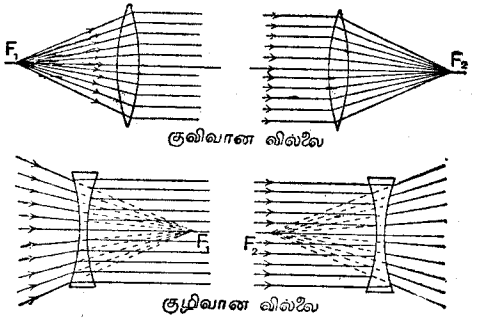
பரிசோதனை 111. மாய விம்பத்தின் துணைகொண்டு குழிவான ஆடியொன்றின் குவிய நீளத்தைத் துணிதல்.—மேற்கூறியது போன்ற பரிசோதனையொன்றை, குழிவான ஆடிகொண்டு செய்க. பொருளூசியை ஆடியின் முனைவிற்கும் முதற் குவியத்திற்கும் இடையில் வைக்க. ஆடிக்கு மேலாகவோ, அல்லது நடுவிலுள்ள ஒரு துவாரத்தின் வழியாகவோ பார்த்து மாயவிம்பத்தின் இடத்தை அறிக.

அதிகாரம் III

வில்லைகள்

§ ஆரம்பக் கொள்கை

ஆரம்ப வேலைகளில் எடுத்துக் கொள்ளப்படும் **வில்லை** என்பது, ஒரு கோளத்தின் பகுதியாகக் கருதப்படும் இரு மேற்பரப்புக்களால், எல்லைப் படுத்தப்பட்டதாக இருக்கும். வில்லை மிக **மெல்லிது** எனக் கருதப்படும்,



உரு. 142. ஒருங்கு (குவிவான) வில்லையும் விரி (குழிவு) வில்லையும்.

அதாவது இரு மேற்பரப்புக்களினதும் வளைவாரையோடு ஒப்பிடப்படும்பொழுது, இரு மேற்பரப்புக்களுக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் சிறியது என்பதாகும். இரு மேற்பரப்புக்கள் அங்குளவாதலின் **இரு வளைவு மையங்களும் இரு வளைவு ஆரைகளும்** இருத்தல் வேண்டும். வில்லைகளில் ஒரு மேற்பரப்புத் தளமாயிருப்பின், அதற்குரிய வளைவின் ஆரை முடிவிலி ஆகும். வளைவின் இரு மையங்களையும் இணைக்கும் கோடு வில்லையின் **அச்சு** எனப்படும்.

வில்லைகளை **ஒருங்கும் வில்லை, விரியும்** வில்லை என இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

ஒருங்கும் வில்லை விளிம்புகளைக் காட்டிலும் நடுவில் தடிப்புடையதாக இருக்கும். இதைக் குவிவில்லையென்பர்.

விரிவில்லை விளிம்புகளைக் காட்டிலும் நடுவில் மெல்லிதாயிருக்கும். இதைக் குழிவுவில்லையென்பர்.

(ஆடிகளைப் போலல்லாது) வில்லைகள் **இரு முதற் குவியங்களையும் இரு குவிய நீளங்களையும்** கொண்டிருக்கும்; இவை எண்ணளவில் சமமாயிருக்கும். வில்லையிலிருந்து ஒரு முதற்குவியத்திற்குள்ள தூரம் குவிய நீளமாகும்.

பொருள் (புள்ளி) எவ்விடத்தில் இருப்பின் விம்பம் முடிவிலியாயிருக்குமோ, அவ்விடம் **முதலாவது முதற்குவியமாகும்.** இப்புள்ளி சமாந்தரமான வெளிப்படு கதிர்களுக்குரிய புள்ளியாகும்; அல்லது எப்புள்ளிக்கு **வெளிக் கதிர்கள்** சமாந்தரமாக இருக்கின்றனவோ, அப்புள்ளியாகும்.

பொருள் முடிவிலியிலிருக்கும் பொழுது விம்பம் (புள்ளி) இருக்கின்ற தானம் **இரண்டாவது முதற்குவியமாகும்.** இப்புள்ளி சமாந்தரமான படுகதிர்களுக்கு உரிய புள்ளியாகும். அல்லது உட்கதிர்கள் எப்புள்ளிக்குச் சமாந்தரமாக இருக்கின்றனவோ அப்புள்ளியாகும். இதை **ஞாயிற்றுக் குவியம்** என்றும் சொல்வர்.

அச்சு வில்லையைச் சந்திக்கும் புள்ளிக்கூடாக அச்சிற்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் தளம் வில்லையின் **தலைமைத் தளம்** எனப்படும். குவியப் புள்ளிகளுக்கூடாக அச்சிற்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் தளங்கள் **குவியத் தளங்கள்** எனப்படும். ஒரு **மெல்லிய** வில்லையின் **ஒளியியன்மையம்** என்பது அச்சு வில்லையைச் சந்திக்கும் புள்ளியாகும்.

வில்லையின் விட்டத்தால் ஒரு முதற்குவியத்தில் அமைக்கப்படும் கோணம் வில்லையின் **துவாரம்** எனப்படும். ஓர் எளிய வில்லையின் துவாரம் பெரும் பாலும் சிறியதாயிருக்கும்.

ஆடிகளுக்குச் செய்தவாறு, அச்சுவழி அளக்கப்பட்ட எல்லாத் தூரங்களுக்கும், குறிகளைப் பற்றிய திட்டமான எற்பாடுகள் வகுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். இவ்வதிகாரத்தில் உபயோகப் படுத்தப்படும் பழைய எற்பாடுகள் வருமாறு :—

(1) எல்லாத் தூரங்களும் வில்லையின் **மையத்திலிருந்து** அளக்கப்படல் வேண்டும்.

(2) வில்லையின் ஒரு பக்கத்தில் உள்ள தூரங்களை நேரானவையெனவும் மற்றவை எதிரானவை எனவும் கருதப்படும்.

(3) ஒளிமுதல் நோக்கி அளக்கப்படும் தூரங்கள் நேரானவையெனக் கருதப்படல் வேண்டும்.

வேறுவிதமான எற்பாடுகள் பக்கங்கள் 815 இலிருந்து 829 வரை கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒரு வில்லையின் குவிய நீளத்தைப் பற்றி நாம் பேசும்பொழுது வில்லையிலிருந்து **இரண்டாம்** முதற்குவியத்திற்குள்ள தூரத்தைக் **குவிய நீளம்** எனக் கூறல் மரபு. இதுவரை மேற்கொண்ட எற்பாடுகளுக்கியைய **குவிவான** வில்லையின் குவிய நீளத்தை **எதிரானது** என்றும் **குழிவான** வில்லையின் குவிய நீளத்தை **நேரானது** என்றும் கொள்க.

f இனுல் குறிக்கப்படும் குவிய நீளங்கொண்ட ஒரு வில்லையின் வகையில் வில்லையிலிருந்து பொருள் உள்ள தூரம் u உம் வில்லையிலிருந்து விம்பம் உள்ள தூரம் v உம் ஆனுல், அவை

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

என்ற சூத்திரத்தினுல் தொடர்பு படுத்தப்பட்டிருக்கும்.

இங்கு, $\frac{1}{v} = \mathrm{V}, \frac{1}{u} = \mathrm{U}, \frac{1}{f} = \mathrm{F}$

என நாம் கொண்டால், இச்சூத்திரத்தினை

$$\mathrm{V} - \mathrm{U} = \mathrm{F}$$

என்று எழுதலாம்.

இச்சமன்பாட்டில் **U** என்பது படு அலைமுகப்பின் வளைவினை அளக்கின்றது. **V** வில்லைக்கூடாகச் சென்றபின் அலைமுகப்பின் வளைவினை அளக்கின்றது.

வில்லையின் குவிய நீளத்திற்குத் தலைகீழான கணியம் **F** என்பது வில்லையின் **குவிய வலு** எனப்படும்.

ஒளியின் அலைக் கொள்கைவழி நோக்குமிடத்து, இந்தச் சூத்திரமானது, வில்லையால் அலை முகப்பின் வளைவில் ஏற்படுத்தப்பட்ட மாற்றம் வில்லையின் குவிய வலுவுக்குச் சமம் என்பதை எடுத்துக் காட்டுகின்றது. இவ்வளவுகளும் வில்லையின் குவிய வலுவும் **தையொத்தரில்** அளக்கப்படும் (பக்கம் 307). வில்லையின் குவிய நீளம் 1 மீற்றர் ஆகின்றபொழுது அதன் குவிய வலு ஒரு தையொத்தராகும்.

மூக்குக் கண்ணுடி செய்வோர் குவிவான வில்லையின் குவிய வலுவை நேரானது என்றும் குழிவான வில்லையினுடையதை எதிரானது என்றும் கூறுவர். இவ்வேற்பாடு நாம் மேல் ஏற்றுக்கொண்டதற்கு எதிர்மாருனதாகும்.

§ 2. வில்லைகளைக் கொண்டு சில எளிய பரிசோதனைகள்

பரிசோதனை 112. ஒரு வில்லையின் பண்பினைத் துணிதல்.—ஒரு குவிவான வில்லையிலிருந்து குழிவான வில்லையை வேறுபடுத்தி அறிவதற்கு எளிய, ஆயினும் நுண்ணிய ஒரு சோதனை வருமாறு : அவ்வில்லையைக் கண்ணின் முன் பிடித்துக்கொண்டு, அதை ஒரு பக்கத்திலிருந்து மறுபக்கத்திற்கு ஆட்டியாட்டி, அதனூடாகத் தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளை நோக்கல் வேண்டும். அப்பொருள் வில்லையின் திசைக்கு **எதிரான** திசையில் நகருமேல் அவ்வில்லை **குவிவான**தாயிருக்கும். பொருள் வில்லையின் திசையோடு சேர்ந்த திசையில் நகர்வது போல் தோன்றுமேல் வில்லை **குழிவான**தாயிருக்கும்.

இவ்வாறுக, மெல்லிய பல வில்லைகளைப் பரிசோதித்து ஒருங்கு வில்லைகளிலிருந்து விரியும் வில்லைகளைப் பிரித்து வைக்க. பின்னர் இருவித வில்லைகளையுஞ் சோடி படுத்தி, அச்சோடிகள் ஒருங்குகின்றனவா, விரிகின்றனவா என ஆராய்க.

20 அல்லது 30 ச.மீ. குவிய நீளம் கொண்ட ஒரு குவிவான வில்லையினுல் ஆக்கப்படும் விம்பத்தை உற்று நோக்குக. வில்லை கண்ணுக்கு நெருங்கி இருக்கும்பொழுது, விம்பம் நேரானதாயும் பெரியதாயும் இருக்கும். பொருள் தூரத்திலிருக்குமானுல் விம்பம் மங்கியதாகத் தோன்றும். ஆனுல் சிறிய தூரத்திலுள்ள பொருள்கள் தெளிவான மாய விம்பங்களை அளிக்கும். தூரத்துப் பொருள் ஒன்றை நோக்குகின்ற பொழுது, வில்லையைக் கண்ணினின்றும் நகர்த்தினுல், விம்பம் மேலும் மேலும் மங்கிக்கொண்டே வந்து, ஒரு குறிக்கப்பட்ட தூரத்தில் அப்பொருளின் பண்பினை அறிய முடியாத வரையில் மங்கும். இன்னும் அவ்வில்லையைக் கண்ணிலிருந்து, இத்தூரத்திற்கு மேலாக நகர்த்தினுல் தலைகீழ் விம்பம் ஒன்று தோன்றும். இது கண்ணுக்கும் வில்லைக்குமிடையில் உண்டான மெய் விம்பமாகும்.

இவ்வாறே, குழிவான வில்லையால் ஆக்கப்படும் ஒரு விம்பத்தை ஆராய்க. எப்பொழுதும் விம்பம் நேரானதாய், உருவிற் சிறியதாய் மாயமானதாய் இருக்கும்.

ஒருங்கு (குவிவான) வில்லையின் குவிய நீளத்தைத் துணிதற்குரிய வழிகள்

வழி 1. தூரத்துப் பொருள் ஒன்றின் விம்பத்தைக் கண்டறிவதால்.—மிகத் தூரத்திலுள்ள ஒளிமுதலில் உள்ள கதிர்கள் ஒரு குவிவான வில்லையில் விழுந்தால் அவை ஒருங்காக்கப்பட்டு வில்லையின் முதற் குவியத்திற்குக் கொண்டுவரப்படுகின்றன. வில்லையிலிருந்து இப்புள்ளிக்குள்ள தூரமே வில்லையின் குவிய நீளமாகும்.

பரிசோதனை 113. குவிவான வில்லையின் குவிய நீளத்தைத் துணிதல். 1—ஒரு குவிவான வில்லையின் முதற்குவியத்தை அறிவதற்கு, அவ்வில்லையைக் கொண்டு தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளின் மெய் விம்பத்தை ஒரு திரையில் படுத்தல் ஓர் எளிமையான முறையாகும். பரிதியில் நின்றும் நேராக ஒளியைப் பெற முடியாவிட்டால், தூரத்து விளக்கொன்றை, அல்லது பலகணியைப் பொருளாக உபயோகிக்க. தெளிவான விம்பமொன்று திரையில் குவியுமாறு வில்லையைச் செம்மைப் படுத்துக. வில்லையிலிருந்து திரைக்குள்ள தூரத்தை அளக்க. இதுவே அண்ணளவான குவிய நீளமாகும். சோதனைக் குரிய வில்லையின் குவிய நீளத்தோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் பொழுது வில்லையிலிருந்து பொருளின் தூரம் பெரியதாயிருத்தல் வேண்டியது அவசியம்.

வழி II. தளவாடியையும் வில்லையையும் இணைத்து உபயோகித்தல்.— ஒரு குவிவான வில்லையின் முதற் குவியத்தில் ஒளிமுதலொன்றை வைத்தால் வில்லையிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாக இருக்கும். இப்பொழுது வெளிப்படும் கதிர்களுக்குச் செங் கோணமாகத் தளவாடியொன்றை வைத்தால் அவை தாங்கள் முதல் வந்த வழியே தெறிக்கப்பட்டு, வில்லையினூடாகச் சென்று தாம் தொடங்கிய புள்ளியில் மெய்விம்பமொன்றை ஆக்கும்.

இவ்வுண்மையை அடிப்படையாகக் கொண்டு குவிவான வில்லையில் முதற்குவியத்தின் நிலையையோ, ஒருங்குமுறைமையிலமைந்த வில்லைகளின் முதற்குவியத்தின் நிலையையோ அறிவதற்கு ஓர் எளிய வழியை ஆக்கிக் கொள்ளலாம்.

பரிசோதனை 114. குவிவான வில்லையின் குவிய நீளத்தைத் துணிதல். II.—ஒரு மேசைமேல் தளவாடித் துண்டொன்றை மேல்நோக்கியவாறு வைக்க. பரிசோதிக்க வேண்டிய வில்லையை அதன் மேல் வைக்க. வில்லையின் முக மையத்திற்கு மேலே நுனி நிலைக்குத்தாக அமையுமாறு ஓர் ஊசியை ஒரு நிலையிற் பொருத்துக. அதனுடைய **மெய்யான தலைகீழ்** விம்பத்தை இலகுவிற் கண்டறிவதத்கு ஊசியுடன் ஒரு தாட் கொடியை இணைத்தல் நல்லது.

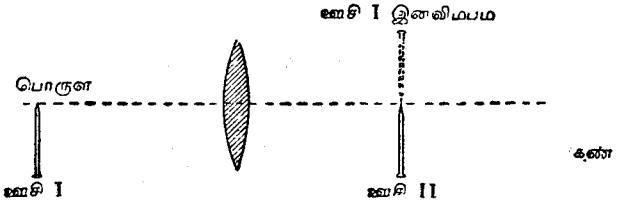
(வில்லையிலிருந்து போதிய அளவு தூரத்தில ஊசி இருக்கின்றபொழுது விம்பம் மெய்யானதாகவும் தலைகீழானதாகவும் இருக்கும். ஊசியைக் கீழிறக்க, விம்பம் மங்கலாக மாறும். அதை இன்னும் கீழிறக்கினால், விம்பம் நேரானதாயும் மாயமானதாயும் அமையும். வில்லையும் ஆடியும் சேர்ந்திணைந்த செய்கை குழிவான ஆடியின செய்கைக்கு ஒத்ததாயிருக்கும்.)

இயலும் அளவிற்குப் பார்ப்போன் வில்லையிலிருந்து தூரத்தில் இருத்தல் வேண்டும். (பக்கம் 309 இலுள்ள எச்சரிக்கையைக் காண்க).

இப்பொழுது, ஊசியின் நுனியும் இம்மெய் விம்பத்தின் நுனியும் பொருந்தும் அளவிற்கு, அதாவது அவைகளுக்கிடையில் இடமாறுதோற்றம் இல்லாமலிருக்கும் வரைக்கும் ஊசியைச் செம்மைப்படுத்தல் வேண்டும். இங்கு செம்மைப் படுத்தும் விதம் நாம் முன்னர் குழிவான ஆடியின் வளைவின் ஆரையைக் காண்பதற்கு எடுத்துக்கூறிய வழிபற்றியதாகும்; (பக்கம் 308). இந்நிலையைக் கண்டறிந்தபின், வில்லையின் மேற் பரப்பிலிருந்து ஊசிக்குள்ள தூரத்தை அளக்க. மீண்டும் வில்லையின் கீழ்மேற் பரப்பிலிருந்து (அதாவது ஆடியின் மேற்பரப்பிலிருந்து) ஊசிக் குள்ள தூரத்தை அளந்தறிக. இத்தூரங்களின் சராசரி வில்லையின் குவியநீளத்தைத் தரும்.

வில்லையும் ஆடியும் அவை தம் முகங்கள் இடைத்தளமாயில்லாமல் நிலைக்குத்துத் தளமாய் அமையுமாறு அமைக்கப்பட்டாலும் இவ்வழியைப் பிரயோகிக்கலாம்.

வழி III இணைக் குவியங்களின் நிலைகளைக் கண்டறிவதால்:—இவ் வழியில், வில்லையின் ஒரு பக்கத்திலே மெய்யான விம்பமொன்றை அளிக்கக்கூடிய முறையில் ஊசியானது வில்லையின் மறு பக்கத்தில் வைக்கப் படும்; இரண்டாவது ஊசியொன்று இம்மெய் விம்பத்தோடு நிலையிற் பொருந்துமாறு அமைக்கப்படும்.



உரு. 143. இணைக்குவியங்கள்

இது இயல்வதொன்றாயிருப்பதற்கு, இரு நிபந்தனைகள் இருத்தல் வேண்டும். (1) பொருளானது வில்லையின் குவிய நீளத்திலும் கூடிய தூரத்தில் வைக்கப்படல் வேண்டும். (2) இரண்டு ஊசிகளுக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் குவிய நீளத்தின் நான்கு மடங்கிலிருந்து குறையாததாயிருத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 115. குவிவான ஒரு வில்லையின் குவிய நீளத்தைத் துணிதல்.—வில்லையிலிருந்து போதிய அளவு தூரத்தில் ஊசியை அமைத்து, பார்ப்பவர் வில்லையிலிருந்து போதிய அளவு தூரத்தில், ஊசியிலிருந்து தொலைவிலுள்ள பக்கத்தில் வில்லையின் அச்சின் வழி தன் கண்ணை வைப்பாராயுல், பரிசோதனை, இடர் தராததாயிருக்கும். பொருள்—ஊசி முன்னர் கூறியவாறு ஒரு கொடியினுல் இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். முதலாம் ஊசியின் தலைகீழ் விம்பம் தெரியும் பொழுது இரண்டாம் ஊசியொன்றை (ஊசி 2, உரு. 143) வைக்க. அதை இடமாறுதோற்ற வழியைப் பயன்படுத்தி நுனி விம்பத்தின் நுனியோடு பொருந்துமாறு செம்மைப் படுத்துக.

வில்லையிலிருந்து பொருள் இருக்கும் தூரத்தை (**u**) இயன்ற அளவில் திருத்தமாக அளக்க. வில்லையிலிருந்து விம்பமுள்ள தூரத்தையும் (**v**) அளக்க. குவிய நீளத்தை, சூத்திரம்

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

என்பதனுற் கணித்தறிக.

சூத்திரத்தில் எண் பெறுமானங்களைப் பிரதியிடும் பொழுது u, v என்பதற்குரிய குறிகளை இடுவதில் கவனம் செலுத்தல் வேண்டும். (பக்கம் 310 இல் உள்ள குறிப்பைப் பார்க்க).

இன்னும் பொருள் ஊசியின் இரு நிலைகளை ஆராய்க. வெவ்வேறு நிலைகளில் f இற்குப் பெற்ற பெறுமானங்களின் சராசரியைக் குவிய நீளமாகக் கொள்க. வில்லையின் குவிய வலுவைத் தையொத்தரில் காண்க.

விரி (குழிவான) வில்லையொன்றின் குவியநீளத்தைத் துணியும் வழிகள்

வழி I. தூரத்துப் பொருளொன்றைப் பயன்படுத்தி அறிதல்.—மிகத் தூரத்திலுள்ள ஒளிமூதலிலிருந்து கதிர்கள் குழிவான வில்லை யொன்றில் விழுந்தால் அவை விரிவாக்கப்பட்டு வில்லையின் முதற் குவியத்திலி ருந்து வெளிக்கிளர்வன போல் தோன்றும்.

பரிசோதனை 116. ஒரு குழிவான வில்லையின் குவிய நீளத்தைத் துணி தல்.—நல்ல ஒளி வருகின்ற பலகணியொன்றில், குழிவான வில்லையிலிருந்து பல மீற்றர் தூரத்தில் வாலைத்தாளொன்றை அமைக்க. வில்லையை நிலைக் குத்துத் தளத்தில் ஒரு பிடியில் வைத்து வில்லைக்கூடாக வாலைத்தாளை நோக் குக. வாலைத்தாளின் நேரான மாயவிம்பமொன்று தெரியும். இவ் விம்பம் பார்ப்போனிலிருந்து சேய்மையான வில்லையின் பக்கத்திலிருக்கும். வாலைத்தாளின் அதே பக்கத்தில், ஆனால் வில்லைக்குக்கிட்ட ஓர் ஊசியை வைத்து இவ்விம்பத்தின் நிலையை அறிந்து கொள்ளலாம். வில்லைக்கு மேலாகப் பார்க்கின்றபொழுது ஊசிக்கும், வில்லைக்கூடாகப் பார்க்கின்ற வாலைத்தாளின் விம்பத்திற்கும் இடமாறு தோற்றம் இல்லாத வகையில் ஊசியைச் செம்மைப் படுத்திக் கொள்ளல் வேண்டும். இந்நிபந்தனை ஒத்துவரின் வில்லையிலிருந்து ஊசிக்குள்ள தூரம் வில்லையின் குவிய நீளமாகும்.

வழி II. இணைக்குவியங்களைத் துணிவதால்.— குழிவான வில்லையொன் றின் வகையில் மெய்ப்பொருள் ஒன்று, வில்லைக்கு எப்பக்கத்தில் இருக்கின் றதோ அப்பக்கத்தில் மாயவிம்பமொன்றைத் தோற்றுவிக்கும்.

பரிசோதனை 117. குழிவான வில்லையொன்றின் குவிய நீளத்தைத் துணி தல்.—வில்லையிலிருந்து ஒரு மீற்றர் தூர அளவில் ஓர் ஊசியை அமைக்க. முன்னர் வழி 1 இல் தூரத்துப் பொருள் ஒன்றுக்குச் செய்தவாறு, வில்லையினுல் ஆக்கப்பட்ட முதல் ஊசியின் விம்பத்தோடு பொருந்துமாறு இரண்டாம் ஊசியொன்றை அமைக்க. வில்லையிலிருந்து பொருளும் விம் பமும் உள்ள தூரங்களை அளக்க.

பொருளின் பல்வேறு நிலைகளுக்கும் இப்பரிசோதனையைத் திருப்பித் திருப்பிச் செய்க. பின்னர் வில்லையின் குவிய நீளத்தை,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

என்ற சூத்திரத்திலுற் கணித்தறிக. சம்பந்தப்பட்ட கணியங்களின் குறி களைக் கவனத்துடன் கையாள்க.

குறிப்பு.—கோளப் பிறழ்ச்சியால் வில்லைக்கூடாகக் காணும் விம்பம் திரிவுற் றதாக இருக்கும். மேலாகப் பார்த்து இடமாறுதோற்றம் இல்லாத நிலை யில் ஊசியைச் செம்மைப் படுத்தல் அண்ணளவாகச் செய்யக்கூடிய தேயாம்.

வழி III. குழிவான வில்லையை ஏற்ற ஒரு குவிவான வில்லையுடன் சேர்த்து வைத்தறிதல்.—இரு மெல்லிய வில்லைகளைச் சேர்த்து வைத்தால் அச் சேர்மானத்தின் குவிய வலு, சேர்ந்த அவ்விரு வில்லைகளின் குவிய வலுவின் அட்சரகணிதக்கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும்.

அதாவது,

$$F = F_1 + F_2,$$

அல்லது, குவியவலு குவிய நீளத்திற்கு நேர்மாறு விகிதசமன் உடைய தாதலின்,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$ ஆகும்.

இச்சூத்திரங்களில் F, f என்பன சேர்மானத்தைக் குறிக்கும். F_1, f_1, என்பன முதல் கூற்றுப் பொருளைக் குறிக்கும். F_2, f_2, இரண்டாம் கூற்றுப் பொருளைக் குறிக்கும்.

பரிசோதனை 118. குழிவான வில்லையொன்றின் குவிய நீளத்தைத் துணிதல். III.— கொடுக்கப்பட்ட குழிவான வில்லையுடன் ஒரு போதிய வலுவுடைய குவிவான வில்லையை (அல்லது குறுகிய குவிய நீளமுடைய தொன்றை) சேர்த்தால் குவிவான வில்லை போன்றியங்கும் சேர்மான மொன்றைப் பெறலாம். இச்சேர்மானத்தின் குவிய நீளத்தை ஏலவே ஒரு குவிவான வில்லைக்குக் கொடுக்கப்பட்ட வழிகளைக்கொண்டு அளந் தறியலாம். குவிவான ஒரு தனி வில்லையின் குவியநீளத்தை அதை யொத்த வழியில் அளந்தறியலாம். குழிவான வில்லையின் குவிய நீள த்தை மேற்கூறிய சூத்திரத்தால், பெற்ற பெறுமானங்களைப் பிரதியிட்டுக் கணித்தறியலாம்.

குறிகளைப் பற்றி மிக்க கவனம் செலுத்தல் வேண்டும். மேற்கொண்ட எற்பாட்டுக்கியைய ஒரு குவிவான வில்லையினதும் ஒருங்கும் வில்லைச் சேர்மானத்தினதும் குவிய நீளம் எதிரானதெனக் கொள்ளல் வேண்டும்.

அதிகாரம் IV

ஆடிகளுடனும் வில்லைகளுடனும் இன்னும் பிற பரிசோதனைகள்

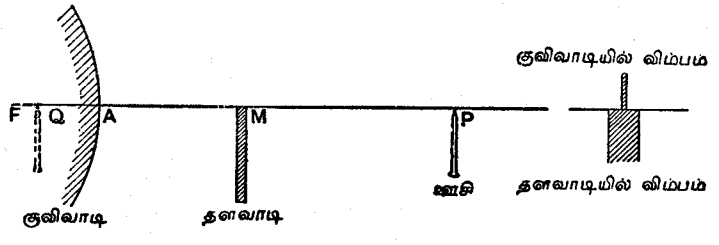
1. கோளவாடியின் வளைவினது ஆரை

அதிகாரம் II இல், ஒரு கோளவாடியின் வளைவினது ஆரையை அறிவதற் குரிய சில எளிய வழிகள் கூறியுள்ளோம். ஆக்கப்பட்ட விம்பம் மெய்யான தாயிருந்தால் அதனுடைய நிலையை இடமாறுதோற்ற வழியினால் திருத்த மாக அறிந்து கொள்ளலாம். விம்பம் மாயையானதாக இருந்தால் இவ்வழி யாற் பெற்ற பெறுமானங்கள் திருத்தக் குறைவுள்ளனவாக இருக்கும்.

ஒரு குவிவான ஆடியின் வளைவினது ஆரை

வழி I. பக்கம் 311 ஐப் பார்க்க.

வழி II. தளவாடி ஒன்றைப் பயன்படுத்தி அறிதல்.—குவிவா ஆடியின் முன்னர் ஒரு பொருளை வைத்தால் ஆக்கப்படும் விம்பம்



உரு. 144. குவிவான ஆடியும் தளவாடியும்

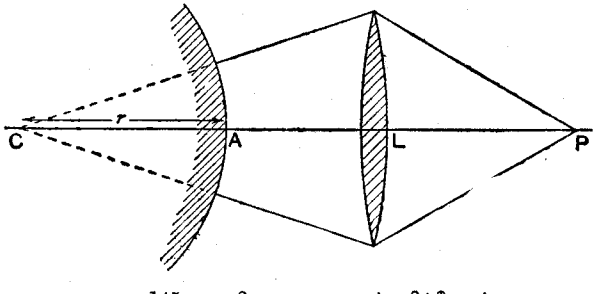
கட்டாயமாக மாயமானதாக இருக்கும். அது ஆடியின் முனைவிற்கும் முதற் குவியத்திற்கும் இடையிலிருக்கும். எலவே எடுத்துரைக்கப்பட்ட ஊசி வழியிலும் மிக விரிவான முறையில் பயன்படுத்தப்படக் கூடிய பின்வரும் வழியைக் கொண்டு மாயவிம்பத்தின் நிலையைக் கண்டறியலாம்.

பரிசோதனை 119. குவிவான ஆடியின் வளைவினது ஆரை. II.—குவி வான ஆடியின் முன்னர் ஓர் ஊசியைச் சிறிது தூரத்தில் வைக்க. ஊசிக்குப் பின்னாலுள்ள ஒரு தானத்திலிருந்து ஆடிக்குள் பார்க்கின்றபொழுது,

அதன் உருக்குறைந்த மாயவிம்பத்தை எளிதிற் காணலாம். இப்பொழுது தளவாடி ஒன்றை ஊசிக்கும் குவிவான ஆடிக்கும் இடையில், அதனுடைய மேல் விளிம்பு குவிவான ஆடியின் முகப்பின் மையத்தோடு இருக்க, அதனுடைய தளம் அச்சுக்குச் செங்குத்தாயிருக்கும் வண்ணம் அமைக்க. முன்னர் செய்தவாறு, ஊசிக்குப் பின்னுள்ள தானத்திலிருந்து ஆடிக்குள் நோக்குகின்றபொழுது குவிவான ஆடியின் மேல் அரைப்பகுதியே தெரியும்; கீழ் அரைப்பகுதி தளவாடியால் மறைக்கப்பட்டிருக்கும். இப்பொழுது யும்; ஊசியின் இரு விம்பங்கள் அதாவது ஒன்று குவிவான ஆடியிலும் மற்றையது தளவாடியிலும் தெரியும்; முன்னையது பின்னையதிலும் சிறியதாயிருக்கும். இது உரு. 144 இன் வலப்பக்கத்தில் காட்டப்பட்டிருக் கின்றது.

இவ்விரு விம்பங்களுக்குமிடையில் இடமாறுதோற்றம் இல்லாத வகையில் தளவாடி இப்பொழுது செம்மைப்படுத்தப்படல் வேண்டும். அதாவது, கண்ணை ஒரு பக்கத்திலிருந்து மற்றப் பக்கமாக வெவ்வேறு நிலைகட்கு நகர்த்துகின்றபொழுது, குவிவான ஆடியிலுள்ள விம்பம் தளவாடி யில் உள்ள விம்பத்தின் ஒரு தொடர்ச்சிபோலத் தோன்றும்வரையில் செம்மைப்படுத்துவதாகும். குவிவான ஆடியிலுள்ள விம்பம் தளவாடி விம்பத்தின் **மையத்தில்** செம்மையாக அமைய வேண்டும். இது இவ் வகையிலிருக்கின்றபொழுது, A இலுள்ள குவிவான ஆடியால் ஆக்கப்பட்ட ஊசி P இனது விம்பம் Q, தளவாடி M இனால் ஆக்கப்பட்ட P இனது விம்பத்துடன் நிலையிற் பொருந்தும். இதன்பின், தூரங்கள் AP, AM, MP ஆகியவற்றை அளக்க. ($AP = AM + MP$ ஆக இருக்கின்றதோ எனக் கண்டு அளவைகளின் செம்மையை வாய்ப்புப் பார்க்க). M என்பது ஒரு தளவாடி ஆதலின் $MP = MQ$ என்பதை நாம் அறிவோம்.

பின்னர் AQ என்பதைக் காண்க. இது MQ, AM என்பவற்றிற்கிடையி லுள்ள வித்தியாசமாகும்; அதாவது MP, AM என்பனவற்றிற்கிடையி



உரு. 145. குவிவான ஆடியும் வில்லையும்

லுள்ள வித்தியாசமாகும். இப்பொழுது முனைவிலிருந்து பொருள் உள்ள தூரம் u இனதும் முனைவிலிருந்து விம்பமுள்ள தூரம் v இனதும்

எண் பெறுமானங்களே நாம் அறிவோம். எனவே வளைவினது ஆரை என்பதையோ, குவிய நீளம் f என்பதையோ சூத்திரம்

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{2}{r}=\frac{1}{f}$$

என்பதிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம்.

எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட கணியங்களுக்குரிய குறிகளிற் கவனம் செலுத்த வேண்டும். தளவாடி, ஊசி ஆகியவற்றின் தானங்களே மாற்றிப் பல்வே துணிவுகளைச் செய்தல் வேண்டும்.

வழி III.—குவிவான வில்லையொன்றைப் பயன்படுத்தி அறிதல்.—ஓ ஊசிக்கும் குவிவான ஆடியொன்றிற்கும் இடையில் வாய்ப்புடைய ஒரு குவிவான வில்லையை வைத்து ஊசியின் மெய் விம்பம் ஊசியோடு பொருந்துமாறு வில்லையையும் ஊசியையும் செம்மைப்படுத்தல் இயலும்.

ஊசியின் நுனியானது அதன் விம்பத்தோடு பொருந்துகின்றபொழுது, ஊசியிலிருந்து புறப்படும் கதிர்கள் குவிவாடியில் விழுந்த பின்னர் மீண்டும் தம் வழியே செல்லல் வேண்டும். இதற்குரிய நிபந்தனை யாதெனில், கதிர்கள் யாவும் ஆடி மேல் செங்குத்தாக விழல் வேண்டும் என்பதே. இதை வேறு விதமாகச் சொன்னால் வில்லைக்கூடாகக் கதிர்கள் சென்றபின் அவை, ஆடியின் வளைவின் மையத்தை நோக்கித் திசைகொளல் வேண்டும் (உரு. 145). இதன்பின், வில்லைக்கூடாக ஒளியின் கதிர்கள் சென்றபின் அவை எப்புள்ளி நோக்கி ஒருங்குகின்றன என நாம் அறிந்தால் ஆடியினது வளைவின் மையத்தை நாம் காணலாம்.

பரிசோதனை 120. குவிவான ஆடியின் வளைவினது ஆரை. III—ஒரு குவிவாடியின் முன்னர் சிறிது தூரத்தில் ஓர் ஊசியை நிலைப்படுத்துக. ஊசிக்கும் ஆடிக்கும் இடையில் குவிவில்லையொன்றை அதன் அச்சு ஆடியின் அச்சின் திசையோடு பொருந்துமாறு அமைக்க. வில்லையையும் தேவையெனில் ஊசியையும் செம்மைப்படுத்தி ஊசியின் **மெய்யான நேர்மாறான** விம்பமொன்றை ஆக்கி அதை ஊசியுடன் நிலையில் பொருந்து மாறு செய்யலாம். இப்பொருந்துதலை இடமாறு தோற்ற வழியிற் சோதித் தறியலாம். ஆடிக்கும் வில்லைக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் **LA** ஐ அளக்க.

ஆடியை அறவே நீக்கிவிடுக. **ஆயினும் வில்லையினது நிலையையும் ஊசியினது நிலையையும் மாறுமற் பேணுக.** பின்னர் இன்னோர் ஊசியை அதன் மூன்ன வில்லையால் ஆக்கப்பட்ட முதல் ஊசியின் விம்பத்தோடு நிலையிற் பொருந்துமாறு அமைக்க. இடமாறுதோற்ற வழியாற் பொருந்துகையைச் சோதிக்க. வில்லைக்கும் இரண்டாம் ஊசிக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் **LC** என்பதனை அளக்க. இப்பொழுது ஊசியானது, ஆடியின்

வளைவின் மையம் கொண்டிருந்த நிலையில் இருப்பதால், இரண்டாவது அளவையிலிருந்து முதல் அளவையைக் கழித்து வளைவின் ஆரையை உடனே காணலாம்:

$$r = \mathrm{LC} - \mathrm{LA}.$$

குறிப்பு.—போதிய குவிய நீளமுள்ள வில்லையொன்றைத் தேர்ந்தெடுத் தல் வேண்டும். தூரம் **LC** வில்லையின் குவிய நீளத்திலும் பெரிதாக இருத்தல் வேண்டும்; தூரம் **PC** குவிய நீளத்திலும் குறைந்தது நான்கு மடங்கினதாயிருத்தல் வேண்டும்.

கோளமானியைக் கொண்டு வளைவின் ஆரையை அளந்து இப்பரிசோதனை களால் வந்த விளைவுகளைத் தணித்தறிந்து கொள்க. ஆனால் கோளமானி முன்பக்க மேற்பரப்பின் ஆரையைக் கொடுக்க, ஒளியியல் வழியானது கண்ணாடி ஆடியின் வகையில் பின்பக்க மேற்பரப்பின் தோற்றவாரை யைத் தருகின்றது என்பதைக் கவனத்தில் கொள்ளல் வேண்டும்.

மேற்பரப்பின் வளைவினைத் தையொத்தரில் கணித்தறிக.

பரிசோதனை 121. குவிவான, அல்லது குழிவான ஆடியின் வளைவின் ஆரையைச் சுழல் மேசையைக் கொண்டு அறிதல்.—வளைவின் ஆரையை ஒரு சுழலும் மேசையைப் பயன்படுத்தித் துணிதல் ஒரு வாய்ப்பான முறையாகும். இச் சுழலும் மேசை நிலைக்குத்தான அச்சிற் சுழலக்கூடிய தட்டையான மேசை. ஆடியை அதன் அச்சு மேசையோடு சமாந்தர மாக அமையும் வகையில் மேசை மேல் வைத்தல் வேண்டும். ஆடியின் முனைவில் இலக்கப்போடியத்தில் ஒரு சிறு துகளை, அல்லது ஒரு மைக் கறையை வைத்து குறைவான ஆற்றல் கொண்ட தொலைகாட்டியைப் பயன்படுத்தி நோக்கல் வேண்டும். மேசையைச் சுழற்றுகின்றபொழுது இப் புள்ளியின் சுழற்சி தோற்றாதிருக்கும் வகையில் மேசைமேலுள்ள ஆடியின் நிலையைச் செம்மைப்படுத்தல் வேண்டும். அப்பொழுது இப் புள்ளியானது மேசை எந்த அச்சுப்பற்றிச் சுழல்கின்றதோ அந்த அச்சில் உள்ளதாக இருக்கும்.

இப்பொழுது தூரத்திலுள்ள ஒரு பொருளின் விம்பத்தை ஆடிக் கூடாகப் பார்ப்பதற்குத் தொலைகாட்டி பயன்படுத்தப்படும். மீண்டும் மேசை சுழல்கின்றபொழுது அவ்வாறு தோற்றிய விம்பத்தில், சுழற்சி தோன்றாமல் இருக்கும் வரையில் சுழலும் மேசையில் உள்ள ஆடியின் நிலை செம்மைப் படுத்தப்படல் வேண்டும். ஆடியின் வளைவின் மையம் சுழல் மேசையின் சுழற்சி அச்சிலிருக்கின்றபொழுது இது இவ்வாறமையும். எனெனில், இங்கு சுழற்சியாலாகும் விளைவு ஆடியின் கோளமேற்பரப்பின் ஒரு பகு தியை மற்றொரு பகுதிக்கு, தெறித்த விம்பத்தின் இடப்பெயர்ச்சி இல்லா திருக்கும் வகையில், பிரதியிடுவதேயாம்.

மேசையில் ஆடி கொண்ட இரு நிலைகளுக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் வளைவின் ஆரைக்கும் சமமாகும்.

§ 2. ஒரு வில்லையின் குவிய நீளம்

வில்லைகளைப் பரிசோதிக்கும் தொலைகாட்டி அல்லது வீச்சுக்காட்டி வழி

பின்வரும் வழியினால் ஒரு வில்லையின் குவிய நீளத்தைச் செம்மை யாகத் துணியலாம். இம்முறையால் முதற் குவியத்தின் உண்மை நிலையை ஒரு குவிவான வில்லைக்கும் ஒரு குழிவான வில்லைக்கும் துணியலாமாதலின் இது மிகவும் விரும்பப்படத்தக்கதொன்றாகும்.

குவிவான வில்லையொன்றின் முதலாவதான முதற்குவியத்திலிருந்து விரியும் ஒளி வில்லையிலிருந்து ஒரு சமாந்தரக் கற்றையாக வெளிப்படு கின்றது (உரு. 142).

ஒரு சமாந்தரக் கற்றை குழிவான வில்லையில் விழுகின்றபொழுது அது விரிவதொன்றுக்கப்பட்டு வில்லையின் முதற் குவியமான புள்ளி யொன்றிலிருந்து புறப்படுவது போலத் தோன்றுகிறது (உரு. 142).

மெல்லிய வில்லைகளின் வகையில் வில்லைக்கும் முதற் குவியத்துக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் வில்லையின் குவிய நீளம் எனப்படும்.

ஒரு நிலையில் ஏற்றப்பட்ட கூர் நுனியுடைய ஓர் துன்னூசியும் உயர் பெருக்காற்றலுடைய பார்வைவில்லை கொண்ட ஒரு தொலைகாட்டியுமே இங்கு வேண்டிய கருவிகளாகும்.

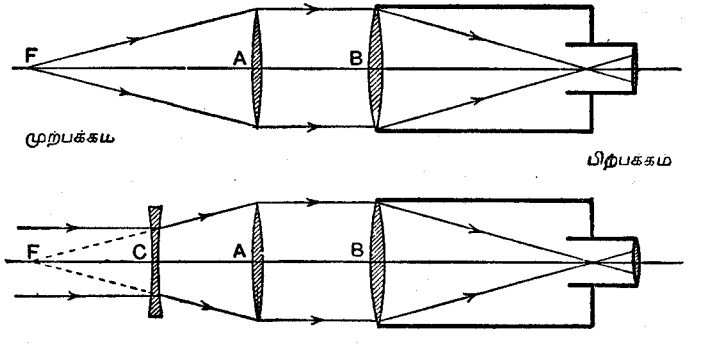
பரிசோதனை 122. ஒரு குவிவான வில்லையின் குவிய நீளத்தைத் துணிதல்.—சமாந்தர ஒளிக்கதிர்களைப் பெறுவதற்காக தொலைகாட்டியை மிக்க அவதானத்துடன் சீர்ப்படுத்தல் வேண்டும். தொலைகாட்டிக்குக் குறுக் குக் கம்பிகள் இணைக்கப்பட்டிருந்தால் குறுக்குக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தோன்றும்வரை பார்வைத் துண்டை முதலிற் சீர் செய்க. பின்னர் பல கணியூடாகத் தொலைவிலிருந்து குறுக்குக் கம்பியின்மீது தோன்றும் வில் பத்திற்கும் அக்குறுக்குக் கம்பிக்கும் **இடையே இடமாறுதோற்றம் இல்லா திருக்கும் வகையில்** சீர் செய்க. இவ்வாறு இதைச் செம்மைப் படுத்திய பின், பரிசோதனைக்கிடையே இந்நிலையை மாற்றலாகாது.

தொலைகாட்டியை மேசையின் மேல் அச்சு இடைத்தளமாயிருக்கும் வகை யில் அமைக்க. இப்பொழுது குவிய நீளத்தை அளக்கப் படவேண்டிய குவி வில்லையைப் பொருள்வில்லை முன்னர் வைக்க. வில்லையின் மையம் தொலைகாட்டியின் அச்சிலிருக்குமாறு கவனம் எடுத்தல் வேண்டும். துன் னூசியின் முனை வில்லையின் மையப்புள்ளி இருக்கும் உயரத்திலிருக்கு மாறு அதனை ஏற்றுக. தொலை காட்டியின் எல்லைக்குள் ஒரு தெளிவான விம்பம் தெரியும்வரை வில்லைக்கு முன்னால் அதனை நகர்த்துக.

இயன்ற அளவு ஊசி நுனியினது தெளிவான விம்பம் நோக்கற் புலத்தின் மையத்தில் அமையுமாறு துன்னூசியின் நிலையை அவதான மாகச் செம்மை செய்க. குறுக்குக் கம்பிக்கும் தொலைகாட்டிக்கூடாகத்

தோன்றுகின்ற ஊசியின் விம்பத்திற்கும் இடையில் இடமாறுதோற்றம் இருத்தலாகாது. அப்பொழுது குறிப்பிட்ட புள்ளியானது வில்லையின் முதற் குவியத்திலிருக்கும். ஏனெனில், சமாந்தர ஒளிக்கெனத் தொலைகாட்டி செம்மைப் படுத்தப்பட்டபடியால் பொருட் கண்ணுடியில் விழும் ஒளிக் கதிர்கள் தெளிவான விம்பமொன்றைத் தருவதற்குச் சமாந்தரக் கற்றை யொன்றை ஆக்குதல் வேண்டும் என்க. எனவே ஒளியானது வில்லையின் முதற்குவியம் **F** இலிருந்து விரிதல் வேண்டும். தூரம் **AF** ஐ அளக்க. இதுவே குவிவான வில்லையின் குவிய நீளமாகும்.

பரிசோதனை 123. குழிவான வில்லையொன்றின் குவிய நீளத்தைத் துணிதல்.—பின்வரும் வழியைப் பயன்படுத்துவதற்கு, குவி வில்லையின் குவிய நீளத்திலும் குழிவில்லையின் குவிய நீளம் சிறியதாயிருத்தல்



உரு. 146. தொலைகாட்டியாற் குவிய நீளங்கள் காணல்

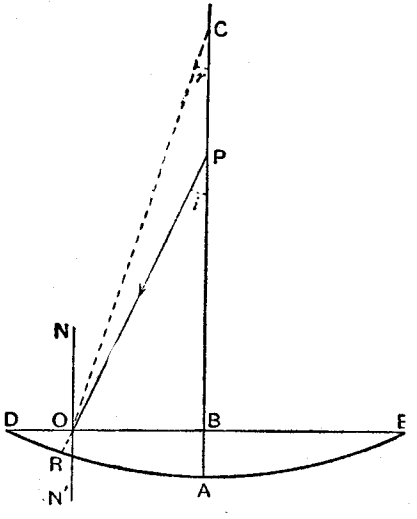
வேண்டும். முன்னர் கூறிய பரிசோதனைக்கிணங்க, முதலாவதாகக் குவி வான வில்லை **A** இனுடைய முதற் குவியம் **F** இனைக் காண்க. பின் னர் குழிவான வில்லை **C** இனை **A** இற்கும் **F** இற்கும் இடையே வைக்க. அதைப் பின்னர் மிகத் தொலைவிலுள்ள பொருள்களின் விம் பங்கள் செவ்வையாகத் தோற்றும் வரை அங்கும் இங்குமாக நகர்த்துக. இது இவ்வாறுயிருக்கும்போது **F** என்பது குழிவான வில்லையின் முதற் குவியமுமாகும். கதிர்களின் வழி உரு. 146 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளில் இருந்து வருகின்ற சமாந்தர ஒளிக் கற்றை குழிவான வில்லையில் விழுந்து விரிவாக்கப்பட்டு வில்லையின் முதற் குவியத்திலிருந்து வருவதுபோல் தோன்றும். இவ்விரியும் ஒளிக் கற்றை குவிவில்லையாற் சமாந்தரமாக்கப்படுகிறது. எனவே குவிவில்லையின் முதற் குவியம், குழிவில்லையின் முதற்குவியத்தோடு பொருந்துதல் வேண்டும். தூரம் **CF** ஐ அளக்க. அதுவே குழிவில்லையின் குவிய நீளமாகும்.

இவ்வகையில் புள்ளி **F** இனுடைய நிலையத்தை அறிவதில் நாம் ஊசியைத் தவிர்த்துவிட்டுக் குழிவான வில்லையை அதன் மேற்பரப்பிலுள்ள ஒரு புள்ளியினது விம்பம் தெளிவாகத் தோன்றும் வரையில் நகர்த்தலாம். இப்புள்ளி **F** இலிருக்கும் ; வில்லையின் இரு நிலைகளுக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் **CF** குவிய நீளமாகும்.

இப்பரிசோதனைக்குகந்த ஒரு சோடி வில்லைகளை இலகுவில் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளலாம். அவற்றைச் சேர்த்துப் பிடிக்கும்போது அவை விரிவைக் கொடுக்கும் இயல்புடைய ஒரு சேர்மானத்தை உண்டாக்குவனவாம்.

§ 3. முறிவுக் குணகங்களைத் துணிதல்

பரிசோதனை 124. குழிவான ஆடியொன்றைக் கொண்டு திரவமொன்றின் முறிவுக் குணகத்தைத் துணிதல்.— வாய்ப்பான ஒரு உயரத்திலே



உரு. 147. குழிவான ஆடியொன்றைக் கொண்டு திரவமொன்றின் முறிவுக் குணகத்தைக் காணல்

ஆடியொன்றினை அதன் முகப்பு இடைத்தளமாயிருக்குமாறு வைக்க. அதன் உயரம் பார்ப்போன் ஒருவன் மேலிருந்து கீழ் நோக்குவதற்கு எற்றவாறு அமைந்திருத்தல் வேண்டும். இடமாறு தோற்ற முறையாய்ப் பரிசோதிக்கின்ற பொழுது, ஓர் ஊசியை அதன் முனையின் விம்பம் முனையின் நிலையோடு பொருந்தக் கூடிய வகையில் அமைக்க. பக்கம் 308

இல் இதைச் செம்மையாக்கும் வகையை விவரித்துள்ளோம். அங்கு முனையானது ஆடியின் வளைவின் மையத்தில் இருக்க வேண்டும் என்று சொல்லியுள்ளோம். ஆடியின் முனைவிலிருந்து வளைவின் மையத்திற்குள்ள தூரத்தை அளக்க.

ஆராய எடுத்துக்கொண்ட திரவத்தில் ஒரு சிறு பகுதியை ஆடியின் முகத்தில் வைக்க. வைக்கும் இத்திரவம் 5 இலிருந்து 10 ச.மீ. விட்ட முடைய ஒரு சிறு மட்டான தேக்கத்தில் நிற்கும் வகையில் அதை விடுக. மீண்டும் ஊசியை அதன் முனை, ஆடியிலுள்ள தெறிப்பிலில் ஆக்கப்பட்ட மெய்விம்பத்தோடு பொருந்துமாறு வைக்க. ஆடியின் முனைவிலிருந்து அம் முனையுள்ள தூரத்தை அளக்க. இப்பொழுது திரவத்தின் முறிவுக் குணகம், முதற் தூரத்தை (ஆடியின் வளைவின் ஆரையை) இரண்டாவதைக் கொண்டு பிரிப்பதாற் பெறப்படும்.

இரண்டாம் வகையிலே புள்ளியிலிருந்து ஆடிக்குச் செல்லும் கதிரின் வழியைக் காட்டும் ஓர் உருவை வரைவதால் இக்கூற்றின் உண்மையை மெய்ப்பிக்கலாம் (உரு. 147).

முதற் பரிசோதனையில் ஊசியின் நிலை **C** ஆகுக. இரண்டாவதுடைய நிலை **P** ஆகுக. ஆக **C** ஆடியின் வளைவின் மையமாகும். கதிர் **PO** என்பது புள்ளி **P** இலிருந்து தொடங்கி நீர் மேற்பரப்பைத் தாக்குகின்றபொழுது **O** இல் முறிக்கப்படுகிறது. இம்முறிந்த கதிர் கண்ணாடியின் மேற்பரப்பை **R** இல் தாக்கியபின் **P** இற்குத் திரும்பிப் போவதற்கு முந்திய வழியே மீண்டும் செல்லல் வேண்டும். இது இவ்வாறு நிகழ்வதற்குத் தண்ணீரிலுள்ள கதிர் **OR** என்பது ஆடியைச் செங்கோணத்தில் தாக்கவேண்டும் என்பதே நிபந்தனை. எனவே **OR** என்பது ஆடிக்கு ஒரு செங்குத்தாதலின் வளைவின் மையம் **C** இற்கு ஊடாகச் செல்லல் வேண்டும்.

படுகோணம் i என்பதே கோணம் **PON** என்பதாகும். இது கோணம் **OPA** என்பதற்குச் சமம். முறிவுக் கோணம் r என்பது கோணம் **RON′** என்பதாகும். இது கோணம் **OCA** என்பதற்குச் சமம். எனவே

$$\mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{\text{சைன் OPA}}{\text{சைன் OCA}}$$

$$= \frac{\text{OB / OP}}{\text{OB / OC}} = \frac{\text{OC}}{\text{OP}}$$

படுகோணம் மிகச் சிறியதாயிருக்கின்றபொழுது இது அண்ணளவில் **AC / AP** ஆகும். இது மேற்கூறிய கூற்றினை நிறுவும்.

ஒரு வில்லையினது திரவியத்தின் முறிவுக்குணகம்

ஒரு வில்லையின் குவிய நீளம் (f) திரவியத்தின் முறிவுக் குணகம் (μ) வினும் அதன் இரு மேற்பரப்புகளினது வளைவாரைகள் r,s என்பவற்றினும் தங்கியுள்ளது ; இக்கணியங்களை இணைக்கும் சூத்திரம்

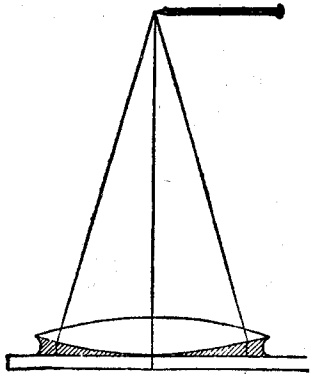
$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s}\right)$$

என்பதாகும்.

பரிசோதனைமூலம் f, r, s என்பனவற்றின் பெறுமானங்களைப் பெறுவோமானால் μ இன் பெறுமானத்தைக் கணித்துக் கொள்ளலாம். சூத்திரத்தின் வலது பக்கத்திற் காணப்படும் $(\mu - 1)$ என்னும் கணியம் திரவியத்தின் **முறிவுத்திறன்** எனப்படும். வளியின் முறிவுக் குணகம் 1 இற்குச் சமம் எனக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

பரிசோதனை 125. ஒரு வில்லையினது திரவியத்தின் முறிவுக் குணகத்தைத் துணிதல்.—முன்னர் கூறிய வழிகளில் யாதாயினும் ஒன்றினால் வில்லையின் குவிய நீளத்தைக் காணலாம். ஆயினும், குவிவில்லையைப் பயன்படுத்துவதானால் இப்பொழுது வேண்டிய அளவுவளுக்கு 317 ஆம் பக்கத்து மூன்றும் வழியான ஊசி முறையைப் பயன்படுத்தலாம்.

வில்லைகளின் மேற்பரப்புக்களை, கோளவாடிகளின் பகுதிகளெனக் கொண்டு, ஒளியியல் முறையில் r, s என்பவற்றின் பெறுமானங்களைக் காணலாம் (ப. 309, 320 ஐப் பார்க்க). ஆயினும் சில வேளைகளில் இக்கணியங்களை ப. 55 இற் கூறியவாறு கோளமானியால் அளக்கலாம். மேற்கூறிய சூத்திரத்தில் f, r, s என்பவற்றிற்கு எண் பெறுமானங்களைப் பிரதியிடும் போது குறிகள் பற்றிய ஏற்பாடுகளைக் கடைப்பிடித்தல் அவசியமானது (பக்கம் 310 இல் உள்ள குறிப்பைப் பார்க்க).



உரு. 148. ஒரு வில்லையையும் தளவாடியையும் கெண்டு ஒரு திரவத்தின் முறிவுக் குணகத்தைக் காணல்

முறிவுக் குணகத்தைக் காணவேண்டிய திரவத்தில் ஒரு சிறு பகுதியே கிடைக்குமெனின் அதை ஒரு வில்லையாக்கி அதன் குவிய நீளத்தை அளந்தறிந்து முறிவுக்குணகத்தைக் காணலாம்.

பரிசோதனை 126. ஒரு வில்லையையும் ஒரு தளவாடியையும் பயன்படுத்தி ஒரு திரவத்தின் முறிவுக் குணகத்தைத் துணிதல்.—குவிய நீளம் 10 இலிருந்து 15 ச.மீ. வரையுள்ள குவிவில்லையொன்றை எடுத்துக் கொள்க. கிடைத்தளமான தளவாடியொன்றின் மீது வில்லையை வைத்து அதன் அச்சிலே ஓர் ஊசியின் முனையும் அதன் மெய் விம்பமும் பொருந்துமாறு ஓர் ஊசி நிலையைக் காண்க. வில்லையின் மையத்திலிருந்து ஊசிக்குள்ள தூரம் வில்லையின் குவிய நீளமாகும்: (வழி II பக்கம் 316). இப்போது அத்திரவத்தின் ஒரு சிறு பகுதியை வில்லைக்கும் தளவாடிக்கும் இடையில் இடுக. இது அத்திரவத்தின் தள-குழி வில்லையொன்றை ஆக்கும். திரவ மேற்பரப்பின் வளைவினது ஆரை (r) என்பது கண்ணாடி வில்லையினது கீழ் மேற்பரப்பின் ஆரையாக இருக்கும்.

இத்திரவ வில்லையின் குவிய நீளம் f_a எனின்,

$$\frac{1}{f_a} = (\mu_a - 1)\frac{1}{r} \quad \text{ஆகும்.}$$

இங்கு μ_a திரவத்தின் முறிவுக் குணகமாகும்.

இப்பொழுது ஊசி வழி முறையில் நீரும் திரவமும் சேர்ந்த சேர்ப்பின் குவிய நீளத்தைத் துணிக. இது f_A ஆகுக.

அப்பொழுது $\frac{1}{f_A} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f_a}$ அல்லது $\frac{1}{f_a} = \frac{1}{f_A} - \frac{1}{f}$.

இச்சூத்திரத்தினால் f_a என்பதைக் கணித்தறியலாம். இவ்விதமாகக் கண்ட பெறுமானத்தை முந்திய சூத்திரத்திற் பயன்படுத்தி μ_a என்பதைத் துணியலாம். கோளமானியைப் பயன்படுத்தி r இன் பெறுமானத்தைக் காணலாம்.

வளையின் ஆரை r என்பதின் பெறுமானம் இல்லாமலே, மேற்கூறிய முறையை இரண்டு திரவங்களின் முறிவுக் குணகத்தை ஒப்பிடுவதற்குப் பயன்படுத்தலாம். μ_b என்னும் முறிவுக் குணகத்தை உடைய இரண்டாவது திரவம் ஒன்றை முதலாவது திரவத்தின் இடத்தில் பிரதியிட்டால் சூத்திரங்கள், அதற்கொப்ப

$$\frac{1}{f_b} = (\mu_b - 1)\frac{1}{r}, \quad \frac{1}{f_b} = \frac{1}{f_B} - \frac{1}{f}$$

ஆக மாற்றமடையும்.

எனவே,

$$\frac{\mu_a - 1}{\mu_b - 1} = \frac{1/f_a}{1/f_b} = \frac{1/f_A - 1/f}{1/f_B - 1/f} \quad \text{ஆகும்.}$$

எனவே f, f_A, f_B என்பனவற்றை இப்போது கூறிய வழியில் அளந்தால் இரு திரவங்களின் முறிவுத் திறன்களை நாம் ஒப்பிடலாம். ஒரு திரவத்தின் முறிவுக் குணகத்தை அறிந்தால் இரண்டாவதின் குணகத்தைக் கணித்தறியலாம்.

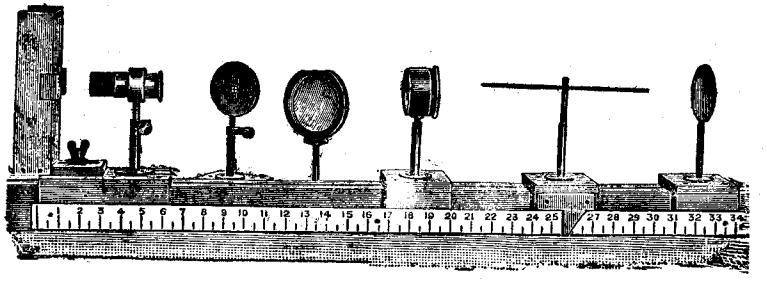
பரிசோதனை 127. ஒரு வில்லையையும் தளவாடியையும் பயன்படுத்தி இரு திரவங்களின் முறிவுக் குணகங்களை ஒப்பிடுதல்.— திரவங்களுள் ஒன்றாக நீரினைப் ($\mu = 1.333$) பயன்படுத்தல் வாய்ப்புடையதாகும். மற்றைத் திரவமாக கிளிசரினை அல்லது அனிலினைப் பயன்படுத்தலாம். பரிசோதனை 126 இல் கூறிய வழியில் f, f_A, f_B என்பவற்றின் குவிய நீளங்களை அளவிட்டபின், $\frac{1}{f_a}, \frac{1}{f_b}$ என்பவற்றையும் பயன்படுத்திய திரவத்தின் முறிவுக் குணகத்தையும் கணித்தறிக.

அதிகாரம் V

ஒளியியல் அளவுச் சட்டம்

§ 1 ஒளியியல் அளவுச்சட்டத்தை அமைத்தல்

ஆடிகள், வில்லைகள், மற்றை ஒளியியற் கருவிகள் பற்றிய செம்மை அளவுகளை எடுப்பதற்கு **ஒளியியல் அளவுச்சட்டம்** (உரு. 149) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இது கடைசற் பொறிப் படுக்கையைப் போன்று வழிகாட்டிகளையுடைய ஒரு நீண்ட வளையாலானது. இதன் மேல் ஒளியியற் கருவிகளைத் தாங்கக்கூடிய பல பெட்டிகள் வழுக்கிச் செல்லும். இம்முறையாக குறுக்கியக்கம் இல்லாமற் கருவிகளுக்கிடையுள்ள தூரத்தை மாற்றலாம்.



உரு. 149. ஒளியியல் அளவுச்சட்டம்

குறித்த இரு கருவிகளுக்கிடையிலுள்ள தூரத்தை அளப்பதற்காக (ஓர் ஆடியின் முனைவிற்கும் விம்பத்தைப் பெறப் பயன் படுத்தப்படும் திரைக்கும் உள்ள தூரம் எனக் கொள்வோம்.) சிலவகைகளில் இவ்வியக்கத்திற்கும் வழி வகுக்கப்பட்டுள்ளது. அளவு கோடிட்ட கோலொன்று இவ்வளவுச்சட்டத்தோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். தூரத்தை அளவுகோல் கொண்டு துணிதல் வேண்டும். அல்லது ஒளியியற் சட்டத்திலுள்ள ஒரு பெட்டியில் பொருத்தப்பட்ட தெரிந்த ஒரு நீளமுடைய **நீளக்கோலொன்றைப்** பயன்படுத்தி அறிதல் வேண்டும். அளவுகோலை அதன் முனையொன்று (A) ஆடியைத் தொடுமாறு செம்மைப் படுத்தி ஆடிப்பெட்டி அளவுச் சட்டத்திற் கொண்டுள்ள நிலையம் அளவிடப்படும். பின்னர் மற்றை முனை (B) திரையைத் தொடுமாறு செம்மையாகப் பெட்டியின் நிலையம் மீண்டும் அளவிடப்படும். இவ்விரு அளவீடுகளுக்கும் இடையிலுள்ள வித்தியாசம், பெட்டி நகர்த்தப்பட்ட தூரத்தைக் காட்டுகின்றது. காணப் படவேண்டிய தூரம், இத்தூரம் சக அளவுகோலின் நீளமாகும்.

சில வகைகளில், கோலின் ஒரு முனையான A ஐ, இரு கருவிகளை அடுத்தடுத்துத் தொட வைத்தல் வாய்புடையதாகும். இப்பொழுது கருவி களுக்கிடையிலுள்ள தூரம் வண்டி நகர்த்தப்பட்ட தூரமேயாகும்.

ஒளியியல் அளவுச் சட்டத்திலே ஆடிகளையும் வில்லைகளையும் கொண்டு செய்யும் பரிசோதனைகளில், ஒரு பொருளின் மெய் விம்பம் வழக்கமாக ஒரு வெண் திரையிலேயே ஆக்கப்படும். பயன்படுத்தப்படும் பொருள், ஒரு துவாரத்திற் செங்கோணமாகப் பொருத்தப்பட்ட இரு கம்பித் துண் டுகள், அல்லது ஒரு துண்டுக் கம்பி வலையாக இருக்கும். இப்பொருளை அதன் பின்புறமாக வைக்கப்பட்ட ஓர் ஒளிமுதலால் ஒளிர்விடச் செய்ய வேண்டும். இதற்கு ஓர் எண்ணெய் விளக்கின் அல்லது வாயு விளக்கின் சுடரைப் பயன்படுத்தலாம். ஆயினும் ஒரு சிறு 6 உவோற்று மின்விளக்கினை, ஒரு சிறு குவிய வில்லைக்குப் பின்னால் அதன் குவிய நீளத்திற்குச் சமமான தொலைவில், ஒளியியற் சட்டவழியே, ஏறக்குறைய ஒரு சமாந்தரமான ஒளிக் கற்றையைக் கொடுக்குமாறு, எற்றி வைத்தல் நல்லது.

இன்னொரு முறை யாதெனில், செம்மைப்படுத்தக்கூடிய நிலைதாங்கி யொன்றில், ஓர் ஊசியின் முனையை எற்றி அதனைப் பொருளாகக் கொண்டு தேய்த்த கண்ணுடித் திரையொன்றை மின்விளக்கொன்றினால் ஒளிவிடச்செய்தலாகும். நன்முக ஒளிவிடச் செய்த பிற்களத்தில் ஊசி தெளிவாகத் தோன்றல் வேண்டும். ஒளியியற் சட்டத்திலுள்ள திரைக் குப் பதிலாக இரண்டாம் ஊசியொன்றைப் பிரயோகித்து பரிசோதனை 115, உரு. 143 இல் காட்டியவாறு மெய் விம்பத்தோடு அவ்வூசி பொருந்து மாறு செம்மைப்படுத்தல் வேண்டும். இவ்வழி செம்மையான பெறுபேறு களைத்தரும். எலவே திரைகொண்டு செய்தறிந்த ஆய்வுகளின் குறை நிரப்ப இதைப் பயன்படுத்தலாம்.

ஒளியியற் சட்டம் கொண்டு செய்யும் எல்லாப் பரிசோதனைகளிலும், **பயன்படுத்தப்படும் வில்லைகள், ஆடிகள் யாவும் சட்டத்துடன் சமாந்தரமாக உள்ள ஒரே அச்சில் இருக்க வேண்டும் என்பது முக்கியமானதாகும்.**

§ 2. ஒளியியற் சட்டத்துடன் செய்யும் பரிசோதனைகள்

பரிசோதனை 128. ஒளியியற் சட்டம் : குழிவான ஆடியினது வளைவின் ஆரையையும் குவியநீளத்தையும் துணிதல்.— ஒளியியற் சட்டத்தின் மேல் ஆடி யொன்றைப்பிடி கொண்டு நிறுத்தி, விளக்கொன்றினால் ஒளிசெய்யப் பட்ட கம்பி வலையை அது பார்க்குமாறு அமைக்க. ஆடிக்கும் கம்பி வலைக்கு மிடையில் வைக்கப்பட்டுள்ள, தன் நடு மையத்தில் ஒருசிறு துளைகொண்ட திரையொன்றைப் பயன்படுத்துக. திரையையும் கம்பி வலையையும் செம் மைப்படுத்திக் கம்பி வலைக்கூடாகச் செல்லும் ஒளி திரையின் தூவாரத்திற் கூடாகச் சென்று ஆடியில் விழுமாறு செய்க. இதற்காக ஒளிமுதல், கம்பி வலை மையம், தூவாரத்தின் மையம், ஆடியின் முனை யாவும் ஒரு நேர் கோட்டிற் கிடத்தல் அவசியம்.

ஆடியின் நிலையை மாற்றித் திரையில் துவாரத்திற்கு அண்மையில் தெளி வான விம்பமொன்றை விழச்செய்யலாம்.

திரையில் விம்பமானது தெளிவாகக் குவியும்படி செய்தபின், அளவு கோலைக் கொண்டு ஆடியிலிருந்து பொருளுள்ள தூரம் u என்பதையும் ஆடியிலிருந்து விம்பமுள்ள தூரம் v என்பதையும் அளக்க. u,v என் பவற்றின் பெறுமானங்களை அவற்றிற்குரிய குறிகளைச் சேர்த்து எழுதுக. பின்னர் r, f என்பவற்றின் பெறுமானங்களை

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f}$$

என்ற சூத்திரத்திலிருந்து கணிக்க.

திரையைக் குறைந்தது மூன்று வெவ்வேறு நிலைகளில் வைத்து, இத்துணிவை மீண்டும் செய்க.

இறுதியாக, திரையிலுள்ள துவாரத்திற்குக் குறுக்கே ஈர்க்கப்பட்ட ஒரு கம்பியின் தெளிவான விம்பத்தைத் திரையில் வீழ்த்துமாறு ஆடியைச் செம்மைப் படுத்துக. ஆடியை மெள்ளமாக ஒரு நிலைக்குத்தச்சிற் சுழற்றி, இயன்ற அளவு துவாரத்திற்கண்மையில் இவ்விம்பம் இருக்குமாறு செய்க. இவ்வகையில், $u = v$ எனவே $r = u$ அல்லது, $f = \frac{r}{2}$ ஆகும். u, v, r. f என்பனவற்றிலிருந்து பெற்ற விளைவுகளை நிரைப்படுத்துக.

u ஐக் கிடைத்தூரமாகவும் v ஐ நிலைத்தூரமாகவும் கொண்டு, அவற்றிற் கிடையிலுள்ள தொடர்பினைக் காட்டும் வளைகோடொன்றைச் சதுரக்கோட் டுத்தாளொன்றில் வரைக.

குழிவான ஆடியொன்றினால், மெய்யான விம்பமொன்றை ஆக்கும் ஒளிக்கற்றைகளின் திசைகளைக் காட்டும் ஒரு வரிப்படம் வரைக.

பரிசோதனை 129. ஒளியியற் சட்டம் : குழிவான வில்லையொன்றின் குவிய நீளத்தைத் துணிதல்.—ஒளிப்படுத்தப்பட்ட பொருளுக்கும் செம்மைப் படுத்தப்படக்கூடிய திரைக்குமிடையில் வில்லையை அதன் பிடியில், ஒளியியற் சட்டத்தின் மேல் அமைக்க. வில்லையின் உயரத்தை அதன் அச்சு, பொருளின் மையத்திற்கூடாகச் செல்லும் வண்ணம் செம்மைப் படுத்துக. கம்பி வலையின் மங்கிய விம்பமொன்றைத் திரையிற் காணலாம். திரை யிலே, வரையறுத்த தெளிவான நல்லதொரு விம்பம் தோன்றும் வரை வில்லையினதும் திரையினதும் நிலைகளைச் செம்மைப்படுத்தல் வேண்டும்.

இச்செம்மைப்படுத்தலைச் செய்யும்பொழுது, இரண்டு குறிப்புக்களை மனத்திற் கொள்ளல் வேண்டும் :—

1. வில்லையினால் ஆக்கப்படும் விம்பம் மாயமானதாயிருக்காமல் மெய்விம்பமாய் இருத்தல் வேண்டுமெனின், வில்லையிலிருந்து பொருள் உள்ள தூரம் வில்லையின் குவிய நீளத்திலும் பெரிதாயிருத்தல் வேண்டும். எனவே, வில்லையை ஒளிசெய்யப்பட்ட கம்பி வலையிலிருந்து சிறிதுதூரத்தில் வைத்தல் வேண்டும்.

2. திரையிலே மெய்யான விம்பமொன்றைத் தோன்றச் செய்வதற்கு, பொருளுக்கும் திரைக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் குவியநீளத்திலிருந்தும் குறைந்தது நான்கு மடங்கினதாயிருத்தல் வேண்டும். திரையை மிக்க தூரத்திலே வைத்து, விம்பம் தெளிவாகக் குவியும் வரை மெள்ளமெள்ளமாக அண்மையிற் கொண்டுவருதல் வேண்டும்.

வழி I .—

u = வில்லையிலிருந்து பொருள் உள்ள தூரம் ஆகுக.
v = வில்லையிலிருந்து விம்பம் உள்ள தூரம் ஆகுக.
f = வில்லையின் குவிய நீளம் ஆகுக.

ஆக, (பக்கம் 314) $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ அல்லது $V - U = F$.

எனவே, u , v என்பவற்றை அளந்தால் F, f என்பவற்றைக் கணித்தறியலாம்.

தூரங்கள் u, v என்பவற்றை ஒரு நகரும் வண்டியில் அமைத்த வரைகோலைக்கொண்டு அளக்க. அளந்து, எண்கணியங்களுக்கு உரிய குறிகளை இடுவதிற் கவனம் செலுத்தி F, f என்பவற்றின் பெறுமானங்களைக் கணித்தறிக.

மூன்று வெவ்வேறான நிலைகளைப் பயன்படுத்தி இந்நோக்கல்களை மீண்டுந் திருப்பிச் செய்து, பெற்ற பெறுமானங்களை நிரைப்படுத்துக.

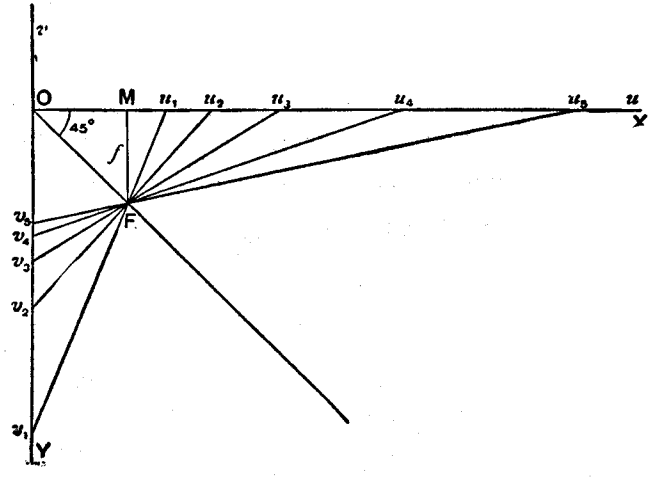
என்பவற்றின் பெறுமானங்களுக்குள்ள தொடர்புகளைக் காட்டும் கோட்டினை வரைதல் நல்ல பயனுடைத்தாகும்.

u	v	U	V	F	f

f இன் சராசரிப் பெறுமானத்தைக் கணித்தல் வேண்டும். கணித்துக் குவிய வலுவினைத் தையொத்தரில் எடுத்துச் சொல்லல் வேண்டும்.

குவிவான வில்லையொன்று மெய்யான விம்பமொன்றை ஆக்குகின்ற கதிர்களின் பாதைகளைக் காட்டும் வரிப்படமொன்றை வரைக.

ஒரு வரைப்பட அமைப்பு.—குவிய நீளத்தின் பெறுமானத்தைத் துணிதற்குரிய வரைப்பட அமைப்பொன்று **சேர் அவாடு கிரப்பு (Sir Howard Grubb)** என்னும் பெரியாரின் பெயருடன் இணைந்துள்ளது. ஒன்றுடனொன்று செங்கோணங்களில் அமைந்துள்ள ஈர் அச்சுக்கள் எடுத்துக்கொள்ளப்படும். u இன் பெறுமானங்கள் ஓர் அச்சு வழி குறிக்கப்பட்டு அவற்றோடொத்த v இன் பெறுமானங்கள் மற்றைய அச்சுவழி குறிக்கப்படும். இப்போது நாம் எடுத்துக்கொண்ட வகையில் v இன் பெறுமானங்கள் எதிரானவையாதலின், அதற்கொத்த அச்சு கீழ்நோக்கி வரையப்படும். அச்சுக்களில் ஒத்த புள்ளிகள் நேர்கோடுகளாலே தொடுக்கப்படும். அமைப்புத் திருத்தமான முறையிற் செய்யப்பட்டால் இவ்வாறுயகோடுகள் யாவும் ஒரு புள்ளியில் ஒன்றையொன்று வெட்டும். ஒவ்வோரச்சிலிருந்தும் இப்புள்ளிகொண்ட தூரம் f இதற்குச் சமமாகவிருக்கும். இதனால் உரு. 150 இலுள்ள **OM, MF** என்பவை ஒவ்வொன்றும் குவிய நீளம் f இற்குச் சமமாகும்.



உரு. 150. குவிய நீளத்தின் வரைப்பட அமைப்பு

வழி II.—ஒரு திரையிலே ஒரு பொருளின் மெய்விம்பமொன்றை ஆக்குவதற்குக் குவிவான வில்லையொன்றைப் பயன்படுத்துகின்றபொழுது, பொதுவாகத் திரைக்கும் பொருளுக்கும் இடையிலுள்ள தூரத்திற்கு ஒத்ததாய் வில்லைக்கு **இரு** நிலைகள் உண்டு. இவற்றுள் ஒரு நிலையில், வில்லை உருப் பெருக்கிய விம்பத்தையும் மற்றை நிலையில் உருச் சுருக்கிய விம்பத்தையும் கொடுக்கும். முதல் வகையில் வில்லையிலிருந்து பொருளுக்குள்ள தூரம் இரண்டாவது வகையில் வில்லையிலிருந்து திரைக்குள்ள தூரத்

திற்குச் சமமாகும்.

பொருளுக்கும் திரைக்கும் உள்ள தூரம் d ஆகுக ; வில்லைகளின் இரு நிலையங்களுக்குமிடையிலுள்ள தூரம் a ஆகுக. அப்பொழுது,

$$u = \frac{d-a}{2},$$

$$v = -\frac{d+a}{2}.$$

இவற்றைச் சூத்திரம் $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ என்பதிற் பிரதியிடுகின்றபொழுது பெறப்படுவது $f = -\frac{d^2-a^2}{4d}$.

திரையில் மெய்விம்பமொன்று ஆகுமாறு வில்லையைப் பொருளுக்கும் திரைக்கும் இடையே அமைக்க. பொருளையும் திரையையும் அவற்றின் நிலைகளில் உறுதியாக வைத்துக்கொண்டு இரண்டாவதொரு நிலையில் வில்லை இன்னொரு மெய்விம்பத்தை அமைக்கும் இடத்தைக் காண்க. வில்லை இப்பொழுது நகர்த்தப்பட்ட தூரத்தை அளக்க. அத்துடன் பொருளுக்கும் திரைக்கும் இடையுள்ள தூரத்தையும் அளக்க. இவற்றிலிருந்து குவிய நீளத்தைக் கணிக்க.

இப்பொழுது எடுத்துக்கூறியதில் ஒரு தனிப்பட்டவகையாக, பரீட்சை முறையில் $a = 0$ ஆகும் நிலையொன்றைக்காண்க. இந்நிலையில் d ஆனது அதற்குரிய மிக இழிவான பெறுமானத்தைக் கொண்டிருக்கும்.

இப்பொழுது, $f = -\frac{d}{4}$ ஆகும்.

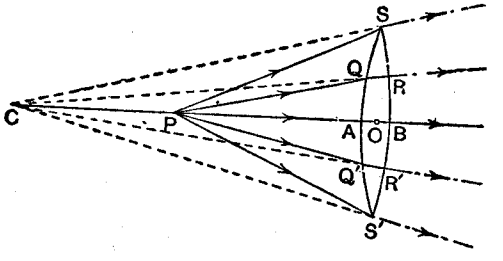
பரிசோதனை 130. ஒளியியலளவுச் சட்டம் : குழிவில்லையொன்றின் குவிய நீளத்தைத் துணிதல்.—தனித்தவொரு குழிவில்லையைப் பிரயோகித்து மெய்விம்பமொன்றைப் பெறுவது இயலாததாகையால், மேலே கூறியுள்ள வழிமுறைப்படி செய்வதற்கு, வாய்ப்புடைய குவியநீளங்கொண்ட குவிவில்லையொன்றைக் கொடுக்கப்பட்ட குழிவில்லையுடன் சேர்த்தல் அவசியம். குவிவில்லையுடன் குழிவில்லை சேர்ந்த ஓர் இணைப்பு குவிவானவில்லை போல் தொழிற்படல் வேண்டும். அவ்விணைப்பின் குவிய நீளம் (f) பரிசோதனை 129 இல் உள்ளவாறு பெறப்படும். பயன்படுத்தப்பட்ட தனிக் குவிவான வில்லையின் குவிய நீளம் (f_1) அதே முறையால் துணியப்படும். பின்பு குழிவான வில்லையின் குவிய நீளம் (f_2) வாய்பாடு

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

என்பதனாற் கணித்தறியப்படும்.

சூத்திரத்திலுள்ள ஒவ்வொரு கணியத்திற்கும் உரிய குறிகளை இடுவதிற் கவனஞ்செலுத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 131. இரட்டைக் குவிவில்லையின் மேற்பரப்புக்களின் வளைவாரைகளை அளக்கும் முறை.—முதலாவதாக, முன்னர் கூறியுள்ள முறைகளுள் ஒன்றினால் வில்லையின் குவிய நீளத்தைக் காண்க. அடுத்து வில்லையி



உரு. 151. வில்லையின் இரண்டாம் முகத்திலிருந்து தெறிப்பு

லிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் ஒரு பொருளை வைத்தால் அது அந்நிலையில் வில்லையின் **இரண்டாம்** முகத்திலிருந்து தெறிப்பதாலாகும் விம்பத்தோடு பொருந்தும் என்பதைக் காண்க.

இவ்விம்பம் எவ்வழி ஆக்கப்படுகிறது என்பது உரு. 151 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. P இலிருந்து ஓர் ஒளிக்கதிர் புறப்பட்டு வில்லையின் முதல் முகத்தில் முறிவுற்று இரண்டாவது முகத்திலே செங்கோணத்தில் விழுமாறால், தெறித்து முதலில் வந்த வழி திரும்பிப்போகும். இதன் விளைவாக முறிவுற்ற கதிர் QR இரண்டாம் மேற்பரப்பின் வளைவினது மையம் C இற் கூடாகச் செல்லல் வேண்டும். ஒளியின் ஒரு பகுதி வலப்பக்கத்திலுள்ள புள்ளியிட்ட கோடுகளாற் காட்டப்பட்டவாறு இம்மேற்பரப்பிற்கூடாக ஊடுருவிச் செல்லும். இவ்வாறுக, C என்பது இவ்வில்லைக்கூடாக வெளியேறிச்செல்லும் கதிர்களால் ஆக்கப்பட்ட P இனது மாயவிம்பமாகும். $OP = d$, $OC = s$ எனின்,

$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$, என்ற சமன்பாட்டில் $u = d$, $v = s$.

எனவே $\frac{1}{s} - \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$

இதிலிருந்து $s = \frac{df}{d+f}$.

எனப் பெறலாம்.

இச்சூத்திரத்தில், f என்பது அதனுடைய **அட்சரகணிதப்** பெறுமானத்தைக் கொண்டுள்ளதெனக் கருதப்படல் வேண்டும்.

d இனது பெறுமானத்தைப் பரிசோதனை முறையில் துணிய ஊசியொன்றை ஒரு பொருளாகக் கொண்டு இடமாறுதோற்ற வழியைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும். ஆனால் தெறிப்பினால் உண்டாகும் விம்பம் தெளிவற்றதாயிருப்

பதால் அளவீனை ஒளியியற் சட்டத்திற் செய்யலாம். இங்கு, ஒன்றுக்கொன்று குறுக்காய், செங்கோணங்களிலமைந்த கம்பிகளைக்கொண்ட வட்டவடிவான துவாரமுடைய திரையொன்றைப் பயன்படுத்தி ஒளிரும் துவாரத்தின் விம்பத்தை இத்திரையிற் பெறல் வேண்டும். இப்பொழுது வில்லையிலிருந்து பொருளும் விம்பமும் ஒரே தூரத்தில் உள்ளனவாதலால் வில்லையிலிருந்து திரையுள்ள தூரம் d இற்குச் சமமாகும்.

ஓர் இருட்டறையில் இப்பரிசோதனையை நன்கு ஒளிரச் செய்த ஒரு சிறு கொடியடையாளம் பொருத்தப்பட்ட ஊசியொன்றைக் கொண்டு செய்யலாம். இன்றேல் தெறிப்பை மிகப் பலமாக்குவதற்கு ஆய்வுக்கூட்டத்தில் வில்லையை இரசத்தில் மிதக்கச் செய்யலாம்.

வில்லையின் மற்றை முகத்தின் வளைவு ஆரை r இன் பெறுமானத்தை, வில்லையை அதன் பிடியிலே நேர்மாறாக மாற்றியபின், அதே வழியாற் கண்டுகொள்ளலாம்.

f, r, s என்பவற்றின் பெறுமானங்களை அறிந்தபின் வில்லையின் முறிவுக் குணகத்தை, சூத்திரம்,

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{s}\right)$$

என்பதால் அறியலாம்.

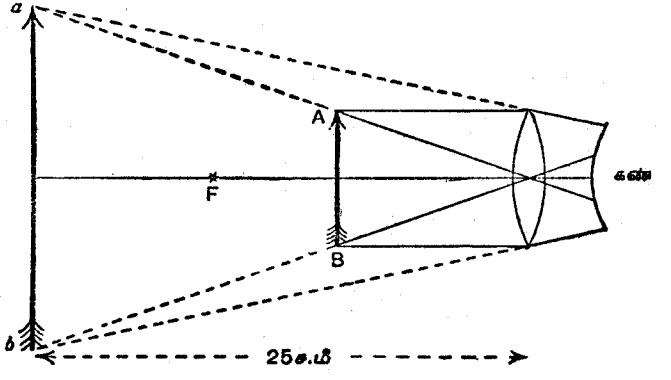
கணியங்கள் f, r, s என்பவற்றுடன் அவற்றிற்குரிய குறிகளைத் தொடக்கத்திலேயே சேர்த்துக் கொள்ளுதல் வேண்டும். இரண்டு ஆரைகளுக்கும் இதைச் செய்வதற்கு, வில்லை பயன்படுத்தப்பட்டது எனக் கருத்திற் கொள்க. ஒரு பக்கம் **கதிர்படு பக்கம்** எனக்கொண்டு இப்பக்கத்திலிருந்து அளக்கப்பட்ட தூரங்கள் யாவும் நேரானவை எனக் கருதலாம். இவ்வாறாக, வில்லையின் யாதுமொரு பக்கம் இத்திசையிற் குழிவானதாயிருந்தால், அதனுடைய ஆரை எதிர்ப்பக்க வழி அளக்கப்படுமாதலால், அதன் வளைவாரை எதிரானதாயிருக்கும். மற்றவையும் இவ்வாறே.

அதிகாரம் VI

ஒளியியற் கருவிகள்

§ 1. ஒரு தனிவில்லையின் பெருக்கு வலு

ஒரு பொருளின் தோற்றப் பருமன், பார்ப்போன் ஒருவனின் கண்ணில் அப்பொருள் எதிரமைக்கும் கோணத்தில் தங்கியுள்ளது. அதாவது, அது அப்பொருளின் நேர்கோட்டுப் பரிமாணத்திலும் கண்ணிலிருந்து அது கொண்டுள்ள தூரத்திலும் தங்கியிருக்குமென்பதாம். அப்பொருளைக் கண்ணுக்கு அண்ணிதாய்க் கொண்டுவருவதால் அதன் தோற்றப் பருமன் பெரிதாகின்றது. ஆயினும் கண்ணுக்கு மிக்க அண்ணிதாய்க் கொண்டுவரின் அதைத் தெளிவாகக் காணல் முடியாது. சாதாரணமான ஒரு கண்ணுக்கு **தெளிவுப்பார்வையினிழிவுத் தூரம்** பொதுவாக 25 ச.மீ. என எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது.



உரு. 152. வில்லையின் பெருக்குவலு

ஒரு தனி வில்லையை ஒரு சாதாரணமான நுணுக்குக் காட்டியாகப் பயன்படுத்துகின்றபொழுது அதைக் கண்ணுக்கு அண்ணிதாக வைத்து, பொருளின் மாய விம்பம் 25 ச.மீ. தூரத்திலாகுமாறு தூரத்தைச் செம்மைப்படுத்துகின்றோம். இவ்வாறாக, AB என்பது ஒரு குவிவில்லையிலிருந்து அதன் குவிய நீளத்திலும் குறைந்த ஒரு தூரத்திலிருக்கும் ஒரு பொருளாயின் ab இல் ஒரு மாய விம்பம் உண்டாகிறது; ab கண்ணிலிருந்து 25 ச.மீ. தூரத்தில் இருத்தல் வேண்டும் (உரு. 152).

ஒரு **வில்லையின் அல்லது நுணுக்குக் காட்டியின்**[1] **பெருக்குவலு,** மாய விம்பம் கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம், **25 ச.மீ. தூரத்தில்** பொருள் **வைக்கப்பட்டபொழுது** கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணத் திற்குக் கொண்டுள்ள விகிதம் என வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது,

பெருக்குவலு, $\mathbf{M} = \dfrac{\text{25 ச.மீ. இல் உள்ள } ab \text{ கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம்}}{\text{25 ச.மீ. இல் உள்ள AB கண்ணில் எதிரமைக்கும் கோணம்}}$.

கோணங்கள் மிகச் சிறியனவாயிருக்க, கண் வில்லையைத் தொடுகின்ற வாறிருக்கும் பொழுது

$$\text{பெருக்கு வலு, } \mathbf{M} = \frac{ab/25}{\mathrm{AB}/25} = \frac{ab}{\mathrm{AB}}.$$

எனவே பெருக்கு வலு நேர்கோட்டுப் பெருக்கத்திற்குச் சமனாகிறது.

ஒரு வில்லையின் குவிய நீளத்திற்குப் பெருக்கு வலு கொண்டுள்ள தொடர்பு.—வில்லையின் குவிய நீளம் f ச.மீ. ஆகுக. வில்லையிலிருந்து AB இன் தூரம் u ச.மீ. ஆகுக.

ஆயின், $$\frac{1}{25} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f};$$

$$\therefore \frac{1}{u} = \frac{1}{25} - \frac{1}{f}.$$

ஆனால் பெருக்குவலு $\mathbf{M} = \dfrac{ab}{\mathrm{AB}} = \dfrac{25}{u} = 1 - \dfrac{25}{f}$.

எனவே f என்பது அறியப்படின் பெருக்கு வலுவைக் கணித்தறியலாம். இங்கு f அதன் அட்சரகணிதப் பெறுமானத்தைக் கொண்டுள்ளது; ஒரு குவிவான வில்லைக்கு அது எதிரானதாகும்.

பரிசோதனை 132. ஒரு சாதாரண வில்லையின் பெருக்குவலுவைத் துணிதல்.

வழி I.—ஈர் ஊசிகளுக்கிடையிலே ஒரு வில்லையை வைத்து ஓர் ஊசியின் விம்பம் மற்றதுடன் பொருந்துமாறு அதன் தூரங்களைச் செம்மைப் படுத்தி வில்லையின் குவிய நீளத்தை அளக்க. வில்லையிலிருந்து ஊசிகள் கொண்டுள்ள தூரங்களை (u, v என்பவற்றை) அளக்க. அவற்றைச் சூத்திரம்

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

என்பதில் பிரதியிடுக.

ஒளி செல்லும் திசைக்கு எதிரான திசையில் அளக்கப்படுகின்ற பொழுதே தூரங்கள் நேரானவை என்பதை மனத்திற்கொள்க. குவிய நீளத்தை அறிந்த பின் பெருக்கு வலு, சூத்திரம்

$$\mathbf{M} = 1\frac{25}{f}$$

என்பதாற் பெறப்படும்.

[1]தொலைகாட்டியைப் பற்றி நாம் பேசுகின்ற பொழுது பெருக்குவலு என்னும் சொற்றொடர் பிறிதொரு கருத்திற் கையாளப்படுகின்றது.

வழி II—மேசைமேல் மி. மீற்றர் அளவுச் சட்டமொன்றை வைக்க. அதற்கு 20 ச.மீ. உயரத்தில் பிறிதோர் அளவுச் சட்டத்தை அதற்குச் சமாந்தரமாக அமைக்க. மேலளவுச் சட்டத்தை வில்லைகொண்டு நோக்குக. பின்னர் கீழேயிருக்கும் அளவுச் சட்டத்தை அதே நேரத்தில் மற்றக் கண்ணுற் பார்க்கக் கூடிய விதத்தில் ஒழுங்கு படுத்துக. மேலுள்ள அளவுச் சட்டம் வில்லைக்கூடாகவும் மற்றையது நேராகவும் தெளிவாகப் புலப்படும் வரை வில்லையையும் அளவுத் திட்டங்களையும் செம்மைப் படுத்துக. மேலேயிருக்கும் அளவுச்சட்டத்திலுள்ள இரண்டு, அல்லது மூன்று மி. மீற்றர்களுக்குச் சமமாய்த் தோன்றுகின்ற கீழளவுச்சட்டத்திலுள்ள மி. மீற்றர்களின் எண்ணிக்கைகளைக் கணக்கிடுக. மேலளவுச் சட்டத்திலுள்ள $\mathbf{N_1}$ மி.மீ. கீழளவுச்சட்டத்திலுள்ள $\mathbf{N_2}$ இற்குச் சமமாகுக.

அப்பொழுது, $$\mathbf{M} = \frac{\mathbf{N_2}}{\mathbf{N_1}}.$$

§ 2. நுணுக்குக் காட்டி

நுணுக்குக்காட்டியின் அமைப்பும் அதன் உருப்பெருக்கு வலுவும்

ஒரு **கூட்டு நுணுக்குக்** காட்டியின் முக்கிய பகுதிகளாய் அமைபவை சிறிய குவிய நீளங்கொண்ட இரு குவிவான வில்லைகளாகும்:

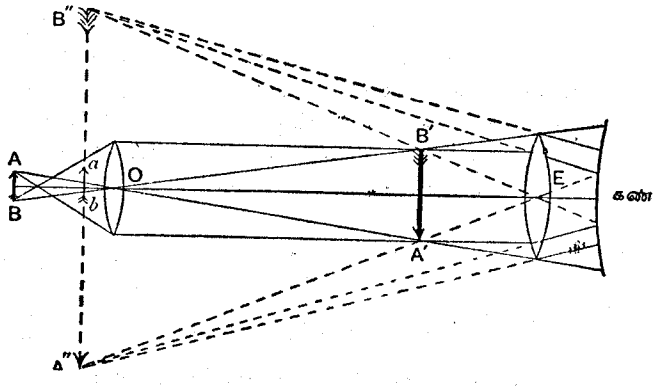
1. **பொருட் கண்ணாடி,** அல்லது **பொருள் வில்லை;** 2. **பார்வைத் துண்டு,** அல்லது **கண் வில்லை.**

பொருளுக்கும் பொருள் வில்லைக்குமிடையிலுள்ள தூரம் பொருள் வில்லையின் குவிய நீளத்திலிருந்து சிறிது பெரிதாயிருக்கும். எனவே ஒரு மெய்யான, நேர்மாறான, உருப்பெருத்த விம்பம் வில்லைக்கு மற்றைப்பக்கத்தில் ஆக்கப்படுகின்றது. உரு. 153 இல் **AB** என்பது பொருளாகும். **A'B'** என்பது **O** இலுள்ள பொருள் வில்லையால் ஆக்கப்பட்ட மெய்யான, உருப்பெருத்த, தலைகீழான விம்பமாகும். இப்பொழுது இம் மெய்யான விம்பம் கண் வில்லைக்கு ஊடாக நோக்கப்படுகிறது. இக்கண் வில்லை ஓர் உருப்பெருக்கிக் கண்ணாடியைப் போலவே இயங்குகின்றது[1].

மெய்யான விம்பத்திற்கும் கண் வில்லைக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் வில்லையின் குவிய நீளத்திலும் பார்க்கக் குறைவானதாகும். இதன் விளைவாக உருப்பெருத்த மாயவிம்பமொன்று உண்டாக்கப்படுகின்றது. இம் மாய விம்பம் தெளிவுப் பார்வையினிழிவுத் தூரத்தில் ஆகுமாறு வில்லை செம்மைப்படுத்தப்படுகிறது. இத்தூரம் கண்ணிலிருந்து 25 ச.மீ.

[1]ஒரு எளிய வில்லையின் உருப்பெருக்கு வலுவைத் துணிவது பற்றிப் பரிசோதனை செய்திராவிட்டால், கூட்டு நுணுக்குக் காட்டியைப் பற்றி மேலும் ஆராய்வதற்கு முன்னர் அதைச் செய்துகொள்ளல் வேண்டும்.

தூரம் என வழக்கமாகக் கொள்ளப்படுகின்றது. **A′B′** என்பது பொருள் வில்லையாலாக்கப்பட்ட மெய்விம்பம். **A″B″** என்பது கண்வில்லை **E** இனால் ஆக்கப்பட்ட மாய விம்பமாகும்.



உரு. 153 நுணுக்குக்காட்டியின் உருப்பெருக்கு வலு

குறிக்கப்பட்ட கருவியின் உருப்பெருக்கு வலு, விம்பம் **A″B″** என்பது கண்ணிலே ஆக்குகின்ற கோணம், தெளிவுப் பார்வையினிழிவுத் தூரத்தில் வைக்கப்பட்ட பொருள் கண்ணிலே ஆக்குகின்ற கோணத்திற்குக் கொண்ட வீதம் என வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது.

எனவே, உருப்பெருக்கு வலு,

$$= \frac{\text{E இல் A″B″ இனால் ஆக்கப்பட்ட கோணம்}}{\text{E இல் 25 ச.மீ. தூரத்திலுள்ள பொருளினால் ஆக்கப்பட்ட கோணம்}},$$

$$= \frac{\text{E இல் A″B″ இனால் ஆக்கப்பட்ட கோணம்}}{\text{E இல் } ab \text{ இனால் ஆக்கப்பட்ட கோணம்}} \quad (\text{இங்கு } ab = AB),$$

$$= \frac{A''B''}{ab}, \quad (\text{அண்ணளவில்}).$$

பரிசோதனை 133.—ஒரு நுணுக்குக்காட்டியை அமைத்தல்—1. நுணுக்குக் காட்டியை, அதன் அச்சுக் கிடைத்தளத்தில் அமையுமாறு ஒளியியற் சட்டத்தில் அமைத்தல் வாய்ப்புடைத்து. இங்கு அச்சு நிலைக்குத்தானது என எடுத்துக்கொள்ளப்படும். பொருளுக்காக, சதுரக் கோட்டுத்தாளின் ஒரு சிறு துண்டினை, அல்லது சிறிய, தெளிவாக அளவிடப்பட்ட மி. மீற்றர் அளவுச் சட்டம் ஒன்றை வாலைத்தாளொன்றின் கிடைத்தளமான அடியில் வைத்துப் பயன்படுத்துக.

2. பொருள் வில்லையாகப் பயன்படுத்தப்படவேண்டிய சிறு குவிய வில்லையின்[1] குவிய நீளத்தை அண்ணளவிற் காண்க. இதனிலும் சிறிது கூடிய தூரத்தில் சதுரக் கோட்டுத்தாளிற்கு மேலே வில்லையை அமைக்க.

3. வில்லைக்கு மேலே கிடைத்தளமான ஒரு சிறிய மேடையை வைக்க. அம்மேடையில் ஒரு வட்டத்துளை இருத்தல் வேண்டும். வில்லையின் அச்சு இத்துவாரத்தின் மையத்திற்கூடாகச் செல்லுமாறு பொருள்களை ஒழுங்கு படுத்துக. சதுரக்கோட்டுத்தாளின் இன்னுமொரு இரண்டாவது துண்டு இம் மேடையில் ஒட்டப்படும்.

4. இம்மேடைக்கு மேலே வாலைத்தாளில் குறுக்குக் கம்பிகள் கொண்டுள்ள ஓர் உலோக வளையத்தை ஒழுங்கு படுத்துக. மேலிருந்து கீழே பார்க்கும் பொழுது, மெய்யான உருப்பெருத்த விம்பம் **A′B′** என்பது தெரியும். குறுக்குக் கம்பிகளின் உயரத்தை, அவற்றிற்கும் விம்பத்தின் கோடுகளுக்குமிடையே இடமாறுதோற்றம் இல்லாதவாறு செம்மைப் படுத்துக. இது இவ்வாறிருக்கும் வகையிலே குறுக்குக் கம்பிகள் பொருட்கண்ணுடி ஆக்கிய விம்பத்தின் கிடைத்தளத்திலேயே இருக்கும்.

5. இப்பொழுது பொருட் கண்ணுடி ஆக்கிய விம்பத்தை உருப்பெருக்கக் கூடிய நிலையிற் பார்வைத் துண்டினை[2] வைக்க.

6. இப்பொழுது பார்வைத் துண்டு ஆக்குகின்ற பொருட் கண்ணுடியின் விம்பம் **கண் வளையம்,** அல்லது **இரஞ்சுதன் (Ramsden) வட்டம்** எனப்படும். இக்கருவிக்குக் குறுக்கே செல்கின்ற ஒளி யாவும் இந்த வட்டத்திற்கூடாகச் செல்லும். கண்ணானது **கண்புள்ளியில்** (இவ்வட்டத்தின் மையத்தில்) இருக்கின்றபொழுது, கண் வில்லையின் புலம் முழுவதும், சதுரக்கோட்டுத் தாளின் உருப்பெருத்த விம்பத்தால் நிரம்பியது போல் தோன்ற வேண்டும். இந்நிலையை ஓர் உலோக வளையத்தாற் குறிக்க.

7. மேடை கண் வளையத்திலிருந்து 25 ச.மீ. தூரத்திலிருக்குமாறு செம்மைப் படுத்துக.

பரிசோதனை 134. ஒரு நுணுக்குக் காட்டியின் உருப்பெருக்கு வலு. வழி I.—முதலாவது தாளின் உருப்பெருக்கிய விம்பத்தை நுணுக்குக்காட்டிக்கூடாக ஒரு கண்ணால் நோக்குகின்ற அந்தப் பொழுதில், மேடை மேலுள்ள சதுரக்கோட்டுத் தாளினை நேராக மற்றக் கண்கொண்டு நோக்குக. (இருகண்களினதும் நோக்குத்திறன் இயல்பானதென எடுத்துக்கொண்டால்) சிறு பயிற்சியின் பின், ஒரே நேரத்தில் இரு விம்பங்களையும் உருப்பெருக்கிய சதுரங்கள் நேராகக் காண்பவற்றில் மேற் படிந்திருக்குமாறு பார்க்க முடியும். இரு விம்பங்களையும் ஒருங்கே காண்பதில் யாதாயினும்

[1] குவிய நீளம் 5 ச.மீ. இற் குறைவாயிருத்தல் வேண்டும். 2 அல்லது 3 ச.மீ. விரும்பத் தக்கது.

[2] கண்வில்லைக்குரிய வில்லையின் குவிய நீளம் 7 ச.மீ. இற் குறைவாகவும் 4 அல்லது 5 ச.மீ. ஆயும் இருத்தல் நலம்.

இடர் உண்டானால், சிறுபொழுது கண்களை மாறிமாறி மூடியும் திறந்தும் விம்பங்களைப் பிரிதுபிரிதாகக் காண முயல்க. இதன் பின்னர் ஒன்றின்மேல் ஒன்று அமைந்த விம்பங்களைப் பெறுவதற்கு இரு கண்களையும் ஒரே நேரத்திற் திறக்க. நுணுக்குக்காட்டி மூலமாகக் கண்ட m பிரிவுகளுக்கு ஒத்தனவான, நேராகப் பார்த்த பிரிவுகள் n ஐக் காண்க. எனவே பெருக்கம் $\frac{n}{m}$ ஆகும். எனெனில் இவ்வகையில் $\frac{A''B''}{ab} = \frac{n}{m}$.

இவ்வாராய்ச்சியிற் கண்ணைக் கண்வளையத்தில் வைத்தல் வேண்டும்.

வழி II.—பொருள் வில்லையானும் கண்வில்லையானும் ஆக்கப்பட்ட உருப்பெருக்கங்கள் M_o, M_e என்பனவற்றை வெவ்வேறுகத் துணிக. ஆங்கு நுணுக்குக் காட்டியின் உருப்பெருக்கு வலு $M = M_o \times M_e$ என ஆகும்.

M_o ஐத் துணியும் வகை—குறுக்குக் கம்பிகளைத் தாங்கி நிற்கும் வளையத்தில் ஒருசிறு துண்டு சதுரக் கோட்டுத் தாளை வைத்து, அதன் பிரிவுகள் எல்லாம் மெய்விம்பம் $A'B'$ என்பதன் பிரிவுகள் வழி அமையுமாறு அமைக்க. விம்பம் $A'B'$ இலுள்ள பிரிவுகள் m' உடன் ஒப்பிடக்கூடிய இச் சிறு துண்டுத்தாளிலுள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை n' என்பதைக் காண்க.

அப்பொழுது, $M_o = \frac{n'}{m'}$.

M_e ஐத் துணியும் வகை.—பார்வைத் துண்டின் உருப்பெருக்கு வலுவை அறிவதற்குக் குறுக்குக் கம்பிகளைத் தாங்கிநிற்கும் வளையத்தில் ஒருசிறு துண்டு சதுரக் கோட்டுத் தாளை வைத்து, அது மெய்விம்பம் $A'B'$ ஐ மறைக்குமாறு அமைக்க. பின்னர் ஒரு கண்ணைக் கண் வளையத்தில் வைத்து இத்துண்டில் உள்ள பிரிவுகளை மேடைமேல் உள்ள சதுரக்கோட்டுத் தாளிலுள்ள பிரிவுகளுடன் மற்றைக் கண் வழியாகப் பார்த்து ஒப்பிடுக. இங்கு கையாளப்படும் முறை ஒரு தனி வில்லையின் உருப்பெருக்கு வலுவைக் கணிப்பதற்குக் கையாளப்படும் அதே முறையேயாகும். இவ்வாறு கண்ட M_e என்பதன் பெறுமானத்தைக் குறித்து,

$$M = M_o \times M_e$$

என்பதைக் கணிக்க.

வழி III.—கணித்தல் முறையாக M_e, M_o என்பவற்றைப் பிரிதுபிரிதாகத் துணிந்தபின், $M = M_o \times M_e$ என்பதைக் கணித்தறிக.

M_o ஐக் கணித்தறிவதற்கு :—

$$M_o = \frac{\text{விம்பம் } A'B' \text{ இன் பருமன்}}{\text{பொருள் } AB \text{ இன் பருமன்}},$$

$$= \frac{O \text{ இலிருந்து விம்பம் } A'B' \text{ உள்ள தூரம்}}{O \text{ இலிருந்து பொருள் உள்ள தூரம்}}.$$

இந்தத் தூரங்களை எல்லாம் அளந்து M_o ஐக் கணித்தறிக. O இலிருந்து பொருள் AB உள்ள தூரம், பொருட்கண்ணுடியின் குவிய நீளத்திற்கு மிக அண்ணிதாயிருப்பதையும் O இலிருந்து விம்பம் $A'B'$ உள்ள தூரம், நுணுக்குக் காட்டிக் குழாயின் நீளமளவு இருப்பதையும் கவனிக்க.

M_e என்பதைக் கணித்தல் :—

கண்வளையம் கண் வில்லைக்கு மிக அண்ணிதாக இருப்பதாக எடுத்துக் கொண்டால், கண் வில்லையின் உருப்பெருக்கு வலு.

$$M_e = 1 - \frac{25}{f}$$

எனுஞ் சூத்திரத்தாற் பெறப்படும்.

இங்கு f, கண் வில்லையின் குவிய நீளத்தின் அட்சரகணிதப் பெறுமானத்தைக் குறிக்கும். f என்பதைக் கண்டு, M_e என்பதைக் கணித்தறிக. பின்னர்,

$$M = M_o \times M_e$$

என்பதைத் துணிக.

கண்வில்லைக்கும் கண் வளையத்திற்கும் இடையிலுள்ள தூரம் சிறிது அன்றெனின் அதை e என்பதாற் குறிக்க. மாயவிம்பம் கண் வளையத்திலிருந்து 25 ச.மீ. தூரத்தில் அமையும்; ஆனால், கண் வில்லையிலிருந்து அன்று. இப்பொழுது உருப்பெருக்கு வலு,

$$M_e = 1 - \frac{25 - e}{f}.$$

e என்பது f இற்கு அண்ணளவிற் சமமாதலின் இது அண்ணளவுச் சூத்திரமாக,

$$M_e = -\frac{25}{f}$$

என்பதைக் கொடுக்கும்.

§ 3. தொலைகாட்டி

தொலைகாட்டியின் அமைப்பும் உருப்பெருக்குவலுவும்

தெறிக்கும் வானவியல் தொலைகாட்டிக்கு இன்றியமையாத பகுதிகளாய் அமைபவை இரு குவிவான வில்லைகளாகும் :

(1) நீண்ட குவியநீளமுள்ள **பொருட்கண்ணுடி**, அல்லது **பொருள் வில்லை**.

(2) சிறு குவிய நீளமுள்ள **பார்வைத்துண்டு**, அல்லது **கண்வில்லை**.

நீண்ட குவிய நீளமுள்ள வில்லையொன்று தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளின் தலைகீழான மெய் விம்பமொன்றை உண்டாக்குகின்றது. வானியல் தொலைகாட்டிக்கு அமைந்ததுபோல், பொருளானது மிகத் தொலைவிலிருந்தால் விம்பமானது வில்லையின் குவியத்தளத்திலேயே ஆகும்.

உரு. 154 இலே, அச்சுக்குச் சமாந்தரமான ஒரு திசையில் தொலை பொருளிலுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து வருகின்ற கதிர்கள், பொருட்கண்ணாடி **O** இன் முதற்குவியம் **F** இற் குவியப்படுத்தப்படுகின்றன. தொலை பொருளுள்ள பிறிதொரு புள்ளியிலிருந்து **AO** இற்குச் சமாந்தரமான ஒரு திசையில் வருகிற ஒரு கற்றைச் சமாந்தரக் கதிர்கள் பொருட்கண்ணாடியின் குவியத்தளத்திலுள்ள ஒரு புள்ளி **A′** இற் குவியப்படுத்தப்படுகின்றன.

இவ்வாறுக ஆன மெய்த்தலைகீழ்விம்பம் கண் வில்லையாற் பெரிதாக்கப் படுகின்றது. இக் கண்வில்லை இம் மெய்விம்பம் உள்ள பக்கத்திலேயே ஒரு மாயவிம்பத்தையும் உண்டாக்குகின்றது.

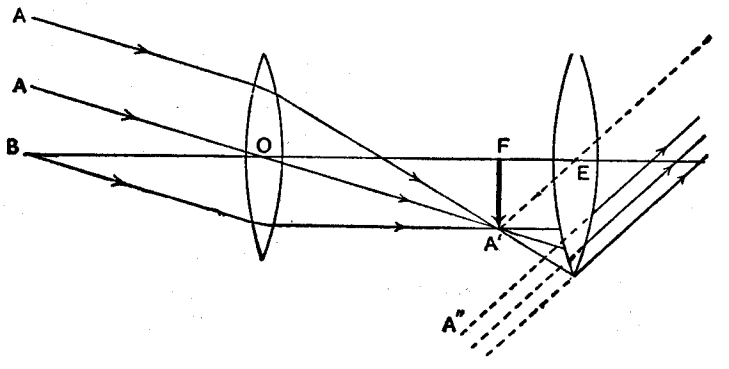
தொலைகாட்டி **இயல்பான நிலையில்** இருக்கின்றபொழுது, கண் வில்லையானது பொருட்கண்ணாடியால் ஆக்கப்பட்ட மெய் விம்பத்திற்குப் பின்னுற் கண் வில்லையின் குவிய நீளமளவு தூரத்தில் வைக்கப்படும். இதனால், கண் பார்வைத் துண்டிலிருந்து வெளிப்படுகின்ற கதிர்கள் சமாந்தரமான வையாயிருக்கும். இதனால் ஆக்கப்படுகின்ற மாயவிம்பமும் கண்ணிலிருந்து முடிவில் தூரத்தில் ஆக்கப்படும். இச்சமாந்தரக் கதிர்களின் திசை, **A′** ஐக் கண் வில்லையின் மையமான **E** உடன் இணைப்பதாற் பெறப்படும்.

தொலைக்காட்சிக்கு அமைவுபட்ட கண்ணைக் கண்வில்லைக்குப்பின்னால் வைத்தாற் சமாந்தரக் கதிர்கள் விழித்திரையில் குவிந்து பெரிதான விம்பமொன்று தோன்றும்.

ஓர் ஒளியியற் கருவியின் **உருப்பெருக்கு வலு, பொருளினூற் கண்ணில் எதிரமைக்கப்பட்ட கோணத்திற்கு விம்பத்தினூற் கண்ணில் எதிரமைக்கப் பட்ட கோணம் கொண்டுள்ள விகிதம்** என வரையறுக்கப்படும்.

இவ்வரைவிலக்கணத்தை நிறைவாக்குவதற்கு, பொருளினதும் விம்பத்தினதும் செம்மையான நிலைகளைக் குறித்தல் அவசியம். ஒரு நுணுக்குக் காட்டியைப் பற்றி, அல்லது உருப்பெருக்குக் கண்ணாடியைப்பற்றி நாம் ஆராயுமிடத்து, ஒப்பிட்டுப்பார்க்கு முகமாகத் தெளிவுப் பார்வையினிழிவுத் தூரத்தில், அதாவது, கண்ணிலிருந்து 25 ச.மீ. தூரத்தில், விம்பமும் பொருளும் வைக்கப்படல் வேண்டும் எனக் கொள்ளுதல் பொது வழக்க மாகும்.

வானியல் தொலைகாட்டியைப் பற்றி நாம் ஆராய்கின்றபொழுது இவ்வாறு எடுத்துக்கொள்ளல் பொருந்தாதது ஒன்று. இதற்குப் பதிலாகப் பொருளும் விம்பமும் கண்ணிலிருந்து முடிவில் தூரத்திலுள்ளன எனக் கொள்ளல் வேண்டும்.



உரு. 154. இயல்பான நிலையிலுள்ள தொலைகாட்டி

இவ்வாறுக, இயல்பான செம்மைச் செய்கையிலுள்ள ஒரு தொலை காட்டிக்குரிய உருப்பெருக்கு வலு

$$= \frac{\text{விம்பத்தினுல் எதிரமைத்த கோணம்}}{\text{பொருளினுல் எதிரமைத்த கோணம்}},$$

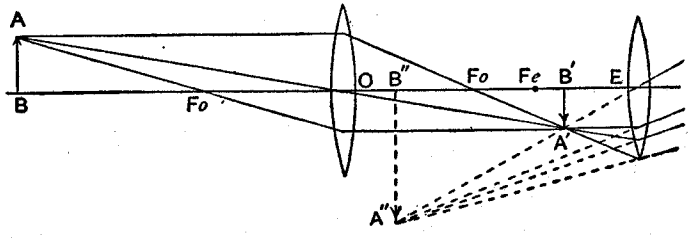
$$= \frac{\mathbf{A'EB}}{\mathbf{AOB}} = \frac{\mathbf{A'EF}}{\mathbf{A'OF}},$$

$$= \frac{\mathbf{A'F/EF}}{\mathbf{A'F/OF}}$$ (வட்டஅளவு, சிறுகோணத்தின் தாஞ்சனுக்குச்சமமெனக் கொண்டு பெறப்படும்),

$$= \frac{\text{பொருட்கண்ணாடியின் குவியநீளம்}}{\text{கண்வில்லையின் குவிய நீளம்}},$$

எளிய தொலைகாட்டி பெரும்பாலும் மிகத்தொலைவிலுள்ள, ஆயினும் முடிவில் அல்லாத தூரத்திலுள்ள தரைப்பொருட்களைப் பார்ப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும். இவ்வாறான வகையில் தொலைகாட்டி இயல்பான செம்மைச்செய்கையில் இருக்காது. அன்றியும் இறுதி விம்பம் பார்ப்போனுக்கு வாய்ப்பான ஒரு தொலைவில் அமைக்கப்படலாம். எனவே, பொருள் பார்ப்போன் கண்ணிலிருந்து எவ்வளவு தூரத்திலிருக்கின்றதோ அவ்வளவு தூரத்தில் இறுதி

விம்பமுமமையுமாறு, கண் வில்லையைச் செம்மைப்படுத்தலாம். இன்றேல் இறுதி விம்பமானது தெளிவுப் பார்வையினிழிவுத்தூரத்தில் அமையுமாறும் செம்மைப்படுத்தலாம்.



உரு. 155. இயல்பான நிலையில் இல்லாத தொலைகாட்டி

இப்பொழுது உருப்பெருக்கு வலுவைப் பின்வருமாறு காணலாம் :—

$$\text{உருப்பெருக்கு வலு} = \frac{\text{விம்பம் எதிரமைக்கும் கோணம்}}{\text{பொருள் எதிரமைக்கும் கோணம்}}$$

$$= \frac{\text{A''E B''}}{\text{AOB}} = \frac{\text{A'EB'}}{\text{A'OB'}},$$

$$= \frac{\text{OB'}}{\text{EB'}}, \text{ அண்ணளவில்.}$$

இவ்வாறுக, உருப்பெருக்கு வலு,

$$= \frac{\text{பொருட் கண்ணுடியிலிருந்து மெய்விம்பமுள்ள தூரம்}}{\text{கண்வில்லையிலிருந்து மெய்விம்பமுள்ள தூரம்}}$$

எனவாகும்.

தொலைகாட்டி இயல்பான நிலையில் இருந்தாலும் இல்லாவிட்டாலும், கண்ணிலிருந்து இறுதிமாய விம்பம் என்ன தொலைவிலிருந்தாலும் இக்கோவை பயனுடைத்தாகும்.

பரிசோதனை 135.—எளிய ஒரு தொலைகாட்டியை அமைக்கும் முறை.— நல்லதொரு தூரத்தில் அளவிடப்பட்ட அளவுகோலொன்றைப் பொருளாகப் பயன்படும்படி அமைக்க. அளவுகோல் இல்லாவிடின் செங்கட்டிச் சுவரொன்று ஆய்வுகள் நடத்துவதற்கு வாய்த்த ஒரு பொருளாக அமையும். இரு குவிவான வில்லைகளைத் தேர்ந்தெடுக்க. அவற்றுள் ஒன்று இயன்ற அளவில் நீண்ட குவிய நீளத்தைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். மற்றையதும் அவ்வாறே குறைந்த குவிய நீளத்தைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். நீண்ட குவிய நீளவில்லையைத் தொலைவிலுள்ள அளவுகோலினது மெய்விம்பத்தை ஆக்குவதற்கு ஏற்ற முறையிற் பொருட் கண்ணுடியாக அமைக்க. அதற்குப் பின்புறமாகப் போதிய தூரத்திற் கண்ணை வைத்து இம்மெய்விம்பத்தைக் காணலாம். அளவுகோலிலுள்ள பிரிவுகளுள் ஒன்றினது மெய்விம்பத்தோடு நிலையிற் பொருந்துமாறு ஓர் ஊசியை அமைக்க. ஊசிக்கும் விம்பத்திற்கும் இடமாறுதோற்றம் இல்லாத விடத்து இது இவ்வாறுகும்.

மெய்விம்பத்தை உருப்பெருக்கி, அளவு கோலின் பிரிவுகள் தெளிவாகப் புலப்படுமாறு குறைவான குவிய நீளவில்லையை ஒரு பார்வைத் துண்டாக அமைக்க.

பரிசோதனை 136. தொலைகாட்டியின் உருப்பெருக்கு வலு.— ஒரு கண்ணுல் தொலைகாட்டிக்கூடாக நோக்குக. மற்றையதால் அளவுகோலை நேராக நோக்குக. இவ்வாறுக ஒரே நேரத்தில் இரு கண்களும் தனித்தனி இயல்புடன் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இது ஆரம்பத்தில் இடரை அளிக்கும். இவ்விடரை, இரு கண்களுக்கும் "**ஏற்றஅமைவு**" ஒன்றுய் ஏற்படுமாறு கண் வில்லையை ஒழுங்கு படுத்துவதால் நீக்கலாம். இப்பொழுது அளவுத்திட்டம் பார்ப்போனிலிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் உள்ளதோ, அவ்வளவு தூரத்தில் இறுதி மாயவிம்பம் தோன்றும். கண்வில்லையை நகர்த்தித் தொலைகாட்டியைக் குவியப் படுத்துக. இவ்வாறு செய்யும் பொழுது, அளவுகோல் உள்ள தூரத்திலேயே விம்பம் உள்ளது என்று மனத்தில் கொண்டே செய்தல் வேண்டும். செம்மைப்படுத்தியது திருத்தமாக அமைந்து, இரு கண்களும் பயன்படுத்தப்பட்டனவாயின் தலையைச்சிறிது அசைப்பதால் இரு விம்பங்களும் அதற்கேற்றவாறு நகரா.

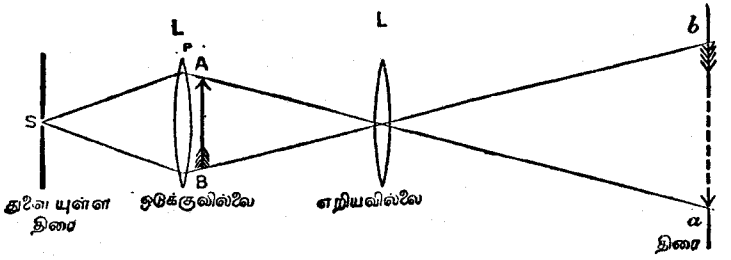
தொலைகாட்டிக்கு ஊடாகப் புலப்படுகின்ற குறித்த ஒரு தொகை m அளவு பிரிவுகளில் கவனம் வைக்க. அவற்றுடொத்த நேராகப் புலப்படும் தொகை n ஐக் குறிக்க. அப்பொழுது உருப்பெருக்கு வலு $= \frac{n}{m}$.

இதைப் பொருட் கண்ணுடியிலிருந்து ஊசி கொண்டுள்ள தூரத்தை அளந்து கண்வில்லையிலிருந்து ஊசிக்குள்ள தூரத்தாற் பிரித்து வாய்ப்புப் பார்க்க.

இரு வில்லைகளின் குவிய நீளங்களையும் துணிந்து கண் வில்லையினது குவிய நீளத்திற்குப் பொருட் கண்ணுடியின் குவிய நீளம் கொண்டுள்ள விகிதத்தைக் கணித்தறிக. இது இயல்பான நிலையிலுள்ள தொலைகாட்டியினது உருப்பெருக்கு வலுவின் பெறுமானத்தை அளிக்கின்றது.

§ 4. ஒளியியற் கண்ணுடி விளக்கு

ஒரு பொருளின் உருப்பெருத்த விம்பத்தைத் தொலைவிலுள்ள திரை யொன்றில் எறிவதற்கு **ஒளியியற் கண்ணுடி விளக்கு** பயன்படுத்தப்படு கின்றது ; பெரும்பாலும் இப்பொருள் ஒளிப்பட ஊடுகாட்டி (**Transparency**)



உரு. 156. ஒளியியற் கண்ணுடி விளக்கின் அமைப்பினைக் காட்டும் படம்

யாயிருக்கும். இது இரு வில்லைகளையோ, இரு வில்லைத் தொகுதிகளையோ உடையதாயிருக்கும். இது **எறிய வில்லை** (அல்லது **பொருள் வில்லை**) என்பதையும் **ஒடுக்கியையும்** கொண்டதாய் இருக்கும். இவற்றுள் முன் னையது, அதன் முதற்குவியத்திற்குச் சிறிது அப்பாலுள்ள ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்ட ஒரு பொருள் **AB** இனது உருப்பெருத்த மெய்விம்பம் ***ab*** இனை அளிக்கின்ற ஒரு திருத்தப்பட்ட நிறம் தராத தொகுதியாகும். பின்னையது (ஒடுக்கி), இரு தளகுவிவுள்ள வில்லைகள் அடுத்தடுத்து வைத்து ஒன்றுசேர்க்கப்பட்ட ஒருங்குகின்ற தொகுதியாக அமைந்ததாகும். எறிய வில்லையின் மையத்திற்கூடாக இயன்ற அளவு கூடிய ஒளி புகவிடும் வண்ணம், முதலிலிருந்து வருகிற விரி கதிர்களை மையப்படுத்துவதே ஒடுக்கியின் இலக்காகும். இது விம்பம் திரிவு படுவதை இயன்ற அளவிற் தடுக்கவும் மிகப் பரந்த மண்டலத்தை அளிக்கவும் காரணமாகின்றது.

எறிய வில்லையாலாக்கப்பட்ட **நேர்கோட்டு உருப்பெருக்கம்**, விம்பத்தினது நேர்கோட்டு அளவுகள் பொருளின் ஒத்த நேர்கோட்டு அளவுகளுக்குக் கொண்டுள்ள விகிதமாகும். விகிதம் நேரான விம்பத்திற்கு நேரான தென்றும், தலைகீழான விம்பத்திற்கு எதிரானதென்றும் கொள்ளப்படு கிறது. நேர்கோட்டு உருப்பெருக்கம் m இற்குரிய பொதுச் சூத்திரம்,

$$m = \frac{v}{u} \quad \text{என்பதாகும்.}$$

எனெனில், பொருளின் நீளத்திற்கு விம்பத்தின் நீளம் கொண்ட விகிதம், வில்லையிலிருந்து பொருள் உள்ள தூரம் u இற்கு வில்லையி லிருந்து விம்பமுள்ள தூரம் v கொண்டுள்ள விகிதத்திற்குச் சமமாத லால் என்க.

ஆனால், $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$. இது, குவியநீளம் f ஐ உடைய ஒரு வில்லைக்காகும்.

எனவே, $1 - \frac{v}{u} = \frac{v}{f}$ அல்லது $1 - m = \frac{v}{f}$.

இவ்வாறுகக் குவிய நீளம் $f = \frac{v}{1-m}$ ஆகும்.

பரிசோதனை 137.—ஓர் ஒளியியற் கண்ணுடி விளக்கை அமைக்கும் வழி.— ஓர் ஒளியியற் கண்ணுடி விளக்கின் செயலை எடுத்துக்காட்டுவதற்குப் பெரிய துவாரமுள்ள இரு வில்லைகளைத் தேர்ந்தெடுக்க. ஒன்று 25 ச.மீ. குவிய நீளமுடையதாக இருத்தல் வேண்டும். மற்றையது 15 ச.மீ. கொண்டதாயிருத்தல் வேண்டும். சிறு அளவுடைய ஒளிமுதலொன்று தேவைப்படும். ஓர் உலோகத் திரையில் 0·5 ச.மீ. விட்டம் கொண்ட ஒரு துளைக்குப் பின்னால் ஒரு மெழுகு திரியையோ, ஒரு வெளிச்சத்தையோ வைத்து இவ்வொளி முதலைப்பெற்றுக்கொள்ளலாம். ஓர் உலோக அம் பினை, அல்லது கண்ணுடியில் அளவு கோடிடப்பட்ட ஓரளவுகோலைப் பொருளாகப் பயன்படுத்தலாம். எறிய வில்லையாக நீண்ட குவிய நீளமுடைய வில்லையைப் பயன்படுத்தித் தொலைவிலுள்ள திரையிலே உருப்பெருத்த விம்பம் ஒன்றைப் பெற முயன்றால் விம்பமானது மங்கியதாக இருப் பதைக் காணலாம். அன்றியும் நடுப்பகுதிகளே தோன்றுவதையும் காணலாம். இப்பொழுது குறைவான குவிய நீளமுடைய வில்லையைப் பொருளுக்குப் பின்னால் வைத்து, துளைகொண்ட திரையினை அத்துளையின் விம்பம் எறிய வில்லை கொண்டிருக்கும் இடத்திலேயே ஆகுமாறு செம்மைப் படுத்துக. இது ஒடுக்கியை அல்லது குறைகுவிய வில்லையைப் பற்றிய விடத்து, துவாரமும் எறிய வில்லையும் இணைக்குவியம் கொண்டுள்ளன என்பதைக் காட்டுகின்றது. உதாரணமாக, துளைக்கும் எறியவில்லைக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் மிகக் குறைவாயிருக்குமாறும் ஒடுக்கியின் குவிய நீளத்தினும் நான்கு மடங்கிற்குச் சமமாயிருக்குமாறும் இக் கருவியைச் செம்மைப் படுத்தலாம் (பக்கம் 336). இவ்வகையிலே இணைக்குவியங்கள் வில்லையின் **சமச்சீர்ப்புள்ளிகள்** எனப்படும்.

பொருளானது ஒடுக்கிக்குச் சற்று முன்னிருந்தால், திரையிலுள்ள விம் பம் இப்பொழுது ஒருதன்மைத்தாய் ஒளிப்படுத்தப்படுவதாயிருக்கும். இத னால், பொருளின் (இது ஒடுக்கியின் துவாரத்திலும் சிறியதானதென எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது) எல்லாப் பகுதிகளும் திரையிற் படுதல் வேண்டும் துளைகொண்ட திரையின் நிலையை நகர்த்துவதால் என்ன விளையும் என ஆராய்க. ஆராயுங்கால், ஒருதன்மைத்தான ஒளிப்படுக்கையைத் தரும் நிலையொன்றேயொன்றுள்ளது என்பதைக் கவனிக்க.

பரிசோதனை 138. எறியவில்லையின் குவிய நீளத்தைத் துணிதலும் அதன் உருப்பெருக்கு வலுவைக் காணலும்.—பொருளிலே தெளிவாக அமைந்த இரு புள்ளிகளுக்கிடையுள்ள தூரத்தை அளக்க. அவற்றோடு ஒத்த விம்பப் புள்ளிகளுக்கிடையிலுள்ள தூரத்தையும் அளக்க. நேர் கோட்டு உருப்பெருக்கத்தைக்கணிக்க. இங்கு விம்பம் தலைகீழானது ஆதலின் அது எதிரானதெனக் கொள்ளப்படும்.

வில்லையிலிருந்து திரையின் தூரத்தை அளந்து, குவிய நீளம் f ஐச் சூத்திரம்,

$$f = \frac{v}{1-m}$$

என்பதாற் கணித்தறிக ; v, m என்பவைக்கு உரிய குறிகளைக் **கொடுக்க** மறக்கவேண்டாம்.

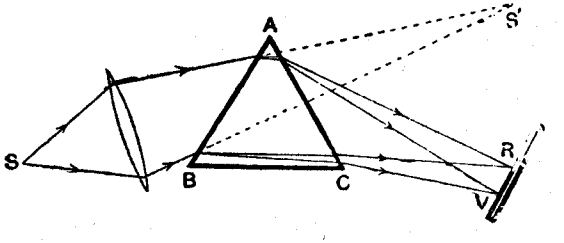
அதிகாரம் VII

நிறமாலையும் நிறமாலைமானியும்

§1. நிறமாலை உண்டாகும் விதம்

சேர் ஐசக்கு நியூற்றனின் (Sir Isaac Newton) புகழ் பெற்ற பரிசோதனையில் நடந்தவாறு, வெள்ளொளியானது ஓர் அரியத்தினூடாகச் செலுத்தப்படின், ஒளி பிரிக்கப்பட்டு **நிறமாலை** எனப்படும் ஒரு வண்ணப்பட்டை தோன்றும். வெவ்வேறு வண்ணத்தாலாய விம்பங்கள் ஒன்று மற்றொன்றுடன் சேராது, கலப்பில்லாத தூய நிறமாலையொன்றைப் பெறுவதற்கு, **மிக ஒடுங்கிய பிளவு** ஒன்றைப் பயன்படுத்தி, அரியமானது இழிவுவிலகல் நிலையிலிருக்கின்றபொழுது சமாந்தரக் கதிர்களை அதற்கூடாகப் புகவிடுதல் இன்றியமையாததோர் ஒழுங்காகும்.

பரிசோதனை 139.—**ஒரு திரையில் நிறமாலையை எறிதல்.**—சுண்ண வெள்ளொளி அல்லது மின்வில் ஒன்றைப் போன்ற சத்தி வாய்ந்த வெள்ளொளி முதல் ஒன்று இங்கு வேண்டியதாகும். எனினும் இருள் நிறைந்த ஓர்



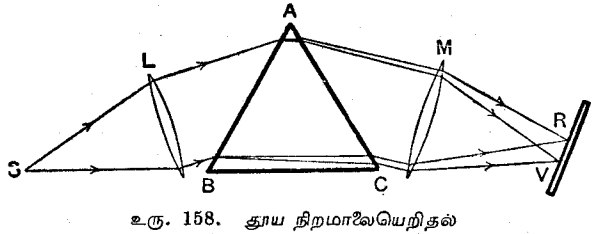
உரு. 157. நிறமாலை ஒன்றை எறிதல்

அறையிலே எண்ணெய் விளக்கை அல்லது வாயுவிளக்கைப் பயன்படுத்தலாம். ஒளி **ஒடுக்கியாகப்** பயன்படுத்தப்பட்ட ஒருங்கு வில்லையால் அல்லது குவிவில்லையொன்றால், உலோகத் தகடொன்றிலே நீலைக்குத்தாகவுள்ள ஒடுங்கிய பிளவு ஒன்றிற்கு, ஒளிமுதலிலிருந்து வரும் ஒளிக் கதிர்களைக் குவியச் செய்தல்வேண்டும்.

உலோகப் பிளவின் மற்றப் பக்கத்திலே இரண்டாவதொரு குவி வில்லையொன்று வைத்து, வெண் திரையொன்றிலே அப்பிளவின் தெள்ளிய விம்பமொன்று விழுமாறு செம்மைப்படுத்தல் வேண்டும். இப்பொழுது வில்லையிலிருந்து வெளிப்படுகின்ற ஒளியின் பாதையிலே அரியமானது அதன் முறிவோரம் (அல்லதுமுனை) நீலைக்குத்தாக அமையுமாறு வைக்

கப்படும். வெளிப்படு கதிர்களின் பாதையிலே வெள்ளைநிறத்தா ளொன்றை வைத்தால் நிறப்பட்டையொன்று அதில் தோன்றக் காணலாம். பொதுவாக இந்நிறப்பட்டை திரைமேல் விழுமாறு திரையானது, அது இருந்த நிலையிலிருந்தும் சிறிது நகர்த்தப்படல் வேண்டும். அரியத்தை ஒரு நிலைக்குத்தச்சு பற்றிச் சுழற்றி, அதன் நிறவிம்பமானது முதலி லிருந்த விலகா விம்பத்தினின்றும் விலகி நகர்கின்றதா, அல்லது விம் பத்தை நோக்கி நகர்கின்றதா என்பதைக் குறிக்க. விலகா விம்பத்திற்கு இயன்ற அளவு கிட்டியதாக நிறமாலை அமையுமாறு இழிவுவிலகல் நிலையொன்றை விம்பம் அடையும் வரை அரியத்தைச் சுழற்றுக. சில வேளைகளில் இழிவு விலகல் நிலையைக் கண்டறிந்தபின்னர், பிளவின் விம்பத்தை மீண்டும் திரையிலே குவியச்செய்தல் அவசியமாயிருக்கும். இதைச் செய்வதற்கு, வில்லையிலிருந்து வெளிப்படுகின்ற ஒளியின் பாதை யிலே ஒருசிறுதுண்டு தளவாடியை வைத்து நிறமாலைக்கு நெருங்கியதாகத் திரையிலே பிளவின் வெண் விம்பம் ஒன்று ஆகும் வரைக்கும் ஆடியைச் சுழற்றிப் பின்னர், இவ்விம்பம் கூர்க்குவிவொடு தோன்றுமாறு வில்லையை நகர்த்துவதனால் இதைச் செய்யலாம். இவ்வாருன வழியிலே, திரைமேல் ஒளவிற்குத் தூய நிறமாலையொன்றை எறியலாம்.

அரியத்திற்கூடாகச் செல்கின்ற கதிர்கள் ஒருங்கும் கற்றைக்குரியதாதலால், ஆக்கப்பட்ட நிறமாலை உண்மையிலே தூயதன்று. அரியத்திற்கூடாகச் செல் கின்றபொழுது ஒரே நிறக் கதிர்கள் சமாந்தரமாயிருத்தல் வேண்டுமென்ற நிபந்தனைக்கு இயைதல்வேண்டுமெனின், பிளவுக்கும் வில்லைக்குமிடையி லுள்ள தூரம் வில்லையின் குவிய நீளத்திற்குச் சமமாயிருத்தல் வேண் டும். அரியத்திலிருந்து வெளிப்படுகின்ற கற்றையை ஏற்பதற்கமைந்த கண் ணானது அப்பொழுது மாத்திரம், தூயநிறமாலையொன்றைக் காணும். தூய நிறமாலையைத் திரையில் எறிவதற்கு, இரண்டாம் குவிவில்லையொன்றை, திரையிலிருந்து அது உள்ள தூரம் அதனுடைய குவிய நீளத்திற்குச் சம னாகுமாறு, ஒளியின் பாதையில் வைத்தல் வேண்டும்.

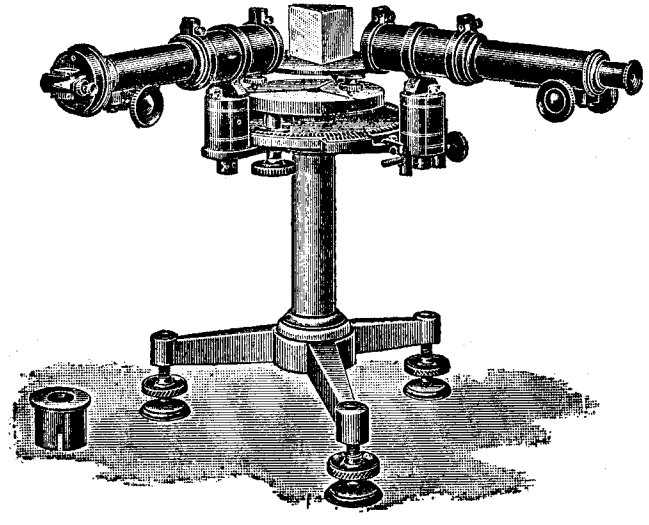


உரு. 158. தூய நிறமாலையெறிதல்

இவ்வாறு தூய நிறமாலையை எறியும் ஒழுங்கானது, சில வேளைகளில் திரையின் இடத்திலே ஓர் ஒளிப்படத் தகட்டை வைத்து, நிறமாலையை ஒளிப்படம் பிடிப்பதுபோன்ற தேவைகளுக்குப் பயன்படுவதாகும். நிற மாலைமானியை அமைப்பதிலும் இவ்விதி பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

§ 2. நிறமாலைமானி

நிறமாலைகாட்டி என்பது ஒளிக்கதிர்களை ஒரு நிறமாலை அமைக்கும் வண்ணம் பிரிப்பதற்கும் அவ்வாறமைந்த நிறமாலையை அவதானிப்பதற் கும் உள்ள ஒரு கருவி.



உரு. 159. நிறமாலை மானி

நிறமாலைமானி என்பது மேற்கூறிய கருவியைப் போன்றதாய், பிரிந்த கதிர்களின் விலகல்களை அளப்பதற்கு ஏற்ற ஒழுங்குகள் உடையதாய் உள்ளது.

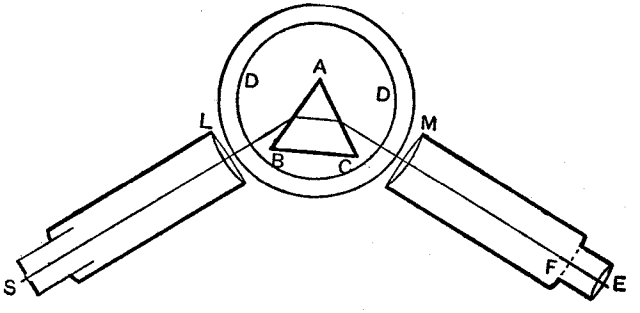
இத்தகைய ஒரு கருவியின் முக்கிய பகுதிகள் பின்வருமாறு :—

(1) **நேர்வரிசையாக்கி :** இது சமாந்தரக் கதிர்க் கற்றையொன்றைப் பெறுவதற்குரிய ஓர் ஆய்கருவி.

(2) **அரியம்** (அல்லது கோணல் அளியடைப்பு) : இது சுழலும் மேசை ஒன்றின் மீது வைக்கப்பட்டது ; இது கதிர்களைப் பிரிய வைப்ப தற்குரிய ஓர் ஆய் கருவியாகும்.

(3) **தொலைகாட்டி :** இது நிறமாலையை நோக்குவதற்குரியதாகும்.

அரியம், தொலைகாட்டி ஆகியவற்றின் நிலைகளைத் திருத்தமாகத் துணி வதற்காக நிறமாலைமானியுடன் அளவுகோடிடப்பட்டதும் வேணியர்கள்



உரு. 160. நிறமாலைமானியின் அமைப்பு

இணைக்கப்பட்டதுமான வட்டங்களிருக்கும். உரு. 159 உம் 160 உம் இக்கருவியின் முக்கிய பகுதிகளைக் காட்டுகின்றன.

நேர்வரிசையாக்கி என்பது, ஒருமுனையிற் செம்மைப் படுத்தக்கூடிய ஒடுங்கிய ஒரு பிளவு S ஐயும் மற்ற முனையில் நிறம் தராத குவிவான வில்லை L ஐயும் கொண்டுள்ளது. ஆயப்படுவதற்கான நிறமாலை தரும் ஒளியால் பிளவு ஒளியிடப்படும். இவ்வகையான சகல அலுவல்களுக்கும் சோடியத்தின் ஓர் உப்புச் செறிந்த, சிறப்பியல்புடைய மஞ்சள் வண்ணம் கொண்ட சுடர் வாய்ப்புடைய ஒளி முதலாகும். ஏனெனில், இவ்வொளி யானது அண்ணளவில் ஒரே நிறங்கொண்டதாகும். பிளவானது வில்லை யின் குவியத்திலிருக்கக் கூடியதாயும், வில்லையிலிருந்து ஒளி ஒரு சமாந்தரக் கற்றையாக வெளிப்படக் கூடியதாயும் பிளவுக்கும் வில்லைக்கு மிடையிலுள்ள தூரத்தைச் செம்மைப்படுத்தலாம்.

அரியம். ABC ஆனது நிலைக்குத்தான ஓர் அச்சு பற்றிச் சுழலக்கூடிய தோர் வட்டமேசை D இன்மீது இருக்கும். இம்மேசையை வேண்டிய நிலையில் இறுகப்பிடித்துக்கொள்ளக் கூடியதாக இதனுடன் ஒரு பிடிகருவி இணைக்கப் பட்டிருக்கும். சிலவேளைகளில், அதற்கு ஒரு மெல்லசைவைக் கொடுப்பதற் காக பக்கத்திருகாணியொன்று இதனோடு பொருத்தப் பட்டிருக்கும்.

அரியத்திலிருந்து வெளிக்கிளர்கின்ற சமாந்தர ஒளிக்கதிர்கள் வில்லை M இல் விழுந்து அதனால் வில்லையின் முதற்குவியம் F இல் குவியப்பண்ணப் படுகின்றன. இவ்வண்ணம் பிளவின் மெய்விம்பமானது குவியத் தளத் தில் உண்டாகிறது. பிறிதொரு வில்லை E (அல்லது கூட்டுப்பார்வை வில்லை) இம் மெய்விம்பத்தின் உருப்பெருத்த மாயவிம்பமொன்றைப் பெறுவதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. குழாயொன்றில் ஏற்றிவைக்கப் பட்ட இரு வில்லைகள் M உம் E உம் சேர்ந்து ஒரு **தொலைகாட்டி**யாகத்

தொழிற்படுகின்றன. அரியத்தின் மேசையைப் போல இத்தொலைகாட்டியை யும் அதே நிலைக்குத்தச்சு பற்றிச் சுழற்றலாம்; இன்னும் இம் மேசைக் குள்ளது போலவே இத்தொலை காட்டிக்கும், ஒரு பிடிகருவியும் பக்கத் திருகாணியும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

உரு. 5 இற் காட்டியது போன்ற வேணியரைக்கொண்ட கோண அளவுத் திட்டம் ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்துவதில் கவனம் செலுத்தல் வேண்டும். கொடுக்கப்பட்ட வேணியரைக் கொண்டு எவ்வளவு சிறியகோணத்தை அளக்கலாம் என்பதை அவதானித்துக் கொள்ளல் வேண்டும். பிடி கருவியைத் தளர்த்துமுன் எல்லா அளவீடுகளும் சரியா என்பதை அவதானித்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 140. நிறமாலைமானியைச் செப்பஞ்செய்யும்முறை.— நிற மாலையைச் செவ்வனே செப்பஞ்செய்தல் மிக்க அவதானத்துடன் செய்யப்பட வேண்டிய ஓர் அலுவலாகும். பொறியியல் சம்பந்தமான செப்பங்கள் யாவும் கருவி செய்வோரால் செய்யப்பட்டன எனக் கொண்டு ஒளியியல் சம்பந்தமான திருத்தங்களை மட்டும் இங்கு விவரிப்போம்.

தொலைகாட்டி.—தொலைகாட்டியின் பார்வை வில்லையானது மண்டலவில் லையிலிருந்து குறித்த ஒரு சிறு தூரத்தில் வைக்கப்பட்ட ஒரு பொருளினது உருப்பெருத்த விம்பத்தைப் பெறுவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும். இது, தொலைகாட்டியின் குழாய்க்குள் உள்ளும் வெளியுமாக நகரக்கூடிய முறை யில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒளிகொண்ட சுவர் போன்ற ஓர் ஒருதன்மைத் தாய ஒளிபெற்ற மேற்பரப்பை நோக்கித் தொலைகாட்டியைத் திருப்பிக் குழா யிற் பதிக்கப்பட்ட குறுக்குக் கம்பிகளோ சிலந்திநூற்கோடோ தெளிவாகத் தோன்றும் வரை பார்வை வில்லையைக் குழாய்வழியே முன்னும் பின்னு மாக நகர்த்துக. **பார்வைவில்லை**யானது இப்பொழுது **குறுக்குக் கம்பிகளில் குவியம் கொண்டுள்ள**தெனப்படும். ஆயினும், கண்ணில் உள்ள இயல்பான தன்னமைவின் காரணமாக இச்செப்பஞ் செய்கையில் ஒரு குறித்த அளவு அமைவுச் சுதந்திரம் உண்டு. அடுத்து **சமாந்தரமாகக் கதிர்களை ஏற்பதற்குத் தகுந்தவாறு தொலைகாட்டியைச் செம்மைப்படுத்தல்** அவசியமானது. அதா வது, குறுக்குக் கம்பியிலிருந்து பொருட்கண்ணாடியின் தூரத்தை அவ் வில்லையின் குவியநீளத்திற்குச் சமமாக்குதல் வேண்டும். இச்செப்பஞ் செய்தலைச் செய்வதற்கு இலகுவானவழி, தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளில் தொலைகாட்டியைக் குவியச் செய்வதாகும்.

இச்செப்பஞ்செய்தலைச் செய்தபின், தொலைகாட்டிவழி நோக்குவோன் ஒருவன் கண்ணின் தனி அமைவை வேறுபடுத்தாது தொலைவிலுள்ள பொருளையும் குறுக்குக் கம்பிகளையும் தெளிவாகக் காணக் கூடியதாக இருக்கவேண்டும். செம்மைப்படுத்தலைத் திருத்தமாகச் சரிபிழை பார்ப் பதற்கு இடமாறு தோற்றமின்மை வழியைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும். அதாவது, **பார்வை வில்லையின் பின்னுற்** கண்ணைப் பக்கத்திற்குப் பக்கமாக

நகர்த்தி சிலந்திநூற் கோட்டுக்கும் தொலைபொருளுக்கும் இடையே சார் இயக்கம் யாதும் உண்டா என்று குறித்துக்கொள்ளல் வேண்டும். இத்தகைய இயக்கம் ஒன்றுங் காணப்படாவிடின் செப்பப்படுத்தியது திருத்தமானதெனக் கொள்ளப்படும்.

நேர்வரிசையாக்கி.—சோடியம் சுடர் ஒன்றை அதனுடைய ஒளிமிகு பகுதி நேர்வரிசையாக்கியின் பிளவுக்கெதிராக அமையுமாறு வைத்தபின் (பக்கம் 356) தொலைகாட்டியை, அதன் குழாய்களின் அச்சுகள் ஒரே நேர்கோட்டில் அமையுமாறு திருப்புக.

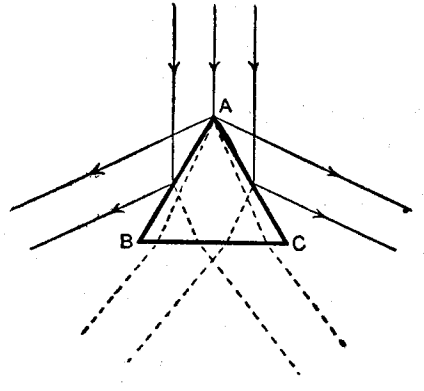
தொலைகாட்டிக்கூடாக நோக்குகின்றபொழுது பிளவுக்கூடாகச் செல்கின்ற மஞ்சள் ஒளி தெரிதல் வேண்டும். ஆனால் பெரும்பாலும் பிளவின் விம்பம் நன்கு வரைபடாதிருக்கும். இப்பொழுது, வில்லைக்கும் பிளவுக்கும் இடையிலுள்ள தூரத்தை மாற்றிப் பிளவினுடைய விம்பமானது தெளிவான வரையறுத்த விளிம்புகளுடன் தோற்றக்கூடிய விதத்தில் நேர்வரிசையாக்கியைக் குவியப்படுத்துக.

செப்பஞ்செய்தது சரியாயின் பிளவின் விளிம்புகளுக்கும் குறுக்குக் கம்பிகளுக்குமிடையே இடமாறுதோற்றம் இல்லாமலிருக்கும். சமாந்தர ஒளியை ஏற்பதற்காகத் தொலைகாட்டியானது செப்பஞ்செய்யப்பட்டதாதலால் நேர்வரிசையாக்கியானது இப்பொழுது பிளவிலிருந்தும் சமாந்தர ஒளியையே அளிக்கும்.

பரிசோதனை 141. நிறமாலைமானியின் அரியத்தினது கோணத்தை அளத்தல்.—நேர்வரிசையாக்கிக்கூடாகத் தாராளமாக ஒளி செல்லுமாறு பிளவினைச் சிறிது அகலமாக்குக. இப்பொழுது நிறமாலைமானியின் மேசை மீது அரியத்தை வைக்க. அளக்கப்படவேண்டிய அதனுடைய கோணம் நேர்வரிசையாக்கியினது வில்லையை நோக்கியவாறிருத்தல் வேண்டும். இவ் வில்லையிலிருந்து வரும் சமாந்தரக் கதிர்கள் அரியத்தின் அளக்கப்பட வேண்டிய கோணத்தைக் கொண்டுள்ள முகங்களான AB, AC என் பவற்றில் விழும். அங்கு தொடர் கோடுகளால் காட்டப்பட்டவாறு ஒவ் வொரு முகத்திலும் வீழ்ந்த ஒளிப் பகுதியின் ஒருபாகம் தெறிக்கப்படும்; இவ்வாறு தெறிக்கப்பட்ட இரு கற்றைகளுக்குமிடையிலுள்ள கோணம் அரியத்தினது கோணத்தின் இரு மடங்கு என்பதை இலகுவில் நிறுவலாம். நேர்வரிசையாக்கியினது அச்சின் கிடைத்தளவழியே கண்ணை நகர்த்தி அரியத்தின் ஒருமுகம் AB ஐ நோக்கினால் தெறிக்கப்பட்ட கற்றையின் திசையைக் காணலாம். இத்திசையைச் சுட்டுமாறு தொலைகாட்டியைத் திருப்புக. இப்பொழுது, அதற்கூடாகப் பார்த்தால் பிளவின் விம்பத்தைக் கட்டாயமாகக் காணல் வேண்டும். **பார்வை மண்டலத்திற்குள் பிள வைக்கொண்டு வந்தபின், பிளவினுடைய அகலத்தை மிகச் சிறிதாக்க வேண்டும்;** ஆக்கி, ஒடுக்கிய பிளவின் விம்பத்துடன் குறுக்குக் கம்பிகளின் வெட்டுப்புள்ளி பொருந்துமாறு தொலைகாட்டியைத் திருப்புதல் வேண்டும்.

அளிக்கப்பட்ட வேணியர் அல்லது வேணியர்களின் துணைகொண்டு தொலை காட்டியின் நிலையை அளவிடுக. இதைச் செய்வதற்கு, ஒரு சிறு ஆடியின் துணைகொண்டு வாயுவிளக்கு அல்லது மின்விளக்கு ஒளியினை வேணியர்கள் மீது தெறிக்கச் செய்தல் வேண்டும். மேசையையோ அரியத்தையோ நகர்த் தாமல் அரியத்தின் இரண்டாவது முகம் AC இனில் தெறித்து வந்த விம் பத்தை நோக்குவதற்குத் தொலைகாட்டியைத் திருப்புக. மீண்டும் தொலை காட்டியின் நிலையை அளவிடுக. தொலைகாட்டியின் இரு நிலைகளுக்கும் இடையிலுள்ள கோணத்தை அளந்து இதிலிருந்து அரியத்தின்கோணம் A இனைக் கணித்தறிக.

ஒரு கிடைத்தளத்திலே தொலைகாட்டியைத் திருப்புகின்றபொழுது பிளவின் நான்கு விம்பங்களைப் பெரும்பாலும் காணலாம். இவற்றுள் இரண்டு தெறிப்பு விம்பங்களாகும். இத்தெறிப்பு விம்பங்களின் நிலைகளே அறியப்



உரு. 161. அரியத்தின் கோணத்தை அளத்தல்

பட வேண்டியனவாகும்; மற்றவை இரண்டும் அரியத்தின் பின்பக்கத்திற் கூடாக முறிவினால் ஆக்கப்பட்ட விம்பங்களாகும். இவற்றை எக்காரணம் பற்றியும் பயன்படுத்தும் பிழையைச் செய்யாதிருத்தல் வேண்டும். முதன் முதலாக, விம்பநிலையங்களைக் கண்ணால் நேராகத் தீர்மானித்தபின் கண்ணை அந்நிலையினின்றும் அசையாமல் தொலைகாட்டியை அந்த நிலைக்குக்கொண்டு வருவதால் இப்பிழை நேராது தடுக்கலாம். இவ்வழியினால் ஒளி எந்த மேற்பரப்பிலிருந்து வருகிறது என்பதை இலகுவிற் கண்டுகொள்ளலாம்.

உரு. 161 இல் குற்றிடப்பட்டுக் காட்டப்பட்ட முறிந்த கதிர்களுடன் இப்பொய்யான உருவங்கள் பொருந்தும். இவ்விடரை அரியத்தின் பின் மேற்பரப்பான BC ஐ ஒரு கடதாசியினால் மூடினால் அல்லது துலக்கா முகம் கொண்ட ஓர் அரியத்தை உபயோகப்படுத்துவதனால் அறவே தவிர்க்கலாம்.

சில வேளைகளிலே தெறித்த விம்பங்களைக் கருவிகளின் துணையில்லாது கண்களால் வெறுமனே செவ்வையாகக் காணக்கூடியதாயிருந்தும் தொலை காட்டி வழியே காண முடியாதிருக்கும். இது நிறமாலைமானியின் பீடம் செவ்வையாக மட்டப்படுத்தாததன் காரணத்தினால் என்க. இந்தநிலையில் ஒளியானது மேல் நோக்கியோ, கீழ் நோக்கியோ தெறிக்கப்பட்டுத் தொலை காட்டிக் குழாயின் உட்பாகத்தில் விழுகின்றது. இவ்வகையிலே துணையில் லாக் கண்களுடன் விம்பங்களைக் கண்டறிந்தபின், அத்தானத்தில் தொலை காட்டியை நிலைப்படுத்தும்போது தொலைகாட்டியின் பார்வைவில்லை கண்ணு டன் மட்டமாயில்லாதிருப்பதை நாம் காணலாம். துணையின்றிக் கண்களா னவை தெறித்த விம்பங்களை நோக்குகின்றபொழுது, அவை பார்வைவில்லை யினுடைய மட்டத்திலேயிருக்கும் அளவுக்கு மேசையை அதனுடன் பொருத் தப்பட்ட திருகாணிகளைக் கொண்டு மட்டப்படுத்தல் வேண்டும். இறுதியாக, இரண்டு முகங்களிலும் தனித்தனியே வந்த தெறிப்பு வழிநோக்குகின்ற பொழுது, பிளவின் விம்பம் தொலைகாட்டியில் ஒரேநிலையைக் கொள்ளும் வரை மட்டத்தைச் செம்மைப்படுத்துக ; இன்னும் அரியம் மேசை மீது இல்லாமல், தொலைகாட்டியும் நேர்வரிசையாக்கியும் ஒரு கோட்டுவழி இருக் கின்றபொழுது நேராக நோக்கியவிடத்தும் விம்பம் அதே நிலையைக் கொள் கின்றவரை அதனை மட்டப்படுத்துக.

பரிசோதனை 142. இழிவு விலகற் கோணத்தை அளக்கும் முறை.— ஏலவே அளந்து அறிந்த கோணம் A ஆனது முறிக்குங் கோணமாகப் பயன்படுமாறு நிறமாலைமானியின் மேசை மீது அரியத்தை வைக்க. அப்பொழுது, நேர்வரிசையாக்கியிலிருந்து வருகின்ற ஒளியானது முகம் **AB** மீது பட்டு முகம் **AC** இலிருந்து வெளியேறித் தொலைகாட்டியுள் விழும். அரியத்திற் கூடாக ஒளி முறிக்கப்படுகின்றபொழுது, கருவியின் வெவ்வேறு பகுதிகள்யாவும் கொண்ட நிலை உரு. 160 இற் காட்டப்பட்டுள் ளது. **அரியத்தை அமைக்கின்றபொழுது, நேர்வரிசையாக்கிக்கூடாகக்கிடைக் கக்கூடிய ஒளியின் பெரும் பாகம் பயன்படும்வகையில் தொலைகாட்டியுட் புகுமாறு அதை நல்ல இடத்தில் அமைக்க.** அரியத்தினுடைய **முறிக்கும் விளிம்பை** மேசையின் **மையத்தின்மீது** வைப்பதால் இதனைப் பெறலாம்.

எந்தத் திசையை நோக்கித் தொலைகாட்டி நிற்கவேண்டும் என்பதை அறிவதற்கு, அதை ஒரு பக்கம் திருப்பி ஒரு கண்ணைப் பயன்படுத்தி அரியத்தினுடைய முகம் **A C** இனுள் நோக்குக. அரியத்திற்கூடான முறிப்பினால் ஆகும் பிளவின் விம்பத்தைக் காணும் வரை கண்ணை அங்குமிங்கும் நகர்த்துக. இவ்விம்பத்தைத் தேடும்பொழுது பிளவை அகலத்திறந்து விடுக. சரியான திசையைக் கண்டபின், தலையை அசையாது நிறுத்திக்கொண்டு இத்திசையை நோக்குமாறு தொலைகாட்டியைத் திருப் புக. தொலைகாட்டி வழியாக இப்பொழுது நோக்குகின்ற பொழுது பார்வை மண்டலத்தினுள்ளே பிளவின் விம்பம் இருத்தல் வேண்டும்.

அரியத்திற்கூடாக ஒளி செல்கின்றபொழுது அதன் பாதை விலகியுள்ளது. அவ்வாறான விலகற்கோணம், நேர்வரிசையாக்கியின் திசைக்கும் தொ லைகாட்டியின் திசைக்கும் இடையிலுள்ள **"கூர்ங்"** கோணமாகும். அரியத் திற்கூடாக ஒளி சமச்சீர் முறையிற் செல்கின்ற பொழுது இக்கோணம் இழி வுப் பெறுமானத்திலிருக்கும்.

இழிவுவிலகல் நிலையை அறிவதற்கு, தொலைகாட்டி வழியே பார்த்துக் கொண்டு பிளவின் விம்பம் நேர்வரிசையாக்கியின் அச்சு நீட்டப்பட்ட திசை நோக்கி நகருமாறு அரியம் இருக்கின்ற மேசையைச் சுழற்றுக. இதன் காரணமாக பார்வை மண்டலத்துள் விம்பம் அமைந்திருக்குமாறு தொலைகாட்டியை நகர்த்த வேண்டியிருக்கும். இவ்வாறுக நேர்வரிசை யாக்கியின் அச்சுக்கு எவ்வளவு அண்மையில் பிளவின் விம்பம் இருக்க முடியுமோ, அவ்வளவு அண்மையில் இருக்கின்ற ஒரு நிலையைக் காணலாம். இதுவே இழிவுவிலகல் நிலையாகும்.

அரியமானது இந்நிலையிலிருக்கின்ற பொழுது, பிளவின் விம்பம் அண் ணளவில் பார்வை மண்டலத்தின் மையத்திலே இருக்குமாறு தொ லைகாட்டியைச் செப்பஞ்செய்தல் வேண்டும். இந்நிலையில் தொலைகாட் டியைப் பூட்டிவிடவேண்டும். இப்போழுது எவ்வளவுக்குப் பிளவை ஒடுக்க லாமோ அவ்வளவிற்கு அதனை ஒடுக்குக. பின்பு அரியத்தை முன் னோக்கியும் பின்னோக்கியும் பல முறை இழிவுநிலைக்கூடாகச் சுழற்றுக. அரியம் சுழற்றப்படுகின்ற பொழுது, பிளவின் விம்பம் ஒரு பக்கத்திலிருந்து நிலைக்குத்தான குறுக்குக் கம்பியில் இருசமக்கூறிடப்படும் வரை மேலே நகரும் ; நகர்ந்தபின் மீண்டும் அது அந்நிலையிலிருந்து அப்பாற் செல்லா மல் மீண்டும் **அதேபக்கத்திற்கு** நகரும். இந்நிலைவரும் வரைக்கும் மெல் லியக்கத் திருகாணியால் தொலைகாட்டியானது மெள்ள நகர்த்தப்படும். இப்பொழுது தொலைகாட்டியின் நிலையை வேணியர்களினதும் அளவு கோடிட்ட வட்டத்தினதும் துணைகொண்டு அளவீடு செய்தல் வேண்டும்.

நிறமாலைமானியின் மேசையிலிருந்து இப்பொழுது அரியத்தை அகற்றுக. விலகலில்லாக் கதிர்கள் பொருட் கண்ணுடியுட்புகுந்து, குறுக்குக்கம்பிகள் மீது பிளவின் ஒரு விம்பத்தை உண்டாக்குமாறு, தொலைகாட்டியை நேர்வரிசையாக்கி நோக்கித் திசைகொள்ளுமாறு திருப்புக. இந்நிலையில் தொலைகாட்டியைப் பூட்டிவிடுக. பின்பு, இறுதிச் செப்பஞ் செய்தலை மெல்லியக்கத் திருகாணியாற் செய்துகொள்க. மீண்டும், வேணியர்களையும் அளவுகோடிட்ட வட்டத்தையுங் கொண்டு தொலைகாட்டியின் நிலையை அள வீடு செய்க.

இந்நிலையிலுள்ள அளவீட்டுக்கும் இழிவுவிலகல் நிலையில் ஏலவே எடுத்த அளவீட்டுக்கும் உள்ள வித்தியாசம் இழிவு விலகற்கோணம் **D** ஐத் தரும்.

இப்பொழுது அரியத்தினது திரவியத்தின் முறிவுக் குணகம்

$$\mu = \frac{\text{சைன் } \frac{A+D}{2}}{\text{சைன் } \frac{A}{2}}$$

ஆகிய சூத்திரத்தைக்கொண்டு கணிக்கப்படும்.

ஒரு திரவத்தினுடைய முறிவுக்குணகத்தையும் இதே முறையாகப் பெற்றுக் கொள்ளலாம். இங்கு திரவத்தைக் கொள்வதற்கு, முகங்கள் **சமாந்தரமாயும்** அழுத்தமாயும் ஆக்கப் பெற்ற குழிவுள்ள ஓர் கண்ணுடி அரியம் பயன்படுத்தப்படும்.

சுகுத்தரின் (Schuster) முறையில் நிறமாலைமானியைச் செப்பஞ் செய்யும் முறை

சேர் ஆதர் சுகுத்தரால் (*Sir Arthur Schuster*) கொண்டுவரப்பட்ட நிற மாலைமானியைச் செப்பஞ்செய்யும் செவ்விய முறையானது ஒரு தனிச்சிறப்பு உடையதாகும். இதிலே மிகத் தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருள் மீது தொலை காட்டியைக் குவியச்செய்யவேண்டிய அவசியம் இல்லை. இதனால் தொலை காட்டியையோ, அரியத்தையோ கருவியிலிருந்து விலக்கவேண்டிய அவசிய மில்லை. பலகணிகள் இல்லா ஒரு சிறு அறைக்குள்ளேயே தொலைகாட்டியை யும் நேர்வரிசையாக்கியையும் குவியச் செய்வது இயலக்கூடியதொன்றும்.

பரிசோதனை 142A—சுகுத்தரின் முறையில் ஒரு நிறமாலைமானியைச் செப்பஞ் செய்தல்.—இம்முறையிலே படிப்படியாகக் கைக்கொள்ளவேண்டிய வழிகள் வருமாறு :—

(1) உரு. 160 இல் காட்டியவாறு கருவி மேசை மீது அரியத்தை வைத்த பின்னர், சோடியச் சுடரிலிருந்து வரும் ஒளியினால் நேர்வரிசையாக்கியின் பிளவினை ஒளிபெறச்செய்து, பரிசோதனை 141 இற் கூறியவாறு இழிவுவிலகல் நிலையைக் காண்க. போதிய அளவு அகல்முள்ள ஒரு பிளவைப் பயன் படுத்தித் தொலைகாட்டியின் குறுக்குக் கம்பிகள்மீது பார்வை வில்லையைக் குவியச்செய்க. இப்பொழுது, நேர்வரிசையாக்கியின் அச்சுக்கும் தொலை காட்டியின் அச்சுக்கும் இடையிலுள்ள "**கூர்ங்**" கோணமே விலகற் கோணம் என்பதைக் கவனிக்க.

(2) விலகல் **மிகும்படியாகத்** தொலைகாட்டியைத் திருப்புக. இது, தொலை காட்டியின் அச்சினை நேர்வரிசையாக்கியின் அச்சுக்குப் பெரும்பாலும் செங் கோணமாக அமையச்செய்வதாகும். பார்வை மண்டலத்தின் எல்லைக்குக் கிட்டப் பிளவின் விம்பம் இருக்கின்றபொழுது தொலைகாட்டியைப் பூட்டிவிடுக.

(3) இப்பொழுது பார்வை மண்டல மையத்துள் பிளவின் விம்பத்தைப் பெறுவதற்கு, இரண்டாவதிற் கூறியவாறுள்ள **அதே** திசையில் அரியத்தின் மேசையைத் திருப்புக. அரியத்தின் இந்நிலையைச் "சரிவுநிலை" எனக் கூறலாம்.

(4) அரியம் இந்தச் "சரிவுநிலை"யிலிருக்கின்ற பொழுது தொலை காட்டியைப் பக்குவமாகக் குவியச் செய்க.

(5) பின்னர், பிளவினுடைய விம்பமானது பார்வை மண்டலத்தின் மையத்துள் வரும் வரை அரியத்தின் மேசையை **எதிர்த்திசையில்** திருப்புக. அரியத்தினுடைய புதிய இந்நிலையைச் "இயல்பான" நிலையெனலாம்.

(6) அரியமானது "இயல்பான" நிலையிலிருக்கின்றபொழுது பக்குவமாக நேர்வரிசையாக்கியைக் குவியச் செய்க.

(7) எப்பொழுதும், சரிவுநிலையிலிருக்கின்ற பொழுது தொலைகாட்டியையும், இயல்பான நிலையிலிருக்கின்றபொழுது நேர்வரிசையாக்கியையும் மிக்க கவனத்துடன் குவியச் செய்து இம்முறைகளை மீண்டும் மீண்டும் திருப்பிச் செய்க. பிளவின் விம்பமானது **இரு** நிலைகளிலும் தெளிவாகக் குவிகின்ற பொழுது செப்பஞ்செய்கை பூரணமாகின்றது. வழக்கத்திலே 4 ஆம் 6 ஆம் படி முறைகளை மூன்று தரங்களுக்கு மேலாகத் திருப்பிச்செய்ய வேண்டிய அவசியம் ஏற்படாது.

நிறமாலைகளின் வரைப்படம் கீறல்

நிறமாலையிலுள்ள ஒரு கோட்டின் நிலையை அக்கோடு தொலைகாட்டியின் குறுக்குக் கம்பிகளோடு பொருந்தி நிற்கின்றபொழுது தொலைகாட்டியுள்ள நிலையிலிருந்து அறியலாம். அல்லது அரியத்தினுடைய இரண்டாம் முகத்தி லிருந்து தெறிக்கப்பட்டுத் தொலைகாட்டியின் பார்வை மண்டலத்துள் வீழ்ந்த அளவுத்திட்டமொன்றின் மேலுள்ள அக்கோட்டினை அளவிட்டும் அறியலாம். இவ்விருவகைகளிலும் அரியமானது அசையாது வைக்கப்பட்டுள்ளதென எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். **மாரு விலகல் நிறமாலைமானி** எனப்படும் சில கருவிகளில் தொலைகாட்டிநிலைப்படுத்தப்பட்டிருக்க, ஒரு கோட்டின் பின் ஒரு கோடாக குறுக்குக் கம்பிமேல் ஒவ்வொரு கோடும் விழக்கூடியவாறு அரியம் சுழற்றப்படும். எந்தக்கோணத்தினூடாக அரியம் திருப்பப் பட்டதோ அந்தக் கோணத்தைக் கொண்டு ஒரு கோட்டின் நிலையை உறுதிப்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

கோடுகளின் அலைநீளங்களுக்கும் மேற்கூறியவாறுள்ள நிலைக்குமுள்ள தொடர்பினைக் காட்டும் வரைகோடொன்று கீறின் அவ்வளை கோட்டை நிறமாலையின் வரைப்படமென்றும், அல்லது **நிறமாலைமானியின் அளவு கோட்டு வளைகோடெனவும்** கூறலாம். இவ்வரைப்படத்தைக் கொண்டு, நிலையறிந்த ஒரு கோட்டின் அலைநீளத்தை அறிந்து கொள்ளலாம்.

அலைநீளங்கள் வழக்கமாக அந்துரோம் அலகுகளால் (**Angstrom Units**) அல்லது **பத்தின் மீற்றர்களால்** (10^{-10} மீ. அல்லது 10^{-8} ச.மீ.) எடுத்துக் கூறப்படும். ஆயினும், சிலவேளைகளில், இவ்வலகுகளிலிருந்தும் 10 மடங்கு உயர்ந்த ஓர் அலகால், அதாவது மைக்குரோ மி. மீற்றர்கள் ($1\ m\mu = 10^{-6}$ மி.மீ. $= 10^{-7}$ ச.மீ.) ஆல் எடுத்துக் கூறப்படும். இவ்வலகு பண்டைநாளில் 1 $\mu\mu$ என்றழைக்கப்பட்டுளது.

சில முக்கியமான கோடுகளின் அலைநீளங்கள் பின்னிணைப்பில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன (பக்கம் 835).

பரிசோதனை 143. நிறமாலைகளின் வரைப்படங்களை வரைதல்.—பரிசோதனை 140 இல் கூறியவாறு நிறமாலைமானியைச் செப்பஞ் செய்து கொள்க. ஒளிமூலமாகச் சோடியச்சுடரொன்றைப் பயன்படுத்திப் பரிசோதனை 142 இல் உள்ளவாறு அரியமானது இழிவுவிலகல் நிலையில் இருக்க ஒழுங்கு செய்க. இந்நிலையில் அரியத்தை அசையாது இறுக்கிப்பூட்டி விடுக.

கோடுகளின் நிலையினைத் துணிவதற்குப் புறம்பான ஒரு நேர்வரிசையாக்கிக் குழாயுடன் பொருத்தப்பட்ட ஒளிப்பட்ட அளவுத்திட்டமொன்று பயன்படுத்தப்படின், சிறிய ஒரு விளக்கினால் ஒளிர் செய்யப்பட்ட அந்த அளவுச் சட்டமானது அரியத்தின் முகத்திலிருந்து வந்த தெறிப்பினால் தொலைகாட்டியின் குவியத் தளத்தில் ஒரு விம்பத்தை அளிக்குமாறு அதை அமைவு படுத்துக. இவ்விதமான முறை பயன்படுத்தப்படாவிடின் தொலைகாட்டியின் நிலையை அதனுடன் பொருத்தப்பட்ட வேணியர் கொண்டு அளவிட்டுக்கொள்க.

சோடியம் கோட்டின் நிலையை ஒரு நியமமாகக் (அலைநீளம் 5893 A.U.) கொண்டு மற்றைக் கோடுகளின் நிலையை அதனோடு ஒப்பீடுசெய்து துணிந்துகொள்ளல் வேண்டும். பிரித்துக்காட்டும் வலு அதிகமாகவுள்ள ஒரு நிறமாலைகாட்டியைக் கொண்டு ஆய்கின்ற பொழுது சோடியம் கோடானது ஒன்றுடனொன்று நெருங்கிய இரு கோடுகள் கொண்டதாகக்காணப்படும்; இக்கோடுகள் **D** கோடுகள் எனப்படும்.

உலோக உப்புக்களினது சுடரின் நிறமாலையிலுள்ள கோடுகள் பலவற்றின் நிலையைத் துணிக; இந்நிறமாலைகளை ஒரு பன்சன் (**Bunsen**) சுடரில் உலோக உப்புக்களை ஆவியாக்கிச் செய்யலாம். ஈரப்பிடி போல் உபயோகப்படும் ஒரு கண்ணுடிக் குழாயொடு பொருத்தப்பட்ட ஒரு பிளாற்றினக் கம்பி மேல் இவ்வுப்புக்களை வைத்துச் சுடருள் துணிக்க. ஒவ்வொரு பரிசோதனைக்கு மிடையிற் கம்பிகளை அவை வெள்ளொளிர் உள்ளனவாயிருக்கின்ற பொழுது ஐதரோகுளோரிக்கமிலத்தில் அமிழ்த்திக்கழுவியெடுக்க. இதற்கு வாய்ப்பான உப்புக்கள் இலிதியம் குளோரைட்டு, தேலியம் குளோரைட்டு, பொற்றசியம் குளோரைட்டு ஆகியவையாம். (பின்னிணைப்பு பக்கம் 835 பார்க்க). பொற்றசியம் உப்பிலே இரு கோடுகளைக்காணலாம். ஒன்று

சிவப்பிலும் மற்றையது புற ஊதாவிலும் இருக்கும். பிந்தியதை, சுடருள்ளே உப்பை வைத்தவுடனேயே ஊதா நிறத்துள் நன்றாகத் தொலைகாட்டியைச் செலுத்திக் காணலாம். இதைச் செய்யப் பரிசோதகர்கள் இருவர் வேண்டும். ஒருவர் சுடருள் உப்பைப் புகுத்த, மற்றவர் தொலைகாட்டியில் கோட்டினை நோக்கல் வேண்டும். நைத்தர் (பொற்றசியம் நைத்திரேற்று) என்பதை இக்கோட்டைப் பெறுவதற்குப் பயன்படுத்தலாம். துரந்தியம் குளோரைட்டு 4607 A. u. இல், நீலத்தில் நல்ல தெளிவான கோட்டைத் தரும். பேரியம் குளோரைட்டும் கல்சியம் குளோரைட்டும் பல கோடுகளைத் தரும். அளவுகோடு வரை கோட்டைக் கீறிய பின்னர் இவற்றை யாவெனத் தெளிவாகத் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

தூண்டற் சுருள் ஒன்றின் இறக்கத்தை, ஆயப்படுவதற்குரிய உலோகத்தாலான முடிவிடங்களுக்கிடையே செலுத்துவதால் தீப்பொறி நிறமாலைகளைக் காணலாம் (பின்னியலில் பரிசோதனை 249 ஐப் பார்க்க.) காவலிடப்பட்ட ஓர் இலேடன் (**Leyden**) சாடியின் உட்புற, வெளிப்புற மூடு பூச்சுக்கள், தீப்பொறி இடைவெளியின் முடிவிடங்களுடன் பொருத்தப்படல் வேண்டும்.

ஐதாக்கப்பட்ட வாயுக்களைக் கொண்டுள்ள "வெற்றிடக் குழாய்கள்" வழியே தூண்டற் சுருளொன்றின் இறக்கத்தைச் செலுத்துவதால் வாயுக்களின் நிறமாலைகளை நோக்கலாம். இப்பொழுது பாதரச ஆவி, அல்லது சோடியம் ஆவி, அல்லது நேயன் ஆவி ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ள மின்விளக்குக்கள், முதற்கருவிகளுடன் உபயோகிப்பதற்குக் கிடைக்கப் பெறுகின்றன. இவை பிரகாசமான நிறமாலைகளைத் தருவதால் நல்வாய்ப் புடையன.

வெள்ளொளி கொண்டு பிளவிற்கு ஒளியிட்டு, பிளவை நோக்கிச்செல்கின்ற கதிர்களின் வழியிலே உறிஞ்சற் பதார்த்தத்தைப் புகுத்துவதாலும், உறிஞ்சல் நிறமாலைகளைக் காணலாம். இவ்வழியாக, ஐதான குருதிக் கரைசலால் ஆய சிறப்பியல்புடைய நிறமாலையையும் குளோரபிலனுடைய அற்கோற் கரைசலால் வரும் நிறமாலையையும் கவனிக்க. பிளவின் முன்பக்கத்தில், சில அயடின் பளிங்குகளை ஒரு கண்ணுடிக் குழாயுட் சூடாக்கிப் பெற்ற அயடின் ஆவியைப் பிடிப்பதனால் மிகத்தடித்த உறிஞ்சற் கோடுகள் உண்டாவதைக் காணலாம்.

சூரியன், பூமி ஆகியவற்றின் வளிமண்டலங்களிலுள்ள உறிஞ்சலாலாய தடித்த பிரௌனேவர்க் கோடுகளை (**Fraunhofer Lines**) சூரிய வெளிச்சத்தை நேர்வரிசையாக்கியுட்புகு வண்ணம் தெறிக்கச் செய்வதாற் காணலாம்.

அளவுகோட்டு-அளவீட்டுக்கும், வாய்ப்பான சில குறித்த கோடுகளின் அலை நீளத்திற்குமுள்ள தொடர்பினைக் காட்டும் ஒரு வரைப்படத்தைப் பேருருவில், ஒரு சதுரத்தாளிற் கீறுக. இது பயன்படுத்தப்பட்ட குறித்த ஓர் அரியத்திற் குரிய **குறுக்கீட்டு வளைகோடெனப்படும்.** இவ்வளைகோட்டிலிருந்து துலக்கக் கோடுகளின் அலைநீளங்களையோ உறிஞ்சற் பட்டைகளின் எல்லைகளையோ **துணியலாம்.**

குறிப்பு.—பக்கம் 362 இல் எடுத்துக்கூறப்பட்ட, நிறமாலைமானியைச் செம்மைப்படுத்தும் **சுருத்தர்** முறையைக் காண்க.

பிற்பகுதியில், பக்கங்கள் 381–385 ஆகியவற்றில் கோணல் **அளியடைப்** புப் பயன்படுத்தும் முறை விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

அதிகாரம் VIII

ஒளியளவியல்

§ 1. பொது விதிகள்

ஒளியளவியலென்பது பொதுவாக 'ஒளியை அளத்தல்' எனப் பொருள் படும். முன் நாட்களில் "ஒளியளவியல்" என்னும் பதம் **ஒளிமுத லொன்றின்** ஒளிவீசும் ஆற்றலை, அல்லது **ஒளி கொடுக்கும் ஆற்றலை** அளக்கும் அளவையைக் குறிக்கப் பயன்படுத்தப்பட்டது. இப்பொழுது இதை **ஒளிமுதலின் ஒளிர்செறிவு** என்கிறோம். இதை மதிப்பிட வேண்டு மெனில் ஒப்பிட்டுப்பார்ப்பதற்கான ஒரு நியம ஒளி முதலுடன் ஒப்பிட்டு மதிப்பிடுகிறோம். **மெழுகுதிரி வலு**வானது ஒளிவீசல் வலுவின் அலகாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது; யாதுமொரு **ஒளி** முதலின் ஒளிர்செறிவு, அதே கணிய ஒளியைத் தரக்கூடிய நியம மெழுகுதிரிகளின் **எண்ணிக்கை** யால் எடுத்துக் கூறப்படும்.

ஆக்குவீதம் அல்லது சத்திச்செலவு **வீதம்** என்பவற்றைக் குறிக்கின்ற தற்காலத்தில் வழங்கப்படும் வலு அல்லது தொழிற்பாடு எனப்படும் சொற் களுடன், வலு என்று இங்கு பயன்படுத்தப்படுகின்ற சொல் ஒத்த கருத் துடையதாகும். மெழுகுதிரியோ எண்ணெயோ எரிந்தொழிகின்ற வீதம் அல்லது மின்சத்தி விரயமான வீதம் என்பவற்றைக் குறிக்கின்ற பொழுது இக்கருத்துத் தெளிவாக விளங்கும்.

நியம மெழுகுதிரி என்பது $\frac{7}{8}$ அங்குல விட்டம் கொண்டு ஓர் இறுத்த லுக்கு 6 எண்ணிக்கை அளவினதாய் ஒரு மணி நேரத்திற்கு 120 மணி அளவு எரிகின்ற வீதத்தைக்கொண்ட இசுபேம் மெழுகுதிரி என வரையறுக் கப்பட்டுள்ளது. இது இசைவில்லாத ஒரு நியமமாகும். வழக்கமாகப் பெந் தேன் விளக்குப் போன்ற வேறு வித நியமப்படுத்தப்பட்ட முதல்கள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. மிகவும் வாய்ப்பான நியமமாவது மாறு ஓர் உவோற் றளவில் இயங்குகின்ற வெள்ளொளிர் மின் விளக்காகும். இத்தகைய நியமங்களால் நிலைப்படுத்தப்பட்ட ஒளிர்செறிவு அலகு சருவதேச மெழுகு திரி எனப்படும்.

ஒரு மேற்பரப்பின் ஒளிர்ப்பு எனப்படும் ஒரு மேற்பரப்பில் படுகின்ற **ஒளிச்செறிவு, இலட்சு** என்னும் அலகால் அளக்கப்படும். ஒரு மேற்பரப் பானது நேராக ஓர் அலகு செறிவுள்ள புள்ளி முதலொன்றால் ஒரு மீற்றர் தொலைவிலிருந்து நேராக ஒளிப்படுத்தப்படுகின்றபொழுது அம் மேற் பரப்பிலுள்ள ஒளிர்ப்பு ஓர் இலட்சு ஆகும்.

பெரிய பிரித்தானியாவில் ஒளிச் செறிவின் அலகாக **அடி மெழுகுதிரி** பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது ஒரு நியம மெழுகுதிரியால் **ஓர் அடி** தொலையிலிருந்து நேராக ஒரு மேற்பரப்பில் விழுகின்ற ஒளிர்ப் பாகும்.

ஒளியளவு இயலில் **ஓர் அலகு நேரத்திற்குக்** காலப்பட்ட ஒளியைக் குறிப் பதற்கு **ஒளிர்பாயம்** என்னும் பதம் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. அலகுச் செறிவுள்ள ஒரு **முதலிடத்திலிருந்து** ஓர் அலகு திண்மக் கோணத்திற்குக் காலப்பட்ட பாயம் ஒளிர்பாயத்தின் ஓர் அலகாகும். இது **ஓர் இலுமன்** எனப் படும். ஒரு மெழுகுதிரி வலுவுள்ள ஓர் இலட்சியப் புள்ளி முதலிலிருந்து எல்லாத் திசைகளிலும் ஒரு தன்மையதாய் வீசுகின்ற மொத்த ஒளிர்பாயம் 4π இலுமன் ஆகும்.

அலகு திண்மக் கோணம் என்பது அலகு ஆரையுடைய கோளத்தின் மையத்தில் அலகுக்கோளமேற்பரப்பினால் எதிரமைக்கப்பட்ட கோணமாகும். முழுக்கோள மேற்பரப்பிற்கும் முழுத் திண்மக்கோணம் 4π ஆகும்.

செம்மைக்கு அண்ணளவாக ஒளிர்செறிவைக் கண்ணால் அளவிடமுடி யாது. இது ஐரிசின் விட்டத்தின் மாறுபாட்டினாலாகும். இன்னும் இது உளவியல் உடலியல் வேறுபாடுகளினாலும் நிகழும். எனவே ஒளிர் செறி வுகளை ஒப்பிடுவதற்குக் கண்ணுக்குத் துணையாகச் சில கருவிகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. இத்தகைய ஒரு கருவியே **ஒளிமானியாகும்.**

ஒளிமானியைப் பயன்படுத்துவது, இரு மேற்பரப்புக்களை ஒத்த ஒளிர் செறிவை யுடையனவாக்கச் செம்மைப்படுத்துவதில் தங்கியுள்ளது. இச்சமத் தன் மையை நோக்குவான் கண்கொண்டே கணித்தல் வேண்டும். ஒரே நிற ஒளி களுக்கு நல்ல பயிற்சியின் பின் இச்செம்மைப்படுத்தலை 0·5 சதவீதத்திற்குச் செய்து கொள்ளலாம். ஆனால் மேற்பரப்புகள் வெவ்வேறு நிற ஒளிகளால் ஒளிப்படுத்தப்படின் இச்செம்மை அவ்வளவு உயர்ந்ததாக இருக்காது. இவ் வாறான வகையில் கண்கள் அரைவாசி மூடியிருந்தால் இரு மேற்பரப்புக் களையும் ஒப்பிடுதல் இலகுவாக இருக்கும். ஒரு மேற்பரப்பிலுள்ள ஒளிர் செறிவைப்பற்றித் திருத்தமான ஓர் அபிப்பிராயத்தை ஒரு செக்கன் நேரத் திற்கேனும் கொள்வது இயலாததொன்றாகும். எனவே ஒப்பிடப்படவேண் டிய இரு மேற்பரப்புக்களும் ஒரேமுறையில் நோக்கப்படல் வேண்டும்; அல்லது பிளிக்கரின் ஒளிமானியில்[1] உளவாறுபோல விரைவாக மாறிமாறி நோக்கப் படல் வேண்டும். ஒப்பிடப்படவேண்டிய மேற்பரப்புக்களிலிருந்தும் புறம்பான

[1] 'பன்னிறவொளியளவியவில்' பயன்படும் பிளிக்கரின் ஒளிமானியைப்பற்றி உயர் பாடநூல் களிற் காண்க.

ஒளிர்செறிவு படைத்த ஒரு கற்றையால் மேற்பரப்புக்கள் பிரிக்கப்பட்டிருப்பின் அவற்றைப் பற்றிய மதிப்பும் இன்னும் திருத்தத்தில் குறைவாயிருக்கும். எனவே, மேற்பரப்புக்கள் ஒரேமுறையில் ஒளிப்படுத்தப்பட்டு **ஒரே** மேற்பரப்பில் **அடுத்தடுத்த** பகுதிகளாக அமைந்தனவாயிருத்தல் வேண்டும்.

ஒரு சிறு ஒளிமுதலாலாய ஒரு மேற்பரப்பின் ஒளிர்விப்பு, முதலி லிருந்து மேற்பரப்புள்ள **தூரத்தின் வர்க்கத்திற்கு நேர்மாறாக வேறுபடும்** எனவே I மெழுகுதிரி வலு ஒளிர்வுடைய முதலாவது மேற்பரப்பிலிருந்து d **ச.மீ. தூரத்தில்** வைக்கப்படின் ஒளிர் செறிவு $\frac{I}{d^2}$ **என்பதால்** அளக்கப்படும்.

முறையே I_1, I_2 மெழுகுதிரி வலுவுடைய இரு முதல்கள் d_1, d_2 ச.மீ. தூரத்திலிருக்கின்றபொழுது ஒரு மேற்பரப்பின் இரு பகுதிகளை ஒத்தவாறு ஒளிப்படுத்தினால், அவற்றின் செறிவுகள் சமன்பாடு

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$

என்பதாலே தொடர்புபடுத்தப்படும். இதனால் I_2 அறியப்பட்டால் d_1, d_2 என்பன அளக்கப்படின், I_1 இனைக்கணித்தறியலாம். ஏனெனில்,

$$I_1 = I_2 \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

என்க.

§ 2. ஒளியளவியல் அளவைகள்

1920 தொடங்கி பெரிய பிரித்தானியாவிலே மூடப்படாதவெறும் சுடரைக் கொண்ட வாயுவிளக்குக்களினால் ஒளி இடும் வழக்கம் வெள்ளொளிர்வுள்ள மன்றில்கள் (mantle) வழக்கத்திற்குக் கொண்டுவந்ததனாற் கைவிடப்பட்டது. இப்பொழுது வாயுவின் ஒளிப்படுத்தும் வலு பிரதானமானதாகக் கருதப் படுவதில்லை. ஆனால் அதன் எரிபொருட் பெறுமானமே இப்போது முக் கியமானதாகக் கருதப்படும். சில பரிசோதனைகளுக்குச் சிறு எண்ணெய் விளக்குக்களைப் பயன்படுத்தலாம். ஆனால் மின் விளக்குக்களே மிகவும் வசதியுடையனவாகும். ஏனெனில், அவற்றின் மெழுகுதிரி வலுவைப் பரிசோதனை 247 இல் கூறியவாறு சமநிலைப்படுத்தி ஒழுங்கு செய்யக்கூடிய தடையால் இலகுவில் மட்டுப்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

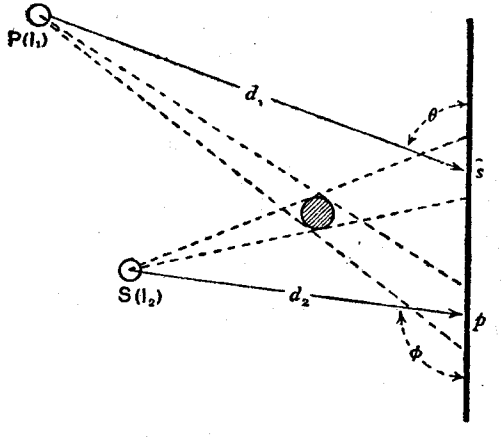
ஒளியளவியலில் உள்ள சோதனைகளுள் பலவற்றைக் கறுத்த மைப் பூச்சிட்ட சுவர்களையும் மேற்றளங்களையும் கொண்ட இருட்டறையிலே செய்தல் வேண்டும். ஆனால் இரம்போட்டு (Rumford's) ஒளிமானியைப் பயன்படுத்துகின்ற பொழுது இது அவ்வளவு முக்கியமானதன்று.

இரம்போட்டின் (Rumford's) ஒளிமானி அல்லது நிழல் ஒளிமானி

இக் கருவியில் ஒளிகொண்ட மேற்பரப்பானது ஒளி முதல்கள் இரண்டும் இருக்கும் அதே பக்கத்திலிருந்து நோக்கப்படுகின்ற ஒரு வெண்மையான ஒளிபுகாத தாள்த்துண்டாய் இருக்கலாம், அல்லது ஒளி முதல்கள் இருக்கும் பக்கத்தின் எதிர்ப் பக்கத்திலிருந்து நோக்கப்படுகின்ற ஓர் ஒளிக்கசிவுத் திரையாக இருக்கலாம். எவ்வகையிலும் மேற்பரப்பின் ஒரு பகுதி திரைக்கும் ஒளி முதலுக்கும் இடை வைக்கப்பட்ட ஒரு கோலினால் ஒளி முதலிலிருந்து மறைக்கப்பட்டிருக்கும்; ஒளியானது ஒவ்வொரு ஒளி முதலிலும் இருந்து வீசப்படுகின்ற பொழுது அக்கோலின் இரு நிழல்களும் திரையில் அடுத்தடுத்துக் கிடக்குமாறு இக்கோல் வைக்கப்பட வேண்டும். இந்நிழல்கள் இரண்டும் ஒன்றின்மேலொன்று விழாமல் இருக்கவும் இரு ஒளி முதல்களினாலும் ஒளி பெறச் செய்த பிரகாசமான ஒரு சிற்றிடத்தினால் அவை பிரிக்கப்படாமல் இருக்கவும் ஒழுங்கு செய்தல் வேண்டும். உரு. 162 இல் வரைப்படத்தை எளிதாகக் காட்டுவதற்காக இரு நிழல்களும் வேறுபடுத்திக் காட்டப்பட்டுள்ளன.

உண்மையில் ஒவ்வொரு முதலினாலும் வீசப்பட்ட நிழல் மற்றை ஒளியினால் ஒளிபெற்றிருக்கும். நிழல்கள் ஒத்த செறிவுடையன வாயிருக்குமாயின் இரு முதல்களின் ஒளிர்செறிவும் ஒத்தனவாயிருக்கும்.

பரிசோதனை 144. இரம்போட்டின் ஒளிமானி.— ஓர் இருட்டறையில் ஒளிமானியின் திரைக்கு முன் ஒரு நிலைக்குத்தான கோலை அமைக்க. ஒரு



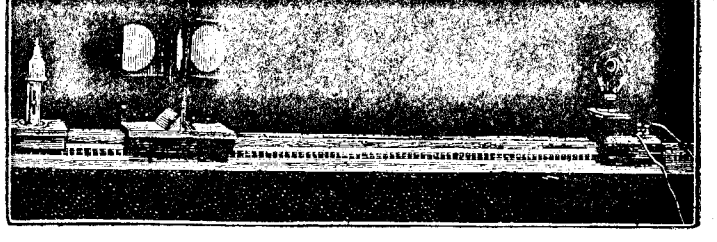
உரு. 162. இரம்போட்டின் ஒளிமானி

வாயு விளக்கின் (அல்லது மின்விளக்கின்) ஒளிர்வுடன் ஒரு மெழுகுதிரியின் ஒளிர்வை, திரையிலிருந்து அவ்வொளி முதல்கள் கொண்டுள்ள தூரங்களைச் செம்மைப்படுத்தி இரு நிழல்களும் ஒத்த செறிவுடையனவாக இருக்கும்

வண்ணம் ஒழுங்கு செய்து ஒப்பிடுக. முதல்களைக் கோலுக்கு இணைக்கும் கோடுகள் திரையோடு ஒத்த அளவிற் சாய்ந்துள்ளன என்பதிற் கவனம் எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். அதனால் கோணம் θ, ϕ என்பன உரு. 162 இல் காட்டியவாறு, அண்ணளவிற் சமமாக இருத்தல் வேண்டும். முதலிலிருந்து திரைக்குள்ள தூரங்கள் d_1, d_2 ஆகியவற்றை அளக்க. அளந்து பரிசோதனைக்கு எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட முதலின் மெழுகுதிரி வலுவினைக் கணிக்க. ஒளி முதல்களின் தூரங்களைத் திரையிலிருந்தும் பல நிலைகளில் அமைத்து இவ்வாராய்ச்சியை மீண்டும் மீண்டும் செய்க. விளைவுகளின் சராசரியை எடுத்துக் கொள்க.

பன்சனின் நெய்ப்பொட்டு ஒளிமானி

இவ்வகையான ஒளிமானியில், ஒளிபுகா வெண் திரைத் தாளொன்று அதன் மேற்பரப்பின் ஒரு பகுதியிலே தூய வெண்பரப்பின் மெழுகுப்



உரு. 163. பன்சனின் ஒளிமானி

பொட்டு ஒன்றினால் ஒளிக்கசிவுடையதாக்கப்படும்.[1] ஒரு பக்கத்தில் அது ஒரு நியம ஒளி முதலினால் ஒளியிடப்படும். மற்றைய பக்கத்தில் ஒளிர்வு வலுவை அளக்கப் போகும் ஒளி முதலினால் ஒளியிடப்படும்.

திரையின் ஒளிபுகாப் பகுதிகள் படுகதிர் முழுவதையும் தெறிக்க ஒளிக் கசிவுப் பகுதிகள் அவற்றில் படுகின்ற ஒளியின் திட்டமான ஒரு பகுதியை $\left(\frac{1}{n}\right.$ எனக் கொள்க$\left.\right)$ தெறித்து எஞ்சியவற்றை உட்புகவிடுகின்றது என்று

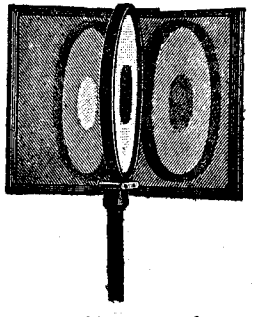
[1]ஒரே தன்மையதான நல்லதொரு தாள் சூட்டுத்தட்டிலே ஒரே தன்மையதாய்ச் சூடாக்கப்படும். இதன் நடுவில் ஒரு தூரிகையில் உருக்கிய சுதியரின் சிறிது எடுத்து ஒரு வட்டம் ஆக்கப்படும். இது பின்னர் ஆறவிடப்படும். இவ்வாறுய எல்லையுள் மெழுகு படியா இடம் ஒன்றுண்டு. இதனை உருக்கிய மெழுகால் நிரப்பி விடுக. இதைத் தாளுடன் ஒட்டி விடுக, முன்னராக்கிய எல்லை இப்பொழுது நல்ல வரையறுத்த ஓரிடத்தைத் தரும். **செப்பாட்டு, ஒளி இரசாயனவியல்.** ப. 31.

எடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றது ஒரு பக்கத்திலிருந்து வருகிற ஒளிச் செறிவு I_1/d_1^2 ஆகவும் மற்றப்பக்கத்திலிருந்து வருவது I_2/d_2^2 ஆகவும் இருப்பின் நெய்ப்பொட்டானது, கீழே கூறப்படும் நிபந்தனை பூர்த்தியாக்கப்படும் போது, அதாவது

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{1}{n} \quad \frac{I_1}{d_1^2} + \left(1 - \frac{1}{n}\right)\frac{I_2}{d_2^2}, \text{ அதாவது } \frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$

ஆகவிருக்கின்ற பொழுது திரையின் வேறு பாகங்களுடன் ஒத்த பிரகாச முடையதாக இருக்கும்.

இவ்வெளிதான விளக்கத்திற்கிணங்க நெய்ப்பொட்டின் இரு பக்கங்களிலிருந்தும் அதனைப் பார்க்கின்றபொழுது அது மறைதல் வேண்டும். ஆயினும், ஒளிக்கசிவுடைய நெய்ப்பொட்டிற்கு ஊடாக ஒளி புகுந்து செல்கின்றபொழுது அதன் குறித்த ஒரு பகுதி உறிஞ்சப்படுகின்றது. ஒரு பக்கத்திலிருந்து நோக்குகின்றபொழுது அப் பொட்டை ஏறத்தாழப் புலப்படாததொன்றாக ஆக்கமுடியும் எனினும் மற்றைப்பக்கத்திலிருந்து பார்க்கும்போது அதன் தோற்றம் எப்பொழுதும் வேறுவிதமாக இருக்கும். பயிற்சியில், இந்நெய்ப் பொட்டானது, இரு பக்கங்களிலும் இருந்து நோக்கும்போது, திரையின் வேறு பகுதிகளிலும் ஒத்தமிகைக் கறுப்புடையதாகத் தோன்றுமாறு செம்மை செய்து கொள்ளல் வேண்டும்.



உரு. 164. பன்சனின் ஒளிமானியின் தலை

இரு தளவாடிகள் வழக்கமாக இரு பக்கங்களிலும் திரையோடு 60° கோணத்திற் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஆடிகளின் துணைகொண்டு ஒரே நேரத்தில் திரையின் இரு பக்கங்களையும் நோக்கலாம்.

இதற்குப் பிறிதொரு வழி வருமாறு : **நியமப் பக்கத்திலிருந்து** நெய்ப் பொட்டினை நோக்குகின்றபொழுது அது புலப்படாதவாறு வரும் வரை **அறியப்படாத ஒளிமுதலைச்** செம்மைப்படுத்தி இவ்விளைவினைத் தருகின்ற d_1 இன் பெறுமானத்தைக் கண்டறிக; பின்னர் திரையையும் **நியம ஒளி முதலையும்** நிலைப்படுத்தி, அதாவது d_2 என்பதனை மாறிலியாக நிலைப்படுத்தி, **அறியப்படாத** பக்கத்திலிருந்து நோக்குகின்றபொழுது நெய்ப்பொட்டானது புலப்படாதிருக்கும்வரை நிலையினை ஒழுங்குபடுத்துக.

இத்தூரங்களானவை d_1, d_1' ஆயின், d_1 இனுடைய உண்மைப் பெறுமானமாக அவற்றின் சராசரியை, எடுத்துக் கொள்ளலாம். இன்றேல்,

$$I_1 = I_2 \frac{d_1^2 + d_1'^2}{2d_2^2}$$

என்னும் சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி I_1 ஐக் கணித்தறியலாம்.

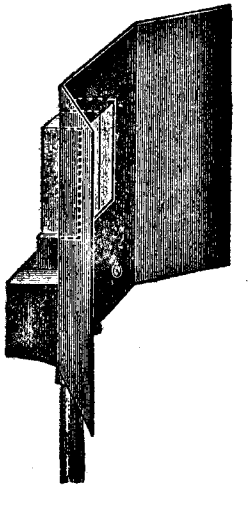
இவ்விரண்டாம் வழி பயன்படுத்துவதற்கு இலகுவானது. இங்கே மற்றைய இரு பக்கங்களிலும் கூடியதாக எப்பொழுது நெய்ப்பொட்டின் இடம் ஒரே தன்மையதான மிக்க கறுப்பைக் கொண்டிருக்கிறது என்பதை மதிப்பிடுகின்ற வேலை முதலாவது வழியில் உள்ளவாறு போல் இங்கில்லையாதலால் என்க.

பரிசோதனை 145. பன்சனின் ஒளிமானி.—ஒரு மெழுகுதிரியுடன் ஒரு மின் விளக்கினுடைய ஒளிவீசல் வலுவை ஒப்பிடுவதற்கு ஓர் ஒளிமானியைப் பயன்படுத்துக. மெழுகுதிரியுடன் ஒளிவிடுகின்ற வாயு விளக்கு, அல்லது சிறு எண்ணெய் விளக்கினை ஒப்பிடுவதற்கும் ஒளிமானியைப் பயன்படுத்துக. நேராக வாயுவிளக்கினையும் மின் விளக்கினையும் ஒப்பிட்டு முதற் பெற்ற விளைவுகளைக் கணித்தறிக.

இயலுமானால் அடுத்தடுத்து நெருக்கமாக மூன்று மெழுகுதிரிகளை ஏற்றக் கூடியதான ஒரு நிலையைப் பயன்படுத்தி 1, 2, 3, மெழுகுதிரிகளுடன் ஒப்பிடுதலை நடத்தி சதவீதவழுவையும் மதிப்பிடுக.

சொல்லியின் ஒளிமானி

ஏறக்குறைய $5 \times 2 \times 1$ ச.மீ. அளவுள்ள இரு செவ்வக பரபின் துண்டுகளை எடுக்க; ஓர் ஈயத்துண்டுத் தகட்டில் இரு பக்கங்களிலும் அவற்றின் பெரு முகங்கள் பதியுமாறு வைக்க. ஒப்பிடப்பட வேண்டிய ஈர் ஒளி முதல்களுக்கிடையில் இத்துண்டுகள் வைக்கப்படும். ஒரு துண்டு ஒரு ஒளி முதலிலிருந்தும் இரண்டாவது மற்றையதிலிருந்தும் ஒளி பெறக்கூடிய வண்ணம் இவற்றை வைத்தல் வேண்டும். உரு. 165 பார்க்க. பார்ப்போன் துண்டுகளை ஒரு பக்கத்திலிருந்து நோக்கி ஈயத்தத்துண்டினால் பிரிக்கப்பட்ட இரு முகங்களும் ஒத்த பிரகாசம் உடையனவாகத் தோன்றும் வரை அவற்றைச் செம்மைப்படுத்தல் வேண்டும். பயன்படுத்தப்படுகின்ற விளக்குகளிலிருந்து வருகிற நேர் கதிர்களிலிருந்து கண்களை நோக்கு வான் பாதுகாத்துக்கொள்ளல் வேண்டும்; அதற்கு ஏற்ற திரைகளைப் பயன்படுத்திக்கொள்ளல் வேண்டும்.

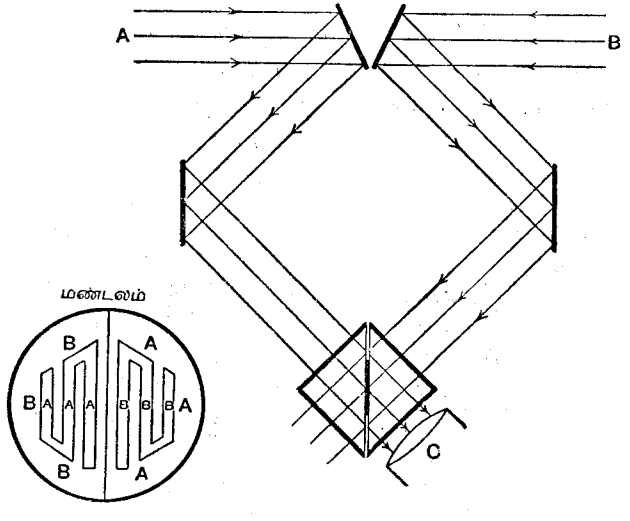


உரு. 165. யொலியின் பரபின் மெழுகு ஒளிமானி

பரிசோதனை 146. யொலியின் ஒளிமானி.—*நீண்ட ஒளியியல் அளவுச்சட்டம் ஒன்றிலே ஒளிமானியை அமைக்க. ஒரு மின்விளக்குடன் ஒரு வெள்ளொளிர் வுள்ள வாயு விளக்கின் மெழுகுதிரி வலுவை ஒப்பிடுவதற்கு அதைப் பயன் படுத்துக. திருத்தமான நீலைகள் அறியப்பட்ட பின் ஒளிமானியிலிருந்து இரு ஒளி முதல்களுக்கும் உள்ள தூரங்களை அளந்து ஒளிவீசல் வலுக்களுக்குள்ள வீதத்தைக் கணித்தறிக. ஒளிமுதல்களை வெவ்வேறு நிலைகளில் வைத்துப் பலமுறையும் திருப்பித் திருப்பி ஆராய்க. விளைவுகளின் சராசரியை எடுக்க. அளவுகளில் நிகழக்கூடிய சதவீத வழுவினை மதிப்பிடுக.*

உலுமர்புரோதன் ஒளிமானி

சுவானின் (Swan's) அரிய ஒளிமானியில்[1] (1859) உள்ளது போன்றே இக்கருவியிலும் அதன் முக்கிய பகுதிகள் அமைந்துள்ளன. குறிப்பிட்ட



உரு. 166. உலுமர்புரோதன் ஒளிமானி

இரு ஒளி முதல்களும் ஒளியின் பாதைகளுக்கு $22\frac{1}{2}°$ கோணத்தில் அமைந்தும் தாம் ஒன்றுக்கொன்று 45° கோணத்தில் அமைந்தும் இருக்கின்ற இரு ஆடிகளுக்கு ஒளியைச் செலுத்துகின்றன. இரண்டாவது தெறிப்பின் பின் இக் கற்றைகள் சேர்த்தினைக்கப்பட்ட இரு செங்கோண அரியங்களா

[1]வில்லியம் சுவான் என்பவர் சென் அன்றூசில் (1859–1880) இயற்கைத் தத்துவப் பேரா சிரியராக இருந்தார்.

லாய ஒரு துண்டுக் கண்ணாடியில் விழுகின்றன. இச்செங்கோண அரியங் களின் ஒட்டு முகங்கள் மையப்பகுதிகளில் கனடாமரப்பிசினால் இணைக்கப் பட்டுள்ளன; ஆனால் அவற்றின் விளிம்புகளில் ஒரு வளிப்படலத்தால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன (உரு. 166).

பார்க்கும் ஒருவன் C இல் உள்ள தொலைகாட்டிக்கூடாக அரியங்களுள் ஒன்றின் அடிப்பாகத்தை நோக்குகின்றான். ஒளிமுதல் A இலிருந்துள்ள ஒளியானது பல்சாமால் ஊடு செல்லவிடப்படுகின்றது. ஆனால், அது வளிப் படலத்தினால் முழுவதும் தெறிக்கப்படுகின்றது. B இலிருந்துள்ள ஒளி யானது முழுவதும் வளிப்படலத்தால் தெறிக்கப்படுவதனால் A இலிருந்து வெளிவீசப்படும் ஒளிக்கதிர்களுக்குச் சமாந்தரமாகத் தொலைகாட்டியினுள் புகுகின்றது. இவ்வாறுகத் தொலைகாட்டியானது ஒன்றுசேர்ந்து ஓர் ஒளிக் கற்றையைப் பெறுகின்றது; இதன் ஓரங்கள் B இலிருந்து வந்ததையும் A இலிருந்து வந்த ஒளியின் மையப்பகுதியையும் கொண்டிருக்கும். வழக்கமாக இக்கருவியானது மிக அகன்ற மண்டல உருவைத் தரக்கூடிய வழியில் அமைக்கப்படும்.

ஈர் அரியங்களின் அதே முறிவுக் குணகத்தையுடைய மரப்பிசினைப் பிர யோகிப்பதால் இரு முகங்களுக்கிடையில் தெறிப்பும் வெளிச்செலுத்தப்பட்ட ஒளியில் உறிஞ்சலும் நேரா. எனவே இவ்வொழுங்கினால் பன்சனின் ஒளிமானியில் ஏற்பட்ட இடர் முழுவதும் அகற்றப்படுகின்றது. இவ்வகையான கருவியினால் மிகச் செம்மை வாய்ந்த அளவீடுகளைப் பெறலாம். ஆகவே இது ஒளியளவியல் ஆய்வுக் கூடங்களில் மிகவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

பரிசோதனை 147. உலுமர்புரோதன் ஒளிமானி (Lummur-Brodhun Photometer) *ஒளியியற் சட்டத்தில் உலுமர் புரோதன் ஒளிமானியை அமைக்க. ஒரு மின் விளக்கினது மெழுகுதிரி வலுவையும் வாயு விளக் கினது மெழுகுதிரி வலுவையும் கணிப்பதற்கு அதைப் பயன்படுத்துக. வாயு விளக்கையும் மின் விளக்கையும் நேரே ஒப்பிட்டுப் பெற்ற பெறு பேறுகளை உறுதிப்படுத்திக் கொள்க. அளவுகளில் நேரக் கூடிய சதவீத வழுவை மதிப்பிடுக.*

§ 3. ஒளிச்செறிவினை அளத்தல்

ஒரு மேற்பரப்பின் ஒளிச்செறிவை ஓர் ஒளிர்ப்பு ஒளிமானியால் அளந்து கொள்ளலாம். இது இடத்திற்கிடம் காவக்கூடிய ஒரு கருவியாகும். ஒளிச் செறிவை அளக்கவேண்டிய இடத்தில் வைக்கக்கூடிய ஒரு திரையை இது கொண்டுள்ளது. நோக்குகின்ற அதே நேரத்தில் அடுத்துள மேற் பரப்பு ஒன்று நியம முதல் ஒன்றினாலேயே ஒளிப்படுத்தப்படும். வழக்க மாக இந்நியம ஒளிமுதலானது சேமிப்புக் கலன் ஒன்றிலிருந்து பெற்ற

சிறு மின் விளக்காயிருக்கும். ஒளிச்செறிவின் ஒப்புநீலை பெறும் வரை இம்மேற்பரப்பின் ஒளிச்செறிவினை மாற்றி அமைத்துக் கொள்ளலாம். இதைப் பல்வேறு வழிகளில் செய்துகொள்ளலாம். உதாரணமாக, அதன் மேற்பரப்பை ஆட்டியசைத்துச் செய்துகொள்ளலாம். இத்தகைய கருவியின் அளவுத்திட்டத்தைப் பரிசோதனை முறையில் அளவுகோடிட்டுக் கொள்ளல் வேண்டும்.

ஒளிமின் ஒளிமானிகள். ஒளிச்செறிவினை ஓர் ஒளி மின் கலத்தைப்பயன் படுத்தி நேராக அளந்து கொள்ளலாம். ஊதா நிறம் கடந்த ஓர் ஒளிக்கு ஓர் உலோகத் துண்டைக் காட்டினால் இலத்திரன்கள் வெளியாகும் (ப. 674–75). இவ்வாறுய "இலத்திரன்களின் ஒட்டமானது" உறிஞ்சப்பட்ட ஒளிச்சத்திக்கு விகிதசமமாக உள்ளது. பல உலோகங்கள் ஒளிமின்னின் விளைவைக் காட்டுவ தற்கு ஊதாநிறம் கடந்த ஒளியை வேண்டி நிற்க, காரவுலோகங்கள் நிறமாலை யின் கட்புலனுக்கு பகுதியிலுள்ள அலை நீளங்களின் தூண்டல்கள் கொள்ளக் கூடியனவாக இருத்தலின் ஒளி அளவையில் இவற்றைப் பயன்படுத்தலாம். ஒரு வகையான ஒளிமின் கலத்திலே, ஒரு செப்புத் தகட்டின் மேல் ஒரு குப்பிரசு ஒட்சைட்டுப் படலமானது ஓர் உலோகத்தின் ஒளிபுகு படலத்தால் மூடப்பட்டிருக்கும். ஒளிவீசப்பட்டபொழுது இது அதனுடைய தகடுகளிற் கிடையில் ஒரு மின்னியக்க விசையை ஆக்குகின்றது. இத்தகைய "ஒளி உவோற்றுக்கலம்" அடிமெழுகுதிரியில் அளவுகோடிடப்பட்ட அளவுத் திட்டத்தைக் கொண்டுள்ள உணர்ச்சியுள்ள அசையும் சுருள் காட்டியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இக்கருவியானது பார்வைக்குச் சிறிதாகவும் பிர யோகத்திற்கு எளிதாகவும் உள்ளது. ஆய்வுக்கூடத்திலே (அ) பல்வேறு இடங்களில் உள்ள ஒளிச்செறிவினை ஒப்பிடுவதற்குப் பரிசோதனைகளை நடத்த லாம்; (ஆ) பல்வேறு ஒளிமுதல்களில் இருந்து வருவனவற்றை ஒப்பிடு வதற்கு ஆய்வு நடத்தலாம். இன்றேல் அளவுகோடிட்டமை செம்மையுடைத் தெனக்கொண்டு தூரத்தின் நேர்மாறு வர்க்க விதியினைச் சோதிப்பதற்கு ஆய்வுகள் நடத்தலாம்.

இத்தகைய கருவிகள் ஒளிப்படப்பிடிப்பில் ஒளிபுகுதுவாரம் திறந்து வைக்கப்படும் கால அளவைத் துணிவதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பல்வேறு வில்லைத்துவாரங்களுக்குரிய குளம்புகளுக்கு வேண்டிய திறந்து வைக்கும் கால அளவைகளை நேரே அளந்தறிவதற்கு, செம்மைப்படுத்தப் படக்கூடிய அளவுத்திட்டங்கள் இவற்றுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

அதிகாரம் IX

அலை நீளத்தை அளத்தல்

§ 1. ஒளியின் அலைக்கொள்கை, அல்லது அலையியக்கக் கொள்கை

ஒளியானது, ஒரே தன்மையதான உயர்ந்த மீள்சத்தியுடைய ஊடகத்திற் கூடாக ஒரு கோளத்தின் மையத்திலிருந்து புறப்படுகிற கதிர்கள்போல் நேர் கோடுகளின் எல்லாத் திசைகளிலும் செலுத்தப்படுகின்ற ஒரு விரைவான சிறிய அசைவியக்கம் என **உரபேட்டு உக்கு** (Robert Hooke—1665) கருதினார். அலைக்கொள்கையை உண்மையில் முதன்முதல் உருவாக்கிய **கிறித்தியன் ஐகன்** (Christian Huygens) என்பாராவர். இவருடைய **ஒளி நூல்** 1690 இல் வெளியிடப்பட்டது. **சேர் ஐசக்கு நியூற்றன்** (Sir Isaac Newton) என்பார் ஒளியில் ஓர் **ஆவர்த்தனப்** பண்பு உண்டு என்பதை ஏற்றுக்கொள்ள மனம் இசைந்தார். எனினும் இக்கொள்கையை அவர் அவ்வளவு இசைவுடன் நோக்கவில்லை. அவருடைய பெயர் வழக்கமாக காவற்கொள்கை, அல்லது சிறு துணிக்கைக் கொள்கையுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளியின் அலை யியக்கக் கொள்கையானது 19 ஆம் நூற்றாண்டின் ஆரம்பத்திலேயே **யங்கு** (Young) என்பவராலும் **பிரசினல்** (Fresnel) என்பவராலும் விபரிக்கப் பட்டது. நிறமாலையினது கட்புலனுக்கு பகுதியிலுள்ள ஒளியின் அலைநீளம் λ ஐ அளத்தல் மேன்மேலும் கூடிய செம்மையுடன் தொடர்ந்து செய்யப் பட்டது. அலைநீளத்தை அதிர்வெண் f என்பதனாற் பெருக்கிய பெருக்கம் அலையியக்கத்தின் வேகத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். 1868 அளவில் **கிளாக்கு மட்சுவெல்** (Clerk Maxwell) என்பார் ஒளியின் வேகம் c என்பதற்கும் மின்காந்த அலைகளுக்குமுள்ள தொடர்பினைச் சுட்டிக் காட்டி. இவ்வலைகள் தம் பண்புகளில் ஒத்தவை என்னும் கொள்கையை விரித்துரைத்தார்.

ஐன்சுதைன் (Einstein – 1905) என்பாருக்கிணங்க எல்லா வகைக் கதிர் வீசல்களின் சத்தியும் சில கட்டுக்கள், அல்லது அலகுகளிலேயே ஒருங்கு செறிந்திருக்கும் எனவும் ஒவ்வோர் **ஒளிச்சத்திச் சொட்டினதும்** (**போட்டனதும்**) சத்தியானது கொடுக்கப்பட்ட நிற ஒளிக்கு வரையறுக்கப் பட்டதாகும். இது பெருக்கம் hf என்பதற்குச் சமமாகும். இங்கு h ஆனது **பிளாங்கின்** (Plancks) **கதிர்வீசல் மாறிலி.** இக்கருதுகோளானது **ஒளிமின்விளைவினை** (பக்கம் 376) விளக்குவதற்குப் பயன்படுத்தப்பட்டது. இந்நோக்கலுக்கு இயைய ஒளிச் செலுத்துகையானது பல வகைகளில் **நியூற் றன்** விவரித்த சிறு துணிக்கைச் செலுத்தலையொக்கும். முரணுடையது

போல் தோன்றும் ஒளியின் தன்மை பற்றிய இவ்விளக்கங்கள் ஒன்றுக் கொன்று ஆதாரமானவையன்றி முரண்பாடானவையல்ல என இப்பொழுது கருதப்படுகின்றது. இவ்வாறே **இலத்திரன், புரோத்தன்** போன்ற மூலகத் துணிக்கைகளின் இயல்புபற்றிய கருத்துக்களும் உள (ப. 539, 675).

§ 2. மெல்லிய படலங்களின் நிறங்கள்

ஒளிபுகு திரவியமொன்றின் மெல்லிய படலமொன்று அகன்ற ஒளி முதல் ஒன்றின் முன் வைக்கப்படின், ஊடு சென்ற ஒளியினாலும், தெறித்த ஒளியினாலும் ஆன நிறங்களைப் பெரும்பாலும் காணலாம். உதாரணமாக, சவர்க்காரப் படலம், அல்லது நீர்மேல் தெளிக்கப்பட்ட எண்ணெயின் மெல்லிய படலம் ஆகியவற்றில் காணப்படுகின்ற நிறங்களைக் கூறலாம். செலிலோயிட்டு அல்லது ஒளிபுகும் தன்மையுடைய மேலுறை போடும் பொருளான செலோபேன் ஆகிய திண்மப் பொருள்களின் படலங்களும் அத்தகைய தோற்றத்தையே அளிக்கின்றன. இத்தகைய காட்சியானது படலத்தின் இரு மேற்பரப்புக்களில் அடுத்தடுத்து நிகழும் தெறிப்புக்கள், முறிவுகள் ஆகியவற்றால் ஏற்படுவதாகும். இங்கு எழும் அலை முகப்புக்கள் இறுதியில் ஒன்றின் மேலொன்று அமைந்து சேர்வதால் இஃதாவதாம். பொதுத் தன்மைக்குப் பல முறை தெறித்து, முறிவு கொள்ளும் பல கற்றைகளை எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். ஆனால் எளிமைக்கென இங்கு நாம் இரட்டைக் கற்றைகளையே எடுத்துக் கொள்வோம். இரு கண்ணாடிகளின் சமாந்தர மேற்பரப்புகளுக்கிடையிலுள்ள ஒரு வளிப்படலம் ஆனது t என்னும் தடிப்பை உடையதாகுக.

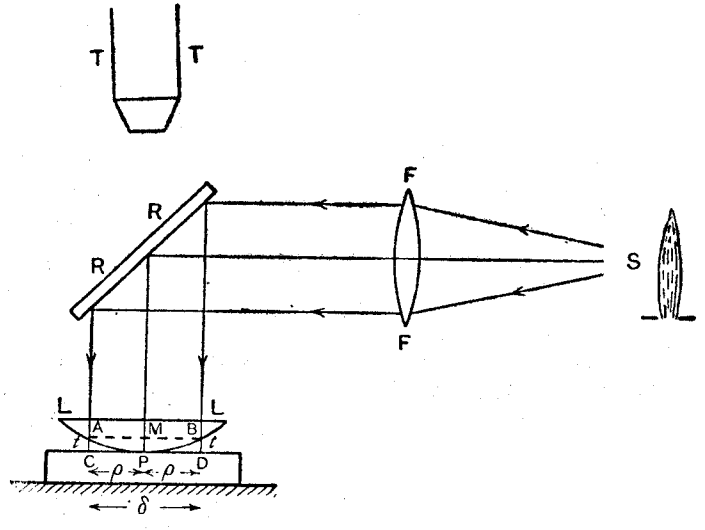
$$2t\text{கோசை}\ \theta = n\lambda$$

ஆக இருக்கையில் முதலாவது மேற்பரப்பிலிருந்து தெறித்து வந்த ஒளிக்கும் இரண்டாவதில் இருந்து தெறித்து வந்த ஒளிக்குமிடையே தலையீடு உண்டாகும். அப்பொழுது ஒளிச்செறிவு இழிவில் இருக்கும். இச்சமன்பாட்டில் θ என்பது **வளியில்** உள்ள முறிவுக் கோணமாகும். இங்கு n யாதும் ஒரு முழு எண்ணுகும். இச்சமன்பாட்டில் தெறிப்பானது ஒன்று வெளிப்புறமானது, மற்றையது உட்புறமானது எனக் கருதப்பட்டுளது. எனவே, வளியில் அளக்கப்பட்ட அலைநீளத்தின் அரைப்பகுதிக் கொத்த ஒரு தாமதம் இதனால் ஏற்படுகின்றது. ஒரு மெல்லிய படலமானது $(t \to 0)$ தெறித்த ஒளியால் எக்காரணம் பற்றிக் கறுப்பாகத் தோன்றுகின்றது என்பதை இத்தாமதம் விளக்குகின்றது. ஒளியானது படலத்தில் ஏறக் குறைய செங்குத்தாகப் படுகின்றபொழுது, $\theta = 0$, கோசை $\theta = 1$; இதனால் இழிவு ஒளிர்ப்பிற்கு ஏற்ற நிபந்தனை

$$2t = n\lambda$$

ஆகும்.

நீயூற்றனின் வளையங்கள்—.ஒரு நீண்ட குவியநீளமுடைய தளக் குவி வில்லையொன்று கண்ணாடித்தகட்டோடு தன்னுடைய வளைந்த மேற்பரப்புப் பொருந்துமாறு இருப்பின், மேற்பரப்புக்களுக்கிடையே ஒரு வளிப்படல



உரு. 166A.

மிருக்கும். உரு. 166A ஐப் பார்க்க. **A, B** போன்ற புள்ளிகளில் அப்படலத்தின்முகங்கள் அண்ணளவில் சமாந்தரமானவை எனவும், அவை வில்லின் **அம்பு MP** இற்குச் சமமான ஒரு தூரம் t இனற் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன எனவும் எடுத்துக் கொள்ளலாம். (உரு. 140 உடன் ஒப்பிடுக). எனவே, செங்குத்தாகப்படும் ஒளிக்கு **C, D** ஆகிய புள்ளிகளில், $2t = n\lambda$ ஆயிருக்கின்ற வேளையில் ஒளிச்செறிவு இழிவாயிருக்கும். இன்னும் உருவானது **MP** பற்றிச் சமச்சீருடையதாயிருத்தலின் **MA** அல்லது **MB** இற்குச் சமமான ஆரை ρ ஐ கொண்ட ஒரு கறுத்த வளையம் உண்டாக்கப்படும். ஆறாம் பக்கம் 308 இல் உள்ளவாறு அம்பு **MP** ஆனது அண்ணளவில் $\frac{1}{2}\frac{MA^2}{s}$ ஆகும். இங்கு s என்பது வில்லையின் **இரண்டாம்** முகத்தின் வளைவின் ஆரையாகும். இது பக்கம் 337 இல் மெல்லிய வில்லையொன்றிற்கு ஏற்படுத்திக்கொண்ட குறியீட்டுக்கு இயைந்ததாகும். இதற்கையைய ஒரு கறுத்த வளையத்திற் குரிய நிபந்தனையைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$2\,MP = n\lambda, \text{ அல்லது } \frac{MA^2}{s} = n\lambda, \text{ அல்லது } \rho^2 = s \times n\lambda.$$

வழக்கத்தில் கறுத்த வளையத்தின் விட்டம் δ அளக்கப்படும். இங்கு நாம் $\delta^2 = 4s \times n\lambda$ என எழுதலாம். இங்கு n ஒரு முழுவெண்ணுகும்.

பரிசோதனை 147 A. சோடியம் ஒளியின் அலைநீளத்தை அளத்தல்.— P, R ஆகிய கண்ணுடித் தகடுகளின் மேற்பரப்பையும் தள-குவி வில்லை யின் மேற்பரப்பையும் பக்குவமாகச் சுத்தப்படுத்தல் வேண்டும். தகடு P என்பதை ஒரு கிடைத்தளமான கறுத்த மேற்பரப்பிலே வைத்த பின்னர் கண்ணுடி வில்லையை அதன் குவிவான மேற்பரப்பு தகடு P உடன் பொருந்துமாறு வைத்துவிடுக. ஒளிர்க்கதிர்களைத் தெறிக்கும் தகடு R இனை வரிப்படத்திற்கு நிலைக்குத்தாயமைந்த ஒரு கிடைத்தள அச்சு பற்றிச் சுழற்றக்கூடிய வகையில் ஒழுங்கு படுத்திக்கொள்க. மிகப் பிரகாச மான சோடிய விளக்கொன்றை ஒளிமுதலாகப் பயன்படுத்தல் வேண்டும். அண்ணளவில் சமாந்தரமான கற்றையொன்றைப் பெறுவதற்கு 15 அல்லது 20 ச.மீ. குவிய நீளமுள்ள ஒரு குவிவில்லை F இனை இடையில் வைத்தல் நல்லதாகும். ஒளியானது தகடு R இனூற் கீழ்நோக்கித் தெறிக்கப்பட்டு தகடு P இற் செங்குத்தாக விழுகின்றது. அச்சு நிலைக்குத்தாக இருக்குமாறு உள்ள இயங்கும் நுணுக்குக் காட்டி T என்பது வளையங்களை அளப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. நுணுக்குக் காட்டியின் பார்வை வில்லையைக் குறுக்குக் கம்பியிற் குவியச் செய்க ; முதலிலே நுணுக்குக் காட்டியை வில்லை L இன் விளிம்பிற் குவியச் செய்க. வில்லையை அதனுடைய மையமானது அண்ணளவில் நுணுக்குக் காட்டியின் அச்சிலிருக்கும்வரை நகர்த்துக. தகடு R இனைபார்வை மண்டலம் முழுவதும் நன்கு பிரகாசமாகும் வரை சுழற்றுக. நுணுக்குக் காட்டியானது வளையங்கள் முழுவதும் புலப்படும் வரை நிலைக்குத்துத் திசையில் நகர்த்தப்படும். நுணுக்குக் காட்டியின் குறுக்குக் கம்பிகளில் ஒன்று இயங்கு திசைக்குச் சமாந்தரமாக இருந்து வளையத் தொகுதியினது மையத்திற்கூடாகச் செல்லல் வேண்டும்.

மையவிடமானது கருமையாயிருத்தல் வேண்டும். ஆனால் வழக்கமாக அது வரையறுக்கப்படாததாயிருக்கும். இருள் வட்டத்தினது **ஆரை** ρ என்பதனை அளப்பதற்குப் பதிலாக **விட்டம்** δ இனை அளக்க. வளையங் களுக்குக் குறுக்காக நுணுக்குக் காட்டியை நகர்த்துகின்றபொழுது அமைப்பு களுக்கிடையே அது ஒரே திசையிற் செல்லல் வேண்டும். இது பின்னடிப் பினால் எற்படும் வழுவைத் தவிர்ப்பதற்கு என்று கூறலாம். ஏனெனில், நுணுக்குக் காட்டியின் பெட்டியானது விற்களினால் திருகாணியின் நுனிக ளோடு தொடர்புபடுத்தி வைத்திருக்கப்படும் என்க. 25 ஆவது இருள் வளையத்திலிருந்து அளப்பதாகக் கொள்வோம். அவ்வாறு அளப்பின் இதனிலும் சில வளையங்களுக்கு அப்பால் உள்ள ஓர் இருள் வளையத்தில் நுணுக்குக் காட்டியை அமைக்குக. பின்னர் நுணுக்குக் காட்டியை மையம் நோக்கி 25 ஆவது வளையத்தின் மையத்தின் மேற் குறுக்குக் கம்பி கிடக்கும்வரை நகர்த்துக. பெட்டியின் அளவீட்டினைக் குறிக்க. நகர்த்தும் போது ஒவ்வொரு ஐந்தாவது வளையத்திற்கும் அருகாமையில் அமையச் செய்து அளவீடுகளைக் குறிக்க. இவ்வாறுக மையத்தை நோக்கிச் செல்க. இவ்வாறுகத் தொடர்ந்து செய்து, மற்றப் பக்கத்திற்குச் சென்று 25 ஆம் வளையம் வரும்வரைக்கும் தொடர்ந்து செய்க.

அளவீடுகளிலிருந்து முழு எண் n என்பதற்கு ஒத்த பெறுமானங் களுக்குரிய விட்டங்களின் பெறுமானங்கள் δ_n என்பனவற்றைக் கணிக்க.

ஓர் இருள் வளையம் n இற்கு $\delta_n^2 = 4s \times n\lambda$.

இன்னும் ஒரு வளையம் $(n+5)$ இற்கு $\delta^2_{(n+5)} = 4s \times (n+5)\lambda$.

கழிப்பதனால் $\delta^2_{(n+5)} - \delta_n^2 = 4s \times 5\lambda$.

தள-குவிவு வில்லையின் **இரண்டாவது** (அல்லது வளைந்த) மேற்பரப்பின் வளைவாரை s இனைப் பரிசோதனை 131 இல் உள்ள வழியால் அளவிடுக. பக்கம் 337.

மேற்கூறிய தொடர்பிலிருந்து சோடியம் ஒளியின் அலைநீளத்தைக் கணித் தறிக. மற்றைய வளையச்சோடிகளுக்கும் இக்கணிப்பினைத் திருப்பிச் செய்க.

δ^2 ஐ நிலைத் தூரமாகவும் n ஐக் கிடைத் தூரமாகவும் கொண்டு அவற்றிற்குள்ள தொடர்பைக் காட்டும் ஒரு வரைப்படத்தை வரைதல் பயிற்சி பெறுதற்கு உகந்ததாகும். இது என்னத்தை உணர்த்துகின்றது ?

ஓர் இரச ஆவி விளக்கும் பச்சை ஒளியைத் தனிப்படுத்துவதற்குரிய நிற வடியும் கிடைத்தால் இரச ஒளியினது பச்சைக் கோட்டின் அலைநீளத்தை அளத்தல் இலகுவாகும்.

§ 3. கோணல் அளியடைப்பு

கோணல் என்பது ஒளிக்கற்றையினை ஒரு தொடரில் மாறி மாறி ஒளியிடங் களாகவும் இருள் இடங்களாகவும், அல்லது ஒளி இருள் பட்டைகளாகவும் பிரித்தலாம். இது ஓர் ஒளிபுகாப் பொருளின் ஓரத்திலோ, அல்லது ஓர் ஒடுங்கிய துவாரத்தினூடோ எற்படுவதாகும். படு கற்றையானது வெள் ளொளியாயின், நிறப்பட்டைகள் தோன்றும். ஒருநிற ஒளியின் வகையில் நேர்கோட்டுச் செலுத்துகைக்கு ஒத்த இடத்திற்கு அண்மையில், பிரகாசத் தில் ஓர் அளவு மாறுபடும் தன்மையுண்டு. இதனால் எற்படும் பட்டைகள் **கோணல் விளிம்புகள்** எனப்படும்.

மிகவும் தெளிவாக உருப்பெற்ற நிழல்களையே நோக்கும்பொழுதும் கோணற் பட்டைகள் தோன்றுவது ஒளிச் செலுத்துகையானது அண்ணள வில்தான் நேர்கோட்டியல்புடையது என்பதைக் காட்டுகின்றது. இப்பட்டைகள் **துணைக்குற்றலைகள்** ஒன்றின் மேலொன்று பதிவதால் எற்பட்டனவாகும் என்பர் ; இவை அலைமுகப்பின் எல்லாப் புள்ளிகளிலிருந்தும் விரிகின்றன எனக் கருதப்படுகின்றது.

எளிமையின் பொருட்டு படுவொளி இங்கு சமாந்தரமானதெனவோ, அல்லது தள அலைமுகப்பு உள்ளதெனவோ கருதப்பட்டுள்ளது. நிறமானியில் உள்ளவாறுபோல் ஒரு நேர்வரிசையாக்கியைப் பயன்படுத்தி இப்படியான ஒழுங்கைப் பெற்றுக் கொள்ளலாம் (பக்கம் 356). இன்னும் குறித்த ஒரு திசை நோக்கிச் சமாந்தர ஒளியின் கோணலை ஆய்ந்து கவனித்துக் கொள்ளலாம். ஒரு சமாந்தரக் கற்றைக்கெனச் செம்மைப் படுத்தப்பட்டதும் இதற்காக வேண்டிய திசையைச் சுட்டுவதுமான ஒரு தொலைகாட்டி பயன்படுத்தப் படும். அவ்வாறெனில் பயிற்சி முறையில் சாதாரணமான நிறமானியைப் பயன்படுத்தலாம்; அரியத்தினிடத்தில் ஒரு நேர்கோலை அல்லது குறுகிய கம்பியை அல்லது பிளவைக் கருவியின் பீடத்தில் அமைத்துக்கொள்ளலாம். இவ்வாறுக வெள்ளொளியுடன் வெவ்வேறு தடைகள், துவாரங்கள் ஆகிய வற்றிற்காய நிறக்கோணல் விளிம்புகளைப் பற்றி ஆராய்ந்தறிந்து கொள்ளலாம். இல்லையேல் நேர்வரிசையாக்கியின் பிளவைச் சோடியம் ஒளியினால் ஒளிபெறச் செய்யலாம்.

ஆதியிலிருந்த **கோணல் அளியடைப்பானது** சமாந்தரமான சம தூரப் பிளவுகள் பலவற்றைத் தரக்கூடிய ஒத்த இடைவெளியில் சமாந்தரக்கம்பிகளைக் கொண்ட ஓர் அமைப்பாகும். இப்பொழுதுள்ள அளியடைப்பானது ஒரு பெக்குலம் உலோகத்தின் துலக்கப்பட்ட மேற்பரப்பிலோ, அல்லது கண்ணுடியிலோ ஒரு வைரக் கூரினால் ஒத்த இடைவெளி கொண்ட சமாந்தரக் கோடுகளைக் கீறி ஆக்கப்படுவதொன்றாகும். பெக்குலம் உலோகம் என்பது செம்பும் ஈயமும் கலந்த ஒரு கலப்புலோகம். இவற்றின் படிவங்களை ஒளிப்படத்தாலும், அல்லது செலுலோயிட்டிற் (தோப்பு அளியடைப்பு) படியச் செய்தும் ஆக்கிக் கொள்ளலாம். கோணல் அளியடைப்பை உபயோகிக்கும் போது அதன் ஓரத்திற் பிடித்தே கையாளல் வேண்டும். **எவ்விதத்திலேனும் அளியடைப்பின் முகத்தைத் தீண்டல் ஆகாது.**

அரியம் தரு நிறமாலையில் அலைநீளத்திற்கும் கோண விலகலுக்கும் எளிய தொடர்பு கிடையாது. ஆனால் அளியடைப்பினால் ஆக்கப்பட்ட நிறமாலையில் கோணவிலகலானது அலைநீளத்திற்கு ஓர் எளிய விதி முறையில் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. இங்கு நேராகத் தன்மேல் விழுகின்ற சமாந்தர ஒளியுடைய **செலுத்தல் அளியடைப்பொன்றே** ஆராய்விற்கு எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. a என்பது தெளிவான ஒவ்வோர் இடத்தினதும், அல்லது துவாரத்தினதும் அகலம் ஆகுக; b ஒவ்வொரு ஒளிபுகாப் பகுதியினதும் அகலம் ஆகுக. $a + b$ என்பதை e என்பதற்குச் சமப்படுத்துக; e இங்கு **அளியடைப்பிடம்** ஆகும். இத்தூரங்கள் ச.மீ. இல் இருக்குமாயின் $1/e$ இன் பெறுமானம் அளியடைப்பில் ஒரு ச.மீ. இற்குள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கையைக் கொடுக்கும். சமாந்தரக் கற்றையொளியானது அளியடைப்பில் செங்குத்தாக விழும்போது அளியடைப்பிலிருந்து நேராக வெளிப்படுகின்ற ஒளி நுணுக்குக்காட்டியில் குவியப் பண்ணப்படும்; நேர்வரிசையாக்கியின் பிளவின் ஒரு பிரகாசமான விம்பத்தைத் தருகின்றது.

இதை நாம் அளியடைப்பின் நடுக்கோடு என்கிறோம். இப்பொழுது நுணுக்குக் காட்டி இம்மையநிலையின் இரு பக்கங்களுள் ஒன்றில் ஒரு கோணம் θ அளவில் திருப்பப்படுவதாகுக. துவாரங்களின் ஒத்த புள்ளிகளிலிருந்து புறப்படுகின்ற குற்றலைகளைக் கவனத்திற்கெடுத்தால் வேகத்தேய்வின் வழி, e சைன் θ என்பது, அலைநீளங்களின் ஒரு முழு எண்ணுக்குச் சமமாகின்றபொழுது அவை வலியுறுப்பெறும் என்பதைக் காட்டுவது கடினமன்று.

இது,

$$e \text{ சைன் } \theta = n\lambda$$

ஆக இருக்கின்ற பொழுது **உயர் ஒளிச்செறிவு** இருக்கும் என்பதைக் காட்டும். இவ்வாய்பாட்டில் n, ஆதை 0, 1, 2, 3, ... என்னும் ஒரு முழு எண்ணுகும்.

$n = 0$ ஆக இருக்கின்ற பொழுது, சைன் $\theta = 0$ ஆக இருக்கவேண்டும். அப்பொழுது மைய விம்பமானது **எல்லா அலைநீளங்களுக்கும்** $\theta = 0$ என்பதற்கு ஒத்ததாயிருக்கும். $n = 1, 2, 3$.....ஆயிருக்கும்பொழுது சைன் θ இன் பெறுமானம் அலைநீளத்திற்கு விகிதசமனுயிருக்கும்; அங்குள்ள வெள்ளொளியுடன் பொதுவாக முதல் வரிசை நிறமாலை, இரண்டாம் வரிசை நிறமாலை, மூன்றும் வரிசை நிறமாலை எனப்படும் பல வரிசை நிறமாலைகள் இருக்கும்.

அளியடைப்பால் உண்டாகின்ற எந்த நிறமாலைக்கும் நீண்ட அலைநீளங்களுக்கு ஒத்த **சிவத்த** முனை **மிகவும் விலகியிருக்கும்** என்பதைக் கவனிக்க. அரியத்தினால் உண்டாகின்ற நிறமாலையில் **ஊதா** முனை மிகவும் விலகியிருக்கும்.

n உடைய கொடுக்கப்பட்ட ஒரு பெறுமானத்திற்கு ஒரு கோணல் அளியடைப்பைப் பயன்படுத்திக் கோணம் θ ஐத் துணிதலால், ஒருநிற ஒளியின் அலைநீளத்தை வாய்பாடு $\lambda = e$ சைன் θ/n, என்பதைப் பயன்படுத்தி அறியலாம். இங்கு e என்பது அளியடைப்பு இடைவெளி, அல்லது அளியடைப்பு மூலகங்களின் ஒத்த புள்ளிகளுக்கிடையிலுள்ள தூரமாகும்.

பரிசோதனை 147 B. சோடியம் ஒளியின் அலைநீளத்தைச் செலுத்தல் அளியடைப்புக்கொண்டு அளத்தல்.—கோணங்களின் **செம்மையான** அளவீடுகள் தேவைப்படுகின்றமையால், ஒளிநிறமானியின் வேணியர் அளவுத்திட்டங்களைப் பக்குவமாக ஆய்ந்தறிந்து கொள்ளல் வேண்டும். அளவீடுகளைச் செம்மையாக எடுத்துக்கொள்வதற்கு இது இன்றியமையாததாகும். அளவீடுகளை எடுப்பதற்கு வாய்ப்பான ஓரிடத்தில் ஓர் ஆளியுள்ள விளக்கை வைத்துக் கொள்ளல் நல்லது.

ஒளிமுதலுக்காகப் பிரகாசம் உள்ள சோடியம் சுடரொன்றைப் பயன்படுத்துக. வேண்டா ஒளிகளைத் தடுப்பதற்கு வாய்ப்பான திரைகளை ஒழுங்கு படுத்துக. ஒளியியற் செம்மைப் படுத்தல்களைச் செய்வதற்கு **சுசுத்தரின் (Schuster's)** வழிகளைப் பின்பற்றி ஒளிநிறமானியைப் பரிசோதனை **140**

இல் உள்ளவாறு போல் செம்மைப்படுத்துக. பார்வை வில்லையும் குறுக்குக் கம்பிகளும் நோக்குவானுடைய இயல்பிற்கு ஏற்றவாறு செம்மைப்படுத்தப் படல் வேண்டும் என்பதைக் கவனத்திற் கொள்ளல் நன்று.

அரியத்தை நீக்கிவிட்டு, பிளவின் நேர்விம்பமானது குறுக்குக் கம்பிகளோடு பொருந்துமாறு தொலைகாட்டியை நேர்வரிசையாக்கியுடன் ஒரே கோட்டில் அமையுமாறு செய்க. தொலை காட்டியுடன் பொருத்தப்பட்ட வேணியரி லுள்ள அளவீட்டைக் குறிக்க. நேர்வரிசையாக்கியிலிருந்து வருகிற ஒளியின் கதிர்கட்குச் செங்கோணத்தில் தொலைகாட்டியின் அச்சு இருக்குமாறு அதை 90° இற்கூடாகத் திருப்புக. அளியடைப்பின் முகங்களில் ஒன்றையேனும் தீண்டாதவாறு நிறமானியின் பீடம் மீது அளியடைப்பை வைக்க. அத னுடைய கோடிட்ட முகம் மட்டப்படுத்தும் திருகாணிகளுள் இரண்டினை இணைக்கும் கோட்டுக்குச் சமாந்தரமாயும் அண்ணளவில் மையத்திலிருக்கு மாறும் அதனைச் செம்மைப்படுத்துக. நேர்வரிசையாக்கியிலிருந்து வருகிற ஒளியானது தொலைகாட்டியுள் அளியடைப்பின் ஒரு முகத்தினூல் தெறிக்கப்படு மாறு அளியடைப்பினைச் சுமக்கும் மேசையைத் திருப்புக. நேர்விம்பமானது முன்னர் எவ்விடத்தில் நுணுக்குக் காட்டியின் பார்வை மண்டலத்திலிருந் ததோ, அந்நிலையில் தெறித்துவரும் விம்பம் இப்பொழுது இருக்குமாறு அவ்விரு மட்டப்படுத்தும் திருகாணிகளுள் யாதாயினும் ஒன்றைச் செம்மைப் படுத்துக. சுழற்சியின் நிலைக்குத்து அச்சானது அளியடைப்பின் முகத்திற்குச் சமாந்தரமாவதை இச் செம்மைப்படுத்தல் உறுதியாக்குகின்றது. பீடத் துடன் பொருத்தப்பட்ட வேணியரின் அளவீட்டினைக்குறிக்க.

இப்பொழுது அளியடைப்பின் தளமானது நேர்வரிசையாக்கியிலிருந்து வருகிற ஒளிக்கற்றையுடன் 45° கோணமொன்றை ஆக்குகின்றது. படுகதிர் களுக்கு அளியடைப்பின் தளத்தைச் செங்குத்தாக்க நாம் விரும்புவதால் அளியடைப்பைச் சுமக்கும் பீடத்தை உரிய திசையிலே 45° ஊடாகத் திருப்பு தல் வேண்டும்.

இப்பொழுது தொலைகாட்டியை நேர்வரிசையாக்கியுடன் ஒரு கோட்டில் இருக்குமாறு மீண்டும் செம்மைப்படுத்துக. அளியடைப்பிற்கூடாகச் செல் கின்ற ஒளியானது இப்பொழுது ஆக்குகின்ற மைய விம்பத்தின் நிலையை மறுபடியும் கவனித்துக்கொள்க. இப்பொழுது முதல் வரிசையில் உள்ள கோணல் விம்பங்களுள் ஒன்றை நோக்குவதற்குத் தொலைகாட்டியைத் திருப்புக. தேவையாயின் கோணல் விம்பத்தைப் பார்வைமண்டல மையத்துள் கொண்டுவருவதற்கு ஏற்றவாறு மூன்றாவது மட்டப்படுத்தும் திருகாணியைச் செம்மைப்படுத்துக. இது அளியடைப்பின் கோடுகள் சுழற்சி அச்சுக்குச் சமாந் தரமாக இருப்பான் வேண்டிச் செய்வதாகும்.

இப்போது நடுவிம்பத்தின் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள பல கோணல் விம்பங்களுக்கும் அமைக்கப்பெற்ற தொலைகாட்டி வேணியரின் அளவீடுகளைக் குறிக்க. குறித்து கோணம் θ இன் ஒத்த பெறுமானங்களையும் பெறுக. குறித்த ஒரு வரிசை n இற்குரிய இருகோணங்களினதும் சராசரியை எடுக்க. சூத்திரம் $\lambda = \frac{e \text{ சைன் } \theta}{n}$ என்பதிலிருந்து அலைநீளத்தைக் கணித்தறிந்து கொள்க.

அளியடைப்பின் ஒரு ச.மீ. இற்குள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கை தெரியா விட்டால் அறிந்த ஓர் அலைநீளம் கொண்ட ஓர் ஒளியைப் பயன்படுத்திச் சூத்தி ரத்திலிருந்து $1/e$ இன் பெறுமானத்தைக் கணித்தறிந்து கொள்ளலாம். உதாரணமாக, இரசத்தின் பச்சைக்கோட்டின் அலைநீளம் அண்ணளவில் 5461 A.U. (அந்துரோம் அலகுகள்), அல்லது 0·00005461 ச.மீ. ஆகும்.

பகுதி III

ஒளியியலிற் கூடுதலான வேறு பயிற்சிகள்

1. சமாந்தரமான ஈராடிகளுக்கிடையில் ஓர் ஊசியை நாட்டினால் பல விம்பங்களைக் காணலாம். ஓராடியில் தோன்றும் மூன்றாவது விம்பத்தைப் பார்ப்பதற்குரிய ஒளிக்கதிர்களின் பாதையை வரைந்து காட்டுக.

2. இரு தளவாடிகளை அவற்றிற்கிடையேயுள்ள கோணம் 72° ஆக அமையுமாறு அமைக்க. இவ்வாடிகளுக்கிடையிலுள்ள கோணத்துள் வைக்கப்பட்ட ஓர் ஊசியின் விம்பங்களின் நிலைகளைக் காண்க.

3. ஒரு கண்ணுடித் துண்டிற்கூடாகச் சரிவாகச் செல்கின்ற ஓர் ஒளிக் கதிரின் பக்கப் பெயர்ச்சியானது படுகோணத்தில் தங்கியுள்ளது என்பதைக் காட்டுவதற்கு ஒரு வளைகோடு வரைக.

4. கன வடிவக் கண்ணுடித் தொட்டி ஒன்று நீரால் நிரப்பப்பட்டு அதனுள் நிலைக்குத்தான ஊசியொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. தொட்டியின் ஒரு பக்கத்திற்கூடாக வளியினுள் முறிக்கப்பட்ட கதிர்களுக்கு எரிநிலை வளைகோடொன்று வரைக.

5. ஓர் ஊசியைப் பொருளாகவும் வேறு இரண்டு ஊசிகளைத் தெறிப்புக் கதிர்களைத் துணிவதற்காகவும் பயன்படுத்தி, உருளையாடியொன்றிலிருந்து தெறிக்கும் கதிர்களாலாய எரிநிலை வளைகோட்டைவரைக. இதைக் குவிவாடிக்கும் குழிவாடிக்கும் செய்க.

6. நீர் கொண்டுள்ள உருளைவடிவான முகவையிலிருந்து வெளியே வளியுள் முறிக்கப்பட்ட கதிர்களாலாக்கப்பட்ட எரிநிலை வளைகோடொன்றை, முகவையுள் உள்ள பொருளிற்கு ஓர் ஊசியைப் பயன்படுத்தியும் தெறித்த கதிர்களைத் துணிவதற்கு வேறிரு ஊசிகளைப்பயன்படுத்தியும் வரைக.

7. உருளை வடிவான வில்லைக்கூடாகச் சமாந்தரக் கதிர்கள் முறிக்கப்பட்டபொழுது ஆகின்ற எரிநிலை வளைகோட்டை வரைக. (உருளைவடிவான வில்லைக்குப் பதிலாக ஒரு விளக்கிற் பிரயோகிக்கும் ஒளியொடுக்கியின் அரைப் பகுதியைப் பயன்படுத்துக).

8. உருளைவடிவான நீர்கொண்டுள்ள முகவையுள் ஓர் ஊசி நிலைக்குத்து நிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஊசியிலிருந்து வெளியே வளிக்கு வரும் கதிர்களின் பாதையைக் குறிக்க. ஊசிக்கு அண்மையிலுள்ள பாத்திரத்தின் பக்கத்திலிருந்து பார்க்கின்றபொழுது தோன்றும் விம்பத்தின் நிலையைக் காண்க.

9. குவிவில்லையொன்றிற் கூடாகச் செல்கின்ற சமாந்தர ஒளிக்கதிர்களின் பாதையை வரைக. அதிலிருந்து குவிய நீளத்தைப் பெறுக.

10. குழிவில்லையொன்றிற் கூடாகச் செல்கின்ற சமாந்தர ஒளிக்கதிர்களின் பாதைகளை வரைக. குவிய நீளத்தை அதிலிருந்து பெறுக.

11. கொடுக்கப்பட்ட குவிவில்லையின் குவிய நீளத்தை மூன்று வெவ்வேறு வழிகளாற் கண்டறிக.

12. கொடுக்கப்பட்ட குவிவில்லையை, ஒரு பொருளிலும் மூன்று மடங்கு பெரியதான விம்பத்தைத் திரையொன்றில் ஆக்கும் வகையில் வைக்க. பொருளிலிருந்து திரைக்குள்ள தூரத்தை அளக்க. அதிலிருந்து வில்லையின் குவிய நீளத்தைப் பெறுக.

13. ஊசிக்காட்சிகளையும் இடமாறு தோற்றத்தையும் பயன்படுத்தி கொடுக்கப்பட்ட குவிவில்லையிலிருந்து விம்பமுள்ள தூரம், பொருளுள்ள தூரத்தில் தங்கியிருக்கிறது என்பதைக் காட்டுவதற்கு ஒரு வளைகோடுவரைக

14. கொடுக்கப்பட்ட குவிவில்லையாலாக்கப்பட்ட விம்பத்திற்கும் பொருளுக்கும் இடையிலுள்ள மிகக் குறைந்த தூரத்தைக் காண்க. அதிலிருந்து வில்லையின் குவிய நீளத்தை உய்த்தறிக.

15. கொடுக்கப்பட்ட வில்லையானது திரையொன்றிலிருந்து 40 ச.மீ. தூரத்தில் நிலைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. திரையிலே மிகத் தெளிவான ஒரு விம்பத்தைத் தருவதற்கு அவ்வில்லையிலிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் ஒரு பொருளை வைக்க வேண்டும் என்பதைக் காண்க. விம்பத்தின் நேர்கோட்டு உருப்பெருக்கினைத் துணிக.

16. ஒரு கடிகாரக் கண்ணுடியுள் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு திரவத்தை நிரப்பி ஆக்கப்பட்ட வில்லையின் குவிய நீளத்தைக் கணிக்க.

17. கொடுக்கப்பட்ட இரு குவிவில்லைகளையும் எடுத்து முதலாவதற்கு ஊடாகச் செல்கின்ற சமாந்தரக் கதிர்கள் இரண்டாவதினுடைய முதற் குவியத்திற் போய்ச் சந்திக்குமாறு அமைக்க.

18. கொடுக்கப்பட்ட இரு வில்லைகள்

(i) ஒன்றோடொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்போது,

(ii) 2 ச.மீ. தூரத்தாற் பிரித்து வைத்திருக்கப்படும்போது, ஆகும் வில்லைச் சேர்மானத்தின் குவிய நீளத்தைத் துணிக.

19. கொடுக்கப்பட்ட குழிவில்லையினது மேற்பரப்புக்களின் வளைவாரைகளைத் துணிக.

20. கொடுக்கப்பட்ட குவிவில்லையினது மேற்பரப்பு வளைவாரைகளைக் கண்டறிக.

21. ஒரு திரையிலே மெய்விம்பமொன்று ஆக்குவதற்கேற்றவாறு ஒரு குவிவில்லையை அமைக்க. வில்லைக்கும் திரைக்கும் இடையிலே பின்னுக்குத் தளவாடியொன்று கொண்டுள்ள குழிந்த வில்லையொன்றைப் புகுத்துக. பொருளோடு பொருந்தக்கூடிய விம்பமொன்று ஆகுமாறு இவ்வில்லையின் நிலையைச் செம்மைப்படுத்துக. இதிலிருந்து குழிந்த வில்லையின் குவிய நீளத்தை உய்த்தறிக.

22. ஒரு குழிவாடியின் வளைவுமையத்தைக் காண்க. அதன் வளைவு மையத்திற்கும் ஆடிக்கும் இடையில் குழிவில்லையொன்றை அமைக்க. வில்லைக்கூடாகச் செல்கின்ற கதிர்களாலாய விம்பத்தோடு ஊசியொன்றைப் பொருந்துமாறு அமைக்க. வில்லையின் குவிய நீளத்தை உய்த்தறிக. எப்போது இம்முறை பிழை படுவதாகும்? குவிவில்லைக்கு இம்முறை பொருந்தக் கூடியதா?

23. ஒரு திரையிலே தூய நிறமாலையொன்றை எறியக்கூடிய வழியில் ஒரு பிளவு, ஓர் அரியம், வில்லைகள் ஆகியவற்றை ஒழுங்குபடுத்துக.

24. இழிவு விலகல் நிலையிலே இருக்குமாறு நிறமானியொன்றின் பீடத்தில் ஓர் அரியத்தைச் செம்மைப்படுத்துக. முதல் முகத்திலிருந்து தெறிக்கப்பட்ட ஒளிக்கதிர்களின் திசையைக் கண்டறிந்து ஒளியானது அரியத்தில் எக் கோணத்தில் படுகின்றது என்பதை அளக்க.

25. கொடுக்கப்பட்ட அரியத்திற்கு, விலகல் கோணம் படுகோணத்தோடு எவ்வாறு வேறுபடுகிறது என்பதைக் காட்டும் ஒரு வளைகோடு வரைக.

26. தொலை காட்டியை ஓரிடத்தில் நிலைப்படுத்தி வைத்துக்கொண்டு, முதலாவதாக ஒரு முகத்திலிருந்து பிளவின் விம்பம் தெறிப்பு வழியால் புலப்படுமாறும், இரண்டாவது முறை மற்ற முகத்தில் இருந்து புலப்படுமாறும் அரியத்தைத் திருப்பி, ஒரு நிறமானியின் அரியத்தின் கோணத்தை அளக்க. (இவ்வாறு அளக்கப்பட்ட கோணம் அரியக் கோணத்தின் மிகைநிரப்பு கோணமாகும்.)

27. ஒரு நிறமானியையும் சிறுகோணம் கொண்ட உள் வெறுமையான (கோறை) அரியமொன்றையும் பயன்படுத்தி இரு திரவங்களின் முறிவுக் குணகங்களை ஒப்பிடுக.

28. கல்சியம், துரந்தியம், பேரியம் ஆகியவற்றின் சுடர் நிறமாலைப் படங்களை வரைக.

29. சுகுத்தரின் (Schuster's) முறையைப் பயன்படுத்தி ஒரு நிறமானியைக் குவியச் செய்க. (பக்கம் 362). இம்முறை தொலைப்பொருளொன்று தேவைப்படாத தன்மையாலும் கருவியிலிருந்து அரியத்தையோ நூணுக்குக் காட்டியையோ அகற்றவேண்டிய தேவை இல்லாத தன்மையாலும் நல்ல வாய்ப்புடையதாகும்.

பகுதி IV

வெப்பம்

வெப்பத்தைப்பற்றிய குறிப்புக்கள்

வெப்பம் அல்லது சூடு என்பதைப் பற்றிய எண்ணம் எங்கள் காட்சிப் புலனுல் எங்களுக்குக் கிடைக்கின்றது. **வெப்பநிலை** என்னும் சொல் ஒரு பொருளின் "வெப்பத்தன்மைநிலையின் அளவினைச்" சொல்வதற்கு எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது. 17 ஆம் நூற்றுண்டுக் காலத்தின் ஆரம்பப் பகுதியில் இத்தகைய **"அளவுகளை" அளப்பதற்காகவே** வெப்பமானி அமைக்கப்பட்டது. வெப்பமான பொருள் ஒன்று குளிர்ந்த ஒரு பொருளுடன் தொடும் நிலையில் வைக்கப்பட்டால், அதனுல் விளையும் வெப்பநிலை பொதுவாக அவற்றின் தனித்தனிப் பெறுமானத்தின் இடைநடுவாய் இருக்கும். இவ்வுண்மையை விளக்குவதற்கு வெப்பமானது வெப்பப்பொருளிலிருந்து குளிர்ந்த பொருளுக்குச் செல்கின்றது எனச் சொல்வர். முதன்முதலாக, வெப்பமானது ஒரு பாய்பொருள் எனக் கருதப்பட்டது. அதற்குக் **கலோரி** என்னும் பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. 19 ஆம் நூற்றுண்டு அரும் செயல்களுள் வெப்பத்தைச் **சத்தி**யின் ஒருவகை எனக் கொள்ளலாம் என்னும் கருத்து வலியுறுத்தப் பட்டதும் ஒன்றுகும். இக்கொள்கையை **மேயரும் சூலும்** விரித்துரைத்தனர். ஒரு நூற்றுண்டுக்காலம் நடந்த செம்மையான ஆராய்ச்சியின் பின்னர் **வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலு**வின் பெறுமானம் 15 பாகை ச. வெப்ப நிலையில் ஒரு கிராம் கலோரிக்கு 4·185 சூல் என்பதென 1941 இல் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. சூல் என்பதை வெப்பத்தின் அலகாகப் பயன்படுத்துவதைப் பற்றி இப்பாடநூலில் அழுத்திக் கூறியுள்ளோம். ஒரு சூல் (10^7 எக்கு) என்பது மீ. கி. செ. அலகு முறைகளில் உள்ள சத்தி அலகு ஆகும். ஒரு செக்கனுக்கு ஒரு **சூல்**, அல்லது ஓர் **உவாற்று** என்பது வலு [அல்லது தொழிற்பாடு] என்பதின் அலகாகும்.

வெப்பத்தைப் பற்றிய கல்வி பௌதிகப் பொருள் பற்றிய **அளவீடுகளைச்** செய்வதில் இயைபு நுண்ணுணர்வை வளர்ப்பதின் இன்றியமையாமையை பல எடுத்துக்காட்டுகளால் விளக்குகின்றது. சூல் என்பார் தொடர் பயிற்சியால் தம்முடைய வெப்பமானியின் அளவீட்டை மிக்க செவ்விய முறையில் அளக்கப் பழகிக்கொண்டாரென்று கூறினுரெனினும், சாதாரணமான **ஓர் ஆய்கூடத்து** வெப்பமானி வழக்கமாக நூற்றுக்கு ஒரு பகுதிக்குக் கூடிய செம்மையில் அளக்க மாட்டாது. மாணுக்கர் எப்பொழுதும் வெப்பமானியின் அளவீட்டை அளவிடும்பொழுது, ஒரு சதம அளவைப் பாகையின் பத்திலொன்று அளவிற்கு மதிப்பிட முயலல் வேண்டும். ஆனுல், அளக்கப் படவேண்டிய வெப்பநிலையின் உயர்வு சிறிதாய் இருந்தால், (5°ச. எனக் கொள்க) வழு இரண்டு சத வீதத்திலும் மிகப்பெரிதாய் இருக்கும். எனவே, வெப்பத்தைப்பற்றிய ஆரம்ப பரிசோதனைகளில் நீளம், கனம், **திணிவு ஆகிய** வற்றைப் பற்றி ஆராய்வதில் ஒரு சத வீதத்திலும் கூடிய செம்மையை **எதிர்பார்த்தல் பயன்** இல்லாததாகும்.

வெப்பவளவை

§ 1. ஆரம்பப் பகுதி

ஒரு **வெப்பநிலை அளவுத்திட்டத்தை** எடுத்துரைப்பதற்கு வெப்பநிலையோடு இடைவிடாது மாறுபடும் ஒரு பொருளின் யாதுமொரு பண்பினை நாம் பயன்படுத்தலாம். இப்பண்பு X_0 என்னும் பெறுமானத்தை நீரின் **பனிபடுநிலை**யில், அல்லது **உறைநிலை**யில் கொள, நியம அமுக்கத்தில் உள்ள **கொதி நீராவிநிலை**யில், அல்லது **கொதிநிலை**யிலே X_{100} என்பதைக் கொண்டிருந்தால், நாம் ஒரு சதம அளவைப் பாகையை இப்பண்பில் $(X_{100} - X_0)/100$ என்னும் மாற்றத்தை ஆக்குகின்ற வெப்பநிலையின் மாற்றமென்போம்.

பொருளானது குறித்த ஒரு சூழலில் இருக்கின்றபொழுது, பண்பின் பெறுமானம் X_t ஆக இருந்தால், சூழலின் வெப்பநிலை, இப்பண்பு X இல் தங்கியிருக்கும் குறித்த அளவுத்திட்டத்தில் காணப்படும்

$$t°\text{ச.} = \frac{X_t - X_0}{X_{100} - X_0} \times 100$$

என்பதால் தரப்படும்.

ஒரு கண்ணுடிக் குழாயுள் உள்ள ஓர் இரசவிழையின் உச்சியின் நிலையில் தங்கியுள்ள அளவுத்திட்டத்தையே நாம் ஒரு பயிற்சி அளவுத்திட்டமாகக் கொள்கிறேம். அதன் நிலையை உறை வெப்பநிலையிலும் கொதிநீர் வெப்பநிலையிலும் அவதானிக்கின்றேம். இப்புள்ளிகளுக்கிடையிலுள்ள வெப்பமானியின்தண்டு நூறு சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படும். ஒவ்வொரு பகுதியும் ஒரு சதம அளவைப் பாகையாகும். இரசம் கொண்ட கண்ணுடி வெப்பமானிகள் இரண்டு ஒத்த கண்ணுடிகளால் ஆக்கப்பட்டனவாய் துளைகள் ஒழுங்கானவையாயிருந்தாலே, அளவீடுகள் பொருந்துவனவாக இருக்கும்.

இரசம்—கொள்—கண்ணுடி வெப்பமானிகள் வாய்ப்புடையனவாய் இருத்தலின் பெருமளவிற் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. விஞ்ஞான ஆராய்ச்சிகளுக்கு நியம வெப்பமானியாய் அமைந்தது ஐதரசன் வாயு நிரப்பப்பட்ட கனவளவு மாறு வெப்பமானியாகும் (ப. 415).

ஓர் ஆய்வு கூடத்தின் செயல்திறன் **பயன்படு நிலையிலமர்ந்த** கருவிகளைக் கவனிப்பதிலே தங்கியுள்ளது. மாணுக்கர் வெப்பமானி போன்ற உடையக் கூடிய கருவிகளைக் கையாளும்பொழுது இயன்ற முன்னெச்சரிக்கைகளை எடுத்துக் கொளல் வேண்டும். வெப்பமானி ஒன்றைப் பயன்படுத்தும் பொழுது, எவ்வுயர் பாகைக்கு அது ஆக்கப்பட்டதோ, அதனிலும் உயர்ந்த ஒன்றிற்கு அதைப் பயன்படுத்தல் ஆகாது. வெப்பமானியைப் பயன்படுத்தியபின் அதனை அதன் உறைக்குள் போட்டுவிடல் வேண்டும்.

வெப்பமானி ஒன்றை வாசிக்கும்பொழுது, இடமாறு தோற்றத்தால் வரும் வழுக்களை நீக்கல் வேண்டும். அதாவது, கண்ணினை இரச விழையின் நுனியுடன் இணைக்கும் கோடானது, அளவுத்திட்டப் பிரிவுகள் இரசவிழையின் நுனிக்குச் சார்பு முறையில் இடம் விலகியிராமல் இருத்தற் பொருட்டு, கருவியின் தண்டிற்குச் செங்கோணத்தில் அமைந்திருத்தல் வேண்டும். ஒரு வெப்பமானியின் அளவையை சதம அளவைப் பாகையின் 1/10 பகுதிக்கு மதிப்பிடுவதற்கு மாணாக்கர் பழகிக்கொள்ளல் வேண்டும்.

வெப்பமானி **தன்னுடைய** வெப்பநிலையையே பதிவு செய்யும் என்பதை நாம் மறத்தலாகாது. எனவே, யாதும் ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையைத் துணிவதற்கு அதை அப்பொருளுடன் நெருங்கித்தொட்டுக் கொண்டிருக்கச் செய்து அதன் வெப்பநிலையைப் பெறுவதற்குப் போதிய அளவு நேரத்திற்கு அதை அங்கு விட்டுவிடல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 148. வெப்பமானித்தண்டு வெளியேயிருப்பதால் வரும் வினவு.—உரமானி ஒன்றுள் ஒரு வெப்பமானியை 100°ச. குறி அளவிற்குத் தண்டு நீராவியில் மூடப்படுமாறு வைத்திடுக. நீர் மென்மையாகக் கொதிக்கும் பொழுது வெப்ப மானியின் அளவீட்டினை நோக்குக. 70°ச. குறியில் இருந்து மேற்புறம் தண்டு வெளியிலிருக்கும் அளவிற்கு வெப்பமானியை உயர்த்தி சில நிமிடங்களுக்கு அப்படியே வைத்திருந்தபின் அது காட்டும் அளவீட்டினை வாசிக்க. இந்நேரம் முழுவதிலும் நீர் மென்மையாகக் கொதித்தவாறிருத்தல் வேண்டும். தண்டு 40°ச. குறியிலிருந்து மேற்புறம் வெளியிலிருக்கவும், மீண்டும் 10°ச. குறியிலிருந்து மேற்புறம் வெளியிலிருக்கவும், ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்ந்து நடாத்துக. தண்டினை இவ்வாறு வெளியில் வைப்பதால் வெப்பமானியின் **அளவீட்டில்** ஆகும் மாற்றத்தைக் குறித்துக் கொள்க. இங்கு குமிழியின் வெப்பநிலை, பரிசோதனை நேர முழுவதும் ஒரே நிலையில் வைக்கப்பட்டிருந்தது என்பதைக் கவனிக்க.

இதை எல்லா வெப்ப அளவீடுகளிலும் மனத்திற்கொள்ளல் வேண்டும்.

§ 2. வெப்பமானியின் நிலையான புள்ளிகள்

வெப்பநிலை அளவுத்திட்டத்தை வரையறுக்க இரு நிலையான **புள்ளிகள்** வேண்டும்.

தூய வடிகட்டிய நீரிலிருந்து பெற்ற பனிக்கட்டி உருகும் வெப்ப நிலை **கீழ் நிலைப்புள்ளி** எனவரையறுக்கப்பட்டுள்ளது ; அதாவது, பனிக்கட்டியும் நீரும் சமநிலையில் ஒருங்கிருக்கும் வெப்பநிலை அதுவே ஆகும். இது **பனிபடு நிலை,** அல்லது உறைநிலை எனப்படும் : இது சதமவளவை அளவுத்திட்டத்தில் 0° எனக் குறிக்கப்படும். ஒரு பொருள் உருகுகின்ற வெப்ப நிலையை மாற்றுவதில் அமுக்கத்தின் வினவு மிகக் குறைவாதலின், உறைநிலையை வரையறுக்கும் பொழுது எல்லா இடங்களிலும் அதைக் கவனியாது விடலாம்.

பொதுவாக வளிமண்டல அமுக்கத்தில் கொதிக்கும் தூய வடிகட்டிய நீரிலிருந்து நீராவி கிளம்பும் வெப்பநிலையை **மேல்நிலைப்புள்ளி** என வரையறுக்கலாம். இவ்வமுக்கம் பாரமானி அமுக்கத்தில் 760 மில்லி மீற்றர் பாதரசத்திற்கு ஒத்ததாகும். உயர்நிலைப்புள்ளியானது **நீராவி நிலை,** அல்லது கொதிநிலை என்று அழைக்கப்படும். இது 100° என்று குறிக்கப்படும். இவ்வாறுக சதம அளவை அளவுத்திட்டத்தில் உறைநிலைக்கும் கொதிநிலைக்கும் உள்ள இடைவெளி நூறு பாகைகளாகப் பிரிக்கப்படும்.

கொதி நீரில் இருந்து வெளியெறும் நீராவியின் வெப்பநிலை, நீர் கொதிக்கும் பாத்திரத்தின் இயல்பிலோ நீரின் மாசுகளிலோ தங்கியிராது. ஆனால், வளிமண்டலவமுக்கத்தோடு மாறுபடுகின்றது. அமுக்கத்தோடு கொதிநிலை மாறுபடுவதை **இரேனே (Regnault)** என்பார் நுணுகி ஆராய்ந்தார். அமுக்கம் 760 மி.மீ. ஆயுள்ளவரையில் 26·8 மி.மீ. அமுக்க உயர்ச்சி கொதிநிலையில் 1° ச. உயர்ச்சியைக்கொடுத்தது என்பதைக் கண்டார். வேறு பாடுகள் சிறியனவாயிருக்கின்றபொழுது கொதி நிலையின் மாற்றம் அமுக்கத்தின் வித்தியாசத்திற்கு விகிதசமமாய் உள்ளது என எடுத்துக் கொள்ளலாம். உரு. 168 இல் உள்ள வரைப்படம் இவ்வெடுகோளுக்கு இசைய வரையப்பட்டுள்ளது. இதை மாணவரின் குறிப்புப் புத்தகத்தில் குறித்துக் கொள்ளல் வேண்டும்.

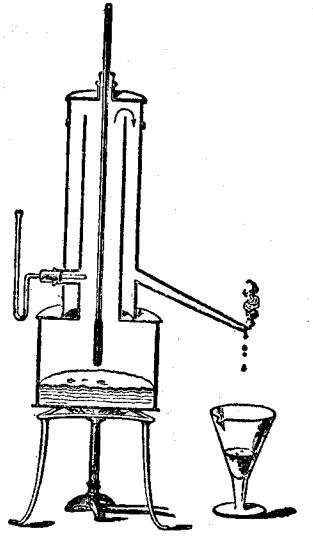
காலம் செல்லச்செல்ல வெப்பமானியின் கண்ணாடியானது மானியின் நிலைப்புள்ளிகளை மாற்றுமளவிற்கு மாறுதல் அடைகின்றது. எனவே, ஆய்வுகளில் ஏற்படும் வழுக்களுக்குத் திருத்தங்கள் அமைத்தற்பொருட்டு இந்த நிலைப்புள்ளிகளைக் காலத்திற்குக் காலம் புதிதாகப் பார்வையிட்டுக் கொள்ளவேண்டும். இந்நாட்டில் முதன்முதல் தாழ்ந்த நிலைப்புள்ளியைக் குறிப்பது வழக்கம்.

பரிசோதனை 149. ஒரு வெப்பமானியின் நிலைப்புள்ளிகளைத் துணிதல்.—(I) உறைநிலை.—ஏற்றதொரு பாத்திரத்தை விளிம்பளவிற்கு சிறு சிறு துண்டு பனிக்கட்டிகளால் நிரப்புக. துண்டுகளுக்கு இடையிலுள்ள இடைவெளிகளில் உருகிய பனி நீர் நிரம்பி இருக்குமாறு செய்க. உருகும் பனிக்கட்டிகளிலிருந்து தண்ணீரைவடித்து எடாதுவிடல் நல்லது. ஆயினும், அதிகம் நீர் சேரவிடலாகாது. முழுமையும் நல்லாய்க் கலக்கப்பட்டபடி இருத்தல் வேண்டும்.

வெப்பமானியைக் கவனமாகப் பனிக்கட்டிகளுள், பாத்திரத்தின் நடுவில் குமிழ் இருக்குமாறு வைக்க. பூச்சியப்புள்ளி பனிக்கட்டி மேற்பரப்புடன் மட்டாக நிற்குமாறு அது இருத்தல் வேண்டும். இரசநிரல் பனிக்கட்டிகளால் சூழ்ந்திருக்கும் நிலையிலே, அந்நிரலின் உச்சி அடைந்த மிகத் தாழ்ந்த நிலையைக் குறிக்க (1 சதமதான அளவிற்கு மதிப்பிடுக). அந்நிலை பூச்சியப்புள்ளிக்குமேலாக இருந்தால் வழு நேரானதெனப்படும். கீழாய் இருந்தால் எதிரான தெனப்படும். **வழு** நேரானதாயிருந்தால் அளவீட்டிலிருந்து

உண்மை வெப்பநிலையைப்பெறுவதற்கு அளிக்க வேண்டிய **திருத்தம்** எதிரானதாய் இருக்கும்.

(II) கொதிநிலை. — வெப்பமானியின் கொதிநிலையைத் துணிவதற்கு அதை **உயரமானி**யெனும் ஓர் உலோகக் கலத்துள் வைத்தல் வேண்டும். இது இரட்டைச் சுவர் நீராவிக்கஞ்சுகக்குழாய் ஒன்று மேலே பொருத்தப்பட்ட கொதிகலமாகும். உயரமானியின் உச்சியில் செருகப்பட்டிருக்கும் இடேச்சு ஒன்றிற் கூடாக வெப்பமானியானது, அதன் மேல்நிலைப்புள்ளி இடேச்சிற்கு மேலே மட்டாக நிற்குமாறு புகுத்தப்பட்டிருக்கும். வெப்பமானி உயரமானியுள் விழாதிருக்கக் கவனமெடுத்தல் வேண்டும். இன்றேல், வெப்பமானியின் குமிழ் உடைந்து விழுதல் கூடும். தண்டின் உச்சியில் உள்ள துவாரத்திற்கூடாக ஒரு கம்பியைப் பொருத்திவைத்தால் இவ்விபத்து எற்படாமற்றடுக்கலாம். வெப்பநிலையைக் கண்டறியுமுன் வெப்பமானி நீராவியில் பத்து நிமிடங்கள் வரை இருத்தல் வேண்டும். நீரை மிகவன்மையாகக் கொதிக்கவைத்தலாகாது. இன்றேல், உயரமானியிலுள்ள நீராவியின் அமுக்கம் வளிமண்டல அமுக்கத்திலும் உயர்ந்ததாய் இருக்கும் இரசநிரலின் உச்சியினது நிலையைப் பாகையின் 1/10 அளவிற்கு அளவிடுக.



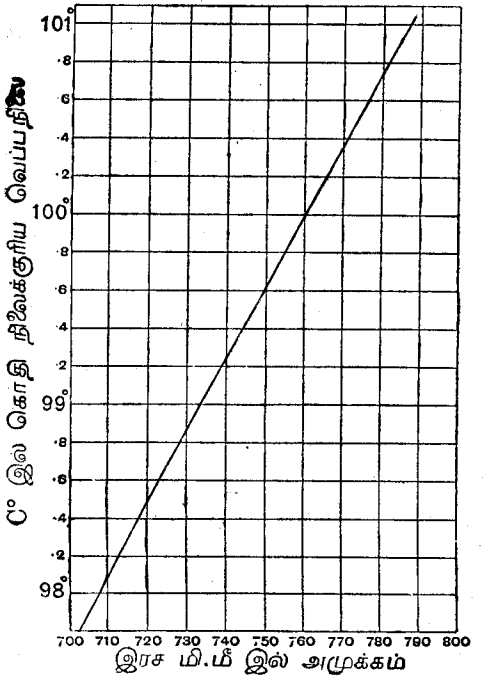
உருவம் 167. உயரமானி

அமுக்கத்திற்குரிய திருத்தம்.—பாரமானியின் உயரத்தை மில்லி மீற்றரில் அளவிடுக. வரைப்படத்தில் இருந்து, (உரு. 168) அவதானித்த வளிமண்டல அமுக்கத்திற்கு ஒத்த கொதிநிலையைத் துணிக.

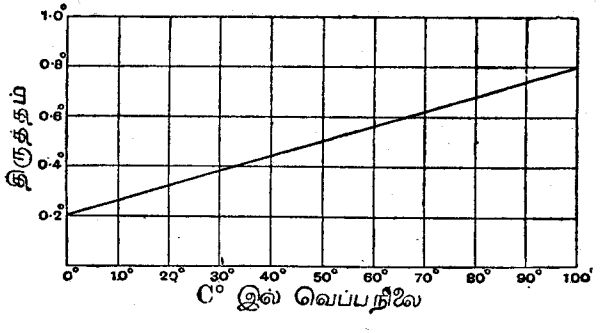
குறிப்புப் புத்தகத்தில் இந்த உண்மைக் கொதிநிலையையும் பரிசோதனையில் கையாளப்படும் வெப்பமானி பதிவு செய்த கொதிநிலையையும் குறிக்க. கொதிநிலையில் வெப்பமானி கொண்ட வழுவினைக் கணிக்க.

கொதிநிலைக்கும் உறைநிலைக்கும் இடையிலுள்ள யாதும் ஒரு வெப்பநிலைக்கு உரிய திருத்தத்தைத் துணிவதற்கு வரைப்படமுறை ஒன்றைப் பயன்படுத்துக. கிடைத்தள அச்சுவழியே, வெப்பமானியளவுத்திட்டத்தில் உள்ள இடைவெளிகளைக் குறிக்க இடைவெளிகள் எடுக்க. செங்குத்து அச்சு வழியே வேண்டிய திருத்தத்தைக் குறிக்கத் தூரம் எடுக்க. உரு. 169 இல் உள்ள வரிப்படத்தில் உறைநிலையில் உள்ள திருத்தம் + 0·2°ச. எனவும் கொதிநிலையில் + 0·8°ச. எனவும் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டன.

திருத்தமென்பது உண்மை வெப்பநிலையைப் பெறுவதற்கு அளவிட்டறிந்ததுடன் **கூட்டப்பட** வேண்டியதொன்றும்.



உரு. 168. அமுக்கத்தோடு கொதிநிலை மாறுபடுதல்



உரு. 169. வெப்பநிலைக்குரிய திருத்தம்

§ 3. வெப்பமானியொன்றை அளவுகோடிடலும் திருத்தலும்

குழாய்வழியே உண்டாகும் இரசத்தின் ஒத்த இயக்கங்களால் சுட்டப்படும் வெப்பநிலை வேறுபாடுகளுக்கு ஒத்த பெறுமானங்களைப் பெறுவதற்கு துளையானது ஒருதன்மையதாய் இருத்தல் வேண்டும். இது எப்பொழுதும் பெறக்கூடியதொன்றன்றுமல்லாமல் அபூர்வமானது.

இதைத் திருத்துவதற்குத் துளைக்கூடாக இரசநிரல் ஒன்றை அனுப்பி குழாயின் எல்லாப் பாகங்களிலுமுள்ள நிரலின் நீளத்தை அளந்து துளையின் அளவுகோட்டினைத் திருத்தல் வேண்டும்.

குறிப்பு :—பரிசோதனை 150 ஆனது உயர்மாணாக்கர்கட்கு நற்பயனைத் தரக்கூடியது ; ஆரம்பமாணவர் அதைச் செய்ய முயலலாகாது.

பரிசோதனை 150. வெப்பமானியொன்றினது துளையின் அளவுகோட்டைத் திருத்தல் :—இரச நிரலின் நுனியிலிருந்து அண்ணளவில் பத்துப்பாகை தூரத்தில் குழாயில் உள்ள ஒரு புள்ளியில், **ஒரு சிறு** சுடராற் சூட்டாக்கப் படும்.[1] இது அப்புள்ளியில் இரசத்தைக் கொதிக்க வைத்து இரசத்தின் ஒரு நிரலைத் துண்டித்து விடுகின்றது. இந்நிரலைக்கொண்டு துளையின் அளவு கோட்டுத்திருத்தஞ் செய்வதற்குப் பயன்படுத்தலாம். துண்டிக்கப்பட்ட பொழுது அது ஏறக்குறைய 10 பாகை நீளமுடையதாய் இருத்தல் வேண்டும். வெப்பமானியின் தண்டு இப்பொழுது ஆறவிடப்படும். மெதுவாக அதை அசைத்து அவ்விழையின் ஒருமுனை $0°$ ச. எனும் புள்ளியில் அண்ணளவில் வரச் செய்தல் வேண்டும். இந்நேரத்தில் அவ்விழை எஞ்சிய இரசத்தோடு கலவாமல் இருப்பதற்கு குமினழ ஈதரால் குளிர்விக்க வேண்டும். இழையின் ஒவ்வொரு முனையினது நிலையையும் ஓர் இயங்கு நுணுக்குக்காட்டியால் ஆராய்தல் வேண்டும்.[2] நிலையை வெப்ப மானியிலுள்ள பாகை அளவுத் திட்டத்திற்கேற்ப மதிப்பிடல் வேண்டும். நுணுக்குக் காட்டியிலுள்ள அளவுத் திட்டத்தில் ஒரு பாகையின் நீளத்தை ச.மீ. இல் அளந்தும் இழையின் முனையிலிருந்து முந்திய அடையாளத்திற்குள்ள பாகையின் **பின்னத்தை** ச.மீ. இல் அளந்தும் இதைச் செய்யலாம். நிலையினை ஒரு பாகையின் 1/100 அளவிற்கு எடுத்துச்சொல்லலாம்.

1 இங்கு எடுக்கப்பட்ட வெப்பமானிக்கு இவ்வழியால் ஒரு சிறு இரசவிழையைத் துண்டித்து எடுத்தல் உவந்ததோ என்பதை ஆய்வாளரிடமிருந்து அறித்து கொள்ளல் வேண்டும்.

2 இயங்கு அளவுத்திட்டத்தைப் பயன்படுத்தாமல் நுண்மானிப் பார்வை வில்லையைப் பயன்படுத்தினால் அது போன்ற மதிப்பீட்டைச் செய்யலாம். சார்புப் பெறுமானங்களே வேண்டிய வாதவின், இவ்வகையில் நுண்மானி அளவுத்திட்டத்தை நியமப்படுத்த வேண்டியதில்லை.

உதாரணமாக,

9 ஆம் பாகைப் பிரிவில் நுணுக்குக்காட்டி அளவு கோட்டு அளவீடு	=	12·36 ச.மீ.
10 ஆவது பாகைப் பிரிவில் —— ,, ——	=	14·08 ச.மீ.
இழையின் முடிவில் —— ,, ——	=	14·00 ச.மீ.

எனவே, இழையின் முனை

$$9 + \frac{1\cdot64}{1\cdot72}$$ பாகைகள் ; அதாவது 9·95 (3) இலிருக்கும்.

இப்பொழுது முதல் அளவையில் மேல்முனை இருந்த இடத்திற்கு அண்ணளவில் கீழ்முனை வருமளவிற்கு இழை நகர்த்தப்படும். மீண்டும் இரு முனைகளின் நிலைகளும் குறிக்கப்படும். மீண்டும் அது 20° இற்கும் 30° இற்கும் இடையிலுள்ள ஒரு நிலையில் அமைக்கப்பட்டு மீண்டும் அளவெடுக் கப்படும். இது மீண்டும் மேல்முனை கொதிநிலையில் இருக்கும் வரை தொடர்ந்து நடாத்தப்படும்.

கீழ்க்காணும் உதாரணத்திலுள்ளவாறு திருத்தம் கணக்கிடப்படும் :—

—0·03° இலிருந்து 9·79° வரையுள்ள நிரலின் முதல் நிலை, நூலின் நீளம்				9·82
9·85°—19·93°	,,	2 ஆம்	,,	10·08
19·88°—29·94°	,,	3 ஆம்	,,	10·06
29·98°—40·12°	,,	4 ஆம்	,,	10·14
40·00°—49·78°	,,	5 ஆம்	,,	9·78
49·82°—60·00°	,,	6 ஆம்	,,	10·12
59·95°—69·90°	,,	7 ஆம்	,,	9·95
70·00°—80·00°	,,	8 ஆம்	,,	10·00
80·03°—90·17°	,,	9 ஆம்	,,	10·14
90·06°—99·92°	,,	10 ஆம்	,,	9·86

நிரலின் சராசரி நீளம்=9·995.

துளையும் அளவுத்திட்டமும் திருத்தமான முறையில் ஒருதன்மையனவாய் இருந்தால் இவ்விரசத் திணிவு அளவுத்திட்டத்தில் எந்த இடத்திலுமே 9·995 பாகை இடத்தைக் கொள்ளும், அல்லது 9·995 சராசரி பாகையைக் கொள்ளும்.

இழை $0°$ ச. இல் தொடங்குவதாகக் கற்பனை செய்துகொள்க. அதன் மேல்முனை மிக அண்ணிதாக 9·82° பாகையில் இருக்கும். துளை ஒருதன்மையதாய் இருந்தால் அது 9·995°ச. இல் இருத்தல் வேண்டும்.

ஆகவே, அளவீடு 9·82 இற்குச் சேர்க்கப்படவேண்டிய திருத்தம் $+0\cdot175°$ச. ஆகும். இதை δ_{10} என்க. அதனோடு எல்லா வகையிலும் ஒத்த ஓர் இழையைச் சேர்த்தால் அவை இரண்டும் 9·82+10·08 வரை எட்டும்.

அவை 2(9.995) வரை எட்டல் வேண்டும். ஆக திருத்தம் 19·99–19·90, அல்லது +0·09°ச. ஆகும். இதை δ_{20} என்க. 20°ச. எல்லை அளவில் வேண்டிய திருத்தம் இதுவாகும்.

இவ்வாறுக 30°ச. இல் வேண்டிய திருத்தம் 3(9·995)–(9·82+10·08+10·06) = +0·025°ச. இவ்வாறே மேலும் தொடர்ந்து வரும். இவ்வாறுக நாம் பெறுவது :

$\delta_{10} = +0·175$ $\quad$ $\delta_{60} = -0·03$

$\delta_{20} = +0·09$ $\quad$ $\delta_{70} = +0·015$

$\delta_{30} = +0·025$ $\quad$ $\delta_{80} = +0·01$

$\delta_{40} = -0·2$ $\quad$ $\delta_{90} = -0·135$

$\delta_{50} = +0·095$ $\quad$ $\delta_{100} = 0·00$

இறுதிப் பெறுமானம் பூச்சியமாகவே இருக்கும்.

இவ்வாய்வுகளிலிருந்து துளையும் அளவுத்திட்டமும் ஒரேதன்மையனவாய் இல்லாததன் பொருட்டு அளவுத்திட்டத்திலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளிக்கும் கூட்டப்பட வேண்டிய திருத்தத்தைக் காட்டும் ஒரு திருத்த வளைகோட்டை வரையலாம்.

குறிப்பு :—செம்மையான வேலைகளுக்குரிய வெப்பமானிகளை நியம வெப்பமானியுடன் ஒப்பிடுவதற்காக நியமப்படுத்தும் ஓர் ஆய்வுக் கூடத்திற்கு அனுப்பலாம்.

வெப்பமானி ஒன்றை யாதுமொரு அளவுத்திட்ட முறையில் கோடிடல்

சில வகைகளில் ஒரு வெப்பமானியின் தண்டில் வரையப்பெற்ற அளவு கோடுகள் குறித்தயாதும் திட்டமின்றி அமைந்தவையாய் இருத்தல் கூடும். இதனால் அளவீடுகளை நேராகச் சதம அளவைப் பாகையில் பெற முடியாது. உதாரணமாகத் தண்டு மில்லி மீற்றர் அளவையில் அளவிடப்பட்டிருக்கும். ஆயினும், இத்தகைய வெப்பமானியைக்கொண்டு சதம அளவைத்திட்டத்திற்கியைய வெப்பத்தை அறியலாம். இதன் பொருட்டு முந்திய பகுதியில் விவரிக்கப்பட்ட வழிகளால் நிலைப் புள்ளிகள் இரண்டையும் அறிந்து வெப்பமானியை நியமப்படுத்தல் வேண்டும். உதாரணமாக உறைநிலையில் இரசம் அளவுத்திட்டத்தின் அடியில் இருந்து 24 மி.மீ. அளவில் நிற்க, கொதிநிலையில் அது அளவுத்திட்டத்தின் அடியிலிருந்து 184 மி.மீ. இல் நிற்கும். இவ்வாய்வு நடைபெறுகின்ற பொழுது பாரமானியின் அளவீடு 733 மி.மீ. ஆயின் கொதிநிலை 100°ச. இற்குப் பதிலாக 99°ச. ஆக இருக்கும்.

எனவே, அளவுத்திட்டத்தின் அடியில் இருந்து 24 மி.மீ. தூரத்திலுள்ள புள்ளி 0°ச. இற்கு ஒத்ததாய் இருக்கும். 184 மி.மீ. தூரத்திலுள்ள புள்ளி 99°ச. இற்கு ஒத்ததாயிருக்கும் இவ்வாறுக அளவுத்திட்டத்தில் உள்ள 160 மி.மீ. தூரம் 99 சதம் அளவைப் பாகை இடைவெளிக்கு ஒத்ததாய் இருக்கும். எனவே வெப்பமானியில் உள்ள 1 மி.மீ. இற்கு சதம அளவைத்திட்டத்திலுள்ள இடைவெளியைக் கணித்தல் இலகுவாகும். இவ்வகையில் 99/160 பாகை 1 மி.மீ. இற்கு ஒக்கும்.

இவ்வெப்பமானி கலோரிமானியில் உள்ள ஒரு திரவத்தின் வெப்பநிலையைக் காண்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றதெனக் கொள்க (ப. 000); இரசம் அளவுத்திட்டத்தின் அடியில் இருந்து 64 மி.மீ. அளவில் நிற்பதாகவும் கொள்வோம். அப்பொழுது இரசம் உறைநிலையில் இருந்து மேலே 40 மி.மீ. இல் நிற்கும். இதனால், சதம அளவுத்திட்டத்தில் இதற்கு ஒத்த வெப்பநிலை $40 \times 99/160 = 24·75$°ச. ஆகும்.

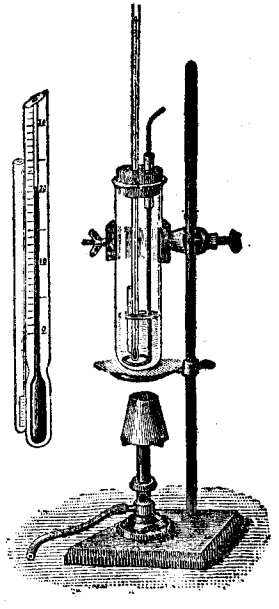
இப்பொழுது கொடுக்கப்பட்ட வெப்பமானியின் அளவுத்திட்டத்திற்கும் சதம அளவை அளவுத்திட்டத்திற்கும் உள்ள தொடர்பை வரைப்படமுறையில் காட்டலாம். வெப்பமானியின் அளவீடுகளைக் கிடைத்தூரமாகவும் சதம அளவுத்திட்டத்தின் அளவீடுகளை நிலைத் தூரமாகவும் கொண்டு இதைச் செய்யலாம்.

பரிசோதனை 151. யாதும் ஓர் அளவுத்திட்டத்தைக்கொண்டு ஒரு வெப்பமானியை அளவுகோடிடல்.—மேற்கூறிய வகையில் யாதுமோர் அளவுத்திட்டம் கொண்ட வெப்பமானிக்கு நியம அளவீடுகளைப் பெறுக. அதைக் கொண்டு அறையின் வெப்பத்தை அளக்க. நீரின் வெப்பத்தையும் அளக்க.

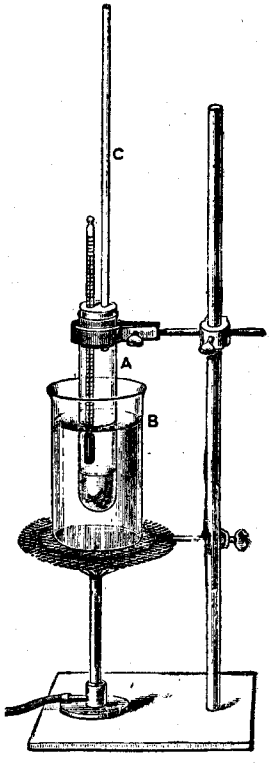
§ 4. உருகுநிலையும் கொதிநிலையும்

பரிசோதனை 152. ஒரு திண்மத்தின் உருகுநிலையைத் துணிதல்.—பரபின் மெழுகு போன்ற ஒரு திண்மத்தின் உருகுநிலையை ஆய்வதற்கு முதலாவதாக, ஊதுகுழல் சுவாலை ஒன்றில் கண்ணுடிக்குழாய் ஒன்றை ஒரு மெல்லிய மயிர்த்துளைக்குழாய் ஆகுமாறு அமைத்திடுக. ஓர் அராவணத்தால், அல்லது கண்ணுடி வெட்டியால் இக்குழாயில் சில ச.மீ. அளவு துண்டு வெட்டுக. இப்பொழுது வாய்த்ததொரு நல்ல கலத்திலே, ஆய்வுக்கெடுத்த திண்மத்தைச் சுடவைத்து நீராக்கி அதனுள் இக்குழாயின் ஒரு முனையை அமிழ்த்தி குழாயை அப்பொருள் கொண்டு நிரப்புக. பலவகைகளிலும் மயிர்த்துளைத் தாக்கத்தால் இந்தத் திரவம் குழாயினுள் புகுந்துவிடும்.

குழாயை நிரப்பியபின் குழாயை அடிப்பக்கம் அடைத்து விடல் வேண்டும். இன்றேல், உருகியவுடன் அப்பொருள் ஒழுகிவிடும்; அல்லது நீர் குழாய் வெளியே மேலே ஏறி திண்மமாகு நிலையை நோக்க முடியாமற் செய்துவிடும்.



உரு. 170. ஒரு திண்மத்தின் உருகுநிலை



உரு. 171. ஒரு திரவத்தின் கொதிநிலை

இப்பொழுது திண்மப் பதார்த்தத்தைக் கொண்டுள்ள குழாயை வெப்பமானியின் குமிழுடன் மெல்லிய இழைகளைக் கொண்டோ, நெகிழ்சத்தியுள்ள வார்களைக் கொண்டோ கட்டிவிடல் வேண்டும். அதன்பின் குமிழைப் பக்குவமாக நீர்த்தொட்டியால் சூடேற்றல் வேண்டும் (உரு. 170).

சின்னக் குழாயிலுள்ள திண்மம் திரவநிலையை அடைகின்றபொழுது வெப்பமானியின் அளவீடு குறிக்கப்படும். பின்னர் தண்ணீர்த்தொட்டியை ஆறவிட்டபின் திண்மம் மீண்டும் கன உருக்கொள்கின்ற பொழுது அளவீட்டைக் குறித்தல் வேண்டும். **உருகுதலு**க்கெடுத்த வெப்பநிலை உண்மையான உருகுநிலையில் இருந்தும் சிறிது கூடியதாக இருக்கும். **திண்மமாகுதற்**குரிய வெப்பநிலை மிகவும் குறைவானதாக இருக்கும். சரா

சரியையே உண்மை உருகுநிலையாக எடுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். சிலவேளைகளில் திரவத்தை **மிகக் குளிர**வைத்தலும் இயலக் கூடிய தொன்றாகும். இவ்வகைகளில் இப்பரிசோதனையால் உண்மை உருகு நிலையைப் பெறமுடியாது.

சில வகைகளில் மயிர்த்துளைக் குழாயை அகற்றிவிட்டு வெப்பமானியின் குமிழைச் சுற்றித் திண்மத்தின் ஒரு மென் படலத்தை அமைத்துப் பின்னர் அதை முன்னர் கூறியவாறு பக்குவமாகச் சூடேற்றிப் பரிசோதனையை நடாத்தல் வேண்டும்.

ஒரு திரவம் திண்மமாகின்றபொழுது ஆகின்ற குளிராகும் இயல்பைப் பற்றிய வளைகோட்டை விவரிக்கும் பரிசோதனையையும் பார்க்க (பக்கம் 441).

பரிசோதனை 153. ஒரு திரவத்தின் கொதிநிலையைத் துணிதல்.—இவ் வாராய்ச்சிக்கு இரு துளைகொண்ட கிடேச்சினால் மூடப்பட்ட ஆய் குழாய் ஒன்றில் திரவத்தை விடுக. ஒரு துளைக்கூடாக வெப்பமானி பொருத்தப் பட்டிருக்கும்; நீராவியை வெளிக்கொண்டு செல்லக் கூடிய கண்ணுடிக் குழாய் ஒன்று மற்றையதில் இருக்கும். திரவத்தின் கொதிநிலை வரும் வரைக்கும் ஆய்குழாய் பக்குவமாக ஒரு சிறு சுடராலோ நீர்த்தொட்டியாலோ சூடாக்கப்படும். **துள்ளித் துள்ளிக் கொதிக்கும் தன்மை** ஏற்படாமல் இருப்பதற்கு ஒரு சில கண்ணுடி மணிகளையோ மென்சுவர் மயிர்த்துளைக் குழாய்ச் சிறு துண்டுகளையோ நீருள் போட்டு விடல் வேண்டும். குழாய்ச் சிறுதுண்டுகளை ஊதுலைச் சுடரில் ஒரு கண்ணுடிக் குழாயை ஊதி ஆக்கிக்கொள்ளலாம். ஆய் குழாயிலுள்ள வெப்பமானியின் நிலை ஆய்கின்ற திரவத்தைப் பொறுத்ததாய் இருக்கும்.

(அ) **தூய** திரவமாய் இருந்தால் ஆவியின் வெப்பநிலையையே அளக்க வெப்பமானி பயன்படுத்தப்படுகின்றமையால், வெப்பமானியின் குமிழ் நீருள் அமிழ்தல் ஆகாது (உரு. 171).

(ஆ) கரைசலை ஆய்கின்றவிடத்தில் திரவத்தின் வெப்பநிலை தூய கரைதிரவத்தினுடையதில் இருந்தும் குறிப்பிடத்தக்க வகையில் வேறுபடுகின்றது. **கரைசலின்** வெப்பநிலையைத் துணிவதற்கு வெப்பமானியின் குமிழ் திரவத்துள் அமிழ்த்தப்படல் வேண்டும். வெப்பமானிக் குமிழ் கரைசலுள் இருக்கின்றபொழுது உள்ள அளவீட்டிற்கும் திரவத்தின்மேலுள்ள ஆவியில் இருக்கின்ற பொழுதும் உள்ள அளவீட்டிற்கும் இடையமைந்த வித்தியாசத்தைக் குறிக்க. மிகைச் சூட்டைத் தவிர்ப்பதற்குக் கரைசல் **மிக மென்மையாகக்** கொதித்தல் வேண்டும்.

குறிப்பு.—மிக்குணர் வுடை வெப்பமானிகளைக் கையாளுதலில் மிக்க கவனம் எடுத்தல் வேண்டும். அவற்றை அதிகச் சூடாக்குதல் ஆகாது. சில வேளைகளில் குமிழை ஒரு மெல்லிய உலோகமூடியால் காக்க. ஆனல், கலோரியளவியலில் மூடியின் நீர்ச்சமவலுவைக் கணக்கெடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

அதிகாரம் II

விரிவுக்குணகங்கள்

§1. நீள விரிவுக்குணகம்

ஒரு கோலின் வெப்பநிலையை ஒருபாகை உயர்த்துவதால் ஆகும் நீள அதிகரிப்பு கோலின் நீளத்தோடு ஒப்பிடப்படும் பொழுது மிகக் குறை வாய்க் காணப்படும். இது பல்வேறு வெப்பநிலைகளுக்கும் ஏறக்குறைய மாறிலியாய் இருக்கும்.

ஒரு திண்மத்தின் **நீள விரிவுக்குணகம்** ஆனது **ஒரு பாகை வெப்பநிலை உயர்வுக்கு அதன் முதல் நீளத்திற்கு அதன் நீல அதிகரிப்புக் கொண்ட விகிதமாம்.**

கோலின் முதல் நீளம் l_0 ஆக, அதன் வெப்பநிலை ஒரு பாகை உயர்த்தப் பட்டபொழுது அதன் நீளம் l_1 எனின், நீளவிரிவுக்குணகம் α என்பது

$$\alpha = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

என்னும் சூத்திரத்தாற் தரப்படும்.

கோலின் வெப்பநிலை $t°$ பாகை ஆக உயர்த்தப்பட்டபொழுது அதன் நீளம் l எனின்

$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0 t}. \qquad (1)$$

எனக் குறிக்கலாம்.

ஆகவே $$l - l_0 = l_0 \alpha t$$

அல்லது $$l = l_0(1 + \alpha t). \qquad (2)$$

சில வேளைகளில் கோலின் முதல் வெப்பநிலையை 0°C. என எடுத்தல் வாய்ப்புடையதாய் இருக்கும். அப்பொழுது l_0 என்பது 0°C. இல் உள்ள நீளத்தைக் குறிக்கும். t என்பது நீளம் l இற்கு ஒத்த கோலின் வெப்பநிலையைச் சதம அளவைப்பாகையிற் குறிக்கும்.

அவதானிக்கப்பட்ட நீளத்தின் மாற்றம் சிறியதானமையால், முதல் வெப்ப நிலையை அறையின் வெப்பநிலை எனக் கொள்ளலும், l_0 அவ்வெப்பநிலையில் கோலின் நீளத்தைக் குறிக்கிறதெனக் கொள்ளலும் வாய்ப்புடையதாகும். இவ்வகையில் t வெப்பநிலை **உயர்வைச்** சுட்டுகிறது. அதாவது, இறுதி வெப்ப நிலைக்கும் அறையின் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள வித்தியாசத்தையேயாம்.

குறிப்பு.—குணகத்தைக் காண மேற்கொள்ளும் எவ்வாயுகளிலும் கோலின் வெப்பநிலை அதன் கனவளவு முழுவதும் ஒருநிலையதாய்ச் செறிய நேரம் கொடுத்தல் வேண்டும். இங்கு குணகம் $(°C.)^{-1}$ என்ப தால் குறிக்கப்படும்.

சமன்பாடு (1) இல் இருந்து நீள விரிவுக்குணகத்தை **ஆராய்வது,** முதல் நீளம், வெப்பநிலை ஏற்றம், **நீளத்தின் அதிகரிப்பு** ஆகிய மூன்று கணியங்களை அளப்பதைக் கொண்டுள்ளது என்பதை நாம் அறியலாம். இறுதி அளவையே இடர் தருவதொன்றாகும். இந்த அளவில் நிகழத் தக்க வழு பெரிதானமையால் மற்ற இரண்டு கணியங்களையும் அளத்தலில் மிக்க செம்மையை அடைய முயல்தல் பயனின்று. (ப. 6–7 பார்க்க). கோலின் முதல் நீளத்தை ஆயிரத்தில் ஒரு பகுதியளவில் அளந்தறி தல் வேண்டும். அளவு எடுத்த வெப்ப நிலையைக் குறித்துக் கொள்ளல் வேண்டும். குறித்த ஒரு வெப்பநிலைக்குக் கோலைச் சூடாக்கிய பொழுது கோலில் உண்டான விரிவை அளக்கப் பல முறைகளைக் கையாளலாம்:—

1. குறித்த ஒரு விதச் சமனில் நீளத்தின் விரிவை ஒரு பொறியியல், அல்லது ஒளி இயல் நெம்பு கோலொன்றினால் உருப்பெருக்கலாம். (இவ வோசியர், இலப்பிலேசு) உருப்பெருக்குக் காரணியை மிக்க அவதானத்துடன் துணிந்து கொள்ளல் வேண்டும்.

2. நீளத்தின் விரிவை நேரடியாக ஒரு திருகாணி நுண்மானியைக் கொண்டு அளந்தறியலாம். ஒரு சாதாரண கோளமானியைப் பயன் படுத்தலாம்.

3. ஆய்வுக்குரிய கோலின் முதல் முனையில் ஒரு நுண்மானி அல்லது, வேனியர் நுணுக்குக் காட்டி குவியும்படி செம்மை செய்தும் மற்றை முனையில் இரண்டாவது ஒரு நுணுக்குக் காட்டியைக் குவியச் செய்தும் நீள விரிவை நேரடியாக அளந்து கொள்ளலாம்.

இவ்வழி மற்றை இரு வழிகளிலும் நலமுடையது. இங்கு கோலின் இரு முனைகளிலும் நோக்குக்கள் கொள்ளப்படுகின்றன. பரிசோதனை முழு நேரத்திலும் கோலின் ஒரு முனை மாறு நிலையிலுள்ள தென்று எடுத்துக் கொள்ளப்படவில்லை. இது **உரோயும் இரமசுதனும்** கைக்கொண்ட வழி யாகும்.

உண்மையைச் சொல்லப் புகின் மூன்று வழிகளும் **இரண்டு பொருள்** களினது விரிவுக் கிடையிலுள்ள வித்தியாசத்தைத் தருகின்றன. ஒனறு விரியவில்லை என்ற எடுகோளினால் வரும் வழுவை தடுக்கக் கவனமெடுத்தல் வேண்டும்.

ஒளியியல் தலையீடுகளில் தங்கியிருக்கும் வழிகள் இங்கு குறிக்கப்படவில்லை.

பரிசோதனை 154A. நீள விரிவுக்குணகத்தைத் துணிதல்.—இங்கு கூறப்படும் கருவி இரண்டாவது வழிக்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும். பரிசோதனை செய்யப் படும் கோலை எடுத்து ஒரு நீராவிக்கஞ்சுகக்குழாயுள் போடல் வேண்டும். இது நீராவி ஒட்டமொன்றை உட்செலுத்தக்கூடிய வழியில், உட்குழியுள்ள ஓர் உலோகத்திணிவான, அல்லது கண்ணடியினாலான ஒரு குழாயாகும் இக்குழாயின் முனைகளுக்கு அப்பால் கோலின் முனைகள் தள்ளிக்கொண்டு

நிற்கும். இணைப்புக்களை இடைச்சு அல்லது இறப்பர்க் குழாய்த்துண்டினால் ஆவி போகா வண்ணம் இறுக்கிவிடல் வேண்டும். கோலின் ஒவ்வொரு முனையிலுமுள்ள வெப்ப நிலையையும் அளக்க ஒரு வெப்பமானி கொடுக்கப்படும். கோலின் ஒரு முனை நிலையாக்கப்பட்ட ஓர் உலோக முளையுடன் தொட்டவாறிருக்கும். மற்றையது விரிய வாய்ப்புக் கொண்டிருக்கும். இம் முனையில் கவர்த்த தலையுள்ள ஒரு திருகாணி நுண்மானி (கொளமானி), திருகாணியின் அச்சு கோலின் திசையொடு பொருந்துமாறு, ஒழுங்கு படுத்தப்பட்டிருக்கும். திருகாணியின் முனைக்கும் கோலின் முனைக்கும் உள்ள தொடுகையை தொட்டறியலாம்; அல்லது தொட்டவுடனே நழுவக் கூடியதான ஓர் இறைச்செற்று நுண்மானியைப் பயன்படுத்தியறியலாம். ஆனால், தொடுகையின் திசையைச் சுட்டுவதற்கு ஓர் இலகுவான மின் உபகரணத்தைப் பயன்படுத்தலாம்.

உவோற்றுக்கலத்தின் ஒருமுனை திருகாணி நுண்மானியுடன் இணைத்து வைக்கப்படும். மற்றைமுனை,[1] கோலின் நிலைத்த முனை தங்கியிருக்கின்ற முளையுடன் எளியதொரு கல்வனோமானியால் தொடுக்கப்பட்டிருக்கும். கோலின் முனையைத் திருகாணி நுண்மானியின் நுனி தொட்டதும் சுற்று முடிவாக்கப்பட்டு கல்வனோமானியின் ஊசி திருப்பப்படுகின்றது.

கருவியை அமைத்து சாதாரணமான வெப்பநிலையில் கோலின் முனையுடன் தொடுகை எற்படுகிறபொழுது திருகாணி நுண்மானியின் அளவீட்டைக் காண்க. இந்தச் செம்மைப்படுத்துதலை பலமுறையும் செய்தல் வேண்டும்.

இப்பொழுது **விரிவிற்கு இடம் கொடுப்பதற்காக திருகாணி நுண்மானியைப் பல முறை சுழற்றுக.** ஒரு கொதி கலனிலிருந்து கஞ்சுகக் குழாய்க் கூடாக நீராவி ஒட்டம் ஒன்றைச் செலுத்திக் கோலைச் சூடாக்குக. கோல் நிலையான ஒரு வெப்பநிலையைக் கொள்ளுமளவு பொறுத்திருக்க. இரண்டு வெப்பமானிகளின் அளவீடுகளையுங் குறிக்க. தொடுகை எற்படுமாறு மீண்டும் திருகாணி நுண்மானியை ஒழுங்கு படுத்துக. அளவீட்டைக் குறிக்க. அளவீட்டைப் பலமுறையும் திருப்பித் திருப்பிச் செய்க. இவ்வளவீட்டிற்கும் முந்திய அளவீட்டிற்குமுள்ள வித்தியாசம் கோலினது நீள விரிவைக் கொடுக்கின்றது.

இதுவரை பெற்ற அளவீடுகளிலிருந்து கோலின் நீள விரிவுக்குணகத்தைக் கணித்தறிக.

பரிசோதனை 154B.—சாதாரணமாக திருகாணி நுண்மானியைக்கொண்டு வேலை செய்யும் பிறிதொரு முறை வருமாறு: ஒரு கிடைத்தளமான உலோகக் குழாயின் ஒரு முனையை உறுதியாகப் பூட்டிவிட்டு மற்ற முனையை நிலைப்படுத்தப்பட்ட ஒரு துண்டத்திலுள்ள ஒரு துவாரத்திற் கூடாக எளிதாக நகரவிடுதலாகும்.[1] குழாய் இத்துவாரத்திற்கூடாகச்

[1] அலெனும் மட்சுவெல்லும், "வெப்பம் பற்றிய பாடநூல்" பகுதி I, ப. ... உரு. 29.

செல்லுமிடத்து அக்குழாயில் மேற்கூறிய துண்டளவு பருமனுடைய இன்னொரு துண்டு பூட்டப்படும். ஒவ்வொரு துண்டிற்கும் அளத்தற்குவாய்ப்பான ஒரு குறிபோல் நிலைக்குத்தான முனைப்பொன்றிருக்கும். குழாய் குளிராயிருக்கும் பொழுது இம் முனைகளின் வெளிமுகங்களுக்கிடையிலுள்ள தூரம் அளக்கப்படும். மீண்டும் இக்குழாய் நீராவி ஒட்டம் ஒன்றினால் 100°C. இற்குச் சூடாக்கியபின் அளக்கப்படும். இரு அளவீடுகளுக்கும் உள்ள வித்தியாசம் விரிவினாலாய நீள அதிகரிப்பாகும். விரிவுக் குணகத்தைக் கணிக்க.

உலோகக் குழாய் ஒன்றின் விரிவுக் குணகத்தைக் காண மூன்றுவது வழி ஒன்றைப் பயன்படுத்தலாம்.

பரிசோதனை 155. உலோகக் குழாய் ஒன்றினது நேர்கோட்டு விரிவுக் குணகத்தைத் துணிதல்.—எறக்குறைய ஒரு மீற்றர் நீளமுள்ள ஓர் உலோகக் குழாயின் ஒவ்வொரு முனைக்கும் கிட்ட, குறுக்குக் கீறல் ஒன்று கீறிவிடுக. அறையின் வெப்பநிலையில் அக்கீறல்களுக்கிடையுள்ள தூரத்தை அளக்க. யாருக்கும் மீற்றருக்கும் உள்ள ஒற்றுமையைக் காண்பதற்குப் பரிசோதனை 4 இல் செய்தவாறு நகரும் இரு நுணுக்குக்காட்டிகளை அமைத்து இதைச் செய்க. நுணுக்குக்காட்டிகளின் தாங்கிகளை சிலேற்றுத் துண்டுகளில் அமைத்தல் நல்லது. இதனால் குழாய் சூடாக்கப்படும்பொழுது அவற்றிற்கிடையே உள்ள தூரம் பாதிக்கப்படாது. நுணுக்குக்காட்டிகளை கீறல் மேல் குவியச் செய்க. குழாய்க்கூடாக நீராவி ஒட்டம் ஒன்றைச் செலுத்துக. ஒரு முனையிலுள்ள கீறல் முதலாவது நுணுக்குக்காட்டியின் குறுக்கு மயிருடன் பொருந்துமாறு குழாயைச் செம்மைப்படுத்துக. குழாயின் அதே முனையில் பொருந்துதலை அளிப்பதற்கு எவ்வளவு தூரத்திற்கு இரண்டாம் நுணுக்குக் காட்டியை நகர்த்தவேண்டுமென்பதை அளக்க. இது குழாயின் நீளத்தின் அதிகரிப்பைக் கொடுக்கின்றது. குழாய் 100°C. இற்குச் சூடாக்கப்பட்டது என்னும் எடுகோளிலே நீள விரிவுக்குணகத்தைக் கணிக்க.

§ 2. ஒரு திரவத்தின் விரிவுக்குணகம்

ஒரு திரவத்தின் விரிவுக் குணகத்தை இரு வெவ்வேறு வழிகளில் வரையறுக்கலாம்.

1. **பூச்சியவிரிவுக்குணகம்.**—ஒரு திரவத்தின் விரிவுக்குணகம் 0°C. இல் உள்ள கனவளவிற்கு வெப்பநிலை 1°C. ஆல் உயர்வதால் ஆய கனவளவின் அதிகரிப்பு. கொண்ட விகிதமாகும்.

இவ்வாறுக 1°C. இல் V_1 என்பதும், 0°C. இல் V_0 என்பதும் கனவளவுகளாகவும், விரிவுக்குணகம் α ஆகவும் இருப்பின்,

$$\alpha = \frac{V_1 - V_0}{V_0}$$

ஆகும்.

வெப்பநிலையற்றத்துடன் ஒருதன்மையதாய்ப் பதார்த்தம் விரிவடைகின்ற தெனக் கொள்வோமெனின், அதாவது, கன அளவின் சம மாற்றங்கள் வெப்பநிலையின் சம மாற்றங்கட்கு ஒக்கும் எனின், யாதுமொரு வெப்ப நிலை t இல் கனவளவு V_t என்பது

$$a = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

என்பதால், அல்லது

$$V_t = V_0 (1 + at)$$

என்பதால் கொடுக்கப்படும்.

II. இரு வெப்பநிலைகளுக்கிடையில் உள்ள சராசரி விரிவுக்குணகம்.— எவையேனும் இரு வெப்பநிலைகளுக்கிடையுள்ள சராசரி விரிவுக்குணகம் 1 பாகை வெப்பநிலை உயர்விற்கு, கனவளவின் அதிகரிப்பு, முதல் கனவள விற்குக் கொண்டுள்ள விகிதமாகும். $t°$ வெப்பநிலை ஏற்றம் கனவளவை V இலிருந்து V' இற்கு மாற்றினால், சராசரி விரிவுக்குணகம்

$$\frac{V' - V}{Vt} \quad \text{ஆகும்.}$$

இங்கு முதல் வெப்பநிலை 0°C. என்று குறிப்பிடாததைக் கவனிக்க.

ஒரு தன்மையதாய் விரிவடையாத நீர் போன்ற ஒரு பதார்த்தத்திற்கு இவ்வரைவிலக்கணம் இன்றியமையாதது.

ஒரு திரவத்தின் அடர்த்தியில் வெப்பநிலை மாற்றத்தால் வரும் விளைவு

V_0, ρ_0, என்பன 0°C. இல் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு திணிவு திரவத்தின் கனவளவும் அடர்த்தியுமாகுக. அப்பொழுது திரவத்தின் திணிவு $V_0\rho_0$.

V, ρ, என்பவை பிறிது யாதுமொரு வெப்பநிலை t°C. இல் உள்ள கனவளவு, அடர்த்தி ஆகியவற்றைச் சுட்டுவனவாகுக. ஆயின், திரவத் தின் திணிவு $V\rho$. ஆனால், இரு வெப்பநிலையிலும் திணிவு ஒன்றேயாம்.

எனவே, $$V\rho = V_0\rho,$$

அல்லது $$\frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho}.$$

ஆனால் $$\frac{V}{V_0} = 1 + at,$$

இதனால் பெறுவது $$\frac{\rho_0}{\rho} = 1 + at,$$

அல்லது $$\rho_0 = \rho (1 + at).$$

இச்சமன்பாட்டிற்கும் V இனைக் கொண்டிருப்பதற்கும் உள்ள வித்தி யாசத்தைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பொதுவாக வெப்பநிலையின் அதிகரிப்பு, கனவளவைக் கூட்டி, ஆனால் அடர்த்தியைக் குறைப்பதாகும்.

விரிவுக்குணகம்,

$$a = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho t}$$

என்பதாற் சுட்டப்படும்.

இது **திட்டமானது,** அண்ணளவானதன்று.

இவ்வாறுக, இரு வெப்பநிலைகளான t_1, t_2 என்பவற்றின் **சராசரி** விரிவுக்குணகம்.

$$a = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2 (t_2 - t_1)}$$

எனக் காட்டலாம். இங்கு ρ_1 என்பது t_1 இலும், ρ_2 என்பது t_2 இலும் உள்ள அடர்த்திகளாகும்.

பல்வேறு வெப்பநிலை மாற்றங்களில் நீரின் விரிவுக் குணகம்

ஒரு திரவத்தைக் கருதும்பொழுது கொடுத்த ஒரு திரவத்தின் திணிவின் கனவளவினது வேறுபாட்டைத் துணிவதிலும் **அடர்த்தி**யின் வேறுபாட்டைத் துணிவது எளிதாகும். இவ்வகையில் கைக்கொள்ளப்படுகின்ற முறை யாதெ னில் குறியீடு அளவிற்கு ஒரு தன்னீர்ப்புப் போத்தலை வெவ்வேறு வெப்ப நிலையுள்ள திரவத்தால் நிரப்பி அங்குள நீரின் கணியத்தை அளப்பதாகும்.

பரிசோதனை 156. தன்னீர்ப்புப் போத்தல் முறையால் நீரின் விரிவு.— இந்த வகையில் திரவத்தின் அடர்த்தி, போத்தலை நிரப்பியுள்ள திரவத் தின் நிறைக்கு விகிதசமனாய் இருக்கும். ஏறக்குறைய 100 க.ச.மீ. கொள்ள வுள்ள தன்னீர்ப்புப் போத்தல் ஒன்றை உலர்த்தியபின் நிறுக்க. குறி யீடளவிற்கு 2°C. இல் இருந்து 7°C. வரை இடையே ஒரு வெப்பநிலை கொண்ட நீரினால் போத்தலை நிரப்புக. நீரையும் போத்தலையும் நிறுக்க.

போத்தலை வெறிதாக்கி, நீர்த்தொட்டியுள் வைத்து 20°C. அளவிற்கு வெப்பநிலையை உயர்த்துக. போத்தல் தொட்டியில் இருக்கும் பொழுதே தொட்டியில் இருந்து நீர் எடுத்து போத்தலை நிரப்புக. கழுத்தில் உள்ள குறியோடு நீரின் மட்டம் பொருந்துமாறு இதைச் செய்க. தொட்டியின் வெப்பநிலையை எடுக்க. தொட்டியிலிருந்து போத்தலை நீரோடு வெளியில் எடுத்து போத்தலின் வெளிப்புறத்தை பக்குவமாக உலர்த்தி நிறுக்க.

நீர்த் தொட்டியின் வெப்பநிலை 40°C., 60°C., 80°C., ஆகிய அளவு கட்கு வருமாறு செய்து பரிசோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்க. இவ் வெப்ப நிலைகள் ஒவ்வொன்றிலும் போத்தலை அக்குறியளவிற்கு நிரப்புக.

நிறுக்கின்ற பொழுது போத்தலும் நீரும் போதிய அளவிற்கு ஆறும். நீரின் மேற்பரப்பு கழுத்தில் உள்ள குறியில் இருந்தும் கீழே இறங்கும். இதைப் பற்றிக் கவனம் எடுத்தல் வேண்டும். போத்தலிலுள்ள நீரானது தொட்டியின் வெப்பநிலையில் போத்தலை அக்குறியளவு நிரப்பிய நீரின் அளவாகும். இச் சுருக்கத்தால் அதன் **திணிவு** மாறுதல் அடையவில்லை.

எனினும், உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் ஆவியாதலைத் தடுத்தற்பொருட்டு இயன்ற அளவு சீக்கிரத்தில் நிறுத்தல் அவசியம். சூடான போத்தலைப் பற்றியுள்ள மேற்காவுகை ஓட்டங்களினால் ஒரு வழு உண்டாதலும் கூடும். இதனால் நிறுக்க முன் குளிர் நீரினால் போத்தலைக் கெதியாகக் குளிரச் செய்தல் உகந்ததாகும்.

முதல் வெபபநிலை t_1 இல் (2°C. இல் இருந்து 7°C. வரை) போத்தலை நிரப்பியுள்ள நீரின் திணிவு ஆனது, கிராம் நிறையில், நீரின் அடர்த்தி ஒரு க.ச.மீ. இற்கு ஒரு கிராம் எனக் கொண்டால், அவ்வெப்பநிலையில் கலன் V_1 இன் கனவளவிற்கு எண்ணளவிற் சமமெனக் கொள்ளலாம். இங்கு கூறிய நீரின் அடர்த்தி இவ்வெப்பநிலை எல்லைக்குள் பெறக்கூடிய செம்மையில் தங்கியுள்ளது.

எடுத்துக் கொண்ட மற்றை வெப்பநிலைகள் ஒவ்வொன்றிலும் கலன் V இன் கொள்ளளவைக் கணிக்க. இதைக்கோவை

$$V = V_1 (1 + \beta(t - t_1))$$

என்பதாற் கணித்தறிக. இங்கு β என்பது கண்ணுடியின் கனவளவு விரிவுக்குணகம்; அண்ணளவாக β, 1°C. இற்கு 0·000025 ஆகும்.

ஒவ்வொரு வெப்பநிலைக்குமுள்ள நீரின் அடர்த்தியை, மேற் கணித்த வாறு, போத்தலிலுள்ள நீரின் திணிவை அவ்வெப்பநிலையிலுள்ள போத்தலின் கனவளவாற் பிரித்து அறிக. கணியங்களை நிரைப்படுத்துக. வெப்பநிலை, போத்தலிலுள்ள திரவத்தின் திணிவு, போத்தலின் கனவளவு, (கணிக்கப்பட்டது), திரவத்தின் அடர்த்தி ஆகியவை அவை.

20°C., t_1°C. ஆகிய வெப்பநிலைகளிலுள்ள அடர்த்திகளிலிருந்து இவ் வெப்பநிலைகளுக்கிடையிலுள்ள நீரின் சராசரி விரிவுக்குணகத்தைக் கணிக்க.

$$\text{சராசரி } \alpha \ (t_1 \text{ இலிருந்து } 20°) = \frac{\rho_1 - \rho_{20}}{\rho_{20}\ (20 - t_1)}.$$

இதற்கொத்த வழியாலே 20°C. இலிருந்து 40°C. வரை, 40°C. இலிருந்து 60°C. வரை, 60°C. இலிருந்து 80°C. வரை உள்ள சராசரி விரிவுக்குணகங்களைக் கணித்தறிக.

வெப்பநிலையோடு மாறுபடும் அடர்த்தியைக் காட்டுவதும் வெப்பநிலையோடு உள்ள விரிவுக்குணக வேறுபாட்டைக் காட்டுவதுமான ஒரு வளை கோட்டை வரைக.

20°C. இலிருந்து 40°C. வரை உள்ள சராசரி விரிவுக்குணகம் செயல்முறையில் 30°C. இலுள்ள விரிவுக்குணகத்தை ஒத்ததே. மேலும் இவ்வாறே.

பல்வேறு வெப்பநிலைகளில் நீரின் அடர்த்தியைக் கண்ணுடித் தாழ்வைகொண்டு அறிதல்

வெப்பநிலையோடு நீரின் அடர்த்தி மாறுபடுதலை, வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளிலே நீரில் ஒரு கண்ணுடித் தாழ்வையின் நிறையை அவதானிப்பதாற் காணலாம்.

0°C. இல் அவ்வகையான கண்ணுடிக்குமிழொன்றின் கனவளவு V_0 ஆகுக. β கண்ணுடியின் கனவிரிவுக் குணகமாகுக. ஆகவே, யாதுமொரு வெப்பநிலை t°C. இல் குமிழின் கனவளவு $V = V_0(1 + \beta t)$ ஆகும். சாதாரணமான கண்ணுடிக்கு β இன் பெறுமானம் 1°C. இற்கு 0·000025 ஆகும்.

ρ_t என்பது t°C. இல் நீரின் அடர்த்தியைக் குறிக்குமெனின், தாழ்வையானது முழுவதும் அமிழ்த்தப்பட்டபொழுது வெளியகற்றப்பட்ட நீரின் நிறையானது $V\rho_t = V_0(1 + \beta t)\rho_t$ ஆகும். ஆனால், இது ஆக்கிமிடீசின் தத்துவத்திற்கியைய அது நீரில் **இழந்த** நிறைக்குச் சமமாகும். இதை W எனக்கொள்க.

ஆகவே,
$$V_0 (1 + \beta t)\rho_t = W$$
$$\rho_t = \frac{W}{V_0(1 + \beta t)}$$

அண்ணளவில் 4°C. வெப்பநிலையுள்ள நீரில் தாழ்வை அமிழ்த்தப்பட்ட பொழுது அது இழந்த நிறையைக்கணிப்பதால் மறைமுகமாக V_0 இன் பெறுமானத்தைக் காணலாம். 4°C. இலிருந்து அதிகம் வேறுபடாத வெப்பநிலைகளில் நீரின் அடர்த்தியை ஒரு க.ச.மீ. இற்கு ஒரு கிராம் எனக் கொள்ளலாம். இதனால், இவ்வெப்பநிலையில் தாழ்வையின் கனவளவை இலகுவிற் காணலாம்.

பரிசோதனை 157.—பல்வேறு வெப்பநிலைகளில் நீரின் அடர்த்தியை ஒரு கண்ணுடித் தாழ்வையைக்கொண்டு துணிதல்.—ஈயச் சன்னங்களைக் கொண்டுள்ள கண்ணுடிக் குமிழ்த்தாழ்வையொன்றே இதற்கு வாய்ப்புடையதாகும். குமிழை அடைப்பதற்கு முன் அது நீரில் அமிழக் கூடியதாயிருக்குமாறு அதற்குள் அடைக்கும் சன்னங்களின் அளவைச் செம்மைப்படுத்தல் வேண்டும். மிக நுண்ணுணர்வுள்ள ஒரு தராசிலிருந்து நுண்ணிய கம்பியொன்றில் இக்குமிழைத் தொங்கவிடல் வேண்டும். மூடிய அடைப்பினுள் அமைந்த ஓர் இரசாயனவியற்றராசை உபயோகிப்பதாயிருந்தால் இத்தராசு அடைப்பின் கீழ் அடியிலே கம்பி போகுமாறு ஒரு சிறு துளையைச் செய்திருத்தல் வேண்டும். தராசு அடைப்பானது தங்கியுள்ள தட்டிலே இன்னொரு துளையும் செய்யப்படல் வேண்டும். கம்பி இவ்விரண்டு துளைகளுக் கூடாகச் சுயாதீனமாகச் செல்லக்கூடியதாயிருத்தல் வேண்டும். கம்பியின் கீழ்

முனையிலேதாழ்வை பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இது மிகப்பெரும் நீர் நிறைந்த கலமொன்றிலே முழுவதும் அமிழ்த்தப்படக் கூடியதாக இருக்கும். இக்கலம் வேண்டிய வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கப்படக்கூடியதாயிருக்கும். இக்கம்பியானது நீர் மேற்பரப்புக்கூடாகச் செல்கின்ற இடத்திலே மேற்பரப்பு இழுவிசையின் ஆற்றலைத் தணிப்பதற்காக இக்கம்பியின் விட்டமானது 0·1 மி.மீ. இலும் உயர்ந்ததாயிருத்தலாகாது.

முதன்முதல் இத்தாழ்வையானது வளியிலே சமன்படுத்தப்படும். பின்னர் கலத்திலுள்ள நீருள் முழுவதும் அமிழ்த்தப்பட்டு நிறுக்கப்படும். இரு நிறைகளுக்குமிடையில் உள்ள வித்தியாசம் நீரில் இழந்த நிறையைக் கொடுக்கும். முதன்முதலான நிறையை நீரை 40°C. இற்கு ஆறச்செய்த பின் எடுத்தல் வேண்டும். பின்னர் அந்நீர்த் தொட்டியை 70°C. அல்லது 80°C. இற்குச் சூடாக்குக. மீண்டும் அதை மெள்ளமெள்ளமாகக் குளிரவிடுக. இந்நீர்த்தொட்டியானது குளிராகின்றபொழுது வெப்பநிலையை ஒழுங்குபடுத்தல் இலகுவாகும். இன்னும் நிறுத்தற்றொழிலைத் தொடர்ந்து நடாத்திக் கொண்டிருக்கின்றபொழுது ஒரு தளராத நிலையில் வெப்பத்தை வைத்திருத்தலும் இயலும். பரிசோதனை நடந்துகொண்டிருக்கின்றபொழுது வெப்பநிலையைத் தளராத ஒரு நிலையில் நிறுத்துவதற்காக பன்சன் சுடரின் பருமனைப் பக்குவமாக ஏற்றியும் குறைத்தும் அல்லது நீர்த்தொட்டிக்குக் கீழே அது கொண்டுள்ளதூரத்தை செம்மைப்படுத்தியும் கொள்ளல் வேண்டும். ஒவ்வோர் அளவீடுகளுக்கும் இடையிலே நீரை நன்றாகக் கலக்குதல் வேண்டும். இது திணிவு முழுவதும் வெப்பநிலை ஒருதன்மையதாயிருக்குமாறு செய்வதற்காகவாம். நிறைக்குறைவு, வெப்பநிலையிறக்கம் ஆகியவற்றை ஒவ்வொரு 10°C. அல்லது 15°C. இடையீடுகளுக்குமிடையிற் செய்தல் வேண்டும்.

வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளிலுள்ள நீரின் அடர்த்தியைக் காட்டும் ஓர் அட்டவணையை ஆக்குதல் வேண்டும். இவ்விளைவுகளைச் சதுரக்கோட்டுத் தாளில் வரைப்படமாகக் குறித்தல் வேண்டும்.

எடுக்கப்பட்ட அடுத்தடுத்த சோடி வெப்பநிலைகளுக்கிடையிலுள்ள நீரின் சராசரி விரிவுக்குணகத்தைக் கணித்தறிக.

நிறைவெப்பமானி

நிறைவெப்பமானியானது நுண்ணிய குழலாக அமைந்த ஒரு கழுத்துடைய உருளை வடிவான கண்ணாடிக் குமிழாகும். இக்குழலின் திறந்த முனையானது நீர்கொள் கலத்தினுட் புகுமாறு இக்குழல் வளைக்கப்பட்டிருக்கும். இக்கருவி ஒரு திரவத்தின் விரிவுக்குணகத்தை அறிவதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. குறித்த இரு வெப்பநிலைகளிலுள்ள திரவத்தின் அடர்த்திகளை ஒப்பிடுவதற்குரிய கருவி என இதைக் கருதல் நல்லது.

$V_0 = 0°C.$ இல் வெப்பமானியின் கனவளவு,
$m_0 = 0°C.$ இல் நிரப்பும் திரவத்தின் திணிவு,
$\rho_0 = 0°C.$ இல் திரவத்தின் அடர்த்தி ஆகுக.

V_t, m_t, ρ_t என்பவை $t°C.$ இல் ஒத்த கணியங்கள் ஆகுக.
ஆகவே, β கண்ணாடியின் கனவளவு விரிவுக்குணகமெனின்,

$$V_t = V_0 (1 + \beta t).$$

அடர்த்தியின் வரைவிலக்கணத்திலிருந்து

$$m_0 = V_0\rho_0 , \quad m_t = V_t\rho_t.$$

எனவே $$\frac{V_0\rho_0}{V_t\rho_t} = \frac{m_0}{m_t},$$

அல்லது $$\frac{\rho_0}{\rho_t} = \frac{m_0}{m_t} \times \frac{V_t}{V_0}$$

$$= \frac{m_0}{m_t}(1+\beta t).$$

ஆயினும்

$$\frac{\rho_0}{\rho} = 1 + \alpha t$$ என நிறுவப்பட்டுள்ளது (ப. 406). இங்கு α திரவத்தின் தனி விரிவுக்குணகமாகும்.

எனவே, $$1 + \alpha t = \frac{m_0}{m_t}(1 + \beta t).$$

α இற்கு இச்சமன்பாட்டை தீர்த்தால்

$$\alpha = \frac{m_0 - m_t}{m_t t} + \beta\frac{m_0}{m_t}$$

என ஆகும்.

இவ்விளைவைப் பெறுவதில் ஒரிடமும் அண்ணளவுப் பெறுமானங்கள் எடுக்கப்படவில்லை என்பதைக் கவனிக்க.

வெப்பமானியின் குமிழின் விரிவை நாம் புறக்கணித்தால், $\beta = 0$ ஆகும். எனவே, **திரவத்தின் தோற்றவிரிவுக் குணகம்**

$$\frac{m_0 - m_t}{m_t\, t}$$ ஆகும்.

பரிசோதனை 158.—இளிசினின் விரிவுக்குணகத்தை ஒரு நிறைவெப்பமானி கொண்டு துணிதல்.—வெறுமையான வெப்பமானியின் திணிவைக் காண்க. குமிழைக் கவனமாக ஒரு பன்சன் சுடர்கொண்டு சூடாக்கிச் சூடான இளிசினின் கொண்டுள்ள ஒரு கலத்தினுள் அதன் மூக்கை அமிழ்த்தி வெப்பமானியைக் இளிசினால் நிரப்புக. குமிழானது குளிராகின்றபொழுது இளிசினின் உள்ளிழுக்கப்படும். இவ்வாறாக மாறிமாறிச் சூடாக்கி, குளிராக்கி குமிழ் முழுவதையும் இளிசினால் நிரப்புக. இக்குமிழானது அறையின் வெப்பநிலையளவு குளிரானதும் அதனுடைய மூக்கைக் இளிசினில் வைத்தவாறே குமிழை நொறுங்கிய பனிக்கட்டிகொண்ட கலத்தினுற் சூழ்ந்துவிடுக.

இக்குமிழ் ஆனது 0°C. இற்குக் குளிர்ந்து வருகிறபொழுது ஒரு சிறு இண்ணத்தையோ, ஒரு சிறு புடக்குகையையோ நிறுக்க. பனிக்கட்டியிலிருந்து வெப்பமானியை அகற்றுக. அகற்றும்பொழுது அதனிலிருந்து தப்புகின்ற திரவத்தை எந்துமாறு ஒரு இண்ணத்தை வைக்க. வெப்பமானியையும் இண்ணத்தையும் ஒருமிக்க நிறுத்து 0°C. இல் வெப்பமானியை நிரப்பி நிற்கின்ற இளிசரினின் திணிவைக் கண்டறிக.

அடுத்து வெப்பமானியை நீர்கொள் முகவையுள் வைத்துக் கொதி நிலைக்குச் சூடாக்குக. இப்பொழுது வெளிக்கொண்டுவரப்பட்ட இளிசரினைத் தப்பிச்செல்லவிடுக. வெப்பமானியை வெளியெடுத்து அறையின் வெப்ப நிலையளவுக்குக் குளிரவிடுக. திரவம் இப்பொழுது சுருங்கும். ஆயினும் திணிவு ஆனது 100° C. இல் வெப்பமானியை நிரப்பிநின்ற திரவத்தின் திணிவேயாகும். மீண்டும் வெப்பமானியை நிறுத்துக் இளிசரினின் திணிவைக் கண்டறிக.

இளிசரினின் தோற்ற விரிவுக் குணகத்தைக் கணித்தறிக. இன்னும் கண்ணுடியின் விரிவுக்குணகம் அறியப்பட்டதெனக் கொண்டு தனி விரிவுக் குணகத்தையுங் கணித்தறிக.

உருக்கிய சிலிக்காவின், அல்லது குவாட்சின் விரிவுக்குணகம் மிகச்சிறியது. எனவே இப்பதார்த்தத்தாலாய கலத்தின் விரிவு புறக்கணிக்கப்படக்கூடிய தொன்றாகும்.

கனவளவு விரிவுமானி

நேரான அளவுகோடிடப்பட்ட குழல் பொருத்தப்பட்ட உருளைவடிவமான குமிழே **விரிவுமானி** ஆகும். தண்டிலுள்ள முதற்பிரிவுவரை குமிழினுடைய கனவளவை அறிவதாலும் இக்குழாயிலுள்ள ஒரு பிரிவுக்கு ஒத்த கனவளவை அறிதலாலும் ஒரு திரவத்தினுடைய தோற்ற விரிவுக்குணகத்தைத் துணிவதற்கு இக்கருவியைப் பயன்படுத்தலாம்.

பரிசோதனை 159. விரிவுமானியின் துணைகொண்டு ஒரு திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக்குணகத்தைத் துணிதல்.—முதன்முதலாக வெறுமையான விரிவுமானியை நிறுக்க. பின்னர் தண்டிலுள்ள முதற்பிரிவு அளவு வரை அறியப்பட்ட அடர்த்தியுள்ள திரவம் ஒன்றினால் அதை நிரப்புக. மீண்டும் நிறுக்க. இவ்வாறு கண்டறியப்பட்ட திரவத்தின் திணிவிலிருந்து குமிழின் கனவளவைக் கணித்தறிக. விரிவுமானியினுடைய தண்டின் உச்சிக்கு அண்மையிலுள்ள ஓர் அடையாளம் வரை விரிவுமானியை நிரப்பி மீண்டும் நிறுக்க. குறித்த ஒரு நீளத்திற்குத் தண்டினை நிரப்பி நிற்கின்ற திரவத்தின் திணிவைக் காண்க. இதிலிருந்து அத்தண்டின் நீளப் பகுதியின் கனவளவைக் கணித்தறிக. பின் ஓரளவு பிரிவுக்கு ஒத்த கனவளவை உய்த்தறிக.

ஒரு திரவத்தின் தோற்றவிரிவுக்குணகத்தைக் காண்பதற்குத் தண்டின் ஒரு பகுதியையும் குமிழையும் திரவத்தால் நிரப்பி முழுவதையும் பனிக்கட்டியால் உறையவைத்து 0° C. இற்குக் குளிராக்குக. தண்டிலே திரவத்தின் நிலையை அளவிட்டறிக. பின்னர் நீர்த்தொட்டியிலே குறித்த ஒரு வெப்பநிலைக்கு அதைச் சூடாக்குக. மீண்டும் தண்டிலே திரவத்தின் நிலையை அளந்து அறிக. இவ்விரு அளவீடுகளுக்கும் ஒத்த கனவளவுகளைக் கணித்தறிக. பின்வரும் சூத்திரத்திலிருந்து தோற்றவிரிவுக் குணகத்தைக் கணித்தறிக.

$$V_t = V_0(1 + \alpha_t).$$

§ 3. வாயுக்களின் விரிவு

மாறு அமுக்கத்தில் வளியின் விரிவு

கொடுக்கப்பட்ட திணிவுடைய ஒரு வாயு மாறு அமுக்கத்திலே வெப்பநிலை உயர்வினால் விரிகின்றபொழுது கனவளவுக்கும் வெப்பநிலைக்குமிடையிலுள்ள தொடர்பு,

$$V_t = V_0(1 + \alpha t)$$

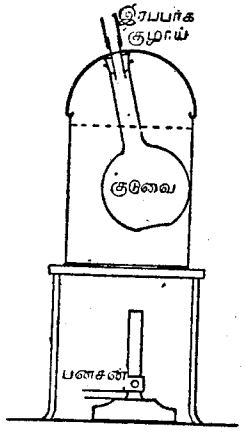
என்ற சமன்பாட்டினால் பெறப்படும்.

இங்கு V_t, t° C. இல் வாயுவின் கனவளவைக் குறிக்க, V_0 என்பது 0°C. இல் உள்ள கனவளவைக் குறிக்க, α என்பது **விரிவுக்குணகத்தை, அல்லது மாறு அமுக்கத்தில் கனவளவேற்றுக் குணகம்** என்பதைக் குறிக்கும். இப் பெறுமானம் எல்லா வாயுக்களுக்கும் ஏறக்குறைய ஒரளவினதாயிருக்கும்.

இச்சமன்பாடு குறியீட்டு வகையிலே **சார்ளின் விதியை** எடுத்துக் கூறுகின்றது. இவ்வித **மாறு அமுக்கத்திலே ஒருநிலையான திணிவுடைய வாயு விரிகின்றபொழுது, வெப்பநிலையின் ஒவ்வொரு பாகை உயர்விற்கும் 0° C. இலுள்ள அதன் கனவளவின் குறித்த ஒரு பின்னத்தால் அதன் கனவளவு உயரும்** என்பதைக் கூறுகின்றது.

பரிசோதனை 160. மாறுவமுக்கத்தில் வளியினுடைய விரிவுக்குணகத்தைத் துணிதல்.—300 அல்லது 400 க.ச.மீ. கொள்ளளவுடைய குடுவையொன்று நன்றாக இறுகக்கூடிய ஓர் இறப்பர் அடைப்பொன்றுடன் எடுத்துக் கொள்ளப்படும். இவ்வடைப்புக்கு ஊடாகச் சிறிது நீளமுள்ள கண்ணுடிக் குழாயொன்று செல்கின்றது. இக்குழாயினுடைய கீழ்முனை அடைப்பின் அடியோடு மட்டமாக இருத்தல் வேண்டும். மேல்முனை அடைப்பிலிருந்து 2 அல்லது 3 ச.மீ. இற்கு மேல் எழாமல் இருத்தல் வேண்டும். 5 ச.மீ. நீளமுடைய ஓர் இறப்பர்க் குழாய் இவ்வாறு மேற்கிளம்பும் கண்ணுடிக் குழாயுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

குடுவை, அடைப்பு, குழாய் ஆகியவற்றை நன்கு உலர்த்தல் வேண்டும். இதற்கு அவற்றை மீதைல் எற்றிய மதுசாரத்தினுல் கழுவி, கருவிக்கூடாக வளிஓட்டம் ஒன்றைச் செலுத்துவதால் செய்யலாம். உலர்ந்த குடுவையின் நிறை W_1 ஐப் பின்னர் அறிந்து கொள்க.

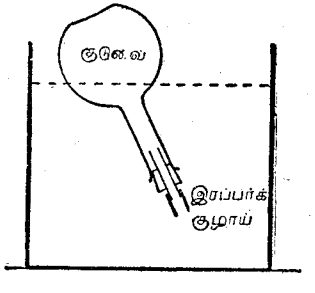


உரு. 172.
கொதிநீலைக்குச் சூடாக்கப் படும் குடுவை

அடைப்புப் பொருத்தப்பட்ட இக்குடுவையானது இப் பொழுது நீர்கொண்ட ஒரு கிண்ணத்துள் வைக்கப் படும். இக்கிண்ணமானது படிப்படியாக கொதிநிலைக் குச் சூடாக்கப்படும். இக்கிண்ணத்தை ஒரு கம்பிக் கை பிடியுள்ளதாகச் செய்துவிட்டால் இது குடுவையை நீருள் அமிழ்த்தி வைப்பதற்கு உதவக் கூடும் (உரு. 172).

இப்போது குடுவையை நீருள் குறைந்தது 5 நிமிடங் களுக்கு ஆகுதல் கொதிநிலையடைந்தபின் விடல் வேண்டும். உள்ளிருக்கும் வளியானது கொதிநீரின் வெப்பநிலையை அடைய விடுவதற்காகவே இவ்வாறு செய்தல் வேண்டும். இக்கொதிநிலை 100°C. என எடுத்துக்கொள்வோம். இப்பொழுது இறப்பர்க்குழா யைக் கட்டை விரலுக்கும் ஒரு விரலுக்குமிடையில் நெருடிப் பிடித்துக்கொண்டு குடுவையைக் கிண்ணத்திலிருந்து **திடீரென** வெளியெடுத்துக் குளிர்நீர் கொண்டுள்ள ஒரு கலத்துள் தலைகீழாகக் கவிழ்த்து விடல் வேண்டும் (உரு. 173).

அடைப்பானது குளிர்நீருட் சென்றதும் இறப்பர்க் குழாயின் பிடியைத் தளர்த்திவிடலாம். இது குளிர் நீர் அதனுட் செல்வதற்காகவேயாகும். குடுவையை, அதன் கழுத்து நீர்மட்டத்தின் கீழே இருக்கத் தக்கவாறு, அதனுள் இருப்பவை அந்த நீரினுடைய வெப்பநிலையை அடையும்வரை, பலநிமிடங்களுக்கு முழுவதும் அமிழ்த்திப்பிடித்தல் வேண்டும். இவ்வெப்ப நிலை t°C. ஆகுக. இப்பொழுது **குடுவையின் உள்ளிருக்கும் நீரினுடைய மட்டம் வெளிநீரின் மட்டத்தினதாகும் வரை** குடுவை மெள்ள மெள்ள உயர்த்தப்படும். இப்பொழுது உள் ளேயுள்ள வளியமுக்கம் வெளி வளி மண்டல அமுக்கத்திற்கு ஒத்ததாயிருக்கும். இந்நிலையைப் பெற்ற அளவில் இறப்பர்க் குழாயினை இறுக்கிப் பிடித்துக்கொண்டு குடுவையை நீரிலிருந்து வெளியே எடுத்துத் தலைமேலாக நிமிர்த்தி, வெளிப்புறத்தே உலர வைத்து நிறுத்தல் வேண்டும். இந்நிறை W_2 ஆகுக.



உரு. 173.
குளிர்நீரினுள்ளே குடுவை

இப்பொழுது குடுவை முழுவதும் குளிர் நீரால் நிரப்பப்பட்டு, நீர் கண்ணுடிக் குழாயுட்புகுமாறு அடைப்பு இறுக்கப்பட்டு, நிறை W_3 அளந் தறியப்படும்.

முழுக் குடுவையையும் நிரப்பி நிற்கும் நீரின் நிறை $W_3 - W_1$ கிராம் ஆகும். ஆனல், ஒரு கிராம் நீர் 1 க.ச.மீ. இடத்தைக் கொள்ளும். எனவே, குடுவையின் கனவளவு $W_3 - W_1$ க.ச.மீ. குடுவையானது கொதிநீரினுள்ளே யிருந்தபொழுது அதனுள்ளிருந்த வளியானது முழுக்குடுவையையும் நிரப்பி யிருந்தது. அமுக்கமும் வளிமண்டல அமுக்கமாயிருந்தது. இக்கனவளவு V_{100} ஆகுக. ஆகவே,

$$V_{100} = W_3 - W_1 \text{ க. ச. மீ.}$$

t°C. இல் உள்ள குளிர்நீரில் குடுவையை வைத்த பொழுது வளியின் கனவளவு V_t ஆகக் குறைந்து வந்தது. இதிலிருந்து,

$$V_t = W_3 - W_2 \text{ க. ச.மீ.}$$

என்பதை நாம் காணலாம்.

இது ஏனெனில், இக்கீழ்வெப்பநிலையிலுள்ள வளியானது குடுவையினுள் இழுக்கப்பட்ட நீர் கொள்ளாத கனவளவைக் கொண்டிருந்ததனுலென்க.[1] இவ்வாறுக நாங்கள் V_{100} என்பதையும் V_t என்பதையுப் காண்கின்றேம்.

ஆனல், விரிவுக்குணகத்தைக் கணித்தறிவதற்கு இக்கனவளவுகளை அதன் 0°C. இல் உள்ள கனவளவுடன் ஒப்பிட்டுப்பார்த்தல் வேண்டும். அதாவது, இப்பொழுது அறியப்படாத இரு கணியங்கள் கொண்ட இரு சமன்பாடுகளை நாம் கண்டுள்ளோம். அவை

$$V_{100} = V_0(1 + 100\alpha)$$
$$V_t = V_0(1 + \alpha t)$$

என்பவையாம்.

முதலாவதை இரண்டாவதாற் பிரிக்க,

$$\frac{V_{100}}{V_t} = \frac{1 + 100\alpha}{1 + \alpha t}$$

எனப் பெறுகின்றேம்.

$$\alpha = \frac{V_{100} - V_t}{100V_t - tV_{100}}$$

இதிலிருந்து
எனப் பெறப்படும்.
எனவே α இன் பெறுமானத்தைக் கணித்தறியலாம்.

மாறுக் கனவளவு வளிவெப்பமானி

ஒரு கலத்தினுள் ஒரு வரையறுக்கப்பட்ட திணிவுடை வாயு அடைக் கப்பட்டு அதனுடைய கனவளவு மாறுமல் இருந்தால், கலத்தின் சுவர் களில் அவ்வாயு செலுத்தும் அமுக்கம் வெப்பநிலை உயர உயரக் கூடும்.

[1] உண்மையில் குடுவையுள் நிரம்பியிருந்த நீராவியால் வழு ஒன்றுண்டு.

வாயுவின் வெப்பநிலைக்கும் அமுக்கத்திற்கும் உள்ள தொடர்பினைக் **கன வளவு மாறு வாயு வெப்பமானியைக்** கொண்டு அளவிடலாம். இதற்குக் காரணகர்த்தாவாயிருந்தவர் **சொல்லி (1874)** ஆவர்.

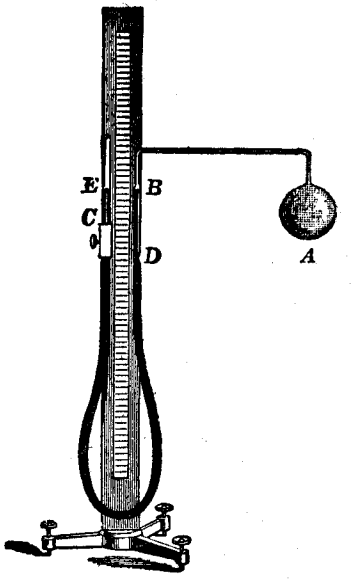
இவ்வாயுவானது ஒரு கண்ணுடிக்கோளம் **A** உள் இருக்கும். உரு. 174 பார்க்க. இதை எண்ணெய், அல்லது நீர் கொண்டுள்ள தொட்டியொன்றில் வைத்து வேண்டிய வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கலாம். இக்கோளமானது சிறு துளைகொண்ட ஒரு கண்ணுடிக் குழாயால் அமுக்கத்தை அளவிடுவதற்குரிய இரசவாயு அமுக்கமானியொன்றுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இவ்வாயு அமுக்கமானியானது ஒரளவு அகன்ற இரு கண்ணுடிக் குழாய்கள் **BD, EC** என்பவற்றால் ஆனதாயிருக்கும். இக்குழாய்கள் ஓர் இறப்பர்க் குழாயாற் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இக்கருவியில் இறப்பர்க் குழாயையும் அகன்ற கண்ணுடிக் குழாய்களில் ஒரு பகுதியையும் நிரப்பக்கூடிய அளவு போதிய இரசமிருக்கும். **BD** இலுள்ள இரசத்தினுடைய மட்டத்தைக் கண்ணுடிக் குழாய் **EC** ஐ உயர்த்தியோ, தாழ்த்தியோ செம்மைப்படுத்திக் கொள்ளலாம். இதை அகன்றதும் குறுகியதுமான குழாய்கள் பொருந்தும் இடத்திற்கு அண்மையில் **B** உள் வைக்கப்பட்ட சிறு கண்ணுடிக் குறிகாட்டியின் மேல் நுனியைப் பிறையுரு தொடும் வரைக்கும் செய்து செம்மைப்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

இக்கருவியைப் பயன்படுத்துகின்றபொழுது **BD** இலுள்ள இரசப்பிறையுரு இத்திட்டமான நிலையைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். இது கோளம் **A** உள்ளும் குறுகிய குழாயுள்ளும் அடைக்கப்பட்டிருக்கும் வாயுவின் கனவளவானது மாறுமலிருப்பதற்காகவேயாம். வாயுவினல் செலுத்தப்பட்ட அமுக்கமானது **B** இலுள்ள இரச மேற்பரப்பிலுள்ள மட்டத்திற் செலுத்தப்படுவதற்கு ஒத்ததாயிருக்கும். இவ்வமுக்கத்தை **B** இலுள்ள இரசத்தினுடைய மேற்பரப்பில் உள்ள மட்டத்திற்கும் **EC** இலுள்ள இரசத்தினுடைய மேற்பரப்பின் மட்டத்திற்குமுள்ள வித்தியாசத்தை அளந்தும், **E** இலுள்ள இரசத்தின் மேலுள்ள வளிமண்டல அமுக்கத்தை எடுத்தும் கணித்துக் கொள்வதால் பெற்றுக்கொள்ளலாம். நோக்கல்களைச்செய்கின்றபொழுதுள்ள வளிமண்டல அமுக்கத்தைப் பாரமானியின் உயரத்திலிருந்து அறிந்து கொள்ளல் வேண்டும்.

இக்கருவியைப் பயன்படுத்துகின்ற பொழுது அவதானிக்க வேண்டிய மூன்று முக்கிய விதிகளை இங்கு குறித்தல் வேண்டும்:—

1. இரசமேற்பரப்புக்களினுடைய மட்டங்களுக்கிடையில் உள்ள வித்தியாசத்தைச் செம்மையாகத் துணிவதற்குக் குழாய்கள் **C, D** என்பன இம் மட்டத்தை அளவிடுவதற்குரிய கருவிக்கு மிக அண்ணிதாக அமைக்கப் பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

2. அமுக்கம் என்னவென்பதை வாயுவினுடைய வெப்பநிலையானது மாறுமல் இருக்கின்ற பொழுது துணிந்துகொள்ளல் வேண்டும். **A அமிழ்த்தப்பட்டிருக்கின்ற தொட்டியானது மாறுத நிலையான வெப்பநிலையுடையதாயிருக்கக் கவனம் எடுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும்.** **EC** ஐச் செம்மைப்படுத்துகின்ற பொழுதும் இரசமேற்பரப்புக்களினுடைய மட்டத்திற்கிடையிலுள்ள வித்தியாசத்தைக் கணக்கிடுகின்ற பொழுதும் பிழையின்றி இந்நிலையைப் பாதுகாத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். இதை வெப்பநிலையானது உயர்கின்ற பொழுதிலும் வீழ்கின்றபொழுது செய்தல் மிக எளிதாகும். இதற்காகத் தொட்டியை வேண்டிய மிக உயர்ந்த வெப்பநிலைக்கு உயர்த்திப் பின்னர், மெள்ள மெள்ளக் குளிரவிடுவதே அறிவுடைய செயலாகும். எனினும் இது செய்வதற்கு மிக நேரம் எடுக்குமாதலின் வேண்டிய வெப்பநிலையிலும் மேலாக 1° அல்லது 2° கூடியதாக அதைச் சுடவைத்துப் பின்னர் சூடாக்கும் கருவியை எடுத்து விடல் நல்லது. இப்பொழுது வேண்டிய வெப்பநிலையளவு அதன் வெப்பநிலை இறங்குமட்டும் நீரைக் கலக்குதல் வேண்டும். நீர் குளிர்கின்ற பொழுது செம்மைப்படுத்தலை **அண்ணளவிற்** செய்ய வேண்டும். இப்பொழுது வேண்டிய அந்த வெப்பநிலையடைந்ததும் செம்மைப்படுத்தல்களை அவற்றின் செவ்வையான பெறுமானங்களுக்குக் கொண்டு வந்து அளவுகளை உடனே கணித்துக் கொள்ளல் வேண்டும். மீண்டும் தொட்டியை அடுத்து வேண்டிய வெப்பநிலையிலும் பார்க்கச் சிறிது உயர்ந்த நிலைக்குச் சூடாக்கல் வேண்டும். மீண்டும் முன்னர் செய்த செய்கையைத் திருப்பிச் செய்தல் வேண்டும்.



உரு. 174. சொல்லியின் கனவளவு மாறு வாயு வெப்பமானி

இப்பரிசோதனையின் வெற்றி, குமிழுக்குள்ளே உள்ள வாயுவின் வெப்பநிலை வெளித்தொட்டியிலுள்ள வெப்பநிலையோடு செம்மையாக ஒத்திருப்பதிலும் இதைச் செம்மையாகத் துணிவதிலுமே தங்கியுள்ளது.

3. தொட்டியைக் குளிர விடுகின்ற பொழுது **BD** இலுள்ள இரசமானது **குமிழ் A உள் உறிஞ்சப்படாமற் செய்வதில் கவனம் எடுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும்;** இவ்வாறு நிகழ்தல் வாயுவின் அந்த அமுக்கத்தின் குறைவால் நிகழ்தல் கூடும். இதைத் தடுப்பதற்கு **BD** இலுள்ள இரசமானது

குழாயினுடைய மேல் முனையிலும் நன்றாகக் கீழே இருக்குமாறு குழாய் EC ஐத் தாழ்த்துக. **பரிசோதனை முடிந்ததும் ஒவ்வொரு முறையும் குழாய் EC ஐ இவ்வாறுகக் கீழ்க் கொண்டு வருதல் வேண்டும்.**

பரிசோதனை 161.—குறித்த ஒரு திணிவு வளியின் கனவளவு மாறுதிருக்கின்றபொழுது, இரச வெப்பமானி காட்டுகின்றவாறுள்ள வெப்பநிலையுடன் அதன் அமுக்கங் கொண்டுள்ள வேறுபாடு.— வளிவெப்பமானியின் குமிழினைச் சூடாக்குவதற்கு ஒரு நீர்த்தொட்டியைப் பயன்படுத்துக. நீர்த் தொட்டியின் வெப்பநிலையை அறிவதற்கு ஓர் இரசவெப்பமானியைப் பயன்படுத்துக. நீரினைக் கொதிநிலைக்குச் சூடாக்குக. வெப்பநிலையானது மாறுத நிலையை அடைந்தபின் வெப்பநிலையை அறிக. வாயுவமுக்கமானியிலுள்ள இரசத்தைச் செம்மைப்படுத்தியபின், B, E ஆகியவற்றின் மட்டத்தைக் காண்க. பின்னர் EC ஐ முன்பு கூறியவாறு கீழே தாழ்த்தி வெப்பநிலையை 20° வரை கீழிறங்கச்செய்க. மீண்டும் வெப்பநிலை, அமுக்கம் ஆகியவற்றின் அளவுகளைக் காண்க. இவ்வாறுக ஒரு தொடரான பல அளவுகளை எடுக்க. அடுத்தடுத்த அளவீடுகளுக்கு இடையில் வெப்ப நிலையை 20° அளவு இறங்க விடுக. 2 ஆம் பகுதியில் கூறப்பட்ட முன்னெச்சரிக்கையின் படி நடவடிக்கைகள் எடுக்கப்பட்டால், வெப்பநிலையை உயர்த்துகின்ற பொழுதே இறுதிவெப்பநிலை 100°C. ஆகும்வரை வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளுக்குள்ள செம்மைப்படுத்தல்களைச் செய்து கொள்ளலாம்.

பெற்றுக்கொண்ட விளைவுகளைப் பின்வருமாறு பதிக :—

பாரமானியின் உயரம் = . . .

B இலுள்ள குறி அடையாளத்தின் மட்டம் = . . .

வெப்பநிலை	E இன் மட்டம்	மட்டங்களுக்கிடைவித்தியாசம், E - B	அமுக்கம் A

இப்பொழுது வளியினுடைய அமுக்கத்திற்கும் அதனுடைய வெப்பநிலைக்குமிடையிலுள்ள தொடர்பினை வரைப்படம் மூலமாகக் குறித்தல் வேண்டும். அமுக்கத்தை நிலைத்தூரமாகவும் வெப்பநிலையைக் கிடைத் தூரமாகவும் எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். இவ்வாறு எடுத்துக்கொண்ட புள்ளிகள் யாவும் ஏறக்குறைய ஒரு நேர்கோட்டில் விழும். இப்புள்ளி

களுக்கு ஊடாக ஒரு நேர்கோட்டினைக் கீறுக. இதை அந்நேர்கோட்டுக்கு மேலாக எவ்வளவு புள்ளிகள் கிடக்கின்றனவோ, அவ்வளவு தொகை கீழே கிடக்குமாறு கீறுக. இக் கோட்டினைப் பரிசோதனைகளால் வந்த விளைவுகளின் சராசரியைக்குறிப்பதாக எடுத்துக்கொண்டு, தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட இரு வெப்பநிலைகள் t_1, t_2 என்பவைக்கொத்த அமுக்கங்களைக் காண்க. இவ்வமுக்கங்கள் p_1, p_2 ஆகுக.

எனவே வெப்பநிலையோடு ஒரு வாயுவின் அமுக்க ஏற்றத்தின் குணகத்தை α குறிக்கும் எனின், நாம்

$$p_1 = p_0 (1 + \alpha t_1),$$
$$p_2 = p_0 (1 + \alpha t_2)$$

என எழுதலாம்.

ஒரு சமன்பாட்டினை மற்றொன்றுற் பிரித்து நாம் p_0 என்பதை நீக்கலாம். இவ்வாறு நாம்,

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2}$$

என்பதைப் பெறுகின்றோம்.

α ஐக் காண்பதற்கு இதைத் தீர்ப்பதால்,

$$\alpha = \frac{p_2 - p_1}{p_1 t_2 - p_2 t_1}$$

ஆகும்.

இச்சமன்பாட்டினைக்கொண்டு α இன் பெறுமதியைக் கணிக்க.

நாம் வேண்டின், தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலைகளை $t_1 = 0°C$ எனவும் $t_2 = 100°C$ எனவும் எடுக்கலாம். வரைப்படத்திலிருந்து அவற்றிற் கொத்த அமுக்கங்கள் p_0, p_{100} என்பவற்றைக்கண்டு α ஐக் காண வாய்பாடு

$$p_{100} = p_0 (1 + \alpha 100)$$

என்பதைப் பயன்படுத்துக.

இதைச் செய்வதற்குப் பயன்படுத்திய மிகக் குறைந்த வெப்பநிலைக்கு அப்பாலும் வரைப்படத்தை நீட்டுதல் வேண்டும்; அமுக்கம் p_0 என்பதைப் **புறச் செருகலால்** பெறல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 162. ஒரு பதார்த்தத்தின் உருகுநிலையின் வெப்பநிலையை மாறுக் கனவளவு வளிவெப்பமானியின் துணைகொண்டு துணிதல்.—இப் பரிசோதனையில் இரசவெப்பமானி பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. ஆனால், மாறுக் கனவளவு வளிவெப்பமானியால் வரையறுக்கப்பட்ட வெப்ப நிலைச் சட்டவளவு பயன்படுத்தப்படும். முதன்முதலாக வெப்பமானியின் 'நிலையான புள்ளிகளை'க் கண்டறிக. குமிழினுள்ள வளியின் அமுக்கத்தினை அதைச் சூழ்ந்திருக்கின்ற தொட்டி உருகு பனிக்கட்டி கொண்டிருக்கின்றபொழுது

பார்த்தறிந்து கீழ் நிலைப் புள்ளியைத் துணிக. இவ்வமுக்கம் p_0 ஆகும். மேல் நிலைப் புள்ளியைக் குமிழினுள்ள வளியின் அமுக்கமானது கொதி நீலையிலிருக்கின்றபொழுது கண்டறிந்து துணிக. உண்மையில் இந்நிலையைச் செம்மையிற் பெறுவதற்கு நியம அமுக்கத்திற் கொதிக் கின்ற தூய நீரின் ஆவியால் அதன் குமிழினைச் சூழ்தல் வேண்டும். இப்பொழுதுள்ள அனுவனுக்கு நீர்த்தொட்டியினுள்ள கொதிநீரில் குமி ழினை அமிழ்த்தல் போதுமானது. ஒத்தவமுக்கம் p_{100} ஆகும்.

ஆகவே, $$p_{100} = p_0\ (1 + \alpha\ 100).$$

இவ்வாறுக α இன் பெறுமானத்தை நேர்ப்பரிசோதனையாற் கண்டறிய லாம்.

இப்பொழுது நீர்த்தொட்டியினுள்ள நீரின் வெப்பநிலையைத் திண்மத் தின் உருகுநிலைக்குச் சமமாகும் வரை செம்மைப்படுத்துக. இதற்காக ஒரு மெல்லிய சுவருடைய ஆய்குழலுள் ஒருசிறு துண்டு திண்மத்தை யிட்டு நீர்த்தொட்டியினுள் அதை அமிழ்த்திவிடலாம். இவ்வெப்பநிலையோ டொத்த அமுக்கம் p இனை அளவிடுக.

எனவே, மாறுக்கனவளவு வளிவெப்பமானியின் அளவுத்திட்டத்தில்

$$p = p_0\ (1 + \alpha t)$$

எனப் பெறுகின்றோம். இங்கு t துணியப்பட வேண்டிய வெப்பநிலை. α பரிசோதனை முறையில் முன்னர் கண்டுள்ள பெறுமானத்தையுடையது.

வெப்பநிலை t இனை இச்சமன்பாட்டிலிருந்து கணித்தறிக.

ஒருமுறையானது, **மாறு**வெப்பநிலையொன்றில் நடைபெறுகின்றதெனின் **சமவெப்பமுடைய**தெனப்படும்.

போயில், சார்ள்சு ஆகியோரின் விதிகளில் எடுத்துரைக்கப்பட்ட வாயுக்க ளின் பரிசோதனைகள் பற்றிய விளைவுகளை

$$PV = RT$$

என்னும் ஒரு தனிக்கோவையில் அடக்கலாம். இங்கு P அமுக்கத்தைக் குறிக்க, V கொடுக்கப்பட்ட திணிவு வாயுவின் கனவளவைக் குறிக்க, T தனி வெப்பநிலை, அல்லது சதம அளவை அளவுத்திட்டத்திலுள்ள உருகுநிலைக்குக் கீழே 273°C. இலிருந்து கணிக்கப்பட்ட வெப்பநிலையைக் குறிக்கும்.

தனி, அல்லது **கெல்வின்** அளவுத்திட்டத்தில் **பனிபடுநிலையின்** வெப்ப நிலை 273°K ஆகும். இன்னும் செவ்விதில் சொன்னால், 273.16°K ஆகும்.

R ஒரு மாறிலியாகும். பெருவழக்கில் **வாயு மாறிலி** எனப்படும்.

வாயுக்குணகம் α இனைப் பரிசோதனை நோக்கல் முறையால் துணிய வேண்டிய சமையங்களில் அன்றி, வாயுக்களைப் பற்றிய கணித்தல்களில் இக்கோவையினைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும்.

ρ வாயுவின் அடர்த்தியாயின் திணிவலகு வாயுவைக்கருதுகின்றவிடத்து, $V = 1/\rho$ ஆகும்; இன்னும் வாயுச்சமன்பாட்டினை,

$$\frac{P}{\rho} = RT$$

என எழுதலாம்.

இச்சமன்பாட்டில் R என்பது ஒரு கிராம் வாயுவிற்குக் காணப்பட்ட வாயுமாறிலி ஆகும்.

ஒரு பதார்த்தத்தின் **கிராம் மூலக்கூறு** (அல்லது மோல்) அப்பதார்த்தத் தின் மூலக்கூற்று நிறையில் எவ்வளவு அலகுகள் உள்ளனவோ, அவ் வளவு கிராம்களை உடைய அப்பதார்த்தத்தின் ஒரு திணிவாகும். நியம வெப்ப நிலையமுக்கத்தில் வாயுவின் ஒரு கிராம் மூலக்கூற்றின் கனவளவு 22415 க.ச.மீ. ஆகும். கடல் மட்டத்தில் 45° அகலக்கோட்டில், 0°C இல், இரசத்தின் 760° மில்லிமீற்றரிற்கு ஒத்த வளிமண்டல அமுக்கம் ஒரு சது. ச.மீ. இற்கு 1,013,200 தைன்களாகும். எனவே, ஒரு மோல், அல்லது ஒரு கிராம் மூலக்கூற்றிற்கு வாயுமாறிலி

$$R = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

$$= \frac{1013200 \times 22415}{273 \cdot 16}$$

$$= 8 \cdot 314 \times 10^7 \text{ எக்கு. பாகை}^{-1}. \text{ கி.-மூல.}^{-1}$$

$$= 1 \cdot 987 \text{ கலோரி. பாகை}^{-1}. \text{ கி.-மூல.}^{-1}$$

ஒரு வாயுவின் ஒரு கிராமுக்குரிய R இனைக் காண்பதற்கு இவ்விலக் கத்தை அவ்வாயுவின் மூலக்கூற்று நிறையாற் பிரித்தல் வேண்டும்.

அதிகாரம் III

கலோரியளவியல்

§ 1. வெப்பக் கணியங்களை அளத்தல்

கலோரியளவியல் வெப்பத்தின் கணியங்களை அளத்தலை ஆராய்கின்றது. ஓரலகு நீர்த்திணிவின் வெப்பநிலையை ஒருபாகை உயர்த்தவேண்டிய கணியமே **ஓரலகு வெப்பக் கணியமாகும்.** விஞ்ஞான வேலைகளில் பொதுவாக வழங்கப்படும் அலகு **கலோரி**யாகும். இதை, குறித்த ஒரு வெப்பநிலையில் **1 கிராம் நீரை 1°C. உயர்த்தவேண்டிய வெப்பக் கணியமென** வரையறுக்கலாம். இக் கணியம் 0°C. இற்கும் 100°C. இற்கும் இடையுள்ள வெவ்வேறு வெப்பநிலைகட்கும் எறக்குறைய ஒன்றாயிருக்கும். ஆனால், திட்டமாக அன்று. உதாரணமாக, 15° கலோரி 20° கலோரியிலும் 1000 இல் 1 பகுதி பெரிதாயிருக்கும். பின்வருவனவற்றில் இச்சிறு வேறுபாடுகளின் விளைவுகளைக் கவனியாமல் விட்டுவிடலாம். எனவே, m கிராம் நீரை t_1°C. இலிருந்து t_2°C. இற்கு உயர்த்த வேண்டிய கலோரிகள்

$$H = m(t_2 - t_1)$$ ஆகும்.

ஒரு பொருளை 1°C. வெப்பநிலைக்கு உயர்த்த குறித்த ஒரு கணிய வெப்பம் வேண்டியிருக்கின்றது. இக்கணியம் அப்பொருளின் **வெப்பக்கொள்ளளவு** எனப்படும். குறித்த ஒரு பொருளை 1°C. உயரச் செய்யும் வெப்பம் எவ்வளவு நீரை 1°C. உயரச் செய்யுமோ அக்கணிய நீர் அப்பொருளின் **நீர்ச்சமவலு** எனப்படும். **கிராமில்** கூறப்படும் நீர்ச்சமவலு, **°C இற்குக் கலோரி அளவில்** கூறப்படும் வெப்பக்கொள்ளளவிற்கு எண்ணளவிற் சமமாகும்.

ஒரு பொருளின் நீர்ச்சமவலு w கிராம் எனின், அப்பொருளை t_1°C. இலிருந்து t_2°C. இற்கு வெப்பநிலையை உயர்த்த வேண்டிய வெப்பம்

$$H = w(t_2 - t_1)$$ ஆகும்.

ஒரு பதார்த்தத்தின் ஓரலகு திணிவின் வெப்பக்கொள்ளளவு, அல்லது தன்வெப்பம், அப்பதார்த்தத்தில் 1 கிராமின் வெப்பநிலையை 1°C. ஏற்ற வேண்டிய கலோரிகளின் எண்ணிக்கையாம். ஒரு பதார்த்தத்தின் தன்வெப்பத்தை, 1 கிராமிற்கு 1°C. இற்கு s கலோரிகள் என, அல்லது s கலோ. கிரா.$^{-1}$ (°C)$^{-1}$ எனக் குறித்தால், m இன் வெப்பநிலையை t_1°C. இலிருந்து t_2°C. இற்கு உயர்த்தவேண்டிய வெப்பம்

$$H = ms(t_2 - t_1)$$

ஆகும்.

வெப்பக் கணியங்களை அளக்க வேண்டியதற்குரிய அடிப்படைச் சமன்பாடு இதாகும்.

இதை முந்திய சமன்பாட்டுடன் ஒத்து நோக்கினால் நீர்ச்சமவலு. $w = ms$ என்பதை நாம் காணலாம். எனவே, ஒரு பொருளின் நீர்ச் சமவலுவை அப்பொருளின் திணிவினதும் அப் பதார்த்தத்தின் தன்வெப்பத்தினதும் பெருக்கம் எனக் கணித்தறியலாம்.

விஞ்ஞானத்தின் சில பகுதிகளில் கிலோகிராமை திணிவலகாகவும், அதனோடு ஒத்த வெப்பக்கொள்ளளவு அலகாக **பெரிய கலோரியை,** அல்லது **கிலோகிராம் கலோரியையும்** உபயோகித்தல் வாய்ப்புடைத்தாகும். கிலோகிராம் கலோரி, கிராம் கலோரியிலும் 1000 மடங்கு பெரியதாகும்.

வெப்பநிலை மாற்றங்களை ஆய்ந்தறியும் கணிய அளவைகளில், அதாவது, **வெப்பவளவைக் கலோரியளவியலில்** காப்புத்தத்துவம் ஒன்று பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதை வருமாறு எடுத்துக் கூறலாம் :

வெப்பப்பொருள் **இழந்த வெப்பம்** = குளிர்ப்பொருள் **கொண்ட வெப்பம்.**

இத்தத்துவத்தை மிக்க அவதானத்துடன் பிரயோகிக்கவேண்டும். அது மறைவெப்பத்தை ஆயும்பொழுதும் பொறிமுறை வழி வெப்பமுண்டாக்குகின்ற பொழுதும் மேற்கொள்ளும் பக்குவத்தோடொத்ததாயிருத்தல் வேண்டும்.

கலோரிமானி

வெப்பக் கணியங்களை அளக்க ஆக்கப்பட்ட ஒரு கலம் **கலோரிமானி** எனப்படும். இயன்ற அளவில் வெப்பமானது அதனிலிருந்து பிற பொருட்கட்குச் செல்லாமலும் அவற்றிலிருந்து இதற்கு வராமலும் அது உருவாக்கப்படல் வேண்டும். இவ்வாறுக வெப்பத்தின் இடமாறுகை, கடத்துகை, மேற்காவுகை, வீசுகை ஆகிய வற்றால் நடைபெறும். வெப்பக் கடத்துகையைத் தவிர்ப்பதற்குக் கலோரிமானியை அரிதில்வெப்பம் கடத்தியொன்றில் தங்க வைத்தல் வேண்டும். பஞ்சு, கம்பளி, இடைச்சி, பெல்து, எபனைற்று ஆகியவை போன்ற பொருள்களை உபயோகிக்கலாம். மேற்காவுகை ஓட்டங்களைத் தவிர்ப்பதற்குக் கலத்தைச் சில வேளைகளில் பருத்திக் கம்பளியால் சுற்றிவிடலாம் ; அல்லது ஒரு வெற்றிடக் கஞ்சுகக் குழாயுள் வைத்துவிடலாம். வீசலால் வெப்பம் மாறுவதைத் தவிர்ப்பதற்கு வழக்கமாக வெளிக் கலம் ஒன்றில் கலோரிமானி தங்க வைக்கப்பட்டிருக்கும். உட்கலனின் வெளிப்பக்கம் காலற்றிறனைக் குறைப்பதற்குப் பளபளப்பாகத் துலக்கப்பட்டிருக்கும். வெளிக்கலனின் உட்புறம் தெறிவலுவைக் கூட்டுவதற்காகப் பளப்பளப்பாய்த் துலக்கப்பட்டிருக்கும்.

திவாரின் வெற்றிடக் கலம் (வெப்பக்குடுவை) சில பரிசோதனைகட்கு வாய்ப்பான கலோரிமானியாகும். ஆயினும், கண்ணுடியானது ஒரே வெப்பநிலையைப் பெறுத தன்மையால் அதனின் வெப்பக்கொள்ளளவின் பெறுமானம் எது எனத் துணிவது சற்றுக் கடினமாயுள்ளது. எனினும், பக்கம் 439 பார்க்க.

§ 2. ஒரு திண்மத்தின் தன்வெப்பத்தைத் துணிதல்

பரிசோதனை 163. ஒரு திண்மத்தின் தன்வெப்பத்தைத் துணிவதற்குரிய எளிய முறைகள்.—அத்திண்மத்தின் குறித்த ஒரு திணிவு குறித்த ஒரு வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கப்பட்டு அறையின் வெப்பநிலையிலுள்ள குறித்த ஒரு திணிவு நீருள் போடப்படும். இறுதியில் திண்மமும் நீரும் ஒரு பொது வெப்பநிலையை அடையும். இதைக் குறித்துக் கொள்ளல் வேண்டும். பின்னர் திண்மத்தின் தன்வெப்பத்தைக் கணித்துக்கொள்ளலாம்.

முதன்முதலாகத் திண்மத்தை நிறுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். திண்மத்தைச் சூடாக்குகின்றபொழுது மற்றையவற்றை நிறுப்பது இதனுல் எளிதாகும். திண்மமானது ஒருலோகக் கட்டியெனில் அதனை ஒரு மென்னூலாலோ கம்பியாலோ கட்டி அதை ஒரு நீர்க்கிண்ணத்துள் இறக்குக. இதைக் கொதிநிலைக்குச் சூடாக்கலாம்[1]. இத்திண்மமானது ஈயக்குண்டு, அல்லது பித்தளைப் பொடி போன்ற சிதறல் துண்டுகளாயிருந்தால் இச்சிதறல் துண்டுகளைக் கண்ணுடி ஆய்குழல் ஒன்றிலோ, அல்லது நொய்யால் திணிக்கப்பட்ட ஒரு மெல்லிய உலோகத்திலோ அவற்றை வைத்துக் கொதி நீரிற் சூடாக்குக. இத்திண்மமானது நிலையான ஒரு வெப்பநிலை கொள்ளப் போதிய நேரத்திற்குச் சூடாக்கப்படல் வேண்டும்.

திண்மமானது சூடாக்கப்படும்பொழுது கலோரிமானி ஒன்றை அதனுடைய கலக்கியுடன் நிறுக்க. மீண்டும் அதன் அரைப்பாகம் நீரால் நிறைந்துள்ளபொழுது நிறுக்க. 0·1°C. அளவு வரை நீரின் வெப்ப நிலையைக் குறித்துக்கொள்க.

திண்மத்தின் வெப்பநிலை கொதிநீரின் நிலையை எய்தியதும் இயன்ற அளவு துரிதமாகத் திண்மத்தைக் கலோரிமானியுள் இடுக. துண்டுப் பொருள்கள் பற்றிய வகையில் வாய்ப்பான கைப்பிடி ஒன்றினுல் ஆய்குழலைத் தூக்கிக் கலோரிமானியில் துண்டுகள் விழுமாறு சரித்துவிடுக. கலோரிமானியில் உள்ள நீரைக் கலக்கி வெப்மானி காட்டும் உயர்ந்த வெப்பநிலையைக் குறிக்க. திண்மக் கட்டியின் வகையில் இத்திண்மக் கட்டியானது நூலொடு எடுக்கப்பட்டுக் கலோரிமானியில் போடப்படுகின்ற பொழுது சிற்றளவு நீர் தவிர்க்கமுடியாத வகையில் அதனுள் போய்விடுகின்றது. இது பொல்லாத ஒரு வழுவைத் தோற்றுவித்து விடுகின்றது.

1 திண்மத்திற்கும், கொதிநீருக்கும் அல்லது ஆவிக்குமிடையே தொடுகை இல்லா எளிய முறைச் சூடாக்கிகள் இப்பொழுது கிடைக்கும்.

கீழ்க்காணும் உதாரணம் நோக்கல்களைக் குறித்துப் பெறுமானத்தைக் கணிக்கும் வழியை விளக்கிக் காட்டுகின்றது. இங்கு எளிய எண்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டுள்ளன.

உதாரணம்.—ஈயக்குண்டின் தன்வெப்பத்தைத் துணிதல்.

ஈயக்குண்டின் திணிவு	= 200 கிராம்
கலோரிமானி, கலக்கி ஆகியவற்றின் திணிவு	= 40·0 கிராம்
கலோரிமானி, கலக்கி, நீர் ஆகியவை சேர்ந்த திணிவு	= 252·2 கிராம்
நீரின் திணிவு	= 212·2 கிராம்
குண்டின் முதல்வெப்பநிலை	= 100°C.
நீரின் முதல் வெப்பநிலை, t_1	= 15·0°C.
நீர், குண்டு ஆகியவற்றின் இறுதிவெப்பநிலை, t_2	= 17·3°C.

100°C. இலிருந்து இறுதி வெப்பநிலை t_2 இற்குக் குளிர்கின்றபொழுது திண்மத்தால் வெளிவிடப்பட்ட வெப்பமானது, நீர், கலோரிமானி ஆகியவற்றின் வெப்பநிலை t_1 இலிருந்து t_2 இற்கு உயரும் வரை அவைபெற்ற வெப்பத்திற்குச்சமமென நாம் எடுத்துக் கொள்கின்றோம்.

s என்பது திண்மத்தின் தன்வெப்பமாயின், அது வெளிவிடும் வெப்பம்

$$200 \times s \times (100-t_2) \text{ கலோரிகள்}$$

கலோரிமானியின் 'நீர்ச்சமவலு' அதன் திணிவைப் பதார்த்தத்தின் தன்வெப்பத்தால் (உதாரணமாக 0·095 என்க) பெருக்கியதற்குச் சமமாகும்,

$$= 40 \times 0{\cdot}095 = 3{\cdot}8 \text{ கிராம்.}$$

நீரும் கலோரிமானியுஞ் சேர்ந்த மொத்த நீர்ச்சமவலு

$$= 212{\cdot}2 + 3{\cdot}8 \text{ கிராம்.}$$
$$= 216 \text{ கிராம்.}$$

கலோரிமானியும் நீரும் கொண்ட வெப்பம்

$$= 216 \times (17{\cdot}3-15)$$
$$= 496{\cdot}8 \text{ கலோரிகள்.}$$

திண்மம் வெளிவிட்ட வெப்பம், நீரும் கலோரிமானியும் உட்கொண்டதற்குச் சமன் எனும் உண்மையைக் கூறும் சமன்பாட்டை நாம் இப்போது எழுதலாம்.

$$200 \times s \times (100-17{\cdot}3) = 496{\cdot}8$$

s = கிராமிற்கு 0·03 கலோரிகள் ஒரு 1°C. இற்கு.

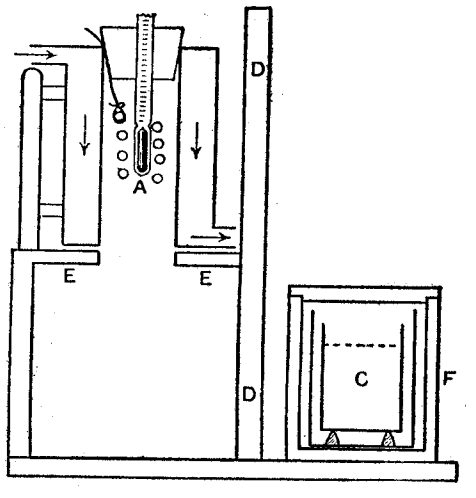
இரேனேவின் கருவி

ஒரு திண்மத்தின் தன்வெப்பத்தைச் செம்மையில் துணிவதற்கு **இரேனேல்** அமைத்தது போன்ற ஒரு கருவியைப் பயன்படுத்தலாம். இக்கருவியை ஆக்கும் பொழுது சில முக்கிய இயல்புகளைப் பேணுவதில் கவனம் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது. அவை வருமாறு:— ஈரப்பற்றுடன் தொடர்புறுமல் திண்மத்தை நீலையான ஒரு வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கல், சூடாக்கு கூடத்திலிருந்து கலோரிமானிக்கு விரைவாக மாற்றல், பரிசோதனை யின் மற்றைப்பகுதிகளைச் செய்யும்பொழுது சூடாக்குகூடத்திலிருந்து கலோரிமானியைப் பாதுகாத்தல்.

A இலுள்ள திண்மம் (உரு. 175) ஓர் இரட்டைச் சுவருடை நீராவிக் கஞ்சுகக் குழாயினுள் வைக்கப்பட்டு, கொதிகலனிலிருந்து செல்லும் ஒரு நீராவியோட்டத்தால் சூடாக்கப்படும். கொதிகலனும் வெளிவிடு குழாயும் கலோரிமானி **C** இனுள் வெப்பத்தை வீசாமலிருக்குமாறு ஒழுங்குபடுத்தப்பட வேண்டும். இது நீராவி வெப்பமாக்கியிலிருந்து வழுக்கும் ஒரு மரமூடி **D** ஆல் பாதுகாக்கப்பட்டிருக்கும். திண்மமானது சூடாக்கப்படும்பொழுது கூடத்தின் மேற்பக்கம் ஒரு ஸிடேச்சால் மூடப்பட்டிருக்கும். இதனூடாக **100°C.** அளவுகொண்ட வெப்பமானி செருகப்பட்டிருக்கும். கீழ்மூனை மரமேடை **E** இன் ஒரு பகுதியினால் மூடப்பட்டிருக்கும். திண்மமானது வெப்பமானியின் குமிழுடன் பொருந்துமாறு நிலையாக்கப்படல்வேண்டும்; அதைக் ஸிடேச்சோடு நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள நுண்நூலில் தொங்க விட வேண்டும். ஓர் உலோகத்தைப் பற்றியவிடத்தில் விரிபரப்புச் சுருளி உருவில் வளைக்கப்பட்டுள்ள கம்பியைப் பயன்படுத்தல் வாய்ப்புடைத்து.

பரிசோதனை 164. ஒரு திண்மத்தின் தன்வெப்பத்தை அறிவதற்கு இரேனேவின் ஆய்கருவி.—ஒரு திண்மமானது ஒரு நிலையான வெப்ப நிலையைப் பெறுவதற்கு நீண்ட நேரம் எடுக்குமாதலின் நீராவியைப் பெறுவதற்கு ஏற்ற ஒழுங்குகளைச்செய்தபின் முதலாவதாகச் செய்யப்பட வேண்டிய வேலை, திண்மத்தை நிறுத்து சூடாக்கு கூடத்தில் அதைத் தொங்கவிடுவதாகும். பின்னர் கலோரிமானியின் உட்கலம் நிறுக்கப்பட வேண்டும். பின்னர் அதன் மூக்காற்பங்கு நீரால் நிரப்பப்பட வேண்டும். இதன் பின்னர் நீரின் திணிவைக் கணிப்பதற்கு நிறுத்தல் வேண்டும். இதன் பின்பு அது வெளியுலோகக் கலத்துள் வைக்கப்படும். இது மேலும் ஒரு மரப்பெட்டியால் பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளது. இயன்ற அளவில் செம்மையாக, கலோரிமானியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையைத் துணிவதற்கு, உணர்ச்சி யுள்ள ஒரு வெப்பமானி பயன்படுத்தப்படும். கூடத்திலுள்ள வெப்பமானி

காட்டும் வெப்பநிலையானது நிலையாக வந்ததின் பின்னர் குறைந்தது 5 நிமி டங்களுக்கேனும் சூடாக்கு கூடத்தில் அத்திண்மத்தை இருக்க விடல் வேண்டும். திண்மத்தைச் சூடாக்கும் முழு முறையும், நீராவிசெல்லத் தொடங்கிய பின்னர் 20 அல்லது 30 நிமிடங்களாகுதல் எடுக்கும்.



உரு. 175. இரேனேவின் ஆய்கருவி

இவ்வாறு நிலையான வெப்பநிலையைப் பதிவு செய்த பின் மேடை **E** இலுள்ள துளைக்கு மேலாக வருமாறு சூடாக்கு கூடம் சுழற்றப்படும். மூடி **D** ஆனது உயர்த்தப்படும். கலோரிமானியிலுள்ள உட்கலமானது மேடைமேலுள்ள துளைக்கு நேர் கீழே இருக்குமாறு கலோரிமானி கொண் டுள்ள பெட்டி **F** என்பது ஒரு நிலைக்குக் கொண்டுவரப்படும். நீர்வீச்சு ஒன்றும் இல்லாமல் விரைவாக திண்மமானது கலோரிமானியுள் விடப்படும்; பெட்டி **F** வெளியிலெடுக்கப்படும்; பின்பு மூடி கீழே கொண்டுவரப்படும். கலோரிமானியின் வெப்பநிலை பக்குவமாக அவதானிக்கப்படும். அங்கு அடையப் பெறும் உயர்வெப்பநிலை குறிக்கப்படும். செம்மையாக இதைத் துணிகின்றபொழுது கதிர்வீச்சினால் இழக்கப்படும் வெப்பத்திற்கு ஈடு செய்வதற்காக வேண்டிய திருத்தத்தின் பொருட்டு குளிரல்வளைகோடு ஒன்று வரையப்படும்; (பக்கம் 431).

இந்நோக்கல்களிலிருந்து, பக்கம் ..... இலுள்ள எளிய பரிசோதனையில் செய்தவாறு தன்வெப்பம் கணித்தறியப்படும்.

m = திண்மத்தின் திணிவு,

s = அறியப்படாத தன்வெப்பம்,

c = கலோரிமானியின் திணிவு,

M = கலோரிமானியிலுள்ள நீரின் திணிவு,

s_1 = கலோரிமானியின் பதார்த்தத்தின் தன்வெப்பம்,

t = சூடான திண்மத்தின் வெப்பநிலை,

t_1 = கலோரிமானியின் ஆரம்பவெப்பநிலை,

t_2 = கலோரிமானியின் இறுதிவெப்பநிலை

எனக

ஆகவே, t இலிருந்து t_2 இற்குக் குளிர்ந்த பொழுது திண்மம் இழந்த வெப்பம்

$$= ms(t - t_2).$$

t_1 இலிருந்து t_2 இற்கு வெப்பநிலை மாறுவதற்குக் கலோரிமானியும் நீரும் எடுத்துக்கொண்ட வெப்பம்

$$= (M + cs_1)(t_2 - t_1).$$

வெப்பத்தின் இக்கணியங்கள் சமமெனக் கொண்டால்,

$$ms(t - t_2) = (M + cs_1)(t_2 - t_1).$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து s இன் பெறுமானத்தைத் துணியலாம்.

மாணக்கன் இத்தகைய சமன்பாடுகளை ஞாபகத்தில் வைத்திருக்க முயல வேண்டியதில்லை. ஒவ்வொரு சிறப்பான வகையிலும் முதல் விதிகளிலிருந்து இவற்றைப் பெறக்கூடியவனாக இருத்தல் வேண்டும்.

§3. திரவங்களின் தன்வெப்பத்தினைத் துணிதல்

ஒரு திரவத்தின் தன்வெப்பத்தைக் கலவை முறைகளால் பல வகைகளிற் பெறலாம்.

பரிசோதனை 165.—அறியப்பட்ட தன்வெப்பமுடைய ஒரு திண்மத்தைப் பயன்படுத்தி ஒரு திரவத்தின் தன்வெப்பத்தைத் துணிதல்.—திண்மமானது திரவத்துடன் ஒருவிதமான இரசாயனத் தாக்கத்தையும் கொண்டிருத்தல் ஆகாது.

இவ்வாராய்ச்சியையும் ஒரு திண்மத்திற்குரிய தன்வெப்பத்தைக் கணிப்பதற்கு எடுத்துக்கொண்ட முறையைப் போன்றே நடத்தல் வேண்டும். கலோரிமானியில் உள்ள நீரிற்குப் பதிலாகக் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும் (பரிசோதனைகள் 163,164).

s_2 அத்திரவத்தின் தன்வெப்பமாகுக. M அதன் திணிவாகுக. ஆகவே,

$$ms(t - t_2) = (Ms_2 + cs_1)(t_2 - t_1).$$

இங்கு மற்றைக் குறியீடுகள் அவைக்கு முன்னர் அளிக்கப்பட்டுள்ள பொருள்களையே கொண்டுள்ளன.

பரிசோதனை 166.—இரேனேவின் முறைகொண்டு ஒரு திரவத்தின் தன்வெப்பத்தைத் துணிதல்.—சூடான அத்திரவத்தைக் கலோரிமானியிலுள்ள நீரினுள் வைக்கப்பட்ட மெல்லிய சுவருடைய உலோகக் கலத்தினுள் பாய்ச்சுவதால் தன்வெப்பத்தை அறியலாம்; மறுதலையாக கலோரிமானியிலுள்ள கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தினுள் வைக்கப்பட்டுள்ள மெல்லிய சுவருடைய உலோகக் கலத்தினுள் சூடான நீரைப் பாய்ச்சுவதாலும் அறியலாம். ஒரே வெப்ப நிலையிலுள்ள இரு திரவங்களைக் கலப்பதால் ஆகும் இரசாயனத் தாக்கத்தில் வெப்பம் விளையுமாதலால் இரு திரவங்களையும், விதிமுறையாக, நேராகச் சேரவிடலாகாது.

பரிசோதனை 167. கலவை முறைகளால் ஒரு திரவத்தினுடைய தன்வெப்பத்தைத் துணிதல்.—திரவத்தை ஒரு மெல்லிய சுவருடைய கண்ணாடிப் போத்தலினுள் வைத்தோ, அல்லது ஒரு உலோகப் பேணியுள்[1] வைத்தோ சூடாக்குவது வாய்ப்புடைய முறையாகும். இங்கு இப்போத்தலோ உருளையோ வெப்பமானி ஒன்று ஊடு செல்கின்ற ஒரு கிடேச்சால் மூடப்பட்டிருக்கும். சூடாக்கப்பட்ட போத்தலானது அதனுடைய வெப்பநிலை அறியப்பட்டபின் கலோரிமானியினுள் வைக்கப்படும். வெப்பமானியின் தண்டினால் தாங்கிக்கொள்ளப்படும் போத்தலையே ஒரு கலக்கியாகப் பயன்படுத்தலாம். இரண்டாவதொரு வெப்பமானியைக் கலோரிமானியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையைத் துணிவதற்குப் பயன்படுத்தலாம். இரு வெப்பமானிகளும் காட்டும் அளவுகளின் சராசரியை இறுதிவெப்பநிலையென எடுத்துக்கொள்ளலாம். இங்கு அவை ஒருபாகை வித்தியாசத்தையோ அல்லது குறை வித்தியாசத்தையோ கொண்டிருக்கின்றபொழுதே அவ்வாறு எடுத்தல் வேண்டும். திரவத்தைக் கொண்டிருக்கும் கலத்தினுடைய நீர்ச்சமவலுவையும் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். அத்துடன் கலோரிமானியினுடைய நீர்ச்சமவலுவையும் கணக்கிற் கொள்ளல் வேண்டும்.

[1] மென்சுவர் அலுமீனியப் பேணிகள் கிடைக்கக் கூடியன. அவை இதற்குப் பயனபடும்.

பரிசோதனை 168.—கலோரிபரின் துணைகொண்டு ஒரு திரவத்தின் தன் வெப்பத்தைத் துணிதல்.—**கலோரிபர்** என்பது பெரிய குமிழுடைய இரச வெப்பமானியைப்போன்ற ஒரு கருவியாகும். ஆயினும் அதன் தண்டில் இரு குறிகளே இருக்கும். கொதிக்கின்ற நீரில் இக்கலோரிபரைச் சூடாக்குவ தால் இரசமானது விரிந்து மேற்குறிக்கு மேலாக எழும். இரசநிரல் மேற் குறியை அடைகின்றபொழுது கொதிக்கின்ற நீரிலிருந்து கலோரிபர் அகற்றப் பட்டு உலர்த்தப்பட்ட பின் கலோரிமானியிலுள்ள நிறுக்கப்பட்ட கணியம் கொண்ட ஒரு திரவத்தினுள் வைக்கப்படும். இரசம் ஆனது கீழ்க்குறிக்கு வீழ்கின்ற வரையில் அது கலோரிமானிக்குள் விடப்பட்டு அக்குறியை அது அடைந்ததும் வெளியே எடுக்கப்படும். கலோரிமானியிலுள்ள திரவத்தின் வெப்பநிலையுயர்ச்சி மிக உணர்ச்சியுள்ள ஒரு வெப்பமானியால் அளக்கப் படும். கலோரிமானியில் அறியப்பட்ட நிறையுடைய நீரைக்கொண்டு இச் செய்கை இன்னொரு முறை செய்யப்படும். இவ்விரண்டு பரிசோதனைகளிலும் கலோரிமானிக்கு ஒரே அளவான வெப்பம் கலோரிபரால் கொடுக்கப்பட்டபடி யால் திரவத்தினுடைய தன்வெப்பத்தைக் கணித்து அறிதல் சுலபமானது. கணித்தறியும் முறை மாணவரின் பயிற்சிக்கான ஓர் அப்பியாசமாக இங்கு கூறப்படாது விடப்பட்டுள்ளது.

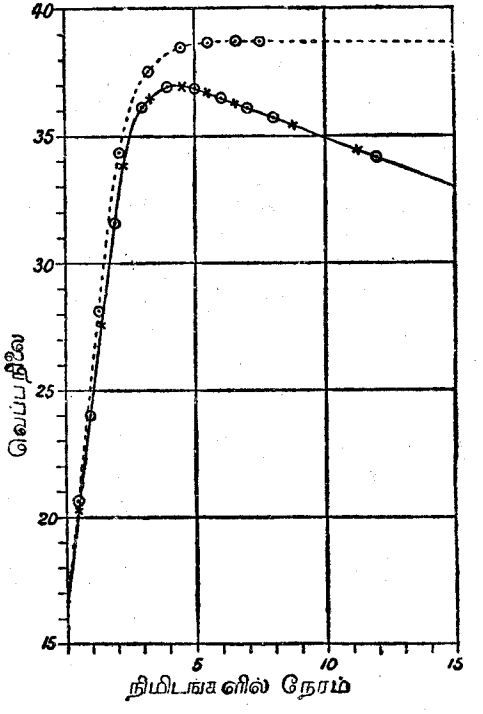
குளிராகுமுறையினால் ஒரு திரவத்தினுடைய தன்வெப்பத்தைத் துணி வதைப் பற்றிய விவரத்தைப் பக்கம் 445 இல் காணலாம்.

§ 4. கதிர் வீச்சிற்காக கலோரிமானியின் நோக்கல்களைத் திருத்தும் முறை

செம்மையான கலோரி அளவியலுக்குக் கலோரிமானியானது இரு சுவருடை உலோகக் கலத்துள் வைக்கப்படல் வேண்டும். இச்சுவர்களிடை நீர் இருத்தல் வேண்டும். இம்முறையில் கலோரிமானியானது மாறு வெப்பநிலைச் சூழலில் வைக்கப்படும். ஆகவே, இங்கு கதிர்வீச்சானது கலோரிமானியின் வெப்பநிலைக்கும் சூழ் அடைப்பின் வெப்பநிலைக்குமுள்ள வித்தியாசத்திற்கு விகிதசமனுக இருக்கும் என எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

பரிசோதனைக்கு முன்னும் பின்னும் பரிசோதனையின் பொழுதும் கலோரி மானியின் வெப்பநிலையை ஒவ்வொரு முப்பது செக்கனுக்கும் எடுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். நேரத்தோடு மாறுபடும் வெப்பநிலையைக் காட்டும் ஒரு வளைகோடு கீறப்படல் வேண்டும்.

எய்திய உயர் வெப்பநிலையில் வெப்பநிலையின் வீழ்ச்சி வீதத்தை வளைகோட்டிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம்; இது ஒரு நிமிடத்திற்கு x பாகைகள் ஆகுக. இங்கு உயர் வெப்பநிலை சூழ்நிலையிலிருந்து t பாகைகள் உயர்ந்ததெனக் கொள்க.



உரு. 176. திருத்த வளைகோடு

சூடான திண்மமானது கலோரிமானியில் விடப்பட்ட கணத்திலிருந்து, வளைகோட்டினை ஒருநிமிட இடைவெளிகளாகப் பகுக்க. ஒவ்வொரு இடை வெளிக்கும் நடுவிலுள்ள வெப்பநிலையை அந்நிமிடத்திலுள்ள சராசரி வெப்ப நிலையெனக் கொள்க. இவை முறையே மூடியுள்ள கலத்தின் வெப்பநிலை யிலும் t_1, t_2, t_3 பாகைகள் மேலானவை ஆகுக.

முதலாவது நிமிடத்தில் $t_1°$ சராசரி வெப்பநிலை மிகைக்கு ஒதத வெப்பம் இழக்கப்பட்டது. இவ்வெப்பத்தை நிலையாக வைத்திருக்கக் கூடு மாயின், முதலாவது நிமிடத்தின்பின் உள்ள வெப்பநிலையானது உண்மையாக எய்திய வெப்பநிலையிலும் பார்க்க $x_1 = \frac{x}{t} t_1$ என்னும் தொகையிலும் உயர்ந்ததாக இருக்கும்.

இரண்டாவது நிமிடத்தில் இழக்கப்பட்டவெப்பம் ஆனது $x_2 = \frac{x}{t_2}$ என்னும் வெப்பநிலையிழப்பிற்கு ஒத்ததாயிருக்கும். மேலும் இவ்வாறே இருக்கும்.

முதலாவது நிமிடத்தின்பின் வெப்பநிலையானது $x_1°$ மிகத் தாழ்வாயிருக்கும். இரண்டாவது நிமிடத்தில் இன்னும் $x_2°$ இழப்பு உண்டாகும். ஆகவே, இரண்டாவது நிமிடத்தின் முடிவில் வெப்பநிலையானது $x_1 + x_2$ பாகைகள் மிகத் தாழ்வாயிருக்கும். இது சூடான அப்பொருளைப் புகுத்திய பின்னர் கழிந்த இரண்டு நிமிடங்களில் நடைபெற்ற குளிரலினாலென்க.

இவ்வாறே மூன்றுவது நிமிடத்தின்பின் கூட்டப்படவேண்டிய திருத்தம் $x_1 + x_2 + x_3$ ஆகும். மேலும் இவ்வாறே. வரையப்பட்ட வளைகோட்டுக்கு இத்திருத்தத்தைக் கூட்டுவதால் புதிய ஒரு வளைகோட்டைப் பெறலாம். இதனால், கதிர்வீச்சினால் இழப்புக்கள் இல்லையெனில் எவ்வெப்பநிலைகள் பெறப்படுமோ, அவற்றைப் பெறலாம். இவ்வளைகோடு பரிசோதனையின் பினனர் இடைமட்டமாயிருக்கும். இடைமட்டப் பகுதியின் நிலைத்தூரம் திருத்தப்பட்ட வெப்பநிலையாகும்.

வேண்டுமெனில் அரை நிமிட இடைவெளிகளை எடுத்துக்கொள்ளலாம். முன்னர் கூறியவாறு ஒவ்வொரு நிமிடத்திற்கும் திருத்தங்களைக் கூட்டுவதற்குப் பதிலாக ஒவ்வொரு அரைநிமிடத்திற்கும் கூட்டிக்கொள்ளலாம்.

§ 5. மறை வெப்பங்கள்

நீரின் மறைவெப்பத்தைத் துணிதல்

பனிக்கட்டி உருகலின் மறைவெப்பம்.—வெப்பநிலை மாற்றமன்றி, ஒரு கிராம் பனிக்கட்டியைத் திண்மத்திலிருந்து திரவம் ஆக்குவதற்குவேண்டிய வெப்பக்கணியம் நீரின் மறைவெப்பம், அல்லது பனிக்கட்டி உருகலின் மறைவெப்பம் எனப்படும்.

கலோரிமானியிலுள்ள அறியப்பட்ட நீர்த்திணிவு ஒன்றிற்கு நீர்ப்பற்றில்லாத சிறு சிறு பனிக்கட்டித் துண்டுகள் சேர்க்கப்படின் பனிக்கட்டி உருகி 0°C. இலுள்ள நீராக மாறும். பின்னர் பனிக்கட்டிபோலக் குளிர்ந்த அந்நீர் சூடான நீரிலிருந்தும் கலோரிமானியிலிருந்தும் வெப்பத்தை உறிஞ்சும். இது சமவெப்பநிலை அடையும் வரை நடைபெறும்.

பரிசோதனையின் ஆரம்பத்தில் கலோரிமானியானது அறையின் வெப்ப நிலையிலிருந்தால், அது பனிக்கட்டியால் அவ்வெப்பநிலையிலும் குறைவான வெப்பநிலைக்குக் குளிராக்கப்படும். ஆகவே, பரிசோதனையின்பொழுது கதிர் வீச்சினால் வெப்பத்தைப் பெற்றுக்கொள்ளும்.

இவ்விளைவினால் ஆகும் வழுவினைக் களைவதற்கு கலோரிமானியையும் அது கொண்டுள்ள நீரையும் அறையின் வெப்பநிலையிலும் 5° இற்கு மேலாகச் சூடாக்குதல் நல்லது. பின்னர் அறையின் வெப்பநிலையிலும் அதேபாகையளவு கீழாகக் குளிரும் வரை போதிய பனிக்கட்டி சேர்த்தல் வேண்டும். பரிசோதனையின் முதற்பகுதியில் இழக்கப்பட்ட வெப்பமானது பிற்பகுதியில் பெறப்பட்டதோடு சமமாக இருக்கும். இது பிற்பகுதிப் பரிசோதனை முற்பகுதி எடுத்துக்கொண்ட நேரத்திலும் கூடாமலிருந்தாலே நிகழக்கூடிய தொன்றுகும்.[1]

பரிசோதனை 169. பனிக்கட்டி உருகலின் மறைவெப்பத்தைத் துணிதல்.—முதலாவதாகக் கலோரிமானியை கலக்கியுடன் நிறுக்க. 100 க.ச.மீ. இலிருந்து 200 க.ச.மீ. வரை நீரைப் பெய்து மீண்டும் நிறுக்க.

இவ்விரு நிறைகளுக்குமிடையில் உள்ள வித்தியாசமானது கலோரிமானியிலுள்ள நீரின் திணிவைக் கொடுக்கும்.

கலோரிமானியை ஒரு கொதி நீர் கலத்தினுள் வைத்து அறையின் வெப்பநிலையிலும் 5° மேலாகச் சூடாக்குக.

கலோரிமாயினின் வெளிப்புறத்தை உலர்த்திப் பெரிய செப்புக்கலத்தினுள் வைக்க. கடத்தல் முறையால் வெப்பத்தை மாற்றுதிருத்தற் பொருட்டு அதைக் கிடைச்சில், அல்லது மயிர்ப்படலத்தில், அல்லது நொய்யில் தங்குமாறு வைக்க. உணர்ச்சியுள்ள ஒரு வெப்பமானியைக் கொண்டு 0·1°C. வரை நீரின் வெப்பநிலையை அவதானிக்க.

சில சிறு துண்டுப் பனிக்கட்டிகளை ஓர் ஒத்துத்தாள் கொண்டு, அல்லது சீலை கொண்டு உலர்த்தி மெல்ல மெல்லமாகக் கலோரிமானி நீருடன் சேர்க்க. சேர்க்கின்ற பொழுது கலோரிமானியிலுள்ள நீரைக் கலக்கிக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். அதன் வெப்பநிலையானது அறையின் வெப்பநிலையிலும் பார்க்க 5° கீழே விழும் வரை பனிக்கட்டியைச் சேர்த்துக்கொண்டிருக்க எல்லாப் பனிக்கட்டிகளும் உருகியபின் அடையப்பெற்ற மிக இழிந்த வெப்பநிலையை 0·1°C. அளவில் அவதானிக்க.

மீண்டும் கலோரிமானியை நிறுக்க. சேர்க்கப்பட்ட பனிக்கட்டியின் திணிவைக் காண்க.

---

[1] இவ்வாறுக வழு களையும் முறையை அறையின் வெப்பநிலை மிகத் தாழ்வாய் இருக்கின்ற பொழுது திருத்திகரமான முறையில் பயன்படுத்த முடியாது. இன்னும் அயன மண்டலப் பிரதேசங்களில் சில வேளைகளில் நடப்பதுபோல, குளிராக்கும் வேலை பனிபடு நிலையிலும் மிகக் கீழான வெப்பநிலையை உண்டாக்குதலும்கூடும். இவ்வாறான வகைகளில், அறையிலும் மேலான ஒரு வெப்பநிலையில் தொடங்கி அறையின் வெப்பநிலையில் அவ்வெப்பநிலை இருக்கின்றபொழுது முடித்தலும் நல்லது. இங்கு பரிசோதனை 291 இல் கூறியவாறு கதிர்வீச்சினால் இழந்த வெப்பத்திற்கு ஒரு திருத்தத்தைச் சேர்த்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

கீழ்க்கண்ட உதாரணம் (இங்கு வேண்டுமென்றே இலகுவான எண்கள் எடுத்துக்கொண்டுள்ளோம்) நோக்கல்களைக் குறித்து விளைவினைக் கணிக்கும் முறையை எடுத்துக்காட்டுகின்றது.

உதாரணம்.—கலக்கியுடன் கலோரிமானியின் திணிவு = 40·0 கிராம்.
கலோரிமானி, கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் திணிவு = 240·0 கிராம்.
நீரின் திணிவு = 200·0 கிராம்.
கலோரிமானி, நீர், பனிக்கட்டி ஆகியவற்றின் திணிவு = 262·9 கிராம்.
பனிக்கட்டியின் திணிவு = 22·9 கிராம்.
அறையின் வெப்பநிலை = 15·0° C.
நீரின் ஆரம்பவெப்பநிலை, $t_1°$ = 20·0° C.
நீரின் இறுதிவெப்பநிலை, $t_2°$ = 10·0° C.

$t_1°$ இலிருந்து $t_2°$ வரை குளிராவதற்கு நீரும் கலோரிமானியும் வெளிவிட்ட வெப்பமானது, பனிக்கட்டியை உருக்கி அங்கு உண்டாய நீரின் வெப்பநிலையை 0°C. இல் இருந்து t_2°C. வரை எழுப்புவதற்கு வேண்டிய வெப்பத்திற்குச் சமமானது என்பதை நாங்கள் எடுத்துக்கூறவேண்டும்.

கலக்கியுடன் சேர்ந்த கலோரிமானியின் நீர்ச்சமவலு, கலோரிமானியின் திணிவினைச் செப்பினது தன்வெப்பத்தால் (0·095) பெருக்கியதற்குச் சமமாகும்,

$= 40 \times 0{\cdot}095 = 3{\cdot}8$ கிராம்.

நீரால் வெளியிடப்பட்ட வெப்பம்
= நீரின் திணிவு × வெப்பநிலைவீழ்வு
= 200 × (20°–10°)
= 2000 வெப்ப அலகுகள், கலோரிகள்.

கலோரிமானி வெளியிட்ட வெப்பம்
= கலோரிமானியின் நீர்ச்சமவலு × வெப்பநிலை வீழ்வு
= 3·8 × (20°–10°)
= 38 கலோரிகள்.

வெளியிடப்பட்ட மொத்த வெப்பம்
= 2038 கலோரிகள்.

22·9 கிராம் பனிக்கட்டியை உருக்குவதற்கு வேண்டிய வெப்பம்
= 22·9 × L கலோரிகள்.

இங்கு L நீரின் தன் வெப்பமாகும். அதாவது, ஒரு கிராம் பனிக்கட்டியை உருக்குவதற்கு வேண்டிய கலோரிகளினது எண்ணிக்கையாகும்.

22·9 கிராம் நீரினை 0° இலிருந்து $t_2°$ அளவுக்கு எழுப்புவதற்கு வேண்டிய வெப்பம்

$= 22{\cdot}9 \times t_2°$ கலோரிகள்
= 229 கலோரிகள்.

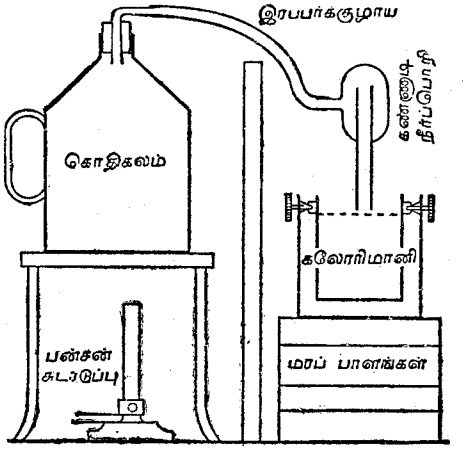
வெளியிடப்பட்ட மொத்த வெப்பம் = உறிஞ்சப்பட்ட மொத்தவெப்பம் என்னும் உண்மையைக் கொண்டுள்ள ஒரு சமன்பாட்டினை நாம் எழுதினால் இதிலிருந்து L இன் பெறுமானத்தைக் காணலாம்.

இவ்வாறாக $2038 = 22{\cdot}9 \times L + 229$
$22{\cdot}9\ L = 1809$
L = 1 கிராம் பனிக்கட்டிக்குச் சதம அளவுத்திட்டத்தில் 79 வெப்ப அலகுகள்.
= 79 கலோரிகள், ஒரு கிராமுக்கு.

நீராவியின் மறைவெப்பத்தைத் துணிதல்

நீராவியின் மறைவெப்பம்.—நீராவியின் மவறைபெப்பம் அல்லது நீரை ஆவியாக்கலின் மறைவெப்பம் என்பது குறித்த ஓர் அமுக்கத்திலே வெப்பநிலை மாறுமல் ஒரு கிராம் நீரை ஆவியாக்குதற்கு வேண்டிய வெப்பமாகும்.

ஒரு கலோரிமானியிலுள்ள அறியப்பட்ட திணிவுடைய நீர் ஊடாகக் கொதிகலனிலிருந்து நீராவி செலுத்தப்படும்பொழுது நீராவியின் ஒரு பகுதி நீராக ஒடுக்கப்படும். இதனால் நீரின் இறுதி வெப்பநிலை முதல் நிலையிலும் பார்க்க உயர்த்தப்படுகின்றது. புலப்பட்ட வெப்பநிலை உயர்வு, ஒடுங்கிய ஆவியின் திணிவு ஆகியவற்றிலிருந்து நீராவியின் மறை வெப்பத்தைக் கணித்தறியலாம். **இங்கு எடுத்துக்கொண்ட வெப்பநிலையைக் கூறுதல் வேண்டும்.**



உரு. 177. நீராவியின் மறைவெப்பம்

பரிசோதனையின் ஆரம்பத்தில் கலோரிமானியில் உள்ள நீரானது அறையின் வெப்பநிலையிலிருந்தால் சூழ்நிலைப் பொருள்களின் வெப்பநிலையிலும் பார்க்க அதனுடைய வெப்பநிலையானது உயர்த்தப்பட்டதும் அது வெப்பத்தைக் கதிர்வீச்சினால் இழக்கும். இது மறைவெப்பத்திற்கு மிகக்குறைந்த ஒரு பெறுமானத்தைக் கொடுக்கக்கூடியதாயிருக்கும்.

பரிசோதனையின் முடிவில் அதனுடைய வெப்பநிலையானது அறையின் வெப்பநிலையிலிருந்து எவ்வளவு உயர்ந்ததாக இருக்கின்றதோ, அவ்வளவில், அறையின் வெப்பநிலையிலும் பார்க்கக் குறைத்துப் பரிசோதனையைத் தொடங்குவதால் ஆகும் வழுவைத் தவிர்த்துக்கொள்ளலாம். சூடாக்குகின்ற நேரத்தை இயன்ற அளவு குறைத்தும் இவ்வழுவைக் குறைத்துக் கொள்ளலாம். இதற்காக மிக விரைவான ஒட்டத்தில் ஒரு மூக்கின் ஊடாக நீராவியை ஓடவிடல் நல்லது. கொதிகலனுக்கும் கலோரிமானிக்கும் இடையே வெப்பக்கதிர்வீச்சு நடைபெறுதிருத்தற்பொருட்டு ஒரு திரையை வைத்தல் வேண்டும் (உரு. 177).

செம்மையான ஒரு விளைவினைப் பெறுவதற்கு நீராவி நீர்ப்பற்றற்ற தாயிருத்தல் வேண்டும். அதாவது, உறைந்த நீரினின்றும் விடுபட்டதாயிருத்தல் வேண்டும். இயன்ற அளவில் உறைபட்ட நீரினை அகற்றுவதற்கு நன்முறையில் அமைக்கப்பட்ட ஒரு நீர்ப்பொறியினைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும். கொதிகலனை நீர்ப்பொறிக்குத் தொடுக்கும் இறப்பர்க் குழல் மிகவும் குறுகியதாயிருத்தல் வேண்டும். அதை ஒரு நொய்யினால் இறுக்கி விடலாம்.

நீராவி ஒரு கிராம் நீரைக் கொண்டு போதல் 500 கலோரிகளுக்குச் சமமான ஒரு வழுவினை ஏற்படுத்திவிடுகின்றது என்பதிலிருந்து நீராவியை உலர்ந்ததாய் வைத்திருக்க வேண்டும் என்பதன் தத்துவத்தை உணர்ந்து கொள்ளலாம்.

பரிசோதனை 170. நிராவியின் மறைவெப்பத்தைத் துணிதல்.—முதலாவதாக, கொதிகலனில் போதிய அளவு நீர் இருக்கின்றதா எனப் பார்த்துக் கொள்க. பின்னர் அதை வாயுச் சுடரொன்றினால் சூடாக்குக.

கலோரிமானியானது இரு பகுதிகளால் ஆக்கப்பட்டதாகும். உட்கலமொன்று, வெளிக்கலமொன்று ஆக இரு கலன்கள் அங்கு இருக்கும். உட்கலத்தை நிறுக்க. அதனை $\frac{2}{3}$ பங்களவில் நீரால் நிரப்புக.

நீரினது வெப்பநிலையானது 5°C. அளவு விழும் வரை சிறு துண்டுப் பனிக்கட்டிகளை அங்கு சேர்க்க. பின்னர் உட்கலத்தை அதனுடையகொள் பொருள்களுடன் செவ்விதில் நிறுக்க.

அறையின் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்க. பின்னர் கலோரிமானியிலுள்ள வெப்பமானிச் சுட்டும் அளவையும் குறித்துக்கொள்க. பரிசோதனை

எந்த வெப்பநிலையில் முடிக்கப்படவேண்டும் என்பதையும் தீர்மானித்து அறிந்துகொள்க. உதாரணமாக, அறையின் வெப்பநிலை 15°C. எனின் இறுதி வெப்பநிலை 25°C. ஆதல் வேண்டும்.

இப்பரிசோதனையில் குழாய்நுனி தண்ணீருள் அமிழ்த்தப்படலாகாது. அதனைத் தண்ணீரின் மேற்பரப்பிலிருந்து ஒருசிறு அளவு கீழேயே வைத்திருத்தல் வேண்டும். இதனால் குழாய்நுனியிலிருந்து நீர்ப்பரப்பானது ஊதித்தள்ளப்பட்டு, நீராவியானது நீரின் மேற்பரப்பிலே இலகுவிற் படக் கூடியதாக இருத்தல் வேண்டும். குழாய் நுனியானது தண்ணீருள் ஆழமான நிலையில் வைக்கப்பட்டால் நீராவி விரைவில் ஒடுங்கிவிடும். அப்பொழுது நீரானது நீராவிக் குழாய்க்குள் உறிஞ்சப்பட்டு முழுப் பரிசோதனையும் பழுதாகி விடலாம். தப்பிவிடும் நீராவியினால் வழு ஒன்றும் ஏற்படாது. தப்புகின்ற நீராவி நீரில் ஒடுங்குவதில்லை. அதனால் அதனுடைய தன்வெப்பம் இழக்கப்படுவதுமில்லை. இன்னும் அதனுடைய திணிவு ஒடுக்கப்பட்ட நீராவியின் திணிவுடன் சேரவில்லை என்பதும் கவனிக்கத்தக்கது.

நீராவியின் ஒட்டமானது தொடங்கியபின் விழு குழாயினுடைய நுனியிலிருக்கும் யாதும் நீர்த்துளிகளை அகற்றிவிடுக. மிக விரைவான நீராவியோட்டம் ஒன்றைச் செலுத்துக. அவ் வேளையிலே எங்கும் ஒருதன்மையதான வெப்பநிலை இருப்பதன்பொருட்டு நீரைநன்கு கலக்க. வெப்பநிலை வேண்டிய அளவு உயர்ந்ததும் கொதிகலனின் அயலிலிருந்து இயன்ற அளவில் விரைவாகக் கலோரிமானியை அகற்றி வெப்பமானி பெற்ற மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையைக் குறிக்க.

மீண்டும், ஒடுங்கிய நீராவியின் அளவைத் துணிவதற்குக் கலோரிமானியை நிறுக்க.

பாரமானியின் உயரத்தை அளவிடுக.

நியம அமுக்கம் 760 மில்லி மீற்றருக்கு நீராவியின் வெப்பநிலை 100°C. ஆகும். இவ்வமுக்கத்திற்கு அண்மையில் இரசத்தின் 26·8 மி. மீற்றருக்கு ஒத்த அமுக்க ஏற்றமானது கொதிநிலையை 1°C. இற்கு உயர்த்துகின்றது. சிறு மாற்றங்களுக்குக் கொதிநிலைப் புள்ளியின் உயர்ச்சியானது அமுக்கத்தின் மாற்றத்திற்கு விகிதசமனாக உள்ளது. எனவே, பார்த்தறிந்த அமுக்கத்திற் கொத்த நீராவியின் வெப்பநிலையைக் கணித்தறியலாம். ஆயினும், இவ்வாறு கண்டறியப்பட்ட வெப்பநிலையானது 100°C. இலிருந்து சிறிதளவே வேறுபடுதலின், நீராவியின் வெப்பநிலையை 100°C. என எடுத்துக்கொள்வதால் உண்டாகும் வழு வேறு தவிர்க்கமுடியாப் பரிசோதனை வழுக்களுடன் ஒப்பிடுகின்றபொழுது மிகச் சிறிதாகும்.

விளைவுகளைப் பின்வருமாறு பதிக :—

கலோரிமானியின் திணிவு	= 160·0 கிராம்
கலோரிமானி, நீர் ஆகியவற்றின் திணிவு	= 684·2 கிராம்
நீரின் திணிவு	= 524·2 கிராம்
கலோரிமானி, நீர், நீராவி ஆகியவற்றின் திணிவு	= 704·4 கிராம்
ஒடுக்கிய நீராவியின் திணிவு	= 20·2 கிராம்
நீரின் தொடக்கவெப்பநிலை t_1°C.	= 6·2°C.
நீரின் இறுதி வெப்பநிலை t_2°C.	= 28·6°C.
பாரமானியின் உயரம்	= 758 மி.மீ.
நீராவியின் வெப்பநிலை T°C,	= 100°C.

கலோரிமானியின் நீர்ச்சமவலுவைக் கணிக்க. மொத்த நீர்ச்சமவலுவை, கலோரிமானியிலுள்ள நீரின் திணிவைக் கலோரிமானியின் நீர்ச்சமவலுவுடன் கூட்டுவதாற் பெறலாம். இதை வெப்பநிலை உயர்ச்சி $t_2° - t_1°$ என்பதாற் பெருக்கினால் கலோரிமானியும் அதனுள் இருந்த நீரும் உறிஞ்சிய வெப்பத்தின் கணியத்தை அறிந்துகொள்ளலாம். இது கலோரிகளில் எடுத்துக் கூறப்படும்.

இப்பொழுது நீராவியை ஒடுக்குவதாலும் அதனால் வந்த நீரின் வெப்ப நிலையைத் தாழ்த்துவதாலும் வெளிவிடப்பட்ட வெப்பத்தை எடுத்துக் கொள்வோம்.

நீராவியை ஒடுக்குவதால் வெளிவிடப்பட்ட வெப்பம்

= ஒடுக்கிய நீராவியின் திணிவு × L

= ஒடுக்கிய நீரின் திணிவு × L

= 20·2 கிராம் × L.

விளைந்த நீரின் வெப்பநிலையை T° இலிருந்து t_2° இற்குத் தாழ்த்துவதால் வெளிவிடப்பட்ட வெப்பம்

= நீராவியின் திணிவு × $(T - t_2)$

= 20·2 (100–28·6) கலோரிகள்.

கதிர்வீச்சினால் வெப்பம் இழக்கப்படவுமில்லை, பெறப்படவுமில்லை என எடுத்துக்கொண்டால் இரு கணியங்களின் கூட்டுத்தொகை கலோரிமானியும் அதனுள்ளிருந்த நீரும் உறிஞ்சிய வெப்பத்திற்குச் சமமாகும். இது ஓர் எளிய சமன்பாட்டைத் தருகின்றது. இதிலிருந்து L ஐத் துணிந்து கொள்ளலாம்.

திவார்க் குடுவையின் நீர்ச்சமவலு

திவார்க் குடுவையின் நீர்ச்சமவலுவைக் கணித்தறியும் முறையானது கலாநிதி எல். எப். இறிச்சாட்சன் அவர்களாற் கொண்டுவரப்பட்டதாகும். இங்குள்ள விதிமுறைகள் ஒரு பைந்து அளவு (அரை இலீற்றர்) குடுவைக்கு உரியன. தெரியப்பட்ட அளவுள்ள (50 க.ச.மீ அளவு) குளிர்நீரின் வெப்ப நிலையை (t_1) எடுக்க. குடுவையின் முக்காற் பங்கை வெந்நீரால் நிரப்பி நன்கு பொருந்தக்கூடிய ஒரு கிடேச்சினால் அடைக்க. இக்கிடேச்சிற்கூடாக ஒரு வெப்பமானிசெல்லும். குடுவையைத் தலைகீழாக்கி அதனுள்ளிருக்கும் நீரை நான்கு பக்கமும் சுழற்றி உட்பக்கம் முழுவதும் ஒரே வெப்பநிலை இருக்குமாறு செய்க. இது எவ்வளவாகச் செவ்விதில் செய்யப்படுகின்றதோ அவ்வளவில் விளைவுகளின் செம்மையும் தங்கியுள்ளது. வெப்பநிலை t_2 ஐக் குறிக்க. விரைவில் வெந்நீரை ஊற்றிவிட்டு அறியப்பட்ட குளிர் நீர் அளவை ஊற்றுக. மீண்டும் கிடேச்சினால் மூடிவிட்டு மீண்டும் குலுக்கி விட்டுப் பெறப்படும் வெப்பநிலை t_3 ஐக் காண்க. மேற்கூறிய தரவுகளிலிருந்து குடுவையின் நீர்ச்சமவலுவைக் கணித்தறியலாம். இக்குடுவையை நீரின், அல்லது நீராவியின் மறைவெப்பத்தைத் துணிவதற்குப் பயன்படுத்தலாம்.

அதிகாரம் IV.

குளிர்தல்

§ 1. குளிரல் விதி

நிலையான வெப்பநிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ள அடைப்பினுள் வெப்பமான ஒரு பொருளை வைப்பின் அப்பொருளின் வெப்பநிலை அவ்வடைப்பின் வெப்ப நிலைக்குச் சமமாகும் வரை விழும். கடத்தல் முறையில் இழக்கப்படும் வெப்பமானது கருதப்படாது விடக்கூடிய அளவுக்கு இருக்குமாறு அப்பொருளானது தாங்கப்படுமானால் குளிர்தல் முறை ஓரளவுக்குக் கதிர் வீசலிலும் ஓரளவுக்கு மேற்காவுகையிலும் நடைபெறும் என்க. மேற்காவுகையினது ஓட்டத்தின் வினைவுகளை அகற்றுவோமானால்—ஒரு வெற்றிடத்தில் பரிசோதனையை நடத்தி இதைச் செய்யலாம்—**ஒரு செக்கனுக்குக் காலப்பட்ட முழுக் கதிர்வீசல் தனியான வெப்பநிலையின் நாலாம் வர்க்கத்திற்கு விகிதசமன்** எனக் காணலாம். இது **தெபனின் விதி** எனப்படும்.

அடைப்பும் தன் தனியான வெப்பநிலையின் நாலாம் வர்க்கத்திற்கு விகிதசமனான வீதத்தில் கதிர்வீசலைக் காலுகின்றது என்பதை நினைவிற் கொள்ளல் வேண்டும்.

வளிமண்டல அமுக்க நிலையில், வளியில் சூடான ஒரு பொருள், குளிரும் போது, சாதாரணமான ஒரு வகையில் **குளிரல் வீதம், அப்பொருளின் வெப்ப நிலைக்கும் அதன் சூழ்நிலையின் வெப்பநிலைக்குமுள்ள வித்தியாசத்திற்கு விகிதசமனாகும் எனக் காணலாம்.** இது **நியூற்றனின் குளிரல் விதியெனப்படும்.** ஓரளவான வெப்பநிலை எல்லைக்குள், குளிராதல் கதிர் வீசலாலும் மேற்காவுகையாலும் நடக்கின்ற பொழுது, இவ்விதியானது அண்ணளவில் உண்மையெனச் சமீபகாலத்தில் நடந்த பரிசோதனைகள் காட்டியுள்ளன.

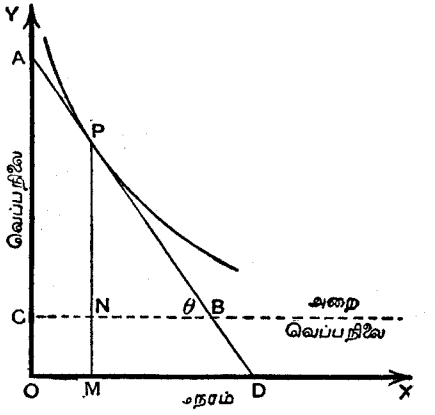
பரிசோதனை 171. வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளினின்று குளிர்கின்ற வீதத்தைத் துணிதல்.—நியூற்றனின் குளிராகு விதியை விளக்கிக் காட்டுவதற்குப் பின்வருமாறு செய்க: மெல்லிய சுவர் கொண்ட உலோகச் சிறு கலமொன்றைப் பெரிய தொன்றுள்[1], இயன்ற அளவில் கடத்தல் முறையால் சூட்டின் பெயர்வைக் குறைக்கும் முறையில் வைக்க. 80°C. அளவில் வெப்ப நிலைகொண்ட சூடான தண்ணீரால் அக்கலத்தினை நிரப்புக. சூழ்நிலையின் மாறு வெப்பநிலைக்கு 10° அளவு வித்தியாசம் கொள்ளும் வரை நீரின்

[1] அறையின் வெப்பநிலை மாறுபாடடையுமாதலால் இதை இன்னும் பெரியதொன்றுள் வைத்து இடைவெளியை நீரால் நிரப்பி விடுக. சுடு நீரைக் கொண்டுள்ள கலத்தை மூடி விடுக (உரு. 180).

வெப்பநிலை விழும்பொழுது ஒவ்வோர் அரை நிமிடத்திற்கும் நீரின் வெப்ப நிலையை அளவிட்டறிக. வெப்பநிலையை நிலைத்தூரமாகவும் நேரத்தைக் கிடைத்தூரமாகவும் கொண்டு ஒரு வளைகோடு வரைக. குறித்த புள்ளிகளுக் கூடாக வளைகோடு **ஒப்புரவாகச்** செல்லுமாறு கவனம் எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும் (உரு. 178). இக்குளிரல் வளைகோடு முதன்முதல் செங்குத்தாக இருக்கும். ஆனால் வெப்பநிலை அறையினது வெப்பநிலையை அண்ணித்து வரவர இதன் செங்குத்துத் தன்மை குறைந்து குறைந்து வரும். சதுரக் கோட்டுத் தாளிலே அடைப்பினதோ, அல்லது அறையினதோ வெப்ப நிலையைக் குறிப்பதற்குக் கிடைக்கோடொன்றினை வரைக. இங்கு இவ்வெப்ப நிலை மாறிலி எனக் கொள்ளப்பட்டது.

வளைகோட்டிலே உள்ள ஒருபுள்ளி **P** இற்கு ஒத்த ஒரு குறித்த வெப்பநிலைக்கு உள்ள குளிராகு வீதத்தை, அல்லது வெப்பநிலை மாறும் வீதத்தை அறிவதற்கு, அப்புள்ளியிலே, அவ்வளைகோட்டிற்கு ஒரு தொடு கோடு வரைக. அப்புள்ளியிலே அவ்வளைகோட்டின் திசையை இயன்ற அளவில் இக்கோட்டின் திசையானது செவ்வனே குறிக்குமாறு பக்குவமாக வரைக.

இத் தொடுகோடு ஆனது நிலைக்குத்தச்சினை **A** இலும் அறையின் வெப்ப நிலையைக் குறிக்கும் நிலைக்கோட்டினை **B** இலும் சந்திப்பதாகுக. இப்பொழுது வெப்பநிலையின் மாறு விகிதமானது இக்கோட்டின் சாய்வினால், அதாவது, கோணம் **ABC** இன் அல்லது θ இன் தாஞ்சனற் பெறப்படும். **AC, CB** என்பவற்றின் நீளங்களை அளந்து, தான் θ இனைக் கணிக்க; இது $\frac{AC}{BC}$ என்பதற்குச் சமனாகும். பொருளின் வெப்ப நிலைக்கும் அறையின் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள வித்தியாசம் **PN** ஆல் குறிக்கப்படும். இவ்வெப்பநிலை வித்தியாசத்தைத் துணிக.



உரு. 178. குளிரும் வீதம்

இப்பொழுது நியூற்றனின் குளிராகு விதிக்கியைய, தான் θ என்னும் குளிராகு வீதமானது வெப்பநிலையின் வித்தியாசம் **PN** இற்கு விகிதசமனாகும். அதாவது, தான் $\theta \propto PN$ ஆதலின், தான் $\theta = k\text{PN}$, அல்லது $\frac{\text{தான் } \theta}{PN} = k$. இங்கு K ஒரு மாறிலியாகும். இது அறையின் அல்லது அடைப்பின் வெப்ப நிலை மாறுதிருக்கிறதெனக் கொண்டுள்ளது.

வளைகோட்டில் ஒரளவு வெவ்வேறுக அமைந்த பகுதிகளைக் குறிக்கக் கூடிய விதமாகப் புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக் குறைந்தது வரைப்படத்தில் மூன்று புள்ளிகளுக்கு இக்கணியத்தைத் துணிக. துணிந்து வளைவானது மாறிலியோ என ஆராய்க.[1]

பெற்ற வளைவுகளின் இழிவுப்பெறுமதிக்கும் உயர் பெறுமதிக்கும் உள்ள வித்தியாசத்தைக் காண்க. கண்டு சதவிகித வித்தியாசத்தைக் கணிக்க.

ஒரு கணியம் மற்றதுடன் வேறுபட்டு முதலாவது கணியம் இரண்டாவதற்குக் கொண்டுள மாறுதல் வீதமானது முதலாவது கணியத்திற்கு விகிதசமனுக இருந்தால், இம்மாறுபாடானது மடக்கை, அல்லது அடுக்குக் குறிவிதிக்கு இயைந்து நடக்கிறது எனப்படும்.

ஒரு தொகைப் பணம் ஆனது கூட்டு வட்டிக்கு இயைய தொகைப்படுகின்ற வழியிலும் இவ்வாறே நிகழும். ஆனால் இவ்வழியில் கணியமானது தொடர்ந்து கூடிக்கொண்டு வர இப்பொழுது நாம் கருத்திற் கொண்ட வகையிலே சூட்டுப் பொருளின் வெப்பநிலையானது தொடர்ந்து குறைந்து கொண்டுவரும். நேரத்திற்கு எதிராக (அறையின் வெப்பநிலைக்கு மேலான) வெப்பநிலை மிகையினது படக்கையைக் கீறுவோமானால் வரைப்படமானது ஒரு நேர்கோடாயிருக்கும். ஆகவே வகையீட்டு நுண்கணிதத்தில் அடிப்படை அறிவுள்ள மாணாக்கர்கள் நியூற்றனின் விதியைப் பின்வருமாறு வாய்ப்புப் பார்க்கலாம். எடுத்துக்கொண்ட வளைகோடானது ஒரு நேர்கோடாயின்,

$$\text{மட}\ \mathbf{E} - \text{மட}\ e = at.$$

இங்கு e என்பது t நேரத்தில் உள்ள மிகையாகும்; $\mathbf{E}$ என்பது $t = 0$ ஆக இருக்கின்ற பொழுதுள்ள முதல் மிகை; a மாறிலியாகும்.

வகையீடுபடுத்த,

$$-\frac{1}{e}\frac{de}{dt} = a$$

அல்லது

$$-\frac{de}{dt} = ae$$

அதாவது, நேரம் t இல் வெப்பநிலை விழுகையின் வீதம் இந்நேரம் t இல் உள்ள மிகைக்கு விகிதசமனுகும்.

[1] தான் $\theta = PN/NB$, தான் $\theta/PN = 1/NB$.

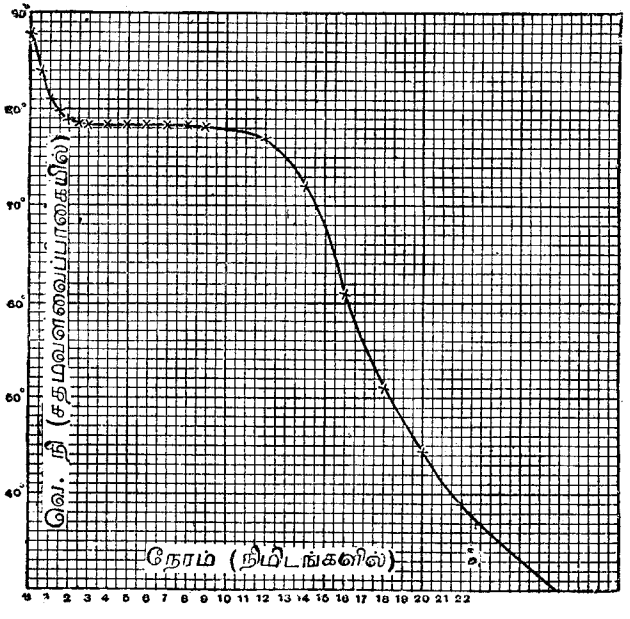
எனவே தான் θ/PN ஒரு மாறிலியாயின் NB மாறிலியாயிருத்தல் வேண்டும்.

இது விதியின் உண்மையை வாய்ப்புப் பார்ப்பதற்குரிய ஒரு வளைகோட்டு முறையைத் தருகின்றது. கருதிய வெவ்வேறு புள்ளிகட்குக் கோடு NB ஐ அளக்க; அளந்து இது அண்ணளவில் மாறிலியோவெனக் காண்க.

§ 2. திரவமானது கட்டியாகின்றபொழுது குளிரல் வளைகோடு

சென்ற பரிசோதனையில் நியூற்றனின் குளிரல் விதியானது வெப்ப நீர் நிறைந்த மெல்லிய சுவர் கொண்ட உலோகக் கலத்தை ஆறவைப் பதால் விளக்கிக்காட்டப்பட்டது. கலத்திலுள்ள நீரானது கட்டியாகின்ற வெப்பநிலைக்கூடாகக் குளிர்கின்றபொழுது இத்தகைய பரிசோதனையில் பெறப் பட்ட வினைவுகள் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க வழியில் மாறுபடுத்தப்படுகின்றன.

இப் பரிசோதனையில் பொதுவான வளிமண்டல வெப்பநிலையிலும் மேலான, ஆனால் 100°C. இற் குறைந்த உருகு நிலையுள்ள ஒரு பதார்த் தத்தைப் பயன்படுத்தலாம். உதாரணமாக, நத்தலீன், சதியரீன், நல்ல பரபின் மெழுகு ஆகியவற்றை உபயோகிக்கலாம். பரிசோதனையின் ஆரம் பத்தில் பதார்த்தமானது திரவ நிலையிலிருந்தால் கலத்தைக் குளிர



உரு. 179. நத்தலீனின் உருகுநிலையைக் காட்டும் குளிரல் வளைகோடு

விட்டால் திரவமானது கட்டியாகின்ற நிலையை எய்தும் வரை வெப்ப நிலையானது ஒழுங்காக வீழ்ந்து கொண்டே வரும். பின்னர் ஒவ்வோர் அடுத்துள பகுதியும் கட்டியாகின்ற பொழுது அது தன் மறை வெப்பத்தை வெளிவிட்டு அதனால் வெப்பநிலை வீழ்வதைத் தடுக்கின்றது. எனவே, முழுப் பதார்த்தமும் கட்டியாகும் வரை வெப்பநிலையானது அண்ணளவில்

மாறு நிலையில் இருக்கும். முற்றிலும் கட்டியான நேரம் தொடங்கி வெப்பநிலையானது மறுபடியும் ஒழுங்காகக் குறைந்துகொண்டு வரும். இத் திண்மம் ஆனது அறையின் வெப்பநிலையை அடையும் வரை இது தொடர்ந்து நடைபெறும் (உரு. 179).

பரிசோதனை 172.—குளிரல் வளைகோடு ஒன்றைக் கொண்டு உருகு நிலையைத் துணிதல்:—ஆயப்படவேண்டிய பதார்த்தத்தைக் கொண்டுள்ள சிறு உலோகக் கலமானது வெந்நீருள்ள கலத்தினுள் போடப்பட்டு, பக்குவமாக முழு மெழுகும் உருகி 80°C. அல்லது 90°C. இற்கு மேற்படாத ஒரு வெப்பநிலையை அடையும் வரை சூடாக்கப்படும்.

இச்சிறு கலமானது பின்பு ஒரு பெரிய கலமொன்றினுள் தொங்க விடப்படும். ஒவ்வோர் அரை நிமிட இடை நேரங்களுக்கும் வெப்பநிலை அளவீடுகள் குறிக்கப்படும். பதார்த்தமானது கட்டியாகத் தொடங்குகின்ற பொழுது கட்டிபடுகின்ற திணிவின் நடுவில் வெப்பமானியை விட்டுவைத்தல் அவசியமாகின்றது. இது இப்பரிசோதனையில் அதனைக் கலக்காமல் வைத்திருத்தலின் பொருட்டுச் செய்யப்படுவதாகும். வெப்பநிலையானது அப் பொருளின் உருகு நிலையிலும் 10° அல்லது 15° கீழே விழும் வரை வெப்பநிலை அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொண்டு வருக.

நேரங்களைக் கிடைத்தூரமாகவும் வெப்பநிலைகளை நிலைத்தூரமாகவும் கொண்ட ஒரு வளைகோட்டை வரைக. முழுத் தாளிலும் வளைகோடானது பரவுமாறு அளவுத்திட்டத்தைப் பக்குவமாகத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்க. இவ்வளைகோட்டினின்றும் பதார்த்தத்தின் உருகுநிலையைத் துணிக. அதாவது வளைகோடானது முதன்முதலாக ஒரு கிடைத்தள நிலையைக் காட்டுகின்ற வெப்பநிலையைத் துணிக.

பதார்த்தமானது ஒரு கலவையாயிருக்கின்ற பொழுது பல்வேறு உருகு நிலைகள் காணப்படும். அல்லது தெளிவான ஒரு மாற்றம் புலப்படாமலிருக்கும். விலகுறைவான சில பரபின் மெழுகுகள் பல்வேறு வெப்ப நிலைகளில் உருகு நிலைகொண்ட பரபின் தொகுதிகளின் கலப்பாகும். இதனின் ஒவ்வொரு கூறும் ஒன்றையொன்று ஓரளவுக்குக் கரைக்கக் கூடியனவாயிருக்கும். எனவே திட்டமான ஓர் உருகுநிலையை இங்கு காணமுடியாமலிருக்கும்.

மிகைக்குளிர்வு :—குளிர்தலில் சிறப்பான ஒரு வகை சோடியம் தியோசல்பேட்டினுல் பெறப்படும். இது பொதுவாக ஒளிப்பட 'ஐப்போ' எனப்படும். இதை உருக்கி வழக்கமான ஒரு குளிரல் வளைகோடு வரைந்தால் குறிக்கப்பட்ட ஒரு கால எல்லைக்கு வெப்பநிலையானது ஒழுங்காக, நியூற்றனின் குளிராகு விதிக்கு இயைந்ததாய் வீழ்ந்து கொண்டு வரும். திடீரெனக் கட்டியாதல் தொடங்கிக் குறிக்கத்தகுந்த அளவு வெப்பநிலை உயர்ச்சி தோன்றும். அப்பொழுது ஐப்போ ஆனது திண்மமாகும் வரை வெப்பநிலையானது

உயர்ந்த உண்மை உருகு நிலையில் அசையாமல் நிலைநிற்கும். பின்னர் இது பொதுவான குளிராகு விதிக்கியைய இறங்க ஆரம்பிக்கும். கட்டியாகத் தொடங்குகின்ற பொழுது வெப்பநிலை ஏன் உயர்கின்றது என்பதின் காரணத்தைப் பற்றி யாதாயினும் ஒரு கொள்கையை ஆக்குவதற்கு மாணாக்கன் முயலவேண்டும்.

வளிமண்டல வெப்பநிலையிலும் மேலாக ஒரு சிலபாகைகளுக்கு மட்டுமே வெப்பநிலை வீழ்ச்சியடைந்த பின்னரும், கட்டிபடுதல் நடைபெறுமல் இருப்பதை நாம் சில வேளைகளில் காணலாம். கட்டியாதல் ஏற்படாமல் வெப்ப நிலையானது 25° இலும் கீழே வீழ்ந்தால், நெகிழ்ந்துள்ள திணிவினுள் திண்ம 'ஐப்போ'வின் ஒரு பளிங்கைப் போட்டுவிட வேண்டும். இதற்கிடையில் வெப்ப நிலையை நன்கு அவதானித்துக் குறித்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

§ 3. குளிரல் முறையால் ஒரு திரவத்தின் தன்வெப்பத்தை அறிதல்

கொடுக்கப்பட்ட ஒரு சூழ்நிலையிலே பதார்த்தமொன்றினுல் ஒரு செக்கனுக்கு இழக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் கணியம் குளிராகுபொருளின் வெப்ப நிலை, அதுவெளிக்காட்டும் பரப்பு, வெளிக்காட்டிய மேற்பரப்பின் இயற்கை ஆகியவற்றில் தங்கியுள்ளது. ஒரு செக்கனுக்கு வீழ்கின்ற வெப்பநிலை ஒரு செக்கனுக்கு இழக்கப்பட்ட வெப்பத்தை அப்பொருளின் வெப்பக் கொள்ளளவால் பிரித்துப் பெறுவதற்குச் சமன்.

ஓரளவு உயர்வெப்ப நிலைக்குச் சூடாக்கப்பட்ட ஒரு சிறிதளவு திரவம் மாறு வெப்பநிலையுள்ள ஓர் அடைப்புக்குள் வைக்கப்பட்ட கலோரிமானியில் குளிரவிடப்படின் ஒரு நிமிட இடைவெளிகளிலோ, அரை நிமிட இடைவெளிகளிலோ கணித்தறியப்பட்ட அத்திரவத்தின் வெப்ப நிலைகளிலிருந்து குளிராகும் வளைகோடு ஒன்றை வரையலாம். இத்திரவமிருந்த இடத்தில் பின்னர் நீரை ஊற்றி அத்தகைய பரிசோதனையொன்றை நீரிற்குச் செய்யலாம்.

இவ்விரு பரிசோதனைகளிலும் ஒத்த வெப்பநிலை எல்லைகளை நாம் எடுத்துக்கொண்டால் வெப்பநிலை வீழ்ச்சியின் சராசரி வீதங்கள் ஒருமையிராவிடினும் வெப்ப இழப்பின் சராசரி வீதம் ஒன்றாயிருக்கும். இரு பரிசோதனைகளிலுமுள்ள வளைகோடுகளிலிருந்து வெப்பநிலை வீழ்கையின் வீதங்களை நாம் கண்டால் வெப்ப இழப்பின் வீதங்களின் கோவைகளை நாம் காணலாம். இவற்றைச் சமப்படுத்தித் திரவத்தின் தன்வெப்பத்தை நாம் காணலாம்.

M = பயன்படுத்தப்பட்ட திரவத்தின் திணிவு, S அதன் தன்வெப்பம்,
W = நீரின் திணிவு,
m = கலோரிமானியின் திணிவு, s அதன் தன் வெப்பம் ஆகுக.

இப்பொழுது ஒவ்வொரு வகையிலும் வெப்பநிலையானது θ_1 இலிருந்து θ_2 இற்கு வீழ்வதாகக் கொள்க. இதற்கு எடுக்கப்பட்ட நேரம் திரவத்தைப் பயன்படுத்தியபொழுது t_1 ஆகும்; நீரைப் பயன்படுத்தியபொழுது t_2 ஆகும்.

முதல் வகையில் வெப்ப இழப்பின் சராசரி வீதம்,

$$\frac{(MS + ms)(\theta_1 - \theta_2)}{t_1},$$

இரண்டாவது வகையில்,

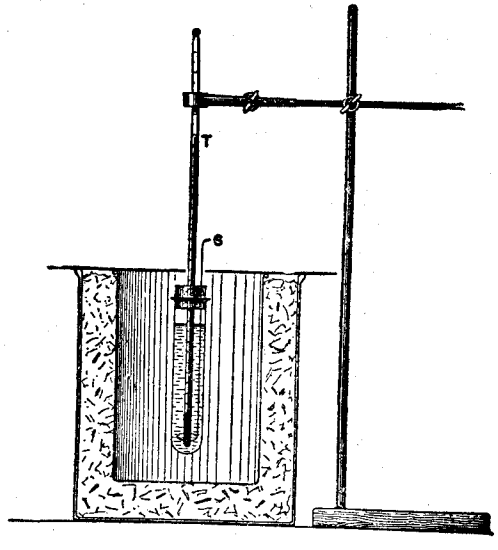
$$\frac{(W + ms)(\theta_1 - \theta_2)}{t_2}.$$

இவ்வீதங்கள் சமம். எனவே,

$$\frac{MS + ms}{t_1} = \frac{W + ms}{t_2}.$$

இச்சமன் பாட்டிலிருந்து S இனைக் கணித்தறியலாம்.

பரிசோதனை 173. குளிரல் முறையால் ஒரு திரவத்தின் தன்வெப்பத்தைத் துணிதல். I.—இரட்டைச் சுவர் கொண்டதும் சுவர்களுக்கிடையில்



உரு. 180. ஒரு திரவத்தின் தன் வெப்பம்

நீரைக் கொண்டதுமான ஒரு கலமானது மாறு வெப்பநிலையடைப்பாய்ப் பயனபடுத்துவதற்கு வாய்ப்புடையதாகும். இத்தகைய ஆய்விற்கு பரபின் எண்ணெய் நல்லதொரு திரவமாகும். உலோகத்தாலாய ஒரு சிறு

கலோரிமானி திரவத்தைக் கொள்வதற்குப் பயன்படுத்தப்படும். இக்கலோரிமானி ஒரு வெப்பமானியையும் கலக்கியையும் கொள்வதற்குத் துளைப்படுத்தப்பட்ட ஒரு மூடியைக் கொண்டிருக்கும். பரிசோதனையின் இரு பகுதிகளிலும் கலோரிமானியின் வெளிமேற்பரப்பு ஒரே நிலையில் அமைந்ததாக இருத்தல் வேண்டும். அதை நன்கு துலக்கல் வேண்டும் அல்லது அதற்குக் கடுங்கறுப்பு வண்ணம் பூசவேண்டும்.

கலோரிமானியை நிறுக்க. பிறிதொரு கலத்திலே சிறு அளவு பரபினை ஏறத் தாழ 75°C. வரை சூடாக்குக. இதை, அக்கலத்தைச் சூடான நீருள் அமிழ்த்திச் செய்க. பின்னர் சூடான பரபினைக் கலோரிமானியில் ஊற்றுக. கலோரிமானியை மூடி. அடைப்பினுள் ஒரு நிலையில் வைக்க. சூழ்ந்திருக்கும் கலத்தோடு தொடுநிலையில் அது இல்லாமல் இருப்பதற்காக வெப்பம் கடத்தமுடியா ஒரு பொருளில் தங்குமாறு செய்க (உரு. 180). திரவத்தை மென்மையாகக் கலக்கிக் கலக்கி வெப்பநிலையானது 70° இல் இருந்து 30°C. இற்கு வீழ்ந்து கொண்டு வருகிற நேரத்தில் ஒவ்வொரு நிமிட இடைநேரங்களிலும் வெப்பமானியின் அளவைக் குறித்துக் கொள்க. குறித்தல்களின் பின்னர் கலோரிமானியானது அகற்றப்பட்டு பரபின் திணிவைத் துணிவதற்காக நிறுக்கப்படல் வேண்டும். இதன் பின்னர் பரபின் இருந்த இடத்தில் நீரைப் பயன்படுத்தி அதே முறையில் தொடர்ந்து செய்க. கதிர்வீசும் மேற்பரப்பு எவ்விதமும் மாறுமலிருக்கக் கவனம் எடுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும்.

ஒரு சதுரக் கோட்டுத் தாளிலே வெப்ப நிலையை நிலைத்தூரமாகவும் நேரத்தைக் கிடைத் தூரமாகவும் கொண்ட இரு குளிரல் வளைகோடுகள் வரைக. இவ்வளைகோடுகளிலிருந்து வெப்பநிலையின் **ஒரே எல்லையளவில்** குளிர்வதற்குப் பரபினும் நீரும் எத்தனை செக்கன்கள் எடுத்தனவெனக் காண்க. (இவ்வெல்லையை 65° இலிருந்து 30°C. வரைக்கும் உள்ளதாக எடுத்துக்கொள்க). பக்கம் 446 இல் கொடுக்கப்பட்ட சூத்திரத்திலிருந்து பரபினின் தன்வெப்பத்தைக் கணித்தறிக.

சில வேளைகளில் இரு கலோரிமானிகள் பயன்படுத்தப்படலாம்; ஒன்று நீரைக் கொண்டிருக்கும். மற்றது திரவத்தைக் (பரபினை) கொண்டிருக்கும். இவ்வாறு செய்தால் அவை ஒரே உலோகத்தால் (அலுமீனியத்தால்) ஆயவையாயிருத்தல் வேண்டும்; ஒத்த அளவுகள் கொண்டவையாக இருத்தல் வேண்டும்; நன்கு துலக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். ஒரே அடைப்பினுள் சிறிது தூரத்தில் தொங்கவிடப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். ஒரே முறையில் குளிரல் வளைகோடுகளை எடுப்பதால் பரிசோதனையில் நேரம் மிச்சம் பிடிக்கலாம் என்பதில் இவ்வழி சிறப்புடையது. ஆயினும் இது நல்லதன்று. ஏனெனில், குளிரும் மேற்பரப்புக்களை, பரப்பளவில் ஒத்திருப்பினும்

துலக்கத்தில் ஒரே தன்மையாயிருக்கச் செய்வது இலகுவன்று. பயன் படுத்தப்பட்ட கலோரிமானிகள் சிறியவை. வெப்பமானி காட்டும் வெப்பநிலை கலக்கப்படாத திரவத்தின் வெப்பநிலையென எடுத்துக்கொள்ளப்படும்

m_1 முதலாவதின் திணிவைக் குறிக்க. m_2 இரண்டாம். கலோரிமானியின் திணிவைக் குறிக்க

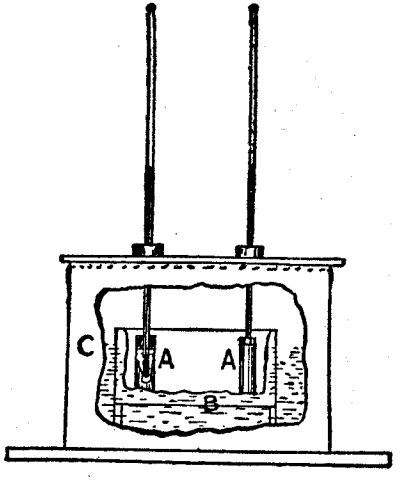
இப்பொழுது, $\frac{(MS + m_1 s)(\theta_1 - \theta_2)}{t_1}$ என்பது $\frac{(W + m_2 s)(\theta_1 - \theta_2)}{t}$

என்பதற்குச் சமன்

எனவே, $$\frac{MS + m_1 s}{t_1} = \frac{W + m_2 s}{t_2}.$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து S இனைக் கணித்தறியலாம்.

பரிசோதனை 174. குளிரல் முறையால் ஒரு திரவத்தின் தன்வெப்பத்தைத் துணிதல். II.—உள்ளறை B இற்கும் வெளியறை C இற்கும்



உரு. 181. ஒரு திரவத்தின் தன் வெப்பம்

இடையுள்ள இடத்தைக் குளிர் நீரால் நிரப்புக. இதனால் உள்ளறை மாறு வெப்பநிலை அடைப்பாகுமென்க. இரு கலோரிமானிகள் A என்பவற்றிலிருந்து கதிர் வீசலாலும் வளியினுள் மேற்கடத்துகையினாலும் குளிர்தல் நடைபெறவேண்டி. இருத்தலால், உள்ளறை B இனுள் நீரூற்ற வேண்டிய

தில்லை. இவ்விரு கலோரிமானிகளையும் சூடாக்குவதற்கு வெந்நீர்க் கலமொன்று தேவைப்படும். இதை ஆயத்தப்படுத்திக் கொண்டிருக்கையில் வெறுமையான கலோரிமானிகளை நிறுக்க. ஒரு கலோரிமானியை 2/3 பங்கு பரபினால் நிரப்புக. மற்றையதை நீரினால் நிரப்புக. உரு. 181 இல் காட்டியவாறு இரப்பர் அடைப்புக்களுக்குள்ளால் வெப்பமானியைச் செலுத்தி அடைப்பின் மேன் மூடியில் கலோரிமானிகளைத் தாங்கச் செய்க. திரவம் கொண்டுள்ள கலோரிமானிகளை வெந்நீர்க் கலத்தினுள் அமிழ்த்தி 75°C. வரைக்கும் சூடாக்குக. கலோரிமானிகள் தொடுக்கப்பட்டு, மூடியை அடைப்புக்கு மேல் வைக்க. கலோரிமானிகள் உலோகக்கலம் B இனைத் தொடாதிருக்குமாறு இதைச் செய்க. மூடியானது நல்ல நிலையில் அமைந்த பின் வெப்பமானிகளின் அளவீடுகளை எடுக்கத் தொடங்குக.

ஒரு கைக்கடிகாரத்தின் செக்கன் கம்பி 60 இல் இருக்கின்ற பொழுது முதல் வெப்பமானியின் அளவீட்டினை எடுத்து, இரண்டாவது வெப்பமானியின் அளவீட்டினைச் செக்கன் கம்பி 30 இல் இருக்கின்ற பொழுது எடுத்தல் வாய்ப்புடையது. இரு வெப்பமானிகளும் அண்ணளவில் ஒரே வெப்பநிலையைச் (60° இற்கும் 70°C. இற்கும் இடையில்) சுட்டினால் அன்றி அளவிடுதலைத் தொடங்கலாகாது. ஒவ்வொரு வகையிலும் வெப்பமானது 30°C. இற்குக் கீழே விழும் வரை அளவிடுதலைச் செய்க. பரபின் மிக விரைவாகக் குளிராகின்றதால் அது இவ் வெப்பநிலையை முதல் அடையும். இது இவ்வாறு நடப்பின் பரபின் வெப்பமானியின் அளவீட்டினை விட்டுவிட்டு நீர்வெப்பமானியின் அளவீட்டினைத் தொடர்ந்து நடத்துக. ஒத்த வெப்பநிலை அளவு குளிர்தற்கு வேண்டிய நேரமே இங்கு வேண்டப்படுவதன்றி, ஒத்த நேரத்தில் மாறிய வெப்பநிலையளவன்று.

இவ்வாய்வுகள் முடிந்தபின் கலோரிமானிகளை வெளியெடுத்து ஒவ்வொரு வகையிலும் உள்ள திரவத்தின் திணிவை அறிவதற்கு அவற்றை நிறுக்க. வெப்பநிலையை நிலைத்தூரமாகவும் நேரத்தைக் கிடைத்தூரமாகவும் கொண்டு இரு கலோரிமானிகளினதும் குளிரலைக் காட்டுவதற்கு ஒரு சதுரக் கோட்டுத் தாளிலே இரு வளைகோடுகள் வரைக. இவ்வளை கோடுகளிலிருந்து ஒவ்வொரு பரிசோதனையிலும் (60°C. வரையுள்ள) θ_1 இலிருந்து (30°C. வரையுள்ள) θ_2 இற்குக் குளிர்தற்கு வேண்டிய நேரங்களைத் துணிக. பக்கம் 448 இல் உள்ள சூத்திரத்திலிருந்து திரவத்தின் தன் வெப்பத்தைக் கணித்தறிக.

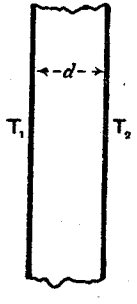
மேற்கூறிய பரிசோதனைகளிலே பரபின் எண்ணெய்க்குப் பதிலாக ஒலிவு எண்ணெய், கிளிசரின், அல்லது செறிந்த உப்புத்திரவம் ஆகியவற்றுள் யாதாயினும் ஒன்றைப் பயன்படுத்தலாம்.

அதிகாரம் V

வெப்பங் கடத்துதிறனின் குணகம்

§ 1. வரை விலக்கணம்

ஒரு பொருளின் ஒரு புள்ளியிலுள்ள வெப்பநிலையானது அடுத்துள புள்ளியின் வெப்பநிலையிலும் உயர்ந்ததாக இருந்தால் வெப்பமானது முதலிலிருந்து இரண்டாவதற்குச் செல்ல விழைகின்றது. இவ்விரு புள்ளிகளின் வெப்பநிலைகளும் T_1, T_2 ஆக, அவற்றிற்கிடையுள்ள தூரம் d எனின், $(T_1 - T_2)\,/\,d$ என்னும் கணியம் ஆனது **வெப்ப நிலைச் சாய்வு, அல்லது வெப்பநிலை விகிதம்,** G எனப்படும். இம் முக்கிய பருமனை G என்பது ஒரு தசம மீற்றருக்கு எவ்வளவு பாகை என எடுத்துக் கூறப்படும்.



உரு. 182. முகங்கள் சமாந்தரமாகவுள்ள ஒரு துண்டு

வகையீட்டு நுண்கணிதக் குறியீட்டு முறையிலே வெப்பநிலை மாறல் விகிதம் G என்பதை $\frac{dT}{dx}$ என எழுதலாம். இங்கு x என்பது தூரத்தைக் குறிக்கும்.

சமாந்தரப் பக்கங்கொண்டு. d தடிப்புக்கொண்ட யாதும் ஒரு திரவியத்தாலாய துண்டானது, ஒரு பக்கம் வெப்பநிலை T_1 இல் வைக்கப்பட்டு மற்றைய பக்கம் வெப்பநிலை T_2 இல் வைக்கப்படின், இறுதியில் துண்டின் பக்கங்களுக்குச் செங்குத்தாயமைந்த நேர் கோடுகளிலே வெப்பம் செல்லும். இங்கு வெப்பநிலைச் சாய்வானது ஒரேதன்மையாக, $(T_1 - T_2)/d$ என்பதற்குச் சமமாக இருக்கும்.

t நேரத்தில் இத்துண்டின் ஒரு பக்கத்தில் அளவிடப்பட்ட பரப்பு A இற் கூடாகச் செல்கின்ற வெப்பக் கணியம் Q ஆனது நேரம், பரப்பளவு, வெப்பநிலைச்சாய்வு ஆகியவற்றிற்கு விகித சமனாயிருக்கும். இது துண்டின் திரவியத்திலும் தங்கியிருக்கும். எனவே நாம்—

$$\frac{Q}{t} = KA\,\frac{T_1 - T_2}{d}; \quad \text{அல்லது} \quad Q = KAGt$$

என எழுதலாம்.

இங்கு K என்பது துண்டின் திரவியத்தில் தங்கியுள்ள ஒரு கணிய மாகும். இச்சமன்பாடானது திரவியத்தின் **வெப்பங்கடத்து திறனின் குணக**

மான K இன் கருத்தினை வரையறுக்கின்றது எனக் கொள்ளலாம். K இன் பெறுமதிக்கு இச்சமன்பாட்டினைத் தீர்ப்போமானால்

$$K = \frac{Q/t}{A.(T_1 - T_2)/d}, \text{ அல்லது } K = \frac{Q/t}{AG},$$

என்பதை நாம் பெறலாம்.

தொகுதி எண் Q/t என்பது துண்டிற்கூடாக வெப்பம் செல்கின்ற வீதத்தை அளவிடுகின்றது. இதை ஒரு செக்கனில் எத்தனை கலோரி என எடுத்தியம்பலாம்.

எனவே **வெப்பங்கடத்து திறனின் குணகத்தைச் சுருக்கமாக ஓர் அலகு வெப்பநிலை மாறல் விகிதத்திற்கு ஓரலகுப் பரப்பளவிற்குள்ள வெப்பப் பாய்வின் விகிதம்** என வரையறுக்கலாம். குணகமானது, ஓரலகு வெப்ப நிலை மாறல் விகிதத்திற்கு ஒரு சதுர ச. மீ. இற்கு, ஒரு செக்கனுக்கு எவ்வளவு கலோரி என எடுத்துக் கூறப்படும்.

எனவே வெப்பங் கடத்து திறனின் குணகத்தை அளத்தல், ஒரு உறுதியான நிலையைப் பெற்றபின், மூன்று கணியங்களைத் துணிதலில் தங்கியுள்ளது. அவை வெப்பம் பாய்தலின் வீதம், வெப்பம் பாய்கின்ற பரப்பின் அளவு, வெப்பச் சாய்வு விகிதம் என்பனவாம்.

வகையீட்டு நுண்கணிதக் குறியீட்டு வகையில் இச்சமன்பாட்டைப் பின் வருமாறு எழுதலாம்.—

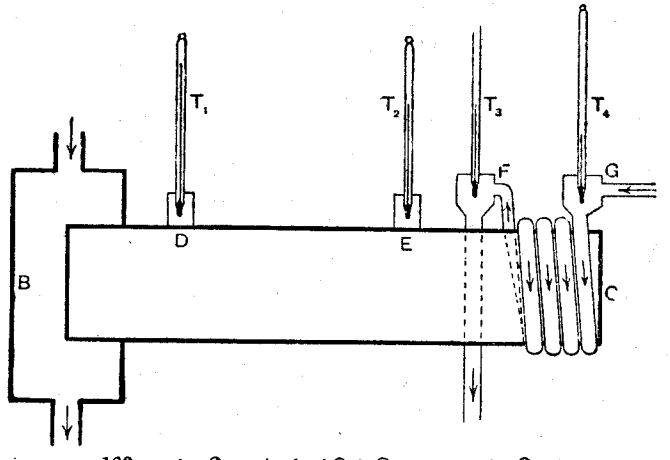
$$K = \frac{dQ/dt}{A\,dT/dx}$$

§ 2. பரிசோதனைமுறைத் துணிவுகள்

ஓர் உலோகச் சட்டத்தின் வெப்பங் கடத்து திறனின் குணகம்

வெப்பங் கடத்து திறனின் குணகம் அறியப்படவேண்டிய உலோகமானது உரு. 183 இல் உள்ளவாறு உருளைச் சட்ட வடிவினதாக இருக்கும். இச்சட்டத்தின் ஒருமுனையானது ஒரு நீராவிக் கூடம் B இற்கூடாக ஒரு நீராவி ஓட்டத்தைச் செலுத்துவதால் சூடாக்கப்படும். மற்ற முனையானது இச்சட்டத்தை C இல் சூழ்ந்த சுருளிக் குழாயிற்கூடாக ஒரு நீரோட்டத்தைச் செலுத்துவதால் குளிராக்கப்படும். சட்டத்தின் நீளவழியுள்ள இரு

புள்ளிகள் D, E என்பவற்றிற்குள்ள வெப்பநிலையானது வெப்பமானிகள் T_1, T_2 என்பவற்றால் துணியப்படும். சுருளை நீரானது விட்டு நீங்கு



உரு. 183. ஓர் உலோகச் சட்டத்தின் வெப்பங் கடத்துதிறன்

கின்ற புள்ளி F இல் நீரின் வெப்பநிலை வெப்பமானி T_3 இனால் துணியப்படும். நீர் அச் சுருளில் புகுகின்ற இடமான புள்ளி G இல் அது வெப்பமானி T_4 இனால் துணியப்படும்.

பரிசோதனை 175. ஓர் உலோகச் சட்டத்தின் வெப்பங்கடத்து திறனின் குணகத்தைத் துணிதல்.—பரிசோதனையை நடத்துகின்ற பொழுது நீராவிக் கூடத்திற்கூடாக ஒரு கொதிகலத்திலிருந்து இடையறு நீராவியோட்டமொன்றைச் செலுத்தல் வேண்டும். சுருளிற்கூடாக உறுதியான நீரோட்டமொன்றைச் செலுத்தல் வேண்டும். சட்டமானது உரோமக் கம்பளம் போன்ற வெப்பம் அரிதிற் கடத்தியான ஒரு பொருளினால் முற்றிலும் சுற்றி மூடப்பட்டு வெப்ப நிலையானது உறுதியான ஒரு நிலையை எய்தும் வரை விடப்படல் வேண்டும். இது 20 நிமிடத்திலிருந்து ½ மணி நேரம் வரை எடுக்கலாம். இந்த நான்கு வெப்பமானிகளின் அளவீடுகளையும் அவற்றின் வெப்பநிலைகள் உறுதியாய் இருக்கின்றனவா என்பதை அவதானிப்பதற்கு அடிக்கடி எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். இறுதியாகப் பதிவு செய்த வெப்பநிலைகளானவை சுருளிற் கூடாக நீர்பாய்கின்ற விகிதத்தில் தங்கியிருக்கும். T_3, T_4 என்னும் வெப்ப நிலைகளுக்கிடையிலே வேண்டிய அளவு பெரிய வித்தியாசமொன்றைப் பெறுவதற்கு மந்தமான நீரோட்டத்தைக் கொண்டிருத்தலே வாய்ப்புடையதாகும். உண்மையில் சுருளிலிருந்து வரும் ஒட்டம் துளித்து வருகிறதிலும் சற்றுக் கூடிய விரைவில் இருத்தல் வேண்டும். ஒரு செக்கனுக்குச் சுருளிற் கூடாக எவ்வளவு நீர் பாய்கின்றது என்பதை அறிவதற்கு அவ்வாறு வடியும் அந்நீரைக் குறித்த ஒரு காலத்திற்கு எடுத்து (இது 2, 3 நிமிடங்களாக

இருக்கலாம்) நிறுத்தோ, அளவுகோடிட்ட கலமொன்றுள் பெய்து கனவளவை அறிந்தோ துணிந்து கொள்ளலாம். இவ்வாறுகச் சுருளிற் கூடாக t செக்கனில் பாய்கின்ற m கிராம் நீரின் அளவை அறிந்து கொள்ளலாம். இத்திணிவு நீரின் வெப்பநிலையானது T_4 இலிருந்து T_3 இற்கு ஏற்றப்பட்டுள்ளது. இதனால் நீரானது சட்டத்திலிருந்து $m(T_3 - T_4)$ வெப்ப அலகுகளை உறிஞ்சியிருத்தல் வேண்டும். சட்டத்தின் பக்கங்களிலிருந்து வெப்பம் இழக்கப்படவில்லையென எடுத்துக்கொண்டால், வெப்பங் கடத்து திறன் குணகத்து வரை விலக்கண முறையில் Q/t என்பதற்கு $m\frac{(T_3 - T_4)}{t}$ என நாம் எழுதலாம்.

சட்டத்தின் குறுக்கு வெட்டின் பரப்பினை வேணியர் இடுக்கி கொண்டு விட்டத்தை அளந்து $A = \pi r^2$ என எடுத்துக்கொள்ளலாம். இங்கு r வட்டக் குறுக்கு வெட்டின் ஆரையாகும். வெப்பநிலைச் சாய்வினை வெப்ப நிலைகள் T_1, T_2 ஆகியவற்றிலிருந்தும் D, E ஆகிய இரு புள்ளிகளுக்கிடையிலுள்ள தூரம் d இலிருந்தும் அறிந்து கொள்ளலாம். இவ்வாறுக K என்பதனைத் துணிவதற்கு அறியவேண்டிய கணியங்களை அறிந்து கொள்ளலாம்.

தகட்டு முறையிலமைந்த அரிதிற் கடத்தியொன்றின் வெப்பங்கடத்து திறனின் குணகம்

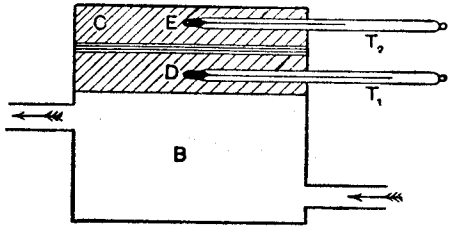
அரிதிற் கடத்தியொன்றின் வகையில், ஆயப்படவேண்டிய திரவியத்தினது தகட்டின் தடிப்பு சிறியதாயிருத்தல் வேண்டும். இங்கு எடுத்துக் கூறப்பட்ட ஆய்கருவியானது பேராசிரியர் சி. எச். இலீசு அவர்கள் நடத்திய ஆராய்ச்சிகளில் காணப்பட்டதைப் போலவே விதிகளில் அமைந்திருக்கும். ஆயினும் கையாள்தலில் வாய்ப்புடைமையின் பொருட்டு, முன்னர் ஓர் அடைப்பினுள் நூலினால் தொங்கவிடப்பட்டிருந்த அவர் கருவியானது இப்பொழுது தலை கீழாக மாற்றப்பட்டுள்ளது.

K இனைத் துணிதல் இரு வெவ்வேறு பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளது: (i) தகட்டின் ஊடாக உள்ள வெப்பநிலைச் சாய்வு G இனை அறிதல்; (ii) திரவியத்திற்கூடாகவுள்ள வெப்பப் பாய்வின் விகிதம் Q/t இனை அறிதல். அடுத்து வரும் விவரணத்தில் (பரிசோதனை 176 இல்) அறையின் வெப்ப நிலையானது அண்ணளவில் மாறாது உறுதியாய் இருக்கின்றது எனக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. பரிசோதனையின் ஒவ்வொரு பகுதிகளின் ஆரம்பத்திலும் முடிவிலும் கருவிக்கு அயலிலுள்ள வெப்பநிலையைப் புறம்பான ஒரு வெப்பமானி கொண்டு குறித்துக்கொள்ளல் நல்லது. ஒவ்வொரு பகுதிக்கும் உள்ள சராசரி வெப்பநிலையைக் காண்க. இச்சராசரிகள் அண்ணளவில் சமனாதல் இடர் ஒன்றுமில்லை. சில வேலைகளில் நடைபெறுவது போன்று, பகுதிகள் 1 இற்கும் 2 இற்கு மிடையே சில இடை நேரம் உண்டாகின்றபொழுது, இச்சராசரிகள் ஒன்றுயில்லா திருத்தல் கூடும். அப்படியாயின் நியூற்றனின் குளிரல் விதியைப் படன்படுத்தி அறிந்துகொண்ட விளைவுகளைக்கொண்டு பகுதி 1 இன் உண்மையான குளிரல் வீதத்தை அறிந்துகொள்ளலாம்.

பரிசோதனை 176. தாட்பலகை போன்ற அரிதிற் கடத்தி யொன்றின் வெப்பங் கடத்து திறனின் குணகத்தைத் துணிதல்.—திரவியமானது இங்கே ஒரு வட்டவடிவான தகடு போன்றது. அதனுடைய தடிப்பையும் விட்டத்தையும் அளந்துகொள்ளல் வேண்டும்.

பகுதி I. G இனைக் காணல். உலோகக் கூடம் **B** (படம் 184) ஒன்றுடன் இத் தகட்டின் ஒரு பக்கம் தொட்டுக் கொள்ளுமாறு வைக்கப்பட்டு அக் கூடத்திற்கூடாக நீராவியோட்டம் ஒன்று செலுத்தப்பட்டு அப்பக்கம் சூடாக்கப்படுகின்றது. மற்றைப்பக்கமானது உலோகத்தாலாய வட்டத்தட்டு **C** உடன் தொட்டுக்கொண்டிருக்கின்றது. எல்லா உலோக மேற்பரப்புக்களும் நிக்கல் பூசப்பட்டுள்ளன. வெப்பமானிகள் **D, E** என்பன, கூடம் **B**, தட்டு **C** என்பவற்றிலுள்ள துளைகளில் இடப்பட்டுள்ளன. கருவியானது நிதானமான நிலையொன்று அடையும்வரை அவ்வாறு விடப்படும். அதன் பின்னர் வெப்பமானிகளின் அளவீடுகள் குறிப்பிடப்படும். எப்பொழுதும் அறையிலுள்ள வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொள்ளல் வேண்டும்.

வெப்பமானிகள் சுட்டும் வெப்பநிலைகளான T_1, T_2 என்பன தாட்பலகைத் தகட்டின் இரு பக்கங்களின் வெப்பநிலையைக் குறிக்கின்றன என எடுத்துக் கொள்ளப்படும். தாட்பலகையின் தடிப்பினை அறிந்தால் வெப்ப நிலைச் சாய்வினைக் கணித்தறிந்து கொள்ளலாம். வெப்பம் பாய்கின்ற பரப்பளவானது தாளின் முகத்தின் மேற்பரப்பு என எடுத்துக்கொள்ளப்படும். இப்பரப்பை வட்டத்தின் விட்டத்திலிருந்து கணித்தறிந்து கொள்ளலாம்.



உரு. 184. தாட்பலகையின் வெப்பங்கடத்துதிறன்

பகுதி II. தாளிற்கூடாகவுள்ள வெப்பப் பாய்வின் வீதம் Q/t **இனைத் துணிதல்.** இதற்குப் புறம்பான ஒரு பரிசோதனை வேண்டப்படும். முதலாவது பரிசோதனையிலுள்ள நிதானமான நிலையானது பெறப்பட்டபின் தாளிற் கூடாகச் செல்கின்ற வெப்பத்தின் பாய்வு வீதம் தட்டு **C** இன் மேற் பரப்பிலிருந்து கடத்தலாலும் கதிர்வீசலாலும் இழக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் வீதத்திற்குச் செவ்விதில் ஒத்ததாக இருத்தல் வேண்டும். வெப்பநிலையானது நிலையான தொன்றாய் வந்தபின் தட்டிலே மேலும் வெப்பம் குவிவதில்லை. எனவே தட்டு மேற்கொண்ட வெப்பமானது இழந்த வெப்பத்திற்குச் சமமாக இருத்தல் வேண்டும். ஆகவே, வெப்பமானது இழக்கப்பட்ட வீதத்தை நாம் துணிவோமானால் தாளிற்கூடாக எவ்விதத்தில் வெப்பம் பாய்கின்றது என்பதை நாம் அறிந்துகொள்ளலாம்.

சூடாக்கு கூடம் **B** ஆனது அகற்றப்பட்டு, தட்டு **C** ஆனது, கடத்துகையால் வெப்பத்தின் இடமாற்றம் மிகக்குறைவாக இருப்பதற்காக, ஒரு பக்கத்துடன் தாட்பலபை தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு ஒருவாறு தாங்கப்படுகின்றது. இதைச் சில வேளைகளில் தட்டினை நூல் கொண்டு தொங்கவிடுவதாற் செய்யலாம். ஆயினும் ஒரு மரத் துண்டைப் போன்ற அரிதிற் கடத்தியான ஒரு பொருள் மேல் தாட்பலகையைத் தங்கவிடுதல் வாய்ப்புடையதாகும்.

அதன்பின் பன்சன் சுடரைக் கொண்டு தட்டானது உறுதி வெப்ப நிலை T_2 இலும் 5 அல்லது 6 பாகை உயர்வாக அதன் வெப்பநிலை T_3 இருக்குமளவும் சூடாக்கப்படும் அதன்பின்னர் அது இவ்வெப்பநிலை T_3 இலிருந்து வெப்பநிலை T_4 இற்கு, T_3 இலிருந்து எவ்வளவு பாகைகள் கீழே T_2 உள்ளதோ அவ்வளவிற்கு அதன் வெப்பநிலை T_4 விழும் அளவிற்குக் குளிர விடப்படும். இதன்பின்னர் இது ஆறுவதற்கு எடுக்கப்பட்ட நேரம் t இனது காலத்தைக் குறித்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

குளிர்வதில் இழக்கப்பட்ட வெப்பமானது $MS(T_3 - T_4)$; இங்கு **M** என்பது தட்டின் திணிவு; **S** என்பது உலோகத்தின் தன்வெப்பம். எனவே, வெப்பம் இழக்கப்பட்ட வீதம் $MS(T_3 - T_4)/t$. இது வெப்பங்கடத்து திறனின் சூத்திரத்திலுள்ள Q/t இற்குச் சமமெனக் கொண்டால் கடத்து திறனைக் கணிப்பதற்குள்ள எல்லாத் தரவுகளையும் நாம் கொண்டுளோம்[1].

குழல் வடிவாயுள்ள ஓர் அரிதிற் கடத்தியின் வெப்பங்கடத்து திறனின் குணகம்

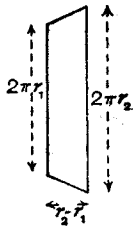
குழல் வடிவாயுள்ள அரிதிற் கடத்தியின் வெப்பங்கடத்து திறன் குணகத்தை அக்குழாய் வழி ஒரு நீராவியோட்டத்தைச் செலுத்தியோ, குழலைச் சுற்றியுள்ள ஒரு கஞ்சுகக்குழாயிற்கூடாகச் செலுத்தியோ கலோரிமானிக் குள்ள சாதாரண முறைகளைக் கொண்டு, குழாயின் சுவர்கள் வழியாகச் செலுத்தப்பட்ட வெப்பக்கணியத்தை அளந்து அறிந்துகொள்ளலாம்.

கருவியின் முதல் வகை.—குழாய் வழியாக நீராவி செலுத்தப்படும். குழாயினைக் கலோரிமானியின் அறியப்பட்ட ஒரு திணிவு நீருள் அமிழ்த்திக் குறித்த ஒரு நேரத்தில் உள்ள நீரின் வெப்பநிலை உயர்வை அறிந்து கொள்ளலாம்.

---

1. இவ்வெடுகோள் செவ்விதில் திருத்தமானதன்று. ஏனெனில், சூடாக்கியெடுக்கப்பட்ட பொழுது தாட்பலகைக்கூடாகவுள்ள கடத்துகையால் தட்டிலிருந்து சிறிது வெப்பம் இழக்கப்பட்டு விடுகின்றது. சூடாக்கியானது நிலையாக இருக்கின்றபொழுது தட்டிலிருந்துள்ள வெப்ப இழப்பு வீதத்தைத் துணிதல் மிகத் திருத்தமானது. ஆனால் சூடாக்கியும் தட்டுள்ள அதே வெப்பநிலையில் செய்தல் வேண்டும். ஏனெனில், தாட்பலகையில் வெப்பச்சாய்வு இல்லாமலிருத்தற் பொருட்டேயாம். இதைச் செயல்முறையில் செய்து கொள்வதென்பது கடினமான தன்று. இது அண்ணளவில் செய்யக்கூடியதொன்றுகும்.

பரிசோதனை 177. குழாய் வடிவிலுள்ள அரிதிற் கடத்தியொன்றின் வெப்பங் கடத்து திறனின் குணகத்தைத் துணிதல்.—ஓர் இறப்பர்க் குழாயை எடுத்துக் கொள்வதென்றால் இக் குழாயின் போதிய அளவு நீளத்தை உள்ளே சுருட்டி வைக்க வாய்ப்புடையதான பெரியதொரு கொள்ளளவு (500–600 க.ச.மீ.) உள்ள கலோரிமானியைத் தேர்ந்தெடுக்க. கலோரிமானியின் உட்கலனை நிறுக்க. அதில் 2/3 பங்கை நீரால் நிரப்புக. இவ்வாறு நீரால் நிரப்பப்பட்ட கலத்தை நீரின் நிறையை அறிவதற்கு நிறுக்க. நீரின் வெப்ப நிலை T_2 இனை எடுக்க. இது ஆரம்பத்தில் எங்களுக்கு வேண்டியவாறு அறையின் வெப்பநிலையிலும் குறைந்ததாயிருக்க.



உரு. 185. குழாயினால் அமைக்கப்பட்ட ஒரு தகடு

நீரினுள் இறப்பர்க் குழாயைச் சுருளாக்குக. கலோரிமானிக்கு வெளியே சிறிது தூரத்தில் இரு முனைகளும் வெளித்தள்ளி நிற்குமாறு அமைக்க. உறுதியான நீராவியோட்டம் ஒன்று இறப்பர்க்குழாய்க் கூடாகச் செல்வதற்காக இவ்விறப்பர்க் குழாயை இப்பொழுது ஒரு நீராவி ஆக்கியினது வெளியகற்று குழாயுடன் பொருத்திவிடுக. நீராக மாறிய நீராவியின் சொட்டுக்களை எந்தற் பொருட்டு மற்ற முனை ஒரு தகரக் குப்பிக்குள் இருக்கலாம்.

குறிக்கப்பட்ட ஒரு கால அளவுக்கு நீராவியைக் குழாய் வழி செல்லவிடுக. இதை நீரின் வெப்ப நிலையானது 15° அல்லது 20°C. இற்கு ஏறும் அளவுக்கு விடுக. நீராவி சென்ற அளவு நேரத்தைக் குறிப்பிடுக. நீரின் இறுதி வெப்பநிலை T_3 இனையும் குறித்துக் கொள்க.

நீரினுள் அமிழ்த்தி வைக்கப்பட்ட குழாயின் நீளத்தை அளத்தல் வேண்டும். இதற்காகக் கலோரிமானியிலுள்ள நீரினுள் இக்குழாயானது புகுந்து வெளிவருகிற இரு புள்ளிகளிலும் இரு குறிப்படையாளங்களைச் செய்துகொள்ளல் நல்லது. அளவிடப்பட்ட நீளமானது l ச.மீ. ஆகுக. குழாயின் உள்ளாரை, வெளியாரை இரண்டையும் அளக்க. இவை முறையே r_1, r_2 ஆகுக. எனவே குழாய்ச் சுவரின் தடிப்பு $r_2 - r_1$ ச.மீ. ஆகும். இப்பொழுது இக் குழாயினை அதனுடைய அச்சுக்குச் சமாந்தரமாக வெட்டித்திறந்தால் (உரு. 185) இது அண்ணளவில் $r_2 - r_1$ தடிப்புடைய திரவியத்தின் ஒரு தகட்டிற்கொத்ததாயிருக்கும்.

நீரானது பாய்கின்ற பரப்பளவு அண்ணளவில் இத்தகட்டின் இரு பக்கங்களின் பரப்பளவின் சராசரி, அதாவது,

$$A = \tfrac{1}{2}(2\pi r_1 l + 2\pi r_2 l) = 2\pi \bar{r} l,$$

என எடுத்துக்கொள்ளலாம். இங்கு $\bar{r} = \frac{1}{2}(r_1 + r_2)$ என்பது குழாயின் சராசரி ஆரையாகும்.

குழாயின் வெளிப்புறத்தில் உள்ள வெப்பநிலையானது மாறிலியாய் உள்ளதன்று. ஆயினும், வெப்பநிலை மாறல் விகிதத்தைக் கணிப்பதற்கு ஆதி வெப்பநிலை, இறுதி வெப்பநிலை ஆகியவற்றின் சராசரியை எடுத்துக் கொள்வோம். குழாயினுள் உள்ள வெப்பநிலையை $T_1 = 100°C$. என எடுத்துக்கொள்வோம். இவ்வாறுக வெப்பநிலை மாறல் விகிதம்

$$\frac{T_1 - \bar{T}}{r_2 - r_1}.$$

இங்கு $\bar{T} = \frac{1}{2}(T_2 + T_3)$ என்பது, குழாய்க்கு வெளியுள்ள சராசரி வெப்பநிலை. அடுத்து வேண்டிய கணியம், t நேரத்தில் குழாயின் சுவர் ஊடு பாய்கின்ற வெப்பக் கணியமாகும். இங்கு வெப்பமானது கலோரிமானியினதும் அதனுடைய கொள் பொருள்களினதும் வெப்பநிலையினை T_2 இல் இருந்து T_3 இற்கு உயரச் செய்வதால் அதை இலகுவில் கணித்துக்கொள்ளலாம். இவ்வாறுக வெப்பங்கடத்து திறன் குணகத்தைத் துணிவதற்கு வேண்டிய கணியங்கள் யாவையும் பெற்றுக்கொள்ளலாம். இவ்வாறுக இக் குணகத்தைப் பக்கம் 000 இலுள்ள வரைவிலக்கணத்திலிருந்து உய்த்தறிந்த சமன்பாட்டிலிருந்து[1] பெற்றுக்கொள்ளலாம்.

$$K = \frac{Q/t}{2\pi \bar{r} l \left(\dfrac{T_1 - \bar{T}}{r_2 - r_1}\right)};$$

இரண்டாவது வகையிலமைந்த ஆய்கருவி.—கண்ணுடிக் குழாய்போன்ற வகையில் குழாயானது வளையும் இயல்பு இல்லாததாயின் அதனுடைய வெப்பங்கடத்து திறனைப் பின்வரும் முறையில் துணிந்து கொள்ளலாம்; மெல்லிய நீரோட்டமொன்று குழாய் வழி செலுத்தப்படும். இவ்வோட்டமானது மரியற்றின் போத்தல் ஒன்றைப் பயன்படுத்துவதால் தளர்விலாத தாய் வைத்திருக்கப்படும். பரிசோதனை நடந்துகொண்டிருக்கின்ற பொழுது இக் குழாயானது எப்பொழுதும் நீரினால் நிறைந்தவாறிருத்தற் பொருட்டுச் சிறிது சாய்வாக வைக்கப்பட்டிருக்கும். இது நீராவி செல்கின்ற ஒரு நீராவிக் கஞ்சுகக்குழாயால் மூடப்பட்டிருக்கும் (உரு. 186).

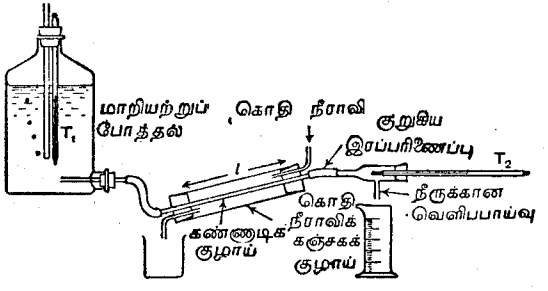
பரிசோதனை 178. குழாய் முறையிலமைந்த ஒரு அரிதிற் கடத்தியின் வெப்பங்கடத்து திறனின் குணகத்தைத் துணிதல்.—நீரானது குழாயுள் புகுகின்ற பொழுது அதனுடைய உட்புகு வெப்ப நிலை T_1 எடுக்கப்படும். நீரானது குழாய்வழி பாய்கின்ற பொழுது அது குழாய்ச் சுவர் வழி கடத்தன் முறையால் வெப்பத்தைக் கொள்ளும். அப்பொழுது குழா

[1] உட்குழிவான உருளையின் சுவருக்கூடாகப் பாயும் வெப்ப ஓட்டத்தை ஆய்வதால் பெறப்படும் திருத்தமான சூத்திரம் கீழ்வரும் சமன்பாட்டைத்தரும்.

$$K = \frac{Q/t}{\dfrac{2\pi l \{T_1 - \frac{1}{2}(T_2 + T_3)\}}{\text{மட}_e\, r_2/r_1}}$$

r_1 அல்லது r_2 உடன் ஒப்பிடும்போது $r_2 - r_1$ சிறிதாயிருக்குமளவில் குழாய் மெல்லியதாயின் இந்தச் சூத்திரம் இவ்வாறமையும்.

யின் கஞ்சுகக் குழாய்ப் பகுதி வழியாக நீர் பாய்ந்து பின் அதனுடைய வெப்பநிலை T_2 இற்கு உயரும். இவ்**வெளியேறு** வெப்பநிலை எடுக்கப்படும். வெளிவருகின்ற நீர் அளவீடு உருளையொன்றில் நிரப்பப்படும். குறித்த ஒரு காலத்துள் குழாய் வழி பாய்ந்த நீரின் திணிவு குறிக்கப்படும்.



உரு. 186. ஒரு கண்ணுடிக் குழாயின் வெப்பங்கடத்து திறன்

இங்கு எடுக்கப்பட்ட நேரம் கண்ணுடியுள் குறைந்தது 300 க.செ.மீ. நீராகுதல் சேர்ந்திருக்கக் கூடிய அளவினதாயிருத்தல் வேண்டும். இங்கு நீரின் திணிவானது அடர்த்தி ஒன்று என்ற எடுகோளால் கணிக்கப்படும். t செக்கனில் குழாய்வழி பாய்ந்த நீரின் திணிவு M கிராம் எனின் இந் நேரத்தில் குழாயின் சுவர்வழி கடத்தப்பட்ட வெப்பம் Q ஆனது $M(T_2 - T_1)$ கலோரி ஆகும். நீராவிக்கஞ்சுகக்குழாயின் முனைகளுக்கிடையிலுள்ள குழாயின் நீளம் அளக்கப்படும். அவற்றுடன் குழாயின் உள்ளாரையும் வெளியாரையும் அளக்கப்படும். இவை முறையே l, r_1, r_2 ஆகுக.

ஆகவே வெப்பம் பாய்கின்ற சராசரிப் பரப்பு $2\pi\bar{r}l$ ஆகும். இங்கு $r = (r_1 + r_2)/2$.

குழாயிற்கூடாகச் சராசரி வெப்பநிலைச் சாய்வு விகிதம்

$$\frac{100 - \bar{T}}{r_2 - r_1}\ ;\quad \text{இங்கு}\quad \bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2}.$$

எனவே[1]

$$M(T_2 - T_1) = K2\pi\bar{r}l\left[\frac{100 - \bar{T}}{r_2 - r_1}\right]t.$$

K ஐத் தவிர்ந்த மற்றைக் கணியங்களை அளந்தறியலாம் அல்லது நோக்கியறியலாம்; எனவே K ஐக் கணிக்கலாம்.

[1]மிகச் செம்மையான சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தினால்.

$$M(T_2 - T_1) = \frac{K2\pi l(100 - \bar{T})t}{\text{மடக}_e r_2/r_1}$$

அதிகாரம் VI

வெப்பத்தின் பொறிமுறைச்சமவலு

§ 1. வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலுவின் வரைவிலக்கணமும் அதைத் துணிதலும்

வெப்பமானது பொறிமுறைச் சத்தியைச் செலவழிப்பதால் ஆக்கப்படுகின்ற ஒவ்வோரலகு வெப்பத்திற்கும் குறிக்கப்பட்ட வேலை அலகுகள் செய்யப்படல் வேண்டும் என கலாநிதி **யே. பி. சூல்** (1818–1889) என்பவரால் நிறுவப்பட்டது. எப்பொழுதும் செலவழிக்கப்பட்ட வேலை W இற்கும் விளைவிக்கப்பட்ட வெப்பம் H இற்குமிடையே **மாறு** மாற்ற விகிதம் ஒன்றுளது. W/H அல்லது J எனப்படும் இவ்விகிதம் **வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலு** எனப்படும். இவ்வாறுக ஒரு கலோரி (கிராம் சதம அளவைப் பாகை) என்பதை விளைவிப்பதற்கு $4{\cdot}2 \times 10^7$ எக்கு அல்லது 4·2 சூல் வேலை தேவைப்படும். C.G.S. அலகுகளில் வெப்பத்தின் சதம அளவுத் திட்டத்தைப் பயன்படுத்தினால், வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலு ஒரு கலோரிக்கு $4{\cdot}2 \times 10^7$ எக்கு ஆகும்; மிகச் செவ்விதாக, 15° கலோரிக்கு $4{\cdot}185 \times 10^7$ எக்காகும்.

பரிசோதனை 179. ஒரு குழாயில் இரசம் வீழ்வதைக்கொண்டு வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலுவைத் துணிதல்.—ஒரு மீற்றர் நீளமும் 3 இலிருந்து 4 ச.மீ. விட்டமுமுடைய அகன்ற ஒரு கண்ணுடிக் குழாயில் ஒரு முனை மூடப்பட்டு மற்றப்பக்கத்தில் நன்கு பொருந்தக் கூடிய இறப்பர் கிடைச்சொன்று பொருத்தப்படும். இக்கிடைச்சிற்கூடாக நல்லுணர்ச்சியுள்ள ஒரு வெப்பமானி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இக் குழாயினுள் 50 க.செ.மீ. இரசம் செலுத்தப்படும். பின்னர் கிடைச்சியானது நல்ல நிலையில் செம்மையாக இறுக்கப்படும். இக்குழாயானது நடுவிலே இறுக்கமாகப் பிடிக்கப்பட்டு நிலைக்குத்தாகக் கொள்ளப்படும். அதனுடைய கீழ் முனை மேசையுடன் மட்டமாக அமையுமாறு இது கொள்ளப்படும். பின்னர் விரைவாக இக் குழாயானது தலைகீழாக்கப்படும். கீழ் முனைகொண்டிருந்த இடத்தை மேல் முனை கொள்ளுமாறு இது கவிழ்க்கப்படும். அதாவது, இக் குழாயினை அதனுடைய நீளத்தின் மையத்திலே அது ஒரு கிடைத்தளமான அச்சில் சுழலும் வழி சுழற்றல் வேண்டும். இச்சுழற்சியின் பொழுது இரசமானது குழாயின் முனையில் நிற்கும். ஆனால், இக் குழாயானது நிலைக்குத்தாக நிற்கின்ற பொழுது இரசமானது குழாயின் ஒரு முனையிலிருந்து மற்ற முனைக்கு வீழும்.

இரசத்தைத் தூக்குகின்ற பொழுது ஆக்கப்பட்ட வேலையானது அது கீழே வீழ்கின்றபொழுது இயக்கப்பண்புச் சத்தியாகின்றது. இது இரசமானது குழாயின் அடியில் தங்க வருகிற பொழுது வெப்பமாக மாற்றப்படுகின்றது. வேண்டிய அளவு வெப்பநிலை உயர்வு பெறுவதற்கு இவ்வேலையைக் குறைந்தது 50 தடவையேனும் செய்ய வேண்டும்.

m = குழாயிலுள்ள இரசத்தின் திணிவு ஆகுக.
s = இரசத்தின் தன்வெப்பமாகுக.
t_1 = இறுதி வெப்பநிலையாகுக.
t_2 = ஆரம்ப வெப்பநிலையாகுக.

வெப்பமானது இழக்கப்படவில்லையெனக் கொண்டால் ஆக்கபபட்ட மொத்த வெப்பம் $\mathbf{H} = ms(t_1 - t_2)$.

h என்பது குழாயானது தலைகீழாக்கப்பட்டபொழுது இரசத்தின் புவியீர்ப்பு மையம் வீழ்ந்த நிலைக்குத்துத் தூரமாகுக. (இது கண்ணுடிக் குழாயின் நீளமன்று என்பதை அவதானிக்க.) n என்பது வேலை எத்தனை முறை திருப்பிச் செய்யப்பட்டதென்பதைக் குறிப்பதாகுக.

இப்பொழுது மறைந்த பொறிமுறைச் சத்தி $\mathbf{E} = nmgh$.

எனவே, $$\mathbf{J} = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{H}} = \frac{nmgh}{ms(t_1 - t_2)} = \frac{ngh}{s(t_1 - t_2)}.$$

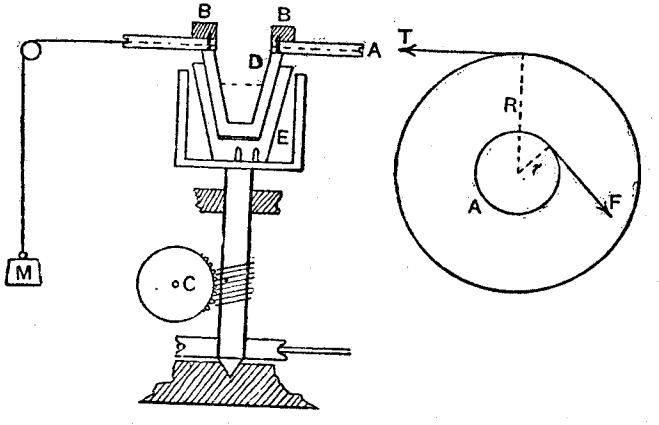
இவ் விளைவிலிருந்து சூலினுடைய சமவலுவைக் கணிக்கலாம்.

J இனுடைய பெறுமானம் உபயோகப்படுத்தப்பட்ட இரசத்தின் திணிவைச் சாராதது என்பதைக் கவனிக்க. உண்மையான பரிசோதனையொன்றிலே மிகக் குறைந்த அளவான இரசத்தை உபயோகித்தலாகாது. இல்லையெனில் இரசத்தைச் சூடாக்கப் பயன்படுத்தப்பட்ட வெப்பத்திலும் குழாயினைச் சூடாக்கப் பயன்படுத்தப்பட்டது ஒப்பளவில் கூடியதாக இருக்கும். இன்னும் வெப்பமானியை உடைக்கக்கூடிய சந்தர்ப்பத்தை அளிக்காத, ஆனால் செம்மையில் குறைந்த, வழியொன்றுண்டு. இங்கு ஒரு திண்மக் கிடேச்சினைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும். இரசத்தினுடைய வெப்பநிலையை ஒரு சிறு முகவையில் வேலைகளுக்கு முன்னும் பின்னும் எடுத்தல் வேண்டும்.

உலோகக் கூம்புகளுக்கிடை உராய்வினால் வெப்பத்தை ஆக்குதல்

இங்கு கூறப்படும் முறை சூல் பயன்படுத்தியதொன்றை மாற்றியமைக்கப்பட்டதொன்றுகும். இது இரண்டு உலோகக் கூம்புகளுக் கிடையுள்ள உராய்வினைக் கொண்டு வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலுவைத் துணிவதொன்றுகும்.

இங்கு **D**, **E** என்னும் இரு உலோகக் கூம்புகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன (உரு. 187). அவை ஒன்றுடனொன்று மிக நெருங்கிப் பொருந்தக் கூடியன வாய் உள்ளன. வெளிக் கூம்பானது கையால் சுழற்றப்படக்கூடிய விசை



உரு. 187. வெப்பத்தின் பொறிமுறைச்சமவலு

யாள் சில்லொன்றினூற் செலுத்தப்படும் நிலைக்குத்தான கதிர்க்கோலொன்றுடன் பொருத்தப்பட்டுச் சுழற்றப்படுகின்றது. உள்ளிருக்கும் கூம்பு சுழலாமல் தடைசெய்யப்பட்டுள்ளது. எனவே பொருந்தியிருக்கும் மேற்பரப்புக்களுக் கிடையே உராய்வு நடைபெறுகின்றது. ஆங்கு உண்டாகும் வெப்பம் கூம்புகளைச் சூடாக்குகின்றது. அன்றியும் கூம்பினுள் வைக்கப்பட்டுள்ள திரவத்தையும் (வழக்கமாக நீர், சில வேளைகளில் இரசம்) சூடாக்குகின்றது.

உண்டாக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவு, மொத்த நீர்ச்சமவலு, வெப்பநிலை உயர்வு ஆகியவற்றைக் கொண்டு துணியப்படும்.

செலவழிக்கப்பட்ட பொறிமுறை வேலையின் அளவை உட் கூம்பு ஆனது சுழலாமல் இருப்பதற்கேற்ற அளவிடப்படக்கூடிய முறுக்குதிறனைப் பொருத்தியும் வெளிக்கூம்பு செய்த சுழற்சிகளின் எண்ணிக்கையை அளவெடுத்தும் அறிந்துகொள்ளலாம். வட்டவடிவான மரத்தட்டொன்று உட்கூம்பின் மேல் தங்கியுள்ளது (உரு. 187 இல் உள்ள **A**). இவ்வுட்கூம்புடன் இம்மரத்தட்டு இரண்டு நிலையான ஊசிகளால் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அதன் மேலே ஓர் ஈயக்குண்டு **B** அதை நிலையாக வைத்திருத்தற் பொருட்டு வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

அத்தட்டின் பரிதியோடிணைக்கப்பட்ட நூலானது கப்பி ஒன்றின் மேலாகச் செல்கின்றது. இது அதனுடைய மற்ற முனையில் தெரிந்த ஒரு பாரம் **M** உடன் (100 இலிருந்து 200 கிராம் வரை) பொருத்தப்பட்டு **T** தைன்

விசையால் இழுத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. வெளிக்கூம்பானது சுழற்றப்பட்ட பொழுது உட்கூம்பும் அதனுடன் நகர முயலுகின்றது. ஆனால் அது நூலில் உள்ள இழுவிசை T இனது விசையின் இயக்கத்தால் தடைசெய்யப்படுகின்றது.

கருவியானது பயன்படுத்தப்படுகின்ற பொழுது மரத் தட்டின் பரிதிக்கு நூல் என்றும் தொடுகைத்தானத்தில் அமைந்திருத்தல் வேண்டும்.

R தட்டின் ஆரையாகுக. r, கூம்புகள் பொருந்துகின்ற முகப்பரப்பின் சராசரி ஆரையாகுக. எனவே F என்பது கூம்புகளுக் கிடையுள்ள உராய்வின் சராசரிப் பெறுமானமானால்

$$Fr = TR = MgR,$$

இங்கு M என்பது தொங்கவிடப்பட்ட பாரத்தின் திணிவாகும்.

உட்கூம்பானது நிலையாக இருக்கின்றபொழுது வெளிக்கூம்பினால் ஒரு சுழற்சியிற் செய்த வேலை $F2\pi r$ ஆகும். ஆகவே, n சுழற்சியிற் செய்யப்பட்ட வேலை $W = 2\pi nFr$.

செம்மையாக F, r என்பவற்றின் பெறுமானங்களைத் தனித்தனியே காண முடியாவிடினும் மேற்கூறிய சமன்பாட்டிலிருந்து Fr என்பதன் பெறுமானத்தை அறியலாம். இப்பெறுமானத்தைப் பிரதியிட்டு n சுழற்சிகளில் செய்யப்பட்ட வேலையானது,

$$W = 2\pi nMgR$$

என அறியலாம்.

எனவே, பொறிமுறை வேலையை எக்கில் கணித்தறியலாம்.

பரிசோதனை 180. ஈர் உலோகக் கூம்புகளுக்கிடையுள்ள உராய்விலிருந்து வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலுவைத் துணிதல்.—இப் பரிசோதனையை நடத்துகின்றபொழுது கூம்புகளுக்கிடையுள்ள உராய்வு போதிய அளவுடையதாயிருத்தல் வேண்டியது இன்றியமையாதது. இல்லையேல் பாரத்தைக் குறித்த ஒரு நிலையான மட்டத்தில் வைத்திருப்பது இலகுவாயிருக்காது. ஒரு சிறு துளி உராய்வுநீக்கும் எண்ணெய் உட்கூம்புக்கும் வெளிக்கூம்புக்கும் இடையில் இடப் போதுமானது. இக்கூம்புகளுக்கு உராய்வுநீக்கு எண்ணெய் இடாவிடின் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் மேற் பரப்புக்கள் ஒன்றுகிவிடுதல் (ஒன்றையொன்று பற்றிக் கொள்ளுதல்) கூடும்.

உண்மையான பரிசோதனையை நடத்துவதற்கு முன் தேவையான உராய்வு நீக்கு எண்ணெய்யின் அளவினைச் செம்மைப் படுத்திக்கொள்ளல் வேண்டும். செலுத்துகின்ற சில்லினைச் சுழற்றிப் பாரத்தை அண்ணளவாக ஒரு திட்டமான மட்டத்தில் வைத்திருக்கலாமா என்று கருவியைச் சோதித்து அறிந்துகொள்ளல் வேண்டும். சில்லினை வேண்டிய அளவு விரைவில் சுழற்றி இதைச் செய்துகொள்ளல் வேண்டும்.

இரு கூம்புகளையும் அவை வெறுமையாக இருக்கின்ற பொழுது அளக்க. பின்னர் உட்கூம்பை 2/3 பங்கு நீர் நிரப்பியிருக்கின்ற பொழுதும் அளக்க. இதன் பின்பு கூம்புகளைக் கருவியில் வைத்து வெப்பநிலையை அறிவதற்கு உணர்ச்சியுள்ள வெப்பமானியொன்றை வைக்க. போதிய அளவு கவனம் எடுத்தால் வெப்பமானியை ஒரு கலக்கியாகப் பயன்படுத்தலாம். சில வேளைகளில் ஒரு நிலையில் வெப்பமானியை வைத்துக்கொண்டு பிறிதான ஒரு கலக்கியைப் பயன்படுத்துவதுமுண்டு.

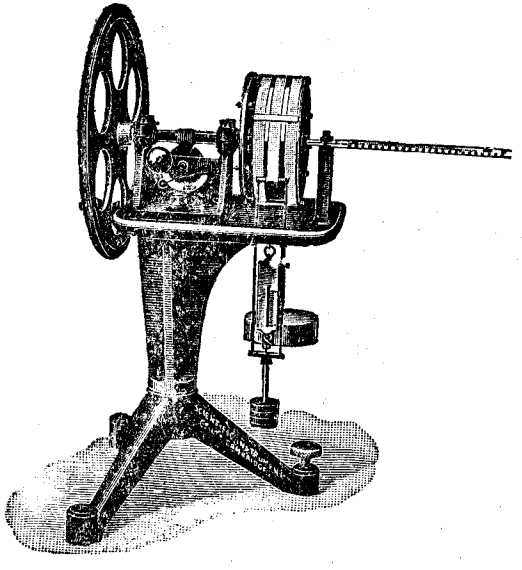
ஆய்வு முறைகளில் கதிர்வீச்சினால் ஏற்படும் வெப்பநட்டம், வெப்பநயம் ஆகியவற்றிற்கேற்ற ஈடுகள் உண்டு. இதற்காக உண்மையான பரிசோதனை தொடங்குவதற்கு முன்னர் 5 நிமிடங்களுக்கு ஒவ்வொரு நிமிடத்திற்கும் வெப்பநிலை அளவுகளை எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். பின்னர் விசையாள் சில்லினைச் சுழற்றி வேண்டிய சுழற்சிகளைச் செய்துகொள்ளல் வேண்டும். சுழற்சிகளின் எண்ணிக்கையைச் சுழற்றும் கதிரோடு பொருத்தப்பட்ட பொறி C சுட்டும். போதிய அளவு செம்மையாக அளவிடப்படக்கூடிய வெப்பநிலை உயர்வைப் பெறுவதற்குப் பல சுழற்சிகள் செய்தல் வேண்டும். 500, அல்லது 1000 சுழற்சிகள் வேண்டியும் இருக்கும். இதற்கு எடுத்துக்கொண்ட நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ளல் வேண்டும். இவ்வேலை முடிந்தபின் வெப்பநிலையை அளவிட்டறிக. மீண்டும் 5 நிமிடங்களுக்கு ஒவ்வொரு நிமிட இடைவெளிக்கும் உள்ள வெப்பநிலை அளவுகளை எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். முன்னர் எடுத்த அளவுகளிலிருந்தும் பின்னர் எடுத்த அளவுகளிலிருந்தும் **வெப்பநிலை மாறும் சராசரி வீதத்தை** அறிந்துகொள்ளலாம். பரிசோதனைக்கு எடுத்த நேரத்தைக் கண்டு இந்நேரத்தில் உண்டான உண்மையான மாற்றத்தைக் கணித்தறிந்து கொள்ளலாம். இரு கூம்புகளுக்கிடை உண்டான உராய்வினால் ஆய வெப்பநிலை உயர்வினை மதிப்பிடுகின்ற பொழுது இங்கு கூறிய வெப்பநிலை மாற்றத்தையும் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

நீர்ச்சமவலுவிலிருந்தும் வெப்பநிலை உயர்விலிருந்தும், வெளியாகப்பட்ட வெப்பக் கலோரியைக் கணித்தறிக. பெரிய இடுக்கிகளைக் கொண்டு மரத் தட்டின் விட்டத்தை அளக்க. $W = 2\pi nMgR$ என்னும் கோவையிலிருந்து செய்த வேலையைக் கணித்தறிக. பொறிமுறைச் சமவலு கலோரிக்கு எத்தனை எக்குகள் என்னும் முறையிலும் கலோரிக்கு எத்தனை சூல்கள் என்னும் வகையிலும் எடுத்துக் கூறப்படல் வேண்டும்.

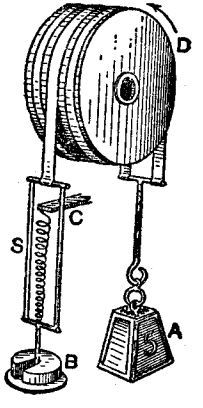
வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலுவை அறிவதற்கேற்ற கலந்தரின் கருவி

உரு. 188 ஐப் பார்க்க. இவ்வாறுய கருவியில் உள்ள குழிவுள்ள உருளையொன்றுள் நீர் இருக்கும். இவ்வுருளையானது கையாலோ மின் மோட்டராலோ சுழற்றப்படும். இவ்வுருளைக்கு மேலாக மூன்று நாடாக்கள் கொண்

டமைந்த பட்டாலான[1] ஒரு தடுப்புப்பட்டையானது சுற்றப்பட்டிருக்கும். வெளிப்புற இரு நாடாக்களும் உருளையைச் சுற்றி ஒருமுறை சுற்றப்பட்டிருக்கும். ஒரு முனையில் அவை ஒரு திணிவு **A** இனைக்கொண்டிருக்கும் (உரு. 189). இத்திணிவு 3 இலிருந்து 5 கிலோ கிராம் அளவாயிருக்கும்.



உரு. 188. **கலண்டரின்** ஆய்கருவி
(கேம்பிரிட்சு விஞ்ஞானக் கருவிக் கம்பனி)



உரு. 189. **கலண்டரின்** ஆய்கருவியிற் பயன்படுத்தப்பெறும் தனமோமானி

இந்நாடாக்களின் மற்ற முனைகள் யானைத்தந்தத்தால், அல்லது வல்கனைற்றுலான ஒரு தண்டுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இத்தண்டுடன் நடு நாடாவும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்நாடாவும், உருளை மேல் மற்ற இரு நடாக்களுக்குமிடை அமைந்து அவற்றைத் தொடர்ந்துள்ளது போலிருக்கும். இது மற்றைய மூலையில் ஒரு நுகம் **S** இனைக் கொண்டிருக்கும். இந்நுகத்தில் 200 இலிருந்து 400 கிராம் உள்ள ஒரு சிறு திணிவு **B** தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும். இந்நுகத்தில் கீழ் முனையிலிருந்து ஒரு விற்றராசு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இது கருவியின் சட்டத்தில் **C** இல் தொங்கிக் கொண்டிருக்கும். பரிசோதனையின்பொழுது, இவ்வில் திணிவு **B** மீது மேல்நோக்கித் தாக்கி ஒரளவுக்கு **B** இனைத் தாங்குகின்றது. இதனுடைய தாக்கம் கருவியைச் செம்மையாகத் தொழிற்படுத்துவதாகும்.

[1]இப்பட்டுப் பட்டையைச் சுத்தமாயும் ஈரமில்லாமலும் வைத்திருத்தல் வேண்டும். ஆய்கருவியைப் பயன்படுத்தா நேரத்தில் ஒரு மேலுறையில் வைத்திருத்தல்வேண்டும். பின்னைய ஆய்கருவிகளின் வகையில் அவை வெல்வெற்றுல் ஆனவையாம்.

உருளையானது அம்பின் திசைநோக்கிச் சுழல்வதாய்க் கொள்க. பட்டையின் உராய்வால் **A** தூக்கப்பட **B** தாழ்த்தப்படுகின்றது. பட்டையின் இரு முனைகளுக்குமிடையிலுள்ள இழுவிசைக்கிடையிலுள்ள வித்தியாசமானது உருளைக்கும் நாடாவிற்கும் உள்ள உராய்வினுடைய விசைக்குச் சமமாகும். இப்பொழுது உருளையைச் சுற்றியுள்ள உராய்வினுடைய விசையோ, அல்லது நிலையான கப்பியில் உள்ள விசையோ கட்டில்லா முனையிலுள்ள இழுவிசை T_0 இல் தங்கியிருக்கும் (பக்கம் 00 பார்க்க). **B** இனுடைய பாரத்தைப் பக்குவமாகச் செம்மைப்படுத்தினால் குறித்த ஒரு வேகத்திலே உருளையானது சுழல்கின்றபொழுது **B** இற்கு **A** இனை நேராகச் சமமான நிலையில் வைத்திருத்தல் முடியும். ஆனால், **B** ஆனது இப்பெறுமானத்துக்கு நேராகச் செம்மைப்படுத்தப்படாவிட்டால் பட்டையானது மெள்ள மெள்ள உருளையினுடைய திசைக்கு நகரும். அல்லது உருளையினுடைய இயக்கத்திற்கு எதிராய திசையில் நகரும். இச் செய்கையானது, இக்குறித்த பெறுமானத்திற்கு **B** ஆனது கூடியோ, குறைந்தோ இருக்கின்ற தன்மையைப் பொறுத்துள்ளது. வெப்பநிலையின் உயர்வு, வேகத்தின் மாற்றம்,[1] அல்லது வேறு யாதாயினும் ஒரு காரணம் ஆகியவற்றினால் உராய்வின் குணகத்தின் சிறு மாற்றம் ஏற்பட்டால் **B** ஐ மீண்டும் செம்மைப்படுத்த வேண்டிய ஒரு தன்மை ஏற்படும். இன்னும் தடுப்புப்பட்டைக்கும் உருளைக்கும் இடையிலுள்ள தொடுகைக் கோணமானது, யாதாயினும் ஒரு முனையின் சிறு ஆட்டத்தினால் மாற்றப்படின் பட்டையானது யாதாயினும் ஒரு திசையை நோக்கி நகரும்.

விற்றராசு பயன்படுத்தப்படாவிட்டால் **B** இனைச் செம்மைப்படுத்தல் இடருடையதாயிருக்கும். இதனால் பரிசோதனை செய்துகொண்டிருக்கின்ற பொழுதே மீண்டும் மீண்டும் செம்மைப்படுத்தல் வேண்டியிருக்கும். வில்லானது இவ்வாறுய இடர் நிறைந்த செம்மைப்படுத்தல்கள் யாவற்றையும் ஓரளவிற்குத் தடுத்துவிடும். அது வருமாறு : யாதாயினும் ஒரு கணத்தில் உராய்வினுடைய விசையானது மிகக் கூடியதாயிருந்தால் **B** கீழ்நோக்கி நகரும். அதனால் ஓரளவிற்கு வில்மேல் அதனுடைய பாரம் செறியும்பொழுது நாணின்மேல் **B** இன் இப்பாரம் குறையும்; குறைய நாண் ஆனது உருளை மீது ஓரளவு சிறு உராய்வு விசையைக் காட்டும். இதனால் **B** இனுடைய கீழ் நகர் இயக்கம் சிறைப்படுத்தப்படும். உராய்வு விசையின் குறைவு **B** இனை எழச் செய்கின்றது. இப்பொழுது அதனுடைய பாரம் முழுவதும் நாணால் எடுக்கப்படுகிறது. அதற்கியைய உராய்வு உயர்கின்றது. இதனால் நாணினுடைய இயக்கம் மீண்டும் நிறுத்தப்படுகின்றது. ஓர் உருளையைச்சுற்றித் தடுப்புப்பட்டை போடும் ஒழுங்கு **தனமோமானி** எனப்படும்.

[1]திண்ம மேற்பரப்புகளுக்கிடையமைந்த உராய்வின் விசை, முழுமையிலன்றி, அண்ணளவில் தம் சார் வேகத்தில் தங்காதவை.

உராய்வு விசை $T - T_0$ என்பதற்குச் சமம். இங்கு T, A இன் நிறை. T_0, B இனுடைய நிறைக்கும் வில் செலுத்திய விசைக்கும் இடையுள்ள வித்தியாசமாகும். இவ்விசைகள் யாவும் தராசில் அளக்கப்படும்.

செய்யப்பட்ட வேலை, உருளைமேற் செலுத்தப்பட்ட உராய்வுச் சுழலினை, உருளை சுழல்கின்ற கோண ஆரையன்கள் ஆகியவற்றின் பெருக்கத்திற்குச் சமமாகும். எனவே n சுழற்சிகளால் செய்யப்பட்ட வேலையானது $2\pi n (T - T_0) R$ ஆகும். இங்கு R உருளையின் ஆரை. W எக்கால் அளக்கப்படும்.

உருளையின் அச்சாணியில் ஏற்றிவைக்கப்பட்ட சுழற்சி எண்ணியின் துணையைக் கொண்டு சுழற்றுக்களின் எண்ணிக்கைகளை அறியலாம்.

கொடுத்த ஓர் எண்ணளவு சுழற்றல்களால் **வெளியிடப்பட்ட வெப்பத்தை**, நீரின் வெப்பநிலை உயர்வை உருளையினதும் அதன கொள் பொருள்களதும் வெப்பக் கொள்ளளவாற் பெருக்கி அறியலாம். கடத்துகையினால் உருளை வெப்பம் இழப்பதைத்தவிர்ப்பதற்கும் உருளையின் வெப்பக்கொள்ளளவுக்குக் குறித்த ஒரு பெறுமானத்தைக் கொடுப்பதற்கும் ஆக, அதன் பரிதியிலுள்ள ஆறு புள்ளிகளில் யானைத் தந்தத்தால், அல்லது வல்கனைற்றால் ஆக்கப்பட்ட தெறிகளில் அது ஏற்றிவைக்கப்பட்டிருக்கும். அவைகளைக் கொண்டே அது செலுத்துகின்ற தட்டு, கதிர் ஆகியவற்றோடு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். உருளைக்கு அதன் மூனைத்தட்டின் நடுவில் ஒரு துளையிருக்கும். அதனூடாகவும் நீர் செலுத்தப்படும்; வெப்பமானியும் பொருத்தப்படும். பரிசோதனைக்கு முன் உருளையானது அரைப்பங்களவு நீரால் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். நீரை அதனுள் பெய்யும் முன், பயன்படுத்தப்படும் நீரின் திணிவு W கிராம் அளந்தறியப்படும். உருளை சுழச் சுழல நீரும் படிப்படியாக ஒரு சுழற்சி இயக்கத்தைக் கொண்டு உருளையுடன் சுழலும். இந்நீரானது உருளையிலிருந்து அகலாதவாறு மையநாட்ட விசையால் தடுக்கப்படும். இவ்விசை அதை விளிம்புடன் ஒட்டவைத்துக் கொள்ளும்.

வெப்பமானியானது சிறப்பான ஒரு வடிவத்தில் அமைந்திருக்கும். அதனுடைய குமிழ் உருளைக்குள்ளாகவும் உருளையின் விளிம்பிற்கு அண்ணிதாகவுமிருக்குமாறு வளைந்திருக்க, மையத்திலுள்ள துளைக்கு வெளியே அதனுடைய தண்டு வெளிவந்திருக்கும். இது உரு. 188 இல் காட்டியவாறு பூட்டப்பட்டிருக்கும். நீரானது குமிழைச் சுற்றிச் சுழலும். அதனுடைய வெப்ப நிலை வெப்பமானியில் பதியும். இச் சுழலும் இயக்கத்தில் கலப்பு நிகழும். அதனால் திரவம் முழுவதும் ஒரு தன்மையான வெப்பநிலை நிகழும். வெப்பமானியானது நிலைப்படுத்தப்பட்ட படியால் பரிசோதனை நடந்து கொண்டிருக்கின்ற பொழுதே தனியாக எந்தக் கணமும் வெப்பநிலையை எடுத்துக் கொள்ள முடியும். ஆகவே, விரும்பின் வெப்பநிலைக் காலவளைகோடொன்றை வரைந்து கொள்ளலாம். வரைந்து

இவ்வளைகோட்டின் துணைகொண்டு கதிர் வீச்சினால் நிகழும் இழப்புக்களுக்கு ஈடு செய்து முடிவான வெப்பநிலையைத் திருத்தமாக்கலாம் (பக்கம் 431). உருளையின் நீர்ச்சமவலுவை அதனுடைய திணிவு m, தன்வெப்பம் s, ஆகிய வற்றிலிருந்து துணிந்தறியலாம்.

செய்யப்பட்ட வேலை, அதிலிருந்து விளைந்த வெப்பம் ஆகியவற்றிலிருந்து வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலு J என்பது, சமன்பாடு

$$W = JH$$

என்பதிலிருந்து பெறப்படும்.

W என்பது செய்யப்பட்ட வேலை. இது $2\pi n(T - T_0)R$ என்பதனாற் தரப்படும்.

H என்பது விளைந்த வெப்பம் ஆகும். இது $(w + ms)(\theta_2 - \theta_1)$ என்பதற்குச் சமம். இங்கு θ_1 உருளையிலிருந்த நீரின் முதல் வெப்பநிலையாக, θ_2 இறுதி வெப்பநிலையாகும்.

பரிசோதனை 181. கலந்தரின் கருவிகொண்டு வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலுவைத் துணிதல்.—இங்கு கருவியானது கையிலுலோ, மோட்டரிலுலோ இயங்குமாறு அமைக்கப்படும். ஒரு மென்மையான கந்தையில் ஒரு திரவ உலோகத்துக்கியை ஊற்றிச் சுழல்கின்ற மேற்பரப்பின் மேல் பிடித்து உருளையைப் **பக்குவமாகத்** துலக்குக. உரு. 189 இல் பட முறையில் காட்டியவாறு, மூனை A இல் 5 கிலோ கிராம் பாரத்தை வைத்தும் B இல் 400 கிராம் திணிவை வைத்தும் கருவியின் சட்டத்தில் C இல் விற்றராசை நிலைகொளச் செய்தும் உருளைமீதுள்ள தடுப்பு நாடாவைச் செம்மைப்படுத்துக.

உருளையின் மையத்தின் துளை அளவுக்கு நிரப்பக் கூடிய நீரை அளக்க—300 இலிருந்து 500 க.ச.மீ. அளவு தேவைப்படும். இதனுடைய திணிவு w கிராம் ஆகுக. உருளையினுள் நீரைப் பெய்க.

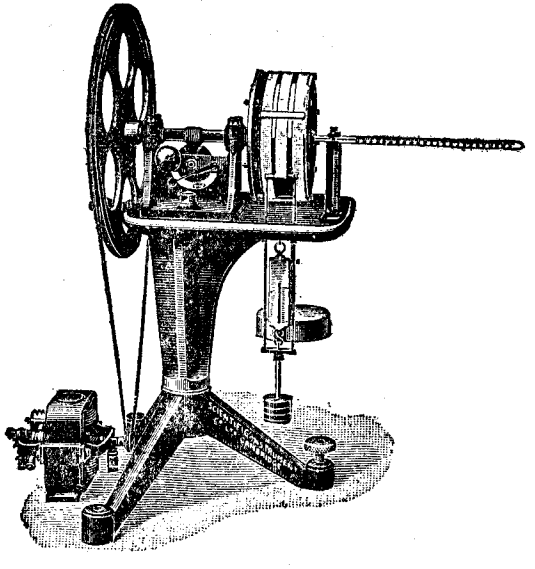
உருளையினுள்ளே வெப்பமானியின் குமிழை வைக்க. கருவியோடிணைக்கப்பட்ட பிடியில் வெப்பமானியைப் பொருத்திவிடுக. இதை அதனுடைய தண்டு உருளையின் அச்சோடு நீண்டு அமையுமாறு செய்க. வெப்பமானியானது வளைவுகளில் இலகுவில் முறிந்துவிடுமாதலின் அதன் குமிழை உள்ளுக்கு விடுகின்றபொழுது பக்குவமாக விடுக.

மோட்டரை இயக்கி அதனுடைய வேகத்தையோ, A, B ஆகியவற்றின் திணிவுகளையோ உருளையானது சுழன்றுகொண்டிருக்கின்ற பொழுது பட்டையானது நிலையாக இருக்குமாறு செம்மைப்படுத்துக. நுண்மானது கருவியின் சட்டத்தைத் தொடாதிருக்குமாறு கவனம் எடுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். விற்றராசின் குறிகாட்டி தராசின் இரு மூனைகளிலிருந்தும் நல்ல தூரத்திலிருக்குமாறும் கவனம் எடுத்துக்கொள்ளல்

வேண்டும். இவ்வாறு இவற்றைச் செம்மைப்படுத்தியபின் மோட்டரானது நிறுத்தி வைக்கப்பட்டு நீரும் ஒய்விற்கு வருமாறு செய்தல் வேண்டும். நீரின் வெப்பநிலை θ_1 என்பதையும் சுழற்சி எண்ணியின் அளவீட்டையும் குறித்துக்கொள்க.

உண்மையான பரிசோதனையைச் செய்வதற்கு மோட்டரை இயக்கி உருளையின் ஒவ்வொரு ஐம்பது சுழற்றல்களுக்கும், அல்லது நூறு சுழற்றல்களுக்கும் ஒருமுறை நீரின் வெப்பநிலையை அளவிட்டறிக. ஒவ்வொரு சோடி வெப்பநிலை அளவீடுகளுக்கும் இடையே விற்றராசின் உராய்வினை அளவிடுக. இது அக்குறித்த வெப்பநிலை உயர்வுக்கிடையில் வில்லிஞல் அளிக்கப்பட்ட சராசரி விசையை எடுப்பதற்காக. இப்பரிசோதனையைச் செய்வதற்கு எடுத்த நேரத்தையும் குறித்துக்கொள்க.

1000 சுழற்றல்கள் முடிந்தபின் (யாதாயினும் வாய்ப்புடைய எண்ணிக்கையை எடுத்துக்கொள்ளலாம்) மோட்டரை நிறுத்திவிட்டு நீரானது ஒய்வு



உரு. 190. மோட்டரால் இயங்கும் கலந்தரின் கருவி.
(கேம்பிறிட்சு விஞ்ஞானக் கருவிக் கம்பனி)

பெற்றபின் உள்ள வெப்பநிலை θ_2 இனை அளவிடுக. இப்பொழுது பரிசோதனை எடுக்க எவ்வளவு நேரம் சென்றதோ, அவ்வளவு நேரத்திற்குக் கருவி அவ்வாறு விடப்படும். இந்நேரத்தில் நிகழும் வெப்பநிலை வீழ்ச்சி எடுக்கப்படும். இது $\delta\theta$ ஆகுக.

பரிசோதனை நடக்கின்றபொழுது சூழலிலும் மிகுந்து நிற்கின்ற சராசரி வெப்பநிலையானது இறுதி மிகையின் அரைப்பங்காகும். எனவே, பரிசோதனை நடக்கின்றபொழுது வெப்ப இழப்பின் சராசரி வீதம் பரிசோதனையின் மும்மடிவிலுள்ள வீதத்தின் அரைப்பங்காகும். எனவே, பரிசோதனையின்பொழுது நடைபெற்ற கதிர் வீசல்களுக்குள்ள திருத்தமானது, கண்டறிந்த வெப்பநிலைக்கு $\delta\theta/2$ என்பதைக் கூட்டுவதால் பெறப்படும். இதனால்

$$\mathbf{H} = (w + ms)\left(\theta_2 - \theta_1 + \frac{\delta\theta}{2}\right)$$

இங்கு **H** என்பது பரிசோதனையின்பொழுது **விளைவிக்கப்பட்ட வெப்பமாகும்.** இக்கோவையில் m என்பது கிராமில், உருளையின் திணிவாகும். s என்பது உருளையின் திரவியத்தின் தன்வெப்பமாகும். (இது வழமைகத்தில் செப்பாக இருக்கும்) ; m வழக்கமாக உருளையின் மூனையில் ஆக்கியவனால் பொறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

செய்த வேலையைக் கணிப்பதற்கு உருளையின் ஆரையை அளத்தல் வேண்டும். இது **R** ச.மீ. ஆகுக. இப்பொழுது உராய்வு விசையானது நாணின் மூனைகளுக்கிடையிலுள்ள இழுவிசையின் வித்தியாசத்தால் கொடுக்கப்படும். விற்றராசின் சராசரி அளவீடு **C** கிராம் ஆகுக. அப்பொழுது பாரம் **B** இனைக் கொண்டுள்ள நாடாவின் மூனையிலுள்ள இழுவிசை $\mathbf{T_0}$ ஆனது $(\mathbf{B} - \mathbf{C})$ கிராம் பாரமாகும்.

மற்றை மூனையில் இழுவிசை **T** ஆனது **A** கிராம் பாரத்திற்குச் சமமாகும். உராய்வு விசையானது

$$\mathbf{F} = (\mathbf{T} - \mathbf{T_0}) \text{ தைன்} = \{\mathbf{A} - (\mathbf{B} - \mathbf{C})\}\, g \text{ தைன்.}$$

இவ்விசையானது உருளையின் சுற்றளவைச் சுற்றிச் செலுத்தப்படுவதாகும்; உராய்வினால் ஆகும் சுழலினை

$$\mathbf{FR} \text{ தைன்- ச.மீ.}$$

இங்கு n சுழற்றல்களில் செய்த வேலை,

$$\mathbf{W} = 2\pi n\, \mathbf{FR} \text{ எக்கு.}$$

நிகழ்ந்த சுழற்றல்களின் பொழுது விளைவிக்கப்பட்ட **H** கிராம் கலோரி வெப்பத்தையும் செய்த வேலை **W** எக்கையும் கணித்தறிந்து சமன்பாடு

$$\mathbf{W} = \mathbf{JH}$$

என்பதிலிருந்து வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலு **J** இனைக் கணித்தறிக.

J இன் பெறுமானத்தை ஒரு கிராம் கலோரிக்கு எவ்வளவு ஏர்ல் எனக் கொடுத்தல் வேண்டும்.

குறிப்பு.—கலண்டரின் கருவியைத் திறம்பட உபயோகிப்பது உருளையின் மேற்பரப்பில் நல்ல துலக்கத்தைப் பெறுவதிலேயே பெரிதும் தங்கியுள்ளது. இதற்கு மிக்க அவதானமும் போதிய நேரமும் வேண்டும். பலகாலமாகக் கருவி பயன்படுத்தப்படாதிருந்தால் இது இன்னும் இடர் தருவதாகும்.

பின் செய்த அமைப்புக்களில் கலந்தர் கருவிகளின் அமைப்பிற் சிற்சில மாற்றங்கள் செய்யப்பட்டுள்ளன. இப்பொழுது தடுப்புப்பட்டையானது பட்டிலுல் ஆக்கப்படாது வெல்வெற்றுல் ஆக்கப்பட்டுள்ளது.

பக்கங்கள் 000 இலிருந்து 000 வரை மின்னோட்டத்தின் சூடாக்கு திறனைப் பற்றிய பரிசோதனைகள் எடுத்துரைக்கப்பட்டுள்ளன.

வெப்பத்தின் பொறிமுறைச் சமவலு பற்றிய ஒரு குறிப்பு

யே. பீ. சூல் என்பார் நிறுவிய **சமவலுத்** தத்துவத்தை, வேலைக்கும் வெப்பத்திற்குமிடையில் மாற்றம் நிகழ்கின்றபொழுது இம் **மாற்ற வீதம்** நிலைத்தொன்றாகும் என எடுத்துக் கூறலாம். சூலின் **சமவலு** இம்மாறு மாற்ற வீதம் என்பது ஒரு வெப்ப அலகுக்குச் சமமான பொறி முறை வேலைக் கணியம் எனக் கூறுகின்றது. **J** இன் எண்பெறுமானம் வேலையின் அளவுக்கும் வெப்பத்தின் அளவுக்கும் எடுத்த அலகுகளில் தங்கியுள்ளது. வெப்பத்திற்கு எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட திணிவு அலகும் வேலைக்கு எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டதும் ஒன்றுயின், **J** இன் பெறுமானம் திணிவு அலகில் தங்கியிராது தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட வெப்ப அளவுத் திட்டத்தில் தங்கியிருக்கும்.

அதிகாரம் VII

ஈரப்பதனியல்

§ 1. வரைவிலக்கணங்கள்

வளியினது **ஈரப்பதனிலை,** அல்லது **சாரீரப்பதன்** என்பது **வளியின் பின்ன நிரம்பல்,** அல்லது **சதவீத நிரம்பல்** என வரையறுக்கப்படும். வளியிலே யாதுமொரு வெப்பநிலை t இல் குறித்த ஓர் உயர்நிலையளவு நீராவியிருத்தல் கூடும். இது அவ்வெப்பநிலையிலேயே நீராவியினுடைய **நிரம்பலாவியமுக்கம் F** இற்கு ஒத்ததாகும்.

உண்மையில், அவ்வாறிருக்கும் நீராவியின் கணியம் இவ்வுயர் நிலைக் கணியத்திற்கு அருமையாகத்தான் சமமானதாக இருக்கும். உண்மையாக உள்ள நீராவியானது நிரம்பலமுக்கம் f என்பதற்கு ஒத்ததாக இருக்கும். இது வழக்கமாக **F** என்பதிலும் குறைந்ததாக இருக்கும். உள்ள நீராவியினுடைய திணிவு f இற்கு விகிதசமனாக இருக்கும். எனவே, பகுதி நிரம்பலை $\frac{f}{F}$ எனவோ, அல்லது சதவீதத்தில் $\frac{f}{F} \times 100$ எனவோ எடுத்துக் கூறலாம்.

வளியிலுள்ள நீராவியானது குறித்த ஒரு வெப்பநிலை t_1 இல் **வளியினை** நிரப்பக்கூடியதாக இருக்கும். வளியினை **ஒரிடத்து** இவ்வெப்பநிலை t_1 இற்குக் குளிராக்கினால், இக்குளிர் வளிக்குத் திறந்து வைக்கப்பட்டுள்ள தட்டையான மேற்பரப்புக்களில் பனியானது உறைதல் கூடும். வெப்பநிலை t_1 என்பது **பனிபடுநிலை** எனப்படும்.

மிகவும் அண்ணிதாக இதை எடுத்துக்கொண்டால் பனிபடுநிலையிலுள்ள நிரம்பலாவியமுக்கத்தை (நி.ஆ.அ.) வளியில் உண்மையாக உள்ள நீராவியின் அமுக்கத்திற்குச் சமம் என எடுத்துக்கொள்ளலாம். இவ்வாறுக, பனிபடுநிலையை நாம் துணிந்தால் வளியின் ஈரப்பதனிலையை நாம் பெற்றுக் கொள்ளலாம். எனெனில், யாதுமொரு குறித்த வெப்பநிலைக்குரிய நீராவியின் நிரம்பலாவி அமுக்கத்தைப் பின்னிணைப்பிலுள்ள அட்டவணையிலிருந்து பெற்றுக்கொள்ளலாம்; இங்கு,

$$\text{ஈரப்பதனிலை} = \frac{f}{F} = \frac{\text{பனிபடுநிலையிலுள்ள நி.ஆ அ.}}{\text{வளியின் வெப்பநிலையிலுள்ள நி.ஆ.அ.}}$$

§ 2. பனிபடுநிலையைத் துணிதற்குரிய வழிகள்.

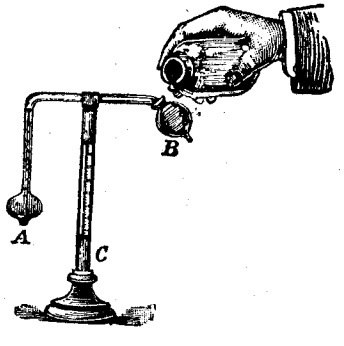
ஈரமானிகள்

ஓரிடத்திற்குரிய வளியினைக் குளிரவைக்கும் வழி துலக்கமான ஓர் உலோக மேற்பரப்பைக் குளிரவைத்தலாகும். இதன்மீது பனி உறைகின்ற பொழுது அதனுடைய துலக்கமான மேற்பரப்பு ஒரு மங்கலான தோற்றத்தைக் கொடுக்கும். அனுபவ முறையிலே பனியின் ஒருசிறு அளவையும் நாம் கண்டு கொள்ளலாம். அப்பொழுது மேற்பரப்பின் வெப்பநிலையை எடுத்தால் அவ்வெப்பநிலையே பனிபடுநிலையாகும். வாயுவின், அல்லது காற்றின் சாரீரப்பதனை அளப்பதற்கு அமைக்கப்பட்ட கருவியானது **ஈரமானி** எனப்படும். **பனிபடுநிலை ஈரமானி** என்பது இதன் ஒருவகையாகும்.

தானியலின் (Daniell's) ஈரமானி

தானியலின் (Daniell's) ஈரமானி உரு. 191 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கே உலோக மேற்பரப்பானது கீழ்க்கண்ணுடிக் குமிழ் **A** இனைச் சுற்றி அமைக்கப்பட்ட பொற்பட்டையாகும். இதனுள் ஒரு வெப்பமானியிருக்கும். இக்குமிழை நிலையின் மற்றப்பக்கத்திலுள்ள இரண்டாவது குமிழ் **B** உடன் இணைக்கும் குழல்வழி இவ்வெப்பமானியின் தண்டு செல்கின்றது. இவ்விரு குமிழ்களும் அவற்றை இணைக்கும் குழலும் ஈதரையும் ஈதர் ஆவியையுமே கொண்டிருக்கும்.

மேற்குமிழைச் சுற்றியுள்ள ஆடைக்கு மேலாக ஈதரை ஊற்றி அதை விரைவாக ஆவியாகச் செய்து இக்குமிழ் குளிராக்கப்படும். குமிழ் **B** இல் உள்ள ஈதர் ஆவியானது ஒடுக்கப்படும். அதனுடைய இடத்தை மற்றைய குமிழ் **A** இலிருந்து வருகிற ஆவி இடம் கொள்ளும். கொள்ளுகையில், மேற்குமிழில் இவ்வொடுங்குதல் தொடர்ந்து நடைபெற அவ்வாறு ஒடுங்கிய ஆவியின் இடத்தைப் பெறுவதற்கு **A** இலிருந்து **B** இற்கு ஆவி செல்லும். எனவே, மேற்குமிழானது குளிராக்கப்பட்டுக்கொண்டிருக்கையில் கீழ்க் குமிழில் தொடர்ச்சியாக ஆவியாக்கல் தொடர்ந்து நடைபெறும்.



உரு. 191. **தானியலின்** (Daniell's) ஈரமானி

கீழ்க்குமிழினுள்ளேயுள்ள ஆவியாக்கல் நிலையான ஒருவெப்ப வீழ்ச்சியை ஆக்குகின்றது. இறுதியில் இப்பொற்பட்டை பனிபடுநிலையளவிற்குக் குளிராகின்றது. பனியின் முதற்சுவடு தென்பட்டவுடன் கருவியினுள் இருக்கின்ற வெப்பமானியின் வெப்பநிலை எடுக்கப்படும். அத்துடன் அறையில் உள்ள வளியின் வெப்பநிலையும் எடுக்கப்படும். இதற்காக வழக்கத்தில் கருவியின் தாங்குநிலையிலே இரண்டாவது வெப்பமானி இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

இவ்வெப்பநிலைகளுள் முதலாவது வெப்பநிலை பனிபடுநிலையென எடுத்துக் கொள்ளப்படும். இக்கவனிப்புகளிலிருந்து ஈரப்பதநிலை கணித்தறியப்படும்.

இக்கருவியானது நல்லதொன்றன்று. கருவியினுள்ளிருக்கின்ற வெப்பமானியானது பொற்பட்டையிலிருந்து ஒரு ச.மீ. கனவளவுள்ள ஒரு திரவத் திணிவினாலும் பின்னர் ஒன்றிலிருந்து இரண்டு மில்லி மீற்றர் தடிப்புள்ள ஒரு கண்ணுடியினாலும் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. திரவமானது உண்மையில் அசையாத நிலையிலிருக்கும். இதனால் இத்திரவத்திலே மதிப்பிடத்தக்க வெப்பநிலை வேறுபாடுகளும் ஏற்படக்கூடும். கண்ணுடியானது ஓர் வெப்ப வரிதிற்கடத்தியாதலின் வெப்பமானியின் வெப்பநிலை பொற்பட்டையின் வெப்பநிலையிலிருந்து 1°C. இலிருந்து 2°C. அளவில் குறைவுள்ளதாயிருத்தல் கூடும். எனவே, பனிபடுநிலைக்கு நாம் பெற்றுக்கொண்ட பெறுமானம் அவ்வளவிற்கு வழுவுடையதாயிருக்கும்.

இன்னும் இவ்வித கருவி உத்தமமானதல்ல என்பதற்கு இன்னும் வேறு காரணங்களும் உள. அதைச் சுற்றியுள்ள வளியிலே ஈதராவி செறிந்திருக்கும். குளிராகின்ற வீதத்தையும் ஒருசீர்ப்படுத்தல் முடியாது. இது ஆடையிலுள்ள ஈதரானது ஆவியாகின்ற வீதத்தைப் பொறுத்திருப்பதாலென்க.

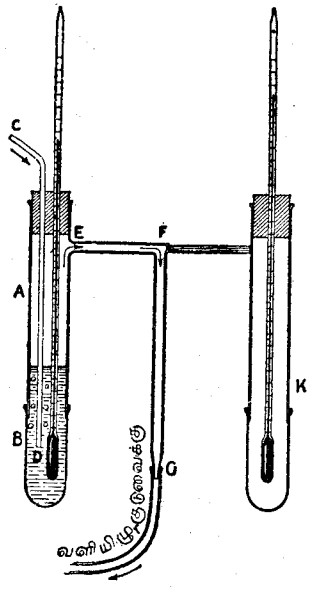
பரிசோதனை 182. தானியலின் ஈரமானியைக் கொண்டு பனிபடுநிலையைத் துணிதல்.—கருவியின் கப்பிற் பூட்டப்பட்ட வெப்பமானி காட்டுகின்ற அறையிலிருக்கும் வளியின் வெப்பநிலையைக் காண்க. மேற்குமிழைச் சுற்றியிருக்கும் "மசிலினில்" சிறிது ஈதரை ஊற்றுக. பின்னர் பொற்பட்டையிலே பனியின் முதற் சுவட்டின் தோற்றத்தை எதிர்பார்த்திருக்க. அதன் மேற்பரப்பினை நேரத்திற்கு நேரம் நீண்ட ஒரு தாளின் மூனையாலோ, இறகின் மூனையாலோ தொட்டுக்கொண்டிருந்தால் பனி உண்டா, இல்லையா என்பதை இலகுவில் அறிந்து கொள்ளலாம். பனிப்படுகையைக் கண்ணுற்றதும் கருவியினுள்ளிருக்கும் வெப்பமானியில் வெப்பநிலையை அளவிடுக.

பக்கம் 000 இல் உள்ள அட்டவணையிலிருந்து ஈர, வெப்ப நிலைகளுக்கு ஒத்த நிரம்பலாவியமுக்கத்தைக் காண்க. பின்னர் சாரீரப்பதனைக் கணித்தறிக.

இரேனோவின் (Regnault's) ஈரமானி

இரேனோவினால் அமைக்கப்பட்ட ஈரமானியானது செவ்விய முறையில் அமைக்கப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்பட்டால் **தானியலின்** ஈரமானியிலுள்ள குறைபாடுகளைத்தவிர்த்து விடும். அதனுடைய கீழ் மூனையிலே திறந்த ஒரு

கண்ணுடிக் குழாய் A பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அதற்கு வெள்ளி மூடி B ஒன்றிருக்கும் (உரு. 192). இதில் இவ்வெள்ளி மூடியை நிரப்பப் போதிய ஈதர் வைக்கப்பட்டிருக்கும். வெப்பமானியானது இவ்வீதருள் புகுந்திருக்கும். குழாய்கள் CD, EF என்பன காட்டப்பட்டவாறு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். பின்னையது பக்கக் குழாய் G என்பதனுல் ஒரு வளியிழு குடுவைக்குப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். வளியிழுகுடுவையானது தொழிற்படுகின்றபொழுது அம்புகளின் திசை வழியே வளியோட்டமொன்று செல்கின்றது. இது AB இன் கீழ்ப்பகுதியில் ஈதருக்கூடாகக் குமிழ் விடுகின்றது. இது இவ்வாறுகக் குமிழ்விடுகின்றபொழுது ஈதரின் ஆவி வளியோடு கலந்துவிடுகின்றது. இவ்விரைவான ஆவியாக்கம் திரவத்தின் வெப்ப நிலையைத் தாழ்த்திவிடுகின்றது. இது வெள்ளிமூடியோடும் வெப்பமானியோடும் மிக நெருங்கித் தொட்டபடி உள்ளது. இது குமிழி விடுகின்ற வளியினுல் நன்கு கலக்கப்படுகின்றது. ஆகவே, வெப்பமானி, திரவம், வெள்ளி மூடி ஆகியவை எல்லாம் ஒரே வெப்பநிலையிலிருக்கும்.



உரு. 192. **இரேஞுவின் ஈரமானி**

பனிபடுநிலையின் வெப்ப நிலையை அடைந்ததும் வெள்ளி மூடியில் மூடுபனி தோன்றுகின்றது. வெள்ளிமூடியில் முதன்முறையாக மூடு பனியைக்கண்டதும் வெப்பமானியின் வெப்பநிலையை அறிந்து பனிபடுநிலையைச் செவ்விதில் துணியலாம்.

பரிசோதனை 183. இரேஞுவின் ஈரமானியைக் கொண்டு பனிபடுநிலையைத் துணிதல்.—குறுகிய கண்ணுடிக் குழாயினை வளியிழு குடுவையுடன் பொருத்துக. இது ஈரமானியிலிருந்து குறைந்தது 2 மீற்றர் தொலைவில் இருத்தல் வேண்டும். மிக விரைவான வளியோட்டத்தைக் கொண்டு அண்ணளவில் பனிபடு நிலையைத் துணிந்துகொள்ளல் வேண்டும். இது விரைவாகக் குளிராகும் நிலையை ஏற்படுத்தும். உண்மையான பனிபடுநிலையினும் சிறிது குறைந்த வெப்பநிலையை அடையும் வரைக்கும் பனிப்படலத்தைக் காணமுடியாது. இப்பொழுது வளியினது ஓட்டத்தைத் தடை செய்தால் முழுக் கருவியும் **மெள்ள மெள்ளச்** சூடேறும். அப்போது பனியும் மறைந்துவிடும். எவ்வெப்பநிலையில் பனி மறைகிறதோ அதைக் குறித்துக்கொள்ளல் வேண்டும். இது முன்னர் எடுத்துள்ள பெறுமதியினும் பார்க்க உண்மையான பனிபடுநிலைக்கு மிகவும் அண்ணிதாயிருக்கும். ஆயினும், சிறிதளவு உயர்ந்ததாயிருக்கும்.

இப்பொழுது வளியிழுகுடுவை இக் கருவிக்கூடாக மந்தமான ஓர் வளியோட்டத்தை இழுக்குமாறு செயற்படுத்தப்படும். இவ்வாறு மீண்டும் வெப்ப நிலை தாழ்த்தப்படும். ஆயினும் மெள்ளமாகவே தாழ்த்தப்படும். பனிபடுநிலையை எய்தியதும் மிக்க விரைவாகப் பனியின் தோற்றத்தைக் காணலாம். இவ்வாறுக மிகவும் செம்மையாகப் பனிபடுநிலையை அறிந்து கொள்ளலாம்.

குமிழினைக் குளிரவிட்டு மீண்டும் முன்னர் கூறியவாறு சூடாகவிட்டு, தோற்றம், மறைவு ஆகியவற்றிற்குரிய வெப்பநிலைகளை அறிந்துகொள்ளலாம். இவை 0·2 இலும் மேலாக வித்தியாசப்படா. இது இவ்வாறுயின் இவற்றின் சராசரியைப் பனிபடுநிலையென எடுத்துக்கொள்ளலாம். குழாய் K இலுள்ள வெப்பமானி அறையின் வெப்பநிலையைக் கொடுக்கும்.

பக்கம் 000 இல் உள்ள அட்டவணையிலிருந்து பனிபடுநிலையை ஒத்த நிரம்பலாவியமுக்கத்தைக் காண்க; அறையின் வெப்பநிலைக்கொத்ததையும் காண்க; இவற்றிலிருந்து சாரீரப்பதனைக் கணித்தறிக.

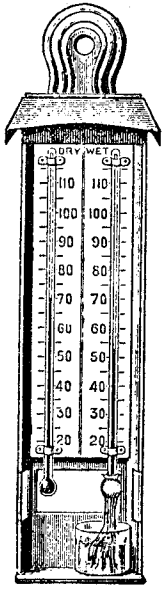
குறிப்பு.—பனியினுடைய மிக நுண்ணிய தோற்றத்தை அறிவதற்கு உலர்ந்த இறகினை, அல்லது சுருட்டிய அரைத் தாளொன்றைப் பயன்படுத்தலாம். இதை ஒரு முனையில் பிடித்துக்கொண்டு தாளினது, அல்லது இறகினது மற்றமுனையால் வெள்ளித் தொப்பியை ஒரிடத்தில் தட்டல் வேண்டும். இவ்வாறுகப் பனியின் உறைவினை நாம் அவதானிக்கலாம். எனெனில், அவ்வெள்ளியில் ஈரச் சார்புற்ற மேற்பரப்பானது தாள் பட்ட இடத்தில் மற்றைப் பாகங்களிலிருந்தும் மிகத் துலக்கமாகத் தோன்றும். வெள்ளித் தொப்பியிலிருந்து 20 ச.மீ. அளவிற்குள் கை செல்லல் ஆகாது. கருவியை ஒரு கண்ணுடித் துண்டினூடாக அவதானித்தல் வேண்டும். இப்பரிசோதனையைத் திறந்த மேற்பரப்புடைய தண்ணீருள்ள இடத்திற்கு அருகாமையில் செய்யலாகாது.

கருவி செய்வோர் சிலர், இரேஞுவின் ஈரமானியென, வெள்ளித் தொப்பியொன்று ஒரு முனையில் கவிழ்க்கப்பெற்ற ஒரு கண்ணுடி ஆய்குழல் ஒன்றை வழங்குகின்றனர். இரேஞுவின் ஈரமானி எவ்வழுவினைத் தவிர்ப்பதற்காக அமைக்கப்பட்டதோ அவ் வழுவினை இக்கருவி மீண்டும் கொண்டு வந்துவிடும். எனெனில், சில ஈரமானிகளில் வெள்ளித் தொப்பிக்கும் வெப்பமானிக்கு மிடையில் அரிதிற்கடத்தி ஊடகத்தை அமைத்து விடுவதால் என்க.

அவ்வாய்குழாயின் முனையை ஓர் அராவணத்தால் வெட்டியெறிந்து ஈதருடன் தொட்டுக்கொண்டிருக்கிற வெள்ளித்தொப்பியொன்றினுல் இக்குழாய் மூடப்படுமாறு தொப்பி குழாயுடன் ஒட்டப்படல்வேண்டும்.

ஈரக் குமிழும் உலர் குமிழும் கொண்ட ஈரமானி

இரண்டு வெப்பமானிகள் ஒரு நிலையில் ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டுள்ளன. ஒன்று வளிபடுமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. மற்றையதின் குமிழ் ஒரு சீலையாற் சுற்றப்பட்டுள்ளது. இச்சீலையின் கீழ்ப்பகுதி நீர் நிறைந்த ஒரு சிறு கலத்துள் இட்டு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் இச்சீலை ஈரமுடையதாயிருக்கும். உரு. 193 பார்க்க. வளி எவ்வளவுக்கு உலர்ந்ததாயிருக்கின்றதோ அவ்வளவு விரைவாக ஈரக் குமிழிலிருந்து ஆவியாதல் நடைபெறும். அதனால் அதனுடைய வெப்பநிலையும் மிகக் குறைவாக இருக்கும். இரண்டு வெப்பநிலைகளையும் அளவிட்டு ஈரப்பதனிலையை மதிப்பிட்டுக் கொள்ளலாம். இவ்வளவீடுகளிலிருந்து அவ்வாறு ஆக்குதலுக்குரிய அட்டவணை இரேனோவின் ஈரமானியைக்கொண்டு பல பயிற்சிகளின் பின்னர் ஒப்பிட்டுக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறான ஓர் அட்டவணை கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. அதைப்பற்றிப் பக்கம் 477 இல் விளக்கம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



உரு. 193.

ஈரக்குமிழும் உலர் குமிழும் உள்ள வெப்பமானிகள்.

ஈரக்குமிழும் உலர் குமிழும் உள்ள ஈரமானியின் அட்டவணை

முதல் நிலைக்குத்தான நிரல் உலர் குமிழுடைய வெப்பமானியின் வெப்பநிலையைக் காட்டுகின்றது. முதல் கிடைநிலை வரி இரண்டு வெப்பமானிகளுக்கும் உள்ள வித்தியாசத்தைக் காட்டுகின்றது. மற்றைய இலக்கங்கள் அவதானிக்கின்றபொழுதுள்ள உண்மையான நீராவியமுக்கத்தை மில்லி மீற்றரிற் காட்டுகின்றன. வளியானது நிரம்பியிருக்கின்ற பொழுது இரண்டு வெப்பமானிகளுக்குமிடையிலுள்ள வித்தியாசம் பூச்சியமாகும். இரண்டாவது நிலைக்குத்தான நிரல் நிரம்பலாவியமுக்கத்தைக் காட்டுகின்றது.

t°C.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	4·6	3·7	2·9	2·1	1·3						
1	4·9	4·0	3·2	2·4	1·6	0·8					
2	5·3	4·4	3·4	2·7	1·9	1·0					
3	5·7	4·7	3·7	2·8	2·2	1·3					
4	6·1	5·1	4·1	3·2	2·4	1·6	0·8				
5	6·5	5·5	4·5	3·5	2·6	1·8	1·0				
6	7·0	5·9	4·9	3·9	2·9	2·0	1·1				
7	7·5	6·4	5·3	4·3	3·3	2·3	1·4	0·4			
8	8·0	6·9	5·8	4·7	3·7	2·7	1·7	0·8			
9	8·6	7·4	6·3	5·2	4·1	3·1	2·1	1·1	0·2		
10	9·2	8·0	6·8	5·7	4·6	3·5	2·5	1·5	0·5		
11	9·8	8·6	7·4	6·2	5·1	4·0	2·9	1·9	0·9		
12	10·5	9·2	8·0	6·8	5·6	4·5	3·4	2·3	1·3		
13	11·2	9·8	8·6	7·3	6·2	5·0	3·9	2·8	1·7		
14	12·0	10·6	9·2	8·0	6·7	5·6	4·4	3·3	2·2	1·1	
15	12·8	11·3	9·9	8·6	7·4	6·1	5·0	3·8	2·7	1·6	0·5
16	13·6	12·1	10·7	9·3	8·0	6·8	5·5	4·3	3·2	2·1	1·0
17	14·5	13·0	11·5	10·1	8·7	7·4	6·2	4·9	3·7	2·6	1·5
18	15·5	13·8	12·3	10·9	9·5	8·1	6·8	5·5	4·3	3·1	2·0
19	16·5	14·7	13·2	11·7	10·3	8·9	7·5	6·2	4·9	3·7	2·5
20	17·5	15·7	14·1	12·6	11·1	9·7	8·3	6·9	5·6	4·3	3·1

இக்கருவியானது பெரும்பாலும் வளிமண்டலவியலாராலும் கைத்தொற்பகுதியாராலும் பயன்படுத்தப்படினும் செம்மையானதன்று. நேரான ஒரு மதிப்பினை இது கொடுப்பதில்லை.

வேறு ஒரு முறையிலே வெப்பமானிகள் ஒரு கோலுடன் பொருத்தி நிலையாக்கப்பட்டு சுழற்றப்படுகின்றன; அல்லது அவைமீது ஒரு மின் மோட்டரைக்கொண்டு வளி அடித்துக்கொண்டு செல்லச்செய்யப்படுகின்றது. இக்கருவிகள் (சைக்ரோமீற்றர்கள்) நிலையான வடிவில் அமைந்த கருவிகளிலும் நம்பக்கூடிய விளைவுகளைத் தருகின்றன.

ஓர் ஆய்வினை நடத்துகின்றபொழுது அரைநிமிட நேரத்திற்குச் சுழல் சைக்ரோமீற்றரை வளியில் விரைவாகச் சுழற்றல் வேண்டும். உடனே அதை நிறுத்தி முதன்முதலாக ஈரக் குமிழ் வெப்பமானியின் நிலையை அறிதல் வேண்டும். சாதாரணமான அளவிலமைந்த ஒரு கருவியுடன் செய்கின்றபொழுது, ஈரமூள்ள குமிழைத் தாண்டி ஒரு செக்கனுக்கு 15 அடி செல்கின்ற வளியின் வேகத்திற்கு ஒத்து சுழற்றல்கள் ஒரு நிமிடத்திற்கு 120 இற்கு குறையாமல் இருத்தல் வேண்டும்.

வளிமண்டல ஆய்வோர் கைநூலை நோக்குக.

ஓர் இலீற்றிர் வளிமண்டலத்திலிருக்கும் நீராவியின் திணிவினைக் கணித்தல்

பக்கம் 420 இல் ஒட்சிசன், ஐதரசன் போன்ற வாயுக்களின் அமுக்கம், கனவளவு, வெப்பநிலை ஆகியவற்றைத் தொடர்புபடுத்தும் வாயுவிதிகளைப் பற்றி எடுத்துக்கூறியுள்ளோம். இரேஞ்ஞோவின் பரிசோதனைகள், நிரம்பலில்லாத நீராவிக்கும் மிக விரிந்த அளவில் இவ்விதிகள் பயன்படுத்தப்படலாம் எனக் காட்டின. பொ.வெ.அ. இல் உள்ள **உலர்**வளியுடன் ஒப்பிடுகின்றபொழுது நீராவியின் அடர்த்தி அண்ணளவில் 0·62 அல்லது $\frac{5}{8}$ என அவர் கண்டார். யாதுமொரு கனவளவுள்ள நீராவியின் திணிவு எறக்குறைய அதே அமுக்கம், அதே வெப்பநிலையிலுள்ள அதே கனவளவு கொண்ட உலர் வளியின் திணிவில் $\frac{5}{8}$ ஆக இருக்கும் என்பதை நாம் இங்கு குறித்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

நீராவியையும் சுத்த ஐதரசனையும் ஒப்பிடுதல் சில வேளைகளில் மிகவும் வாய்ப்புடையதாக இருக்கும்.

0° C. இலும் 760 மி.மீ. இரசத்திலும் உள்ள ஓர் இலீற்றர் ஐதரசன் 0·09 கிராம் நிறையுள்ளது. f மி.மீ. இரசத்திலும் $t°_1$ C. இலும் அதனுடைய திணிவு,

$$0{\cdot}09 \times \frac{f}{760} \times \frac{273}{273 + t_1} \text{ கிராம்.}$$

இப்பொழுது t_1°C, இல் (பனிபடுநிலையில்) அளக்கின்றபொழுது நீராவி f மி.மீ. இரச அமுக்கத்திலுள்ளது. இவ்வாறான நிலைகளில் நீராவி (H_2O) ஐதரசன் (H_2) இலும் 9 மடங்கு அடர்த்தியானது. எனவே ஓர் இலீற்றரில் உள்ள நீராவியின் திணிவு,

$$0{\cdot}81 \times \frac{f}{760} \times \frac{273}{273 + t_1} \text{ கிராம்.}$$

சில வேளைகளில் வளிமண்டல வெப்பநிலையிலே அமுக்கம் f மி.மீ. இல் நீராவியுள்ளது எனக் கூறப்படுகின்றது. அவ்வாறெனின் மேற்கூறிய கோவையில் உள்ள t_1 என்பதின் இடத்திற்கு வளிமண்டல வெப்பநிலை t இனைப் பிரதியிடல்வேண்டும். கணித்தறிதலுக்கு ஏதாவது ஒரு வழியினைக் கடைப்பிடிக்கலாம். அவ்வாறு செய்வதால் ஏதாவது சதவீத வழு உண்டாயின், f இனைத் துணிதற்குள்ள பரிசோதனையிலுள்ள சதவீத வழுவிலும் அது இங்கு மிகக்குறைவாக இருக்கும் என்க.

இரசாயன வழி முறையிலும் ஓர் இலீற்றருக்கு உள்ள நீராவியின் திணிவினை அறியலாம். நிறை அறியப்பட்ட உலர்த்தும் குழாய்களுக்கூடாக அறியப்பட்ட கனவளவு வளியினை இழுத்து இவை உறிஞ்சிய நீராவியின் திணிவை அறிவதால் இதைச் செய்யலாம்.

பகுதி IV

வெப்பத்தைப்பற்றிய மேலதிகமான பயிற்சிகள்

1. கொடுக்கப்பட்ட வெப்பமானியின் நிலைப் புள்ளிகளைத் துணிந்தபின் அதனைக்கொண்டு கொடுக்கப்பட்ட திண்மத்தின் உருகுநிலையைக் காண்க.

2. அளவுகோடிடப்படாத வெப்பமானி, பனிக்கட்டி, நீராவி ஆகியவற்றினைக் கொண்டு அறையின் வெப்பநிலையைக் காண்க.

3. கொடுக்கப்பட்ட வெப்பமானியை நியமப்படுத்தி அதனைக்கொண்டு கொடுக்கப்பட்ட பதார்த்தம் சூடாக்கப்படும் பொழுது எவ்வெப்பநிலையில் அது திரள்கிறது என்பதைக் காண்க.

4. 20° C. இற்கும் 30° C. இற்கும் இடையில், கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தினது சராசரி விரிவுக் குணகத்தைக் காண்க. அத்துடன் 30° C. இற்கும் 40° C. இற்கும் இடையிலுள்ள அதன் விரிவுக்குணகத்தையும் காண்க.

5. ஒரு திரவத்தின் கொதிநிலையைக் காண்க. நிறையளவில் 10 சத வீதமுள்ள ஒரு திண்மப் பொருளைக் கூட்டியபின் கொதிநிலையில் ஏற்படும் மாற்றத்தையும் துணிக.

6. கண்ணாடியின் கனவளவு விரிவுக் குணகம் தரப்பட்டபோது 20° C., 40° C., 60° C. ஆகிய வெப்ப நிலைகளில் நீரின் அடர்த்தியைக் காண்க.

7. கொடுக்கப்பட்ட ஒரு திரவத்தினுடைய அடர்த்தியை நீர்நிலையியற்றராசின் துணைகொண்டு 20°C., 40°C., 60°C. ஆகியவற்றிற் காண்க. அத்துடன் 20° C., 40° C. ஆகியவற்றிற்கிடையிலுள்ள அதன் விரிவுக் குணகம், 40° C., 60° C. என்பவற்றிற்கிடையிலுள்ளது போன்றதா என ஆராய்க.

8. தெரிந்த விட்டமுடைய குழாயொன்று பொருத்தப்பட்டதும் அறிந்த கனவளவுடையதுமான ஒரு குமிழின் துணைகொண்டு கொடுக்கப்பட்ட ஒரு திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் குணகத்தைக் காண்க.

9. நீரின் உருகுநிலைக்கும் கொதிநிலைக்குமிடையில் மாறுக் கனவளவில் வளியின் அமுக்க உயர்ச்சி வெப்பநிலைக் குணகத்தைக் காண்க.

10. கொடுக்கப்பட்ட ஓர் கனவளவுடைய வளியின் அமுக்கமானது இரச வெப்பமானி சுட்டும் வெப்பநிலையோடு எவ்வாறு மாறுபடுகின்றது என்பதைக் காட்டும் ஒரு வரைப்படம் வரைக.

11. கொடுக்கப்பட்ட ஒரு கலோரிமானியின் நீர்ச்சமவலுவைக் காண்க.

12. கொடுக்கப்பட்ட உலோகத் திணிவினுடைய வெப்பக்கொள்ளளவைக் காண்க.

13. கொடுக்கப்பட்ட ஓர் உலோகத்தாலானதும் 150 கிராம் நிறையுடையதுமான ஒரு கலோரிமானியின் நீர்ச்சமவலுவைக் காண்க.

14. ஒரு திரவத்தில் இரசாயனத் தாக்கமில்லாத ஒரு திண்மத்தின் தன் வெப்பம் கொடுக்கப்பட்டால் அத்திரவத்தினுடையதைக் காண்க.

15. பனிக்கட்டியைச் சேர்ப்பதினால் பரபின் எண்ணெயின் தன்வெப்பத்தைக் காண்க.

16. கொடுக்கப்பட்ட ஒரு திரவத்தின் தன்வெப்பத்தை அதனுள் நீராவியை ஒடுக்குவதனாற் காண்க. நீராவியின் மறைவெப்பம்= ஒரு கிராமுக்கு 540 கலோரி. ஐதாக்கல் வெப்பத்தைப் புறக்கணிக்க.

17. தெரிந்த நிறையுள்ள ஒரு கலோரிமானியிலே தெரிந்த ஓர் நிறையுள்ள நீர் கொடுக்கப்படும்போது, நீராவியை அதனுள் ஒடுக்கி அவ்வாறு ஒடுக்கப்பட்ட நீராவியின் நிறையை வெப்பமானி அளவீடுகளின் துணை கொண்டு காண்க. இங்கு நீராவியின் மறைவெப்பம் ஒரு கிராமுக்கு 539 கலோரி எனக் கொள்க.

18. ஒரு பன்சன் சுடர் அடுப்புமேலே விட்டு கொடுக்கப்பட்ட நீர் கொள்கலனைச் சூடாக்கும்போது, அதன் வெப்பநிலை 40° C. இலிருந்து 80° C. வரை உயர்வதற்கு எடுத்த நேரத்தைக் காண்க. இப்பொழுது குறிக்கப்பட்ட ஒரு நேரத்திற்கு அந்த நீரைக் கொதிக்க. இதனின்று நீராவியினது மறை வெப்பத்தின் ஓர் அண்ணளவான பெறுமானத்தை உய்த்தறிக.

19. கொடுக்கப்பட்ட ஒரு வெப்பநிலையிலே, சூடான நீரினால் நிரம்பப் பெற்ற, கறுப்புப் பூசப்பட்டதும் வெள்ளி பூசப்பட்டதுமான இரு ஆய் குழல்களின் குளிராகு வீதத்தை ஒப்பிடுக.

20. அறிந்த ஓரளவு நீர்கொண்டுள்ள கலோரிமானியின் குளிரல் வளை கோடு ஒன்றை வரைக. சூழலில் இருந்து கலோரிமானியினது வெப்ப நிலை 20° C. கூடியதாயிருக்கின்ற பொழுது ஒரு செக்கனுக்கு எவ்வளவு கலோரிகள் இழக்கப்பட்டனவென்பதைக் கணித்தறிக.

21. அறையில் உள்ள ஓர் இலீற்றர் வளியில் இருக்கின்ற நீராவியினது திணிவைக் காண்க.

22. பனிபடுநிலையை இருவேறு முறைகளிலே துணிக.

23. உலோகச் சட்டம் ஒன்றின் வெப்பங்கடத்துதிறனின் குணகம் கொடுக்கப்பட்டபொழுது அதிலே குறித்த ஒரு புள்ளியிலுள்ள வெப்பநிலையை அப்புள்ளியில் ஒரு வெப்பமானியைப் பயன்படுத்தாது காண்க.

24. எபனேற்றுத்தகடு ஒன்றின் வெப்பங்கடத்துதிறன் குணகத்தைக் காண்க.

25. எபனேற்று, தாட்பலகை ஆகியவற்றினுடைய வெப்பங் கடத்துதிறன் குணகங்களை ஒப்பிடுக.

26. குழாய் வடிவிலமைந்த ஒரு போசுலெயினது வெப்பம் கடத்துதிறனின் குணகத்தைக் காண்க.

பகுதி V

காந்தவியல்

காந்தவியல் பற்றிய குறிப்புகள்

ஓர் இலட்சிய அல்லது தனிக் காந்தம், கணிதப் புள்ளிகளில் நிலைகொண்டிருக்கும் எதிர்மூனைத் தன்மையுடைய இரண்டு மூனைகளை (N உம் S உம்) மட்டுமே கொண்டதாக இருக்கும். ஒரு சாதாரணச் சட்டக் காந்தம் இந்நிபந்தனையைப் பூர்த்தி செய்யாத சில **மூனைப்பகுதிகளைக்** கொண்டுள்ளது. ஆனால் இத்தகைய இலட்சியத்தை, கவனமாக அமைக்கப் பெற்றதும் சரியாய்க் காந்தவாக்கம் பெற்றதுமான **உரவிசன்** (Robison) குண்டு மூனைக் காந்தங்களைக் கொண்டு எய்தலாம்.

மகினத்தைற்று அல்லது காந்தக்கல் ஓர் இரும்பு ஒட்சைட்டாகும் (Fe_3O_4 இது மிகவும் காந்தச்சக்திவாய்ந்தது. ஆனால் மற்றைய இரும்பு ஒட்சைட்டுக்கள் காந்தச்சக்தி குன்றியவையாகும். ஒரு காந்தமண்டலத்தில் மெல்லிய விரும்பை வைத்து அதைத் தற்காலிகமாகக் காந்தமாக்கலாம். ஆனால் வல்லிரும்பும் உருக்கும் இம்மண்டலத்தினால் நிலையான காந்தமாக்கப்படுகின்றன. நிக்கல், கோபாற்று, (செம்பு, அலுமினியம், மங்கனீசு ஆகிய வற்றினால் அமைந்த) **ஓசிலரின்** (Heusler) கலப்புலோகம் முதலியன, இரும்பைப் போல அயக்காந்தங்களாம். அதிர்வு அல்லது அதிர்ச்சி வல்லிரும்பினைக் காந்தமழிக்கலாம். ஆனால் அவை மெல்லிரும்பை மிக எளிதாகக் காந்தமாக்குகின்றன. காந்தமொன்று ஒரு குறித்த மாறு நிலைவெப்ப நிலைக்குச் சூடாக்கப்படுமிடத்து, அதன் காந்தவியல்புகளிற்சேத மேற்படுகின்றது. உருக்கினைக் கோபாற்று, குரோமியம் போன்ற வேறு மூலகங்களுடன் ஒன்று சேர்ப்பதனால் வலிமையான காந்த அமைப்புக்களில் பல திருத்தங்கள் ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இவை, பல காந்தப் பரிசோதனைகளுக்கு மிகவும் வாய்ப்புள்ளனவாக இருக்கின்றன.

பக்கம் 500 இலுள்ள காந்த அவதானம் பற்றிய குறிப்புகள்

ஈண்டு நோக்கத்தக்கவை.

ஒரு சட்டக் காந்தத்தினை, தடிப்பான காப்பிட்ட கம்பியினாலான ஒரு வரிச்சுருளின் (ப. 556) அச்சுவழியே வைத்து, இக் கம்பியினூடாக, சில செக்கனுக்கு, (பல அம்பியர்) சக்திவாய்ந்த ஒரு மின்னோட்டத்தினைச் செலுத்தி, அதைத் திரும்பக்காந்தமாக்கலே சிறந்த வழியாகும். இவ் வரிச்சுருளின் நீளம் காந்தத்தின் நீளத்திலும் அதிகமாகவிருத்தல் இன்றியமையாததாகும். இது, குண்டுமூனைக் காந்தங்களைத் திரும்பக் காந்தமாக்குமிடத்துத் தனி முக்கியம் வாய்ந்தது.

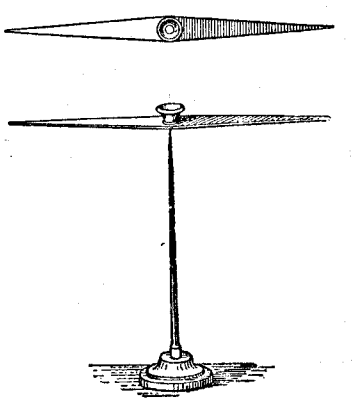
தொடர்பேதுமின்றியிருக்குமாறு காந்த முனைகளை ஒவ்வொன்றிலிருந்தும் பிரிக்கமுடிவதில்லையென்பது இன்று பொதுவாக ஏற்றுக்கொள்ளப் படுகின்றது. அத்துடன், ஒரு சட்டக் காந்தம் எண்ணற்ற பல சிறு காந்தங்களின் சேர்க்கையாக எண்ணப்படலாம். இக் கொள்கையை ஆதரித்து **ஈவிங்** (Ewing) என்பவர் மாதிரிகளை அமைத்தார். இவை, தற்போதும், சடப்பொருளின் அமைக்கும் சில மூலகத் துணிக்கைகள் குறிப்பாக இலத்திரன்களின் கறங்கு அல்லது ஒழுக்கியக்கத்திற்கு, காந்தத்தினைத் தொடர்புபடுத்தும் தற்காலக் கொள்கைகளை விளக்கப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

அதிகாரம் I

அடிப்படையான இயல்புகளும் விதிகளும்

§1. அடிப்படையான இயல்புகளும் வரைவிலக்கணங்களும்

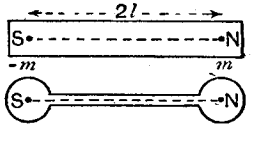
இரும்பின் சிறிய துணிக்கைகளைக் கவரும் வலுவினையும், கட்டற்றுச் சுற்றுமாறு தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும்போது வரையறையான திசையொன்றில் நிற்கின்ற இயல்பினையும் காந்தங்கள் சிறப்பாகக் குறிக்கப் படும். நிலைக்குத்தச்சொன்றைப்பற்றித் திண்மக் காந்தமொன்று சுற்றும் போது, அதன் சார்பாகவுள்ள நிலையான திசையொன்று புவியின் சார்பாகவுள்ள நிலையான திசையொன்றிற்கு சமாந்தரமாயிருக்கின்றது. முந்திய திசை காந்தத்தின் **காந்தவச்சு** என்றும் பிந்தியது **காந்தவுச்ச நெடுங்கோடு** என்றுஞ் சொல்லப்படும். எந்த உருவத்தையுடைய காந்தமும் அதன் பதார்த்தத்தில் இரண்டு புள்ளிகள் அல்லது பாகங்களிலிருந்து கவர்ச்சி விசைகளுந் தள்ளும் விசைகளும் உற்பத்தியாவன போன்று தொழிற்படுகின்றது. இப்புள்ளிகள் **முனைகள்** எனப்படலாம். வடக்கு நோக்கிய



உரு. 194. காந்த ஊசி.

முனையானது காந்தத்தின் **வட** (அல்லது வடக்கு நோக்கிய) **முனை** எனவும், மற்றது **தென்** (அல்லது தெற்கு நோக்கிய) **முனை** எனவும் பெயர்பெறும். **வட** முனைத்தன்மை **நேர்** ஆகவும் தென் முனைத் தன்மை **எதிர்** ஆகவும் எடுக்கப்படுவது வழக்கம். எதிர்க்குறிமுனைகளாகிய ஒவ்வா முனைகள் ஒன்றை யொன்று கவரும். ஒரே குறிமுனைகளாகிய ஒத்த முனைகள்ஒன்றை யொன்று தள்ளும்.

முனையலகின் வரைவிலக்கணம்—வளியிலே காந்த முனையொன்று 1 ச.மீ. தூரத்திலிருக்கும் அதற்குச் சமமானதும் ஒத்ததுமான முனை யொன்றை 1 தைன் விசையுடன் தள்ளுமெனின் அம்முனையே காந்தமுனையலகாகும்.



உரு. 195. சட்டக்காந்தமும் குண்டு முனைக்காந்தமும்.

எந்தவொரு புள்ளியிலுமுள்ள **காந்தமண்டலத்தின் வலிமை** அல்லது **மண்டலவலிமை** ஆனது அப்புள்ளியில் வைக்கப்படும் வடமுனையலகொன்றிற்குக்கும் விசையினால் தைனில்

அளக்கப்படும். சில சமயங்களில் இது அப்புள்ளியிலுள்ள **காந்தவிசை**[1] அல்லது **காந்தச் செறிவு** எனப்படும். பின்னைய சொற்றொடரைக் "காந்த வாக்கச் செறிவினோடு" தவறுதற் கருதிவிடல் கூடாது. காந்தவிசையானது ஒரு காவிக்கணியமாகும் (பக்கம் 70).

காந்தவிசை என்பது பொறிமுறைவிசையைவிட வேறான கணியமாகும். இது தனில் அளக்கப்படுவதில்லை. **மூனையலகொன்றிற்கு**[2] இவ்வளவு **தான்** என அளக்கப்படும்.

ஒரு காந்தத்தை, செறிவலகொன்றையுடைய காந்தமண்டலத்துக்கு அதன் அச்சுச்செங்குத்தாகக் கிடக்குமாறு வைத்திருக்க வேண்டப்படும் விசைச் சுழலினையானது அக்காந்தத்தின் **காந்தத்திருப்பு திறன்** M ஆகும். சாதாரண காந்தமொன்றின் காந்தத்திருப்புதிறனானது முனைத்திறன் m இனதும் முனைகளின் இடைத்தூரத்தினதும் பெருக்கத்திற்குச் சமமாகும்.

N இலும் S இலும் இலட்சியப் புள்ளிமுனைகளுள்ளனவெனக் கொண்டால் $M = m \times NS$ எனக் காண்கின்றோம்.

§ 2. காந்தமண்டலங்களை வரைதல்

ஒரு காந்த மண்டலத்திலிருக்கின்ற கோட்டின் நீளப்பாட்டிலுள்ள எந்தப் புள்ளியிலும் அதன் திசையானது அப்புள்ளியிலே தொகுவினைவான காந்தவிசையின் திசையாயிருக்குமாறேனும், வளைகோட்டின் தொடுகோடானது அப்புள்ளியில் வைக்கப்பட்ட **சிறிய** காந்தத்தின் திசையை நோக்கியிருக்குமாறேனும் வரையப்பட்ட கோடே **காந்தவிசைக் கோடு** ஆகும். **வட** முனையொன்று உந்தப்படுந்திசையே விசைக்கோடொன்றின் **நேர்த்திசை** யாகும். காந்தவிசைக்கோடுகள் காந்தவடமுனைகளிலிருந்து தொடங்கிக் காந்தத் தென்முனைகளில் முடிவனவாகக் கருதப்படலாம். மூடிய வளைகோடுகளாகக் காந்தப் பதார்த்தத்தினூடு முற்றுகச் செல்லுங் கோடுகள் **காந்தத்தூண்டற்கோடுகள்** எனப்படும். இரும்புத் தூள்களைக் கொண்டேனும் திசைகாட்டு மூசியைக் கொண்டேனும் வளியிலே காந்த விசைக்கோடுகளின் சுவட்டைப் பரிசோதனை மூலங் காணலாம்.

[1]சாதாரணப் பொறிமுறை விசையினோடு தடுமாறுதற்கிடமுண்டாதலின் சில வெழுத்தாளர் 'காந்தவிசை' என்ற சொல்லை எதிர்க்கின்றனர். ஆயினும், இதற்கு **மாட்சுவெல்லின்** (Maxwell) கலைநூலின் ஆதரவு இருப்பதுடன் காந்த மண்டலத்திறன் என்பதிலும் இது எளிதாகும். சொற்றொகுதியாகக் கருதப்படும்போது பொறிமுறை விசையிலிருந்து இதனை இலகுவில் வேறுபடுத்தலாம்.

[2]மண்டலத்திறனின் இவ்வலகு முன்னர் **கோசு** எனப்பட்டது. ஆனாற் பிற்காலத்தில் **எசட்டு** என்ற பெயர் அங்கீகரிக்கப்பட்டுள்ளது.

பரிசோதனை 184. இரும்புத்தூள்களைக் கொண்டு காந்தமண்டலங்களை வரைதல்.—மேசையின் மேல் வைக்கப்பட்ட மரக்கீலங்களிரண்டின் மேற்பிடை நிலையாகக் கண்ணாடித்தட்டொன்று தாங்கப்பட்டு அதன் மீது ஒன்று அல்லது கூடுதலான காந்தங்கள் ஒழுங்கு செய்யப்படும். இதன் பின் கண்ணாடியின் மேலே காகிதத் தாளொன்று வைக்கப்பட்டு மசிலின் துணியொன்றினூடு மெல்லிய இரும்புத் தூள்கள் அரிக்கப்பட்டுக் காகிதத்தின்மேற் பரவப்படும். கண்ணாடியை மெதுவாகத் தட்ட விசைக்கோடுகளின் திசையிலே தூள்கள் ஒழுங்குபடுகின்றன. (அ) நீண்ட குண்டுமுனைக் காந்தமொன்றின் ஒரு முனையினதும், (ஆ) வலுவுள்ள சட்டக் காந்தமொன்றினதும், (இ) வெவ்வேறு நிலைகளில் வைக்கப்பட்டுள்ள சட்டக்காந்தங்களிரண்டினதும் மண்டலத்தை இம்முறையாக ஆராய்க.

கோடுகளின் நிலையான பதிவு விரும்பப்படின் பரபின் மெழுகிற் றேய்க்கப்பட்ட காகிதத்துணியொன்றை உபயோகித்து அதனைப் பெறலாம். கண்ணாடித் தட்டை இலேசாகச் சூடாக்க தூள்கள், பரபினில் ஒட்டிக்கொள்ளும். நிலைக் குத்தாகக் கீழே நோக்கிய படப்பெட்டியொன்றை உபயோகித்து தூள்களின் ஒளிப்படமொன்றைப்பெறுவது இன்னொரு முறையாகும். அன்றேல், தூள்களை உணர்தாளொன்றில் எற்றுப் பின் திறந்துவைத்து வழக்கம் போல உருவாக்கி "நீலத்" தாளச்சொன்றை இலகுவாய்ப் பெறலாம்.

திசைகாட்டுமூசியொன்றைக்கொண்டு காந்தவிசைக்கோடுகளை வரைதல்

சிறிய திசைகாட்டுமூசியை உபயோகித்துப் பல்வேறு சந்தர்ப்பங்களில் காந்த விசைக்கோடுகளை வரைதல் அறிவுறுத்தற்குரியதாகும். மேன்முகமுங் கீழ்முகமுங் கண்ணாடியினூற் செய்யப்பட்ட "காம்புத்" திசைகாட்டிகள் இத் தேவைக்கு மிக்க வசதியாயிருக்கும். இவ்வகையான திசைகாட்டிகளைக் கண்ணாடிமுகங்களிற் றொடாது விளிம்பிற் பிடித்துக் கையாளுதல் வேண்டும்.

வரைதற் பலகையொன்றிற் பெரிய வரைதற் காகிதத்தாளொன்றைப் பொருத்தி அதனைரு விளிம்பு மேசையின் விளிம்பினோடு பொருந்துமாறு வைக்க. பரிசோதனையின்போது தற்செயலாகப் பலகை இயங்குமாயினும் அதே நிலையிற்றிரும்பவும் வைத்துக்கொள்ளலாம்.

திசைகாட்டியைக் காகிதத்தில் வைத்து ஒய்வு நிலையடைந்தபின் ஊசியின் ஒவ்வொரு முனைக்கு முன்னாகவும் பென்சிலினூற் குற்றிடுக. வடமுனையினண்மையிலுள்ள குற்றின் மேலே தென்முனை வருமாறு திசைகாட்டியைப் பெயர்த்து வைக்க. இப்போது வடமுனையின் புதிய நிலையினண்மையிற் குற்றிடுக. காகிதத்தில் நிரையாகக் குற்றுக்களிருக்குமாறு இம்முறையைத் திருப்பித் திருப்பிச் செய்க. குற்றுக்களின் நிரையினூடு செல்லுமாறு கோடொன்று வரைக. இது, காந்தவிசைக் கோடொன்றைக் குறிக்கும். இக்கோட்டிலிருந்து ஏறத்தாழ 2 ச.மீ. தூரத்தில் இம்முறையைத் திரும்பவும் செய்து இரண்டாவது கோடொன்றைப் பெறுக. இவ்வகை

யாகவே இரண்டாவது கோட்டிலிருந்து 2 ச.மீ. தூரத்தில் மூன்றுவது காந்தவிசைக் கோடொன்றைப் பெறுக. காந்த மண்டலமானது புவியினால் மட்டு முண்டானதெனின், வரைதற் பலகையினால் எடுக்கப்படும் ஒத்த சிறிய விடத்திலே புவி மண்டலம் ஒருசீரானதெனக் கருதப்படலாமாதலின் இவ்வாறு பெறப்பட்ட மூன்று கோடுகளும் ஏறத்தாழ நேராகவும் ஒன்றுக் கொன்று சமாந்தரமாகவுமிருத்தல் வேண்டும்.

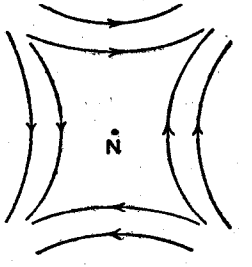
எந்தக் காந்தத்திரவியத்தின் அயலிலேனும் மின்னோட்டத்தைக் காவுகின்ற கடத்தியொன்றின் அண்மையிலேனும் மண்டலம் வரையப்பட்டால் இப்போது விவரிக்கப்பட்டதிலும் பார்க்கப் பெறப்பட்ட மண்டலஞ் சிக்கல் கூடிய இயல்பினதாயிருக்கும். பெறப்பட்ட விசைக்கோடுகள் புவிமண்டலத்தினோடு காந்தத்திரவியத்தின் மண்டலமேனும் மின்னோட்டத்தின் மண்டல மேனுஞ் சேர்ந்து மேற்பொருத்துகையினாலுண்டான **விளைவுமண்டலத்தைக்** குறிக்கும். மண்டலங்களின் இயல்பிலும் அவை மேற்பொருத்தப்பட்ட வகையினுந் தங்கியுள்ள பல்வேறு வகையாக விசைக்கோடுகள் வளைந்திருக்கும்.

அண்டித்தொடங்கும் விசைக்கோடுகள் அவற்றின் நீளப்பாட்டினுள்ள புள்ளிகளிலும் மிகவும் விரியும். இவை காந்தத்திரவியத்தை அடையுமிடத்திலே திரும்பவும் ஒருங்கும். கோடுகள் விரிய விரிய மண்டலம் வலுக் குறைந்து குறைந்து போகும். தொடக்கத்தில் அண்மையிலுள்ள கோடுகள் குறித்த புள்ளிகளை அடையும்போது விரிந்த அளவைக்குறித்து மண்டலத்தின் சார்பான செறிவை ஓரளவுக்கு மதிப்பிடலாம்.

காந்தவிசைக்கோடுகள் ஒன்றையொன்று வெட்டமுடியாது என்பதை நினைவில் வைத்திருப்பது அவசியமாகும். எனெனில், அவ்வாறு வெட்டுமெனின் வெட்டும் புள்ளியிலுள்ள காந்தவிசையானது ஒரேநேரத்தில் வெவ்வேறான இருதிசைகளிலிருத்தல் வேண்டும். பொதுவாக, எடுக்கப்பட்ட எந்தப் புள்ளியினூடும் விசைக்கோடொன்று செல்லும். ஆயினும், விசைக்கோடுகள் சில புள்ளிகளைத் தவிர்ப்பனவாகத் தோன்றும் புறநடைகளுமுள. இப்புள்ளிகளினூடு எந்தக் கோடுஞ் செல்லக் காணப்படா. ஒரு புள்ளியினூடு எந்த விசைக்கோடுஞ் செல்லாது விட்டால் அப்புள்ளியிலுள்ள காந்தவிசை பூச்சியமாகும். காந்த மண்டலமொன்றிலுள்ள இவ்வகையான புள்ளி **நடுநிலைப்புள்ளி** அல்லது **பூச்சியப்புள்ளி** எனப்படும்.

இவ்வகையான புள்ளியொன்றினண்மையிற் காந்த மண்டலமானது மிக்க வலுக்குறைந்திருப்பதனால், திசைகாட்டுமூசி நிற்கமுயலுந் திசையைத் தீர்மானிப்பது கடினமாகும். எனவே, நடுநிலைப்புள்ளியொன்றிருப்பதான சந்தேக முண்டாகும்போது, மண்டலந் திறன்கூடியுள்ள அப்புள்ளியிலிருந்து சிறிது தூரத்திலே விசைக்கோடுகள் முதலில் வரையப்படுதல் வேண்டும். இதன் பின்பு வரையப்படுங் கோடுகள் நடுநிலைப்புள்ளியை நோக்கிப் படிப்படியாயடைதல் வேண்டும். **எந்தத்திசையையும் ஊசியானது நோக்கி நிற்கும் இடத்தை அறிவதனால், நடு நிலைப்புள்ளியை அறிய முடியாது.**

வளைகோட்டு நாற்கோணமொன்றை ஆக்கும் நான்கு விசைக்கோடுகளின் கூட்டத்தினூற்பொதுவாக **நடுநிலைப்புள்ளி** அடைக்கப்படும். நாற்கோணத்தின் பருமனைக் குறைத்துக்கொண்டே போக மிகுந்த திருத்தத்துடன் நடுநிலைப்புள்ளி N இன் நிலை கண்டுபிடிக்கப்படலாம். சிறப்பான சில சந்தர்ப்பங்களில் இவ்வகையான புள்ளியொன்றின் நிலையைக் கண்டு முக்கியமான அறிவை எவ்வாறு பெறலாமெனப் பின்னர் காட்டப்படும்.



உரு. 196. நடுநிலைப்புள்ளி

பரிசோதனை 185.—புவிமண்டலத்திற்குரிய காந்த விசைக்கோடுகளை வரைதல். புவிமண்டலத்தின் பயனை காந்தவிசைக்கோடுகளின் இயல்பைக் காண வேண்டுமாயின் இரும்புத்தீராந்திகள், குழாய்கள், அடுப்புகள் முதலிய வற்றிலிருந்து தூரத்திலுள்ள இடமொன்றைத் தெரிந்துகொண்டு அண்மையிலுள்ள காந்தங்களையும் இரும்புத்தினிவுகளையும் அகற்றிவிடுக. காகிதத்தின் ஓரமொன்றிலிருந்து தொடங்கி மேலே விவரிக்கப்பட்டது போலக் குற்றுக்களின் நிரையொன்றைப் பெறுக. குழப்புங் காந்தங்களில்லாவிடத்து இக்குற்றுக்கள் ஏறத்தாழ ஒரு நேர்கோட்டில் இருத்தல் வேண்டும். இக்கோட்டிலிருந்து ஏறத்தாழ 2 ச.மீ. தூரத்திலே திரும்பவுந் தொடங்கி இம்முறையாகவே இரண்டாவது விசைக்கோடொன்றைப்பெறுக. இவற்றைப் போல ஏறத்தாழ ஆறு கோடுகளை வரைக. கோடுகள் ஏறத்தாழ நேராகவுஞ் சமாந்தரமாகவும் இருப்பதைக் காட்டி மண்டலமானது ஏறத்தாழ ஒரு சீரானது என்ற உண்மையைச் சரிபார்க்க. இவ்வாறு பெறப்பட்ட திசையானது பரிசோதனை செய்யப்பட்ட இடத்தில் காந்தவுச்ச நெடுங்கோட்டின் திசையாகும்.

பரிசோதனை 186.—சட்டக்காந்தமொன்றும் புவியுஞ் சேர்வதன் விளைவான காந்தவிசைக்கோடுகளை வரைதல்.— காகிதத்தினால் மூடப்பட்டுள்ள வரைதற் பலகையொன்றிலே எந்த நிலையிலாவது காந்தமொன்றை வைத்துக் காந்தத்தினதும் புவியினதுஞ் சேர்ந்த காந்தவியல்பினாலான மண்டலத்தை அதனைச்சுற்றி வரைக. விசைக் கோடுகளின் சுவட்டைக் காணத் தொடங்குமுன்பு தற்செயலாக இடம் பெயர்க்கப்பட்ட போதிலும் சரியான நிலையில் வைக்கப் படக்கூடியதாய்க் காகிதத்திற் காந்தத்தினது நிலையைக் குறித்துக் கொள்க. வெவ்வேறான கோடுகள் அதிகம் அகன்றேனும் நெருங்கியேனும் இரா வண்ணம் தொடங்கும் புள்ளிகளைத் தெரியும்போது ஓரளவான மதிப்பு வேண்டும். சிறிய கோணமொன்றிலே அடுத்துள்ள புள்ளிகளிரண்டை நோக்கிக் கோடுகளிரண்டு ஒருங்கும்போது, விசைக்கோடுகள் ஒன்றை யொன்று வெட்டாதனவென்ற காரணத்தினால், அவற்றினிடையே மூன்றுவது கோடொன்றை வரையவேண்டிய அவசியமில்லை.

காந்தத்தின் பயனுள காந்தமண்டலமானது புவிமண்டலத்தை ஈடுசெய்யும் இரண்டு புள்ளிகளுளவாதலின், பொதுவாக, சட்டக்காந்த மொன்றினண்மையிலுள்ள மண்டலத்தில் நடுநிலைப்புள்ளிகள் **இரண்டு** காணப்படும். காந்தத்தின் சார்பாய் இப்புள்ளிகளின் நிலையானது புவி மண்டலத்தின் சார்பாய்க் காந்தத்தின் நிலையிலே தங்கியிருக்கின்றது. கூடுமாயின், காந்தத்தின் வெவ்வேறு நிலைகளில் **ஒரே** காந்தத்தின் மண்டலம் வரையப்படுதல் வேண்டும். காந்தமானது புவிமண்டலத்தின் பயனுள விசைக்கோடுகளுக்குச் செங்குத்தாகவேனும் சமாந்தரமாகவேனுஞ் சமச்சீர் நிலையிலிருக்கும்போது விசேட கவனம் உண்டாகின்றது. இந்த நிலைகள் ஒவ்வொன்றிலும், புவிவிசைக்கோடுகளின் குறுக்கே சமச்சீரின்றிக் காந்தமானது இடக்கும் இரண்டொரு நிலைகளிலும், மண்டலம் வரையப்படுதல் வேண்டுமெனக் கருதப்படுகின்றது.

புவிமண்டலத்திலே தனிமுனையிற்கான மண்டலம்

இலட்சியப் புள்ளிமுனை m இலிருந்து r ச.மீ. தூரத்திற் காந்த மண்டலத்திறன் $\frac{m}{r^2}$ ஆகும். இது **முனையிலிருந்துள்ள தூரத்தின் வர்க்கத்தினெடு தலை கீழாக மாறும்.**

தனிக்காந்த முனையொன்றைக்கொண்டு பரிசோதனை செய்யவேண்டுமாயின், 50 ச.மீ. தொடக்கம் 100 ச.மீ. வரை நீளமான குண்டுமுனைக் காந்தமொன்றை உபயோகிப்பது வசதியாயிருக்கும். இவ்வாறுபயோகிப்பதனல் இரண்டாவது முனையின் விளைவு நிராகரிக்கப்படக்கூடியதாக அம்முனை மிகுந்த தூரத்தில் வைக்கப்படும்.

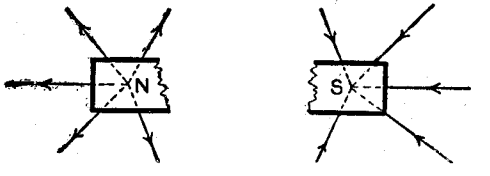
பரிசோதனை 187.—புவிமண்டலத்திலே தனிமுனையொன்றிற்கான மண்டலம்.— இப்பரிசோதனைக்குக் காந்தத்தை அச்சு நிலைக்குத்தாயிருக்குமாறு மரத்தாங்கியொன்றிலே தாங்குக. இடையான வரைதற்பலகையிற் பொருத்தப்பட்ட வரைதற் காகிதத்தாளொன்றிலே கீழ் முனையை ஒய்வு நிலையில் விடுக. இம்முனையுங் இடையான புவிக்காந்த மண்டலக் கூறுஞ் சேர்ந்த தாலான விசைக்கோடுகளை வரைக. நடு நிலைப் புள்ளியின் நிலையைக் கவனமாகத் தீர்மானித்து இப்புள்ளிக்கும் முனைக்குமிடையே யுள்ள தூரமாகிய r ச.மீ. ஐ அளக்க.

இப்புள்ளியில் முனைத்திறன் m ஐக் கொண்ட முனையின் பயனுள காந்த விசை $\frac{m}{r^2}$ ஆகும். ஆனல் நடுநிலைப்புள்ளியிலே புவிமண்டலக் கிடைக்கூறு $\mathbf{H}$ இற்கு இது சமமாகும். எனவே, $\frac{m}{r^2} = \mathbf{H}$, அல்லது

$m = \mathbf{H}r^2$. $\mathbf{H}$ என்பது தெரிந்ததாகக் கொள்ளப்பட்டு m கணிக்கப்படலாம். $\mathbf{H}$ இன் குறிப்பான பெறுமானமொன்று முனையலகொன்றிற்கு 0·18 தைன் ஆகும்.

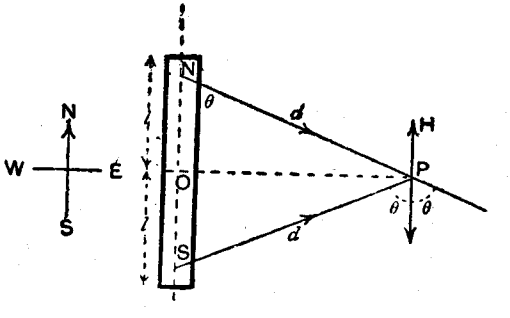
புவிமண்டலத்திலே சட்டக்காந்தமொன்றிற்கான மண்டலம்

முதலாவது நிலை.—அச்சானது காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டிலும் **வடமுனை**யானது **வடக்கு** நோக்கியுமிருக்குமாறு காந்தம் இடையான மேற் பரப்பொன்றிலே வைக்கப்படும். இந்தநிலையிலே காந்தவச்சின் ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் **நடுநிலைப்புள்ளி** யொன்றிருக்கும். இப்புள்ளிகளிற் புவிக் காந்தத்தின் பயனுள இடைக்கூறு காந்தத்தின் காந்தவிசையினற் சரியாகச் சமநிலைப்படுத்தப்படும்.



உரு. 197. சட்டக்காந்தத்தின் முனைகள்

சட்டமானது ஒருசீராய்க் காந்தமாக்கப்பட்டிருப்பின் அதன் முனைகள் மையத்திலிருந்து சமதூரத்திலிருக்கும். சட்டக்காந்த மொன்றின் முனைகள் சட்டத்தின் அந்தமுனைகளில் இரா. சட்டத்தின் முனைகளுக்கண்மையிலுள்ள விசைக்கோடுகளை வரைந்து அக்கோடுகளின் திசைகள் **எறத்தாழ**



உரு. 198. புவிமண்டலத்திலுள்ள நடுநிலைப்புள்ளி

வெட்டும் புள்ளிகளைத் தீர்மானித்து அவற்றின் நிலைகளைப் பரிசோதனை மூலங் காணவேண்டும் (உருவம் 197). முனைகளிரண்டிற்கும் மத்தியிலுள்ள மையத்தினூடு நீளப்பாட்டிற்குச் செங்குத்தாக வரையப்படுங் கோட்டிலே நடுநிலைப்புள்ளிகள் இருக்கும்.

இலட்சிய அல்லது தனிக்காந்தமொன்றின்[1] ஒவ்வொரு முனையிலு மிருந்து d ச.மீ. தூரத்திலுள்ள நடுநிலைப் புள்ளியொன்றின் நிலையை P குறிக்கின்றதெனக் கொள்க (உருவம் 198).

N இலேயுள்ள முனை m இன் பயனுக P இலுள்ள காந்தவிசை NP இன் வழியே $\frac{m}{d^2}$ இற்குச் சமமாகும். S இலேயுள்ள முனை $-m$ இன் பயனன காந்தவிசை PS இன் வழியே $\frac{m}{d^2}$ இற்குச் சமமாகும். இவ்விரு சமவிசைகளினதும் விளைவு இவற்றினிடையேயுள்ள கோணம் 2θ ஐ இருசம கூறிடும். இது OP இற்குச் செங்குத்தாகுமென்பது வெளிப்படை. காந்தத் திருப்புதிறன் $\mathrm{M} = 2ml$ ஆதலினால், இதனளவு

$$\mathrm{F} = 2\frac{m}{d^2}\text{கோசை }\theta = 2\frac{m}{d^2}\frac{l}{d} = \frac{\mathrm{M}}{d^3}.$$

d என்பது முடிவாக முனைகளிலிருந்து அளக்கப்படுமாயின் F இற் குரிய சூத்திரந் திருத்தமானதாகும்.

P ஒரு "நடுநிலைப்புள்ளி" யாதலின் அதிலுள்ள மண்டலம் F ஆனது புவிமண்டலத்தின் கிடைச்செறிவு H இற்குச் சமனுகும்.

$$\therefore \frac{\mathrm{M}}{d^3} = \mathrm{H},$$

அல்லது, $$\mathrm{M} = \mathrm{H}d^3.$$

பரிசோதனை 188. சட்டக்காந்தமொன்றின் காந்தத்திருப்புதிறனின் தீர் மானம், நடுநிலைப்புள்ளி முறை I.—வடமுனை வடக்கு நோக்கி நிற்கக் காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டில் வைக்கப்பட்டுள்ள சட்டக்காந்தத்தின் பயனன விசைக்கோடுகளைச் சிறிய வழிகாட்டுமூசியைக்கொண்டு வரைக. கூடியவளவு திருத்தமாக நடுநிலைப்புள்ளிகளின் நிலைகளைத் தீர்மானித்து முனைகளி லிருந்து அவற்றின் தூரங்களை அளக்க.

$$\mathrm{M} = \mathrm{H}d^3$$

என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து காந்தத்தின் காந்தத்திருப்பு திறனைக்கணக்கிடுக.

H இன் குறிப்பான பெறுமானம் முனைவலகொன்றிற்கு 0·18 தைன் எனக் கொள்ளப்படலாம். கூடுமாயின் இடத்திற்குரிய பெறுமானத்தை உபயோகிக்க. d ஆனது சதமமீற்றரில் இருத்தல் வேண்டும்.

முனைகளிரண்டிற்குமிடையேயுள்ள தூரத்தை அளந்து காந்தத்தின் முனைத்திறன் m ஐத் தீர்மானிக்க.

[1] கவனமாகக் காந்தமாக்கப்பட்டாற் குண்டுமுனைக் காந்தமொன்று இலட்சியக் காந்த விரு முனைக்கும் ஏறத்தாழ அண்மையாயிருக்கும்.

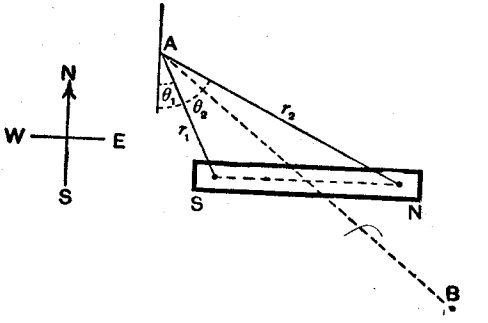
இரண்டாவது நிலை.—வடமுனையானது தெற்குநோக்கியிருக்குமாறு காந்தம் காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டில் வைக்கப்படும். காந்தத்தின் அச்சின் நீட்சியிலெங்காவது நடுநிலைப்புள்ளிகளிரண்டு காணப்படும். காந்தத்தின் **மையத்திலிருந்து** நடுநிலைப்புள்ளியின் சராசரித் தூரம் r ஆயின், இச்சந்தர்ப்பத்திற் காந்தத்திணுலான காந்தவிசை $\mathrm{F} = \frac{2\mathrm{M}}{r^3}$ (ஏறத்தாழ) (பக்கம் 512). எனவே, நடுநிலைப்புள்ளியொன்றில்

$$\frac{2\mathrm{M}}{r^3} = \mathrm{H}, \quad (\text{ஏறத்தாழ}),$$

ஆகவே, $$\mathrm{M} = \frac{\mathrm{H}r^3}{2}, \quad (\text{ஏறத்தாழ}).$$

பரிசோதனை 189.—சட்டக்காந்தமொன்றின் காந்தத்திருப்பு திறனின் தீர்மானம், நடுநிலைப்புள்ளி முறை II.—அச்சானது காந்தவுச்ச நெடுங் கோட்டிலும் வடமுனை தெற்குநோக்கியுமிருக்கச் சட்டக் காந்தமொன்றை வைக்க. சிறிய திசைகாட்டியை உபயோகித்து, காந்த விசைக்கோடுகளை வரைந்து, நடுநிலைப்புள்ளிகளின் நிலைகளைக்காண்க. நடு நிலைப் புள்ளி யொவ்வொன்றிலுமிருந்து காந்தத்தின் **மையத்தினது** தூரத்தை அளந்து காந்தத்திருப்புதிறனின் பெறுமானத்தை அனுமானிக்க.

மூன்றுவது நிலை.—புவிக்காந்த மண்டலத்திலே எந்தநிலையிலாவது காந்தம் வைக்கப்படல் வேண்டும். காந்தத்தின் மையத்தோடு ஒப்பிடுமிடத்து நடுநிலைப்புள்ளிகளிரண்டு சமச்சீராயிருக்கக் காணப்படும். விளைவான காந்த



உரு. 199. புவிமண்டலத்திலுள்ள நடுநிலைப்புள்ளிகள்

மண்டலம் மூன்று விசைகளின் பயனனதெனக் கருதப்படலாம். புவியின் பயனன இவ்வீசைகளுளொன்று திசையிலும் அளவிலும் அறியப்பட்ட தெனக் கருதப்படும். காந்தமுனைகளின் பயனன மற்றவையிரண்டும்

புள்ளியை, மூனைகளோடிணைக்குங் கோடுகளின் திசையிலிருக்கும். கருதப் படும் புள்ளியானது நடுநிலைப்புள்ளியாயிருப்பின் இம் மூன்று விசைகளுஞ் சமநிலையிலிருத்தல் வேண்டும். புவிமண்டலத்துக்குச் சமாந்தரமான திசை யில் விசைகளைப் பிரித்து வரிப்படத்திலிருந்து அளக்கப்படக்கூடிய தூரங் களினதுங் கோணங்களினதுஞ் சார்பாய்க் காந்தமூனை யொன்றின் திறனுக் குரிய கோவையொன்றைப் பெறமுடியும்.

199 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோன்ற ஏதாவதொரு நிலை யிலே காந்தமானது இடக்கும்போது (அச்சானது கிழக்கு மேற்காயிருப்பது வசதியாயிருக்கும்) நடுநிலைப்புள்ளிகள் **A** இலும் **B** இலும் இருப்பன போன்று காணப்படும்.

காந்தவடக்கைநோக்கி நிற்குமாறு **A** இனூடாகக் கோடொன்றை வரைக. $AS(r_1)$ ஐயும் $AN(r_2)$ ஐயும் இணைக்க. **A** இற் காந்தவுச்ச நெடுங்கோட்டி னூடு **AS** இனூலும் **AN** இனூலும் ஆக்கப்படுங் கோணங்கள் முறையே θ_1, θ_2, எனின், m என்பது மூனைத்திறனுயிருக்கும்போது

$$\mathbf{F} = \frac{m}{r_1^2} \text{ கோசை } \theta_1 - \frac{m}{r_2^2} \text{ கோசை } \theta_2.$$

அத்துடன், $\mathbf{F} = \mathbf{H} =$ மூனையலகொன்றிற்கு 0·18 தைன் எனக் கொள்க.

$r_1, r_2, \theta_1, \theta_2$ களை அளந்து m கணிக்கப்படலாம்.

இக்கோவையின் நிறுவல் மாணவனுக்கு ஒரப்பியாசமாக விடப்பட்டது.

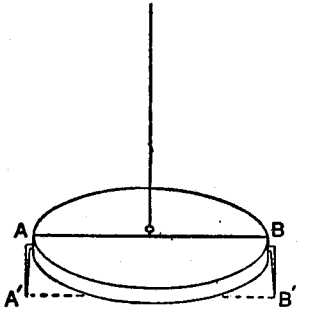
பரிசோதனை 190. சட்டக்காந்தமொன்றின் காந்தத் திருப்பு திறனின் தீர்மானம், நடுநிலைப்புள்ளி முறை III.—அச்சானது கிழக்கு மேற் காயிருக்குமாறு சட்டக் காந்தமொன்றை வைக்க. காந்தவிசைக் கோடுகளை வரைந்து கூடியவளவு திருத்தமாக நடுநிலைப்புள்ளிகளின் நிலைகளைக் காண்க. **ஒவ்வொரு** நடுநிலைப்புள்ளியிலுமிருந்து $r_1, r_2, \theta_1, \theta_2$ களை அளக்க. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் மூனைத் திறனுக்குரிய பெறுமானம் m ஐ அனுமானிக்க.

§ 3. காந்தவச்சும் காந்தவுச்சநெடுங்கோடும்

நிலைக்குத்தச்சொன்றைக்கொண்டு கட்டற்றுச் சுற்றக்கூடியதாகக் காந்த மொன்று தொங்கவிடப்படுமாயின், காந்தத்தின் சார்பாய் நிலையான திசை யொன்று புவியின் சார்பாய், நிலையானவொரு திசையினூடு சமாந்தரமாய் நிற்க முயலும். காந்தத்தின் சார்பாய் நிலையாக்கப்பட்ட திசையானது **காந்தத்தின் காந்தவச்சு** என்பதன் திசையாகும். புவியின் சார்பாய் நிலை யாக்கப்பட்ட திசையானது **காந்தவுச்ச நெடுங்கோட்டின்** திசையாகும். நீண்ட மெல்லிய காந்தமொன்றிலே **காந்தவச்சானது** காந்தத்தின் நீளத்தினது

திசையினூடு ஒத்ததாகக் கருதப்படலாம். ஆனால் சாதாரணச் **சட்டக்** காந்தத் தைப் போன்ற அகலங்கூடிய காந்தமொன்றிலே காந்தவச்சின் திசை யானது சமச்சீர்த்திசையினூடு பொருந்துவதாகக் கொள்வது ஏற்றதன்று. பின்வரும் பரிசோதனையானது காந்தமொன்றின் காந்தவச்சையும் **காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டையுந்** தீர்மானித்தற்குக் காந்தவவதான நிலையங் களில் உபயோகிக்கப்படும் முறையை விளக்குகின்றது.

சிக்கல் கூடிய சந்தர்ப்பமொன்றை எடுப்பதற்காகக் காந்தவச்சுச் சற் றேனுந் தெரியப்படாத காந்தமாக்கப்பட்ட தட்டொன்றை அமைப்போமாக. சுட்டையான வட்டமரப்பெட்டியொன்றி னுள்ளே இலேசான சட்டக் காந்தமொன்றை அடைத்து இதனைச் செய்யலாம். அப்போது காந்தத்தின் நிலைதெரியாது முற்றிலும் மறைந்திருக்கும். விட்டமொன்றின் எதிர் மூனைகளிலுள்ள புள்ளிகள் **A, B,** களை இணைத்துப் பெட்டியின் தட்டை முகமொவ் வொன்றிலுங் குறிப்புக்கோடு வரையப்படும் (உருவம் 200). மறைந்துள்ள காந்தத்தின் (அல்லது முழுத்தட்டின்) அச்சுக்கும் குறிப்புக் கோட்டுக்குமிடையேயுள்ள கோணத்தைக் காண்பதே பிரச்சனையாகும்.



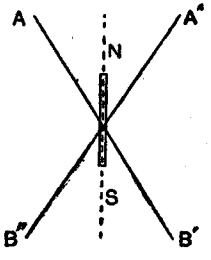
உரு. 200. காந்தமாக்கப்பட்ட தட்டு

பரிசோதனை 191.—எந்தவிடத்திலுமுள்ள காந்தவுச்ச நெடுங்கோட்டை யும் காந்தமொன்றின் காந்தவச்சையும் தீர்மானித்தல்.—காந்தமாக்கப்பட்ட தட்டானது கூடியவளவு முறுக்கலின்றிக் கட்டற்றிருக்கும் மெல் லிய நூலொன்றினூல் ஒரு முகத்தின் மையத்திலிருந்து தொங்கவிடப் படுதல் வேண்டும். நூலானது முறுக்கலற்றதாக இராவிடின் தொங்க லினது முறுக்கலினது பயனைத் தட்டிலே இணைவிசை யொன்று தாக்கும். இவ்விணை விசையுடன் புவிமண்டலத்தின் பயனை காந்தவிணைவிசையுங் கூடியதன்பயனை உண்டான தாக்கத்தினூல் தட்டின் ஒய்வுநிலை தீர்மானிக் கப்படும். தட்டைத் தொடாது அதன் நேர்கீழே காகிதத்தாளொன்று இடையாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். தட்டானது ஒய்வு நிலையடைந்தவுடன் குறிப்புக் கோட்டின் நிலை காகிதத்திற் குறிக்கப்படும். எனினும், தானுகவே தட்டானது ஒய்வு நிலையடையுமட்டுங் காத்திருக்கத் தேவையில்லை. ஆடல் களின் அந்தலை நிலைகளை அவதானித்து இவ்விரு நிலைகளுக்கும் நடுவேயுள்ள இயக்கத்தைச் சரிபார்க்க. குறிப்புக் கோட்டின் ஒய்வுநிலையைத் திருத்த மாகக் காகிதத்திற் குறிக்கவேண்டுமாயின், கோட்டின் ஒவ்வொரு மூனையி லும் தட்டினது பரிதியிலே உலோகக் காட்டியொன்றைப் பொருத்துவது வசதியாயிருக்கும். இவ்வாருக **A′B′** ஐப் போன்ற கோடொன்று காகிதத் திற் பெறப்படும்.

இதன்பின் தட்டானது தலைகீழாக்கப்பட்டு எதிர்முகத்திலிருந்து தொங்க விடப்படும். குறிப்புக் கோட்டின் புதிய நிலை தீர்மானிக்கப்படும். இதனை A″B″ எனக் கொள்க (உருவம் 201).

தட்டிலே எவ்விதக் கோடும் வரையப்படக்கூடாது.

இம்முறையாக A′B′, A″B″ என்ற இரண்டு கோடுகள் காகிதத்திலே பெறப்படும். இக்கோடுகள் குறித்தவொரு கோணத்திலே ஒன்றோடொன்று சாய்ந்துள்ளன. சிறிது ஆராயுமிடத்து காந்தவச்சானது நிலையான உச்சநெடுங்கோட்டினோடு பொருந்துவதினாலும், குறிப்புக்கோடானது முதலாவது சந்தர்ப்பத்தில் உச்சநெடுங்கோட்டின் ஒருபக்கத்தில் ஆக்குங் கோணத்தையே இரண்டாவது சந்தர்ப்பத்தில் மற்றப் பக்கத்தில் ஆக்குவதினாலும், காந்தவச்சின் திசையானது இரு கோடுகளினதும் இடைக்கோணத்தை இரு சமமாக்குமென்பது விளங்கும்.



உரு. 201. காந்தவுச்ச நெடுங்கோடு

AA′ கோட்டிற்கும் BB′ கோட்டிற்குமிடையே இரு சமவெட்டிகளிரண்டு இருக்கின்றனவாதலின் இவற்றுளொது உச்சநெடுங்கோட்டினோடு பொருந்துமெனக் காண்பது அவசியமாகின்றது.

தட்டின் ஒவ்வொரு நிலைக்கொன்றுகப் புள்ளிகள் A′ உம் A″ உம் ஒரே காட்டி A இனாற் குறிக்கப்பட்டன. இதனைப் போலவே தட்டில் காட்டி B இனால் B′, B″ குறிக்கப்பட்டன. எனவே, தட்டைத் தலை கீழாக்கி இரண்டாவது சமநிலையில் விடும்போது A′, A″ இற்கும் B′, B″ இற்கும் மத்தியிலே செல்லும் விட்டத்தைக்கொண்டு சுற்றப்பட்டதாகத் தோற்றுகின்றது. எனவே, A′OA″ ஐயும் B′OB″ ஐயும் இரு சமமாக்கி வரிப்படத்திலே NS எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ள கோடானது தட்டின் காந்தவச்சும் காந்தவுச்ச நெடுங்கோடுமாகும்.

காந்தவச்சை (அல்லது காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டை) காகிதத்திற் குறிக்குங் கோட்டிற்கும் குறிப்புக்கோடு A′B′ இற்குமிடையேயுள்ள கோணத்தைப் பாகைமானி யொன்றினால் அளக்க.

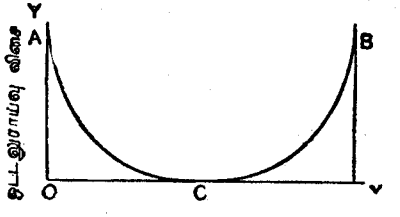
காந்தவுச்ச நெடுங்கோட்டிற்கும் ஆய்வுச்சாலை மேசையொன்றின் விளிம்பைப் போன்ற அறையிலுள்ள நிலையான எந்தக் கோட்டிற்குமிடையேயுள்ள கோணத்தையும் அளக்க.

4. சட்டக்காந்தமொன்றிற்குரிய இழுப்புவிசை

காந்தமொன்றின் நீளப்பாட்டில் வெவ்வேறு புள்ளிகளிலுள்ள இழுப்பு விசைகளினளவுகளைக் **கூலோம்** (Coulomb) கண்டார். அப்புள்ளி களிலே தாங்கப்படக்கூடிய இரும்பின் நிறைகளை இவர் அவதானித்தார்.

202ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்ட வடிவத்தையுடைய வளைகோடொன்றினால் இவருடைய வினைவுகள் குறிக்கப்படலாம். இவ்வளைகோட்டில் நிலைத் தூரங்கள் நீளப்பாட்டின் வெவ்வேறு புள்ளிகளிலுள்ள விசையினோடு விகிதசமமாகும். காந்தவியல்பின் பரவல் ஒரு சீராயிருப்பின் வளைகோடானது காந்தத்தின் மையமாகிய C ஐப்பற்றிச் சமச்சீராயிருக்கும்.

பரிசோதனை 192. சட்டக்காந்தமொன்றின் நீளப்பாட்டில் இழுப்பு விசையின் பரம்பலைத் தீர்மானித்தல்.—காந்தமொன்றை ஏறத்தாழ 10 சமபாகங்களாகப் பிரித்துக் குறித்துக்கொண்டு நீர் நிலையியற்றராசுத் தட்டொன்றின் கீழ் மட்ட மேசையின்மேல் வைக்க. தராசுத்தட்டின் கொழுக்கியிலிருந்து சிறிய இரும்புக் குண்டொன்றைத் தொங்க விடுக. குண்டானது காந்தத்தைத்தொட்டுக் கொண்டிருக்கத் தராசின் காட்டி அளவுச்சட்டத்தின்மையத்தினண்மையிலிருக்குமாறு மட்ட மேசையைச் செப்பஞ் செய்க. இதன்பின் குண்டைக் காந்தத்திலிருந்து பிரிக்க மற்றத் தராசுத்தட்டிலே வைக்கப்படவேண்டிய நிறையைக் காண்க. காந்தத்தின் நீளப்பாட்டிற் குறிக்கப்பட்டுள்ள வெவ்வேறு புள்ளிகளிற் குண்டை வைத்து அவதானத்தைத் திரும்பத்திரும்ப எடுக்க.

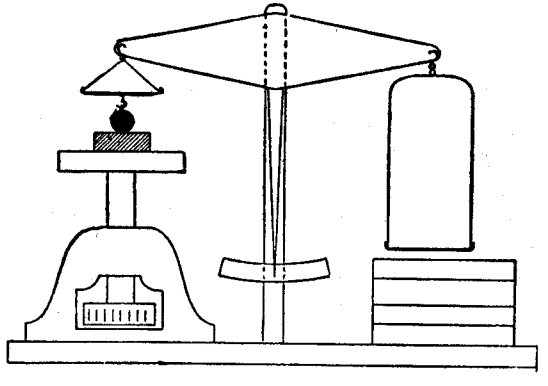


உரு. 202. சட்டக்காந்தத்தின் இழுப்பு விசை

கவர்ச்சியானது குண்டிற்குங் காந்தத்திற்குமிடையேயுள்ள தொடுகையின் நெருக்கத்திற் பெரும்பாலுந் தங்கியிருக்கின்றது. அவற்றினிடையேயுள்ள எவ்வித கொழுப்பும் அல்லது அழுக்கும் விசையைப் பல இறும் நிறைகளினாற் குறைக்கலாம். குண்டை நிலையில் வைக்கும்போது காந்தத்தின் அகலப்பாட்டிற்கு அதனை மெதுவாயுரோஞ்சி எவ்வித அழுக்கையுமகற்றி அவதானங்களிற் கூடுதலான தகுதியைப் பெறலாம்.

இரும்புக்குண்டானது காந்தத்தை விடும்போது தராசு பழுதடையாவண்ணம் படிகள் மிக்க கவனத்துடன் சேர்க்கப்படுதல் வேண்டும். அப்படிகளைக் கொண்டுள்ள தராசுத் தட்டின்கீழ் மரக்குற்றிகளை வைத்துத் தராசினியக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்தல் வேண்டும்.

காந்தம் அண்மையிலில்லாதபோது குண்டின் நிறையைத் தீர்மானிக்க. காந்தத்தின் கவர்ச்சியின் பயனை விசையைப்பெறுவதற்கு முந்திய அவதானங்களிற் பெறப்பட்ட நிறைகளிலிருந்து இந்நிறையானது கழிக்கப்படுதல் வேண்டும்.



உரு. 203. இழுப்புவிசையின் தீர்மானம்

காந்தத்தின் நீளப்பாட்டிலே வெவ்வேறு புள்ளிகளிற் கவர்ச்சியைக் காட்டும் வளைகோடொன்று வரைக.

இப்பரிசோதனையிலே நீர்நிலையியற்றராசை உபயோகிப்பதற்குப் பதிலாக விற்றராசொன்று உபயோகிக்கப்படலாம். இச்சந்தர்ப்பத்திலே மட்டமேசையானது பதிக்கப்படுதல் வேண்டும். அன்றேல், காந்தத்தை நிலையாய் வைத்துக்கொண்டு குண்டானது காந்தத்தை விடுமட்டும் விற்றராசை இலேசாக உயர்த்தலாம். பிரிவு நிகழும்போது விற்றராசின் அளவெடுக்கப்படல் வேண்டும்.

காந்தங்களைப்பற்றிய அவதானம்

பொறிமுறைத் தாக்கங்கள் அல்லது எவ்வித முரட்டாளுகையினுலேனும் வெப்பமாக்குதல் அல்லது அவற்றின் முனைத்தன்மையை ; கருதாது காந்தங்களினண்மையில் வைப்பதனுலும் காந்தங்களின் பொதுவான மெலிவு அல்லது **காந்தமழித்தல்** உண்டாகலாம். மெலிவு கூடிய காந்தமொன்றின் பக்கத்தினண்மையில் வலுக்கூடிய காந்தமொன்றைக்கொண்டு வருதலினுல் **விளைவுமுனைகள்** உண்டாகலாம். உபயோகியாதிருக்கும்போது, **எதிர்முனைகள்** அடுத்திருக்குமாறும்

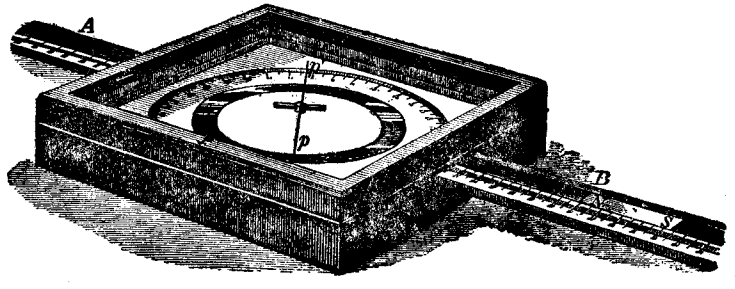
"காவற்கருவிகள்" ஒவ்வொரு முனையிலுமுள்ள முனைகளைப் பொருத்துமாறும் சட்டக்காந்தங்கள் வைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். பரியிலாடக் காந்தங்களுக்குங் காவற்கருவிகள் வைக்கப்படுதல் வேண்டும். காவற் கருவிகள் மெதுவாகப் பிரயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும். முனைகளுக்கெதிரே அடித்துக்கொண்டு நிலையில் வரவிடக்கூடாது. குண்டுமுனைக்காந்தங்கள், **எதிர்** முனைகள் தொட்டுக்கொண்டிருக்குமாறு சோடிகளாக வைக்கப்படுதல் வேண்டும்.

அத்தியாயம் 2

காந்தவளவியல்

1. திரும்பற்காந்தமானி

சாதாரணமானவுருவத்திலே **காந்தமானி** என்பது சுழலவிட்ட அல்லது தொங்கவிட்ட காந்தவூசியொன்றைக்கொண்டதாகும். இவ்வூசியானது நீலைக் குத்தச்சொன்றைப்பற்றிச் சுழலக்கூடியதாய்க் கட்டற்றிருக்கும். திரும்பலை



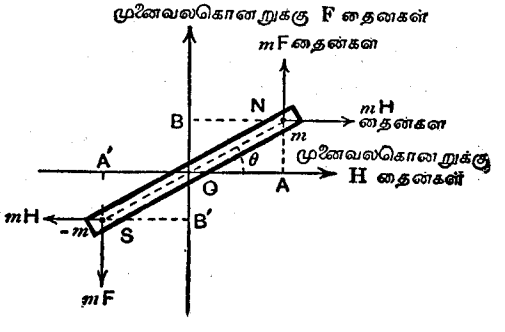
உரு. 204. திரும்பற்காந்தமானி

அளப்பதற்காக அளவுகுறிக்கப்பட்ட வட்டமான அளவுச்சட்டமொன்று கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. ஊசியும் வட்டவளவுச்சட்டமும் மர அல்லது பித்தளைப் பெட்டியொன்றிலே கொள்ளப்பட்டிருப்பது வழக்கம். இப்பெட்டியின் மேலேயுள்ள கண்ணுடிமூடியினூடாக அளவீடு எடுக்கப்படலாம். ஊசியானது சிறிதாயிருந்தபோதிலும், பெரிய விட்டமுள்ள வட்டமொன்றின்மேலே ஊசியினியக்கமானது அளக்கப்படக்கூடியதாக, நீண்ட இலேசான காட்டி pp' ஆனது ஊசியினூடு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ஏறத்தாழ 1° கோணத்திற்குத் திருத்தமாக அளவீடுகள் எடுக்கக்கூடிய அளவுக்கு வட்டமானது பெரிதாயிருப்பது வழக்கம். காட்டியின் நிலையினது அளவையெடுக்கும்போது இடமாறுதோற்றத்தைத் தவிர்ப்பதற்காகக் காந்தமானியின் அடியிலே தளவாடியொன்று வைக்கப்பட்டிருப்பது வழக்கம். அளவீடொன்றை எடுக்கும்போது, காட்டியின் தெறிப்பானது காட்டியினூலேயே மறைக்கப்படும் நிலையிலே அவதானிப்பவரின் கண்ணனது வைக்கப்படுதல்வேண்டும். அப்போது அவதானிப்பவர் அளவுச்சட்டத்தை, நேர்கீழே பார்ப்பாராதலின் உண்மையான அளவீடு பெறப்படும்.

மிக்க திருத்தமான தேவைகளுக்கு, விளக்கொன்றும் அளவுச்சட்டமுஞ் சேர்ந்த **ஆடிக்காந்தமானி** யொன்று உபயோகிக்கப்படும். இந்த வகையில், ஆடியொன்று ஊசியிலே பொருத்தப்பட்டுள்ளது. விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றையொன்று இவ்வாடியிற் பட்டு, அளவுச்சட்டத்தின்மேல் தெறித்த

கற்றையின் இயக்கமானது ஊசியின் திரும்பலை அளக்க உபயோகிக்கப்படும். ஒளிக்கற்றையானது நிறையற்ற நீண்ட காட்டியாகத் தொழிற்படுகின்றது. இது சுற்றுங்கோணமானது, ஊசியின் திரும்பலினது **இருமடங்காகும்** (பக்கம் 285).

புவிக்காந்தமண்டலத்தின் கிடைக்கூறு **H** இனது தாக்கத்தின்கீழ் ஊசியானது இருக்கும்போது பூச்சிய அளவீடானது பெறப்படுமாறு காந்தமானி வைக்கப்பட்டிருப்பது வழக்கம். கருவியின் அயலில் வைக்கப்பட்டுள்ள காந்தமொன்றைக்கொண்டு **H** இற்குச் செங்குத்தான திசையொன் றிலே திறன் **F** ஐயுடைய இரண்டாவது மண்டலமொன்று ஊசியிற் பிரயோகிக்கப்படும். காட்டியானது கோணம் θ இனூடாக இவ்வாறு திருப்பப்படும். இக்கோணத்தை அளந்து **F** இற்கும் **H** இற்கு மிடையேயுள்ள தொடர்பைத் தீர்மானிக்கலாம். இதற்காகப் பின்வரும் முக்கியமான தேற்றம் தேவைப்படும் :—



உரு. 205. F=H தான் θ என்பதன் நிறுவல்

மேற்பொருத்துகையின் பயனை, ஒருசீரான, **ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான காந்தமண்டலங்களிரண்டின்** காந்தமண்டலமொன்றிலே காந்தமொன்று வைக்கப்படும்போது, அதன் நிலையானது,

$$\frac{F}{H} = \text{தான்}\,\theta$$

என்ற தொடர்பினூற்றீர்மானிக்கப்படும். இங்கு **F** உம் **H** உம் காந்தமண்டலங்களின் திறன்களெனவும், θ என்பது காந்தத்தின் அச்சுக்கும் மண்டலம் **H** இன் திசைக்குமிடையேயுள்ள கோணமெனவுங் கொள்ளப்பட்டது.

NS என்பது (உருவம் 205) மூனைத்திறன் **m** ஐயுடைய காந்தத்தைக் குறிக்கின்றதெனக்கொள்க. வடமூனையானது **H** இற்குச் சமாந்தரமான **mH** தைனும், **F** இற்குச் சமாந்தரமான **mF** தைனுமாக இரண்டு விசைகளினது தாக்கத்தின்கீழ் இருக்கின்றது. தென்மூனையானது எதிரிடைப்

போக்கிலே, சமமான விசைகளினது தாக்கத்தின்மீழ் இருக்கின்றது. காந்தத்தைச் சமநிலையில் வைத்திருக்கும் இணைவிசைகளாக இவ்விசைகள் அமைந்துள்ளன.

காந்தத்தின் மையமாகிய O ஐக்கொண்டு திருப்புதிறன்களை யெடுக்க,

$$mF \times OA = mH \times OB,$$

எனப் பெறுகின்றோம்.

அதாவது,
$$\frac{F}{H} = \frac{OB}{OA} = \frac{AN}{OA}$$
$$= \text{தான்}\ \theta$$

எனவே,
$$F = H\ \text{தான்}\ \theta$$

எனவே, H இற்கு F இனது விகிதத்தை அறிவோமாயின், கோணம் θ ஐ நாம் கணிக்கமுடியும். அத்துடன், மண்டலம் H இன் திறனை அறிந்துகொண்டு, கோணம் θ ஐ அவதானிக்கக்கூடுமாயின், மண்டலம் F இன் திறனைத் தீர்மானிக்கமுடியும்.

இவ்வகையான பரிசோதனைகளிற் பெரும்பாலானவற்றிலே மண்டலம் F ஆனது அண்ணளவாக மட்டுமே ஒருசீராயிருக்கும். இக்காரணத்தினாற் காந்தமானியின் ஊசியானது அதிக நீளமாயில்லாதிருப்பது முக்கியமான தாகும். ஊசியானது குறுகியதாயின், மண்டலம் F ஐ ஒருசீரானதாய்க் கொள்ளும்பொழுது சிறிய வழுவொன்றே நுழைகின்றது.

§ 2. காந்தமானியைக்கொண்டு காந்தமண்டலங்களின் ஒப்பீடு

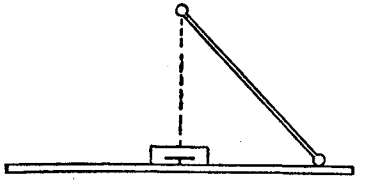
பரிசோதனை 193A. நிலைக்குத்தான காந்தமொன்றின் ஒரு தனி முனையின் பயனை மண்டலம்.—முந்தியே விவரிக்கப்பட்டுள்ள (பக்கம் 493) நீண்ட குண்டுமுனைக்காந்தமானது இப்பரிசோதனையில் உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும். ஒரு முனையின் விளைவைமட்டுமே ஆராய்வது நோக்கமாதலின், காந்தமானியின் அளவீட்டில் எவ்வித விளைவுமில்லாத நிலையிலே இரண்டாவது முனை வைக்கப்படுதல்வேண்டும். இதனை, மரத்தாங்கியொன்றிலே காந்தத்தை நிலைக்குத்தாகத் தாங்கவைத்துச் செய்யலாம்.

காந்தமானியூசியைக்கொண்டு காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டைக் காண்க. உச்சநெடுங்கோட்டுக்குச் செங்குத்தாக மேசையின்மேலே மீற்றரளவுச்சட்டமொன்றை வைத்து, அளவுச்சட்டத்தின் மத்தியபிரிவுக்கு நேர்மேலே பெட்டியின் மையமிருக்குமாறு, காந்தமானிப்பெட்டியை வைக்க. காட்டியானது பூச்சியப்பிரிவிலிருக்குமாறும் அளவுச்சட்டமானது காந்தத்திசையிற் கிழக்கு மேற்காயிருக்குமாறும் பெட்டியையும் அளவுச்சட்டத்தையுங் கவனமாய்ச் செப்பஞ்செய்க. காந்தமானியின் சிலவகைகளிலே மீற்றரளவுச்சட்டமானது நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது (AB, உருவம் 204).

காந்தத்தின் மேன்முனையானது காந்தமானியிலிருந்து (ஏறத்தாழ 1 மீற்றராகிய) கணிசமான தூரத்திலிருக்கும். ஆனாற் கீழ்முனையானது மிகக்குறைந்த தூரத்திலிருக்கும். உதாரணமாக, கீழ்முனையானது காந்தமானியிலிருந்து 20 ச.மீ. தூரத்திலிருக்குமாயின், மேன்முனையின் பயனை காந்தவிசையானது கீழ்முனையின் பயனை காந்தவிசையின் 4 நூற்றுவீதத்துக்குக் கூடாதிருக்கும். காந்தத்தை நிலைக்குத்தாக வைப்பதால் காந்தமானியிலே மேன்முனையின் பயனை விசையின் கிடைக் கூறானது, காந்தமானியின் தூரமானது ஆகப்பெரிதாயிருக்கும்போது அதன் பயனை முழுவிசையினதும் ஏறத்தாழ ஐந்திலொரு பாகமாகக் குறைக்கப்படலாம்.

இவ்வாறாக, மேன்முனையின்பயனை கிடைவிசையின் மிகைப்பெறுமானது, கீழ்முனையின் பயனை விசையின் 1 நூற்றுவீதத்திலுங் குறைவாயிருக்குமாறு குறைக்கப்படலாம். இவ்வழுவானது அளவீட்டில் நிகழக்கூடியதிலும் மிகக்குறைந்ததாகும்.

பரிசோதனை 193 B. சாய்ந்த காந்தமொன்றின் தனிமுனை யொன்றின் பயனை மண்டலம். காந்தமானியின் மத்தியபுள்ளிக்குமேலே மேன்முனையைக் கொண்டுவரக்கூடியதாய் காந்தமானது சிறிது சாய்க்கப்படுமாயின் (உருவம் 206), அதன் பயனை கிடைவிசையெதுவும் தவிர்க்கப்படலாம். காந்தமானது போதியவளவு நீளமாயிருக்குமாயின், மேலே குறிப்பிடப்பட்டதிலிருந்து காணப்படுவதுபோல, இது அவசியத் தேவையானதல்ல. குறுகிய காந்தமொன்றுக்குச் சாய்த்தல் முறையானது உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும்.



உரு. 206. தனிமுனையின் பயனை மண்டலம்

காந்தத்தின் முதலாவது முனையானது காந்தமானியிலே அதன் மண்டலமானது கிழக்கு மேற்காயிருக்குமாறு மீற்றரளவுச்சட்டத்திலே இருத்தல் வேண்டும். முனையின் திறனானது m ஆகவும், காந்தமானியின் மையத்திலிருந்து அதன் தூரம் r ஆகவுமிருப்பின், இந்த நிலையிலே காந்தமானியின் மையத்தில் $F = m/r^2$ காந்தவிசையை அது உண்டாக்கும்

(பக்கம் 493). ஆகவே, $F = H$ தான் θ என்பதனாற் கொடுக்கப்படுந் திரும்பல் θ உண்டாக்கப்பெறும். அதாவது, $m/r^2 = H$ தான் θ. எனவே, கொடுபட்ட மண்டலமொன்றிலே பரிசோதனையிலுள்ள முனையின் சிறப்பான திறனுக்கு r^2 தான் $\theta = m/H$ = ஒரு மாறிலியாகும்.

ஆகவே, காட்டியின் இரு முனைகளினதும் அளவீடுகளை எடுத்து இனதும் θ இனதும் அளவீடுகளின் தொடரொன்றைப் பெறுவோமாயின் r^2 தான் θ மாறிலியெனக் காண்போம்.

r, θ, தான் θ, r^2 தான்θ என்ற தலைப்புகளின்கீழ்ப் பேறுகளை அட்டவணைப்படுத்துக.

அட்டவணையின் கடைசிநிரலிலுள்ள எண்கள் ஏறத்தாழ மாறிலியாயிருப் பனவாயின், **தனிமுனையொன்றின் பயனை காந்தவிசையானது முனையி லிருந்துள்ள தூர வர்க்கத்திற்கு நேர்மாறுக மாறும்** என்ற விதியைச் சரிபார்த்ததாக இவ்விளைவானது கருதப்படலாம்.

நேர்மாறுவர்க்கவிதியை மெய்யெனக்கொண்டு சட்டக்காந்தமொன்றின் பயனை மண்டலத் திறனைக் கணிக்கலாம் (பக்கங்கள் 511–512). ஆனால், குறுகிய காந்தமொன்றிற்குரிய **பரிசோதனை** முறை யொன்றை முதலிற் பிரயோகிப்போம்.

பரிசோதனை 194 A. நீளப்பக்கநிலையில் குறுகிய காந்தமொன்றின் பயனை மண்டலம்.—திறம்படக்காந்தமாக்கப்பட்ட காந்தமொன்றை மீற்ற ளவுச்சட்டமொன்றிலே அதனச்சானது கிழக்கு மேற் காயிருக்குமாறு வைக்க (உருவம் 207). காந்தமானியிலே கிழக்கு மேற் காயிருப்பதும், ஏறத்தாழ $F = 2M/r^3$ திறனையுடையதுமான காந்தமண்டல மொன்றை இந்த "நீளப்பக்க" நிலையிலே இது உண்டாக்கும். இங்கு, M என்பது காந்தத் திருப்புதிறனெனவும், r என்பது காந்தமானியின் மையத் திலிருந்து காந்தமையத்தின் தூரமெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. **தூரம் r இனுடு ஒப்பிடப்படும்போது காந்தத்தின் நீள மானது சிறிதாயிருந்தால் மட்டுமே இது மெய்யாகும்.**

காந்தமானியூசியானது $F =$ தான் θ என்பதனாற் கொடுக்கப்படுங்கோணம் θ இனூடு திருப்பப்படும். எனவே, $2M/r^3 = H$ தான் θ. ஆதலின் r^3 தான் $\theta = 2M/H$; இது பரிசோதனையின் கீழுள்ள காந்தத்துக்குரிய மாறி லியாக இருக்கும்.

தூரம் r ஐக் குறித்துக் கொண்டு காட்டியின் முனைகளிரண்டிற்குமுரிய திரும்பல் θ இன் அளவீடுகளை எடுக்க. இப்போது காந்தத்தின் மையத் தை அதேநிலையில் வைத்துக்கொண்டு அதனை முனைக்குமுனை மாற்

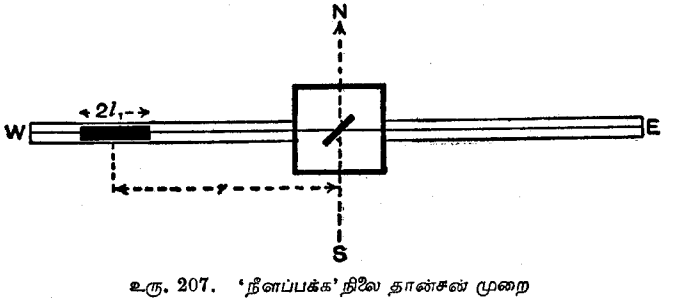
றியபின் கூடுதலாக இரண்டு அளவீடுகளை எடுக்க. இவ்வளவீடுகளின் சரா சரியை மெய்யான திரும்பலென எடுத்துக்கொள்க. r, θ, தான் θ, r^3 தான் θ என்ற தலைப்புகளின்கீழ்ப் பேறுகளை அட்டவணைப்படுத்துக. கடைசி நிரலிலே பெறப்பட்ட பெறுமானங்கள் ஏறத்தாழ மாறிலியாயிருக்கும்.

குறுகிய சட்டக்காந்தமொன்றின் அச்சின் நேரேயுள்ள மண்டலத்தின் திறனானது காந்தமையத்திலிருந்துள்ள தூரத்தினது மும்மடிப் பெருக் கத்திற்கு நேர்மாறுக மாறும் என இது காட்டுகின்றது.

பரிசோதனை 194B. அகலப்பக்கநிலையிலே குறுகிய சட்டக்காந்தமொன் றின் பயனை மண்டலம்.—இப்பரிசோதனையானது முந்தியதைப் போன்ற தேயாம். ஆனால், காந்தமானது அகலப்பக்கநிலையிலே வைக்கப்பட்டிருத் தல் வேண்டும் (உருவம் 209). இந்த நிலையிலே, குறுகிய சட்டக்காந்த மொன்றிற்கு $F = M/r^3$ ஆகும்.

§ 3. காந்தமானியைக்கொண்டு காந்தத்திருப்புதிறன்களின் ஒப்பீடு. முதற்படியான முறை

திறன் H ஐயுடைய ஒருசீரான மண்டலத்திலே அம்மண்டலத்துக்குச் செங்குத்தாக அச்சானது இருக்குமாறு காந்தமொன்று வைக்கப்படுமா யின், H இனூடு விகிதசமமான பொறிமுறை இணைவிசையொன்றைக் காந்த



உரு. 207. 'நீளப்பக்க' நிலை தான்சன் முறை

மானது அனுபவிக்கின்றது. மண்டலத்திறனுக்கு, இந்த இணைவிசையின் விகிதமானது **காந்தத்திருப்புதிறன் M** அல்லது காந்தத்தின் **திருப்பு திறன்** எனப்படும்.

முதலாவது சந்தர்ப்பத்திலே, காந்தத்திருப்புதிறன்களின் ஒப்பீட்டைப் பற்றிய தொடக்க விவாதமானது, ஒப்பிடப்படவேண்டிய காந்தங்களின் நீளங்கள் காந்தத்திலிருந்து காந்தமானியின் தூரத்திற்கு ஒப்பிடப்படும் போது, தவிர்க்கப்படக்கூடிய அளவுக்குச் சிறிதாயிருக்கு மெனக் கொண்டு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

பரிசோதனை 195. "நீளப்பக்க" (அல்லது A) நிலையை உபயோகித்துக் காந்தத் திருப்பு திறன்களின் ஒப்பீடு.—மேசையின்மேலே வைக்கப்பட்டுள்ள மீற்றரளவுச் சட்டமொன்றின்மேலே காந்தமானிப்பெட்டியை வைக்க. பெட்டியின் மையமானது அளவுச்சட்டத்தின் மையத்திற் பொருந்துமாறுங் காந்தமானியின் பூச்சியக்கோடானது அளவுச்சட்டத்தின் நீளப்பக்கமாயிருக்குமாறும் வைக்கப்படுதல்வேண்டும். காந்தமானியூசியைக்கொண்டு மதிப்பிடப்படும்போது கிழக்குமேற்காயிருக்குமாறு அளவுச்சட்டத்தைத் திருப்புக. (உருவம் 207).

(i) **தான்சன் முறை அல்லது சமதூர முறை**—காந்தத்திருப்புதிறன் M_1 ஐயுடைய முதலாவது காந்தத்தை, அதன் மையமானது அளவுச் சட்டத்திலே குறித்தவொரு பிரிவிலிருக்குமாறும், அதனச்சானது கிழக்கு மேற்காக நோக்கியிருக்குமாறும், வைக்க. காந்தத்தின் நீளத்திற்கு ஒப்பிடப்படும்போது காந்தமானியிலிருந்துள்ள காந்தம் வைக்கப்படும் தூரமானது பெரிதாயிருத்தல்வேண்டும். ஆயினும், ஊசியின் மிகச் சிறிய திரும்பலைக் கொடுக்கக்கூடிய அளவுக்குப் பெரிதாயிருத்தல் கூடாது. 15° இற்கும் 55° இற்குமிடையேயுள்ள எந்தத்திரும்பலும் பொருத்தமாயிருக்கும். இடமாறு தோற்றத்தின் பயனை வழுக்களைக் கவனமாய்த் தவிர்த்துக் கொண்டு ஊசியின் முனைகள் காட்டும் அளவீடுகளை எடுக்க. காந்தத்தின் மையத்தை முந்திய அளவுக்குறியிலேயே வைத்துக்கொண்டு அதனை முனைக்குமுனை திருப்பி, ஊசியின் நிலையினது அளவீட்டைத் திரும்பவும் எடுக்க.

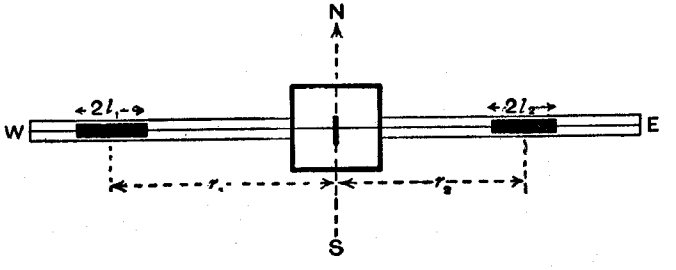
காந்தமானியின் மற்றப்பக்கத்திலே காந்தத்தை முந்திய தூரத்திலேயே வைத்துக் கொண்டு அவதானங்களைத் திரும்பவும் எடுக்க. எல்லா அளவீடுகளினதுஞ் சராசரியை θ_1 எனக் கொள்க.

முதலாவது காந்தத்தின் மையமானது வைக்கப்பட்ட நிலைகளிலேயே, காந்தத் திருப்புதிறன் M_2 ஐயுடைய இரண்டாவது காந்தத்தினதும் மையத்தை வைத்துக்கொண்டு முந்தியதைப் போலவே அளவீடுகளை எடுக்க. இந்த அளவீடுகளெல்லாவற்றினதுஞ் சராசரியை θ_2 எனக் கொள்க.

இப்போது, $F_1 = \frac{2M_1}{r^3}$, $F_2 = \frac{2M_2}{r^3}$; அத்துடன் $F_1 = H$ தான் θ_1, $F_2 = H$ தான் θ_2.

ஆகவே, ஏறத்தாழ, $$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\text{தான் } \theta_1}{\text{தான் } \theta_2}.$$

(ii) **திரும்பலின்றிய முறை**—இந்த முறையிலே இரண்டு காந்தங்களும் ஒரே நேரத்தில் உபயோகிக்கப்படும். ஒன்று காந்தமானிக்குக் கிழக்கேயும் மற்றது மேற்கேயுமிருக்கும். ஊசி திரும்பாதிருக்குமட்டும் காந்தமானியிலிருந்து அவற்றின் தூரங்கள் செப்பஞ்செய்யப்படும். காந்தமானியின் மையத்திலிருந்து காந்தங்களின் மையங்களினது தூரங்களாகிய r_1, r_2 களை அளக்க. r_1 ஐ மாற்றாது வைத்துக்கொண்டு காந்தங்களை நேர்மாறுக்குக. இரண்டாவது காந்தத்தை திரும்பலில்லாதிருக்குமாறு செப்பஞ்செய்க. r_2 என்பது இப்போது சிறிது வித்தியாசமான பெறுமானத்தைக் கொண்டிருத்தல் கூடும். r_2 இன் பெறுமானங்களிரண்டினதுஞ் சராசரியை எடுக்க.



உருவம் 208. 'நீளப்பக்க' நிலை. திரும்பலின்றிய முறை.

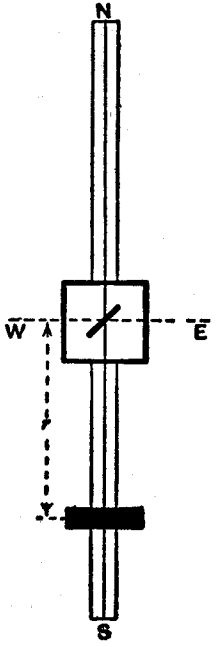
இப்போது, $F_1 = \frac{2M_1}{r_1^3}$, $F_2 = \frac{2M_2}{r_2^3}$; அத்துடன், திரும்பலானது பூச்சிய மாதலின் $F_1 = F_2$ ஆகும்.

எனவே, ஏறத்தாழ, $$\frac{M_1}{M_2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}.$$

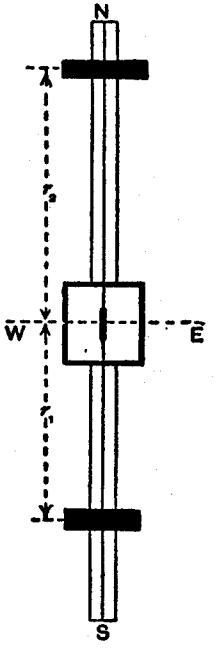
பரிசோதனை 196. "அகலப்பக்க", (அல்லது B) நிலையை உபயோகித்துக் காந்தத் திருப்புதிறன்களின் ஒப்பீடு.—காந்தமானிப்பெட்டியானது அளவுச்சட்டத்தின் மையத்திலிருந்தபடியே யிருக்கக் காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டிலிருக்குமாறு மீற்றரளவுச்சட்டத்தைத் திருப்புக. வட்டவளவுச்சட்டத்தின் பூச்சியத்தை நோக்கிக் காட்டியானது இப்பொழுது இருக்குமாறும் மீற்றரளவுச் சட்டத்தில் செங்கோணத்திற்கூடாகப் பெட்டியுஞ் சுற்றப்படுதல்வேண்டும்.

(i) **தான்சன் முறை அல்லது சமதூர முறை**—அச்சானது கிழக்குமேற்காயிருக்குமாறு முதலாவது காந்தத்தை மீற்றரளவுச்சட்டத்திலே வைத்துக் கொண்டு காட்டியின் நிலையினது அளவீட்டை எடுக்க. முனைக்கு முனை காந்தத்தை நேர்மாறுக்கித் திரும்பவும் அளவீட்டை எடுக்க (உருவம் 209).

காந்தமானியின் மற்றப்பக்கத்திலே அதேதூரத்திற் காந்தத்தை வைத்துக் கொண்டு அவதானங்களைத் திரும்பவும் எடுக்க. அளவீடுகளெல்லாவற்றினதுஞ் சராசரியை θ_1 எனக்கொள்க.



உருவம் 209. 'அகலப்பக்க' நிலை. தான்சன்முறை.



உருவம் 210. 'அகலப்பக்க' நிலை. திரும்பலின்றியமுறை

இரண்டாவது காந்தத்தையுங் காந்தமானியிலிருந்து அதேதூரத்தில் வைத்துக்கொண்டு அதேமாதிரியாக அளவீடுகளை எடுக்க. சராசரியை θ_2 எனக்கொள்க.

இப்போது, $\mathbf{F}_1 = \frac{\mathbf{M}_1}{r^3}$, $\mathbf{F}_2 = \frac{\mathbf{M}_2}{r^3}$; அத்துடன் $\mathbf{F}_1 = \mathbf{H}$ தான் θ_1,

$\mathbf{F}_2 = \mathbf{H}$ தான் θ_2.

எனவே, எறத்தாழ, $\frac{\mathbf{M}_1}{\mathbf{M}_2} = \frac{\text{தான் } \theta_1}{\text{தான் } \theta_2}$.

(ii) **திரும்பலின்றிய முறை**— ஒரு காந்தம் காந்தமானிக்கு வடக்கேயும் மற்றது தெற்கேயும் வைக்கப்படும். காந்தமானியிலிருந்து அவற்றின் தூரங்களாகிய r_1, r_2, களை ஊசியானது திரும்பலற்றிருக்குமட்டுஞ் செப்பஞ்செய்க (உருவம் 210). r_1 ஐ மாறாது வைத்துக்கொண்டு காந்தங்களை நேர்மாறுக்கி, r_2 இன் பெறுமானங்களினது சராசரியை எடுக்க. காந்தகளிரண்டும் கிழக்கு மேற்காயிருத்தல் வேண்டும்.

இப்போது $\mathbf{F}_1$ உம் $\mathbf{F}_2$ உம் சமமாயிருக்கின்றன; அத்துடன்

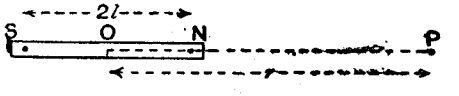
$$\mathbf{F}_1 = \frac{\mathbf{M}_1}{r_1^3}, \quad \mathbf{F}_2 = \frac{\mathbf{M}_2}{r_2^3}.$$

எனவே, எறத்தாழ, $\frac{\mathbf{M}_1}{r_1^3} = \frac{\mathbf{M}_2}{r_2^3}$.

ஆகவே, இரண்டு "**நீளப்பக்க**" நிலையிலும், இரண்டு "**அகலப்பக்க**" நிலையிலுமாக ஒப்பீட்டிற்குரிய நான்கு முறைகளுள. எல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் ஆராய்வின்கீழுள்ள காந்தங்களினச்சுகள் கிழக்கு மேற்காயிருத்தல் வேண்டும்.

§ 4. காந்தமானியைக்கொண்டு காந்தத்திருப்புதிறன்களின் ஒப்பீடு. உயர்தரமுறை

A. காந்தத்தின் அச்சிலுள்ள புள்ளியொன்றிலே காந்த விசை— "நீளப்பக்க" நிலை.— மூனைகள் $+m$ ஐயும் $-m$ ஐயுமுடையதும் $2l$



உருவம் 211. 'நீளப்பக்க' நிலை

நீளத்தையுடையதுமான காந்தமொன்றின் திருப்புதிறன் $\mathbf{M}$ ஆனது $2lm$ ஆகும். P இலுள்ள காந்த வடமுனையலகொன்றிற்குக்கும் விசையானது, N இலிருந்து

$$\frac{m}{\mathrm{NP}^2} = \frac{m}{(r-l)^2}$$

தள்ளுகையும் S ஐநோக்கிய,

$$\frac{m}{\mathrm{SP}^2} = \frac{m}{(r+l)^2}$$

கவர்ச்சியும் ஆகும்.

P இலே தொகுவிளைவான காந்தவிசையானது OP திசையிலிருக்கும். அத்துடன்,

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= \frac{m}{(r-l)^2} - \frac{m}{(r+l)^2} \\ &= \frac{m}{(r^2-l^2)^2}\{(r+l)^2-(r-l)^2\} \\ &= \frac{m4rl}{(r^2-l^2)^2} = \frac{2\mathrm{M}r}{(r^2-l^2)^2}.\end{aligned}$$

l இனோடு ஒப்பிடப்படும்போது r பெரிதாயிருக்குமாயின் l^2 நிராகரிக்கப்படலாம். இப்போது கோவையானது

$$F = \frac{2M}{r^3} \quad \text{(ஏறத்தாழ) ஆகின்றது.}$$

B. காந்தத்தின் மத்தியகோட்டுத்தளத்திலுள்ள புள்ளியொன்றிலே காந்தவிசை—"அகலப்பக்க நிலை."—இச்சந்தர்ப்பத்திலே காந்தத்தைச் செங்குத்தாக இருசமக்கூறிடுங் கோட்டிலே புள்ளி P இருக்கும் (உருவம் 212). P இலே காந்தவிசையின் கூறுகள் NP இன் வழியே m/NP^2 உம், PS இன் வழியே m/SP^2 உம் ஆகும்.

பருமனிற் சமமான இக்கூறுகளொவ்வொன்றும், OP இற்கு நேராகவுஞ் செங்குத்தாகவுமுள்ள விசைகளாகப் பிரிக்கப்படலாம். OP திசையிலுள்ள விசைகள் ஒன்றையொன்று சமமாக்குகின்றன. OP இற்குச் செங்குத்தான விசைகள்

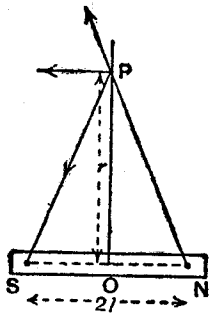
$$F = \frac{m}{NP^2}\text{கோசை PNO} + \frac{m}{SP^2}\text{கோசை PSO} = \frac{2m}{NP^2}\frac{ON}{NP} = \frac{2ml}{NP^3} = \frac{M}{(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}}},$$

எனக் கொடுக்கின்றன.

அல்லது, l இனோடொப்பிடப்படும் போது r பெரிதாயிருக்குமாயின்,

$$F = \frac{M}{r^3} \quad \text{(ஏறத்தாழ)}^1.$$

காந்தத்தின் பயனான காந்தவிசை F ஐப் புவியின் கிடையான விசை H இனோடு, $F = H$ தான் θ என்னுங் கோவையைக்கொண்டு ஒப்பிடுகின்றோம் (பக்கம் 503). காந்தமானியின் ஊசியானது அவ்வளவு சிறிதெனக் கொண்டு அதற்கு அண்மையிலுள்ள மண்டலமானது ஒருசீரானது எனக் கருதப்படும்.



உரு. 212.
'அகலப் பக்க' நிலை.

காந்தமானியைக்கொண்டு காந்தங்களிரண்டின் காந்தத்திருப்புதிறன்களை ஒப்பிடுதற்குரிய வெவ்வேறான நான்கு முறைகளை இதற்கு முந்திய பேறுகள் கொடுக்கின்றன. இன்னுங்கூடுதலான பரிசோதனை விவரங்கள் தேவையாயின் 509 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க.

பரிசோதனை 197. "நீளப்பக்க" நிலையை உபயோகித்துக் காந்தத் திருப்புதிறன்களின் ஒப்பீடு.—(195 ஆம் பரிசோதனையினோடு இது ஒத்தது.)

[1] $NP = SP = d$ ஆயின், $r^2 + l^2 = d^2$ எனக் காண்கின்றோம். எனவே $F = M/d^3$ திருத்தமாக.

(i) தான்சன்முறை, அல்லது, சமதூரமுறை.—காந்தமானியிலிருந்து ஒரே தூரம் r இலே முறையாக ஒவ்வொரு காந்தத்தையும் வைக்க. அப்போது, காந்தத்தின் அச்சானது ஊசியின் மையத்தினூடு செல்லக்கூடியதாகவும் காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டிற்குச் செங்குத்தாயிருக்கக் கூடியதாகவும் ஒழுங்கு செய்யப்படுதல் வேண்டும். திருப்புங் காந்தமானது, அதனச்சுக் கிழக்கு மேற்காயிருக்குமாறு வைக்கப்படுதல் வேண்டும். பின்னைய செப்பஞ்செய்கை உறுதியானவுடன் காந்தமானது ஊசியின் உயர்வுத்திரும்பலை உண்டாக்கும்.

காட்டியின், θ_1, θ_2, ஆகிய இரண்டு திரும்பல்களையும் அவதானிக்க.

எனின், $F_1 = \frac{2M_1 r_1}{(r_1^2 - l_1^2)^2}$, அத்துடன் $F_2 = \frac{2M_2 r_2}{(r_2^2 - l_2^2)^2}$. இச்சந்தர்ப்பத்திலே $r_1 = r_2 = r$ எனக்கொள்க.

ஆகவே, $\frac{F_1}{F_2} = \frac{2M_1 r/(r^2 - l_1^2)^2}{2M_2 r/(r^2 - l_2^2)^2} = \frac{H \text{ தான் } \theta_1}{H \text{ தான் } \theta_2}$,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{(r^2 - l_1^2)^2}{(r^2 - l_2^2)^2} \times \frac{\text{தான் } \theta_1}{\text{தான் } \theta_2}.$$

காந்தங்கள் ஏறத்தாழ ஒரே நீளத்தையுடையனவாயின்,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\text{தான் } \theta_1}{\text{தான் } \theta_2}.$$

r என்பது திருப்புங்காந்தத்தின் **மையத்திலிருந்து** காந்தமானியூசியின் மையத்தின் தூரமென்பதை அவதானிக்க.

(ii) திரும்பலின்றிய முறை—காந்தங்களை மேலேயுள்ளவற்றைப் போன்ற நிலைகளிலேயே, ஆனால், ஊசியின் ஒவ்வொரு பக்கத்துக்குமொன்றாக, ஒழுங்குசெய்க. காந்தமானியூசியிலே திரும்பலில்லாதிருக்குமட்டும் அவற்றின் தூரங்களைச் செப்பஞ்செய்க.

இத்தூரங்கள் r_1, r_2 ஆயின், $F_1 = F_2$ எனப் பெறுகின்றோம்.

$$\therefore \frac{2M_1 r_1}{(r_1^2 - l_1^2)^2} = \frac{2M_2 r_2}{(r_2^2 - l_2^2)^2} \text{ அல்லது, } \frac{M_1}{M_2} = \frac{(r_1^2 - l_1^2)^2}{(r_2^2 - l_2^2)^2}\frac{r_2}{r_1}.$$

l^2 இனோடு ஒப்பிடும்போது r_1^2 உம் r_2^2 உம் பெரிதானவையாயின்,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{r_1^3}{r_2^3} \quad \text{எனச் சுருங்கும்.}$$

பரிசோதனை 198. "அகலப்பக்க" நிலையை உபயோகித்துக் காந்தத்திருப்பு திறன்களின் ஒப்பீடு—(196 ஆம் பரிசோதனையிலோடு இது ஒத்தது).

(i) **தான்சன் முறை,** அல்லது **சமதூரமுறை.**—ஊசியின் மையத்திலிருந்து ஒரேதூரம் r இலே முறையாகக் காந்தத்தை வைக்க. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் உண்டான திரும்பலே அவதானிக்க. அச்சுகள்கிழக்கு மேற்காயிருக்குமாறு திருப்புங் காந்தங்கள் வைக்கப்படல் வேண்டுமென்பதை மீண்டும் அவதானித்துக்கொள்க.

ஆயின், பொதுவாக,

$$F_1 = \frac{M_1}{(r_1^2 + l_1^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad \text{அத்துடன்} \quad F_2 = \frac{M_2}{(r_2^2 + l_2^2)^{\frac{3}{2}}}$$

இச்சந்தர்ப்பத்திலே $r_1 = r_2 = r$ எனக் கொள்ளப்படுமாயின்,

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{M_1/(r^2 + l_1^2)^{\frac{3}{2}}}{M_2/(r^2 + l_2^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{H \text{ தான் } \theta_1}{H \text{ தான் } \theta_2},$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{(r^2 + l_1^2)^{\frac{3}{2}} \text{ தான் } \theta_1}{(r^2 + l_2^2)^{\frac{3}{2}} \text{ தான் } \theta_2}.$$

காந்தங்கள் ஏறத்தாழ ஒரே நீளத்தையுடையனவாயின்,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\text{தான் } \theta_1}{\text{தான் } \theta_2}.$$

(ii) **திரும்பலின்றியமுறை.**—ஊசிக்கு வடக்குந் தெற்கும் மையங்கள் இருக்குமாறு காந்தங்களை ஊசியின் இருபக்கங்களிலும் வைக்க. காந்தமானியூசியானது காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டிலிருக்குமாறு அவற்றின் தூரங்களைச் செப்பஞ் செய்க.

ஊசியிலிருந்து காந்தங்களின் தூரங்கள் r_1, r_2 ஆயின்,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{(r_1^2 + l_1^2)^{\frac{3}{2}}}{(r_2^2 + l_2^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

இனோடு ஒப்பிடும்போது l_1, l_2 சிறிதாயிருக்குமாயின்,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{r_1^3}{r_2^3} \quad \text{என இது சுருங்கும்.}$$

θ இனதும் r இனதும் அளவுகள் எடுத்தலைப்பற்றிய குறிப்பு.—திருப்புங்காந்தமானது ஒருசீராய்க் காந்தமாக்கப்படாதிருந்தால், அதன் காந்தமத்தியகோடானது ஒரு முனையிலும்பார்க்க மற்றதற்குக் கூடிய

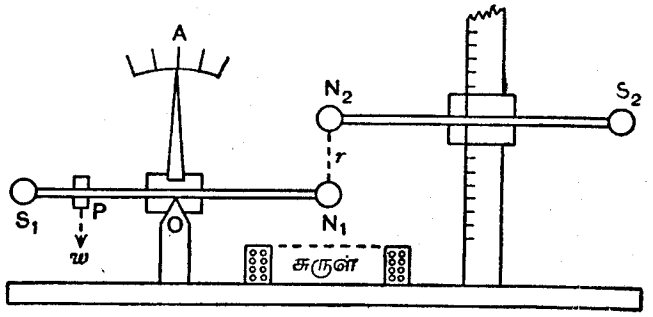
அண்மையிலிருக்கும். ஆகவே, மெய்யான தூரம் r ஆனது ஊசியின் மையத்திலிருந்து சட்டத்தின் மையத்தினது தூரமாகாது. இன்னும், ஊசியின் சுழற்சித்தானமானது காந்தமானிப் பெட்டியின் மையத்திற் சரியாயில்லாவிட்டால், r இற்குரிய பெறுமானமானது இதன் பயனுகவும் பிழையாயிருத்தல் கூடும். இவ்விரு காரணங்களின் பயனை வழுக்களைத் தவிர்க்க வேண்டுமாயின், காந்தத்தை முதலிலே ஒருபக்கத்துக்கு வைத்துத்திரும்பலை எடுத்தபின், அதனை நேர்மாறுக்கி எடுத்தல் வேண்டும். இதன் பின்பு காந்தமானியின் மற்றப்பக்கத்திலே, சமதூரம் r இலே காந்தம் வைக்கப்பட்டு இப்பக்கத்திலே காந்தத்தின் இரண்டு நிலை களுக்குமுரிய ஊசியின் திரும்பல்கள் எடுக்கப்படுதல் வேண்டும். ஒவ்வொருதரமுங் காட்டியின் இரு முனைகளின் அளவீடுகளையும் எடுத்து எல்லாமாக θ இற்குரிய எட்டு அளவீடுகள் எடுக்கப்படுதல் வேண்டும். இவற்றின் சராசரியே மெய்யான திரும்பல் θ ஆகக் கொள்ளப்படும்.

திரும்பலின்றிய முறையிலே ஒரு காந்தமானது அதே தூரம் r_1 இலே எப்போதும் எடுக்கப்படுதல் வேண்டும். r_1 இனோடொத்த r_2 ஐ யெடுத்த பின்பு இரண்டு காந்தங்களும் நேர்மாறுக்கப்படுதல் வேண்டும். பூச்சியத் திரும்பலைப் பெறுதற்கு இரண்டாவது தூரம் r_2 இற்குரிய புதிய பெறுமானமொன்று காணப்படலாம். இதன்பின் காந்தங்களிரண்டுங் காந்தமானியின் மற்றப் பக்கங்களில் வைக்கப்பட்டு, முதலாவது காந்தமானது r_1 தூரத்திலிருக்கும்போதே பூச்சியத்திரும்பலைப்பெறுதற்காக r_2 இற்குரிய மேலதிகப் பெறுமானங்களிரண்டு காணப்பெறும். r_2 இன் நான்கு பெறுமானங்களினதுஞ் சராசரியே கணித்தல்களில் உபயோகிக்கப்படும்.

இபேட்டின் (Hibbert) காந்தத்தராசு

காந்தமுனைகளுக்கிடையேயுள்ள விசையின் விதியை முறுக்கற்றராசொன்றைக்கொண்டு கூலோம் (Coulomb) ஆராய்ந்தார். இதற்கு ஒரு நூற்றாண்டின் பின்பு இபேட்டு என்பவர் 212 A ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ள ஆய்கருவி யொன்றை அமைத்தார். அடுத்துள முனைகளிரண்டிற்கிடையேயுள்ள விசையானது வளையிலுள்ள செப்பஞ் செய்யப்படக்கூடிய ஏறி அல்லது வழுக்கற்றிணிவு ஒன்றின் நிறையினுற் சமமாக்கப்படக்கூடிய புவியீர்ப்புத் தராசாக இது கொள்ளப்படலாம். இரண்டு காந்தங்கள் உபயோகிக்கப்படும். இவை குண்டுமுனைக் காந்தங்களாயிருப்பது விரும்பத்தக்கது. "ஆடற் காந்தம்" எனப்படும் முதலாவது காந்தம் N_1S_1, தராசின் வளையாகத் தொழிற்படும். அகேற்றுத் தாங்கிகளில் வேலைசெய்யும் உருக்குச் சுழற்சித்தானங்களைக் கொண்ட மத்திய குற்றியொன்றிலே இது பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. அளவு குறிக்கப்பட்ட வில்லொன்றின் மேலே இயங்குகின்ற காட்டியொன்றைக் குற்றியானது காவுமாயின், திருத்தங்

கூடிய விளைவுகள் பெறப்படலாம். "நிலையான காந்தம்" எனப்படும் இரண்டாவது காந்தம் N_2S_2 ஆனது நிலைக்குத்தான சதமமீற்றரளவுச் சட்டமொன்றில் வழுக்கிச் செல்லக்கூடியதும் நுண்ணிதாய்ச் செப்பஞ் செய்யப்படக்கூடியதுமான சட்டமொன்றிலே இடையாகப் பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தங்கள் போதிய நீளத்தையுடையனவாயின், S_1, S_2 முனைகளின் பயனுன விசைகள் தவிர்க்கப்படலாம்.



உரு. 212A. இபேட்டின் காந்தத்தராசு

வளையிலுள்ள ஏதாவதொரு புள்ளி P இலே எறியை வைத்துக் கொண்டு, காட்டியானது வில்லின் மையத்தைக் கொண்டு அலையுமட்டும், "நிலையான காந்தம்" செப்பஞ் செய்யப்படும். நடுநிலையிலே முனைகள் N_1, N_2 களுக்கிடையேயுள்ள F தைன் விசையின் திருப்பு திறனுனது எறியின் நிறையாகிய $w=mg$ தைனின் திருப்புதிறனைச் சமமாக்குகின்றது. எனவே, $F \times ON_1 = w \times OP$. இச்சமன்பாட்டிலிருந்து தைனில் விசை F ஆனது அறியப்பட்டு Fr^2 இன் பெறுமானங் கணிக்கப் படலாம். $F = \frac{m_1 m_2}{r^2}$ என்பது உண்மையாயின், கொடுக்கப்பட்ட முனைவு களின் சோடியொன்றுக்குப் பெருக்கம் Fr^2 ஆனது மாறிலியாயிருக்கும்.

பல காந்தங்களின் முனைத்திறன்களினது ஒப்பீடு இபேட்டின் தராசைக் கொண்டு செய்யப்படலாம்.

அத்தியாயம் 3

காந்தமண்டலமொன்றிலே காந்தமொன்றின் அலைவுகள்

§ 1. அலைவுகளைக்கொண்டு காந்தமண்டலங்களின் ஒப்பீடு

ஒருசீரான காந்தமண்டலமொன்றிலே சமச்சீர் அச்சொன்றைக் கொண்டு அலையுமாறு காந்தமொன்று தொங்கவிடப்படும்போது, கோணவாடல்கள் சிறிதாயிருக்குமாயின் இயக்கமானது எறத்தாழத் தனியிசையாயிருக்கும். ஒரு முற்றுன அதிர்வின் காலமானது, (இயக்கம் எறத்தாழத் தனியிசையாயிருக்குமென்ற ஒப்புக்கோளைக்கொண்டு அனுமானிக்கப்பட்ட, பக்கம் 189) பின்வருஞ் சூத்திரத்தினுற் கொடுக்கப்படும்.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{MH}}.$$

இங்கு, T என்பது ஆவர்த்தனகாலம், I என்பது தெரியப்பட்ட அச்சைப் பற்றி சடத்துவத் திருப்புதிறன், M என்பது காந்தத்திருப்புதிறன், H என்பது காந்தமண்டலத்திறன், ஆகும்.

அதே காந்தமானது காந்தமண்டலமொன்றின் வெவ்வேறிடங்களில் அலையவிடப்படுமாயின், I உம் M உம் மாருதிருக்க, T உம் H உம் மாறும்.

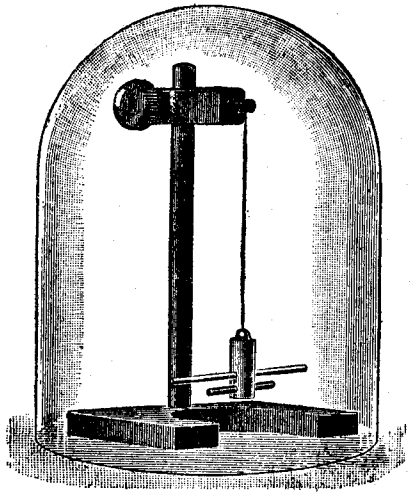
$$HT^2 = \frac{4\pi^2 I}{M}$$

$$= C \text{ (இங்கு C என்பது ஒரு மாறிலியாகும்).}$$

எனவே, **தெரிந்த** திறனையுடைய காந்தமண்டலமொன்றிலே காந்த மொன்றை அலையவிட்டு மாறிலி C இன் பெறுமானந் தீர்மானிக் கப்பட்டிருக்குமாயின், வேறெந்த மண்டலத்திலும் T இன் பெறுமானத் தைக்கண்டு அம்மண்டலத்திறனைக் காணலாம்.

பரிசோதனை 199. புவிமண்டலவலு தெரிந்ததெனக்கொண்டு எந்தப் புள்ளியிலும் மண்டலவலுவினது தீர்மானம்.—இப்பரிசோதனையில் உபயோ கிக்கப்படும் அலையுமூசியானது எறத்தாழ 2 ச.மீ. மட்டும் நீளமுள்ள சிறிய வுருக்குக் காந்தமாகும். இது சிறிய பித்தளைத் தண்டொன்றிற் சிடையா யேற்றப்பட்டுத் தனிப்பட்டிழையொன்றைக்கொண்டு தொங்கவிடப்பட்டி ருக்கும். பாரமான சிறிய "எலிவாலரத்துண்டு" ஒன்று ஊசியாக உப யோகிப்பதற்கு எற்றதாகும். அலைவுகளின் அவதானங்களை இலகுவாக நோக்கவேண்டுமாயின் தண்டிலேடு பாரமற்ற அலுமினியக்காட்டியொன்று இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். கண்ணுடி மூடியொன்றைக்கொண்டு

ஆய்கருவியானது வளியோட்டங்களிலிருந்து பாதுகாக்கப்படுதல்வேண்டும். இரும்புக்குழாய்கள், இரும்படுப்புகள் முதலான இரும்புத்திணிவுகளுக்கப் பால் மேசையொன்றிலே ஆய்கருவியானது வைக்கப்படுதல்வேண்டும். அயலிலிருந்து கத்திகள், சாவிகள் முதலியவற்றிலோடு மற்றுங் காந்தங்களெல்லாவற்றையும் அகற்றிவிடுக. காந்தமொன்றைக் கணநேரத்துக்கு அதனண்மையிற் கொணர்ந்து ஊசியை அலையவிடுக. வீச்சுச் சிறிதாயிருக்கும்போதே இயக்கமானது தனியிசையியக்கத்தைத்தருமாதலின், அலைவுகளின் வீச்சைச் சில பாகைக்கு அதிகமாக விடாது தடுத்துக்கொள்க. முழு அலைவுகளின் ஒரு தொகையை ஊசியானது முற்றுக்க எடுக்கும் நேரத்தை அவதானிக்க. கூடுமாலல் 40 அல்லது 50 அலைவுகளை அவதானித்தல் வேண்டும். இதிலிருந்து முழு அலைவொன்றுக்குரிய காலம் T_0 ஐக் கணிக்க.



உருவம் 213. சேளின் அலையுமூசி

புவிக்காந்தமண்டலத்தின் கிடைக்கூறுகிய H_0 என்பதைத் தெரிந்ததாகக் கொண்டு

$$H_0T_0^2 = C$$

என்ற சமன்பாட்டின் மூலம் மாறிலி C இற்குரிய பெறுமானத்தைக்காண்க.

வேறேதாவது இடத்திலுள்ள கிடைமண்டலமாகிய H ஐத் தீர்மானிப்பதே பரிசோதனையின் நோக்கமாகும். மண்டலத்திறனை அறியவேண்டிய இடத்துக்கு ஆய்கருவியை இயக்கி, அங்கு திரும்பவும் அலைவொன்றின் காலம் T ஐ அவதானிக்க. இப்போது பெறப்பட்ட C இன் பெறுமானத்தை உபயோகித்து, $HT^2 = C$ என்பதிலிருந்து H இன் பெறுமானத்தைத் தீர்மானிக்க. பரிசோதனைச் சாலையின் காந்தநாடிக்கணித்தலொன்று இவ்வாறு செய்யப்படலாம்.

புவிமண்டலத்தின் விளைவை நீக்குதல்

ஒன்றுவது தெரியாத இரு மண்டலங்களை ஒப்பிடுதல் பெரும்பாலுந் தேவைப்படும். இரண்டு மண்டலங்களையும் தனியாக்க முடியுமாயின், முன்னரே விவரிக்கப்பட்டதுபோலவே இதனைச் செய்யமுடியும். பொதுவாக இதனைச் செய்யமுடியாதாதலின், புவிமண்டலத்திலோடு, ஒப்பிடப்படவேண்டிய மண்டலங்களுளொன்றுஞ்சேர்ந்த மண்டலமொன்றிலே ஊசியானது அலைய விடப்படுதல்வேண்டும்.

மண்டலங்களுளொன்றுகிய (F) ஆனது புவிமண்டலம் (H_0) இலோடு **சமாந்தரநிலையில்** ஒழுங்குசெய்யப்பட்டிருக்குமாயின், தொகுவிளைவான மண்டலம் (H) ஆனது F இனதும் H_0 இனதுங் கூட்டுத்தொகையாயேனும் வித்தியாசமாயேனும் இருக்கலாம். இப்போது ஊசியானது இக்கூட்டு மண்டலத்திலே அலையவிடப்பட்டு ஆடலின் ஆவர்த்தனகாலம் (T) ஆனது தீர்மானிக்கப்படும். சேர்க்கைமண்டலமானது F இனதும் H_0 இனதுங் **கூட்டுத்தொகை**யாயிருக்குமாயின் ஆகக்கூடிய திருத்தமானது பெறப்படலாமென்பது முக்கியமாகக் கவனிக்கவேண்டியதாகும். ஆகவே, கூடுமாயின், மண்டலம் F ஆனது புவிமண்டலத்துக்கு உதவுமாறு ஒழுங்குசெய்யப்படுதல்வேண்டும். எனவே, ஊசியானது தனியே புவிமண்டலத்திலும் பார்க்கக் கூடிய விரைவாயலைந்தகொண்டு **புவிமண்டலத்திலிருக்கும்போதுள்ள திசையையே நோக்கிநிற்கும்.**

புவிமண்டலத்தில் ஆடலின் ஆவர்த்தனகாலமாகிய T_0 ஆனது அறியப்படுமாயின், அடிப்படைச் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$H_0 = \frac{C}{T_0^2}$$ எனப் பெறுகின்றோம்.

அத்துடன், $$H = \frac{C}{T^2}.$$

ஆலல், $$H = H_0 + F,$$

அல்லது $$F = H - H_0.$$

ஆகவே, $$F = \frac{C}{T^2} - \frac{C}{T_0^2},$$

அல்லது $$F = C\left(\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T_0^2}\right)$$

F_1, F_2 ஆகிய மண்டலங்களிரண்டும் ஒப்பிடப்படும்போது புவியின் கிடைமண்டலம் H_0 இற்கு உதவுமாறு அதலோடு வெவ்வேறுகச் சேர்க்கப்

படுதல்வேண்டும். ஊசியின் ஆடலின் ஆவர்த்தனகாலமானது சேர்க்கை மண்டலங்களிரண்டிலுந் தீர்மானிக்கப்படும். $\mathbf{F_2}$ இற்கு $\mathbf{F_1}$ இன் விகிதமானது

$$\frac{\mathbf{F_1}}{\mathbf{F_2}} = \frac{\left\{\frac{1}{T_1^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\}}{\left\{\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\}}$$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.

மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ள விவாதத்திலிருந்து இக்கோவையை மாணவன் அனுமானித்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 200. தனிக்காந்தமுனைவொன்றிற்குரிய விசையின் விதியைச் சரிபார்த்தல்.—மற்றுங் காந்தங்களெவையேனும் அயலிலில்லாதகற்றப்பட்டுள்ளபோது அலையும் ஊசியானது ஐம்பது முழு ஆடல்களைச் செய்ய எடுக்கும் நேரத்தை அவதானிக்க. ஊசியானது காற்றோட்டங்களிலிருந்து காப்பாற்றப்பட்டிருப்பதுடன் அலைவுகளின் வீச்சானது சிலபாகைகளிலும் மிகுந்திருத்தல்கூடாது.

இச்சந்தர்ப்பத்திலே, புவிக்காந்தத்தின் பயனை மண்டலத்திறன் $\mathbf{H_0}$ ஆயிருக்கும்போது அதிர்வுக்காலத்தை $\mathbf{T_0}$ எனக்கொள்க.

எனின், $\mathbf{H_0 T_0^2 = C}$ (C ஒரு மாறிலியாகும்).

$\mathbf{H_0}$ என்பது தெரிந்ததாயின் இச்சமன்பாட்டிலிருந்து C இன் பெறுமானங் கணிக்கப்படலாம். ஆனால், விளைவுகளின் செய்கையின்போது இது வெட்டுப்படுமாதலின், இதனைச் செய்யவேண்டிய அவசியமில்லை.

ஆயின், $\mathbf{H_0 = \frac{C}{T_0^2}}$ என்னுந் தொடர்பைப் பெறுகின்றோம்.

இதன்பின்பு முன்னரே குறிப்பிடப்பட்ட மிக்க நீளமான குண்டுமுனைக் காந்தங்களுளொன்றை எடுத்து மரத்தாங்கியொன்றிலே அதனை நிலைக்குத்தாகத் தாங்குக. ஊசியின் மையத்தினூடாகக் காந்த வடதென் திசையை நோக்கியுள்ள கோடொன்றின் நேரே எங்காவது கீழ்முனைவை வைக்க.

இப்போது ஊசியானது ஏறத்தாழ முன்னிலும் விரைவாக ஆடக்கூடும். அன்றேல் முனைக்குமுனை திரும்ப முயலவுங்கூடும். இது முனையின் இயல்பிலும் அது வைக்கப்பட்டுள்ள நிலையிலும் தங்கியிருக்கும்.

அலையும் ஊசியானது புவிமண்டலத்தில் மட்டும் நின்ற அதே திசையையே நோக்கி நிற்குமாறும் **ஆடலின் ஆவர்த்தனகாலம் முந்தியதிலும் குறுகியதாயிருக்குமாறும்** முனையானது வைக்கப்படல் வேண்டுமென்பதைக் குறித்துக்கொள்ளல் அவசியமாகும்.

அலைவுக்காலஞ் சிறிதாயிருக்கின்றதாதலின் காந்தம் அலைந்து கொண்டிருக்கும் மண்டலம் H ஆனது முந்தியதிலும்பார்க்க வலுக்கூடியதாயிருக்கும். இச்சேர்க்கை மண்டலமானது காந்த முனையின் பயனை மண்டலம் F இனதும் புவியின் பயனை $\mathbf{H_0}$ இனதும் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமமாகும்.

எனின், $\mathbf{H = H_0 + F}$.

காந்தத்தின் கீழ்முனையை அலையுமூசியிலிருந்து வெவ்வேறு தூரங்களாகிய r_1, r_2, r_3 களில் வைக்க. காந்தத்தின் முனையானது ஊசியின் ஒரேபக்கத்திலும் ஊசியினூடு செல்லும் உச்சநெடுங்கோட்டிலும் எப்போதும் இருத்தல்வேண்டும். r_1, r_2 போன்ற வெவ்வேறு தூரங்களை ஏறத்தாழ 5 ச.மீ. தொடக்கம் 20 ச.மீ. வரையில் எடுத்துக்கொள்க. முனையின் வெவ்வேறு தூரங்களுக்கு, ஊசியின் ஆடற்காலங்களாகிய $\mathbf{T_1}$, $\mathbf{T_2}$, $\mathbf{T_3}$ முதலியவற்றைக் காண்க.

தனிமுனையொன்றின் மண்டலமானது, முனையிலிருந்துள்ள தூரவர்க்கத்திற்கு நேர்மாறாக மாறுமென இப்பரிசோதனையைக்கொண்டு காட்ட விரும்புகின்றோம். அதாவது, F என்பது $1/r^2$ இற்கு விகிதசமமாகுமெனக் காட்ட விரும்புகின்றோம்.

$$\mathbf{F_1 r_1^2 = F_2 r_2^2 = F_3 r_3^2} \quad . \quad . \quad . \quad .$$

என நிறுவினோமாயின் இதனைக் காட்டியவராவோம்.

இப்போது, $\mathbf{F_1 = C\left\{\frac{1}{T_1^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\}}$ (பக்கம் 520),

$\mathbf{F_2 = C\left\{\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\}}$,

இவற்றைப்போற் பிறவும்.

எனவே,

$$\mathbf{C\left\{\frac{1}{T_1^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\} r_1^2 = C\left\{\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\} r_2^2 = C\left\{\frac{1}{T_3^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\} r_3^2 =},$$

என நிறுவினோமாயின் நாம் விரும்பியதைக் காட்டியவராவோம்.

இவற்றுளொவ்வொன்றிலும் மாறிலி C ஆனது வருகின்றதாதலின் சமத்துவத்தைத் தாக்காதே அதனை வெட்டிவிடலாம். எனவே,

$$r_1^2\left\{\frac{1}{T_1^2}-\frac{1}{T_0^2}\right\}=r_2^2\left\{\frac{1}{T_2^2}-\frac{1}{T_0^2}\right\}=r_3^2\left\{\frac{1}{T_3^2}-\frac{1}{T_0^2}\right\}=\ .\ .\ .$$

எனக் காட்டுவோமாயின்

$$F_1r_1^2=F_2r_2^2=F_3r_3^2=\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .$$

அல்லது F என்பது $1/r^2$ இனோடு விகிதசமமாகுமெனக் காட்டியவராவோம்.

அவதானங்களைப் பின்வருமாறு ஒழுங்குசெய்க :—

முனையின் தூரம் r (ச.மீ.)	ஆடற்காலம் T	$\frac{1}{T^2}$	$\frac{1}{T^2}-\frac{1}{T_0^2}$	$r^2\left\{\frac{1}{T^2}-\frac{1}{T_0^2}\right\}$
5				
6				
7				
8				
10				
12				
15				
20				
முடிவிலி	$T_0=$			

முனையானது முடிவிலியிலிருக்கும்போது, ஆவர்த்தனகாலம், புவிமண்டலத்தில் மட்டும் எடுத்த ஆடற் காலத்துக்குச் சமமாகுமென்பது வெளிப்படை.

கடைசி நிரலானது ஏறத்தாழ மாறிலியாகக் காணப்படுமாதலின், விசையானது, தனிமுனையொன்றின் தூரவர்க்கத்தினோடு நேர்மாறுக மாறுமென்பது தெளிவாகும்.

இவ்வவதானங்களின்போது, முந்திய பரிசோதனையொன்றிற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோலவே (காந்தமானியைக்கொண்டு தனிமுனையின் மண்டலம், பக்கம் 505), காந்தத்தின் மேன் முனையினது விளைவு தவிர்க்கப்படலாம்.

§ 2. அலைவுகளைக்கொண்டு காந்தத்திருப்புதிறன்களின் ஒப்பீடு

திறன் H ஐயுடைய காந்தமண்டலமொன்றிலே அச்சானது கிடைநிலையிலிருக்குமாறு காந்தமொன்று நுண்ணிய இழையொன்றைக்கொண்டு தொங்கவிடப்படுமாயின், அச்சானது குறித்த சமநிலைத் திசையொன்றை அடையும். இச்சமநிலையிலிருந்து காந்தமானது சிறிது குழப்பப்படுமாயின் அந்நிலையைச்சுற்றி அதிர்வுகளை அது உண்டாக்கும்.

அலைவுகள் சிறிதாயிருப்பின், அதிர்வுகள் சமகாலத்தையுடையனவாதலினால் ஒவ்வோராடலின் காலமும் ஒன்றுகவேயிருக்கும். காலமானது காந்தத்தின் உருவத்திலுந் திணிவிலுஞ் சமநிலைக்கு அதனைத்திருப்பிக் கொண்டுவர முயலும் இணைவிசையிலுந் தங்கியுள்ளது.

(முன்னோக்கியும் பின்னோக்கியுமுள்ள) முழுவதிர்வொன்றின் காலம்

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.

எனவே, I உம் H உம் மாறாது வைக்கப்படுமாயின், அதிர்வுக்காலத்தின் வர்க்கமானது தொங்குந்தொகுதியின் காந்தத்திருப்புதிறனோடு நேர்மாறுன விகிதசமமாயிருக்கும்.

$$T^2=\frac{4\pi^2I}{MH}=\frac{4\pi^2I/H}{M}=\frac{K}{M}.$$

இங்கு K என்பது $\frac{4\pi^2I}{H}$ பெறுமானத்தைக்கொண்ட ஒரு மாறிலியாகும்.

I என்பது மாறிலியாயில்லாவிட்டால், அதே மண்டலமானது உபயோகிக்கப்படும்போது T^2 என்பது I/M இனோடு விகிதசமமாயிருக்கும்.

பரிசோதனை 201. வெவ்வேறுக அலையவிடுதன்முறையாக காந்தங்களிரண்டின் காந்தத் திருப்புதிறன்களின் ஒப்பீடு.—கிடைத்தளமொன்றில் அலையுமாறு காந்தங்களுளொன்றை நுண்ணிய இழையொன்றைக்கொண்டு தொங்கவிடுக. புவிமண்டலத்தின் தாக்கத்தின் கீழிருக்கும்போது மட்டும் 50 முழு அலைவுகளை எடுத்து அதன் அலைவுக்காலத்தைக் குறித்துக்கொள்க. இக் காலத்தை T_1 எனக் கொள்க.

இக்காந்தத்தை அகற்றிவிட்டு இதனிடத்திலே இரண்டாவது காந்தத்தைப் பிரதியிடுக. இதனைக் கூடியவளவுக்கு முதலாவதன் நிலையிலேயே ஆடவிடுதல் வேண்டும். முன்போலவே, இதன் அலைவுக்காலத்தை எடுக்க. இதனை T_2 எனக் கொள்க.

அலைவின் இப்பரிசோதனைகளைச் செய்யும்போது, இழையிலுள்ள முறுக்கானது முதலில் அகற்றப்படுதல்வேண்டும். தொங்கவிடப்படுங் காந்தத்தின் நிறையளவு படியின் கீழ் அதன் முறுக்கை அகற்றுதல் வேண்டும். இவ்வாறு செய்யப்படாதுவிட்டால், காந்தமானது வடக்குத்தெற்காயுள்ள கோடொன்றைச் சுற்றி அலையாது. தொங்கவிடும் இழையின் முறுக்கின் பயனை இணைவிசையினால் இது கோட்டைவிட்டுத் திருப்பப்படும். இயக்கமானது காற்றேட்டத்தினாற் றுக்கப்படாது அலைவுகள் எளிதில் அவதானிக்கப்படக்கூடியதாய்க் காந்தங்கள் கண்ணாடிப்பக்கங்களையுடைய மூடிய பெட்டியொன்றிலே அலையவிடப்படுதல்வேண்டும் (உருவம் 216).

காந்தமானது மத்திய நிலையினூடு ஆடும்போது ஆடல்களை எண்ணிக் காலங் குறிக்கப்படுதல் வேண்டும். ஆடற்கோணமானது இந்த நிலையிலிருந்து இரு பக்கங்களுக்கும் 5° இலும் அதிகப்படுதல் கூடாது.

எனின், $$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I_1}{M_1H}},$$

அத்துடன் $$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I_2}{M_2H}}.$$

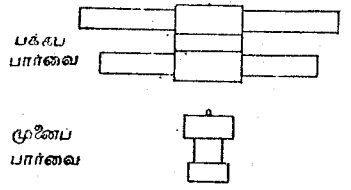
ஆகவே, $$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{I_1M_2}{I_2M_1},$$

அல்லது $$\frac{M_1}{M_2} = \frac{I_1T_2^2}{I_2T_1^2},$$

காந்தங்களின் திணிவுகளையும் அளவுகளையுங்கொண்டு I_1 ஐயும் I_2 ஐயும் கணித்து (சடத்துவத்திருப்புதிறன்களைப்பற்றிய கணித்தலுக்கு 836 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க), M_1/M_2 ஐத் தீர்மானிக்க.

காந்தங்கள் உருவத்திலும் பருமனிலும் ஒத்தனவாய் ஒரேயடர்த்தியையுடையனவாயிருப்பின், $I_1 = I_2$ ஆகும்.

பரிசோதனை 202. ஒன்று சேர்த்தலையவிடுதன் முறையால் காந்தங்களிரண்டின் காந்தத்திருப்புதிறன்களினது விகிதத்தின் தீர்மானம்.— வடமுனைகள் ஒரே திசையை நோக்கியிருக்குமாறு காந்தங்களிரண்டையும்



உருவம் 214. எந்தியிலுள்ள இரண்டு காந்தங்கள்

ஏற்ற எந்தியொன்றிலே சேர்த்துவைக்க (உருவம் 214). முறுக்ககற்றப்பட்டுள்ள (பக்கம் 522) இழையொன்றிலிருந்து இவற்றைத் தொங்கவிடுக. புவிமண்டலத்திலே அலைவுப்பெட்டியொன்றினுள்ளே இவற்றை ஆடவிடுக.

வழக்கம்போல ஆடற்காலத்தை அவதானிக்க. இதனை T_1 எனக் கொள்க.

காந்தமொன்றை (பெலங்குறைந்ததை[1]) எடுத்து அதனச்சை நேர்மாறுகித் திரும்பவும் அதனை எந்தியில் வைக்க. ஆடற்காலம் T_2 ஐ இப்போது எடுக்க.

[1]காந்தவூசியொன்றினண்மையிற் காந்தங்களை ஒவ்வொன்றுகக் கொண்டுவருவது போன்ற பருமட்டான முறைகளொன்றினுல் பெலங்குறைந்த காந்தத்தை அறியலாம். ஒரே தூரத்திற் குறைந்த விளைவைக் கொடுப்பது பெலங்குறைந்ததாகுமென்பது வெளிப்படை.

தொங்குந்தொகுதியின் காந்தங்களுளொன்றை நேர்மாறுக்குவதினுல் சடத்துவத்திருப்புதிறனது மாறமாட்டாது. ஆனுற் றொகுதியின் காந்தத் திருப்புதிறனது[1] முதலாவது சந்தர்ப்பத்திலே M_1+M_2 ஆகவும், இரண்டாவதில் M_1-M_2 ஆகவுமிருக்கும். M_2 என்பது நேர்மாறுக்கப்பட்ட காந்தத்தின் காந்தத்திருப்புதிறனுகும்.

ஆகவே, $$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{M_1-M_2}{M_1+M_2}.$$

ஆதலின் $$\frac{M_1}{M_2} = \frac{T_1^2+T_2^2}{T_2^2-T_1^2}.$$

இப்பேறுகளை மாணவன் தானுகவே நிறுவிக்கொள்ளல் வேண்டும்.

[1]அடுத்திருக்கும்போது ஒன்றையொன்று தாக்குதலினுற் காந்தங்களிரண்டினதும் காந்தத் திருப்புதிறனகள் மாறுதிருக்குமென இங்கு கொண்டுள்ளோம். இக்கொள்கை உண்மையிற் திருத்தமானதல்ல.

அதிகாரம் IV

புவிக்காந்தமண்டலம்

§ 1. மண்டலத்தின் விவரணம்

எந்தப்புள்ளியிலுமுள்ள காந்தமண்டலத்தை முற்றுக வரையறுக்க வேண்டுமாயின் மூன்று கணியங்கள் தேவைப்படும். எனெனில், பருமனை யுந் திசையையும் அறிவோமாயின் எந்தக் காவிக்கணியமுந் தீர்மானிக்கப் படலாம். அத்துடன், முப்பரிமாணங்களிலே வரையறையான திசையொன்றை அறியவேண்டுமாயின் இரண்டு கணியங்கள் தேவை. புவிக்காந்தமண்ட லத்தை வரையறுக்க வழக்கமாக உபயோகிக்கப்படும் மூன்று கணியங் களாவன.—

(1) காந்தவிசையின் **கிடைக்கூறு.**

(2) காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டிற்கும் புவியியலுச்சநெடுங்கோட்டிற்கு மிடை யேயுள்ள கோணமாகிய **சரிவு.**

(3) தொகுவிளைவான காந்தவிசையின் திசைக்குங் கிடைத்தளத்திற்கு மிடையேயுள்ள கோணமாகிய **சாய்வு.**

சரிவைத் தீர்மானித்தற்குப் புவியியலுச்ச நெடுங்கோட்டைக் காண்பதற் குரிய வானியலவதானங்கள் தேவையாதலின், இங்கு முதலாவது கணி யத்தையும் மூன்றுவது கணியத்தையும் மட்டுமே கருதுவோம். காந்த வியலவதானங்களைப் பற்றிக் கருதுமளவிலே உபயோகிக்கப்படுந் தத்துவ மானது, காந்தமொன்றின் அச்சையும் காந்தவுச்ச நெடுங்கோட்டையுங் காண்பதற்காக எற்கனவே 497 ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப்பட்ட பரி சோதனையிலுள்ளதேயாம்.

§ 2. புவிமண்டலக் கிடைக்கூறினது தீர்மானம்

இங்கு விவரிக்கப்படுங் கோசினூற் (Gauss) கொடுக்கப்பட்ட முறையானது புவிமண்டலக் கிடைக்கூற்றைத் தீர்மானிக்கப் பெரும்பாலும் உபயோகிக்கப் படும். ஆயினும், போதியவளவு பெரிய கனவளவடங்கலும் ஒருசீராயுள்ள எந்தக் காந்தமண்டலத்தின் தீர்மானத்திற்கும் இதனைப் பிரயோகிக்கலாம்.

இம்முறையானது ஒரேயிடத்திற் செய்யப்படவேண்டிய வெவ்வேறான இரண்டு பரிசோதனைகளைக் கொண்டதாகும். முதலாவது பரிசோதனை தெரிந்த சடத்துவத்திருப்புதிறனையுடையதுங் ,கட்டற்றுத் தொங்கவிடப்பட்டதுமான

காந்தமொன்றினது ஆடலின் பரிவர்த்தன காலத்தைக் காண்பதில் தங்கியுள்ளது. இக்காந்தத்தின் பயனான மண்டலத்தைப் புவிமண்டலத்தி னோடு காந்தமானியொன்றைக்கொண்டு ஒப்பிடுவதில் இரண்டாவது பரி சோதனை தங்கியுள்ளது.

பரிசோதனைகளைத் தொடங்குமுன் அயலிலுள்ள இரும்புப்பொருள்களெல் லாவற்றையும் அகற்றி விடுக.

(அ) அலைவுப் பரிசோதனை.—புவியின் கிடை மண்டலத்திலே கட்டற்று அலைந்து கொண்டிருக்கும்போது, காந்தத்தினது முழுவாடலொன்றின் காலம் T ஆயின்,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}} \quad \text{ஆகும்.} \qquad \text{(பக்கம் 189)}$$

இங்கு, H = புவிமண்டலத்தின் கிடைக்கூறு,
M = காந்தத்தின் காந்தத்திருப்புதிறன்,
I = காந்தத்தின் சடத்துவத்திருப்புதிறன்.

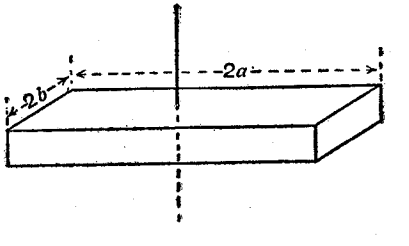
எனவே, $$MH = \frac{4\pi^2 I}{T^2}.$$

I என்பது தெரிந்ததாயின், **ச.கி.செ.** அலகுகளில் MH கணிக்கப்படலாம்.

சட்டமானது ஒரு ஒழுங்கான கேத்திர கணிதவுருவமாதலின் அதன் சடத்துவத்திருப்புதிறனான I ஐ அதன் திணிவிலும் பரிமாணங்களிலு மிருந்து கணிக்கலாம். சட்டமானது வழக்கம் போலச் செவ்வகவுருவை யுடையதாயிருக்குமாயின்,

$$I = m\frac{a^2 + b^2}{3} \quad \text{ஆகும்.}$$

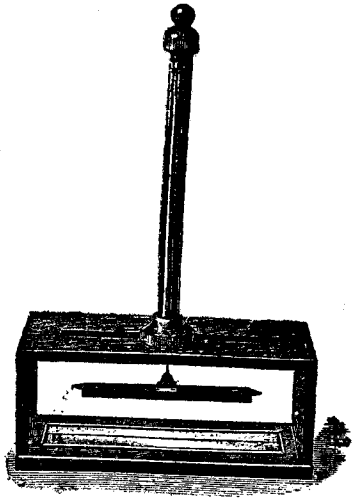
இங்கு m என்பது காந்தத் தின் திணிவாகும். a உம் b உம் அலைவுகளின்போது கிடையாயிருந்த காந்தத்தினது முகத்தின்அரை நீளங் களாகும் (உருவம் 215).



உருவம். 215. செவ்வகச்சட்டக்காந்தம்

ஒழுங்கான எந்தவுருவத்தையுமுடைய சட்டத்தை எடுத்துக் கொள்வோ மாயின், I இற்குரிய கோவையானது அநுபந்தத்திலிருந்து பெறப்பட லாம் (பக்கம் 836).

பரிசோதனை 203. MH இன் நிர்மானம். — காந்தத்தைத் தொங்க விடமுன்பு தொங்கவிடும் இழையானது முறுக்கற்றிருக்கின்றதென்பதை உறுதியாக்கிக்கொள்க. இதனை உறுதியாக்கவேண்டுமாயின், காந்தத்தினளவு திணிவையுடைய பித்தளைச் சட்டமொன்றை எந்தியில் வைத்துத் தொங்கவிட்டு இழையானது முறுக்கற்றதாகுமட்டுங் காத்து நிற்க. சில சுழற்சிகளுக்கொருமுறை பித்தளைச் சட்டத்தின் இயக்கத்தைச் சரிபார்க்கவேண்டும். அன்றேல், இழையானது முறுக்கற்றதாகியவுடன், சுழலும் பித்தளைச் சட்டத்தின் சடத்துவமானது எதிர்த்திசையில் அதனை முறுக்கக் கூடும். பித்தளைச் சட்டமானது இழையிலிருந்து கட்டற்று இயக்கமின்றித் தொங்கிக்கொண்டிருக்கும்போது, எந்தியிலிருந்து அதனை எடுத்துத் திரும்பவும் இழையை முறுகவிடாது காந்தத்தை அதனிடத்தில் வைத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். இப்போது காந்தமானது கண்ணுடிப் பக்கங்களையுடைய பெட்டியொன்றினுள்ளே இழையிலிருந்து தொங்கிக்கொண்டிருக்கும். எனவே, அதிர்வுகள் எண்ணப்படக்கூடியதாயிருப்பதுடன் வளியோட்டங்களுந் தவிர்க்கப்படும் (உருவம் 126).



உருவம் 216. அலவுக்காந்தமானி

மிகச்சிறிய கோணத்தூடாகவே காந்தம் ஆடவிடப்படுதல் வேண்டும்.

ஐம்பது முழு அதிர்வுகளை ஆக்குங்காலத்தை அவதானித்துக் காந்தத்தின் அதிர்வினது ஆவர்த்தன காலத்தைத் தீர்மானிக்க.

காந்தத்தை நிறுத்தபின் அதன் அகலநீளங்களை அளந்து, அதன் சடத்துவத்திருப்புதிறனாகிய I ஐக் கணிக்க.

$$MH = \frac{4\pi^2 I}{T^2}$$

என்ற சூத்திரத்திலிருந்து MH இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க.

(ஆ) திரும்பற்பரிசோதனை.—தீர்மானத்தின் இரண்டாவது பகுதியிலே, அதே காந்தத்தினாற் காந்தமானியொன்றின் ஊசியிலுண்டாக்கப்படுந் திரும்பல் அவதானிக்கப்படும்.

காந்தத்தின் அச்சானது கிழக்கு மேற்காய்க் காந்தமானியின் மையத்தை நோக்கியிருக்குமாறு "நீளப்பக்க" நிலையில் அக்காந்தம் வைக்கப்படுதல் வேண்டும்.

$2l$ = காந்த முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரமெனவும்,

r = காந்தமானியினதுங் காந்தத்தினதும் மையங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரமெனவுங் கொள்க.

P இலேயுள்ள காந்தமுனைவலகொன்றிற் ருக்கும் விசையானது OP திசை நேரே F இற்குச் சமமாகும் (உருவம் 211). காந்தவியலைப்பற்றிய அத்தியாயத்தில் நிறுவப்பட்டுள்ளதுபோல (பக்கம் 511),

$$F = \frac{2Mr}{(r^2 - l^2)^2}.$$

காந்தமானியூசியானது ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான மண்டலங்களாகிய F இனதும் H இனதுந் தாக்கத்தின்கீழ் ஒய்வுநிலையடையும். இதன் நிலையானது உச்சநெடுங்கோட்டினூடு கோணம் θ ஐ உண்டாக்கும். இது,

$$\frac{F}{H} = \text{தான்}\ \theta,\ \text{என்பதனாற்}\ \text{கொடுக்கப்படும்.}$$

எனவே,
$$\frac{M}{H} \times \frac{2r}{(r^2 - l^2)^2} = \text{தான்}\ \theta,$$

அதாவது,
$$\frac{M}{H} = \frac{(r^2 - l^2)^2}{2r}\ \text{தான்}\ \theta.$$

பரிசோதனை 204. M/H இன் நிர்மானம்.—காந்தமானியொன்றை நிலையில் வைத்துக்கொண்டு, 195 ஆம் பரிசோதனையிற் போல, நீளப்பக்கநிலையில் காந்தத்தை வைக்க. r, l, θ என்பவற்றின் பெறுமானங்களைத் தீர்மானித்து M/H இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க.

$2l$ என்பது உபயோகிக்கப்பட்ட காந்தத்தின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரமென்பதையும், $2a$ என்பது அதன் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரமென்பதையும் அவதானிக்க. முனைகள் சரியாக அந்தங்களிலிருப்பனவன்றுதலின் இத்தூரங்கள் சரிசமமாயிரா. சட்டக்காந்தமொன்றின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரமானது அதன் அந்தங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தின் $\frac{5}{6}$ எனக் கொள்ளப்படலாம்.

இப்போது MH ஐயும் M/H ஐயுங் கண்டோம்.

$MH = A$ எனவும், $M/H = B$ எனவுங் கொள்வோமாயின்,

$M^2 = AB$, அல்லது $M = \sqrt{(AB)}$ எனவும்

$H^2 = \frac{A}{B}$, அல்லது $H = \sqrt{\left(\frac{A}{B}\right)}$ எனவும் பெறுவோம்.

M ஐயும் H ஐயும் **ச.இ.செ.** மின்காந்தவலகுகளிற் கணிக்க.

காந்தவாக்கச் செறிவு.— இப்போது விவரிக்கப்பட்ட பரிசோதனைகளிரண்டும் தெரியாக்கணியங்களாகிய, பிரயோகிக்கப்பட்ட காந்தத்தின் காந்தத்திருப்பு திறன் M இனதும், புவிக்காந்தமண்டலத்தின் கிடைக்கூறு H இனதும் பெறுமானங்களைத் தீர்மானிக்க உதவுகின்றன. M இன் பெறுமானத்தை அறிவோமாயின், காந்தம் ஆக்கப்பட்டுள்ள திரவியத்தின் **காந்தவாக்கச் செறிவு I** எனப்படும் விசேட கணியத்தினது **சராசரிப்** பெறுமானத்தைக் கணிக்க முடியும். இதனை, காந்தத்தின் காந்தத்திருப்புதிறனை க. ச. மீ. இற் சட்டத்தின் கனவளவினால் வகுத்துக் காணலாம். சட்டமானது ஒருசீராய்க் காந்தமாக்கப்பட்டுள்ளதெனக் கொள்வோமாயின், ஓரங்களின் ஒரு கூட்டம் காந்தமாக்கலின் திசைக்குச் சமாந்தரமாயுள்ள ஒவ்வொரு கனவலகினதுங் காந்தத்திருப்புதிறனானது, பொருளின் எந்தப்பகுதி தெரிந்தெடுக்கப்பட்டபோதிலும் ஒன்றாகவேயிருக்கும். பரப்பலகாகிய 1 து.ச.மீ. இற்குரிய முனைவுத்திறனெனவும் I ஐ வரையறுக்கலாம். இப்பரப்பானது காந்தவாக்கலின் திசைக்குச் செங்குத்தாயெடுக்கப்படல் வேண்டும்.

203 ஆம் 204 ஆம் பரிசோதனைகளில் உபயோகிக்கப்பட்ட சட்டக்காந்தத்தின் பருமனை அளந்து அதன் கனவளவு V ஐ க.ச.மீ. இற்கணிக்க. $I = M/V$ என்னுஞ் சமன்பாட்டிலிருந்து I ஐத் தீர்மானிக்க.

§3. சாய்வின் தீர்மானம்

சாய்வுவட்டம்

சாய்வுவட்டம் என்பது பாகைகளில் அளவுகுறிக்கப்பட்ட நிலைக்குத்தான வட்டமொன்றைக் கொண்டதாகும். கிடையான சுழற்சித் தானத்திலே சுழன்றுகொண்டிருக்கும் நீண்ட ஊசியொன்றை மையத்திலே இது காவி நிற்கும். இவ்வூசியானது நிலைக்குத்தான வட்டவளவுச்சட்டத்தின் அளவீடுகளின் மேல் இயங்கிக்கொண்டிருக்கும்.

அளவுச் சட்டமும் ஊசியும் கண்ணுடிப்பக்கங்களையுடைய பெட்டியொன்றில் மூடப்பட்டுள்ளன. ஆகவே, ஊசியானது காற்றோட்டங்களினும் ருக்கப்பட மாட்டாது. நிலைக்குத்தான அச்சொன்றைக்கொண்டு முழுப்பெட்டியுஞ் சுழற்றப்படலாம். பெட்டியின் நிலையானது, கருவியினடியிலுள்ள அளவுகுறிக்கப்பட்ட வட்டமொன்றிற் காட்டப்படும்.

கருவியை உபயோகிக்கும்போது, மத்தியவச்சானது நிலைக்குத்தாயிருக்கின்ற தென்பதை உறுதிப்படுத்துவதற்காக, முதலில் கருவி கவனமாய் மட்டப்படுத்தப்படல் வேண்டும். இதன்பின், ஊசியானது நிலைக்குத்தாய் நிற்குமட்டும் இவ்வச்சைப்பற்றிப் பெட்டியைச் சுழற்றவேண்டும். இப்போது ஊசி சுழலுந்தளமானது காந்தவுச்ச நெடுங்கோட்டிற்குச் சரி செங்குத்தாயிருக்கும். இதனை உச்சநெடுங் கோட்டிற்குக் கொண்டுவர வேண்டுமாயின், நிலைக்குத்தச்சைப்பற்றிப் பெட்டியை 90° பாகைக்கூடாகச் சுழற்ற வேண்டும். இது கருவியினடியிலுள்ள கிடையான வட்டத்திலே அளக்கப்படும். இப்போது ஊசியானது காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டில் எங்கும் இயங்குமாறு கட்டற்றிருக்கும். திருத்தமாய் அமைக்கப்பட்டிருக்குமாயின், புவிவிசைக் கோட்டின் நேரே இது நிற்கும். கிடைத்தளத்தினூடு இதன் சரிவே சாய்வுக்கோணமாகும்.

பரிசோதனை 205. சாய்வுக் கோணத்தின் தீர்மானம்.—கருவியை மட்டமாக்குக. ஊசியானது நிலைக்குத்தாகுமட்டும் பெட்டியைச் சுழற்றி கிடையான வட்டத்தில் அளவீட்டை எடுக்க. அளவீடு 90° இனூற் கூடியாவது குறைந்தாவது வருமட்டும் பெட்டியைத் திரும்பவுஞ் சுழற்றுக. இப்போது ஊசியினச்சானது கிடைத்தளத்தினூடு சரிந்துநிற்கும்.

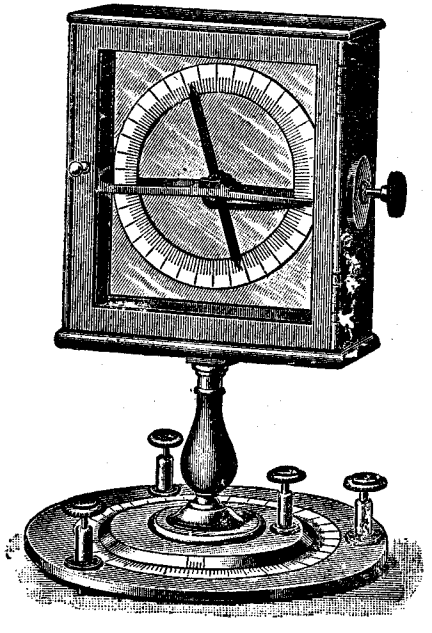
ஊசியினமைப்பு, பாகைகளின் நிலைக்குத்தளவுச் சட்டத்தின் செப்பஞ் செய்கை, முதலியவற்றின் சிறிய திருத்தக்குறைவுகளின் பயனாக சாய்வுக் கோணமானது ஊசியின் சரிவுக்குச் சமமாகுமென உறுதியாய்க் கூற முடியாது. எனவே, அவதானங்களின் பின்வருந் நோக்கல்கள் செய்யப்படல் வேண்டும்.—

1. நிலைக்குத்து வட்டத்தை உச்சநெடுங்கோட்டில் கொணர்ந்தபின் ஊசியின் இருமுனைகளினதும் நிலைகளின் அளவீட்டை எடுக்க. இரண்டு அளவீடுகளை இது கொடுக்கும்.

2. நிலைக்குத்தச்சைப்பற்றி முழுப்பெட்டியையும் 180° இனூடு சுழற்றியபின் இரண்டு முனைகளினதும் அளவீடுகளை எடுக்க. இன்னும் இரண்டு அளவீடுகளை இது கொடுக்கும்.

3. ஊசியை எடுத்துப் பின்புறம் முன்னேயிருக்குமாறு சுழற்சித்தானத்தைத்தாங்கும் கத்தியோரங்களில் மாற்றிவைக்க. எனவே, சுழற்சித்தானமானது முனைக்குமுனை மாறியிருக்கும். 1 இலும் 2 இலும் எடுக்கப்பட்ட அளவீடுகளைத் திரும்பவும் எடுக்க. அதாவது, இரண்டு முனைகளினதும் அள

வீடுகளை எடுத்துக்கொண்டு, நிலைக்குத்தச்சைப்பற்றி முழுப்பெட்டியையும் 180° சுழற்றியபின்பும் இரண்டு முனைகளினதும் அளவீடுகளை எடுக்க. எல்லாமாக நான்கு அளவீடுகளை இது கூடுதலாகக் கொடுக்கின்றது.



உருவம் 217. சாய்வுவட்டம்

4. ஊசியையகற்றி அதனை நேர்மாறுகக் காந்தமாக்கியபின், 1 இற் றொடங்கி 1, 2, 3 அவதானங்களைத் திரும்பவும் எடுக்க. இன்னுங்கூடுதலாக எட்டு அவதானங்களை இது கொடுக்கும். அதாவது, எல்லாமாகப் பதினாறு அவதானங்களைப் பெறுகின்றோம்.

இந்தப் பதினாறு அளவீடுகளினதுஞ் சராசரி எடுக்கப்படல் வேண்டும். இது பரிசோதனை செய்யப்பட்டுள்ள இடத்திற்குரிய சாய்வுக்குத் திருத்தமாய்ச் சமமாயிருக்கும்.

இப்பரிசோதனையின் கொள்கையைப் பற்றியும் அவதானங்களின் இத் தொடரை எடுக்கும்போது தவிர்க்கப்படவேண்டிய அல்லது திருத்தப்பட வேண்டிய வழுக்களின் வகைகளைப்பற்றிய விவாதத்தைப்பற்றியும் அறிய வேண்டுமாயின், அறிமுறைப் பௌதிகநூலொன்றைப் பார்க்க.

உபயோகத்தின்போது எடுக்கப்படவேண்டிய முன்னவதானங்கள்.— ஊசியை விரல்களினாற் றொடக்கூடாது. அல்லாமலும் கையாளப்படும்போது அதில் ஈரலிப்பு ஒடுங்கக்கூடிய எந்தவிடத்திலும் அதனைக் கொண்டு வருதல் கூடாது. வழங்கப்பட்டுள்ள சாவணத்தைக்கொண்டே அதனைக் கையாளுதல் வேண்டும்.

தாங்குங் கத்தியோரங்களில் வைக்கும்போது அதனை மெதுவாக வைத்தல்வேண்டும். சுழற்சித்தானமானது கண்ணுடிவல்லுருக்காதலின் மிக்க வெளிதிலெருங்குவதாகும். கத்தியோரங்களும் அகேற்றினாற் செய்யப்பட்டுள்ளனவாதலின் மிக்க வெளிதிலெருங்குவதேயாகும். (தராசிற்போல) உயர்த்துங் கவ்விகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளனவாயின், பெட்டியிலிருந்து அகற்றப்படுமுன்பே சுழற்சித்தானமானது இவற்றைக்கொண்டு கத்தியோரங்களிலிருந்து உயர்த்தப்படுதல் வேண்டும். கடைசியாகக் கத்தியோரங்களில் இறக்கப்படுமுன்பே இவற்றிலே அதனை வைத்தல் வேண்டும்.

சரியான முனை சாய்ந்திருக்கக்கூடியதாய்க் காந்தத்தைச் செலுத்துவதிற் கவனமெடுத்தல் வேண்டும். அதாவது வடபாதிக்கோளத்தில் வடமுனை சாய்ந்திருத்தல் வேண்டும். அன்றேல், அது பலமுறை சுழன்று கத்தியோரங்களின் முனையிலிருந்து உருண்டுவிழுதல் கூடும்.

நேர்மாறுகக் காந்தமாக்கும்போது, காந்தமானது காந்தமொன்றினால் உரோஞ்சப்படல் கூடாது. காந்தங்கள் உபயோகிக்கப்படுவனவாயின், தவாளிப்பையுடைய மரத்துண்டொன்றிலே ஊசியைப்பொருத்தித் தேவையான திசையிலே, மரமேற்பரப்பின்மேற் காந்தமானது இயக்கப்படுதல் வேண்டும். சட்டத்தைத் திரும்பவுங் காந்தமாக்கற்குரிய எல்லாவேதுக்களிலும் பார்க்க மின்னோட்டமொன்றைக் காவுகின்ற வரிச்சுருளொன்று விரும்பத்தகுந்ததாகும். இந்த முறையானது 556 ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டமானது தேவையான திசையிலே பாயுமாறு ஒழுங்குசெய்யப்படும். ஊசியை வரிச்சுருளினுள்ளே பிடித்துக்கொண்டு இரண்டொருமுறை ஆளியானது பொருத்தப்பட்டும் நிறுத்தப்பட்டுமிருத்தல் வேண்டும். இந்த நிகழ்ச்சியின்போது ஊசியிலே மிகுந்த விசையானது செலுத்தப்படுமாதலின், திரும்பவுங் காந்தமாக்கப்படும்போது சாவணத்தினால் அதனை இறுகப் பிடித்துக்கொள்ளல் வேண்டும். அன்றேற் சாவணத்திலிருந்து அது இழுக்கப்பட்டு விழும்போது பழுதடைதல்கூடும்.

திருத்தமான தராசொன்றை உபயோகிக்கும்போது எடுத்துக்கொள்ளுங் கவனத்தைப்போலவே, இக்கருவியை உபயோகிக்கும்போதும் எடுத்துக்கொள்க.

புவித்தூண்டியொன்றைக் கொண்டுஞ் சாய்வுக் கோணத்தைக் காணலாம் (பரிசோதனை 251).

ஐந்தாம் பாகம்

காந்தவியலேப்பற்றிய மேலதிக அப்பியாசங்கள்

1. விட்டமொன்றிற்குச் சமாந்தரமாகக் காந்தமாக்கப்பட்ட வட்டமான உருக்குத்தட்டொன்றின் காந்தவச்சினது திசையைக் காண்க.

2. இரும்புக்குழாய்கள், தீராந்திகள், கதிர்வீசிகள், அடுப்புகள் முதலியவற்றில் வட, தென் காந்தவியல்புகள் இருப்பதைத் தீர்மானிக்க திசைகாட்டுமூசியொன்றை உபயோகித்துப் பரிசோதனைச் சாலையின் நாடிக் கணித்தலொன்றைச் செய்க.

3. நீண்ட சட்டக்காந்தமொன்றின் முனையொன்றைச்சுற்றிய விசைக் கோடுகளை வரைக. மெல்லிரும்புத்துண்டொன்று முனையினண்மையில் வைக்கப்பட்டுள்ள போதும் இதனைச் செய்க.

4. நிலையான காந்தங்களிரண்டின் எதிர்முனைகளுக்கிடையேயுள்ள விசைக்கோடுகளை வரைக. முனைகளுக்கிடையேயுள்ள வெளியிலே மெல்லிரும்புத்துண்டொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளபோதும் இதனைச் செய்க.

5. கொடுபட்ட காந்தமொன்றினால் உண்டாக்கப்படும் மண்டலமானது குறித்தவொரு புள்ளியிலே புவிமண்டலத்தின் இடைக்கூற்றைச் சரியாய் நடுநிலையாக்குமாறு அக்காந்தத்தைச் செப்பஞ்செய்க.

6. 16 ச.மீ. தூரத்திலே வடமுனைகள் எதிர்த்திசைகளை நோக்கியிருக்குமாறு நீண்ட சட்டக் காந்தங்களிரண்டைக் காந்தவுச்ச நெடுங்கோட்டில் வைக்க. அவற்றினிடையேயுள்ள நடுநிலைப்புள்ளியைக் காண்க. புவி மண்டலத்தை நிராகரிக்கத்துக்கொண்டு, அவற்றின் முனைத் திறன்களை இதன்மூலம் ஒப்பிடுக.

7. வடமுனையானது வடக்கு நோக்கியிருக்குமாறு கொடுக்கப்பட்ட சட்டக் காந்தத்தை வைத்து அயலிலுள்ள நடுநிலைப்புள்ளிகளைக் காண்க. காந்தத்தைக் கவனமாக நேர்மாறுக்கிக் கொண்டு, காந்தம் இந்த நிலையிலிருக்கும்பொழுது இப்புள்ளிகளிலுள்ள மண்டலமானது, புவிமண்டலத்தில் மட்டுமுள்ளதைப்போன்ற இருமடங்கு திறனையுடையதென அலையுமூசியொன்றின் மூலங் காட்டுக.

8. கொடுபட்ட தண்டுகளிரண்டை ஒரேநேரத்தில் வரிச்சுருளொன்றினுள் வைத்துக்கொண்டு அவ்வரிச்சுருளினூடு மின்னோட்டமொன்றைச் செலுத்தி அவற்றைக் காந்தமாக்குக. இதன்பின்பு அவற்றின் காந்தத்திருப்பு திறன்களை ஒப்பிடுக. தண்டுகளைச் செந்தழலாக வெப்பமாக்கி நீரினுள் ஆழ்த்தியபின் பரிசோதனையைத் திரும்பவுஞ் செய்க.

9. கொடுபட்ட மின்காந்தமொன்றின் காந்தத்திருப்புதிறனானது, சுருளினூடுபாயும் மின்னோட்டத்திலூடு எவ்வாறு மாறுகின்ற தென்பதைக் காட்ட வளைகோடொன்று வரைக.

10. தான்சன் காந்தமானியொன்றை உபயோகித்துக் காந்தமொன்றின் மண்டலச் செறிவானது, அச்சின் நேரே அதன் தூரத்திலூடு எவ்வாறு மாறுகின்ற தென்பதைக் காட்ட வளைகோடொன்று வரைக. காந்தத்தின் காந்தத்திருப்புதிறனைக் காண்க. $H=0{\cdot}185$ ச.கி.செ. அலகு.

11. அலையுமூசியொன்றை உபயோகித்துக் காந்தமொன்றின் மண்டலச் செறிவானது அச்சின் நேரே அதன் தூரத்திலூடு எவ்வாறு மாறுகின்ற தென்பதைக் காட்டுக. காந்தத்தின் காந்தத் திருப்பு திறனையுங் காண்க. $H=0{\cdot}185$ ச.கி.செ. அலகு.

12. கொடுபட்ட சட்டக்காந்தங்களிரண்டின் காந்தத்திருப்பு திறன்களினது விகிதத்தை மூன்றுவது காந்தத்தை உபயோகியாது காண்க.

13. காந்தமானியொன்றையும் ஒவ்வொரு நிலையிலும் ஒரே சட்டக் காந்தத்தையும் உபயோகித்துப் பரிசோதனைச்சாலையிலே குறிக்கப்பட்ட இரண்டு புள்ளிகளிற் காந்த மண்டலக் இடைக்கூறுகளை ஒப்பிடுக.

14. கொடுக்கப்பட்ட காந்தத்தின் காந்தத்திருப்புதிறனைக் காண்க.

15. வெப்பநிலையை மாற்றக்கூடியதாக எண்ணெய்த்தொட்டியொன்றிலே குறுகிய சட்டக்காந்தமொன்றை வைக்க. வெப்பநிலை ஏறிக்கொண்டிருக்கும் போதும் இறங்கிக்கொண்டிருக்கும்போதும் வெப்ப நிலைக்குங் காந்தத்தின் காந்தத் திருப்புதிறனுக்குமிடையே யுள்ள தொடர்பைக் காட்டத் திரும்பற் காந்தமானி யொன்றைக் கொண்டு வளைகோடொன்றைப் பெறுக.

ஆறும் பாகம்

மின்னியல்

மின்னைப்பற்றிய குறிப்புகள்

1834 ஆம் ஆண்டளவு முந்திய காலத்திலேயே **மைக்கேல் பரடே (Michael Faraday)** என்பவர் தனது **பரிசோதனை ஆராய்ச்சிகளில்** குறிப் பெடுக்கும் பொழுது இரசாயனத்தாக்கத்தின் இயல்பைப்பற்றிய பின்னய கொள் கைகளை எதிர்பார்த்தார் " அன்றேல், அணுக்கொள்கை அல்லது சொன் முறையை எடுத்துக்கொள்வோமாயின், சாதாரண இரசாயனத்தாக்கத்திலே ஒன்றுக்கொன்று சமமான பொருள்களின் அணுக்கள் அவற்றினோடு இயல் பாகச் சம்பந்தப்பட்டுள்ள மின்னின் சமகணியங்களைக் கொண்டுள்ளன ". **இரதபோட்டு போரின் (Rutherford & Bohr)** இக்காலக் கொள்கையின்படி இரசாயனவணுவானது எதிரிலத்திரன்கள் பலவற்றினுற் சூழப்பட்டுள்ள மிகமிக நுண்ணிய நேர்க்கருவாகக் கருதப்படும். எனவே, கருவானது தூர வுள்ள இலத்திரன்களினுல் அமைந்துள்ள " கோட்டொகுதி " ஒன்றின் " ஞாயிற்றைக் " குறிக்கும். புரோத்தன் என்பது, தனிப்புரோத்தனென் றையுந் தனியிலத்திரனென்றையுங் கொண்டுள்ள நியமவைதரசனணு வொன்றின் கருவாகும். வேறெந்த அணுக்கருவினதும் எளிதாக்கப்பட்ட அமைப்பானது நேர்ப்புரோத்தன்களையுங் குறித்த தொகையான நியூத்திரன் களையுங்கொண்டு அமைந்ததாகக் கருதப்படும். நியூத்திரன் என்பது மின் முறையாக நடுநிலையான ஒரு துணிக்கையாகும். இதன் திணிவு ஏறத்தாழப் புரோத்தனென்றின் திணிவுக்குச் சமமாகும். நடுநிலையணுவொன்றிலே இலத்திரன்களின் தொகை கருவிலுள்ள புரோத்தன்களின் தொகைக்குச் சமமாகும். இத்தொகையானது அணுவெண் **Z** எனப்படும். கருவிலுள்ள முழுத்துணிக்கைகளின் தொகை திணிவெண் **A** எனப்படும். இது, மிகவும் அண்ணளவாக, மூலகத்தின் இரசாயன அணுநிறைக்குச் சமமாகும். அனு பந்தத்திலே (பக்கங்கள்546—547) ஐதரசனிலிருந்து உரேனியம் மட்டு முள்ள மூலகங்களினதும், குறிப்பிடத் தக்க உரேனியங்கடந்த மூலகங் களாகிய நெத்தூனிய புளுத்தோனியங்களினதும், அணுவெண் திணிவெண் பெறுமானங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. " ஓரிடமூலகங்கள் " இருப்பதினுல் இவ்வட்டவணை சிக்கலாயிருப்பது அவதானத்திற்குரியது. ஓரிடமூலகங் களாவன ஒரே அணுவெண்ணையும், (கருவிலுள்ள நியூத்திரன்களின் தொகையிலே தங்கியிருக்கும்) வெவ்வேறு திணிவெண்களையுமுடைய அணுக்களாம்.

அயின்சுதைன் (Einstein) தனது சார்ச்சிக்கொள்கையின் அனுமான மாகத் திணிவுஞ் சத்தியுஞ் சமமென்ற முடிவுக்கு வந்தார். திணிவில் எவ்வித மாற்றமும் சத்தியின் மாற்றத்தோடு சம்பந்தப்பட்டிருக்கும். இதன்

நேர்மாறான கொள்கையும் உண்மையானதாகும். எரிபொருள் தகனம் போன்ற சாதாரண இரசாயன மாற்றங்களிலே திணிவின் மாற்றமானது, பரிசோதனைச்சாலையிலே அளக்கமுடியாத அளவுக்கு மிக்க நுண்ணியதா யிருக்கும். ஆனால், கருவின் பிரிந்தழிதலிலே மாற்றத்தின் அளவுப்படி யானது மிக வேறுபட்டிருக்கும். இளர்மின்வீசுகின்ற சில அணுக்களில் நிகழக்கூடிய "கருப்பிளவு" முறையானது சத்தியின் பாரிய அளவுகளை உண்டாக்கக்கூடும்.

அதிகாரம் I

நிலைமின் பரிசோதனைகள்

1. முன்னுரை

அம்பர் (**Amber**) என்பது கல்லாக்கப்பட்ட ஒருவகைத் தாவரப் பிசினு கும். இதன் நிறம் மஞ்சளாயும் இது ஒளிபுகவிடுகின்றதாயும் இருப்பது வழக்கம். உரோஞ்சலினால் இது மின்னைப் பெறும். இலேசான துணிக்கை களைக் கவரக்கூடிய இதன் வலுவானது தேரேக்கரினாற் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. போத்திக்கடலினதும் வடகடலினதுங் கரைகளிலிருந்து ஐரோப்பாவின் எல்லாப்பாகங்களுக்கும் இது கொண்டுசெல்லப்பட்டது. தனிப்பட்ட ஆபரணங் களுக்குப் பழமையினால் இது உயர்ந்த விலையைப் பெற்றது.

மற்றைய திரவியங்கள் கம்பளியினாலேனும் பட்டினாலேனும் உரோஞ் சப்படும்போது இலேசான பொருள்களைக் கவரும் ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. இந்த நிலைமையிலே இவை மின்னேற்றப்பட்டுள்ளன அல்லது மின்னின் ஏற்றமொன்றைக் காவுகின்றன எனப்படும்.

கண்ணாடிக்கோலொன்றைப் பட்டினால் உரோஞ்சி உண்டாக்கப்படும் மின் னேற்றமானது அதே வண்ணம் எபோனைற்றுக்கோலொன்றை உரோஞ்சிப் பெறுவதிலும் வேறானதாகும். கண்ணாடி (அல்லது நேர்மின்) பிசின் (அல்லது எதிர்மின்) எனவும் இரண்டு வகையான மின்னேற்றங்களுள. ஒரே வகையாக மின்னேற்றப்பட்ட பொருள்கள் ஒன்றையொன்று தள்ளு கின்றன. ஆனால், எதிராக மின்னேற்றப்பட்ட பொருள்கள் ஒன்றை யொன்று கவருகின்றன.

பித்தளைக்கோலொன்றைக் கையிற் பிடித்துக்கொண்டு கம்பளியினால் உரோஞ்சினால், கோலிலே எவ்வித மின்னேற்றமுங் காணப்படாது. ஆயி னும், கண்ணாடிக் கைபிடியொன்றினாற் கோலானது தாங்கப்படுமாயின், அது எதிராக மின்னேற்றப்படுவதுடன் அம்மின்னேற்றத்தைக் கண்டறிய வும் முடியும். உலோகமும் மனிதவுடலும் மின்னேற்றத்தைக் கடத்தி அம்மின்னேற்றம் உடலினூடு புவியையடைகின்றதென இப் பேறுகளை விளக்கலாம். கண்ணாடிக்கோலானது ஈரமற்றிருக்குமாயின் மின்னேற்றத் தைக் கடத்தாது. நன்றாகக் கடத்தும் பொருள்கள் **கடத்திகள்** எனவும், அரிதிற் கடத்தும் பொருள்கள் **கடத்தலிலிகள்** அல்லது **காவலிகள்** எனவும் பெயர் பெறும். உலோகங்கள் எளிதிற் கடத்திகளாம். ஆனால் கண்ணாடியும் எபோனைற்றும் பொருத்தமான நிபந்தனைகளின்கீழ்ச் சிறந்த காவலிகளாம்.

நீலமின் பரிசோதனைகளெல்லாவற்றிலும் எல்லாக் காவலிகளிலும் மேற் பரப்பிலுள்ள ஈரலிப்புப் படலங்களைக் கவனமாய்த் தடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். ஏனெனில், இப்படலங்கள் மின்னின் எளிதிற் கடத்திகளாதலி னலென்க. எபனேற்றை ஒளியிற்றெடர்ந்து திறந்துவைப்பதனல் அமிலப் படலமொன்று உண்டாகுமாதலின், அவ்வகைத் திறந்தவைப்பு எபனேற் றின் காவலியல்புகளைப் பலமாகப் பழுதடையச் செய்யும்.

அம்பரின் பெரிய மாதிரிமச்சங்கள் அரிதாகும். ஆனலுஞ் சிறிய துண்டு களைச் சேர்த்தழுத்தி மிக்க வுயர்ந்த காவற்றடையையுடையதும் ஒளியினல் அரிதிற்ருக்கப்படுவதுமான திரவியமொன்றைப் பெறமுடியும். எபனேற்று அல்லது வற்கனேற்று என்பது உயர்ந்த வெப்பநிலையிலே கந்தகத்தினல் ஆளப்பட்ட வல்லிறப்பரின் ஒரு வகையாகும். மின்னியல்புகளிலே அது பெரிதும் வேறுபடும். சிறந்தவியல்பையும் உயர்ந்த துலக்கத்தையுமுடைய போது இது ஒரு சிறந்த காவலியாகும். இதனைக் கூடியவளவு ஒளியிலிருந்து மறைத்து வைத்துக்கொள்ளல்வேண்டும். எளிய நீலமின் பரிசோதனை களுக்கு வங்கியின் சிறந்த முத்திரையிடுமெழுகின் கோல்கள் உபயோகமுள்ள வைாம். கடையிற்பெறக்கூடிய பிளாத்திக்கு "பக்கிலேற்று" என்பதன் சில வகைகள் சிறந்த காவலியல்புகளையுடையனவாதலின், மின்னுய்கருவி களினமைப்பில் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. கண்ணுடி அல்லது நேர்மின் னேற்றமானது கண்ணுடியிலிருந்து பெரும்பாலும் பெறப்படும். ஆனற் சுத்தமான ஈரமற்ற உருகிய பளிங்கானது (சிலிக்கா) தெரிந்தவற்றுட் சிறந்த காவலியாகுமாதலின், முடிந்த வரை உபயோகிக்கப்படுதல்வேண் டும். ஈரமான வளிமண்டலத்திலே, நீலமின் பரிசோதனைகளுக்குரிய ஆய்கருவிகள் மின்கதிர்வீசியொன்றிலிருந்து சிறிது தூரத்தில் வைக்கப் பட்டுக் கவனமாக ஈரமகற்றப்படுதல்வேண்டும். அன்றேல், உரோசடுப்பினல் வெப்பமாக்கப்படும் இரட்டையடியையுடைய சிறிய வெள்ளீயத் தட்டைப் பொன்றை உபயோகித்தும் ஈரமகற்றப்படலாம்.

இக்காலத்தில், எதிர் **இலத்திரன்கள்** எனப்படும் எதிர்மின்னின் மிக்க நுண்ணிய துணிக்கைகளின் சேர்க்கையினல் அல்லது எடுக்கையினல் மின் னேற்றங்கள் உண்டாகின்றனவெனக் கொள்ளப்படும். உலோகமொன்றி லுள்ள மின்னேட்டமானது கடத்தியினூடு இவ்விலத்திரன்களின் பாய்ச் சலாகக் கருதப்படும். ஆயினும், மின்கலம் அல்லது மின்கலவடுக்கொன் றின் நேர்முடிவிடத்திலிருந்து புறத்தடையொன்றினூடாக எதிர்முடிவிடத் திற்கு மின்னேட்டம் பாய்வதாகக் கொள்ளப்படும் பழைய வழக்கையே நாம் பெரும்பாலும் பின்பற்றுவோம்.

§2. பொன்னிலை மின்காட்டியைக்கொண்டு பரிசோதனைகள்

பொன்னிலை மின்காட்டி என்பது நீலமின் பரிசோதனைகளுக்குரிய வசதி யான ஒராய்கருவியாகும். மின்காட்டியின் எளிய வகையொன்று காவலி யடைப்பினூடுசெல்லும் பித்தளைத்தண்டொன்றையுடைய கண்ணுடிக் கல

மொன்றைக் கொண்டதாகும். தண்டின் முடியில் பித்தளைக் குண்டு அல்லது தட்டொன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கீழ்முனையிலே ஒருசோடி பொன்னிலைகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்னேற்றமொன்று இலைகளுக் குக் கொடுக்கப்படுமாயின், அவ்விலைகள் ஒன்றையொன்று தள்ளி விரிந்து நிற்கும். காவல் திருத்தமாயிருப்பின் மின்னேற்றக் குறைவுண்டாகாது இலைகள் எப்போதும் ஒரேயளவில் விரிந்துநிற்கும்.

மின்காட்டியின் இக்கால வகைகளிலே தனிப்பொன்னிலையொன்று உப யோகிக்கப்படும். இது விறைப்பான பித்தளை அல்லது அலுமினியக் கீல மொன்றினூடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும் (உருவம் 219). இடமாறு தோற்றத் தின் பயனன வழுக்களைத் தவிர்ப்பதற்காக ஆடியொன்றிற் பொருத்தப்பட் டுள்ள அளவுச்சட்ட மொன்றைக்கொண்டு பொன்னிலையின் திரும்பல் அளக் கப்படும். நுண்மானி நுணுக்குக்காட்டியொன்றைக்கொண்டு இதனை அளக்கலாம்.

பரிசோதனை 206. நீலமின்விதிகளின் விளக்கம்.—I. மின்காட்டியின் தட்டில் எதாவது மின்னேற்றம் இருப்பின் அதனை அகற்றுவதற்காக விரலினூற்றெடுக. எபனேற்றுக் கோலொன்றை உரோஞ்சலினல் மின் னேற்றித் தட்டினண்மையிற் கொணர்க. இப்போது பொன்னிலைகள் விரியவேண்டும் (A, உருவம் 218). எபனேற்றிலுள்ள மின்னேற்றமானது தட்டிலே எதிர்க்குறியையுடைய மின்னேற்றமொன்றைத் தூண்டும். அத் துடன், எபனேற்றிலுள்ள அதே குறியையுடைய மின்னேற்றமொன்று பொன்னிலைகளுக்குத் தள்ளப்படும்.

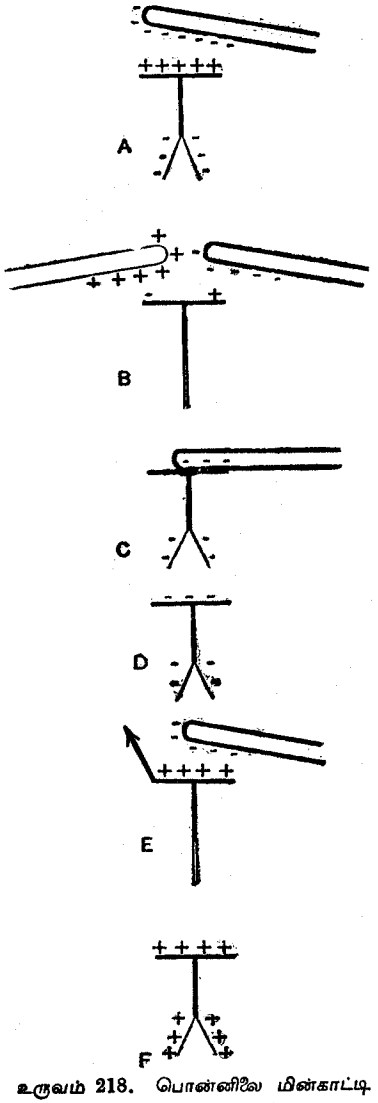
கண்ணுடிக் கோலொன்றேடு இதே பரிசோதனையைச் செய்யத் தெண் டிக்க.

II. மின்னேற்றத்தில் இரண்டு வகைகளுளவெனக் காட்டவேண்டுமா யின், முதலாவது பரிசோதனையிற் போல மின்னேற்றப்பட்ட எபனேற்றுக் கோலொன்றைக் கொணர்க. இதன்பின் மின்னேற்றப்பட்ட கண்ணுடி அல்லது பளிங்குக் கோலொன்றைக் கொணர்க. இரண்டாவது மின் னேற்றம் இருப்பது முதலாவதன் விளைவைக் குறைக்கும். இரண்டின் தூரங்களையும் ஏற்றவாறு செப்பஞ்செய்து (B) ஒன்றுக்கொன்றுள்ள தாக்கத்தை அற்றுப்போகச்செய்யலாம்.[1]

III. மின்காட்டியானது கடத்தலினல் மின்னேற்றப்படலாம். மின் னேற்றப்பட்ட தண்டானது கருவியின் தட்டினூடு தொடவிடப்பட (C) மின்னேற்றத்தின் ஒரு பாகத்தைப் பொன்னிலைகளுக்குக் கொடுக்கின்றது. தண்டானது அகற்றப்பட்டதும் இலைகள் பிரிந்து நிற்கும் (D).

[1]சில சமயங்களில் உரோஞ்சப்படும்போது கண்ணுடிக் கோலொன்று எதிர்மின்னேற்றத்தைக் காட்டும். விறுவிறுப்புடன் உரோஞ்சும்போது அல்லது சுடரொன்றினூடு கோலைச் செலுத்தும் போது இவ்வாறு விசேடமாகக் காணப்படும்.

IV. மின்காட்டியைத் தூண்டல்முறையாக மின்னேற்றவேண்டுமாயின், தட்டைத்தொடாது அதனண்மையில் மின்னேற்றிய கோலைக் கொணர்க. இதன்பின் ஒரு கணத்திற்குத் தட்டை விரலினூற்றெடுக (E). விரலையெடுத்த பின்பு கோலையகற்றுக (F). விரலானது தட்டைத் தொடும்போது கோலிலுள்ள அதே வகையான மின்னேற்றமானது உடலினூடு புவிக்குத் தள்ளப்படுமாதலின், இப்போது, மின்காட்டி எதிர் வகையான மின்னேற்றத்தைக் கொண்டிருக்கும்.



உருவம் 218. பொன்னிலை மின்காட்டியைக்கொண்ட பரிசோதனைகள்

V. மின்னேற்றமொன்றின் குறியைப் பரிசோதிக்க வேண்டுமாயின், எபனேற்றுக் கோலொன்றை உபயோகித்து முந்திய பரிசோதனையிற் போலவே தூண்டல் முறையாக மின்காட்டியில் மின்னேற்றுக. இதன்பின் நேர்மின்னேற்ற மொன்றைக் காவுகின்ற கண்ணாடிக் கோலொன்றைக் கொணர்ந்து பொன்னிலைகள் மேலதிகமாக விரிவதை அவதானிக்க.

அடுத்தபடியாக வற்கனேற்றுக்கோலைக் கொணர்க. இப்போது இலைகள் கும்பி விடும். கோலானது நெருங்கி வரவர, விரிவானது கூடக்கூடக் குறைந்து கொண்டுபோகும்.

கோலானது மிக்கவண்மையில் வந்ததும், இலைகளை முழுவதுங் கும்பச் செய்து திரும்பவும் விரியச் செய்யும். திரும்பப்பிரிவதன் விளக்கத்தைக் கொடுப்பது மாணவர்க்குரியதாகும்.

இப்போது காவலிக் கைபிடியிற்ருங்கப் பட்டுள்ள மின்னேற்றப்படாத **பெரிய** பொருளொன்றைக் கொணர்க. இதன்பின் புவியினேடிணைக்கப்பட்ட பொருளொன்றைக் கொணர்க (பரிசோதிப்பவரின் கை ஏற்றதாகும்). மின்காட்டியின் அண்மையிற் கொண்டுவரமுன்பு பொருள்கள் மின்னேற்றப்படாதிருந்தபோதிலும், இவ்விரு சந்தர்ப்பங்களிலும் இலைகளின் விரிவானது சிறிது குறைவதை அவதானிக்க.

அதிகரித்த விரிவானது மின்காட்டியிலுள்ள மின்னேற்றத்தின் குறியையுடைய மின்னேற்றமே பொருளிலுள்ளதென்பதைக் காட்டுமாயினும், **குறைந்த** விரிவானது எதிர்க்குறியின் மின்னேற்றத்தைக் காட்டுமென **உறுதியுடன்** கூறமுடியாதெனபது இதிலிருந்து தெளிவாகும்.

எவ்வகையான மின்னேற்றத்தினதுங் குறியைப் பரிசோதிக்கவேண்டுமாயின், தம்மூள் எதிராக மின்னேற்றப்பட்டுள்ள இரண்டு மின்காட்டிகளை வைத்திருக்கவேண்டியது அவசியமாகும். பரிசோதிக்கப்படவேண்டிய பொருளானது முறையாக ஒவ்வொன்றிற் கண்மையிலுங் கொண்டுவரப்படும். நேர்மின்னேற்றிய பொருளொன்று நேர்மின்னேற்றிய மின்காட்டியில் அதிகரித்த விரிவைக்கொடுக்கும். ஆனால், எதிர்மின்னேற்றிய மின்காட்டியிற் குறைந்த விரிவைக்கொடுக்கும்.

எதிர்மின்னேற்றிய பொருளொன்று எதிர்மின்னேற்றிய மின்காட்டியின் விரிவை அதிகரிக்கும். ஆனால், நேர்மின்னேற்றிய மின்காட்டியின் விரிவைக் குறைக்கும். மின்னேற்றப்படாத பொருளொன்று அல்லது புவியினேடிணைக்கப்பட்ட பொருளொன்று ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் விரிவைக் குறைக்கும்.

§ 3. எளிய நிலைமின் ஆய்கருவிகள்

மின்றூண்டி

மின்றூண்டியென்பது உலோகத்தின் தனித்தட்டொன்றினூற் ருங்கப்பட்டுள்ள எபனேற்று அல்லது குங்கிலியத் தட்டொன்றைக் கொண்டதாகும். இக் காவலித் திரவியத்தட்டிலே காவலிக் கைபிடியொன்றைக்கொண்ட உலோகத் தட்டொன்று வைக்கப்படலாம்.

இத்தட்டை அகற்றிக் கொண்டு எபனேற்றின் மேற்பரப்பிலே ஈரமற்ற பூனைத்தோலினூல் உரோஞ்சி அல்லது தட்டி எதிர்மின்னேற்றமொன்று உண்டாக்கப்படும். இதன்பின் காவலிக் கைபிடியைக்கொண்டு உலோகத் தட்டை உயர்த்தி மின்னேற்றப்பட்ட மேற்பரப்பிலே வைகப்படல்வேண்டும். மெய்யான தொடுகை சில புள்ளிகளில்மட்டும் உண்டாகும். ஆனால், எஞ்சிய பாகத்திலே எபனேற்றிலுள்ள எதிர்மின்னேற்றமானது எதிரேயுள்ள உலோகமேற்பரப்பில் நேர்மின்னேற்றமொன்றைத் தூண்டும். இத்தட்டின் மேலேயுள்ள பரப்பிற்கு எதிர்மின்னேற்றமொன்று தள்ளப்படும். தட்டை விரலினூற்றெடும்போது இவ்வெதிர் மின்னேற்றமானது உடலினூடு புவியையடைய, நேர்மின்னேற்றமானது அதன்கீழுள்ள எதிர்மின்னேற்றத்தின் கவர்ச்சியின்கீழ்க் கட்டுப்பட்டிருக்கும். எபனேற்றிலிருந்து தட்டை இப்போது உயர்த்த இந்த நேர் மின்னேற்றத்தை அது காவிக் கொண்டிருக்கும். பின்பு இந்த நேர்மின்னேற்றத்தை மற்றுங்கடத்திக

னோடு பங்குபெறச் செய்யலாம். புவியிணைப்பையுடைய ஏதாவது கடத்தியோடு இணைத்துத் தட்டானது மின்னிறக்கப்பட்டபின்பு அதனை மீண்டும் எபனேற்றின்மேல் வைத்து நிகழ்ச்சியைத் திரும்பவுஞ் செய்யலாம். நிகழ்ச்சிகளின்போது எபனேற்றிலுள்ள மின்னேற்றமானது கணிப்புக்குரிய அளவுக்குக் குறைவதில்லை. காவலானது திருத்தமாயிருப்பின் மின்னேற்றும் நிகழ்ச்சியானது முடிவின்றியே திருப்பித் திருப்பிச் செய்யப்படலாம். **உவோசி**னலும் **உவிம்மேசி**னலும் (Voss and Wimshurst) அமைக்கப்பட்ட தூண்டற் பொறிகளிலும் இதே தத்துவமானது பிரயோகிக்கப்பட்டுள்ளது.

பரிசோதனை 207. மின்றூண்டி—மின்றூண்டியொன்றில் மின்னேற்றி, தட்டிலே மின்னேற்றத்தைப்பெற அதனை உபயோகிக்க. மேலே விவரிக்கப்பட்ட முறையைக்கொண்டு தட்டிலுள்ள மின்னேற்றத்தின் குறியைப் பரிசோதிக்க. தட்டிலிருந்து (பரிசோதிப்பவரின் விரல் மொழியைப் போன்ற) அதனண்மையில் வைக்கப்பட்டுள்ள புவியினோடிணைக்கப்பட்ட கடத்தியெதற்கும் மின்பொறிகளைப் பெறமுடியுமெனக் காட்டுக.

பரடேயின் (Faraday) பனிக்கட்டிக்குவளைப் பரிசோதனைகள்

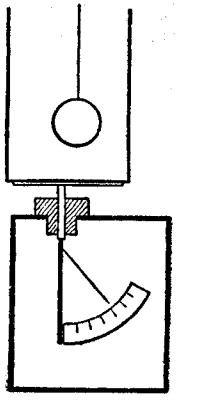
இப்பரிசோதனைகளுக்காகப் பரபின் அல்லது எபனேற்றுக் கண்டமொன்றில் வைத்துக் காவலிடப்படக்கூடிய உலோகக்குவளையொன்று கொடுக்கப்படும். மின்காட்டியானது பொன்னிலைத் தொகுதியோடிணைக்கப்பட்ட பொருத்தமான தட்டைத் தட்டொன்றைக் கொண்டுள்ளதாயின், இத்தட்டிலே "பனிக்கட்டிக்குவளையை" நிறுத்திவைத்தல் இலகுவாகும். குவளையானது எபனேற்று அல்லது பரபின் கண்டமொன்றிலிருக்குமாயின், செப்புக்கம்பியைக்கொண்டு அதனை மின்காட்டித்தட்டினோடு இணைத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 208. பரடேயின் பனிக்கட்டிக்குவளை—பட்டுநாடாவொன்றிற் றொங்கவிடப்பட்டுள்ள அல்லது காவலிக் கைபிடியொன்று பொருத்தப்பட்டுள்ள பித்தளைக்குண்டொன்றை யெடுத்து மின்றூண்டியொன்றைக் கொண்டேனும் சிறிய **உவிம்மேசுப்** பொறியொன்றைக் கொண்டேனும் அதற்கு மின்னேற்றுக.

பனிக்கட்டிக்குவளையினுள்ளே இதனைப் புகவிட்டுப் பொன்னிலையின் திரும்பலை அவதானிக்க. மின்னேற்றிய குண்டானது கலத்தின் வாயின்மீதே நன்றாய் உள்ளிருக்குமாயின், குண்டு எந்த நிலையிலிருந்தாலுந் திரும்பல் ஒன்றாகவேயிருக்கும். குவளையின் உட்பக்கத்திற் குண்டைத் தொடவிட்டாலும் திரும்பல் மாறுதிருக்கும்.

கலத்தினுள்ளே வரையறையான மின் கணியமொன்று செலுத்தப்பட்டுள்ளதென்பதும் கலத்தினுள்ளேயுள்ள **கணியத்திலேயே** மின்காட்டியின் விலகல் தங்கியுள்ளதென்பதுமான கொள்கையோடு இது இணங்குகின்றது

இரண்டு பொருள்கள் சமமாய் மின்னேற்றப்பட்டுள்ளனவாவென்பதைத் தீர்மானிக்கப் பனிக்கட்டிக் குவளையை உபயோகிக்கலாம். உட்குழிவான கடத்தியொன்றினுள்ளே இவற்றைச் சேர்த்துவைத்து முந்திய மின்னேற்றத்தின் இருமடங்கான மின்னேற்றத்தைப் பெறமுடியும். கொடுக்கப்பட்ட பொருளொன்றின் மின்னேற்றத்தினது எத்தனைமடங்கு மின்னேற்றத்தையும் உட்குழிவான கடத்தியொன்றுக்கு இவ்வாறுகவே கொடுக்கப்படலாம்.



உருவம் 219.
மின்காட்டியிலே பனிக்கட்டிக்குவளை

பரிசோதனை 209. மின்னேற்றங்கள் தூண்டப்படுங் கடத்தியினுள்ளே முற்றிலும் மூடப்பட்டிருக்குமாயின், தூண்டும் மின்னேற்றத்திற்குத் தூண்டப்படும் மின்னேற்றங்கள் சமமாயும் எதிராயுமுள்ளன.—பக்கங்களிற் படவிடாது பனிக்கட்டிக்குவளையினுள்ளே மின்னேற்றப்பட்ட குண்டை வைத்துத் திரும்பலை அவதானிக்க. பனிக்கட்டிக்குவளையை விரலினூற்றெடுக்க. பொன்னிலைகள் கூம்பிவிடும். மின்னேற்றத்தை இன்னுங் காவிக் கொண்டிருக்குங்குண்டைக் குவளையிலிருந்து அகற்றுக. திரும்பலானது முந்திய அளவாகவே யிருத்தல் வேண்டும். தூண்டப்பட்ட மின்னேற்றங்களிரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகவும் எதிராகவுமிருந்தன. ஒன்று அகற்றப்பட்டதும் மற்றது அவதானிக்கப்பட்ட திரும்பலைக் கொடுத்தது. குவளையில் **மின்னை யிறக்கிக்** குண்டைத் திரும்பவும் உட்செலுத்தி அடியிற்றொடவிடுக. அகற்றியவுடன் அது மின்னேற்றப்படாதிருக்கும். மின்னேற்றமெல்லாவற்றையும் இது குவளைக்குக் கொடுத்துவிட்டது. மின்காட்டியிலைகளின் திரும்பலானது குண்டானது அடியிற்றொட முன்பும் பின்பும் ஒரேயளவாயிருக்கும். குண்டானது அகற்றப்பட்ட பின்பும் இது மாறாது.

பரிசோதனை 210.—உரோஞ்சலினூற் சம எதிர் மின்கணியங்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன.—இதனைக் காட்டவேண்டுமாயின் உரோஞ்சும் பொருளும் உரோஞ்சப்படும் பொருளுங் காவலிடப்படல்வேண்டும். காவலிக் கைபிடிகளினூற் பிடித்துக்கொண்டு பொருள்களிரண்டையுஞ் சேர்த்துரோஞ்சிப் பனிக்கட்டிக்குவளைக்குட்செலுத்தி ஒவ்வொன்றையும் பரிசோதிக்க. இதன்பின்பு இரண்டையுஞ்சேர்த்துப் பனிக்கட்டிக்குவளைக்குள் வைக்க. மின்னேற்றங்கள் சரிசமமாயும் எதிராயு மிருக்குமாயின் **இரண்டையும்** உபயோகிக்கும்போது பொன்னிலைகளின் எவ்விதத் திரும்பலும் அவதானிக்கப்படமாட்டாது. ஆனால், தனித்தொன்று உபயோகிக்கப்படும்போது திரும்பலொன்று கொடுக்கப்படும்.

ஏறத்தாழ எப்போதுஞ் சிறிது பொசிவு உண்டாகுமாதலின், விவரிக்கப்பட்ட நிகழ்ச்சிகள் விரைவாய்ச் செய்யப்படுதல்வேண்டும்.

இந்த நிலைமின் பரிசோதனைகளைப்பற்றிக் கூறும்போது பெறப்பட்ட பேறுகள் விவரிக்கப்படுவதுடன் அவற்றிலிருந்து அனுமானிக்கப்படும் முடிவுகளுங் கூறப்படல்வேண்டும். இவ்விவரணமானது வரிப்படங்களைக்கொண்டு விளக்கப்படவேண்டியது அவசியமாகும். இவ்வரிப்படங்கள் வெவ்வேறு படிகளொவ்வொன்றிலும் உபயோகிக்கப்பட்ட ஆய்கருவியின் பாகங்களினது நிலைகளையும் அவற்றிலுள்ள **மின்னேற்றங்களையுங்** காட்டல் வேண்டும்.

§ 4. மின்னேற்றமும் அழுத்தமும்

மின்னியலிலே **அழுத்தம்** என்பது நீர்நிலையியலிலே **அமுக்கத்தினுடு** அல்லது வெப்பவியலிலே **வெப்பநிலையோடு** ஒத்ததாகும். **நேர்** மின்னனது **உயர்ந்த** அழுத்தவிடங்களிலிருந்து **தாழ்ந்த** அழுத்தவிடங்களுக்குப் பாயுமென்ற வழக்கிலுள்ள கூற்றை நாம் உபயோகிப்போமாக. புவியினழுத்தத்தைப் பூச்சிய மாகக்கொள்வது பெரும்பாலும் வசதியாயிருக்கும்.

மின்காட்டியிலைகளின் விரிவானது மின்காட்டி **முழுவதிலுமுள்ள** மின்னேற்றத்தைக் குறிக்கத் தேவையில்லை என்பதை அவதானித்தல் முக்கிய மாகும். திரும்பலானது எப்பொழுதும் மின்காட்டியின் **அழுத்தத்தைக்** குறிக்கும். வேறு பொருள்கள் அதனண்மையில் இல்லாதபோது மட்டுமே அதன் **மின்னேற்றத்தைக்** குறிப்பதாகக் கொள்ளப்படலாம்.

புள்ளிகள் கடத்தியொன்றினுல் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது நேர்மின்னனது உயர்வுகூடிய அழுத்தப்புள்ளிகளிலிருந்து குறைந்தவழுத்தப்புள்ளிகளுக்குப் பாய்கின்றதெனக் கொள்ளப்படுமாதலின், அழுத்தத்தின் பரிசோதனையானது பொருளைப் புவியினுடனிணைப்பதேயாம். பொருளானது நேர்மின்னைப் புவிக்குக் **கொடுக்குமாயினும்** எதிர்மின்னைப் புவியிலிருந்து ஏற்குமாயினும் அதனழுத்தம் நேராயிருந்தது. புவியிலிருந்து நேர்மின்னை **வாங்குமாயினும்** புவிக்கு எதிர்மின்னைக் கொடுக்குமாயினும் அதனழுத்தம் எதிராயிருந்தது. மின்னைக் கொடுக்காதேனும் வாங்காதேனுமிருக்குமாயின் அது பூச்சியவழுத்தத்திலிருந்ததாகும்.

பரிசோதனை 211. பொன்னிலைமின்காட்டியொன்றின் விரிவானது அதனழுத்தத்தைக் குறிக்குமென்பதைக் காட்டல்.—வகை 1. மின்னேற்றிய கண்ணுடிக்கோலொன்றை மின்காட்டியொன்றைநோக்கிக் கொணர்க. சமமான எதிரான மின்னேற்றங்களிரண்டு மின்காட்டியிற்றூண்டப் பட்டுள்ளன. முழுவதும் **மின்னேற்றப்படாதிருக்குமாயினும்** இலைகள் விரிந்துநிற்கும். புவியினுடனிணைக்கப்படுமாயின் நேர்மின்னனது மின்காட்டியைவிட்டுப் புவிக்குப் பாய்கின்றது. ஆதலின், மின்காட்டியானது நேரழுத்தமொன்றிலிருந்தது. **புவியினுடனிணைக்கப்படுமுன்பு** விரிவொன்றைக் காட்டியதாயினும் மின்னேற்றப்படாதிருந்தது. ஆதலின், இவ்வகையிலே விரிவானது மின்காட்டியிலுள்ள மின்னேற்றத்தைக் குறிப்பதில்லை

வகை 2. மின்னேற்றப்பட்ட கண்ணுடிக்கோலொன்றை மின்காட்டியை நோக்கிக் கொண்டுவருஞ் செய்கையைத் திரும்பவுஞ் செய்க. மின்காட்டியைப் புவியினுடனிணைத்தபின்பும் கண்ணுடிக்கோலை இன்னும் அண்மையில் வைத்துக்கொள்க. இப்போது மின்காட்டி எதிர்மின்னேற்றமொன்றைக் கொண்டுள்ளது. ஆயினும், இலைகள் நன்முகக் கூம்பியிருக்கும். ஆதலின், இவ்வகையிலே விரிவானது மின்னேற்றத்தைக் காட்டுவதில்லை. இங்கு மிகுந்த மின்னேற்றமிருந்த போதிலும் விரிவில்லை.

வகை 3. மின்காட்டியொன்றிற்கு நேர்மின்னேற்றுக. எல்லாப் பொருள்களையுந் தூரவகற்றுக. இலைகள் விரிகின்றன. மின்காட்டி நேர்மின்னேற்றத்தைக் கொண்டுள்ளது. ஆகவே, இவ்வகையில், விரிவானது மின்னேற்றத்தைக் காட்டுவதாகக் கொள்ளப்படலாம்.

மூன்று வகைகளிலும் அழுத்தங்களைக் கருதுக.

வகை 1.— முன்பு விளக்கப்பட்டதுபோல, மின்காட்டி முழுவதையுங் கருதும்போது பூச்சிய மின்னேற்றத்தைக் கொண்டதாயினும் நேரழுத்தத்தையுடையதாயிருந்தது. இலைகள் விரிந்திருந்தன.

வகை 2.—மின்காட்டியானது மின்னேற்றமொன்றைக் கொண்டதாயினும், புவியினுடனிணைக்கப்பட்டுள்ளதாதலின் பூச்சியவழுத்தத்தைக் கொண்டிருந்தது. விரிவிருக்கவில்லை.

வகை 3.—மின்காட்டியானது நேரழுத்தமொன்றையும் நேர்மின்னேற்றமொன்றையுங் கொண்டிருந்தது.

எனவே, விரிவும் அழுத்தமும் ஒன்றேடொன்று சம்பந்தப்பட்டுள்ளன. **மின்காட்டியொன்றின் இலைகளினது விரிவானது அதன் அழுத்தத்தைக் காட்டுமெனக்** காண்கின்றோம். மின்காட்டியானது மற்றும் பொருள்களுக்கப்பாலிருக்கும்பொழுது மின்னேற்றத்தையுங் காட்டுகின்றது.

விரிவானது அழுத்தத்தின் அளவைமட்டுங் காட்டுமேயன்றிக் குறியைக் காட்டாது. கொடுபட்ட விரிவொன்றிற்கு அழுத்தமானது நேராகவேனும் எதிராகவேனும் இருக்கலாம். இதனை வேறு ஏதுக்களைக்கொண்டே பரிசோதித்தல்வேண்டும். அவையாவன:—

நேர்க்கடத்தியொன்றைக் கொண்டுவர மின்காட்டியின் அழுத்தம் உயரும். ஆகவே, இலைகள் மேலதிகமாக விரியுமெனின், மின்காட்டியானது நேரழுத்தமொன்றைக் கொண்டதாகும். அவை சிறிது கூம்புமாயின், அது எதிரழுத்தமொன்றைக் கொண்டதாகும். பிந்திய வகையிலே அழுத்தத்தை **உயர்த்துவதென்பதனுல், அதன் எதிர்ப் பெறுமானத்தைக்** குறைப்பதே கருதப்படும்.

கொள்ளளவு

தனித்த கடத்தியொன்றிற்கு மின்னேற்றமொன்று கொடுக்கப்படும்போது, விளைவான அழுத்தமானது கடத்தியின் பருமனிலும் உருவத்திலுந் தங்கியுள்ளது. ஒரே மின்னேற்றத்திற்கு, கடத்தியானது எவ்வளவு பெரிதாயிருக்கின்றதோ அவ்வளவுக்கு அது உயர்த்தப்படும் அழுத்தமும் குறைவாயிருக்கும். கடத்தியொன்றின் **கொள்ளளவு** என்பது அதனழுத்தத்தை ஓரலகினால் உயர்த்தத் தேவையான மின்னேற்றமென வரையறுக்கப்படும். முதலாவதினண்மையில் இரண்டாவது கடத்தியொன்று கொண்டுவரப்படும்போது முதலாவதின் அழுத்தமானது குறைக்கப்படும் (பக்கம் 544). விளைவானது இரண்டாவது கடத்தியின் பருமனிலே தங்கியுள்ளது. இது புவியினேடிணைக்கப்பட்டிருக்குமாயின் புவி இரண்டாவது கடத்தியின் பாகமாக்கியதற்குச் சமமாக விளைவானது பெரும்பாலும் மிகப்பெரிதாயிருக்கும். இவ்வகையான ஒழுங்கொன்று **ஓரொடுக்கி** எனப்படும். தொகுதியின் ஒரு பாகத்தின் கொள்ளளவானது மற்றப்பாகத்தின் அண்மையின் பயனாக அதிகரிக்கப்படக்கூடியதாய் வைக்கப்பட்ட கடத்திகளின் ஒரு தொகுதியென இது வரையறுக்கப்படும். இரண்டு பாகங்களுக்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்தை ஓரலகினால் அதிகரிக்கச்செய்யுமாறு முதலாவது பாகத்திற்குக் கொடுக்கப்படவேண்டிய மின்னேற்றத்தைக்கொண்டு ஒடுக்கியொன்றின் கொள்ளளவானது அளக்கப்படும். காவலி அல்லது **மின்கோடுபுகுவூடகம்** ஒன்றினால் வேறுக்கப்பட்ட சமாந்தரவுலோகத் தட்டுகளிரண்டு ஓர் **எளிய** ஒடுக்கியாயமைகின்றன. கொள்ளளவானது தட்டொன்றின் மேற்பரப்புக்கு விகிதசமமாயும் அவற்றினிடையேயுள்ள தூரத்திற்கு நேர்மாறு விகிதசமமாயுமிருக்கும். மின்கோடுபுகுவூடகமாறிலி அல்லது காவலியின் தற்றூண்டற்கொள்ளளவினும் இது தங்கியுள்ளது.

பரிசோதனை 212A. சமாந்தரத் தட்டொடுக்கியொன்றைப்பற்றிய ஆராய்ச்சி.—காவலித்தாங்கிகளில் ஏற்றப்பட்டுள்ள நிலைக்குத்தான தண்டுகளிரண்டை உபயோகிக்க. ஒரு தட்டைமின்காட்டியின் தட்டினேடிணைத்து அதற்கு மின்னேற்றுக (பக்கம் 544). தட்டுகளிரண்டினுமிடையேயுள்ள தூரத்தை மாற்றுவதனாலாகும் விளைவையும், காவலித்திரவியத்தின் தட்டொன்றை அவற்றினிடையே செலுத்துவதனாலாகும் விளைவையும் ஆராய்க. இரண்டாவது தட்டைப் புவியினேடிணைத்துக்கொண்டு இப் பரிசோதனைகளைத் திருப்பிச் செய்க.

ஒடுக்கிகளைப்பற்றிய உயர்தரமான பரிசோதனைகள் பின்னைய அத்தியாயங்களிற் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒடுக்குமின்காட்டி

ஒடுக்குமின்காட்டியென்பது, வழக்கத்திலும் பார்க்கப் பெரிய பருமனையுடைய தட்டொன்று பொருத்தப்பட்டுள்ள சாதாரணமான பொன்னிலை மின்காட்டியாகும். ஆதேயளவானதும் காவலிக் கைபிடியொன்றில் ஏற்றப்பட்டதுமான இரண்டாவது தட்டொன்று முதலாவது தட்டின்மேல் வைக்கப்பட்டுள்ளது. மேற்றட்டின்மேற் பரந்துள்ள காவல்வாணிசின் மெல்லிய பூச்சொன்றினால் தட்டுக்கள் ஒன்றுக்கொன்று காவலிடப்பட்டிருக்கும். தட்டுகளிரண்டும் ஒரு சமாந்தரத்தட்டொடுக்கியாக அமைகின்றன. மேற்றட்டானது புவியினேடிணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது மின்காட்டியானது மிகுந்த கொள்ளளவையுடைய ஒரு கடத்தியாகின்றது. இப்போது மின்காட்டியின் அழுத்தத்தை அழுத்தவலகொன்றினால் உயர்த்த, மிகுந்த மின்னேற்றமொன்று தேவைப்படும். ஆதலின், மாறுவழுத்தத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள எந்த ஆய்கருவியினேடும் மின்காட்டியானது இணைக்கப்படுமாயின், புவியினேடிணைக்கப்பட்ட தட்டு அதன் மேலிருக்கும்போதிலும் பார்க்க மிகப்பெரிய மின்னேற்றத்தை, அது எடுக்கும்.

இவ்வாறு அது உயர்த்தப்பட்ட அழுத்தமானது இலேகளின் கணிப்புக்குரிய விரிவையுண்டாக்கப் போதாதிருத்தல் கூடும். எனின், வழக்கம்போல் உபயோகிக்கப்படும்போது இந்த மின்னழுத்தமிருப்பதை மின்காட்டியானது கண்டுபிடிக்க முடியாதிருக்கலாம்.

ஆயினும், மேற்றட்டிருக்கும்போதே ஒடுக்குமின்காட்டியில் மின்னேற்றுவோமாயின், அழுத்தமானது இலேகளைத்தாக்க மிகக்குறைவாயிருந்தபோதிலும், மின்காட்டியிலே மிகுந்த பருமனையுடைய மின்னேற்றமொன்றைப் பெறுவோம். மின்காட்டித் தட்டினேடிணைக்கப்பட்டுள்ள கம்பியை அகற்றியவுடன் மின்காட்டியிலிருந்து புவியினேடிணைக்கப்பட்ட தட்டை அகற்றுவோமாயின், மின்காட்டியானது சிறிய கொள்ளளவையுடைய ஒரு கடத்தியாகின்றது. குறித்தவழுத்தமொன்றை முன்பு கொடுத்த மின்னேற்றமானது இப்போது பலமடங்கு பெரிதான அழுத்தமொன்றைக் கொடுக்கும். ஆகவே, கொள்ளளவு மிகப்பெரிதாயிருந்தபோது இலேகளைத்தாக்கப்போதாத மின்னேற்றமானது இப்போது மின்காட்டியின் இலேகளை விரியச் செய்தல் கூடும்.

பரிசோதனை 212B. மின்கலமொன்றின் நேர்முனைவையும் எதிர்முனைவையுங் கண்டுகொள்ள ஒடுக்குமின்காட்டியொன்றின் உபயோகம்.—மின்காட்டியிலிருந்து மேற்றட்டை அகற்றிக்கொண்டு, எந்தவுலோற்றுக்கலத்தினதும் ஒரு முனைவினேடு இணைக்கப்பட்டுள்ள கம்பியொன்றினால் முடியைத்தொடுக. மற்ற முனைவு புவியினேடிணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். விரிவற்றிருப்பதை அவதானிக்க.

காவலிட்ட தட்டை மின்காட்டித் தட்டின்மேல் வைத்துக்கொண்டு திரும்பவும் முடியைக் கம்பியினூற்றெடுக. கம்பியானது மின்காட்டியைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்போது மேற்றட்டுப் புவியினேடிணைக்கப்பட்டிருத்தல்வேண்டும். கம்பியை அகற்றுக. எவ்வித வீரிவையும் அவதானிக்க முடியாது. மேற்றட்டை அகற்றுக. இப்போது மினகாட்டியின் கொள்ளளவு குறைக்கப்பட்டிருக்கின்றதாதலின் ஒரே மின்னேற்றத்தினுல் உண்டாக்கப்பட்ட பெரிதான அழுத்தத்தின் பயனுக இலைகள் சிறிது விரியும்.

எபனேற்றுக் கோலொன்றை உபயோகித்து மின்னேற்றத்தின் குறியைப் பரிசோதிக்க.

முந்தி உபயோகிக்கப்பட்ட முனைவைப் புவியினேடிணைத்துக்கொண்டு மின்கலத்தின் மற்றமுனைவைக்கொண்டு பரிசோதனையைத் திரும்பவுஞ் செய்க. மின்கலத்தின் இரு முனைவுகளினுமிருந்து பெறப்பட்ட மின்னேற்றங்கள் **எதிரியல்பையுடையனவெனவும்**, நாகத்தட்டொன்று உபயோகிக்கப்படும் மின்கலங்களெல்லாவற்றிலும் அந்த **நாகத்தட்டுகள்** எதிரானவையெனவுங் காட்டுக.

சேமிப்புக்கலமொன்றின் முனைவுகளினது குறிகளைப் பரிசோதித்து அவை சரியாய்க் குறிக்கப்பட்டுள்ளனவோவென அறிக.

அத்தியாயம் 2

மின்னேட்டவியல்—முன்னுரை

§ 1. மின்னின் இரசாயனப் பிறப்பு

வெவ்வேறான எந்தவுலோகங்களிரண்டினதுந் தட்டுகளிரண்டை ஒரேகலத்திலுள்ள எந்தத்திரவத்திலும் அமிழ்த்தும்போது ஒரு தட்டானது மற்றதிலும் உயர்வுகூடிய அழுத்தத்தைப் பெறுமென ஒடுக்குமின்காட்டியொன்றைக்கொண்டு காட்டலாம். இத்தட்டுகளிரண்டுங் **கணநேரத்திற்குக்** கம்பியொன்றினூல் இணைக்கப்படுமாயின் அவற்றின் அழுத்தவித்தியாசத்தின் பயனுக ஒரு தட்டிலிருந்து மற்றதுக்கு மின்னேற்றமொன்று இயல்பாகப் பாயுமெனினும், தட்டுகளிரண்டும் இதன்பயனுக **மின்னிறக்கப்படுவதில்லை.** அவற்றை இணைத்த கம்பியானது அகற்றப்பட்டபின் தட்டுகள் திரும்பவும் பரிசோதிக்கப்படுமாயின் முந்தியதைப்போலவே அழுத்தவித்தியாசமொன்றை அவை கொடுக்கக் காணப்படும். இவ்வழுத்தவித்தியாசத்தின் (அ.வி.) முந்திய பெறுமானத்திற்கும் இப்போதைய பெறுமானத்திற்குமிடையேயுள்ள எந்தச் சிறிய வித்தியாசத்தையுங் கண்டுபிடிக்க மின்காட்டியானது பெரும்பாலும் உணர்திறன் குறைந்ததாயிருக்கும்.

இத்திரவத்திலே தட்டுகள் வைக்கப்பட்டுள்ளபோது கலத்திலுள்ள இரசாயனத்தாக்கத்தின் பயனுக அவற்றிலுள்ள மின்னேற்றங்கள் தொடர்ந்து புதுப்பிக்கப்படுகின்றன. முனைவுகளிரண்டையுங் கம்பியொன்று நிலையாக இணைக்குமாயின் தொடர்ந்த மின்னிறக்கம் அல்லது **மின்னேட்டமொன்று** கம்பியினூடாகப்பாயும். இக்காலத்திலேஉலோகமொன்றிலுள்ள மின்னேட்டமானது **எதிரிலத்திரன்களின் பாய்ச்சலாகக்** கருதப்படுமாயினும், **வழக்கிலுள்ள மின்னேட்டத்தை நேர்மின்னின் பாய்ச்சலாக** இன்னுங் குறிப்பிடுவோம்.

பல்வேறு வகையான கரைசல்களைக்கொண்டும் தட்டுக்களைக்கொண்டும் பரிசோதனை செய்து விசேடமாகத் தொழிலாற்றும் மின்கலங்களை வெவ்வேறு பரிசோதனையாளர் கண்டுபிடித்துள்ளனர்.

உவோற்ருவின் (Volta) எளிய கலத்திலே 10 இற்கு ஒன்ருக ஐதாக்கப்பட்ட சல்பூரிக்கமிலத்தில் செம்பினதும் நாகத்தினதும் தட்டுக்கள் அமிழ்த்தப்பட்டுள்ளன. நாகத்தட்டானது,

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H$$

என்ற சமன்பாட்டிற்கிணங்க அமிலத்திற் கரைய முயலும். மற்றும் முதற்கலங்களின் தாக்கத்திற்கும் இது ஒரு மாதிரியாகும்.

20—R 2477 (5/62)

செப்புத்தட்டிலே உண்டாக்கப்பட்ட ஐதரசன் படலத்தினுலான கலத்தின் **மூனைவாக்கலத்** தடுப்பதற்காக (பக்கம் 593), ஏதாவது மூனைவகற்றுந் திரவம் பிரயோகிக்கப்படுதல்வேண்டும்.

மின்னின் கணியவலகொன்று சுற்றிற் பாயும்போது உற்பத்தியிலிருந்து எடுக்கப்பட்டுச் சுற்றிற் செலவான சத்திக்கு மின்கலமொன்றின் **மின்னியக்க விசை** சமமாகும்.

மின்னியக்கவிசையை (மி. இ. வி.) அல்லது அ.வி. ஐக் குறிப்பதற்குரிய செய்முறையலகு **உவோற்று** ஆகும். இது 10^8 ச.கி.செ. அலகுக்குச் சம மாகும். 20° C. இலே **உவெசுத்தன் (Weston)** கடமியக் கலத்தின் மி.இ.வி. ஐ 1·0183 சர்வதேசவுவோற்றுக்களாயெடுத்துச் **சர்வதேசவு வோற்று** என்பது பரிசோதனை மூலம் அறியப்படும். கிளாக்குக்கலத்தின் **(Clark)** மி.இ.வி. ஆனது 15° C. இலே 1·433 உவோற்றுக்களாம்.

முதற்கலங்கள் சிலவற்றின் விவரணவட்டவணை

பெயர்	தட்டுகள்		அருட்டுந் திரவம்	மூனைவகற்றுந் திரவம்	உவோற்றுக்களில் அண்ணளவானமி.இ.வி.	குறிப்புகள்
	+	−				
தனி	Cu,	Zn	H_2SO_4 நீர்ம.	ஒன்றுமில்லை	1·0	விரைவான மூனைவாக்கம்
தானியல் (Daniell)	Cu,	Zn	H_2SO_4 நீர்ம.	$CuSO_4$ செறிந்தது	1·14	மாறிலி, திருப்தியானது
			$ZnSO_4$ நீர்ம.	$CuSO_4$ செறிந்தது	1·07	அமிலப் புகையில்லை
குரோவு (Grove)	Pt,	Zn	H_2SO_4 நீர்ம.	HNO_3 செறிந்தது	1·9	விலையுயர்ந்தது, அமிலப்புகையுண்டு
பன்சன் (Bunsen)	C,	Zn	H_2SO_4 நீர்ம.	HNO_3 செறிந்தது	1·7	அமிலப்புகையுண்டு.
இலெக்கிளாஞ்சி (Leclanche)	C,	Zn	NH_4Cl நிரம்பியது	MnO_2	1·4	இடையிட்ட உபயோகத்திற்குச் சிறந்தது
இருகுரோமேற்று	C,	Zn	H_2SO_4 நீர்ம.	$K_2Cr_2O_7$ இலிருந்து H_2CrO_4	1·8	திருப்தியானது. உபயோகியாதபோது Zn தட்டை அகற்றுக.
கிளாக்கு (Clark)	Hg,	Zn	$ZnSO_4$	Hg_2SO_4	1·433	மாறிலி.
உவெசுத்தன் (Weston)	Hg,	Cd	$CdSO_4$	Hg_2SO_4	1·0183	மிகுந்த மாறிலி

"ஈரமில்கல" மெனப்படுவது **இலெக்கிளாஞ்சிக்** கலத்தின் ஒரு வகையாகும். இதிற் கரைசலானது **ஈரலிப்பான** ஒரு பசையாகுமாறு வேறு திரவியங்களோடு சேர்த்துக் கலக்கப்படும்.

மின்கலங்களைப்பற்றிய கவனிப்பு.—மின்கலமொன்றின் **வலு** அல்லது மின்னேட்டத்தை அது வழங்கும் வீதமானது தட்டுகளின் பருமனினுலும் தேவையான இரசாயனத் தாக்கங்கள் நிகழும் வீதத்தினுலும், நான் காம் அத்தியாயத்தில் விவாதிக்கப்படவிருக்கும் **உட்டடை** போன்ற மற்றும் இயல்புகளினுலுங் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. **குறுக்காகச் சுற்றுதலினுல்,** அல்லது கணநேரத்துக்காவது குறுகிய உலோகத்துண்டொன்றினுல் மூனை வுகள் சேர்த்திணைக்கப்படுவதினுல் முதற்கலமானது மிகைவேலை வாங்கப் படுமாயின், அது ஏறத்தாழ **வலுக்குறைந்து** அல்லது **மூனைவாக்கப்பட்டு** இருக்கும். நிலையாகப் பழுதடையாவிட்டாலும் சில நிமிடங்களுக்கேனும் அது திருப்தியாய் வேலை செய்யாது.

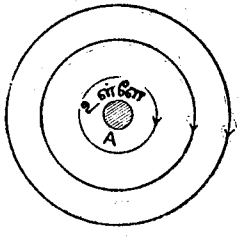
ஆகவே, எந்தக்கலமும், விசேடமாகத் துணைக்கலம் அல்லது ஈயச்சேமிப்புக் கலமும், இவ்வாறு மிகைவேலைசெய்யாது தடுக்கப்படல்வேண்டும். இச் சேமிப்புக் கலமானது ஒரு தட்டிற் பஞ்சுபோன்ற ஈயத்தினுலும் மற்றத்தட்டில் ஈயவீரொட்சைடினுலும்பாரமேற்றப்பட்டுள்ள ஈயத்தட்டுகளைக்கொண்டதாகும். (604 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க). **கணத்துக்குரிய** எந்த மிகைப்பாரமும் தட்டு களினுள்ளும் மேற்பரப்பிலும் விரைவாக வாயுவை வெளிவிடச்செய்யும். எனவே, தட்டுகள் வீளையக்கூடும். அன்றேல், தட்டிலிருந்து பாரமானது வெளிவீசி எறியப்படும். சேமிப்புக்கலனுனது பாரதூரமாகப் பழுதடையுமென் பதே இதன் கருத்தாகும். இந்நிகழ்ச்சியானது திரும்பத்திரும்ப நிகழுமாயின் சேமிப்புக்கலன் முற்றுகப் பழுதடைந்துவிடும். கணத்திற்குரிய பலிச்சீடொன் றைப் பார்ப்பதற்காக வீலையுயர்ந்த இக்கலங்களைப் பழுதாக்கிப் பரிசோதனைச் சாலையின் திறனைக்குறைப்பது குழந்தைகளின் வினையாட்டாகவே முடியும்.

மின்சுற்றொன்றை இணைக்கும்போது வழங்கலிடமானது மின்கலமா கவோ மின்னடுக்காகவோ அன்றேல் மின்னின் முடிவிடங்களாகவோ இருந்த போதிலும் இவ்வழங்கலிடத்தினூடு இணைப்பை எல்லாவற்றிற்குங் கடைசி யாகச் செய்வதே சிறந்த விதியாகும்.

§ 2. மின்னேட்டங்களின் காந்தத்தாக்கம்

மின்னேட்டமொன்றைக் காவுகின்ற கம்பியொன்றினண்மையிற் காந்த வூசியொன்று வைக்கப்படும்போது அது திரும்பியதை 1819 இலே **எசட்டு (Oersted)** கண்டுபிடித்தார். காந்தமானது மின்னேட்டத்தின் திசைக் குச் செங்குத்தாகத் தன்னச்சை வைத்துக்கொள்ள முயலும். மின்னேட்ட மானது சூழவுள்ள இடத்திலே காந்த மண்டலமொன்றை எழச்செய் கின்றது. நீண்ட நேரான கம்பியொன்றிலே காந்தவிசைக்கோடுகள் வட் டங்களின் உருவத்தை எடுத்துக்கொள்கின்றன. ஒவ்வொரு வட்டத்தின் மையமுங் கம்பியிலுள்ள ஒரு புள்ளியாகும். வட்டத்தின் தளமானது கம்பிக்குச் செங்குத்தாயிருக்கும்.

கம்பியானது காஇதத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாயுள்ளதெனவும **வழக்கமான** மின்னோட்டமானது புள்ளி A இலே காஇதத்தினுள்ளே பாய்கின்றதெனவுங் கொள்க. எனின், நேர் மூனைவொன்று வலஞ்சுழியாக மையம் A ஐயுடைய வட்டமொன்றைச்சுற்றி உந்தப்படும். வலக்கைத் திருகாணியொன்று, அதன் மூனையானது வழக்கமான மின்னோட்டத்தின் திசையிற் செல்லுமாறு திருகப்படுமாயின் அது திருப்பப்பட்ட திசை(அல்லது பெருவிரல் இயங்குகின்ற திசை) காந்தவிசையின் திசையைக் கொடுக்குமென இவ்விளைவை வசதியாகக் குறிக்கலாம்.



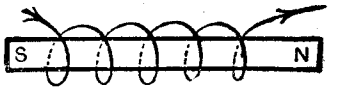
உருவம் 220.
மின்னோட்டமொன்றின் பயனை விசைக்கோடுகள்

சிறிய காந்தவூசியொன்றிலே மின்னோட்டமொன்றின் தாக்கத்தை ஆராய்ந்து இவ்விளைவு பரிசோதிக்கப்படல் வேண்டும். இரண்டொரு **தானியற்** கலங்களைக்கொண்ட மின்கலவடுக்கொன்றின் முடிவிடங்களோடு காவலிட்ட செம்புக்கம்பியின் மூனைகளை இணைத்துக் காந்தவூசியின் சார்பாய் வெவ்வேறு நிலைகளிற் கம்பியானது வைக்கப்படும்போது திரும்பலை அவதானிக்க. அடுத்துள பாகங்களில் மின்னோட்டங்கள் எதிர்த்திசைகளிற் பாயுமாறு கம்பியானது அதன்மேல் இரட்டையாக்கப்பட்டோ, முறுக்கப்பட்டோவிருக்குமாயின் காந்தவூசியில் உண்டாக்கப்படும் விளைவானது மிக்க வரிதாயிருக்குமென்பதைச் சரிபார்க்க.

வரிச்சுருளொன்றின் காந்தமண்டலம்.—வரிச்சுருளென்பது ஒருசீராய் அண்டப்பிடித்து வரியப்பட்ட பல சுற்றுக்களைக்கொண்ட கம்பியின் ஒரு சுருளியாகும். இதனூடு உறுதியான மின்னோட்டமொன்று பாயுமாயின் சட்டக்காந்தத்திண்மமொன்றின் பயனைதைப்போன்ற புறக்காந்தமண்டலமொன்று உண்டாக்கப்படுவதோடு, சுற்றுக்கள் மிக்கவண்மையிலிருக்குமாயின், ஏறத்தாழ ஒருசீரான உண்மண்டலமொன்றும் உண்டாகும். ஏறத்தாழ 15 ச.மீ. நீளமும் 1 ச.மீ. விட்டமுமுள்ள கண்ணுடிக்குழாயொன்றிலே காவலிட்ட கம்பிச்சுருளியொன்றைச் சுற்றுக. ஏறத்தாழ 5 ஓம் பருமட்டான தடையொன்றையும் திசைமாற்றியொன்றையும் உபயோகித்துச் சுருளியின் மூனைகளைச் சேமிப்புக்கலமொன்றின் முடிவிடங்களோடு இணைக்க. சிறிய காந்தவூசியொன்றிலே சுருளியின் மூனைகளினது தாக்கத்தை ஆராய்க. குழாயின் உட்பக்கத்திலே இரும்புக்கம்பிகள் பலவற்றைச் செலுத்திப் பரிசோதனையைத் திருப்பிச் செய்க.

பரிசோதனை 213. எளிய மின்காந்தமொன்றின் அமைப்பு.—மெல்லிரும்புச் சட்டமொன்றைச்சுற்றி ஒரு சுருளியாயமையுமாறு காவலிட்ட செப்புக்கம்பியொன்றைச் சுற்றுக. திசைமாற்றியொன்றினூடாகவும் மேலே யுள்ளதுபோல 5 ஓம் தடையொன்றினூடாகவும் சேமிப்புக்கலமொன்றி

னோடு கம்பியின் மூனைகளை இணைக்க. மின்னோட்டத்தின் பயனை காந்த மண்டலத்திலுல் இரும்பானது காந்தமாக்கப்பட்டுத் தொகுதியானது ஒரு **மின்காந்தமாய்** அமையும். பெருவிரலானது சுருளியின் சுற்றுக்களைச்சுற்றிப்பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைப் பின்பற்றுமாறு தக்கைத் திருகாணியொன்று திருப்பப்படுமாயின், அதன் மூனையானது காந்தவிசைக்கோடுகளின் திசையிலே முன்செல்லும். காந்தவிசைக் கோடுகள் இரும்புச் சட்டத்தினூடாகத் தென்மூனைவிலிருந்து வடமூனைவுக்குச் செல்லுமாதலின், இரும்பினுட் செல்லுந் திருகாணியின் மூனையானது தென்மூனைவாகவும், திருகாணியின் வெளிச்செல்லும் மூனைவானது வடமூனைவாகவுமிருக்கும். காந்தவூசியைக்கொண்டு இவ்விளைவைப் பரிசோதித்து சிறிய இரும்புத் துண்டுகளைக் கவரும் மின்காந்தத்தின் வலுவை ஆராய்க.



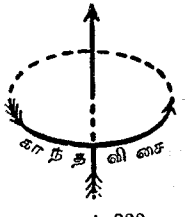
உருவம் 221. மின்காந்தத்தின் அமைப்பு

மின்கலவடுக்கின் மூனைவுகளினது குறியைப் பரிசோதித்தல்.—மின்கலவடுக்கொன்றின் அல்லது மின்னோட்டத்தின் வேறு முதலிடத்தின் குறிகளைத் தீர்மானிக்க மேலேயுள்ள விளைவுகள் பிரயோகிக்கப்படலாம். இதனைச் செய்யும்போது முடிவிடங்களினூடு இணைக்கப்பட்டுள்ள கம்பித்துண்டினூடாக மிகை மின்னோட்டஞ் செல்வதைத் தடுக்கச் சரியான முன்னவதானங்கள் எடுக்கப்படுதல் வேண்டும். புறச்சுற்றினூடாக + முடிவிடத்திலிருந்து − முடிவிடத்திற்கு மின்னோட்டம் பாயுமென்பதை நினைவில் வைத்துக்கொண்டு ஒவ்வொரு முடிவிடத்தினதுங் குறியானது உடனே கொடுக்கப்படலாம்.

மின்னோட்டத்தினுல் உண்டாக்கப்படும் இரசாயனத்தாக்கங்களை ஆராய்ந்தும் முடிவிடங்களின் குறிகளைத் தீர்மானிக்கலாம் (646 ஆம் பக்கம் பார்க்க).

§3. நேர்க்கம்பியொன்றிலுள்ள மின்னோட்டமொன்றின் பயனை காந்தமண்டலம்

வழமையான ஒட்டம்



உருவம் 222.
நேர்மின்னோட்டத்தின் பயனை காந்த விசை

நீண்ட நேர்க்கம்பியொன்றிலுள்ள மின்னோட்டமொன்றின் பயனை காந்தவிசைக்கோடுகள் வட்டங்களின் உருவத்திலுள்ளனவென மேலே காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு வட்டத்தின் மையமும் கம்பியிலுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருக்கும். அத்துடன் வட்டத்தளமானது கம்பிக்குச் செங்குத்தாகவிருக்கும். வட்டத்தைச் சுற்றி காந்தவிசையின் திசையும் வழக்கமான மின்னோட்டத்தின் திசையும், வலக்கைத் திருகாணியொன்றின் சுழற்சியினதும் இடப்பெயர்ச்சியினதுந் தொடர்பையே கொண்டுள்ளன.

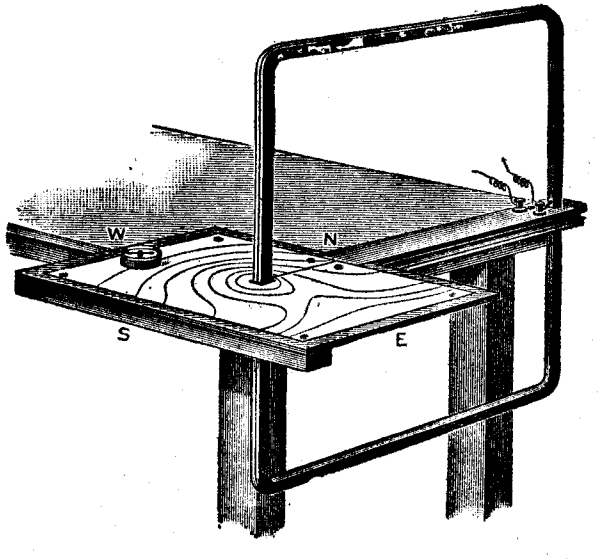
கம்பிக்கு வரையப்படுஞ் செங்குத்துக் கோட்டின் நீளமானது r ஆயிருக்கும் புள்ளியொன்றிலே காந்தவிசையின் பெறுமானம் $2\mathrm{I}/r$ ஆகும். இங்கு I என்பது மின்காந்தவலகுகளிலே மின்னோட்டத்தின் திறனாகும்.

மின்னோட்டத்தின் மின்காந்தவலகினது வரைவிலக்கணம் வேண்டுமாயின் **தான்சன்** கல்வனோமானியின் கொள்கையைப் பார்க்க (பக்கம் 568)

மெய்யான பரிசோதனையொன்றிலே புவியின் காந்தமண்டலத்தினோடு மின்னோட்டத்தின் பயனை மண்டலத்தையுங் கருதுதல்வேண்டும். கம்பியை நிலைக்குத்தாய் ஒழுங்குசெய்து, இடையான ஊசியிலே எவ்வித விளைவையுங்கொடாத புவிமண்டலத்தின் நிலைக்கூற்றை நிராகரித்துக்கொண்டு, இடைத்தளத்திற் காந்தவிசைக்கோடுகளை வரைவது வசதியாயிருக்கும்.

நிலையான காந்தத்தின்மங்களின் பயனை விசைக்கோடுகளை வரைவது போலவே சிறிய திசைகாட்டு மூசியொன்றைக்கொண்டு இவ்விசைக்கோடுகளும் வரையப்படலாம்.

பரிசோதனை 214. நேர்மின்னோட்டமொன்றின் காந்தமண்டலத்தைக் குறித்தல்.—மின்னோட்டத்தின் காந்தவிளைவை அதிகரிக்கச்செய்வதற்காகச் சட்டத்தைச்சுற்றிப் பலமுறை வரியப்பட்டு மூடப்பட்டுள்ள செப்புக்கம்பி



உருவம் 223. நேர்மின்னோட்டத்தின் மண்டலம்

யொன்றைக்கொண்ட பெரிய செவ்வகவுருவான சட்டமானது வசதியான ஓர் ஆய்கருவியாகும்(உருவம் 223). இக்கம்பியின் ஒரு முனையானது சிறிய சேமிப்புக்கலமொன்றின் ஒரு முடிவிடத்தினோடும், மற்றமுனையானது ஒரு சாவியினோடும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

சேமிப்புக்கலத்தின் மற்றமுடிவிடத்தைச் சாவியினோடு பிளாற்றினப்போலிக் கம்பியின் குறுகிய துண்டொன்றைக்கொண்டு இணைத்து மின்சுற்றுனது முற்றுக்கப்படும். பரிசோதனைச்சாலைக்கு ஒளிவழங்குதற்காக நேரான மின்னோட்டமொன்று உபயோகிக்கப்படுமாயின், மின்னோட்டத்தின் திறனைச் செப்பஞ்செய்தற்காக ஆய்கருவியோடு தொடர்நிலையில் விளக்கொன்று உபயோகிக்கப்பட்டு முதற்கம்பிகளிலிருந்து மின்னோட்டமெடுக்கப்படலாம்.

மேசையொன்றின் ஓரத்தையடுத்து நிலைக்குத்தான பக்கங்களிருக்குமாறு சட்டத்தை வைத்துக்கொண்டு, இடையான வரைதற்பலகை மேசையின்மேல் உறுதியாய் ஒய்ந்திருக்குமாறு ஒழுங்குசெய்க.

மின்னோட்டமானது கீழ்நோக்கியேனும் மேல்நோக்கியேனும் பாயும்போது சேர்ந்த மண்டலங்களின் பயனை விசைக்கோடுகளை வரைக. (1) சுருளையடுத்துள்ளனவும் (2) "நடுநிலைப்"புள்ளியினண்மையிலுள்ளனவுமான விசைக்கோடுகளைப்பற்றி விசேட கவனஞ் செலுத்துக.

கூடியவளவு திருத்தமாக நடுநிலைப்புள்ளியின் நிலையத்தைக் கண்டபின்பு இப்புள்ளியிலிருந்து கம்பியின் தூரமாகிய r ஐ அளக்க.

கம்பியிலிருந்து r ச.மீ. தூரத்திலே மின்னோட்டத்தின் பயனை காந்தவிசையானது முனைவலகிற்கு

$$\mathrm{F} = \frac{2n\mathrm{I}}{r}$$ தைன்

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். இங்கு n என்பது உபயோகிக்கப்பட்ட பக்கத்திலுள்ள கம்பிகளின் தொகையாகும். ஒவ்வொரு கம்பியும் ஒரே உறுதியான மின்னோட்டமாகிய I மின்காந்தவலகுகளைக் காவிநிற்கும்.

இக்காந்தவிசையானது புவிமண்டலத்தின் இடைக்கூற்றினாற் சமநிலையடையும். சிறப்பான இதன் பெறுமானம் முனைவலகொன்றிற்கு

$\mathrm{H} = 0{\cdot}18$ தைன் ஆகும்.

எனவே, $$\frac{2n\mathrm{I}}{r} = 0{\cdot}18.$$

மின்காந்தவலகுகளிலே மின்னோட்டம் I இன் பெறுமானத்தைக் கணித்து அம்பியரில் அதன் பெறுமானத்தை அனுமானிக்க (ஒரு மின்காந்தவலகு 10 அம்பியருக்குச் சமமாகும்.)

நேர்க்கம்பியொன்றிற் பாய்கின்ற மின்னோட்டத்தையடுத்த காந்தமண்டலத்திறனின் மாற்றம்

நேரான நீண்ட கம்பியொன்றிலுள்ள மின்னோட்டத்தின்பயனை காந்தமண்டலத் திறனைது கம்பியிலிருந்து தூரம் r இலுள்ள ஒரு புள்ளியிலே $\mathrm{F} = 2\mathrm{I}/r$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படுமென முன்பே குறிப்பிடப்பட்டது.

காந்தமண்டலத்திறன்களை ஒப்பிடுதற்கு முன்பு விவரிக்கப்பட்ட எந்த முறையைக்கொண்டாவது, **F** ஆனது கம்பியிலிருந்துள்ள தூரத்திற்கு நேர்மாறான விகிதசமமுடையதெனக் காட்டமுடியும்.

பரிசோதனை 215. காந்தமானியொன்றைக்கொண்டு நேரான மின்னோட்டமொன்றின் பயனை காந்தமண்டலத்திறனினது மாற்றத்தைக் காண்டல்.—முந்திய பரிசோதனையிற்போல கம்பியை நிலைக்குத்தாக வைத்துக்கொண்டு காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டின் திசையிலே கம்பியினூடாகச் செல்லும் கிடைத்தளக்கோடொன்றை வரைக. இக்கோட்டின் நேரே கம்பியிலிருந்து ஏதாவது தூரம் **r** இலே காந்தமானியொன்றை வைத்துக் கொண்டு கம்பியில் மின்னோட்டம் பாயும்போது காந்தமானியில் உண்டாக்கப்பட்ட திரும்பல் θ ஐக் குறிக்க. கம்பியிலிருந்து வெவ்வேறு தூரங்களில் இதனைச்செய்து, **r**, θ, தான் θ, **r** தான் θ என்பவற்றின் ஒத்த பெறுமானங்களைக் காட்டும் அட்டவணையொன்றை ஒழுங்குசெய்க.

கம்பியின் வடக்கே அல்லது தெற்கேயுள்ள எந்தப்புள்ளியிலும் மின்னோட்டத்தின் பயனை மண்டலமானது கிழக்கு மேற்காயிருக்கும். எனவே, மண்டலத்திறனைது தான் θ இனோடு விகிதசமமாயிருக்கும். கடைசி நிரலாகிய **r** தான் θ ஆனது மாறிலியாகக் காணப்படும். எனவே, தான் θ அல்லது **F** ஆனது $1/r$ இனோடு விகிதசமமாயிருக்கும்.

பரிசோதனை 216. விசைக்கோடுகளைக் குறிப்பதைக்கொண்டு நேரான மின்னோட்டமொன்றின் பயனை காந்தமண்டலத்திறனின் மாற்றத்தைக் காண்டல்.—இந்த முறையானது 215ஆம் பரிசோதனையிலுள்ளதைப் போன்றதேயாம். காந்தமானியைக்கொண்டு கம்பியினூடாக வடக்குத்தெற்காய் வரையப்பட்டுள்ள கோட்டின் நேரே வெவ்வேறு புள்ளிகளிற் திரும்பல்களை அவதானிப்பதற்குப் பதிலாக, காந்தவூசியொன்றை உபயோகித்து, இக்கோட்டை, மண்டலமானது குறுக்கிடும் வெவ்வேறு புள்ளிகளிலே இம்மண்டலமானது குறிக்கப்படும். விசைக்கோடானது வடக்குத்தெற்கான கோட்டைக் குறுக்கிடுமிடத்திலே விசைக்கோட்டிற்குத் தொடுகோடு வரையப்படும். இத்தொடுகோட்டிற்கும் வடக்குத்தெற்கான கோட்டிற்குமிடையேயுள்ள கோணமே θ ஆகும்.

பாகைமானியொன்றைக்கொண்டு இதனை அளந்தபின் 215 ஆம் பரிசோதனையிற்போல அட்டவணையொன்று தயாரிக்கப்படல் வேண்டும்.

கம்பியிலிருந்து 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15, 20 ச.மீ. பொருத்தமான தூரங்களாம்.

அலவுகளைப்பற்றிய முறை.—மின்னோட்டத்தைக் காவுகின்ற நிலைக்குத்தான கம்பியொன்றினூடாக காந்தக் கிழக்குமேற்காய்க் கோடொன்று செல்லுகின்றதெனக் கற்பனைசெய்துகொள்க. இக்கோட்டிலுள்ள எந்தப் புள்ளியிலுங் கம்பியின் மின்னோட்டத்தின் பயனை மண்டலம் **F** ஆனது வடக்கேயாவது தெற்கேயாவது இருக்கும். எனவே, கம்பியினூடாகச் செல்லும் கோட்டின் ஒருபக்கத்திலே முழு மண்டலத்தினதும் திறனைது $\mathbf{F}+\mathbf{H_0}$ ஆகவும், மற்றப்பக்கத்திலே **F** இற்கும் $\mathbf{H_0}$ இற்குமிடையேயுள்ள வித்தியாசமாகவுமிருக்கும். $\mathbf{H_0}$ என்பது புவிமண்டலத்தின் கிடைக்கூறாகும்.

கிழக்குமேற்கான இக்கோட்டிலுள்ள ஏதாவதொரு புள்ளியிலே பாரமான குறுகியவூசியொன்றை வைத்து (பக்கம் 517), மின்னோட்டத்தை ஆளிதிருப்பியோடச்செய்ய முன்பே, அதன் ஆடலின் ஆவர்த்தன காலத்தை அவதானித்தல்வேண்டும். அதாவது ஊசியின் ஆவர்த்தனகாலத்தைப் புவிமண்டலத்தில் மட்டுங் காண்டல் வேண்டும். இவ்வாவர்த்தன காலத்தை $\mathbf{T_0}$ எனவும், மாறிலியாகிய $4\pi^2\mathrm{I}/\mathrm{M}$ ஐ **C** எனவுங்கொள்க. (பக்கம் 517).

எனின், $$\mathbf{H_0T_0^2 = C}, \text{ அல்லது } \mathbf{H_0 = C/T_0^2}.$$

மின்னோட்டமானது ஆளிதிருப்பப்பட்டு ஓடுமாயின், ஊசியினியல்பானது அதன் நிலையத்திலும் மின்னோட்டத்தின் திசையிலுந் தங்கியுள்ளது. கம்பியின் ஒருபக்கத்திலே தனித்த புவிமண்டலத்திலுள்ளதிலும் பார்க்க விரைவாகவும் முதலிலிருந்த திசையிலேயே மூனைவுகள் நோக்கியிருக்குமாறும் மிகவிரைவாக ஆடத்தொடங்கும். இப்பக்கத்திலே மின்னோட்ட மண்டலமும் புவிமண்டலமும் ஒன்றுக்கொன்று உதவுகின்றன. மற்றப் பக்கத்திலே மண்டலங்களிரண்டும் எதிராயுள்ளன. எனவே, புவிமண்டலத்திலும் பார்க்க ஆடல்கள் ஆறுதலாயிருக்கும். அன்றேல், ஊசியானது நேர்மாறுக்கப்படுதல் கூடும். $\mathbf{H_0}$ என்பது **F** இலும் பார்க்கத் திறன் கூடியதாயிருப்பின் ஊசியானது விரைவு குறைந்து ஆடும். ஆனால், **F** ஆனது $\mathbf{H_0}$ இலும் பார்க்கத் திறன்கூடியதாயிருப்பின் அது முற்றுகச் சுற்றும்படி திருப்பப்படும்.

மண்டலங்கள் ஒன்றுக்கொன்று உதவும் பக்கத்தில் ஊசியை உபயோகிப்பது முக்கியமாகும். மிக வலுக்குறைந்த மண்டலங்களிலே இழையின் முறுக்கானது வலுக்கூடிய மண்டலங்களிலும் பார்க்கக் கூடிய நூற்று வீத வினைவைக்கொடுக்கும். முறுக்கைப்பற்றி நாம் கருதாவிடின் அதன் பயனை வழுவானது அதற்கு ஒப்ப அதிகரிக்கும். மண்டலங்கள் ஒன்றுக்கொன்று உதவும் பக்கத்திலேயே ஊசியானது வைக்கப்பட்டுள்ளதெனப் பின்வரும் விவாதத்திற் கொள்ளப்படும்.

எந்தப்புள்ளியிலுஞ் சேர்ந்த மண்டலத்தின் திறனைது **H** எனவும் ஆவர்த்தனகாலமானது **T** எனவுங் கொள்ளப்படுமாயின்,

$$\mathbf{H = F + H_0} \text{ எனவும் } \mathbf{H = C/T^2} \text{ எனவும் பெறுகின்றோம்.}$$

எனவே, $$\mathbf{F = H - H_0 = C\left\{\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\}}.$$

இப்போது F_1, F_2, F_3, என்பனவற்றைக் கம்பியிலிருந்து r_1, r_2, r_3 முதலான தூரங்களிலுள்ள மண்டலத்திறன்களெனக் கொள்வோமாயின், F ஆனது $1/r$ இற்கு விகிதசமமாகும்போது,

$F_1r_1 = F_2r_2 = F_3r_3$ முதலானவற்றைப் பெறுகின்றோம்.

அலைவுகளின் ஒத்த ஆவர்த்தனகாலங்கள் T_1, T_2, T_3, முதலியனவாயின்,

$F_1 = C\left\{\frac{1}{T_1^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\}$, $F_2 = C\left\{\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\}$, முதலான சமன்பாடுகளை எழுதமுடியும். ஆதலின்,

$C\left\{\frac{1}{T_1^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\} r_1 = C\left\{\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\} r_2$ = முதலியவற்றைக் காட்டுவோமாயின்,

$F_1r_1 = F_2r_2$ முதலானவற்றைக் காட்டமுடியும்.

ஒவ்வொரு கோவையிலும் மாறிலியாகிய C வருகின்றதாதலின் அடங்கலும் இதனைத் தள்ளிவிடலாம். எனவே,

$$r\left\{\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\}$$

ஒரு மாறிலியெனக் காட்டுவோமாயின், F ஆனது $\frac{1}{r}$ இற்கு விகிதசமமென நிறுவியவராவோம்.

பரிசோதனை 217. அலைவுகளைப்பற்றிய முறையைக்கொண்டு நேரான மின்னோட்டத்தின் பயனை காந்தமண்டலத்திறனின் மாற்றத்தைக் காண்டல்.—நிலைக்குத்தான நிலையிலே கம்பியை வைக்க. கம்பியினூடாகக் காந்தக் கிழக்கு மேற்காய்ச் செல்லுங் கோடொன்றை வரைந்து இக்கோட்டின் நேரே கம்பியிலிருந்து 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15, 20 ச.மீ.களைப்போன்ற வெவ்வேறு தூரங்களை அளந்துகொள்க,

இக்கோட்டிலுள்ள ஏதாவது புள்ளியிலே சிறிய அலைவூசியொன்றை வைத்து (பக்கம் 517), ஆளிதிருப்பி மின்னோட்டத்தை ஓடச்செய்யுமுன்பே அதன் அலைவினது ஆவர்த்தனகாலத்தைத் தீர்மானிக்க. இதனை T_0 எனக்கொள்க.

ஆளிதிருப்பி மின்னோட்டத்தை ஓடச்செய்க. இதனைச்செய்யும்போது ஊசியினியல்பை அவதானிக்க. ஊசியானது **முந்தியதிலும்பார்க்க மிக விரைவாய்** ஆடிக்கொண்டு அதேதிசையையே நோக்கி நிற்குமாயின் பரிசோதனையைத் தொடர்ந்து செய்யலாம். **அன்றேல், கம்பியினூடாக மின்னோட்டத்திசையை நேர்மாறுக்குக.** அப்போது ஊசியானது தனித்த புவிமண்டலத்திற்போலவே நோக்கிநின்று **மிக விரைவாயாடும்.** இப்போது ஊசியானது H திறனையுடைய மண்டலமொன்றிலே அலைகின்றது. இம்மண்டலமானது கம்பியின் பயனை மண்டலத்திறன் F இனதும் புவிமண்டலத்தின் கிடைக்கூறிய H_0 இனதுங் கூட்டுத்தொகையாகும்.

மண்டலங்களிரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று உதவுகின்ற கம்பியின் இப்பக்கத்திலே கிழக்குமேற்கான கோட்டின் நேரே குறிக்கப்பட்ட புள்ளிகளொவ்வொன்றிலும் ஊசியை வைக்க. ஒவ்வொரு நிலையத்திலும் அலைவின் ஆவர்த்தனகாலத்தை அவதானிக்க.

அவதானங்களின் விளைவுகளைப் பின்வருமாறு ஒழுங்குசெய்க:—

புவிமண்டலத்திலே ஊசியின் ஆவர்த்தனகாலம், T_0 = ... செக்.

$\frac{1}{T_0^2}$ = ...

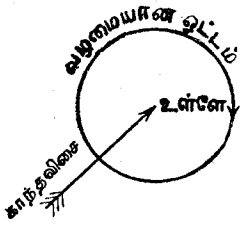
ச.மீ. இற் கம்பியிலிருந்துள்ள தூரம் r	செக்கனில் ஊசியின் ஆவர்த்தன காலம் T	$\frac{1}{T^2}$	$\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T_0^2}$	$r\left\{\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T_0^2}\right\}$
5				
6				
7				
8				
10				
15				
20				

கடைசிநிரலானது மாறிலியாகக் காணப்படும். எனவே, நீண்ட நேரான கம்பியொன்றிலுள்ள மின்னோட்டத்தின் பயனை காந்த விசையானது கம்பியிலிருந்துள்ள தூரத்திற்கு நேர்மாறுக மாறுமெனக் காண்கிறோம்.

§4. மின்னோட்டமொன்றைக் காவுகின்ற வட்டச்சுருளொன்றின் பயனை காந்தமண்டலம்

மின்னோட்டமொன்று அதனைச் சூழவுள்ளவிடத்திலே காந்தமண்டலமொன்றை உண்டாக்குமெனக் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டமொன்றைக் காவுகின்ற கம்பியின் வட்டச்சுருளொன்று விசேடமான ஒரு வகையாகும். சுருளினது தளத்தின் எல்லாப்புள்ளிகளிலுமுள்ள காந்தவிசைக்கோடுகள் அத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாயுள்ளன. வட்டவெல்லைக்குட்பட்ட இவ்வகை

யான எந்தப்புள்ளியிலும் காந்தவிசைக்கோட்டின் திசையானது, வலக்கைத் திருகாணியின் இடப்பெயர்ச்சியின் திசையானது சுழற்சியின் திசையோடு தொடர்பான வகையிலேயே, வழக்கமான மின்னோட்டத்தின் திசையிலேடு தொடர்புற்றிருக்கும் (உருவம் 224).



உருவம் 224.
வட்டமின்னோட்டத்தின் பயனை காந்தவிசை

பரிசோதனை 218.—மின்னோட்டமொன்றைக் காவுகின்ற வட்டச்சுருளொன்றின் காந்தமண்டலத்தைக் குறித்தல்.—இடைத்தளமான பலகையொன்றின் மையத்திலே தளமானது நிலைக்குத்தாகப் பொருத்தப் பட்ட ஒரு வட்டச்சுருளானது இப் பரிசோதனைக்கேற்ற ஆய்கருவியாகும். பலகையின் தளமானது, இடையான விட்டமொன்றின் குறுக்கே சுருளை வெட்டுமாறு மேசையிலிருந்து பலகையானது உயர்த்தப் பட்டிருக்கும். பலகையிலே வரைதற்றாளொன்று ஊசிகளினூற் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். சுருளின் மூடிக்கூடாகச் செல்லவிடுதற்காகத் தாளிலே பிளவொன்று வெட்டப்பட்டிருக்கும். நிலையான காந்தத் திண்மத்தின் பயனை விசைக்கோடுகளை வரைவது போலவே காந்தவூசியொன்றைக்கொண்டு சுருளினமையிலுள்ள விசைக்கோடுகள் வரையப்படும்.

விசைக்கோடுகள் சுருளின் மண்டலத்தை மட்டுங் குறிக்காது சுருளினதும் புவியினதுஞ் சேர்ந்த மண்டலத்தையே குறிக்கும். சுருளானது இரண்டு நிலைகளில் வைக்கப்படலாம்:—

(அ) அதன் தளமானது காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக,

(ஆ) அதன் தளமானது காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டில்.

ஏற்ற தடைகளைக்கொண்டு வசதியான பெறுமானமொன்றிற்கு[1] மின்னோட்டத்தைச் செப்பஞ்செய்துகொண்டு, மின்னோட்டத்தின் மாறு முதலிடமேதாவதிலிருந்து அதனூடு மின்னோட்டமொன்றைச் செலுத்துக. சுருளைச்சுற்றி மின்னோட்டம் பாயும்போது விசைக்கோடுகளை வரைக. வரையும்போது, (1) சுருளை அடுத்துள்ளனவும், (2) நடுநிலைப்புள்ளிகளை அடுத்துள்ளனவுமான விசைக்கோடுகளில் விசேட கவனஞ் செலுத்துக.

[1]சரியான முன்னவதானங்கள் எடுக்கப்பட்டாற் சேமிப்புக்கலங்கள் உபயோகிக்கப்படலாம். நேர்மின்னோட்டம் வழங்கப்படுமிடங்களிலே சுற்றில் உருகியொன்றைக்கொண்ட ஒளிவழங்கு முதலிடங்களிலிருந்து இப்பரிசோதனைக்குரிய மின்னோட்டத்தை வசதியாய்ப் பெறலாம். தேவையான பெறுமானத்திற்கு மின்னோட்டத்தைச் செப்பஞ்செய்தற்கேற்ற விளக்குத்தடையொன்று 735 ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

பரிசோதனை 219. வட்டச்சுருளொன்றின் பயனை காந்தமண்டலத்திறனது அச்சின் நேரான தூரத்திலேடு மாறல்.—

(1) விசைக்கோடுகளைக் குறிப்பதன்மூலம்.—முந்திய பரிசோதனையிலே சுருளானது காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டில் அதன் தளமானது இருக்குமாறு வைக்கப்படுமாயின், அதனச்சின் நேரிலுள்ள எல்லாப்புள்ளிகளிலும் சுருளின் பயனை மண்டலமானது கிழக்கு மேற்காயிருக்கும். மெய்யான மண்டலமானது சுருளின் மண்டலமும் புவிமண்டலத்தின் கிடைக்கூறுஞ் சேர்ந்ததாகும். ஆகவே, அச்சின் நேரிற் புள்ளிகளிலே விசைக்கோடுகள் சரிகிழக்கு மேற்காயிராது, சுருளிலிருந்து தூரமானது அதிகரித்துக்கொண்டு போக இத்திசையோடு அவை உண்டாக்குங் கோணங்களும் அதிகரித்துக் கொண்டே போகும்.

சுருளினது அச்சின்நேரிலுள்ள புள்ளிகள் பலவற்றிலே, விசைக்கோடுகளுக்குங் காந்தவடக்குக்குமிடையேயுள்ள கோணத்தைக் காண்க. இப்புள்ளிகளிலே அச்சைக் குறுக்கிடும்போது சிறிது தூரத்திற்குக் கோடுகளை வரைந்து இதனைச் செய்யலாம். பின்வருமட்டவணையிலே முதலாவது நிரலிற் குறிக்கப்பட்டுள்ள தூரங்களிலுள்ள புள்ளிகளைத் தெரிந்துகொள்க. விசைக்கோட்டிற்குங் காந்த வடக்குக்குமிடையேயுள்ள கோணமானது θ ஆயின், சுருளின் பயனை மண்டலம் **F** இன் திறனது தான் θ இலேடு விகிதசமமாயிருக்கும்.

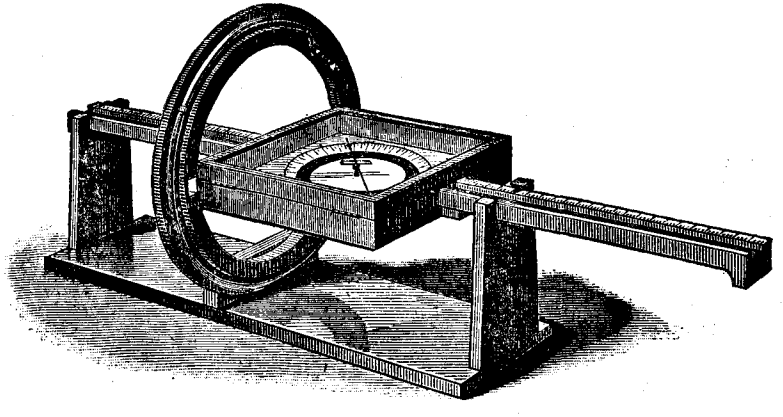
வினாவுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்துக :—

அச்சின் நேரே சுருளிலிருந்துள்ள தூரம்	θ	தான் θ
7.5 சமீ.		
10		
12.5		
15		
20		
25 உம் 30 உம்		

தூரத்திலேடு, தான் θ இன் மாற்றத்தைக்காட்ட வினாகோடொன்று வரைக. அச்சின் நேரே தூரத்திலேடு **F** ஆனது மாறுகின்ற வகையை இது காட்டும்.

(2) அச்சின் நேரே வழுக்கிச்செல்லக்கூடிய காந்தமானியொன்றை உபயோகிப்பதன்மூலம்.—இத்தேவைக்காக உபயோகிக்கப்படக்கூடிய ஆய்கருவியின் வசதியான வகையானது **இத்துவட்டுக்கியரின் (Stewart and Gee)** வகையான தான்சன் கல்வனோமானியாகும் (உருவம் 225). தளமானது நிலைக்குத்தாகவும் உச்சநெடுங்கோட்டிற்குச் சமாந்தரமாகவும் சுருளை நிறுத்துக. இவ்வாறு செப்பஞ்செய்யக் காந்தமானி ஊசியை உபயோகிக்க.

செய்யப்படவேண்டிய தொடுப்புகளின் விவரங்களுகாக 220 ஆம் பரி சோதனையையும் 227 ஆம் உருவத்தையும் பார்க்க. **குறைந்தது** 5 ஓம் பெறுமானத்தையுடைய (பெட்டியல்லாத) வழுக்கிச்செல்லும் இறையோதற் றுத் தொடர்நிலையிலுள்ள தடையாயின் சேமிப்புக்கலமொன்று உபயோகிக் கப்படலாம்.



உருவம் 225. இத்துவட்டுக்கியின் தான்சன் கல்வனோமானி

காந்தமானியூசியானது சுருளின் தளத்திற் சரியாயிருக்கும்போது 75° அல்லது 80° திரும்பலைக் கொடுக்கப்போதிய மின்னோட்டமொன்றை **மெல்லிய** கம்பிச்சுருளினூடு செலுத்துக. இம்மின்னோட்டத்தை மாறாது வைத்துக்கொள்க. 1 ச.மீ. இன் படிகளிலே அச்சின் நேரே காந்தமானிப் பெட்டியை வழுக்கி, ஒவ்வொரு தூரத்திலுங் காந்தமானியின் அளவீட்டைக் குறிக்க. ஆய்கருவியில் இடமுள்ள மட்டும் அல்லது திரும்பலானது 5° இற்குக் குறையுமட்டும் இவ்வியக்கத்தைத் தொடர்ந்து செய்க.

சுருளின் மற்றப்பக்கத்திலே அளவுகளைத் திரும்பவும் செய்க.

விளைவுகளைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்துக:—

அச்சின் நேரேயுள்ள தூரம் d	ஒரு பக்கத் திரும்பல் (θ_1)	மற்றப்பக்கத் திரும்பல் (θ_2)	தான் θ_1	தான் θ_2

சுருளின் **இரண்டு பக்கங்களிலும்** தான் θ இன் மாற்றத்தைக்காட்டும் வளைகோடொன்று வரைக. இவ்வளைகோடானது சமச்சீராயிருப்பதுடன் சுருளின் மையத்தில் ஊசியிருக்கும்போது உயர்வுப் பெறுமானத்தைப் பெற்றிருத்தலும்வேண்டும்.

இந்த முறையானது சுருள்மட்டுமன்றி அதன் **மத்தியினூடாகவும்** அளவீடுகளை எடுக்க உதவுகின்றதாதலின் மண்டலத்தைக்குறிக்கும் (1) ஆவது முறையிலும் இது விரும்பத்தக்கதாகும். மையத்தில் வெட்டப்பட்டிருந்தாலன்றி (1) ஆவது முறையானது சுருளினது தளத்தினண்மையில் நின்று விடும். சுருளின் அண்மையிலே கோடுகள் விரைவாக வளைந்திருப்பதினால் அவ்விடத்து அளவீடுகள் அவ்வளவு திருத்தமாயிரா.

அத்தியாயம் 3

மின்னோட்டவளவிற்குரிய ஆய்கருவிகள்

§ 1. தான்சன் கல்வனோமானி

கல்வனோமானியென்பது மின்னோட்டத்திறனை அளத்தற்குரிய ஒரு கருவியாகும். தான்சன் கல்வனோமானியைக்கொண்டு தனிமின்காந்தவலகுகளிலே (கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ள **ச.கி.செ.** அலகுகள்) மின்னோட்டமொன்றின் திறனை அளக்கமுடியும். மின்னோட்டத்திறனின் செய்முறையலகாகிய **ஓர் அம்பியர் மின்னோட்டத்தினது ச.கி.செ. அலகின் பத்திலொன்றாக வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது.** ஆதலின் மின்னோட்டத்திறனை அம்பியரிற் குறிக்கமுடியும்.

நீளம், திணிவு, காலம் என்பனவற்றின் அலகுகளை ஆதாரமாயுள்ள தனியலகுகளில் மின்னோட்டத்தின் பெறுமானத்தைக் கொடுக்குமாறு தான்சன் கல்வனோமானியின் அளவீடுகள் குறைக்கப்படலாமாதலின் தான்சன் கல்வனோமானியானது ஒரு **தனிக்கருவி** எனப்படும். கொள்கையினல் வருவிக்கப்பட்ட முறையிலே இது அமைக்கப்பட்டுள்ளதாதலின், **அக்கொள்கையினல் வேண்டப்படும் நிபந்தனைகள் சரியாயுள்ளனவாயின் அதனளவீடுகள் பிழையாயிருக்கமுடியாதனவாம்.** தான்சன் கல்வனோமானியானது **மின்னோட்டவளவிற்குரிய நியமக்கருவிகளுளொன்றாகும்.** எனவே, மின்னோட்டமானியின் மற்றெல்லா வகைகளினதும் அளவுதிருத்தல் தான்சன் கல்வனோமானியை நியமமாகக்கொண்டு செய்யப்படலாம்.

தான்சன் கல்வனோமானியின் விளக்கம்

ச.கி.செ. மின்னோட்டவலகானது 1 ச.மீ. ஆரையையுடைய வட்டமொன்றின் வில்லாக வளைக்கப்பட்ட 1 ச.மீ. நீளமான கம்பியினூடு பாயும்போது மையத்திலுள்ள காந்தமுனைவலகொன்றிலே 1 தைன் விசையையுண்டாக்கும் மின்னோட்டமென வரையறுக்கப்படலாம்.

r ச.மீ. ஆரையையுடைய ஒரு வில்லாக வளைக்கப்பட்டுள்ள l ச.மீ. கம்பியினூடாக $\mathbf{I}$ அலகுகள் மின்னோட்டமொன்று பாயுமெனின், மையத்திலுள்ள காந்தவிசை $\mathbf{F}$ ஆனது l இனைடு விகிதசமமாகவும் r^2 இனைடு நேர்மாறு விகிதசமமாகவுமிருக்கும்.

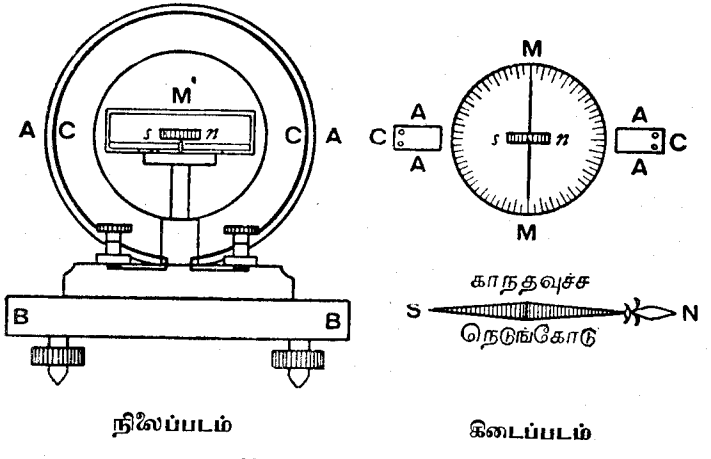
முனைவலகொன்றிற்கு $\mathbf{F} = \dfrac{l\mathbf{I}}{r^2}$ தைன்.

விசையின் திசையானது வட்டத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாயிருக்கும். வலக்கைத் தக்கைத்திருகாணியிலே இடப்பெயர்ச்சியின் திசையானது சுழற்சித் திசையினைடிருப்பதுபோலவே மின்னோட்டத்திசையினைடு இது தொடர்புடையதாயிருக்கும் (உருவம் 224).

கம்பியானது ஒரு முழுவட்டமாயமையுமாயின், $l = 2\pi r$ ஆகும். எனவே, முனைவலகொன்றிற்கு

$$\mathbf{F} = \frac{2\pi r}{r^2} \times \mathbf{I} = \frac{2\pi \mathbf{I}}{r}$$ தைன்.

n சுற்றுக்களைக்கொண்ட வட்டச்சுருளொன்றிற்கு விசையானது இதன் n மடங்காகும்.



நிலைப்படம் கிடைப்படம்

உருவம் 226. தான்சன் கல்வனோமானி

AA, நிலைக்குத்தான சுருள் அல்லது சுருள்கள் CC ஐக்காவும் வட்டச்சட்டம்.
BB, மட்டமாக்குந் திருகாணிகளைக்கொண்ட அடி.
MM, காந்தத்திண்மம் NS ஐக்கொண்ட காந்தமானிப்பெட்டி.

தான்சன் கல்வனோமானியின் மிகச் சாதாரண வகையிலே வட்டச்சுருளொன்று **காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டிலே அதன் தளமிருக்குமாறு** வைக்கப்படும். எனவே, சுருளினூடாக மின்னோட்டமொன்று பாயும்போது அதன் பயனை காந்தவிசையானது உச்சநெடுங்கோட்டிற்குச் செங்குத்தாயிருக்கும். சுருளின் மையத்திலே காந்தமானியொன்று வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனூசியானது இவ்விசை $\mathbf{F}$ இனலும் புவிமண்டலத்தின் இடைக்கூறிய $\mathbf{H}$ இனலுந் தாக்கப்படும் (உருவம் 226).

இம்மண்டலங்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாயுள்ளனவாதலின், ஊசியானது புவிமண்டலத்திசையிலிருந்து $\mathbf{F}$=$\mathbf{H}$தான் θ ஆகக்கூடிய கோணம் θ இனூடு திரும்பும். 503 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க.

கல்வனோமானிச்சுருளானது n சுற்றுக்களைக் கொண்டுள்ளதாயின்,

$$F = \frac{2\pi nI}{r}.$$

ஆனால், $F = H$ தான் θ ஆதலின்

$$\frac{2\pi nI}{r} = H \text{ தான் } \theta, \text{ அல்லது } I = \frac{Hr}{2\pi n} \text{ தான் } \theta$$

எனப்பெறுகின்றோம்.

H ஆனது **ச.கி.செ.** அலகுகளில் அளக்கப்படலாமாதலின் (பக்கம்.....), இச்சமன்பாடு **ச.கி.செ.** அலகுகளிற் குறிக்கப்படக்கூடிய கணியங்களில் மின்னோட்டம் I ஐக் கொடுக்கின்றது.

தான்சன் கல்வனோமானியின் உருவமானது சில சமயங்களிற் சிக்கல் கூடியதாயிருக்கும். பொதுவான வகையிலே $F = GI$ ஆகும். இங்கு G என்பது **கல்வனோமானி மாறிலி** ஆகும்.

I ஒன்றுயிருக்குமாயின், $G=F$ ஆகும். அதாவது, **சுருளினூடு மின்னோட்ட வலகொன்று பாயும்போது அச்சுருளின் மையத்திலுள்ள காந்தமண்டலத் திறனானது கல்வனோமானி மாறிலிக்கு எண்ணளவிற் சமமாகும்.**

எனின், $I = \frac{H}{G}$ தான் θ, அல்லது $I = K$ தான் θ.

இங்கு K என்பது **மாற்றுக்காரணி**, அல்லது கல்வனோமானியின் **காரணி**[1] எனப்படும்.

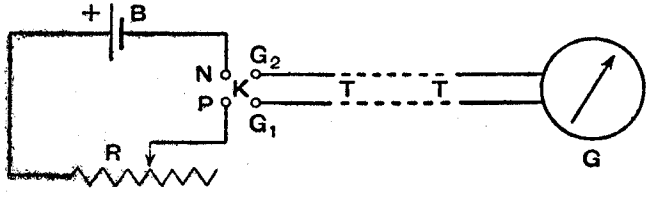
$\theta = 45°$ ஆகும்போது, தான் $\theta = 1$ எனவும் $I=K$ எனவும் வரும். அதாவது, மாற்றுக் காரணியானது 45° திரும்பலை உண்டாக்கக்கூடிய மின்னோட்டத்திற்கு எண்ணளவிற் சமமாகும்.

பரிசோதனை 220. தான்சன் கல்வனோமானியொன்றை அமைத்து மின்னோட்டமொன்றைத் தனியலகுகளில் அளத்தல்.—கொடுக்கப்பட்ட கருவியை ஆராய்ந்து சுருள் அல்லது சுருள்களைப் பற்றியதைப்போன்ற வழங்கப்பட்ட விவரங்களைக் குறித்துக்கொள்க. 45° திரும்பலைக்கொடுக்கும் மின்னோட்டத்தை அம்பியரிற் காண்பதற்காகக் கல்வனோமானி மாறிலி G இனதும், மாற்றுக்காரணி K இனதும் பருமட்டான மதிப்பை எடுக்க. இப்பரிசோதனைக்கு **ஏறத்தாழ** 0·05 அம்பியரோடொத்த சுருளொன்று பொருத்தமானதாகும். சுருளின் மையத்திலுள்ள காந்தமானிப்பெட்டியினது ஊசியின் காட்டியானது காந்தமானி அளவுச்சட்டத்தின் **பூச்சியக்கோட்டின்**நேரே இருக்கக்

[1]சில நூலாசிரியர் K ஐக் கல்வனோமானி மாறிலி என்பர். K மாறிலியன்றுதலின் இதனை ஏற்கமுடியாது.

கூடிய நிலையிற் கல்வனோமானியை வைக்க. கருவியானது சரியாய் அமைக்கப்பட்டுத் திருத்தமாய்ச் செய்யப்பட்டுள்ளதாயின், சுருளானது இப்போது ஊசியின் சரிமேலேயிருக்கும். ஆதலின், சுருளின் தளமானது காந்தவுச்ச நெடுங்கோட்டிலிருக்கும்.

தான்சன் கல்வனோமானியின் சில வகைகளிலே காந்தமானிப்பெட்டியானது சுருளின்சார்பாய் இணைக்கப்படக்கூடிய எவ்விதவொழுங்கும் பொருத்தப்பட்டிருப்பதில்லை. இவ்வகைகளிலே, வேறெதனையுஞ் செய்யமுன்பு சுருளினது அச்சின் நேரே கூடியவளவு திருத்தமாகப் பூச்சியக்கோடு அமையுமாறு செய்தல்வேண்டும். பரிசோதனையின்போது இது நகராது தடுத்தற்குரிய பாதுகாப்புச் செய்துகொள்ளல்வேண்டும். அடுத்தபடியாக மேலே கொடுக்கப்பட்ட செப்பஞ்செய்கை செய்யப்படல்வேண்டும்.



உருவம் 227. தான்சன் கல்வனோமானிக்குரிய தொடுப்புகள்

ஊசியானது கட்டற்று ஆடிக்கொண்டிருக்குமாறு கருவியின் மட்டத்தைச் செப்பஞ்செய்க. 227 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்ட தொடுப்புகளைச் செய்க. **தனித்தானியற்கலம் B** ஆனது எல்லாவற்றிலுங் கடைசியாக இணைக்கப்படுதல் வேண்டும். R என்பது **ஏறத்தாழ** 20 ஓம் தடையாகும். **TT** என்பன நீண்ட வளையக்கூடிய இரட்டை இணைக்கம்பிகளாகும். 30° இற்கும் 50° இற்குமிடையேயுள்ள திரும்பலொன்றைக் கொடுக்குமாறு தொடர் நிலையிலுள்ள தடையைச் செப்பஞ்செய்துகொண்டு கருவியின் தெரிந்த சுருளினூடு மின்னோட்டமொன்றைச் செலுத்துக. மின்னோட்டத்தின் திசையை நேர்மாறுக்குதற்குத் திசைமாற்றி K ஐ உபயோகிக்க. மின்னோட்டமானது முதலில் ஒருதிசையிலும் பின் மற்றத்திசையிலும் பாயும்போது ஊசியின் முனைகளிரண்டினதும் அளவீட்டை எடுக்க. சுருளின் ஆரையைக் கூடியவளவு திருத்தமாக அளந்துகொண்டு மின்னோட்டம் பாயுஞ் சுற்றுக்களின் தொகையை எண்ணுக. தனியலகுகளிலும் அம்பியரிலும் மின்னோட்டத் திறனைக் கணிக்க.

குறிப்பு.—திசைமாற்றிகளையுந் தடையுபகரணங்களையும்பற்றிய விவரணங்களுக்கு " மின்னுய்கருவிகளைப்பற்றிய குறிப்புகள் " என்ற அத்தியாயத்தைப் பார்க்க.

§2. அம்பியர்மானிகள்

தான்சன் கல்வனோமானியானது மின்னோட்டத்திறனின் **தனிப்** பெறுமானத்தைத் தீர்மானிக்குமாயினும், செய்முறை மின்னோட்டவளவின் உபயோகத்திற்கு இது வசதியற்றதாகும். அதனுபயோகத்திற்கெதிரான மிக முக்கிய எதிர்ப்புகளிரண்டு பின்வருமாறு :—

(அ) ஊசியின் திரும்பலானது மின்னோட்டத்தினோடு விகிதசமமாயிருப்பதில்லை.

(ஆ) கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்டமொன்றிற்குரிய திரும்பலானது புறக் காந்தமண்டலம் **H** இலே தங்கியுள்ளது.

கோணங்களினோடு விகிதசமமாயிருப்பதற்குப் பதிலாகத் தான்சன்களோடு விகிதசமமாயிருக்குமாறு அளவீடுகளை அளவுச்சட்டத்திற் குறித்து முதலாவது எதிர்ப்பை மேற்கொள்ளலாம்.

இரண்டாவது எதிர்ப்பானது இடர் கூடியதாகும். புறக்காந்தமண்டலமொன்றிலே தீர்மானமானது தங்கியுள்ள எந்தக் கருவியும் பாரிய இரும்புத் திணிவுகளினண்மையிலே உபயோகிக்கத் தகுந்ததன்று. மின்வழங்கு நிலையங்களைப்போன்ற இடங்களிலே தானமோக்களும் மற்றும் மின்பொறிகளும் வேலைசெய்வதினால் உண்டாக்கப்படும் **மாறுபடுகின்ற** பெருமண்டலங்களின் பயனுக இதனை உபயோகிக்கவே முடியாது. அன்றியும், மண்டலத்தின் சார்பாக வரையறையான நிலையொன்றிலன்றி வேறெந்த நிலையிலும் அதனை வைத்து உபயோகிக்கமுடியாதாதலின், தான்சன் கல்வனோமானியின் உபயோகம் மிக்க வசதியற்றதாயிருக்கும்.

அம்பியர் என்பது மின்னோட்டத்தினது மின்காந்த **ச.கி.செ.** அலகின் பத்திலொன்றாகும். **மில்லியம்பியர்** (10^{-3} அம்பியர்), **மைக்ரோவம்பியர்** (10^{-6} அம்பியர்) என்பன மற்றும் அலகுகளாகும்.

அம்பியரில் (அல்லது அம்பியரொன்றின் மடங்குத்தொகை அல்லது கீழ் மடங்குத்தொகைகளில்) மின்னோட்டமொன்றின் திறனை நேராக அளக்குமாறு ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட கருவிகள் **அம்பியர்மானிகள்** எனப்படும். இவ்வம்பியர்மானிகள் பல வகைகளில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஊடாகப்பாயும் மின்னோட்டத்தினது வெப்பவிளைவின் பயனை கம்பியின் நீட்சியிலே இவற்றுட் சில தங்கியுள்ளன. மின்னோட்டத்தைக் காவுஞ் சுருள்களிரண்டினிடையேயுள்ள கவர்ச்சியிலே அல்லது ஒன்றுக்கொன்று திரும்பும் விளைவிலே மற்றுஞ் சில தங்கியுள்ளன. நிலையான காந்தத்திண்மமொன்றின் முனைவுகளுக்கிடையேயுள்ள வலுவுள்ள காந்தமண்டலத்தில் வைக்கப்படும்போது மின்னோட்டத்தின் வரையறையான பாகமொன்றைக் காவுகின்ற சிறிய சுருளொன்றின் சுழற்சியிலே பெரும்பாலானவை தங்கியுள்ளன.

இயங்குசுருள் அம்பியர்மானி

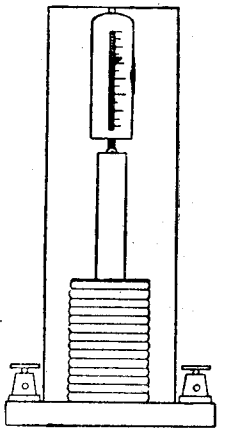
இக்கருவியானது மிக்க முக்கியமானதாயினும் அதன் தொழிற்பாட்டை விளங்கவேண்டுமாயின் மாணவன் இப்போது பெற்றிருக்கவேண்டிய அறிவினுங் கூடுதலான அறிவு தேவைப்படும். ஆயினும், இதனை உபயோகிக்கும் முறையானது மிக்கவெளிதாதலின், இவ்வறிவுக்குறைவானது **இதனுபயோகத்தைத்** தடுக்கவேண்டியதில்லை. ஆய்கருவியின் விவரணமானது பின்னைய அத்தியாயமொன்றிற் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது (பக்கம் 423).

கவர்ந்தவிரும்பம்பியர்மானி

கவர்ந்தவிரும்பம்பியர்மானி என்பது விளங்கவெளிதான அம்பியர்மானியின் ஒரு வகையாகும். 722 ஆம் பக்கத்திலே இது சுருக்கமாக விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

கவர்ந்தவிரும்பம்பியர்மானியின்[1] மிகச்சாதாரண வகையிலே, கீழ்முனையானது கம்பியின் நீண்ட சுருளொன்றினுள்ளே அல்லது வரிச்சுருளொன்றினுள்ளே சரியாய் உட்புகுமாறு இரும்பின் சட்டமொன்று சுருளிவில்லொன்றிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.

இச்சுருளைச்சுற்றி மின்னோட்டமொன்று பாயும்போது இரும்புச்சட்டமானது காந்தமாக்கப்பட்டுச் சுருளினுள்ளே சிறிது தூரத்திற்குக் கவரப்படும். நிகழுமியக்கத்தின் அளவானது கவர்ச்சியின் விசையிலும் வில்லின் விறைப்பிலுந் தங்கியுள்ளது. நீட்சியின் பயனை வில்லினது மேலதிக இழுவிசையினுற் கவர்ச்சிவிசையானது சரியாய் சமமாக்கப்படுமட்டும் இரும்பானது கீழ்நோக்கி இயங்கும்.



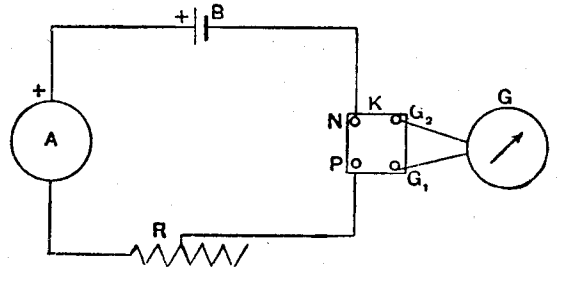
உருவம் 228. கவர்ந்த விரும்பம்பியர்மானி

இப்போது கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்டமொன்றிற்குச் சுருளினுல் இரும்பிலே வரையறையான இழுப்பொன்று செலுத்தப்படுமாதலின், சுருளைச்சுற்றி மின்னோட்டம் செல்லும்போது வில்லானது ஒரேயளவிற்கு எப்போதும் ஈர்க்கப்படும். ஆயினும், இரும்பிலுள்ள இழுப்புக்குஞ் சுருளிலுள்ள மின்னோட்டத்திற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பானது எவ்விதத்திலும் எளிய தன்று. உண்மையில் இத் தொடர்பைக் குறிப்பதற்

[1] 228 ஆம் உருவத்திலே அளவு குறிக்கப்பட்ட விற்றராசொன்று காட்டப்பட்டுள்ளது. 54 ஆவது பரிசோதனையிற்போல அளவு திருத்தப்பட்ட நீண்ட சுருளிவில்லொன்றை உபயோகிப்பது வேறொரு வகையாகும். அப்போது சிறிய மின்னோட்டங்கள் உபயோகிக்கப்படலாம்.

குரிய ஒவ்வொரு வகைக்கும் பிரயோகிக்கப்படக்கூடிய தனிவிதியெதனையுங் கொடுக்க முடியாது. இக்கருவியிலே **விரிவுக்கும் மின்னோட்டத்திற்கு** மிடையேயுள்ள தொடர்பானது **அனுபவ வாயிலானது.** ஆனால் தான்சன் கல்வனோமானியிலே திரும்பலுக்கும் மின்னோட்டத்திற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பானது அறிமுறைக்கருத்துக்களைக்கொண்டு முன்பாகவே கூறப்படலாம். இதுவே, இக்கருவிக்குந் தான்சன்கல்வனோமானிக்குமுள்ள **வித்தியாசமாகும்.**

பரிசோதனை 221. கவர்ந்தவிரும்பம்பியர்மானியொன்றின் அளவுகோடு திருத்தல்.— தான்சன் கல்வனோமானியொன்றை உபயோகிக்கக்கூடியதாய் **அமைக்க** (பக்கம் 570). இதனோடு தொடர் நிலையிலே நேர்மாறுக்குஞ் சாவியொன்றினூடாக அளவுகுறிக்கப்பட வேண்டிய அம்பியர்மானியையும், தேவையாயின் கிட்டிய செப்பஞ்செய்கை செய்யப்படக்கூடிய பிளாற்றினப் போலிக் கம்பித்துண்டொன்றைக்கொண்ட பருமட்டான ஒழுங்காக்குந் தடையொன்றையும், பெரிய மின்னோட்டங்களை வழங்கக்கூடிய **மின்கல**மொன்றையும் இணைக்க. கல்வனோமானியின் **தடித்த** கம்பிச்சுற்றுக்களை உபயோகிக்க. இணைப்புகள் 229 ஆம் உருவத்திலுள்ளவற்றைப் போன்றிருத்தல் வேண்டும். மின்கலமானது **எல்லாவற்றிற்குங் கடைசியாகவே** இணைக்கப்படுதல் வேண்டும்.



உருவம் 229. அம்பியர்மானியொன்றின் அளவு கோடுகள் குறித்தல்

A, 3 அல்லது 5 அம்பியர்மட்டும் அளவெடுக்கக்கூடிய அம்பியர்மானி
R, ஏறத்தாழ 5 தொடக்கம் 7 ஓம் வரையுள்ள தடை
B, 2—உவோற்றுச் சேமிப்புக்கலம்
G, தான்சன் கல்வனோமானி
K, நேர்மாறுக்கும் ஆளி

இப்பரிசோதனையிலே சாதாரணமான தடைப்பெட்டியொன்றை எக்காரணம்பற்றியும் உபயோகித்தல் கூடாது. உபயோகிக்கப்படும் பெரிய மின்னோட்டங்கள் சுருள்களை முற்றிலும் பாழாக்கிவிடும்.

தான்சன் கல்வனோமானியிலிருந்து கூடியவளவு தூரத்திலே அம்பியர்மானியும் ஒழுங்காக்குந் தடையும் வைக்கப்படுதல் வேண்டும். இதனால், கல்வனோமானியூசியிலே இவற்றின்பயனை காந்தமண்டலங்களின் **விளை**வானது குறைக்கப்படலாம். தான்சன் கல்வனோமானிக்குச் செல்லுங் கம்பிகளிரண்டும் சேர்த்து முறுக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். இவ்வாறு செய்வதினால் ஒன்றின்பயனை காந்தமண்டலமானது மற்றதன் பயனை காந்தமண்டலத்தினால் நடுநிலையாக்கப்படும். இச்சந்தர்ப்பத்திலே வளையக்கூடிய **இரட்டை** இணைப்புகள் மிக்க உபயோகமானவை.

சுற்றிலே மின்னோட்டமொன்று பாயும்போது கல்வனோமானியினதும் விற்றராசின் காட்டியினதும் அளவீடுகளை அவதானிக்க.

மின்னோட்டத்தின் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குரிய அவதானங்களைத் திருப்பித்திருப்பி எடுக்க. இதனைச் செய்யும்போது ஒவ்வொருமுறையும் கல்வனோமானித் திரும்பல்கள் ஏறத்தாழ 5° இனால் அதிகரிக்கச்செய்யும் பெறுமானங்களைத் தெரிந்துகொள்க.

கல்வனோமானிச்சுருளிலுள்ள சுற்றுக்களின் தொகையையும் (இப்பரிசோதனையிலே ஒன்றாய் அல்லது இரண்டாயிருப்பது வழக்கம்), சுருளினுரையையுந் தீர்மானிக்க. புவிக்காந்தமண்டலத்தின் கிடைக்கூறுகிய **H** இன் பெறுமானமானது காந்தவியலில் விவரிக்கப்பட்டுள்ள முறையினாற் காணப்படலாம். (பக்கம் 528).

தனியலகுகளிலே மின்னோட்டத்திற்குரிய கோவையானது (பக்கம் 569)

$$\mathbf{I} = \frac{r\mathbf{H}}{2\pi n} \text{ தான் } \theta$$

ஆகும். அல்லது அம்பியரிலே,

$$\mathbf{I}\ (\text{அம்பியர்}) = \frac{5r\mathbf{H}}{\pi n} \text{ தான் } \theta.$$

விளைவுகள் பின்வருந் தலைப்புகளின்கீழ் அட்டவணையுருவத்தில் ஒழுங்கு செய்யப்படுதல் வேண்டும்:—

அம்பியர்மானி அளவீடு	θ	தான் θ	I (அம்பியர்)

அம்பியர்மானி அளவீடுகளைக் கிடைத்தூரங்களாகவும் மின்னோட்டங்களை நிலைத்தூரங்களாகவுங் கொண்டு வளைகோடொன்று வரைக. எனின், எந்த நேரமும் அம்பியர்மானி அளவீடுகளை அம்பியரில் மின்னோட்டங்களாக மாற்ற இவ்வளைகோடானது உபயோகிக்கப்படலாம்.

ஏற்ற தடைகளையும் பொருத்தமான கல்வனோமானிச் சுருள்களையுந் தெரிவ திற் போதிய கவனமெடுக்கப்படுமாயின், இப்போது விவரிக்கப்பட்ட முறையைக் கொண்டு அம்பியர்மானியினது அல்லது மில்லியம்பியர்மானியினது எந்த வகைக்கும் அளவுகுறிக்க முடியும். அவதானிக்கப்படவேண்டிய திரும்பல் கள் 60° இற்கு மேற்படாமலும் 30° இற்குக் குறையாமலும் இருப்பது விரும் பத் தக்கதாகும்.

பரிசோதனை 222A. ஏற்கனவே அளவுகுறிக்கப்பட்ட அம்பியர்மானி யொன்றின் அளவு திருத்தல்.—571 ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது போலத் தான்சன் கல்வனோமானியை அமைக்க. ஏறத்தாழ 5 தொடக்கம் 7 ஓம் வரை செப்புஞ்செய்யக்கூடிய தடையொன்றையும், 3 தொடக்கம் 5 அம்பியர்வரை அளவு குறிக்கக்கூடிய அம்பியர்மானியொன்றையும், 2-உவோற்றுச் சேமிப்புக்கலமொன்றையுந் தொடர்நிலையில் இணைக்க.

பின்வருவனவற்றை அவதானிக்க :—

(1) 3 அல்லது 5 அம்பியர்மட்டுமுள்ள அம்பியர்மானியின் அளவீ டொன்றிற்குத் தடித்த செப்புக்கம்பியின் தனிச்சுற்றொன்றினூடிணைக்கப் பட்ட கல்வனோமானி முடிவிடங்களை உபயோகிக்க.

(2) கல்வனோமானியினூடாக (அம்பியர்மானியினூடன்று) மின்னோட்டத்தை நேர்மாறுக்குதற்காகத் திசைமாற்றியொன்றை உபயோகித்துப் பூச்சியத்தின் இருபக்கங்களிலும் அளவீடுகளையெடுக்க.

(3) சேமிப்புக்கலத்தின் + முனைவினூடு அம்பியர்மானியின் + முடி விடத்தை இணைப்பதைப் பற்றிக் கவனமெடுக்க. (வெப்பக்கம்பிக்கருவி யொன்று உபயோகிக்கப்படுமாயின் இது தேவையில்லை.)

(4) பெரும்பாலான அம்பியர்மானிகள் வலுவுள்ள நிலைத்த காந்தத் திண்மங்களைக் கொண்டுள்ளனவாதலின், அம்பியர்மானியானது தான்சன் கல்வனோமானியிலிருந்து கூடியவளவு தூரத்தில் வைக்கப்படுதல் வேண்டும்.

(5) திசைமாற்றியிலிருந்து அம்பியர்மானிக்கு இரட்டைக்கம்பிகள் உப யோகிக்கப்படல் வேண்டும். அல்லது, உபயோகிக்கப்படும் இரண்டு கம் பிகளுஞ் சேர்த்து முறுக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். அன்றேல், இக்கம் பிகளிலுள்ள மின்னோட்டத்தின் பயனான மண்டலமானது கல்வனோமானி அளவீட்டிலே கணிப்புக்குரிய விளைவை உண்டாக்கும்.

தடையின் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குரிய அம்பியர்மானியினதுங் கல்வனோமானியினதும் அளவீடுகளின் தொடரொன்றையெடுக்க. அளவீடு களுக்கிடையே ஏறத்தாழ அரை அம்பியரினூல் மின்னோட்டத்தை மாற்று மாறு தடையானது செப்புஞ்செய்யப்படுதல் வேண்டும்.

வளைக்கவராயச் சோடியொன்றை உபயோகித்துத் தான்சன் கல்வனோமா னியினது சுருளின் விட்டத்தைக் கவனமாய் அளக்க.

கல்வனோமானி மாறிலி G ஐயும் மாற்றுக்காரணி K ஐயுங் கணிக்க.

$$G = \frac{2\pi n}{r}, \quad K = \frac{H}{G} = \frac{rH}{2\pi n}.$$

இதன்பின் தனியலகுகளிலே கல்வனோமானியினூடு செல்லும் மின் னோட்டத்தைக் கணித்து அம்பியரிற் பெறுமானத்தை அனுமானிக்க. மின் காந்தவலகுகளிலே,

$$I = \frac{rH}{2\pi n} \text{ தான் } \theta.$$

ஒரு தனி மின்காந்தவலகு 10 அம்பியருக்குச் சமமாகும்.

அவதானங்களின் அட்டவணையொன்று பின்வருமாறு ஒழுங்குசெய்யப் படல்வேண்டும் :—

பெயரளவினதான அம்பியரில் அம்பியர்மானி அளவீடு A	தான்சன் கல்வனோமானி				$\frac{A}{I}$
	திரும்பல் θ	தான் θ	I (தனியலகுகள்)	I (அம்.)	

பரிசோதனை 222B. முன்னரே அளவுகோடிடப்பட்ட மில்லியம்பியர்மானி யொன்றின் அளவுதிருத்தல்.—இவ்வளவுதிருத்தமானது 222A ஆம் பரி சோதனையிற் செய்யப்பட்டதைப் போன்றதாயினும், கூடிய பெரிதான செப்புஞ்செய்யப்படக்கூடிய தடையொன்று தேவைப்படும். அத்துடன், பல சுற்றுக்களைக்கொண்ட தான்சன் கல்வனோமானியின் சுருளொன்று உபயோ கிக்கப்படல்வேண்டும்.

பரிசோதனை விளைவுகளைப்பற்றிய விவாதம்

அம்பியர்மானியொன்றின் வழுக்கள் இரு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படலாம்:—

(அ) I இற்கு A இன் விகிதத்தைக்கொடுக்குங் கடைசிநிரலானது மாறிலியாயிருக்குமாயின், மின்னோட்டமானது அம்பியர்மானியின் அளவீட்டிற்கு மெய்யாகச் சமமாயில்லாவிட்டாலும் அவற்றிற்கு விகிதசமமாயிருக்குமாதலின், கருவியானது **தன்னுறுதியானதாகும்.** ஆகவே, எந்த வழுவும் **விகிதசமமான** வழுவாகும். மெய்யான மின்னோட்டமானது அம்பியர்மானியிற் குறிக்கப்படும் மின்னோட்டத்தை அளவுச்சட்டத்தின் எல்லாப் பாகங்களுக்கும் ஒரேயளவான காரணியொன்றினாற் பெருக்கிப் பெறப்படலாம்.

திருத்தற்காரணியைத் தீர்மானிக்கவேண்டுமாயின், A/I இனது அண்ணளவாகச் சமமான பெறுமானங்களின் சராசரியைக் கணிக்க. மெய்யான மின்னோட்டமானது அம்பியர்மானி அளவீட்டை I/A இன் சராசரிப் பெறுமானத்தினாற் பெருக்கிப் பெறப்படுமாதலின், இக்கணியத்தின் தலைகீழ்ப் பின்னமே திருத்தற்காரணியாகும்.

(ஆ) பரிசோதனை வழுவின் எல்லைகளுக்குள்ளே A/I இன் பெறுமானங்கள் மாறிலியாயில்லாவிட்டால், திருத்தவட்டவணையொன்றைப் பின்வருமாறு ஒழுங்குசெய்க :—

அளவீடு, A	மெய்யானமின்னோட்டம், I	திருத்தம், I − A

I − A ஐ நிலைத்தூரமாகவும் A ஐக் கிடைத்தூரமாகவுங்கொண்டு திருத்தவளைகோடொன்று வரையப்படுதல்வேண்டும். எந்த அளவீட்டினோடு மொத்த நிலைத்தூரமானது மெய்யான மின்னோட்டத்தைப்பெற அந்த அளவீட்டினோடு கூட்டப்படவேண்டிய திருத்தத்தைக் கொடுக்கும். பூச்சிய வழுவெதனையும் இந்த வளைகோட்டிற் சேர்த்துக்கொள்ளலாம்.

குறிப்பு.—(அ) இன் சந்தர்ப்பத்திலே I இன் பெறுமானமானது H இன் கொள்ளப்பட்ட பெறுமானமொன்றிலிருந்து கணிக்கப்பட்டது. A/I ஆனது ஒன்றுயில்லாவிட்டால், விலக்கமானது H இன் கொள்ளப்பட்ட பெறுமானத்திலுள்ள வழுவின் காரணமாயிருத்தல் கூடும். **கல்வனோமானியானது உபயோகிக்கப்படுஞ் சிறப்பான இடத்துக்குரிய** புவிமண்டலத்தைப்பற்றிய பரிசோதனையிலே தீர்மானிக்கப்பட்ட H இன் பெறுமானத்தை எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். H இன் பெறுமானத்தை உறுதியாய்த் தெரியாவிட்டால், அதனைத் தீர்மானித்தல்வேண்டும். அம்பியர்மானியானது திருத்தமற்றது என்ற முடிவுக்கு வரமுன்பு I ஐத் திருப்பிக் கணித்தல்வேண்டும்.

§ 3. ஒமின் விதி

ஒமின் விதியானது (1827) கோடொன்றின் உருவத்திலுள்ள கடத்தியொன்றிலே இரண்டு புள்ளிகளிலெடுக்கப்படும்போது, கடத்தியினூடாகப்பாயும் மின்னோட்டம் I இற்கு அப்புள்ளிகளினிடையேயுள்ள அழுத்த வித்தியாசம் E இன் விகிதமானது ஒரு மாறிலியாகுமெனக் கூறுகின்றது. அதாவது, கடத்தியின் உருவத்திலும் பரிமாணங்களிலும் பௌதிக நிலையிலுமே அது தங்கியுள்ளது. மாறு இவ்விகிதமானது கடத்தியின் **தடை R** எனப்படும். எனவே,

$$\frac{E}{I} = R.$$

உபயோகிக்கப்படும் எந்தவுபகரணத்தினதும் மின்தடையின் காரணத்தினால் அதற்குத் **தடையுபகரணம்** எனப் பெயரிடலாம்.

E உம் I உம் ச.கி.செ. மின்காந்தவலகுகளில் அளக்கப்படுவனவாயின், R உம் ச. கி. செ. அலகுகளிலேயேயிருக்கும். செய்முறையலகுகள் பிரயோகிக்கப்படுவனவாயின், I அம்பியரிலும், E உவோற்றிலும், R ஒமிலுமிருக்கும். 1 ஒம் $= 10^9$ ச. கி. செ. அலகுகள். செய்முறையளவின் தேவைகளுக்காகச் **சர்வதேச ஓம்** என்பது 0°C. இலே 14·4521 கி. திணிவையும், மாறுவெட்டுமுகப்பரப்பையும், 106·300 ச.மீ. நீளத்தையுங்கொண்ட இரசநிரலொன்றின் தடையென வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது.

தடையின் தலைகீழ்ப்பின்னமானது **கடத்துதிறன்** எனப்படும்.

இப்போது E என்பது சுற்றிலுள்ள மின்னியக்கவிசையையும் (மி. இ. வி.) R என்பது முழுத்தடையையுங் குறிக்குமாயின், ஒமின் விதியானது முழுச் சுற்றொன்றுக்கு விரிக்கப்படலாம்.

எனவே, சுற்றிற்பாயும் மின்னோட்டமானது,

$$I = \frac{E}{R}$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.

காவல் பூரணமான தெனவும் எவ்விடத்திலும் மின் பொசிவு நிகழ்வதில்லையெனவுங் கொள்ளப்பட்டது.

சுற்றின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் மின்னோட்டமானது ஒரே பெறுமானத்தைக் கொண்டதாகும். சுற்றின் எந்தப் பாகத்திலும் தான்சன் கல்வனோமானியொன்றைச் செலுத்தி இதனை அளக்கலாம். எனின், மின்னோட்டத்திறனானது

$$I = K\text{தான்}\theta$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். இங்கு, K என்பது கல்வனோமானியின் **மாற்றுக்காரணி** அல்லது தனியே **காரணி** எனப்படும் மாறிலியாகும்.

I இன் இவ்விரு பெறுமானங்களையுஞ் சேர்த்து

$$\frac{E}{R} = K \text{ தான் } \theta$$

அல்லது

$$\frac{E}{K} = R \text{ தான் } \theta$$ எனப் பெறுகின்றோம்.

எனவே, சுற்றின் மின்னியக்கவிசையாகிய E ஆனது மாறிலியாயின், R தான் θ உம் ஒரு மாறுக் கணியமாகும்.

பரிசோதனை 223. ஓமின் விதியையுந் தான்சன் கல்வனோமானியின் விதியையும் விளக்கும் ஒரு பரிசோதனை.—2-உவோற்றுச் சேமிப்புக்கலமொன்றையும், தடைப்பெட்டியொன்றையும், சாவியொன்றையுந் தான்சன் கல்வனோமானியினூடு தொடர்நிலையில் இணைக்க. சேமிப்புக்கலத்தின் உட்டடையானது சிறிதாயிருப்பதினாலும், பெரியமின்னோட்டமொன்று தடைச்சுருள்களைப் பழுதாக்குமாதலாலும், சுற்றிலே ஆகக்குறைந்தது 30 ஓம் எப்போதும் வைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். எனவே, R, 30 ஓமிற்குக் குறையாதிருத்தல் வேண்டும். சில சமயங்களில் தான்சன் கல்வனோமானியானது தாங்கியின் ஒரு பக்கத்திலே பல முடிவிடங்களைக் கொண்டதாயிருக்கும். இப்பரிசோதனையிலே கல்வனோமானியின் எல்லாச் சுருள்களினூடும் மின்னோட்டம் பாயுமாறு தொகைகூடிய சுற்றுக்களினூடு இணைக்கப்பட்டுள்ள முடிவிடங்களிரண்டுமே உபயோகிக்கப்படல் வேண்டும். பெட்டியிலுள்ள தடையெல்லாஞ் சுற்றிலிருக்குமாறு தொடங்கி (செருகிகள் பெட்டியிலிருந்து வெளியேயெடுக்கப்பட்டதும் சுற்றிலே தடையுண்டாக்கப்படும்), மின்னோட்டமானது முதலிலொரு திசையிலும் பின்பு மற்றத் திசையிலும் பாயும்போது தான்சன் கல்வனோமானியின் திரும்பலை அவதானிக்க. அளவீடுகளிரண்டின் சராசரியை மெய்யான திரும்பலின் அளவாகக்கொள்க.

210, 190, 170, 150, 130, 110, 90, 70, 50, 30 ஓம் தடைகளினூடொத்த செருகிகளை அடுத்தடுத்தெடுத்து அவதானங்களின் தொடரொன்றை எடுக்க.

விளைவுகளின் அட்டவணையொன்றைப் பின்வருமாறு தயாரிக்க :—

R ஓம்	திரும்பல் θ	தான் θ	R தான் θ

R தான் θ மாறிலியாயின், R ஆனது கோதா θ இனூடு விகிதசமமாயிருக்கும். R இன் பெறுமானங்களைக் கிடைத்தூரங்களாகவும் கோதா θ இன் பெறுமானங்களை நிலைத்தூரங்களாகவுங்கொண்டு வரைப்படமொன்று வரைக. இது ஒரு நேர்கோடாயிருத்தல் வேண்டும்.

அட்டவணையினது கடைசிநிரலின் மாறுவியல்பானது $I = K$ தான் θ, $I = E/R$ ஆகிய இரண்டு வகைகளினதும் விளைவேயாம்.

பெட்டியிலுள்ள தடையாகிய R ஐச் சுற்றின் முழுத்தடையாக எடுத்துக்கொள்வதிலும், கல்வனோமானியினதும் மின்கலவடுக்கினதுந் தடைகள் நிராகரிக்கப்படலாமெனக் கொள்ளப்பட்டன. இது இவ்வாறில்லாதிருப்பின், தெரிந்தனவெனக் கொள்ளப்பட்ட இவற்றின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமான பெறுமானம் x ஆனது R இனூடு கூட்டப்பட்டு $(R + x)$ தான் θ இற்குரிய இன்னுமொரு நிரல் சேர்க்கப்படல் வேண்டும். இது R தான் θ இலும் பார்க்கக் கூடியவளவுக்கு மாறிலியாயிருக்கும்.

x என்பது தெரியாததாயின், R தான் θ நிரலின் கடைசியெண்ணிலிருந்தும் முதலெண்ணிலிருந்தும் x இற்குரிய அண்ணளவான பெறுமானமொன்றைப் பெறமுடியும்.

முதலாவது தடை R_1 எனவும் அதனோடொத்த திரும்பலானது θ_1 எனவும், கடைசித்தடை R_2 எனவும் அதனோடொத்த திரும்பல் θ_2 எனவுங் கொள்க. எனின்,

$$(R_1 + x) \text{ தான் } \theta_1 = (R_2 + x) \text{ தான் } \theta_2$$

எனவறிவோம். எனவே,

$$x = \frac{R_2 \text{ தான் } \theta_2 - R_1 \text{ தான் } \theta_1}{\text{தான் } \theta_1 - \text{ தான் } \theta_2}.$$

x இன் இப்பெறுமானத்தைக் கோவை $(R+x)$ தான் θ இற் பிரதியிட்டு அவதானங்களின் ஒவ்வொரு கூட்டத்திற்கும் $(R+x)$ தான் θ இற்குரிய பெறுமானத்தைக் கணிக்க.

R தான் θ நிரலின் மாற்றவகையானது திருத்தமாய்த் தீர்மானிக்கப்படுமாயின், பரிசோதனையொன்றிலுள்ள ஒழுங்கான வழுவொன்றிற்குரிய விளைவின் கவர்ச்சியான உதாரணமொன்றைக் கொடுக்கின்றது. உயர்வுகூடிய தடைகள் அண்டவண்ட R தான் θ ஆனது உறுதியாக அதிகரித்துக்கொண்டு போகுமெனக்காணப்படும். நிராகரிக்கப்பட்ட கணியம் x ஆனது முழுத்தடையுங் கூடிய பெறுதாகும்போது சார்பாக முக்கியத்துவங் குறைந்துகொண்டு போவதே இதற்குக் காரணமாகும். எனவே, R ஆனது அதிகரிக்கப்பட R தான் θ இன் பெறுமானங்கள் மெய்யான மாறிலி $(R+x)$ தான் θ ஐக் கூடுதலாக அண்டுகின்றது.

மாறிலியின் ஒரு காரணியானது உறுதியாக மாற்றப்படும்போது, மாறிலியா யிருக்கவேண்டிய கனியமொன்றிலே எப்போதாவது ஒழுங்கான அதிகரிப்பு அல்லது குறைவு உண்டாகுமாயின், பரிசோதனையிலாவது அதனைச்செய்யும் முறையிலாவது இவ்வகையான **முறையான வழு**வொன்றை எதிர்பார்க்க லாம்.

பிரதியீட்டு முறையைக்கொண்டு தடையையறிதல்

தொடர்நிலையில் ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட தெரிந்த தடையின் சுருள்கள் பல வற்றைக்கொண்ட தடைப்பெட்டியொன்றைப் பெறக்கூடுமாயின், தெரியாத் தடையொன்றின் பெறுமானத்தைக் காண்பதற்குரிய எளிய முறையொன்று **பிரதியீட்டுமுறை** எனப்படும். மாரு மி.இ.வி. மின்கலம் அல்லது மின் கலவடுக்கொன்றிலிருந்து வரும் மின்னோட்டமொன்று தெரியாத்தடையி னூடாகவுங் கல்வனோமானியொன்றினூடாகவுஞ் செலுத்தப்பட்டுக் கல்வனோ மானியின் திரும்பல் அவதானிக்கப்படும்.

பெறப்படக்கூடிய தடையினோடும் மி.இ.வி. இனோடும் நியாயமான திரும் பலொன்றைப் பெறக்கூடுமாயின், உபயோகிக்கப்படும் கல்வனோமானியின் வகையைப்பற்றிக் கருதவேண்டியதில்லை. திரும்பல் மிகப்பெரிதாயிருப்பின் கல்வனோமானியைப் **பக்கவழிதிருப்பி** அதனைக் குறைக்கலாம். அதாவது, முழு மின்னோட்டத்தின் ஒரு பின்னபாகமே கல்வனோமானியினூடு பாயு மாறு பிளாற்றினப்போலிக் கம்பித்துண்டொன்றைப்போன்ற தடையொன் றைக்கொண்டு அதன் முடிவிடத்தை இணைத்தலாகும். தான்சன் கல்வனோ மானியொன்று பொதுவாக இப்பரிசோதனைக்கு நன்முயுதவும்.

இப்போது தெரியாத்தடையானது தடைப்பெட்டியொன்றினூற் பிரதியிடப் படும். கல்வனோமானியின் திரும்பலானது முந்திய பெறுமானத்தைப் பெறுமட்டும் தடைப்பெட்டியின் தடையானது செப்பஞ்செய்யப்படும். எனின், மி. இ. வி. ஆனது மாறுதிருக்குமாயின், தெரியாத்தடையானது தடைப் பெட்டியிற் பெறப்பட்டதற்குச் சமமாகும்.

பரிசோதனை 224. பிரதியீட்டுமுறையைக்கொண்டு தடையொன்றைத் தீர்மானித்தல்.—மின்கலம் **B** ஐயும், கல்வனோமானி **G** ஐயும், தீர் மானிக்கப்படவேண்டிய தடை **R** ஐயும் 227 ஆம் உருவத்திற்போலத் **தொடர்நிலையில்** இணைக்க. கலத்தை எல்லாவற்றிற்குங் கடைசியாக இணைத்தல் வேண்டுமென்பதை ஞாபகத்தில் வைத்துக்கொள்ளவும். தான்சன் கல்வனோமானியொன்று உபயோகிக்கப்படுமாயின், **571** ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப்பட்டதுபோல, கல்வனோமானியின் எல்லாச் சுற்றுக்களி னூடும் மின்னோட்டம் பாயுமாறு திசைமாற்றி **K** இனோடு அதனை அமைத்தல் வேண்டும். இது முடியாவிட்டால், ஆகக்கூடிய சுற்றுக்களையுடைய சுருளா னது உபயோகிக்கப்படல் வேண்டும்.

மாருமின்னியக்க விசையொன்றைக்கொண்ட தானியற்கலமொன்றேனும் துணைக்கலமொன்றேனும் உபயோகிக்கப்படலாம். துணைக்கலமொன்றிலே **உட்டடையானது** சிறிதாயிருத்தலின், **தெரியாத் தடைக்காகத் தடைப்பெட்டி யைப் பிரதியிடுவதான பரிசோதனையின் இரண்டாம் பாகத்திலே மிகுந்த கவனம் எடுக்கப்படல் வேண்டும்.**

சுற்றிலே தெரியாத்தடையை வைத்துக்கொண்டு திரும்பலை அளக்க.

தெரியாத்தடைக்குப் பதிலாகச் **செருகிகளெல்லாவற்றையும் அகற்றிய** தடைப்பெட்டியை வைக்க. திரும்பலானது முந்திய பெறுமானத்தையே பெற்றிருக்குமாறு தடைப்பெட்டியின் பெறுமானத்தைச் செப்பஞ்செய்க. **எந்தச் சந்தர்ப்பத்திலும் தடையானது 30 ஓமிற்குக் குறையாதிருத்தல் வேண்டும்.** எனின், தடைப்பெட்டியிலே செருகிகளாற்றிருக்கும் எண்களின் கூட்டுத்தொகையானது தெரியாத்தடையின் பெறுமானத்தைக் குறிக்கும். மின்னோட்டத்தை நேர்மாருக்கிக்கொண்டு தீர்மானத்தைத் திருப்பிச்செய்க.

பிரதியீட்டுமுறையினால் தடையின் தீர்மானத்தைப்பற்றிய குறிப்பு.—பெறப் படக்கூடிய திருத்தத்தின் படியானது திரும்பல்களின் அளவீட்டினது திருத் தத்திலே தங்கியிருக்கின்றதாதலின் ஒருபோதும் பெரிதாயிராது. ஆகவே, 2 அல்லது 3 நூற்றுவீத அளவுக்குத் திரும்பலளவீடுகளினது திருத்தக் குறைவு இருப்பதுபோலவே இதன் திருத்தக்குறைவுமிருக்கும்.

அன்றியும், தடைப்பெட்டியிலுள்ள தடையின் செப்பஞ்செய்கையானது வரையறையான 1 ஓம் படிகளிலேயே செய்யப்படமுடியும். தசமு ஓம்பெட்டி யொன்று உபயோகிக்கப்படுமாயின், 0·1 ஓம் படியில் இதனைச்செய்ய முடி யும். தெரியாத் தடைக்காகப் பிரதியிடப்பட்ட சமவலுத்தடையின் பெறு மானமானது, தெரியாத்தடையானது ஓமின் அல்லது ஓமின் பத்திலொன்று களில் முழுவெண் தொகைகளாகவிருக்கும் அரிய சந்தர்ப்பங்களிலன்றி, திருத்தமாக ஒருபோதுஞ் செப்பஞ்செய்யப்படமுடியாது.

அத்துடன், முறையானது பொருத்தமாயுள்ள தடையின் எல்லைகள் உபயோகிக்கப்பட்ட கல்வனோமானியிலே பெரும்பாலுந் தங்கியுள்ளன. 30 ஓமிற்கும் 70 ஓமிற்குமிடையேயுள்ள தடைகளுக்குச் சாதாரணமான கல்வ னோமானி உபயோகமுள்ளதாகும். 70 ஓமிற்குமேலே கல்வனோமானியின் உணர்ச்சிகூடிய வகையொன்று உபயோகிக்கப்படல் வேண்டும். **தாழ்ந்த** தடைகளுக்கு இந்த முறையானது எவ்வாற்றலும் பொருத்தமானதன்று.

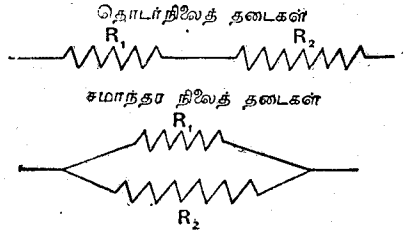
தெரியாத்தடையானது இந்த முறையினாலே தீர்மானித்தற்குரிய அளவைக் கொண்டதோவெனப் பரிசோதிக்கும் ஒரேயொரு வழி பெறப்படக்கூடிய கல்வனோமானியின் பருமட்டான வகையொன்றினோடு இதனை இணைப்ப தாகும். திரும்பலானது 5° ஐப் போன்று சிறிதாயிருக்குமாயின், இந்த முறை உபயோகிக்கப்படலாம். ஆனால், நுண்மைகூடிய கல்வனோமானியொன்று

உபயோகிக்கப்படல் வேண்டும். திரும்பலானது 10° இற்கும் 70° இற்கு மிடையேயிருப்பின் முதலிலே தெரியப்பட்ட கல்வனோமானி உபயோகிக்கப் படலாம். பெறப்படக்கூடிய ஆகப்பருமட்டான கல்வனோமானியைக் கொண்டு திரும்பலானது 70° இற்கும் மேலேயிருக்குமாயின், சிறப்பான இத்தடைக்கு முறையானது ஏற்றதன்று. ஆகவே, வேறேதாவது முறை உபயோகிக்கப் படல் வேண்டும் (613 ம் பக்கத்திலே உவீத்தன்பாலத்தைப் பார்க்க).

தொடர்நிலையிலுஞ் சமாந்தரநிலையிலுமுள்ள தடைகள்

தொடர்நிலையிலுள்ள தடைகளுக்கு

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots$$



உருவம் 230. தொடர்நிலையிலுஞ் சமாந்தரநிலையிலுமுள்ள தடைகள்

R_1, R_2, R_3 முதலிய தடைகள் **தொடர்நிலையில்** இணைக்கப்பட்டுள்ளனவாயின், அவற்றிற்குச் சமமான தடை **R** ஆனது வெவ்வேறான தடைகளின் **கூட்டுத்தொகை**யாகும்.

வெவ்வேறான ஒவ்வொரு தடையுபகரணமும் ஓமின் விதிக்கு இணங்கியுள்ளதெனவும், அடங்கலுமுள்ள காவலானது பூரணமானதெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. ஆயினும், **சமாந்தரநிலையில்** இணைக்கப்பட்டுள்ள தடைகள், கூறுகள் **எதனிலுங் குறைந்த** சமதடையைக் கொண்டனவாம். இச்சந்தர்ப்பத்திலே முழுக்**கடத்துதிறனுங்** கூறுகளினது கடத்துதிறன்களின் கூட்டுத் தொகையாகும். அதாவது,

சமாந்தரநிலையிலுள்ள தடைகளுக்கு

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \ldots\ldots$$

வெவ்வேறு தடைகளுக்கு ஓமின் விதியைப் பிரயோகித்து இவ்விளைவை மாணவன் வருவித்துக்கொள்ளல் வேண்டும். கிளைகள் பலவற்றின், அல்லது சமாந்தரநிலையிலுள்ள தடையுபகரணங்களின் சேர்ந்த தடையானது தனிக்கிளையெதனினதுந் தடையிலும் எப்போதுங் குறைந்திருக்கும்.

பரிசோதனை 225. தொடர்நிலையிலுஞ் சமாந்தரநிலையிலுமுள்ள தடைகளைப்பற்றிய ஒரு பரிசோதனை.—பிரதியீட்டு முறையைக்கொண்டு வெவ்வேறான இரண்டு தடைகளாகிய R_1, R_2 களின் பெறுமானங்களை அளக்க. அடுத்தபடியாக தடைகளிரண்டையும் ஒன்றுக்கொன்று தொடர் நிலையில் வைத்துப் பிரதியீட்டுமுறையினாலேயே தொகுவிளைவான தடை **R** ஐ அளக்க.

$R = R_1 + R_2$ என்ற விளைவைச் சரிபார்க்க.

கடைசியாகத் தடைகளிரண்டையும் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரநிலையில் ஒழுங்குசெய்து அதே முறையாகச் சமவலுத் தடை **S** ஐ அளக்க.

$\frac{1}{S} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ என்ற விளைவைச் சரிபார்க்க.

கல்வனோமானித் திருப்பிகள்

G ஓம் தடையையுடைய கல்வனோமானியொன்றினூடு சமாந்தரநிலையில், அல்லது **திருப்பி**யாக, **S** ஓம் தடையொன்று வைக்கப்படுமாயின், கல்வனோமானியினூடு பாயும் மின்னோட்டமானது பொதுவாகக் குறைக்கப்படும். ஆயினும், கல்வனோமானி முடிவிடங்களுக்குப் பிரயோகிக்கப்படும் அழுத்தவித்தியாசமானது மாறாது வைக்கப்படுமாயின், கல்வனோமானியைப் பக்கவழிதிருப்புதல் அதனூடுபாயும் மின்னோட்டத்தில் எவ்வித விளைவையுங் கொடாது.

திருப்பியின் செலுத்துகையினூல் சுற்றினூடுபாயும் முழு மின்னோட்டமானது மாற்றமடையாதெனக் கொள்ளப்பட்டது. சுற்றின் எஞ்சிய பாகத்தின் தடையானது கல்வனோமானித்தடையினூடு ஒப்பிடப்படும்போது பெரிதாயிருக்குமாயின், இது செய்முறையில் மெய்யாயிருக்கும்.

I = சுற்றிற்பாயும் முழுமின்னோட்டமெனவும்,

I_G = கல்வனோமானியினூடு செல்லும் மின்னோட்டமெனவும்,

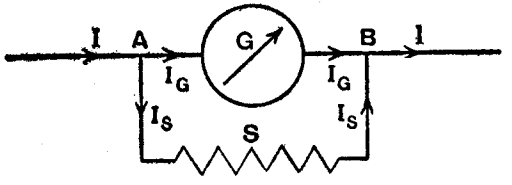
I_S = திருப்பியினூடுபாயும் மின்னோட்டமெனவுங் கொள்க.

எனின், மின்பொசிவு நிகழாதிருக்கும்போது, $I = I_G + I_S$. எனவே, $I_S = I - I_G$.

முழுமின்னோட்டத்தினதும் என்ன பின்னபாகம் கல்வனோமானியினூடு பாய்கின்றதென இப்போது நாம் காணவேண்டும்.

E = முடிவிடங்கள் **A**, **B** களுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசமென்க கொள்க. ஓமின் விதியின்படி $E = I_G G$. அத்துடன் $E = I_S S$.

எனவே, $I_G G = I_S S$. கல்வனோமானியினூடுந் திருப்பியினூடும் பாயும் மின்னோட்டங்கள் தடைகளுக்கு **நேர்மாறு** விகிதசமமாயிருக்கும்.



உருவம் 231. கல்வனோமானித்திருப்பியொன்றின் தத்துவம்

எனவே, $I_S = I - I_G$ ஆதலின், $I_G G = (I - I_G) S$.

ஆகவே, $I_G (G + S) = IS$. அதாவது, கடைசியாக, $I_G = I\left(\frac{S}{G+S}\right)$.

உதாரணமாக, $S = \frac{1}{9}G$ ஆயின், $I_G = \frac{1}{10} I$ எனக் காண்கிறோம்.

அன்றியும், I/I_G விகிதத்தைக் காண்போமாயின், S இன் சார்பாகக் கல்வனோமானி G இன் தடையினது பெறுமானங் காணப்படலாம்.

தான்சன் கல்வனோமானியொன்று உபயோகிக்கப்படுமாயின், மின்னோட்டமானது $I = K$ தான் ϕ என்னுஞ் சமன்பாட்டினாற் கொடுக்கப்படும். இங்கு K என்பது மாற்றுக்காரணியெனவும், ϕ என்பது மின்னோட்டம் I இன் பயனை கல்வனோமானியின் திரும்பலெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. திருப்பியின்றிய திரும்பலை ϕ இனாலும், பக்கவழி திருப்பப்பட்டபோதுள்ள திரும்பலை ϕ_1 இனாலுங் குறிப்போமாயின்,

$$\frac{I}{I_G} = \frac{K \text{ தான் } \phi}{K \text{ தான் } \phi_1}.$$

ஆனால், $$\frac{I}{I_G} = \frac{G + S}{S}.$$

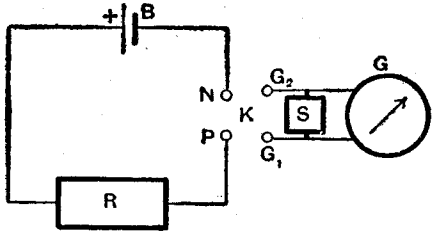
ஆகவே, $$\frac{G + S}{S} = \frac{\text{தான் } \phi}{\text{தான் } \phi_1}.$$

எனவே, $$G = S\left(\frac{\text{தான் } \phi}{\text{தான் } \phi_1} - 1\right)$$

மேலேயுள்ளவற்றிலிருந்து மாணவன் இதனை வருவித்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 226. பக்கவழிதிருப்பிக் கல்வனோமானியொன்றின் தடையைத் தீர்மானித்தல்.—232 ஆம் உருவத்திற் காட்டியபடி, துணைக்கலம் B ஐயும், நேர்மாறுக்கும் ஆளிதிருப்பி K ஐயும் ஆகக்குறைந்தது 40 ஓம் தடை R ஐயும், கல்வனோமானி G இனூடந் திருப்பி S இனூடும் இணைக்க.

திருப்பியைப் பொருத்தமுன்பு கல்வனோமானியின் திரும்பலை அவதானிக்க. இதன்பின்பு திருப்பியைப் பொருத்தி பல்வேறு பக்கவழித்தடை



உருவம். 232. பக்கவழி திருப்பிக் கல்வனோமானியின் தடை

களினூடொத்த திரும்பல்களைக் காண்க. சாதாரணத் தான்சன் கல்வனோமானிக்குரிய S இன் பொருத்தமான வீச்சானது 1 தொடக்கம் 20 ஓம் வரையாகும்.

ஒவ்வோரளவீட்டிற்கும் மின்னோட்டமானது நேர்மாறுக்கப்பட்டுத் திரும்பல்களின் சராசரியானது ϕ_1 இன் மெய்யான பெறுமானமாக எடுக்கப்படல்வேண்டும்.

கீழே காட்டியபடி அவதானங்களை அட்டவணையொன்றில் ஒழுங்குசெய்க :—

S	ϕ_1	தான் ϕ_1	$\frac{\text{தான் } \phi}{\text{தான் } \phi_1} - 1$	$S\left(\frac{\text{தான் } \phi}{\text{தான் } \phi_1} - 1\right)$
1				
2				
3				
4				
5				
7				
10				
15				
20				
∞	$\phi =$			

திருப்பியானது இணைக்கப்படாதபோது திருப்பியின் தடை முடிவிலியாகும். இச்சந்தர்ப்பத்திலே முழுத்திரும்பல் ϕ, திரும்பலாகும்.

கடைசி நிரலானது ஏறத்தாழ மாறிலியாகும். இதன் சராசரியானது G இன் பெறுமானமாக எடுக்கப்படலாம்.

குறிப்பு.—இப்பரிசோதனையிலே G இன் பெறுமானத்தைக் காண்பதற்குரிய முறையானது பக்கவழித்திருப்பியானது இணைக்கப்படும்போது முழு மின்னோட்டத்திற் கணிப்புக்குரிய மாற்ற முண்டாவதில்லையென்ற கொள்கையை

அடிப்படையாகக் கொண்டது. R ஆனது G இன் பெறுமானத்திலும் ஆகக்குறைந்தது 20 மடங்காயிருந்தாலன்றி இக்கொள்கையானது உண்மைக்குக் கிட்டவுமிராது. ஆகவே, கடைசி நிரலிலுள்ள எண்களின் பெறுமானம் R இன் 5 நூற்றுவீதத்திலும் அதிகமாயிருப்பின், எற்றபருமனுள்ள தடை R ஐ உபயோகித்துப் பரிசோதனை திருப்பிச் செய்யப்படல் வேண்டும்.

G ஆனது R இன் 5 நூற்றுவீதமாகமட்டுமிருக்கும்போது, G ஆனது முற்றிலுங் குறுக்காகச் சுற்றியிருந்த போதிலும், மின்னோட்டத்தின் உயர்வுமாறல் 5 நூற்றுவீதத்திலும் அதிகப்படமுடியாது. எனவே, அவதானிக்கப்பட்ட திரும்பல்களின் வழுக்கள் வீளைவிலே இதேபருமனுள்ள வழுக்களைப் புகுத்தக்கூடும். G இன் சிறந்த பெறுமானமானது தான் $\phi_1 = \frac{1}{2}$ தான் ϕ ஐக் கொடுக்கக்கூடிய திருப்பி S இனோடொத்ததாகும்.

R ஆனது G இன் 20 மடங்கிலுங் குறைந்திருந்தபோதிலும், G இன் பெறுமானம்,

$$\frac{RG}{S(R+G)} = \frac{\text{தான் } \phi}{\text{தான் } \phi_1} - 1$$

என்ற கோவையிலிருந்து கணிக்கப்படலாம்.

கேச்சோவின் விதிகள்

கடத்திகளின் வலைவேலையொன்றிலே மின்னோட்டங்களைத் தீர்மானித்தற்குரிய நிபந்தனைகளைப்பற்றிக் கேச்சோவினாற் கூறப்பட்ட இரண்டு விதிகளுக்கும் 645 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க.

அத்தியாயம் 4

மின்னியக்கவிசையும் மின்கலமொன்றின் உட்டடையும்

§ 1. உவோற்றுக்கலமொன்றின் தொழிற்பாட்டைப்பற்றிய எளிய விவாதம்

பின்வரும் விவாதமானது உவோற்றுக்கலமொன்றிற் கருதப்படவேண்டிய மின்பகுப்புத் தொழிற்பாட்டினதும் இரசாயனத்தொழிற்பாட்டினதும் அடிப்படையான ஒரு கொள்கையாக எடுக்கப்படக்கூடாது. ஆனால், முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள மின்னியக்கவிசையைப்பற்றியும் (மி.இ.வி., அழுத்தவித்தியாசத்தைப் பற்றியும் (அ.வி.) ஆளுதற்குரிய செய்முறைக் கருதுகோளாக மட்டும் இது உபயோகப்படுதல் வேண்டும்.

குறிப்பு.—இப்போதைய தேவைக்காக நாம் பழைய வழக்கைப் பின்பற்றி, மின்னோட்டத்தை நேர்மின்னின் ஒரு பாய்ச்சலாகக் கருதுவோம்.

திறந்தசுற்றிலுள்ள மின்கலம்

பொருத்தமான கரைசலொன்றினுள்ளே அமிழ்த்தப்பட்டுள்ள வெவ்வேறு உலோகங்களின் தட்டுகளிரண்டு உடனே அழுத்தவித்தியாசமொன்றைப் பெறுகின்றன. பின்வரும் ஆளுகையிலே எளிய கலமொன்று கருதப்பட்டுச் செம்பும் நாகமும் முறையே நேர்த்தட்டையும் எதிர்த்தட்டையுங் குறித்து உபயோகிக்கப்படும். ஆயினும், விவரிக்கப்பட்டுள்ள நிகழ்ச்சிகளின் பொது விவரணமானது எவ்வகைக் கலத்திற்கும் பிரயோகப்படலாம்.

திரவத்தினுள்ளே தட்டுக்கள் இடப்பட்டவுடன் நேர்மின்னனது திரவத்தினூடு செம்பைநோக்கி இயங்கத்தொடங்கும். இந்த நேர்மின்னனது நாகத்தட்டிலிருந்து வருவதாகக் கருதப்படுமாதலின், நாகத்தட்டானது எதிர்மின்னேற்றத்தைப் பெற்றிருக்கும். நேர்மின்னின் இயக்கமானது மின்கலத்தின் இரசாயன இயல்பிலேயே முற்றிலுந் தங்கியுள்ளது. மின்பாய்ச்சலை உண்டாக்கும் மின்னியக்கவிசையானது இரசாயனத்தாக்கத்தின் மின்னியக்கவிசை அல்லது இரசாயன மி.இ.வி. எனப்படும்.

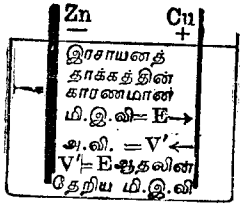
இவ்விரசாயன மி. இ. வி. ஆனது கலத்தினுள்ள திரவத்தினூடாக நாகத்தட்டிலிருந்து செப்புத்தட்டிற்கு நேர்மின்னைச் செலுத்தும். அதாவது, மின்கலமொன்றின் மி. இ. வி. ஆனது அக்கலத்தின் எதிர்முனைவிலிருந்து நேர்முனைவை நோக்கித் தாக்கும்.

இக்கூற்றானது பொதுவாக எல்லா மின்கலங்களுக்கும் மெய்யாகும். மின்கலமொன்றின் மி. இ. வி. என்பது கலத்தினூடு மின்னைச் செலுத்தும் விசையையே கருதுமாதலின், கலத்தினுள்ளேயுள்ள தொழிற்பாட்டைமட்டுங் கருதியே அதனை உபயோகிக்கலாம் என்பதைக் கவனித்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

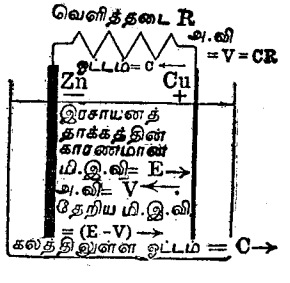
கலத்தின்குறுக்கே நாகத்திலிருந்து செம்பை நோக்கிக்கொண்டு செல்லப் படும் நேர்மின்னனது செப்புத்தட்டின் அழுத்தத்தை நாகத்தட்டினதிலும் பார்க்க உயர்த்தும். இப்போது கலத்தினுள்ளேயுள்ள நேர்மின்னேற்றமெதனிலும் இரண்டு விசைகள் தாக்குகின்றன. இம்மின்னேற்றமானது கலத்தின் **மி. இ. வி.** இனால் நாகத்திலிருந்து செம்புக்கு உந்தப்படும். இவையிரண்டினுக்குமிடையேயுள்ள **அழுத்தவித்தியாசத்தின்** பயனுகச் செம்பிலிருந்து நாகத்தைநோக்கி இது உந்தப்படும். இவ்வழுத்தவித்தியாசமானது கலத்தினது இரசாயன **மி. இ. வி.** இன் தாக்கத்தின் பயனுகப் பெறப்பட்டதாகும்.

அ.வி. ஆனது பெரும்பாலுங் கருதப்படுவதுபோலக் கலத்தின் மி.இ.வி. இனேடு சர்வசமமாயிராது, இந்த மி.இ.வி. இன் விளைவாகமட்டுமே யுள்ளது. கலத்தினுள்ளே அ. வி. உம் மி. இ. வி. உம் ஒன்றுக்கொன்று எதிராகத் தாக்கும்.

கலமானது திறந்தசுற்றிலிருப்பதினுல் தட்டுக்கள் எவ்விதத்திலும் வெளியிலே இணைக்கப்பட்டில்லையாதலின் தட்டுக்களிரண்டினுமுள்ள மின்சேர்க்கையின் பயனுக அழுத்தவித்தியாசமானது உயர்ந்துகொண்டே போகும். ஆயினும், கலத்தினுள்ளே வரையறுக்கப்பட்ட **மி. இ. வி.** மட்டுமே தொழிற் படுமாதலின், இவ்வழுத்தவித்தியாசமானது முடிவற்று உயர முடியாது. மின்கலத்தின் **மி.இ.வி.** இன் கீழே நாகத்திலிருந்து செம்புக்கு நேர் மின்னனது பாயும் முயற்சியானது **அ.வி.** இன் பயனுகச் செம்பிலிருந்து நாகத்திற்குப் பாயும் முயற்சியைச் சமமாக்குமட்டுமே அழுத்த வித்தியாசமானது V′ பெறுமானத்திற்கு உயரும். **மி. இ. வி.** இற்கும் **அ. வி.** இற்கு மிடையே சமநிலையானது நிகழ்ந்ததும், கலத்தினூடு எந்தத் திசையிலும் மின்னியக்கம் நிகழாது எல்லாத் தாக்கமும் நின்றுவிடும்.



உருவம் 233. திறந்த சுற்றிலுள்ள கலம்



உருவம் 234. மூடிய சுற்றிலுள்ள கலம்[1]

[1]இவ்வரிப்படத்திலே வழக்கமான நேர்மின்னேட்டம் மட்டுமே காட்டப்பட்டுள்ளது. கலத்தினுள்ளே அயன்கள் இரு திசைகளிலுஞ் செல்லுகின்றன.

எனவே, **திறந்த சுற்றிலே,** அல்லது பொதுவாக, **கலத்தினூடு எந்தத் திசையிலும் மின்னேட்டம் பாயாதிருக்கும்போது, கலத்தின் தட்டுக்களிடையேயுள்ள அ. வி. ஆகிய V′ ஆனது கலத்தின் மி.இ.வி. இற்குச் சமமாயிருக்கும்.**

திறந்த சுற்றிலே $V' = E$.

E ஐ நேராக அளப்பது முடியாது. அது உண்டாக்கும் **அ.வி.** ஐக் கொண்டே **மி. இ. வி.** ஒன்றை நாம் அளக்க முடியும். ஆதலின், கலமொன்றின் **மி. இ. வி.** ஐ நாம் அளக்கவேண்டுமாயின் திறந்த சுற்றிலிருக்கும்போது அதன் முடிவிடங்களின் குறுக்கேயுள்ள **அ. வி.** ஐ அளத்தல் வேண்டும். இந்த **அ.வி.** இன் பெறுமானமானது (V′) கலத்தின் **மி. இ. வி.** ஆகிய E இற்குச் சமமாகும்.

'மூடிய' சுற்றிலுள்ள மின்கலம்

மின்கலத்திற்கு வெளியே.—கலத்தின் தட்டுகள் தடை R ஐயுடைய கம்பியொன்றினுல் இணைக்கப்பட்டுள்ளதெனக் கொள்க. தட்டுக்களினிடையேயுள்ள **அ.வி.** இன் தாக்கத்தின்கீழ் இக்கம்பியினூடாக மின்னேட்டம் உடனே பாயத் தொடங்கும். கம்பியிலே எவ்விதமான இரசாயனத்தாக்கமும் இல்லாததினுல், **அ.வி.** மட்டுமே இதனூடு மின்னைச்செலுத்தும் விசையாகும். ஆகவே, கம்பியினூடாகச் செம்பிலிருந்து நாகத்திற்கு மின்னேட்டம் பாயும்.

கம்பியை இணைத்தவுடன், ஒரு தட்டிலிருந்து மற்றதற்கு மின்பாய்ச்சலின் பயனுகத் தட்டுக்களிரண்டினுக்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசங் குறையத்தொடங்கும். எந்தக் கணத்திலும் அழுத்த வித்தியாசத்தின் பெறுமானம் V ஆயின், கம்பியினூடு பாயும் மின்னேட்டமானது

$$I_1 = \frac{V}{R}$$

ஆகும். I_1 என்பது, தட்டுக்களை இணைக்குங் கம்பியிலுள்ள மின்னேட்டமாகிய **புறச்சுற்றிலுள்ள** மின்னேட்டத்தைக் குறிக்கும்.

கலத்தினுள்ளே கலத்தின் **மி.இ.வி.** ஆனது இன்னுந் தாக்கிக் கொண்டேயிருக்கும். இதன் பெறுமானமானது, கலத்தினது இரசாயன வமைப்பினது ஓரியல்பாதலின், எள்ளளவும் மாற்றமடையாது. (மூன வாக்கலின் விளைவுகள் பின்பு கருதப்படும்). இதன் தாக்கமானது இப்போது அழுத்தவித்தியாசம் V′ இனுலன்றிக் குறைந்த **அ.வி.** ஆகிய V இனுல் எதிர்க்கப்படும். கலத்தின் தடையானது (உட்டடை) B ஆயின், நாகத்திலிருந்து செம்புக்குக் கலத்தினுள்ளே பாயும் மின்னேட்டமானது

$$I_2 = \frac{E - V}{B}$$

ஆகும்.

ஆகவே, ஒரேநேரத்திலே, புறச்சுற்றினூடாகச் செப்புக்கம்பியிலிருந்து வெளியே செக்கனுக்கு

$$I_1 = \frac{V}{R}$$

அலகு மின்பாய்ச்சலொன்றையும், கலத்தின் உள்ளேயிருந்து செப்புத் தட்டைநோக்கி

$$I_2 = \frac{E - V}{B}$$

இற்குச் சமமான மின்பாய்ச்சலொன்றையும் பெறுகின்றோம்.

V ஆனது சிறிதாகிக்கொண்டுபோக செப்புத்தட்டிலிருந்து மின்னின் நட்ட வீதமாகிய I_1 ஆனது குறைந்து கொண்டுபோகும். அத்துடன், மின்னின் நயவீதமாகிய I_2 அதிகரிக்கும். இவையிரண்டுஞ் சமமாகும்போது V ஆனது V′ இலுங் குறைந்ததாயிருந்தபோதிலும், திரும்பவும் உறுதியானதாகும்.

எனவே,

$$I_1 = I_2 = I \quad (\text{என்க}),$$

எனவும்,

$$I = \frac{V}{R} = \frac{E - V}{B}$$

எனவும் பெறுகின்றோம்.

எனவே, மின்கலமொன்றிலே எளிய தடை R இனூடு புறச்சுற்றானது முற்றுக்கப்பட்டிருக்கும்போது, கலத்தினுள்ளே நாகத்திலிருந்து செம்புக்குப் பாயும் மின்னோட்டமானது கலத்திற்கு வெளியே செம்பிலிருந்து நாகத்திற்குப்பாயும் மின்னோட்டத்திற்குச் சமமாகுமாறு தட்டுக்களிடையேயுள்ள அ.வி. ஆனது எதாவது பெறுமானம் V இற்கு விழுந்துவிடும். புதிய அ.வி. ஆகிய V இற்கும், கலத்தின் மி. இ. வி. ஆகிய E இற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பிலிருந்து $BV = R(E - V)$ எனவும், $RE = V(R + B)$ எனவும் இலகுவிற் காட்டலாம். இங்கு B என்பது கலத்தின் உட்டையெனவும் R என்பது புறத்தடையெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. வேறொரு முறையினலும் இத்தொடர்பை நிறுவலாம் (600–603 ஆம் பக்கங்களைப் பார்க்க).

$V' = E$ பெறுமானத்திற்கு அ.வி. இன் செப்பஞ்செய்கை எறத்தாழச் சடுதியானதென்பதும், புறச்சுற்றானது மூடப்படும்போது செக்கனென்றின் மிகச்சிறிய பின்னபாகத்திலேயே அ. வி. ஆனது அதன் உறுதியான பெறுமானம் V இற்கு விழுந்துவிடுமென்பதும், இலகுவில் உணரக்கூடியதாகும்.

கலமொன்றினூடாகச் செம்பிலிருந்து நாகத்திற்கு (அதாவது நேரிலிருந்து எதிருக்கு) மின்னோட்டமொன்று செலுத்தப்படும்போது பிரயோகிக்கப்படும் அழுத்த வித்தியாசமானது, E ஐ மேற்கொள்வதுடன் மின்கலவடுக்கின் தடையையும் மேற்கொள்கின்றதாதலின், E இலும்பார்க்கப் பெரிதாயிருத்தல் வேண்டும். மாணவன் மேலேயுள்ளதுபோலவே இதனை ஆராய்ந்து நேரிலிருந்து எதிருக்கு மின்கலம் அல்லது மின்கல வடுக்கினூடாகச் செலுத்தப்படும் மின்னோட்டமானது

$$I = \frac{V - E}{B}$$

இனாற் கொடுக்கப்படுமெனக் காட்டுதல்வேண்டும். இங்கு V என்பது பிரயோகிக்கப்பட்ட அ.வி. ஆகும். சேமிப்புக்கலங்களுக்கு மின்னேயேற்ற இவ்வினாவானது உபயோகமாகும்.

மூனைவாக்கலின் விளைவு.—மின்கலத்தின் இரசாயன அமைப்பின் மாற்றத்தினால் அக்கலத்திலே மூனைவாக்கம் நிகழும். அளவுக்குமிஞ்சிய மின்னோட்டமானது மின்கலத்திலிருந்து எடுக்கப்படுமாயின், நாகத்தைச்சுற்றியுள்ள திரவம் உபயோகப்பட்டு முடிந்துவிடும். அதாவது, நேர்த்தட்டினண்மையிலுள்ள ஒட்சியேற்றுங்கருவியானது அங்கு விரைவாய்ப் பிறக்கும் ஐதரசனினோடு ஈடு கொடுக்கமுடியாததினால், அத்தட்டானது ஐதரசனினால் மூடப்பட்டுவிடும். இதனால், தட்டிற்கு மிக்கவண்மையிலுள்ள திரவத்தின் இரசாயனவமைப்பானது மாற்றமடைவதினால் தட்டுக்களின் இயல்பே மாறிவிடுகின்றது. இதன்பயனாக மின்கலத்தின் மி. இ. வி. ஆனது மாறிவிடும். திரவத்தின் பரவலினாலும் ஐதரசனின் ஒட்சியேற்றத்தினாலும் முந்திய நிலைமைகள் திரும்பவும் பெறப்படுமட்டும் மி. இ. வி. ஆனது தொடக்கத்துப் பெறுமானத்தைத் திரும்பவும் பெறமுடியாது. மேலேயுள்ள விவாதத்திலே மூனைவாக்கம் உண்டாக்கப்படுமளவுக்கு மின்கலமானது ஒருபோதும் மிகைப்பார மேற்றப்படுவதில்லையெனக் கொள்ளப்பட்டது.

§ 2. மின்கலங்களிரண்டின் மின்னியக்கவிசைகளினது ஒப்பீடு
கல்வனோமானியொன்றை உபயோகிக்குங் கூட்டல் கழித்தன் முறை

மின்கலங்களிரண்டின் மின்னியக்கவிசைகளை ஒப்பிட இம்முறையானது உதவுமாயினும், மின்னியக்க விசையின் தனியளவை இது கொடுப்பதில்லை.

ஒப்பிடப்படவேண்டிய மின்கலங்கள் அல்லது மின்கலவடுக்குகளினோடு மின்னோட்டமொன்றின் திறனை அளக்கக்கூடிய கல்வனோமானி அல்லது வேறேதாவது கருவியும், மின்னோட்டத்தைப் பொருத்தமான பெறுமானமொன்றிற்குச் செப்பஞ்செய்யக்கூடிய தடையொன்றுந் தேவைப்படும். தடை B_1 ஐயுடைய முதலாவது கலத்தின் மி. இ. வி. ஐ E_1 எனவும், தடை B_2 ஐயுடைய இரண்டாவது கலத்தின் மி. இ. வி. ஐ E_2 எனவுங்கொள்க. கல்வனோமானியின் தடையை G எனவுஞ் சுற்றின் எஞ்சிய பாகத்தினது தடையை R எனவுங்கொள்க. இத்தடைகளுள் எவற்றையாவது தெரிந்திருக்க வேண்டியதில்லையாயினும், பரிசோதனையின்போது அவையெல்லாம் மாறிலிகளாயிருத்தல் வேண்டும்.

ஒன்றுக்கொன்று **உதவுமாறு** ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட மின்கலங்கள் முத லிலே தடையினூடும் கல்வனோமானியினூடுந் தொடர்நிலையில் இணைக் கப்படும். இப்போது சுற்றிலுள்ள **மி. இ. வி.** ஆனது E_1 இனதும் E_2 இனதும் கூட்டுத்தொகையாகும்.

ஓமின் **(Ohm)** விதியிலிருந்தும், தடையினது வரைவிலக்கணத்திலிருந்தும்

$$\frac{\text{சுற்றின் மி.இ.வி.}}{\text{சுற்றின் தடை}} = \text{சுற்றிற்பாயும் மின்னோட்டம்,}$$

அல்லது, $$\frac{E_1 + E_2}{R + G + B_1 + B_2} = I_1$$

எனப்பெறுகின்றோம்.

சுற்றிற்பாயும் மின்னோட்டம் I_1 ஆனது கல்வனோமானித் திரும்பலினால் அளக்கப்படும்.

இப்போது கலங்களிலொன்று நேர்மாறுக்கப்படுதல் வேண்டும். வலுக் குறைந்ததை (இதனை E_2 என்க) நேர்மாறுக்குதல் விரும்பத்தகுந்த தாகும். ஆயினும், கல்வனோமானியினூடு திசைமாற்றியொன்று **உப** யோகிக்கப்படுமாயின் எந்தக்கலத்தையும் நேர்மாறுக்கலாம்.

இப்போது சுற்றின் **மி. இ. வி.** ஆனது $E_1 - E_2$ ஆகும். மின்னோட்டமானது

$$\frac{E_1 - E_2}{R + G + B_1 + B_2} = I_2$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும் எதாவது பெறுமானம் I_2 ஐப் பெற்றிருக்கும்.

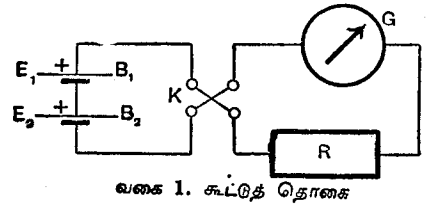
I_2 என்பது கல்வனோமானித் திரும்பலினால் அளக்கப்படும். **தடைகள் எதனையும் மாற்றுதிருத்தலினால்**

$$\frac{E_1 + E_2}{E_1 - E_2} = \frac{I_1}{I_2}, \text{ அல்லது } \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1 + I_2}{I_1 - I_2}$$

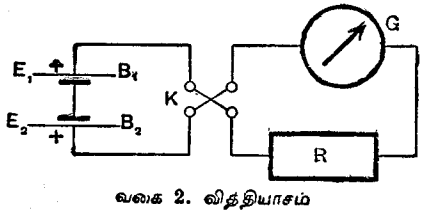
எனப்பெறுகின்றோம்.

பரிசோதனை 227.— தான்சன் கல்வனோமானியொன்றை உபயோகித்துக் கூட்டல் கழித்தன் முறையினால் மி. இ. வி. களின் ஒப்பீடு.—இலக்கிளாஞ்சிக் கலமொன்றினதும் தானியற்கலமொன்றினதும் **மி.இ.வி.** களை ஒப்பிடு தற்கும், இவற்றிலொன்றின் **மி. இ. வி.** ஐச் சேமிப்புக்கலமொன்றினதோடு ஒப்பிடுதற்கும் இந்த முறை உபயோகிக்கப்படலாம்.

383 ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது போல, திசைமாற்றி K இனூடு தான்சன் கல்வனோமானி G ஐயமைக்க. இக்கல்வனோமானியோடு **செருகி**



வகை 1. கூட்டுத் தொகை



வகை 2. வித்தியாசம்

உருவம் 235. கூட்டல் கழித்தன்முறையினால் மி.இ.வி. கள்.

ளெல்லாம் அகற்றப்பட்டுள்ள தடைப்பெட்டி R ஐத் தொடர் நிலையில் இணைக்க. மின்னோட்டமானது கல்வனோமானியின் எல்லாச் சுருள்களி னூடும் பாய்தல் வேண்டும்.

ஒன்றுக்கொன்று உதவுமாறு B_1, B_2 ஆகிய மின்கலங்களிரண்டையும் ஒழுங்கு செய்க. தொடர்நிலையிலுள்ள கல்வனோமானியினூடுந் தடைப் பெட்டியினூடும் மின்னோட்டம் பாயுமாறு அவற்றை இணைக்க. கல்வனோ மானியினூடுசெல்லும் மின்னோட்டமானது நேர் மாறுக்கப்படுமாறு இணைப்பு கள் அமைந்திருத்தல் வேண்டும் (உருவம் 235).

கல்வனோமானித்திரும்பலானது ஏறத்தாழ 65° ஆகுமட்டும் செருகிகளைச் செலுத்தித் தடைப்பெட்டியின் தடையைக் குறைக்க. **எவ்வாற்றானும் பெட்டி யின் தடையானது 30 ஓமிலும்பார்க்கக் குறைக்கப்படுதல் கூடாது.**

முதலில் ஒருதிசையிலும் பின்பு மற்றத்திசையிலும் மின்னோட்டம் பாயும் போது கல்வனோமானித் திரும்பலின் அளவீட்டை யெடுக்க. சராசரித் திரும்பலை θ_1 எனக்கொள்க. எனின், மின்னோட்டம் I_1 ஆனது

$$I_1 = K \text{ தான் } \theta_1$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். இங்கு K என்பது கல்வனோமானியின் மாற்றுக் காரணியாகும் (I_2 இற்கு I_1 இன் **விகிதமட்டும்** எமக்குத் தேவையாதலின் **இதனை அறியத் தேவையில்லை**).

235 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல கலங்களிரண்டிலும் வலுக் குறைந்ததை நேர் மாறுக்குக. வேறெந்த இணைப்பையும் மாற்றுதல் கூடாது. B_2 இணைப்பைக் கழற்றி நேர்மாறுக விணைக்கும்போது **கூடுமாயின் கலங்களை ஆடாது தடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.** அன்றேல், அவற்றின் உட்டடைகள் மாற்றமடைதல் கூடும்.

B_2 ஆனது நேர்மாறுக்கப்பட்டிருக்கும்போது அவதானிக்கப்பட்ட சராசரித் திரும்பல் θ_2 ஆயின்,

$$I_2 = K \text{ தான் } \theta_2$$

ஆகும். எனின்,

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{K \text{ தான் } \theta_1}{K \text{ தான் } \theta_2} = \frac{\text{தான் } \theta_1}{\text{தான் } \theta_2}.$$

ஆதலின், ஆம் பக்கத்திலுள்ளவற்றிலிருந்து

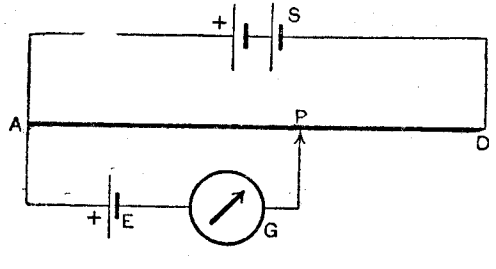
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1 + I_2}{I_1 - I_2} = \frac{\text{தான் } \theta_1 + \text{தான் } \theta_2}{\text{தான் } \theta_1 - \text{தான் } \theta_2}$$

எனப்பெறப்படும்.

உபயோகிக்கப்பட்ட மின்கலங்களிரண்டினதும் **மி.இ.வி.** களின் விகிதத்தை இவ்வாறு கணிக்க. ஒரு கலமானது அருட்டுந்திரவம் $ZnSO_4$ இன் கரைசலொன்றைக்கொண்ட தானியற்கலமாயின், இதன் **மி.இ.வி.** ஐ 1·07 உவோற்றுக்களாகக் கொள்ளலாம். பரிசோதனையிற் பெறப்பட்ட விகிதத்திலிருந்து இக்கொள்கையைக்கொண்டு மற்றக்கலத்தின் **மி.இ.வி.** ஆனது கணிக்கப்படலாம்.

அழுத்தமானி

அழுத்தமானி என்பது மின்னியக்கவிசைகளை ஒப்பிடுதற்குரிய ஓர் ஆய்கருவியாகும். தட்டைப் பலகையொன்றில் ஈர்க்கப்பட்டுள்ள ஒரு சீரான நீண்ட கம்பியொன்றின் உருவத்தில் இது இருப்பது வழக்கம். கம்பியிலே விரும்பிய புள்ளியிற்றொடுகை உண்டாகுமாறு இப்பலகையிலே வழுக்குஞ் சாவியொன்று பொருத்தப்பட்டிருக்கும். கம்பியானது மிகவும் நீண்டிருக்கும்போது இடத்தைக் குறைப்பதற்காகப் பலகையிலே அது நெளிவாக ஒழுங்கு செய்யப்படுவது வழக்கம். அன்றேல், சமாந்தரக்கம்பிகளின் ஒரு தொகையானது தொடர்நீலையிலே அவற்றினூடு மின்



உருவம் 236. அழுத்தமானியின் தத்துவம்.

னோட்டம் பாயுமாறு தடிப்பான செப்புத்துண்டுகளைக்கொண்டு முனைகளில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆய்கருவியின் கொள்கையைக் கருதும்போது தனியான நேர்க்கம்பியொன்றைக் கருதுவது இலகுவாகும் (உருவம் 236).

இரண்டொரு துணைக்கலங்களைக்கொண்ட மாறு மின்கலவடுக்கு S ஆனது ஒரு சீரான கம்பி AD இனூடாக உறுதியான மின்னோட்டமொன்றைச் செலுத்த உபயோகிக்கப்படும். புள்ளி A ஆனது மின்கலவடுக்கின் நேர் முனைவினோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, புள்ளி A இலிருந்து D இற்கு அழுத்த வீழ்ச்சியொன்றுண்டாகும். கம்பியானது ஒருசீராளதாயின், A இலிருந்து D இற்குச் செல்லும்போது அழுத்தமானது ஒழுங்காகக் குறைந்து கொண்டுபோகும்.

பரிசோதனையின் நோக்கம் E_1, E_2 எனப்படும் மின்கலங்களிரண்டினதும் **மி.இ.வி.** களை ஒப்பிடுவதாகும். முதலாவது கலத்தின் நேர்முடிவிடமானது புள்ளி A இனோடிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனைதிர் முடிவிடமானது கல்வனோமானி G இனூடாக வழுக்குஞ்சாவியினோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வழுக்குஞ் சாவியானது அழுத்தமானிக் கம்பியிலுள்ள புள்ளி P இனோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சாவியை முன்னும் பின்னும் இயக்கி அச்சாவியானது கீழே அழுத்தப்படும்போது கல்வனோமானியிலே திரும்பலில்லாதிருக்குமாறு புள்ளி P_1 ஆனது காணப்படும். இப்புள்ளி காணப்பட்டவுடன் கல்வனோமானியினூடாகவும் மின்கலம் E_1 இனூடாகவும் மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. நாம் கீழே காணப்போவதுபோல, கலத்தின் மின்னியக்கவிசை E_1 ஆனது A இற்கும் P_1 இற்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்தைச் சரியாகச் சமநிலைப்படுத்துமென்பதே இதன் கருத்தாகும். எனெனில், கல்வனோமானியினூடு மின்னோட்டம் பாயாதிருக்குமாயின், புள்ளி P_1 இன் அழுத்தமானது கல்வனோமானியோடிணைக்கப்பட்டுள்ள கலத்தினது முனைவின் அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும். எனவே, கலத்தினூடான அழுத்தவீழ்ச்சியானது கம்பியின்நேரே A இற்கும் P_1 இற்குமிடையேயுள்ள அழுத்த வீழ்ச்சிக்குச் சரிசமமாகும். ஆயினுங் கலத்தினூடாக மின்னோட்டம் பாயாதிருத்தலின், **தட்டுக்களினிடையேயுள்ள அ. வி. ஆனது கலத்தின் மி. இ. வி. இற்குச் சமமாகும்.** ஆகவே, பரிசோதனையின்கீழுள்ள கலத்தின் மின்னியக்க விசை E_1 ஆனது A இற்கும் P_1 இற்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்திற்குச் சரிசமமாகுமென்பதே நிறைவேற்றப்பட்ட நிபந்தனையாகும்.

இதன்பின், கலம் E_2 இனோடும் இம்மாதிரியாகவே செய்யப்படல்வேண்டும். மின்னியக்கவிசை E_2 ஆனது A இற்கும் P_2 இற்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்தைச் சரியாய்ச் சமநிலைப்படுத்துமாறு புள்ளி P_2 காணப்படும். எனவே,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\text{A இற்கும } P_1 \text{ இற்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசம்}}{\text{A இற்கும } P_2 \text{ இற்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசம்}}.$$

அழுத்தமானிக்கம்பியினூடாகச் செல்லும் உறுதியான மின்னோட்டம் I ஆயின்,

A இற்கும் P_1 இற்குமிடையேயுள்ள **அ.வி.** $= I \times AP_1$ இன் தடை.

அத்துடன்,

A இற்கும் P_2 இற்குமிடையேயுள்ள **அ.வி.** $= I \times AP_2$ இன் தடை.

எனவே, கம்பியை ஒருசீரானதெனக் கொள்வோமாயின்,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{AP_1 \text{ இன் தடை}}{AP_2 \text{ இன் தடை}} = \frac{AP_1 \text{ இன் நீளம்}}{AP_2 \text{ இன் நீளம்}}.$$

நடுநிலையைப் பெறத்தேவையான அழுத்தமானிக்கம்பியின் நீளங்களை ஒப்பிட்டே **மி.இ.வி.** கள் ஒப்பிடப்படும்.

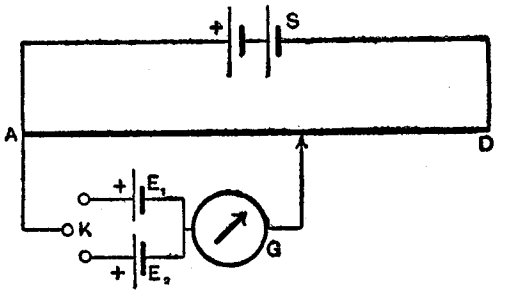
பரிசோதனையின்போது மின்கலவடுக்கு S ஆனது மாறுமின்னோட்ட மொன்றைச் செலுத்துமெனக் கொள்ளப்பட்டது. உறுதியான மின்னோட்டம் பாயும்போது கம்பியின் முடிவிடங்கள் A இற்கும் D இற்குமிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது எந்தக்கலத்தினதும் **மி.இ.வி.** இலும் பார்க்கப் பெரிதாயிருத்தல்வேண்டும்.

பரிசோதனை 228. அழுத்தமானியொன்றைக் கொண்டு கலங்களிரண்டின் மி.இ.வி. களை ஒப்பிடுதல்.—சேமிப்புக்கலம் S ஐ (சில பரிசோதனைகளிலே தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டை) தாழ்ந்த சடையொன்றினூடாக அழுத்தமானிக்கம்பி[1] AD இன் முனைகளோடு இணைக்க. மின்கலவடுக்கின் நேர்முடிவிடம் கடைசியாக A இனோடு இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். ஒப்பிடப்படவேண்டிய கலங்களுளொன்றிலிய E_1 இன் நேர் முடிவிடத்தினோடு A ஐ இணைக்க. இதனெதிர்முடிவிடமானது கல்வனோமானியொன்றினோடு இணைக்கப்படுதல் வேண்டும். அழுத்தமானிக் கம்பியின் நேரேயியங்கும் வழுக்குஞ்சாவி P ஆனது 5000 ஓம்[2] படியிலுள்ள உயர்வுத்தடையொன்றினூடு கல்வனோமானியின் மற்ற முடிவிடத்தினோடு இணைக்கப்படும். கம்பியிற்றெடுமாறு P ஆனது அழுத்தப்படும்போது கல்வனோமானியிலே திரும்பலில்லாத நிலையைப் பெறுமட்டும் கம்பியின் நேரே சாவி P ஆனது இயக்கப்படும். அப்போது அழுத்ந்மானிக்கம்பியின் நீளம் AP_1 அளக்கப்படும். இதன்பின்பு E_1 இற்குப்பதிலாக இரண்டாவது கலம் E_2 பிரதியிடப்பட்டு நீளம் AP_2 தீர்மானிக்கப்படும்.

[1]செய்முறையிலே தடைக்கம்பியின் 10 மீற்றர் பெரும்பாலும் உபயோகிக்கப்படும். அடிப்பலகையிலே இது வளைவாக ஒழுங்குசெய்யப்படும். சேமிப்புக்கலமொன்றினோடு நேராக இணைக்கப்படுமாயின், சாதாரணமான மீற்றர்ப்பாலத்தின் கம்பியானது மிகைவெப்பமடையும். அத்துடன், தடையொன்று அதனோடு தொடர்நிலையிலிருக்குமாயின், அதன் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது 2 உவோற்றுக்குக் குறைவாயிருக்கும். ஏறத்தாழ 5 ஓம் தடையையுடைய ஒரு மீற்றர் நிக்கிரோங்கம்பியானது சில பரிசோதனைகளுக்கு வசதியாயிருக்கும்.

[2]ஏறத்தாழச் சமநிலையடைந்ததும், சாவியொன்றைக்கொண்டு இத்தடையைக் குறுக்குச் சுற்றுக்கலாம்.

பரிசோதனையில் உபயோகிக்கப்படுங் கலங்களுளொன்றிலே ஏதாவது மாற்றம் நிகழக்கூடுமாதலின், பரிசோதனையின் கீழுள்ள கலங்களுளொன்றை முதலிலும் மற்றதைப் பின்பும் உபயோகித்து அவதானங்களைத் திருப்பியெடுத்தல் தேவைப்படும். ஆகவே, ஒரு கலத்திலிருந்து மற்றதற்கு விரைவாய் மாற்றக் கூடியதாக இரு வழியாளியொன்றைச் செலுத்தின் வசதியாயிருக்கும். இவ்வாறு விரைவாய் மாற்றுவதினால், மிகக் குறுகிய காலத்திலேயே செப்பஞ்செய்கைகள் செய்யப்படலாம். எனவே, கம்பியிலுள்ள உறுதியான மின்னோட்டமாறலின்பயனை வழுக்கள் குறைவாயிருக்கும்.



உருவம் 237. அழுத்தமானிக்குரிய தொடுப்புகள்

அப்போது 237 ஆம் உருவத்திற் காட்டியவாறு ஆய்கருவியானது ஒழுங்கு செய்யப்பட்டிருக்கும். விரும்பியபடி A ஐ E_1 இற்கேனும் E_2 இற்கேனும் இணைக்கும் இருவழியாளியை K குறிக்கும். AP_1 இனதும் AP_2 இனதும் சராசரிப் பெறுமானங்களைத் தீர்மானித்து E_2 இற்கு E_1 இன் விகிதத்தைக் கணிக்க. கம்பியானது ஒருசீரானதாயின்

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{AP_1 \text{ இன் சராசரி நீளம்}}{AP_2 \text{ இன் சராசரி நீளம்}}.$$

முதலாவது ஒப்பீட்டை உறுதிப்படுத்தவேண்டுமாயின், (அ) ஒன்றுக்கொன்று உதவுமாறும், (ஆ) ஒன்றையொன்று எதிர்க்குமாறும், கலங்களிரண்டையுந் தொடர்நிலையில் இணைத்துத் தொகுவிளைவான **மி.இ.வி.** களை ஒப்பிடுக. இவ்விரு சந்தர்ப்பங்களினோடுமொத்த அழுத்தமானிக்கம்பியின் அளவீடுகள் l_1, l_2 ஆயின்,

$$\frac{E_1 + E_2}{E_1 - E_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

எனப்பெறுகின்றோம்.

ஆகவே,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1 + l_2}{l_1 - l_2}.$$

குறிப்பு.—மாறுக்கலத்தின் **எதிர்முனை**வானது A_1 இனோடு இணைக்கப்பட்டிருப்பதுடன் பரிசோதனையின்கீழுள்ள கலங்களின் **எதிர்முனை**வும் A_1 இனோடு இணைக்கப்பட்டிருக்குமாயின், பரிசோதனையானது திருப்தியாகவே

செய்யப்படலாமென்பது வெளிப்படை. கல்வனோமானியினூடு மின்னோட்டம் பாயாதிருக்கும்போது கம்பியின்நேரே A இலிருந்து P இற்கு அழுத்த வேற்றமானது கலத்தின் **மி.இ.வி.** இற்குச் சமமாகும்.

§ 3. மின்கலவடுக்கொன்றின் உட்டடையினது அளவு

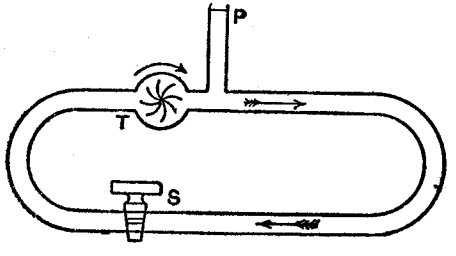
மின்கலவடுக்கொன்றின் உட்டடையானது உவோற்றுமானியொன்றைக் கொண்டும் பொருத்தமான தடையொன்றைக்கொண்டும் அளக்கப்படலாம். **E** உவோற்று **மி.இ.வி.** ஐயும் **B** ஓம் உட்டடையையுமுடைய மின்கல மொன்று **R** ஓம் தடையையுடைய கம்பியொன்றினூடு இணைக்கப்படுமாயின் **ஓமின்** விதியின்படி மின்னோட்டம் **I** ஆனது அம்பியரில்,

$$I = \frac{E}{R + B}$$

என்ற சமன்பாட்டினாற் கொடுக்கப்படும்.

சாதாரணமான உவோற்றுமானியொன்றிலே தடையானது மிகப் பெரிதாயிருக்குமாதலின், சுருள்களினூடு பாயும் மின்னோட்டமானது மிகச்சிறிதாயிருக்கும். உண்மையில் உவோற்றுமானியினூடாக எவ்வித மின்னோட்டமும் பாய்வதில்லையெனவும் கொள்ளப்படலாம். அறிமுறையிலே இப்பரிசோதனைக்காக, மின்னோட்டமெதனையுமெடுக்காது கலத்தின் முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்தை அளக்கக்கூடிய **நிலைமின்**னுவோற்றுமானியொன்றை உபயோகிப்பது சிறந்ததாகும்.

முடிவிடங்கள் சேர்த்திணைக்கப்பட்டிராதபோது அவற்றினிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசமானது **V′** உவோற்றுக்களாகும். **V′** என்பது கலத்தின் **மி.இ.வி.** ஆகிய **E** இற்குச் சமமாகும். முடிவிடங்கள் கம்பியொன்றினால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது அழுத்தவித்தியாசமானது **V′** இலுங் குறைவாயிருக்கும்.



உருவம் 238. நீரியக்கவொப்புமை

இச்செயல் சிலசமயங்களிலே சிக்கலை உண்டாக்குமாதலின் ஒப்புமையொன்றைக் கருதுவது உபயோகமாயிருக்கும். சுழற்சக்கரம் **T** ஐக்கொண்டு நீரானது உட்செலுத்தப்படக்கூடிய முடிவற்ற குழாயொன்றைக் கருதுவோமாக (உருவம் 238). குழாயடைப்பு **S** ஆனது மூடப்படும்போது உருவத்திற் காட்டப்பட்டதைப்போன்ற நிலைக்குத்தான குழாயொன்றைக்கொண்டு அளக்கப்படக்கூடிய அமுக்கமொன்றைச் சுழற்சக்கரமானது உருவாக்கும். குழாயடைப்பானது திறக்கப்படும்போது குழாயிலுள்ள மட்டத்திலுந் குறிக்கப்படும் அமுக்கங்குறையும். துவாரம் அதிகரிக்கப்பட இன்னுங்கூடுதலாக அது குறையும். பம்பியானது நீரியக்கவிசையெனப் பொறிமுறைவிளைவொன்றைக் கொண்டதாகும். நீரின் நிரலானது உண்டாக்கப்படும் அழுத்தவித்தியாசத்தை அளக்கும். குழாயும் அடைப்புஞ்சேர்ந்து புறச்சுற்றொன்றிலே தடையொன்றை உண்டாக்கும். மின்னொப்புமை விரிவாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ள இவ்வத்தியாயத்தின் முன்னுரையை (பக்கங்கள் 589—593) மாணவன் பார்த்தல் வேண்டும்.

தடை **R** இனூற் சேர்த்திணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது கலத்தின் முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஐ **V** எனக் குறித்துக்கொள்க. எனின், **ஓமின்** விதியின்படி **R** இனூடு செல்லும் மின்னோட்டமானது **V/R** இற்குச் சமமாகும். இம்மின்னோட்டமானது முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள **அ.வி.** இன் பயனேதையாகும். ஆனூற் சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டமானது $E/(R + B)$ இற்குச் சமமாகும். எனவே,

$$\frac{V}{R} = \frac{E}{R + B}.$$

$$\therefore \quad V = \frac{ER}{R + B} = \frac{E}{1 + B/R}$$

எனவே, **V** ஆனது **E** இலுங் குறைவாயிருக்கும். ஆனால், **B** இனோடு ஒப்பிடப்படும்போது **R** ஆனது மிகப்பெரிதாயிருக்குமாயின், **E − V** ஆகிய வித்தியாசம் மிகச்சிறிதாயிருக்கும்.

R என்பது அவ்வளவு பெரிதல்லாதிருக்க **E/V** ஐ நாங்காணக்கூடுமாயின் **B** ஐ

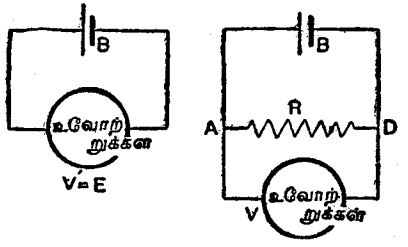
$$\frac{E}{V} = \frac{R + B}{R}, \quad \text{அல்லது} \quad B = R\left(\frac{E}{V} - 1\right)$$

என்ற சமன்பாட்டைக்கொண்டு கணிக்கலாம். இதற்குரிய வேறொரு நிறுவலை 589 — 593 ஆம் பக்கங்களிற் காண்க.

எனின், **B** ஐத் தீர்மானிக்கவேண்டுமாயின், **B** இலும் அதிகம் பெரிதாயில்லாத, தெரிந்த தடை **R** இன் கம்பியொன்றினூற் குறுக்குச்சுற்றுக்கப்பட்டிருக்கும்போது கலத்தின் முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள **அ.வி.**ஐ அதன் **மி.இ.வி.** இனோடு ஒப்பிடுதல்வேண்டும்.

R ஆனது **B** இனோடு சமமாக எடுக்கப்படுமாயின், $V/E = \frac{1}{2}$ ஆகும். எனவே, முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசமானது திறந்த சுற்றிலுள்ளதன் அரைவாசியேயாகும்.

பரிசோதனை 229. உவோற்றுமானியொன்றை உபயோகித்து முதற்கல மொன்றின் உட்டடையைத் தீர்மானித்தல்.



உருவம் 239. கலத்தின் உட்டடை

கலத்தின் முடிவிடங்களை உவோற்றுமானியோடு இணைக்க. இப்படிச் சருளுவோற்றுமானியொன்றை உபயோகிக்கும்போது மின்னோட்டமானது +குறியிடப்பட்ட முடிவிடத்தில் உட்செல்லுமாறு கலத்தை இணைப்பதிற் கவனமாயிருத்தல் வேண்டும். இணைப்புத் திருத்தமற்றிருக்குமாயின் காட்டி வளைந்து கருவியானது பழுதடைந்துவிடும்.

திறந்த சுற்றிலே **அ.வி.** இன் பெறுமானத்தை V' ஆகக்கொடுக்கும் திரும்பலை அவதானிக்க.

குறிப்பு.—உவோற்றுமானியினூடாக மின்னோட்டம் பாயவில்லை எனக் கொள்ளப்பட்டுள்ளதாதலின், சுற்றினது இன்னுந் திறந்திருக்கும். எனவே, $V' = E$ ஆகும்.

இதன்பின், கலத்தின் முடிவிடங்களை வெவ்வேறு தடைகளோடு இணைத்து ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் உவோற்றுமானியின் ஒத்த திரும்பல்களை அவதானிக்க. ஒவ்வொரு தரத்திலும் இரண்டு அல்லது மூன்று நிமிடங் களுக்குமேலே மின்னோட்டம் பாய்திருக்குமாறு கவனஞ்செலுத்தப்படுமா யின், தடைப்பெட்டியொன்று உபயோகிக்கப்படலாம்.

தொடக்கத்திலுள்ள திரும்பலாகிய V' இன் அரைவாசியிலுஞ் சில திரும் பல்கள் பெரிதாகவும் மற்றுஞ்சில சிறிதாகவுமிருக்குமாறு தடைகளின் அளவுகள் தெரிந்துகொள்ளப்படல் வேண்டும். $V'/2$ இலும் மேலான பெறு மானங்களைக் கொடுக்கும் மூன்று தடைகளும், கீழான பெறுமானங்களைக் கொடுக்கும் **மூன்று** தடைகளுமாக, வெவ்வேறான ஆறு தடைகள் உபயோ கிக்கப்படலாம்.

10 ஓம் புறத்தடையொன்றினூடு தொடங்கித் தேவைக்கேற்றவாறு மேற்புறமாகவோ கீழ்ப்புறமாகவோ செல்வது வசதியாயிருக்கும்.

அவதானத்தைப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்துக.—

திறந்தசுற்றிலுள்ள **அ.வி.** ஆகிய V' $(= E)$ =.....

R	V	E – V	$\left(\frac{E-V}{V}\right)R$

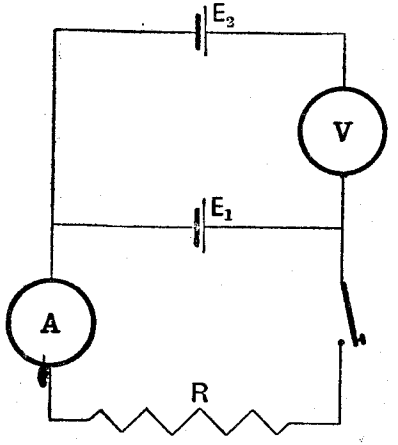
குறிப்பு.—பெரும்பாலான மின்கலவடுக்குகளின் உட்டடையும், **மி.இ.வி.** உங்கூட, தட்டுக்களினண்மையிலுள்ள திரவத்திலே தற்காலிக மாற்றத்தின் பயனை அவற்றினூற் செலுத்தப்படும் மின்னோட்டத்தினூடு பெரிய அள வுக்கு மாறுகின்றது (பக்கம் 593). ஆதலின், B ஆனது ஓரளவுக்கு வரை யறையற்ற கணியமாகும்.

மேலேயுள்ள முறையிலே கலமானது குறுக்குச்சுற்றுக்கப்படும்போது **E** மாறுவதில்லையெனக்கொள்ளப்பட்டது. **இலக்கிளாஞ்சிக்** கலத்தின் சிலவகை கள் குறுக்குச்சுற்றுக்கப்பட்டவுடன் விரைவாக மூனைவாக்கப்படுதலின் **மி.இ.வி.** உம் விரைவாக வீழ்ந்துவிடும். இவ்வகையான சந்தர்ப்பங்களிலே இந்த முறை ஏற்றதன்று. துணைக்கலமொன்றிற்கு இந்த முறை பிரயோ கிக்கப்படக்கூடாது. திருத்தமான அளவீடுகளைப் பெறவேண்டுமாயின், R ஐ மிகச்சிறிதாக்கவேண்டியது அவசியமாகும். எனவே, கலமானது பழுதடை வதுடன் தடைப்பெட்டியும் எரிந்துவிடும்.

இந்தத் திரும்பல் முறையானது அவ்வளவு திருத்தமானதன்று. ஆயி னும், 589 — 593 ஆம் பக்கங்களில் எடுத்தாளப்பட்ட கலத்தின் தாக்கத் தைப்பற்றிய விவாதத்தினூடு சேர்த்துப் பார்க்குமளவில் இப்பரிசோதனை மிகவும் அறிவுதரக்கூடியதாகும். எவ்வாறாயினும், கலமொன்றின் தடை யானது மிகவும் மாறுகின்ற ஒரு கணியமாகும். எனவே, உண்மையாகக் கருதப்படும் விளைவு தடையினது அளவின்படியேயாகும். கலமொன்றை ஆட்டுவதேனும், பழைய தட்டிற்காகப் புதிய நாகத்தட்டொன்றைப் பிரதி யிடுவதேனும் கலத்தின்தடையைச் சில சந்தர்ப்பங்களிலே அரைவாசிக்குக் குறைக்கக் கூடுமென்பதைக் கருதும்போது, 20 நூற்றுவீதத்திற்குட் திருத்த மான எந்த முறையும் இத்தேவைக்குப் போதியதாகுமென உணரமுடியும். சிறப்பான கலமொன்றின் தடையானது மிகத்திருத்தமாகத் தேவைப்படு மாயின், அஞ்சற்பெட்டியொன்றை உபயோகிக்கும் **மான்சின்** (Mance) முறையானது பிரயோகிக்கப்படல் வேண்டும் (பக்கங்கள் 617, 632 இலே **உவீத்தன்பாலத்தைப்** பார்க்க).

துணைக்கலமொன்றின் உட்டடை

துணைக்கலமொன்று மிகத்தாழ்ந்த உட்டடையொன்றைக் கொண்டதாகும். அளக்கக்கூடிய **அ.வி.** இன் வீழ்ச்சியொன்றை உண்டாக்கத் தேவையான மின்னோட்டமானது பெரிதானதாற் கலமானது பழுதடைந்துவிடுமாதலின், முன்னரே விவரிக்கப்பட்ட உட்டடையைக்காணும் முறையானது இச்சந்தர்ப்பத்திற் பொருத்தமானதன்று. கலத்தின் முழுவீச்சளவுக்கு மொத்த வீச்சைக்கொண்ட உவோற்றுமானியொன்று உபயோகிக்கப்பட வேண்டுமாதலாலும், கொடுக்கப்படக்கூடிய ஆகப்பெரிய மின்னோட்டத்திற்கேற்ப பெறப்படக்கூடிய **அ.வி.** இன் மாறல் இவ்வுயர்வுப் பெறுமானத்தின் 1 அல்லது 2 நூற்றுவீதமேயாகுமாதலாலும், அளவுகள் திருத்தமற்றிருக்குங் காரணத்தினாலேயே இவ்வாறு நிகழும். தாழ்ந்த உட்டடையையுடைய எந்தக்கலத்திற்கும் பிரயோகிக்கப்படக்கூடிய பின்வரும் முறையானது இச்சங்கடத்தை மேற்கொள்ளும். மிக்க உணர்திறனையுடைய உவோற்றுமானியொன்று உபயோகிக்கப்படலாமாதலின், **அ.வி.** இன் மாற்றமானது திருத்தமாக அளக்கப்படலாம்.



உருவம் 240. துணைக்கலத்தின் உட்டடை

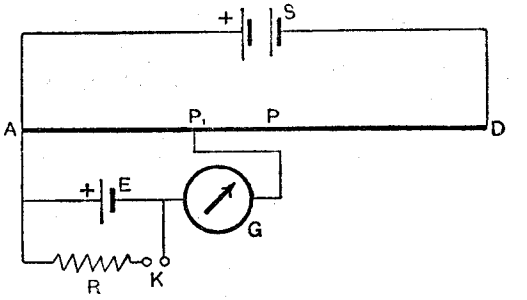
பரிசோதனை 230. துணைக்கலமொன்றின் உட்டடையைத் தீர்மானித்தல்.— 240 ஆம் உருவத்திற்போலச் சமாந்தரநிலையிலே ஒத்த கலங்களிரண்டை இணைக்க. இவற்றின் + முடிவிடங்களின்குறுக்கே உணர்திறனுள்ள உவோற்றுமானியொன்று இணைக்கப்பட்டிருத்தல்வேண்டும். தடை R ஐயும் அம்பியர்மானி A ஐயுங் கலங்களுளொன்றிலோடு தொடர்நிலையில் இணைத்துச் சுற்றிலே சாவி K ஐயுஞ் சேர்த்துக்கொள்க. சாவி K ஆனது திறந்திருக்கும்போது, கலங்கள் ஒத்தனவாதலின், உவோற்றுமானி எவ்வித **அ.வி.** ஐயுங் காட்டாது. சாவி K ஐ அழுத்திக்கொண்டு உவோற்றுமானியின் அளவீடு (*v*) ஐயும் அம்பியர்மானியின் அளவீடு (I) ஐயும் எடுக்க.

மின்னோட்டம் I ஆனது கலம் E_1 இலிருந்துமட்டுமே பாயும். அப்போது உவோற்றுமானியின் தடையானது முடிவிலியாகக் கருதப்படும். கலம் E_1 இன் தடையானது B ஆயின், அதன் முடிவிடங்களின்குறுக்கேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது IB அளவினால் வீழ்ச்சியடையும். இது, உவோற்றுமானியில் *v* எனக் குறிக்கப்படும். எனவே, $B = v/I$.

முதலாவது கலத்தின் **மி.இ.வி.** (E) உம், R உம் தெரிந்திருப்பனவாயின், I என்பது E/R ஆக எடுக்கப்படலாம். ஆதலின், $B = vR/E$ ஆகும். அப்போது அம்பியர்மானி தேவையற்றதாகும்.

அழுத்தமானியொன்றைக்கொண்டு மின்கலமொன்றின் உட்டடை

அழுத்தமானியைக்கொண்டு **மி.இ.வி.** கீழ் ஒப்பிடும்போது கலமொன்றின் முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது மின்னோட்டமொன்றைக் காவுகின்ற கம்பியொன்றிலுள்ள புள்ளிகளிரண்டினுக்கிடையேயுள்ள **அ.வி.** இனோடு சமநிலையாக்கி அளக்கப்படலாமென முன்னரே காட்டப்பட்டது. 236 ஆம் உருவத்திற் காட்டியவாறு அழுத்தமானியொன்றை இணைத்துக் கல்வனோமானியினூடு மின்னோட்டம் பாயாதவண்ணம் தொடுகையை எதாவது ஒரு புள்ளி P இற்குச் செப்பஞ் செய்வோமாயின், P இற்கும் கலத்தின் எதிர்த்தட்டுக்குமிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது பூச்சியமாகும். அன்றேல் கல்வனோமானியினூடு மின்னோட்டமொன்று பாயும். A ஆனது கலத்தின் நேர்த்தட்டினது அழுத்தத்தையே கொண்டிருக்கும். ஆகவே, A இற்கும் P இற்குமிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது கலத்தின் தட்டுகளுக்கிடையேயுள்ள **அ.வி.** எயாகும்.



உருவம் 241. அழுத்தமானியைக்கொண்டு உட்டடை

இங்கு கருதப்பட்ட சந்தர்ப்பத்திலே கலம் E இனூடு மின்னோட்டம் பாயாதாதலின், **அ.வி.** ஆகிய V′ ஆனது கலத்தின் **மி.இ.வி.** இற்குச் சமமாகும் (பக்கங்கள் 589,593).

இப்போது தடை R இனூடு கலத்தைக் குறுக்காகச் சுற்றுவோமாயின், (உருவம் 241), கலத்தின் முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது,

$$\frac{E}{V} \text{ அல்லது } \frac{V'}{V} = \frac{R+B}{R}$$

என்னுந் தொடர்பினாற் கொடுக்கப்படும் (டீக்கங்கள் 601–2). எதாவது ஒரு பெறுமானம் V இற்குக் குறைக்கப்படும். இங்கு B என்பது கலத்தின் உட்டடையாகும். ஆதலின், புள்ளி P ஆனது கலம் E இன் எதிர்த்தட்டிலும்பார்க்க உயர்ந்த அழுத்தத்திலிருக்கும். எனவே, P இற்றொடுகை உண்

டாகும்போது கல்வனோமானியானது இப்போது திரும்பலைக் கொடுக்கும். ஆயினும், P இலும்பார்க்க A இற்கு அண்மை கூடுதலாயுள்ள ஏதாவது புள்ளி P_1 இற்றெடுகையுண்டாகும்போது மீண்டுஞ் சமநிலையுண்டாகும்.

A இற்கும் P_1 இற்குமிடையேயுள்ள அ.வி. ஆனது, இப்போது கலத்தின் தட்டுக்களினிடையேயுள்ள குறைந்த அ.வி. ஆகிய V இற்குச் சமமாகும்.

இப்போது, கம்பியானது ஒருசீரானதாயின்,

$$\frac{V}{V'} = \frac{AP_1}{AP}.$$

எனவே,
$$\frac{R}{R+B} = \frac{AP_1}{AP} = \frac{l_2}{l_1}.$$

ஆகவே,
$$B = R\left[\frac{l_1 - l_2}{l_2}\right]$$

ஆதலின், R, l_1, l_2 களின் தெரிந்த பெறுமானங்களிலிருந்து B கணிக்கப்படலாம்.

பரிசோதனை 231. அழுத்தமானியொன்றைக்கொண்டு மின்கலமொன்றின் உட்டடையைத் தீர்மானித்தல்—விவரிக்கப்பட்ட முறையைக்கொண்டு தானியற்கலமொன்றின் உட்டடையைத் தீர்மானிக்க.

மின்கலமொன்றின் உட்டடையைத் தீர்மானித்தற்குரிய அழுத்தமானி முறையைப்பற்றிய விவாதம்

உட்டடைகளை அளப்பதற்குரிய இந்த முறையானது முன்னரே விவரிக்கப்பட்ட உவோற்றுமானி முறையிலும்பார்க்க அவ்வளவு பொருத்தங்கூடியதன்று. சமநிலைப்புள்ளி P_1 ஐக் காணும்போது தடை R இனூடாக வெகு நேரத்துக்குக் கலமானது குறுக்காகச் சுற்றப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். இந்த நேரத்திலே கணிப்புக்குரிய வீதத்திலே மின்னிறக்கப்பட்டு விரைவாக அது முனைவாக்கத்தைப் பெறும். இதன் காரணத்தையுணராவிட்டால், விளைவானது மலைப்புக்குரியதாயிருக்கும். புள்ளி P_1 காணப்பட்டதும் ஒரு கணத்துக்குத் தடையிலிருந்து கலமானது தொடர்பறுக்கப்படுமாயின், இவ்வாறு தொடர்பற்றிருக்கும்போது மின்கலமானது ஓரளவுக்கு மீளுமாதலின், திரும்பவுந் தொடுத்துச் சமநிலைக்காகப் பரிசோதிக்கும்போது முற்றிலும் வேறான நடுநிலைப்புள்ளி காணப்படும்.

திருத்தமான வேலைக்காகத் தடைச்சுற்றிலே 241 ஆம் உருவத்திற் காட்டியபடி தட்டுஞ்சாவியொன்று செலுத்தப்படுதல்வேண்டும். P_1 ஐத் தேடும்போது இது கணநேரத்துக்கு அழுத்தப்படல்வேண்டும். AB இன் நேரே புதியநிலையொன்றிற்குச் செப்பஞ்செய்வதற்காகக் கம்பியிலிருந்து P_1 ஐயுயர்த்தியவுடன் இதனைத் திரும்பவும் இளக்கிக்கொள்ளல் வேண்டும்.

இரண்டாவது சாவியானது P_1 இன்முன்பே அழுத்தப்படுதல்வேண்டும். கம்பித்தொடுகையிலிருந்து P_1 ஐயுயர்த்தமுன்பு இதனை உயர்த்துதல் கூடாது.

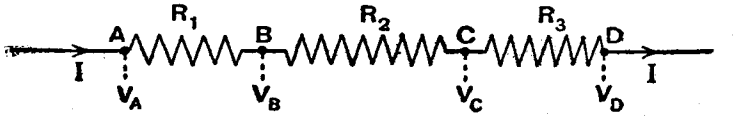
இவ்விரண்டாவது சாவியின் உபயோகத்தினாற் கூடுதலான திருத்தத்தைப் பெறக்கூடுமாயினும், உவோற்றுமானிமுறையிலுள்ள அளவுக்குப்பெரிதான முனைவாக்கலின்பயனை குறைவை இம்முறையானது கொண்டுள்ளது. திரும்பல் முறையாகாது பூச்சியமுறையாயிருப்பதே இதன் முக்கிய நயமாகும். அறிமுறையிலே உவோற்றுமானி முறையிலும்பார்க்க வேறும் நயங்கள் இம்முறைக்கு உள. எவ்விதமின்னோட்டமுமில்லையெனக் கருதப்பட்டபோதிலும் உவோற்றுமானியினூடாகக் கணிப்புக்குரிய மின்னோட்டமொன்று எப்போதும் பாய்ந்துகொண்டிருக்குமாதலின், E ஆனது உவோற்றுமானியினால் ஒருபோதுந் திருத்தமாய் அளக்கப்படமுடியாது. இந்த முறையிலே, கலமானது குறுக்குச்சுற்றில்லாதிருக்கும்போது அக்கலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பூச்சியமாயிருக்குமென்பது உறுதியாகும். ஆகவே, E ஆனது திருத்தமாகப் பெறப்படும்.

உபயோகத்தின்போது உண்டாகும் பெரிய சிக்கல்களும், முனைவாக்கத்தின் பயனாக A ஐ நோக்கி P_1 இனது நகர்வின் பயனை மலைப்புக்களுஞ்சேர்ந்து உட்டடையை அளப்பதற்குரிய அழுத்தமானிமுறையை உயர்தரமாணவருக்கே ஏற்றதாக்குகின்றன.

4. அழுத்தமானியின் மற்றைய பிரயோகங்கள்

அழுத்தப்பிரிகருவி

கொடுபட்ட வழங்கலிடத்திலிருந்து சாதாரணமாகப் பெறப்படுவதிலும்



241 A. அழுத்தப்பிரிவிடு கருவியின் தத்துவம்.

பார்க்கச் சிறிதான அழுத்தவித்தியாசமொன்றைச் சிலசமயங்களிலே பரிசோதனைவேலையிற் பெறுவது விரும்பத்தக்கதாகும். இதனைச் செய்வதற்குரிய முறையொன்று உருவம் 241A இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது.

தொடர்நிலையில் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ள R_1, R_2, R_3 முதலான பல தடைகளினூடாக உறுதியான மின்னோட்டம் I ஆனது செலுத்தப்பட வழங்

கலிடம் உபயோகிக்கப்படுகின்றதெனக் கொள்க. A, B, C, D புள்ளிகளி லுள்ள அழுத்தங்கள் முறையே V_A, V_B, V_C, V_D ஆயின், **ஓமின் விதியானது**

$$V_A - V_D = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad \text{எனவும்,}$$

$$V_B - V_C = I R_2$$

எனவும் கொடுக்கின்றது. இரண்டாவது வினாவை முதலாவதிலால் வகுக்கும் போது, எல்லாப் புள்ளிகளிலும் மின்னோட்டம் I ஆனது ஒரேபெறுமானத் தையுடையதாதலின்,

$$\frac{V_B - V_C}{V_A - V_D} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

எனக் காண்கிறோம்.

எனவே, தடைகளின் கூட்டுத்தொகையாகிய $R_1+R_2+R_3$ ஐ மாறிலி யாய் வைப்போமாயின், மின்னோட்டம் I ஆனது மாறுதிருக்கும். ஆனாலும் R_2 ஐ ஏற்றவாறு தெரிந்துகொண்டு B இற்கும் C இற்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்தை $V_A - V_D$ இன் விரும்பிய எந்தப் பின்னமாகு மாறு செப்பஞ் செய்தல்கூடும்.

இரேலித்துரை (Lord Rayleigh) உபயோகித்த நிகழ்ச்சிமுறை யொன் றிலே C, D புள்ளிகள் பொருந்துமாறு $R_3 = 0$ ஆக்கப்படும். இரண்டு பெரிய தடைப்பெட்டிகளைத் தொடர்நிலையில் இணைத்துக்கொண்டபின் முத லிலே முழுத்தடைக்கு ஏற்ற பெறுமானமொன்றை ஒழுங்கு செய்துகொண்டு ஒருபெட்டியிற் செருகியொன்றை அகற்றும்போதெல்லாம் மற்றப்பெட்டி யிலொன்றைச் செலுத்தி முழுத்தடையையும் மாறாது வைத்துக்கொள்ள லாம். முழுத்தடைக்காக ஒருசீரான நீண்ட கம்பியொன்றை உபயோகித்துத் தெரிந்தெடுத்த இரண்டு புள்ளிகள் B,C இலே அதிலிருந்து வாங்குவதே இன்னுமொரு வழியாகும். தொகுவினாவான **அ.வி.** ஆனது கம்பியின் முழுநீளத்திலேடு BC இன் நீளத்தை ஒப்பிட்டுக் காணப்படும்.

நாம் முன்பு கண்டதுபோல, அழுத்தமானியின் தத்துவமானது[1] மின் னியக்கவினைகளையேனும் அழுத்த வித்தியாசங்களையேனும் பூச்சியமுறை யொன்றினால் ஒப்பிடுவதிலே தங்கியுள்ளது. கடைசிச் செப்பஞ்செய்கையிலே அளக்குங்கருவியினூடாக எவ்வித மின்னோட்டமும் பாய்வதில்லை. பெறப் படக்கூடிய திருத்தமானது மிகப்பெரிதாகும். அத்துடன், **ஓமின்** விதியி னோடுசேர்த்து இம்முறையை உபயோகிப்பதினால், விசேடமான பல அளவு கள் எடுக்கப்படலாம்.

[1]இத்தத்துவத்தை அடுத்த அத்தியாயத்தில் விவரிக்கப்பட்டுள்ள உவீத்தன்பாலத்தின் தத்துவத்தோடு பிழையாக எடுக்கக் கூடாது.

மின்னோட்டமொன்றின் திறனை அளத்தல்.—நியமத்தடையொன்றும் (இதனை 1 ஓம் எனக்கொள்க) தெரிந்த **மி.இ.வி.** ஐயுடைய நியமக்கல மொன்றும் கொடுக்கப்பட, மின்னோட்டம் I இன் திறனைத் திருத்தமாக அளக்க விரும்புகின்றோமெனக் கொள்க. மின்கலவடுக்கொன்றையும் ஒழுங் காக்குந்தடையொன்றையும் அம்பியர்மானியொன்றையுங் கொண்டுள்ள சுற் றொன்றிலே 1 ஓம் சுருளானது சேர்க்கப்பட்டிருக்கும்போது சுற்றைச் சுற் றிக் குறித்தவொரு மின்னோட்டம் பாய்ந்து, 1 ஓம் சுருளின் முனைகளுக் கிடையே வரையறையான அழுத்தவித்தியாசமொன்று (இதனை V உவோற்று என்க) உண்டாகும். அழுத்தமானியொன்றை உபயோகித்து இந்த **அ.வி.** ஐ உவோற்றிலளக்கப்படும் நியமக்கலமொன்றின் **மி.இ.வி.** ஓடு ஒப்பிட்டு, V இன் பெறுமானத்தை உவோற்றிற் காணமுடியும். இதன்பின்பு ஓமின் விதியைப் பிரயோகித்து ($V/I = R$) மின்னோட்டம் I ஐ நேராக அம்பியரிற் காணலாம். சுற்றிலுள்ள அம்பியர்மானியின் அள வீட்டைப் பரிசோதிக்க இது உதவுகின்றது.

இந்த முறையின் தத்துவமானது மிகவும் வெளிப்படையானதாகும். ஆயினும், இதன் பல்வேறு இணைப்புகள் ஓரளவுக்குச் சிக்கலாக முயலுவதி னால், இந்த முறையானது உயர்தர மாணவருக்கே உரியதாகக் காணப்படும்.

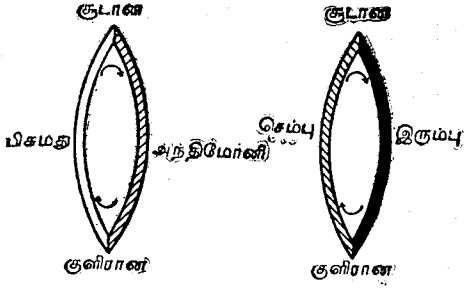
தடைகளின் ஒப்பீடு.—தொடர்நிலையில் ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட தடைகளி ரண்டினூடாக உறுதியான மின்னோட்டமொன்றைச் செலுத்தியபின், அவ் வீரு தடைகளினதும் முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசங்களை அழுத்தமானி முறையினால் ஒப்பிட்டுத் தடைகளிரண்டையும் ஒப்பிடலாம். இங்கும் இணைப்புக்கள் சிக்கலானவையேயாம். எளிமைகூடிய முறைகள் பின்பு விவரிக்கப்படும் (பக்கங்கள் 617–625, 632).

வெப்பமின்னியல்

வெப்பமின்னினைகள்.—வெவ்வேறான உலோகங்களிரண்டின் கம்பிகளைக் கொண்டு மூடிய சுற்றொன்று அமையும்போது ஒரு சந்தி மற்றதிலும் பார்க்க உயர்வுகூடிய வெப்பநிலையிலிருக்குமாயின், சுற்றிலே மின்னை இயக்கமுயலும் மின்னியக்கவிசையொன்று **(மி.இ.வி.)** உண்டாக்கப்படும். இந்த வெப்பமின் அல்லது **சீபெக்கு (Seebeck)** விளைவிலேயுள்ள மின் சத்தியானது வெப்பமாற்றத்திலிருந்து பெறப்படும். சந்திகளினிடையேயுள்ள வெப்பநிலை வித்தியாசத்திலும், மெய்யான வெப்பநிலைகளிலுமே **மி.இ.வி.** ஆனது தங்கியுள்ளது.

வெப்பவினையிலுள்ள உலோகங்களிரண்டும் அந்திமனியும் பிசுமதுமா யிருக்கும்போது **மி.இ.வி.** ஆனது ஒப்பிட்டுப்பார்க்கும்போது பெரிதாயிருக் கும். **வெப்பவடுக்கு** ஒன்றை அமைக்கும்போது இவை பெரும்பாலும் உபயோகமாகும். உருவம் 241 B இற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோல, மின்னோட்ட

மானது குளிர்ந்த சந்தி (C) இனூடாக அந்திமனி (A) இலிருந்து பிசுமது (B) இற்குப் பாயும். எமது இப்போதைய தேவைக்காக இரும்பையுஞ் செம்பையுங்கொண்ட வெப்பவிணையொன்றை உபயோகிப்பது வசதிகூடியதாயிருக்கும். சந்திகளின் வெப்பநிலைகள் வளிமண்டலவெப்பநிலைகளிலிருந்து பெரிதும் வேறுபடாதிருப்பனவாயின் வெப்பமின்னோட்டமானது குளிர்ந்த சந்தியினூடாக இரும்பிலிருந்து செம்புக்குப் பாயும். இந்த வெப்பநிலையானது பனிக்கட்டி நிலையாயிருப்பது வசதியாயிருக்குமாதலின், **பனிக்கட்டியை** ஒரு ஞாபக சூத்திரமாக உபயோகிக்கலாம். குளிர்ந்த சந்தியை உடைந்த பனிக்கட்டியினதும் நீரினதுங் கலவையிலே அமிழ்த்தி அதனை 0°C இல் வைத்துக் கொள்ளலாம். பொருத்தமான தொட்டி அல்லது உலையொன்றை உபயோகித்து வெப்பச்சந்தியின் வெப்ப நிலையானது செப்பஞ்செய்யப்படலாம். தாழ்ந்த தடைக்கல்வனோமானியொன்றின் முடிவிடங்களோடு செப்புக்கம்பிகளிரண்டை இணைத்து முனைகளை இரும்புக்கம்பியொன்றினோடு தொடுத்து, மதுசாரவிளக்கொன்றினுற் சந்தியொன்றை வெப்பமாக்கத் திரும்பலானது உயர்வுப்பெறுமானமொன்றிற்கு அதிகரித்துக் கடைசியாகப் பூச்சியமாகக் குறையுமென இலேசாகக் காட்டமுடியும். **மி. இ. வி.** ஆனது உயர்வாயுள்ள வெப்பநிலையானது **நடுநிலை வெப்பநிலை** எனப்படும். செம்பு—இரும்பு இணைக்கு இது ஏறத்தாழ 290° C ஆகும். செம்பு—இரும்பு வெப்பவிணைக்குரிய உயர்வு **மி.இ.வி.** ஆனது ஏறத்தாழ 1·5 மில்லியுவோற்றாகும்.



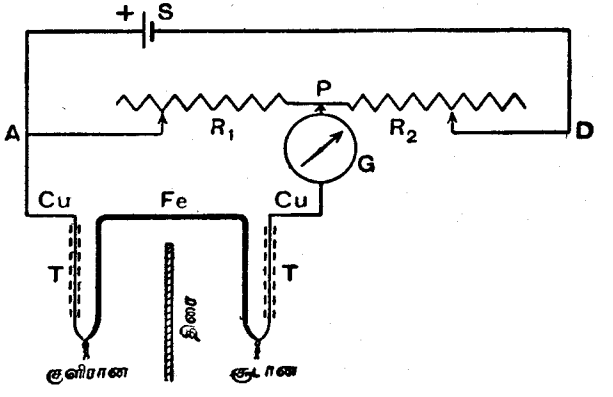
உருவம் 241B. வெப்பமின்னிணைகள்

பரிசோதனை 231A. செம்பு—இரும்பு வெப்பவிணையொன்றின் மி.இ.வி. ஐயளத்தல்.—உருவம் 241C இற் காட்டியபடி, தொடர்நிலையிலுள்ள R_1, R_2 ஆகிய தடைப்பெட்டிகளிரண்டைக் கொண்ட **இரலேயின்** அழுத்தமானிமுறையை உபயோகிக்க.

மி.இ.வி. ஆனது மில்லியுவோற்றொன்றின் படியிலுள்ளதாதலின், நாகச்சல்பேற்றின் நிரம்பிய கரைசலிலே தோய்ந்துள்ள இரசப்பூச்சிடப்பட்ட நாகத்தட்டைக்கொண்ட தானியற்கலமொன்றை மாறுமுதலிடம் S ஆக உபயோகிக்க. **மி.இ.வி.** ஆனது ஏறத்தாழ 1·07 உவோற்றாகும். R_1, R_2 களின் கூட்டுத்தொகை மாறிலியாக 10,700 ஓமிற்குச் சமமாகுமாயின்,

மின்னோட்டமானது E/10,700 அல்லது 1/10 மில்லியம்பியராகும். எனவே 1 ஓமின் குறுக்கே அழுத்தவீழ்ச்சியானது 1/10 மில்லியுவோற்றாகும். $R_1 + R_2$ இனூடு ஒப்பிடப்படும்போது மின்கலத்தின் உட்டடையானது நிராகரிக்கப்படலாமெனக் கொள்ளப்பட்டது.

R_2 இற்காக, 11,100 முழுத்தொகையைக் கொடுக்கும் 1 தொடக்கம் 5,000 ஓம் வரையுள்ள வீச்சிலே சுருள்கள் இருப்பதினால், அஞ்சற்பெட்டி



உருவம் 241C. வெப்பவிணையின் மி.இ.வி.

யொன்றின் தொடர்நிலையிலுள்ள தடைச்சுருள்கள் உபயோகிக்கப்படலாம். R_1 இற்காக, 1 தொடக்கம் 50 ஓம் வரையிலுள்ள 8 சுருள்களைக்கொண்ட தடைப்பெட்டியொன்று போதியதாகும். கூடுமானால், தசம ஓம்பெட்டிகள் இதனோடு சேர்த்து உபயோகிக்கப்படலாம்.

இரண்டு சந்திகளிலும் இரும்புக்கம்பித் (Fe) துண்டொன்றின் முனைகள் செப்புக்கம்பியின் (Cu) இரு துண்டுகளினோடு முறுக்கப்பட்டேனும் பற்றுசு பிடித்தொட்டப்பட்டேனும் இணைக்கப்படும். ஒடுங்கிய கண்ணுடிக் குழாய்களைக் கொண்டேனும் மணிகள் TT களைக் கொண்டேனும் தற்செயலான தொடுகைகள் தடுக்கப்படும். ஒரு சந்தி உருகும் பனிக்கட்டியிலே 0°C இல் வைக்கப்படும். மற்றது அதற்கேற்ற தொட்டியில் வெப்பமாக்கப்படும். எளிய பரிசோதனையொன்றிற்கு 100° C இற்கு மண்தொட்டியொன்றில் வைத்து வெப்பமாக்கப்படக்கூடிய நீர்முகவையொன்றை உபயோகிப்பது போதியதாகும். குளிர்ந்த சந்தியினூடாக இரும்பிலிருந்து செம்புக்கு **மி.இ.வி.** ஆனது தாக்குமாதலின், தானியற்கலத்தின் நேர்த்தட்டாகிய செப்புத்தட்டானது இணைக்கப்பட்டுள்ள அழுத்தமானியின் புள்ளி A இனூடு குளிர்ந்த சந்தியிலிருந்து செப்புக்கம்பியை இணைப்பதைப்பற்றிக் கவனமாயிருத்தல்வேண்டும். குளிர்ந்த சந்தியை 0°C இலும் மற்றச்சந்தியை

ஏறத்தாழ அறையின் வெப்பநிலையாகிய குளிர்ந்த நீரிலும் வைத்துக் கொண்டு பரிசோதனையை ஆரம்பிக்க. கல்வனோமானியிலே திரும்பலற்றி ருக்கத் தேவையான R_1 இன் பெறுமானத்தைக் காண்க. இதனைச் செய்யும்போது, R_1 இலிருந்து செருகியொன்றையகற்றும்போது R_2 இலே ஒத்த செருகியொன்றைச் செலுத்துதல் வேண்டுமென்பதை ஞாபகத்தில் வைத்துக்கொள்க. நீரை ஆறுதலாக வெப்பமாக்கிக்கொண்டு ஏறத்தாழ 10° இடைகளிலே உறுதியான பல்வேறு வெப்பநிலைகளில் அவதானங் களின் தொடரொன்றையெடுக்க. நீரானது குளிர்ந்துகொண்டு போகும் போதும் மேலதிக அளவீடுகள் எடுக்கப்படலாம். **மி.இ.வி.** ஐ மைக்ரோவு வோற்றிற் குறித்து விளைவுகளை அட்டவணைப்படுத்துக.

உயர்வுகூடிய வெப்பநிலைகளிற் பரிசோதனை செய்யும் விவரங்களைப் பற்றியும், வேறு வெப்பவினைகளை உபயோகிப்பதைப்பற்றியும் அறியவேண்டு மாயின், **அலன்மாட்சுவெல்லரின்** (Allen & Maxwell) வெப்பவியலைப் பற்றிய நூலின் முதலாம் பாகம், 62–65 ஆம் பக்கங்களைப் பார்க்க.

அத்தியாயம் 5

தடையளவீடு

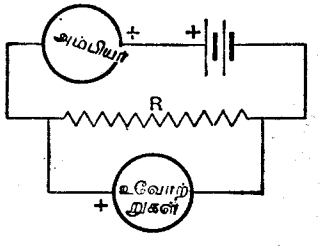
1. ஓமின் விதி

நீளமான[1] கடத்தியொன்றிலே புள்ளிகளிரண்டு எடுக்கப்படுமாயின் அக் கடத்தியினூடாகப் பாயும் மின்னோட்டம் I இற்கு, அப்புள்ளிகளினிடையே யுள்ள அழுத்தவித்தியாசம் E இன் விகிதமானது ஒரு மாறிலியாகுமென **ஓமின் விதி** கூறுகின்றது. மாறு விகிதமாகிய E/I ஆனது கடத்தியின் **தடை** R எனப்படும். R இன் தலைகீழ்ப்பின்னமானது **கடத்துதிறன்** எனப்படும்.

தடையுபகரணம் என்பது தடையைப் பெற்றிருக்குங் காரணத்தினால் உபயோகிக்கப்படும் ஆய்கருவியாகும்.

தடையை அளத்தற்குரிய ஆக நேரான முறையானது அழுத்தவித்தி யாசத்தையும் மின்னோட்டத்தையும் அளப்பதேயாம். அழுத்தவித்தியாச மானது உவோற்றுமானியொன்றைக்கொண்டு உவோற்றிலும், மின்னோட் டத்தின் திறனானது அம்பியர்மானி யொன்றைக் கொண்டு அம்பியரிலும் அளக்கப்படுமாயின், தடையானது ஒமிற் பெறப்படும்.

அம்பியர்மானியானது அளக்கப்படுந் தடையினோடு **தொடர்நிலையிலும்,** உவோற்றுமானியானது இயங்குசுருட்கருவியொன்றினோடு உவோற்றுமானி யின் சுருளானது தடையினோடு **சமாந்தரநிலையிலும்** இருக்குமாறு இணைக் கப்பட்டுள்ளனவென்பதைக் கவனமாய் அவதானிக்க. அம்பியர்மானியி லும் உவோற்றுமானியிலும் + குறியையுடைய முடிவிடங்கள் மின்கல வடுக்கின் + முனைவினோடு இணைக்கப்பட்டி ருத்தல் வேண்டும். இந்த முறையிலே கடத் தியின் தடையானது மின்னோட்டமொன்று அதனூடாகப் பாயும்போதே அளக்கப்படும். ஆகவே, மற்றமுறைகள் பிரயோகிக்கப்பட முடியாத சந்தர்ப்பங்களிலேயே இந்த முறை யானது பிரயோகிக்கப்படும். உதாரணமாக, ஒளிர்ந்து கொண்டிருக்கும்போதே வெள் ளொளிர்வுள்ள மின் விளக்கொன்றின் தடையை இந்த முறையைக்கொண்டு அளக் கலாம் (பரிசோதனை 247, பக்கம் 663).



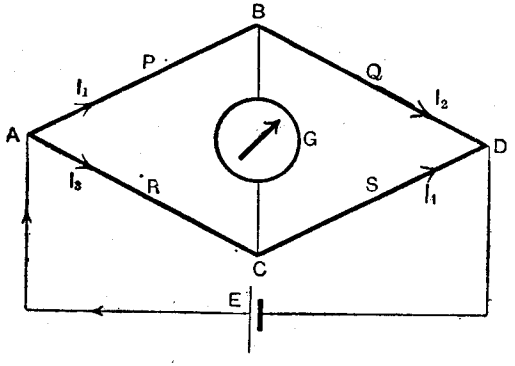
உருவம் 242. அம்பியர்மானியையும் உவோற்றுமானியையுங்கொண்டு தடையையளத்தல்

[1]நீளமான கடத்தி என்பதனால் மெல்லிய கம்பியொன்றைப்போன்ற கோட்டுருவத்திலுள்ள கடத்தியே கருதப்படும். E இற்கும் I இற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பைக்காட்டும் வரைப்படம் ஒரு நேர் கோடாகும். அதாவது, **ஓமின் விதி** சரியாயிருக்குமாயின் நேர்கோட்டுவரைப் படத்தைப் பெறுவோம்.

பல சந்தர்ப்பங்களிலே மிக்க வசதியானதெனினும் இது ஒரு பருமட்டான முறையேயாகும். அம்பியர்மானியினதும் உவோற்றுமானியினதும் அவதானிக்கப்பட்ட திரும்பல்களிலே இது தங்கியுள்ளதாதலின் தடையையளத்தற்குரிய பூச்சிய முறையொன்றைப்போல அவ்வளவு திருத்தமானதன்று. அம்பியர்மானியும் உவோற்றுமானியும் அளவுதிருத்தப்படாதனவாயின், அளவுக்குறிப்பின் வழுக்களின் காரணத்தினால் விளையும் வழுவுடையதாயிருத்தல் கூடும்.

2. உவீத்தன் பாலம் (Wheatstone's Bridge)

உவீத்தன் பாலம் என்னும் ஒழுங்கைக் கொண்டு தடைகளின் ஒப்பீடு வசதியாகச் செய்யப்படலாம். நாற்கோணம் **ABDC** இன் நான்கு பக்கங்களாக அமையுமாறு ஒழுங்கு செய்யப்பட்டுள்ள நான்கு தடைகள் **P, Q, R, S** களை இது கொண்டதாகும். **A, D** ஆகிய இரண்டு மூலைகளும் மின்கலமொன்றின் முடிவிடங்களோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளனவாயின், A இனூட் செல்லும் மின்னோட்டமானது பிரிந்து ஒரு பாகம் **ABD** இனூடாகவும் மற்றப்பாகம் **ACD** இனூடாகவும் பாயும். **ABD** இன் நேராகச் செல்லும் போதும் **ACD** இன் நேராகச் செல்லும்போதும் அழுத்த வீழ்ச்சியொன்றிருக்கும். **P, Q, R, S** தடைகளைச் சரியாகச் செப்பஞ்செய்து புள்ளி **B** இலுள்ள அழுத்தத்தை **C** இலுள்ள அழுத்தத்தின் பெறுமானத்தையுடையதாக்கலாம். இவ்வாறிருக்கும்போது **B, C** புள்ளிகளோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள கல்வனோமானி யொன்றினூடு மின்னோட்ட மெதுவும் பாயாது. இவ்வாறிருப்பதற்கு நான்கு புயங்களிலுமுள்ள தடைகளுக்கிடையேயுள்ள நிபந்தனையை இப்போது காண்போமாக.



உருவம். 243.—உவீத்தன் பாலத்தின் தத்துவம்.

P, Q, R, S புயங்களினூடு பாயும் மின்னோட்டங்களை முறையே I_1, I_2, I_3, I_4 எனவும், **A, B, C, D** புள்ளிகளிலுள்ள அழுத்தங்களை முறையே V_A, V_B, V_C, V_D, எனவுங்கொள்க. பொதுத்தன்மைக்காக **முதலிலே** $I_1 = I_2$ எனவும், $I_3 = I_4$ எனவுங் கொள்ளல் கூடாது.

பாலத்தின் ஒவ்வொரு கிளைக்கும் அல்லது புயத்துக்கும் முறையே **ஓமின்** விதியைப் பிரயோகிக்க, $V_A - V_B$ ஆனது **A** இற்கும் **B** இற்குமிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஆதலின்,

$$V_A - V_B = I_1P \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$
$$V_A - V_C = I_3R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$
$$V_B - V_D = I_2Q \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$
$$V_C - V_D = I_4S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

எனப் பெறுகின்றோம். ஆனால், பாலமானது சமநிலையடையும்போது $V_B = V_C$ ஆகுமாதலின், சமன்பாடு (1) இன் இடதுபக்கம் சமன்பாடு (2) இன் இடதுபக்கத்திற்குச் சர்வசமனாகும். எனவே, வலப்பக்கங்கள் சமமாயிருக்க வேண்டுமாதலின்,

$$I_1P = I_3R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

இதனைப்போலவே, (3) இலும் (4) இலுமிருந்து

$$I_2Q = I_4S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

(5) ஐ (6) இனால் வகுக்க

$$\frac{I_1P}{I_2Q} = \frac{I_3R}{I_4S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

ஆனால், **BC** இன் நேரே மின்னோட்டம் பாயாதிருப்பின், $I_1 = I_2$ எனவும் $I_3 = I_4$ எனவும் பெறுகின்றோம். எனவே, சமன்பாடு (7) ஆனது,

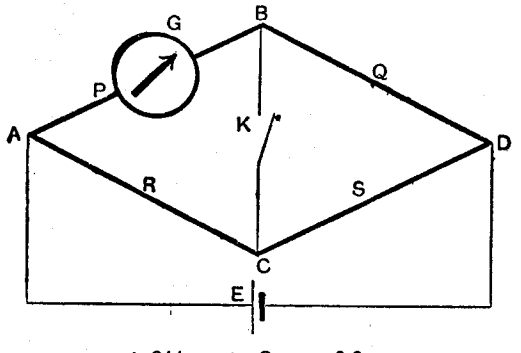
$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

எனச் சுருங்கும். கல்வனோமானியினூடு மின்னோட்டம் பாயாதிருக்க இந்த நிபந்தனை சரியாயிருக்கும் போது **பாலஞ் சமநிலையிலிருக்கின்றது** என்போம்.

இணைக்கடத்திகளின் இயல்புகள்—மின்கலவடுக்கானது **B** ஐயும் **C** ஐயும் இணைக்கும் புயத்திலும் கல்வனோமானியானது **A** ஐயும் **D** ஐயும் இணைக்கும் புயத்திலும் வைக்கப்படுமாயின், கல்வனோமானியினூடாக மின்னோட்டம் பாயாதிருக்கச் சரியாய் அதே நிபந்தனையே தேவையானதாகும். அப்போது புயங்கள் **AD** உம் **BC** உம் பாலத்தின் **இணை**ப்புயங்கள் எனப்படும். கடத்திகளின் வலைவேலையொன்றிலுள்ள இரு புயங்களுளொன்றிலுள்ள மின்னோட்டமானது மற்றதின் **மி.இ.வி.** இலே தங்காதிருப்பின் அவ்விருபுயங்களும் இணைப்புயங்களெனப்படும். **BC, AD** புயங்களுளொன்றிலுமுள்ள கலமொன்று மற்றப்புயத்தினூடு மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தாதாதலின், **BC** உம் **AD** உம் வலைவேலையின் இணைப்புயங்களாம். **BC** உம் **AD** உம் இணைப்புயங்களாவதன் நிபந்தனை $P/Q = R/S$ என்பதாகும்.

கம்பியொன்றின் தடையைத் தீர்மானித்தல்.—தடைகளிரண்டின விகிதத்தையும் (இதனை S இற்கு R எனக் கொள்க), மூன்றாவது தடையாகிய Q இன் மெய்யான பெறுமானத்தையும் அறிவோமாயின், B உம் C உம் ஒரேயழுத்தத்திலிருக்கும்போது நான்காவது தடை P ஐத் தீர்மானிக்கலாமெனச் சமன்பாடு (8) காட்டுகின்றது. இதனைப்போலவே, Q இற்கு P இன் விகிதத்தையும் R இன் மெய்யான பெறுமானத்தையும் அறிவோமாயின், S இன் பெறுமானத்தைக் காணமுடியும்.

கல்வனோமானியொன்றின் தடையைத் தீர்மானித்தல்—தொம்சனின் முறை அல்லது கெல்வினின் முறை.—கல்வனோமானியொன்றின் தடையானது உவீத்தன்பாலத்தைக்கொண்டு காணப்படலாம். கல்வனோமானியானது புயம் AB இல் இணைக்கப்படும். இப்போது கல்வனோமானி G இன் தடையானது P இற்குச் சமமாயிருக்கும். AB இன் நேரே மாறுமின்னோட்டமொன்று பாய்கின்றதாதலின், கல்வனோமானியிலே உறுதியான திரும்பலொன்று உண்டாக்கப்படும். P/Q = R/S ஆகுமாறு தடைகள் தொடர்புடையனவாயிருப்பின், B உம் C உம் ஒரேயழுத்தத்திலிருக்கும், B ஐயும் C ஐயும் இணைக்கும்போது BC இனூடாக மின்னோட்டம் பாயாது.



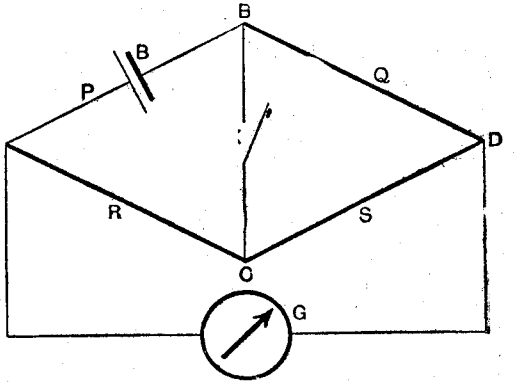
உருவம் 244. கல்வனோமானியின் தடை

P/Q = R/S என்ற நிபந்தனை பூரணப்படாதிருக்குமாயின், இப்புள்ளிகள் இணைக்கப்படும்போது BC இன் நேரே சிறிது மின்னோட்டம் பாயும். எனவே, வலைவேலையின் எஞ்சிய பாகத்தினூடு மின்னோட்டத்தின் பரவல் மாறுபடும். ஆகவே, கல்வனோமானியிலுள்ள மின்னோட்டம் மாறும். எனவே B உம் C உம் ஒரேயழுத்தத்தில் இருந்தாலன்றி B உம் C உம் இணைக்கப்படும்போது கல்வனோமானித்திரும்பல் மாற்றமடையும். BC இன் நேரே பாய்கின்ற மின்னோட்டத்திலேயே மாற்றத்தின் அளவு தங்கியுள்ளதாதலின், உணர்திறனை உறுதியாக்குவதற்கு BC தடையானது கூடியவளவு சிறிதாக்கப்படுதல் வேண்டும். இதற்காகச் செப்புக்கம்பியின் சிறிய துண்டொன்று உபயோகிக்கப்படுதல் வழக்கம்.

B ஐயும் C ஐயும் இணைக்கும்போது கல்வனோமானியின் உறுதியான திரும்பல் மாறுதிருக்தமட்டும் தடைகள் செப்பஞ் செய்யப்படும். அப்போது சமமாயிருக்குந் தொடர்பு G/Q = R/S இலிருந்து G (= P) கணிக்கப்படும்.

மின்கலமொன்றின் உட்டடையைத் தீர்மானித்தல் — மாஞ்சின்முறை (Mance).—கலத்தின் தடையானது B ஆயிருக்கும்போது கலமொன்று புயம் AB இலே வைக்கப்பட்டுள்ளதெனக் கொள்க. அப்போது B/Q = R/S ஆகுமெனின், BC, AD புயங்கள் வலை அமைப்பின் இணைப்புயங்களாகும். புயம் BC இலே செலுத்தப்பட்ட எந்த மி.இ.வி.உம் AD இலுள்ள மின்னோட்டத்தைத் தாக்காது.

AB இலுள்ள மி.இ.வி. இன் பயனுகப் புயம் AD இனூடு உறுதியான மின்னோட்டமொன்று பாயும். ஆகவே, கல்வனோமானியானது உறுதியாகத் திரும்பியிருக்கும். B/Q = R/S என்னும் நிபந்தனையானது சரியாயிருக்குமாயின், புயம் BC இலே செலுத்தப்படும் எந்த மி.இ.வி. இனலும் இத்திரும்பல் தாக்கப்படமாட்டாது. எனவே, புயம் BC இலே மி.இ.வி. ஒன்றைச் செலுத்தி இத்தொடர்பானது சரியோவெனப் பரிசோதிக்கலாம். புள்ளிகள் B, C களின் குறுக்கே மின்கலமொன்றை இணைத்து இதனைச் செய்யலாம்.



உருவம் 245. மின்கலவடுக்கின் தடை.

புயம் BC இற் செலுத்தப்படும் மி.இ.வி. இன் அளவானது, பரிசோதனையின் உணர்திறனைத் தாக்கக்கூடிய அளவுக்கு இருக்கவேண்டுமே தவிர, எப்படியுமிருக்கலாம். சிறிய மி.இ.வி. ஐயும் மிகக்குறைந்த தடையையுமுடைய கலமொன்றைச் செலுத்துவது, பெரிய மி.இ.வி. ஐயும் பெரிய தடையையுமுடைய கலமொன்றைப்போலவே பரிசோதனைக்கு உணர்திறனைக் கொடுக்குமெனக் காட்டப்படலாம்[1]. புயம் BC இலே நுண்ணளவான மி.இ.வி. ஐயும் மிகக்குறைந்த தடையையுங்கொண்ட இலட்சியக்கலமொன்று வைக்கப்படுமாயின், B, C புள்ளிகளைச் செப்புக்கம்பியொன்றினூலும் தாழ்ந்த தடையையுடைய சாவியினூலும் இணைப்பதற்கு இது சமமாகுமெனக் கற்பனைசெய்து கொள்ளலாம்.

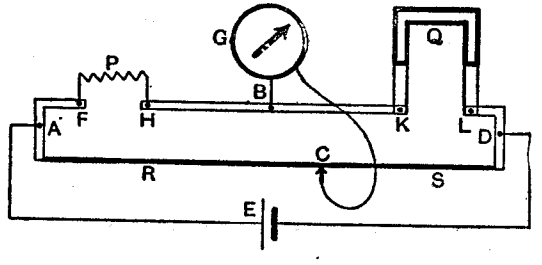
[1]கேச்சோவின் (Kirchhoff's) விதிகளிலே (பக்கம் 645) தங்கிய நீண்ட நிறுவலானது இங்கு கொடுக்கப்படமுடியாது.

செய்முறையிலே, தடைகளின் செப்பஞ்செய்கையில் எவ்வித வழுக்களையுங் கண்டுபிடித்தற்குரிய திருப்தியான முறையொன்றை இது கொடுக்கும். B ஐயும் C ஐயும் செப்புக்கம்பியொன்றைக் கொண்டு இணைக்கும்போது கல்வனோமானித் திரும்பலில் மாற்றமுண்டாகாதிருக்குமாயின் $B/Q = R/S$ என்னுந் தொடர்பு சரியாயிருக்கும்.

வழுக்கிக்கம்பிப்பாலம்

வழுக்கிக்கம்பிப்பாலமெனப்படும் ஆய்கருவியை உபயோகித்து உவீத்தன் பாலத்தின் முறையானது பிரயோகிக்கப்படலாம். பிரயோகிக்கப்படுங் கம்பியானது பெரும்பாலும் ஒரு மீற்றர் நீளமுடையதாதலின் இதுவும் பெரும்பாலும் மீற்றர்ப்பாலம்[1] எனப்படும்.

அடிப்பலகையொன்றிலே புள்ளிகள் A, D களுக்கிடையே நீண்ட ஒருசீரான கம்பியொன்று ஈர்க்கப்பட்டிருக்கும். நிராகரிக்கப்படக்கூடிய தடையையுடைய தடித்த செப்புக்கீலங்களைக் கொண்டு முனைகள் F, L முடிவிடங்களோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். HK என்பது H, B, K களிலே முடிவிடங்களைக் கொண்டுள்ள வேறொரு தடித்த செப்புக்கீலமாகும். தெரியாத்தடையாகிய P ஆனது முடிவிடங்கள் F, H களுக்கிடையேயுள்ள வெளியிற் சுற்றை முற்றுக்குமாறு அம் முடிவிடங்களோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருத்தமான அளவையுடைய தெரிந்த தடையொன்று (அதாவது, P இலிருந்து அவ்வளவு வித்தியாசப்படாதது) முடிவிடங்கள் K, L களிலேடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இத் தொடுப்புக்களைச் செய்யும்போது மேலதிகமான தெரியாத்தடைகளைச் செலுத்தாவண்ணம் குறுகிய தடித்த கம்பிகள் அல்லது தட்டையான செப்புக்கீலங்கள் உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும். வழுக்கிக்கம்பியிலே விரும்பிய எந்தப் புள்ளியினுந் தொடுகையுண்டாக்குமாறு இயக்குஞ்சாவியொன்று அடிப்பலகையிலே வழுக்கிச்செல்லக் கூடியதாயிருக்கும். நீலையான அளவுச்சட்டமொன்றிலே அதன் நிலையானது அளவிடப்படலாம். வழுக்கிக்கம்பியானது இயங்குஞ் சாவியினூற் பிரிக்கப்படும் பாகங்களிரண்டுமே பாலத்தின் "விகிதப் புயங்களாகும்".



உருவம் 246. வழுக்கிக்கம்பிப்பாலம்

[1] எற்கனவே குறிப்பிடப்பட்டதுபோல உவீத்தன் பாலத்தத்துவமானது அழுத்தமானியின் தத்துவத்திலேடு சர்வசமமானதன்று. ஆயினும் இரண்டும் ஓமின் விதியிலேயே தங்கியுள்ளன. உருவங்கள் 236, 246 ஐ ஒப்பிடுக.

அளவெடுக்கப்படும்போது மின்கலமானது A, D முனைமுடிவிடங்களோடு இணைக்கப்படும். அவதானம் எடுக்கப்படாதபோது மின்னோட்டத்தை நிறுத்துமாறு சுற்றின் இப்பகுதியிலே சாவியொன்று சேர்க்கப்படும். மத்தியமுடிவிடம் B இலேடும் இயங்குந்தொடுகை C இலேடுங் கல்வனோமானியொன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளது. நிலையில்லாத அல்லது காட்டிக் கல்வனோமானியொன்று ஆரம்ப வேலையிலே பெரும்பாலும் உபயோகிக்கப்படும். கல்வனோமானியுசியானது திரும்பலற்றிருக்க வழுக்கிக்கம்பியிலேடு தொடுகையுண்டாதும் புள்ளியைக் காண்பதே செய்கையின் நோக்கமாகும். முதலில் வழுக்கிக்கம்பியின் ஒரு முனையினண்மையிலும் அதன் பின்பு மற்ற முனையினண்மையிலுந் தொடுகையுண்டாகும்போது ஊசியானது இயங்குந்திசையை அவதானித்துத் தொடங்குதல் சிறந்ததாகும். இத்திரும்பல்கள் எதிர்த்திசையிலிருப்பின் தேடிய புள்ளியானது அவற்றினிடையே எங்காவது இருத்தல்கூடும். இரண்டு சந்தர்ப்பங்களிலுந் திரும்பல்கள் ஒரே திசையிலிருப்பின் தடைகளுளொன்றுகிய P அல்லது Q மற்றதிலும் பார்க்க மிகப் பெரிதாகவேனும் அல்லது ஆய்கருவியின் எப்பாகத்திலாவது வழுவான தொடுப்பொன்றிலிருக்கக்கூடுமெனவேனும் இருக்கலாமெனக் குறிக்கும். P உம் Q உம் அளவின் ஒரேபடியிலாவது இருந்தாலன்றி திருத்தமுள்ள விளைவொன்றைப் பெறமுடியாது. பொருத்தமான பெறுமானங்கள் தெரியப்பட்டுள்ளனவெனக் கொள்வோமாயின், திரும்பலற்ற நிலைக்குரிய வழுக்கிக்கம்பியிலுள்ள புள்ளியானது கம்பியின் மத்திய பாகத்திலெங்காவது காணப்படும். எல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் "நடுநிலைப் புள்ளியானது" கம்பியின் "மூன்றுவது" மத்திய பாகத்திலிருத்தல் வேண்டும்.

ஊசியின் திரும்பலை அதிகரிப்பதெவ்வாறென்றும் குறைப்பதெவ்வாறென்றும் அறிவதினால் அதிக நேரத்தை வீணாக்காது தவிர்த்துக் கொள்ளலாம். வழுக்கிக்கம்பியின் ஒரு முனையினண்மையிற்றொடுகையுண்டாகும்போது திரும்பலானது வலஞ்சுழியாயுள்ளதெனக் கொள்க. எனின், ஆடலை அதிகரிக்கச் செய்ய வேண்டுமாயின் ஊசியானது வலஞ்சுழியாக ஆடும்போதெல்லாம் தொடுகையை உண்டாக்குதல் வேண்டும். எதிர்த்திசையிலே ஊசியானது ஆடும்போது தொடுகையை அறுத்துவிடல்வேண்டும். ஆடலைக் குறைத்து ஊசியை ஒய்வு நிலைக்குக் கொண்டுவர வேண்டுமாயின், ஊசியானது இடஞ்சுழியாக ஆடிக்கொண்டிருக்கும்போது தொடுகையை உண்டாக்கல்வேண்டும். வலஞ்சுழியாக ஊசியானது ஆடும்போது தொடுகையை அறுத்துவிடுதல் வேண்டும்.

வழுக்கிக்கம்பியிலே திரும்பலற்ற நிலையினோடொத்த புள்ளியைக் கூடிய வளவு திருத்தமாகத் தீர்மானித்தபின் தூரங்கள் $AC = l_1$, $CD = l_2$ அளக்கப்படுதல் வேண்டும்.

இப்போது $P/Q = R/S$, $R/S = l_1/l_2$ ஆதலின், கம்பியை ஒருசீரான தெனக் கொள்வோமாயின், $P/Q = l_1/l_2$ எனக் காண்கிறோம்.

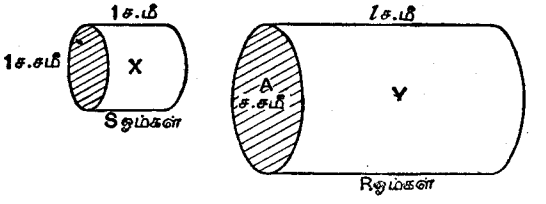
எனவே, கடைசியாக $P = Q \times \frac{l_1}{l_2}$.

பரிசோதனை 232A. (அ) தனியாக, (ஆ) தொடர்நிலையில், (இ) சமாந்தரநிலையில், தடைகளை அளத்தல்—இப்பரிசோதனைக்காகப் பிளாற்றினப்போலி அல்லது மங்கனின் தடைக்கம்பித் துண்டுகள் உபயோகிக்கப் படலாம். ஆனாலும் 254 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளனபோன்ற தடைச்சுருள்களை உபயோகிப்பது வசதியாயிருக்கும். இத்தடையுபகரணங்கள் சிறப்பாக ஏதாவது எழுத்தொன்றைக்கொண்டு குறிக்கப்படுதல்வேண்டும். பருமட்டான அளவொன்றிலென்றி எந்தத்தடையின் பெறுமானமும் ஏறத்தாழ 1 ஓமாகிய வழுக்கிக்கம்பியின் தடையிலிருந்து அதிகமாக வேறுபடுதல் கூடாது. இத்தடையுபகரணங்களிலொன்று (இதனை A எனக்கொள்க) தெரிந்தெடுக்கப்பட்டு 246 ஆம் உருவத்திலே P எனவெடுக்கப்பட்டுள்ளது. தெரிந்த தடையாகிய Q என்பது சிறிய தடைப்பெட்டியாகவேனும் தசம ஓம்பெட்டியாகவேனும் இருக்கலாம். சுத்தமான செருகிகள் செலுத்தப் பட்டுச் சிறிய திருகலியக்கத்திலேயே கவனமாக எடுக்கப்படுதல் வேண்டும். தடையுபகரணங்களுக்கும் பாலத்திற்குமிடையேயுள்ள தொடுப்புகள் தடித்த கம்பிகளைக் கொண்டேனும் சுத்தமான முனைகளையுடைய கீலங்களைக்கொண்டேனுஞ் செய்யப்படுதல்வேண்டும். தானியற்கலமொன்றேனும் ஈரமில்கல மொன்றேனும் பொருத்தமாயிருக்கும். மற்றெல்லாத் தொடுப்புக்களையுஞ் சரிபார்த்த பின்பு இதனை இணைத்தல் வேண்டும். நடுநிலைப்புள்ளியைக் கண்டு, மேலே விவரிக்கப்பட்டவாறு A இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க. இதன்பின்பு தெரிந்த தடையுபகரணத்தையும் தெரியாத்தடையுபகரணத் தையும் இடமாற்றி A இன் தடையினது புதிய தீர்மானமொன்றை எடுக்க. பெறப்பட்ட விளைவுகளின் சராசரியை எடுக்க. இதேமாதிரியாக B இனதும் C இனதும் தடைகளின் சராசரிப் பெறுமானங்களைக் காண்க. அடுத்தபடி யாக, (ஆ) தொடர்நிலையிலும், (இ) சமாந்தரநிலையிலும், தடையுபகரணங் களின் எந்தச்சோடியினதுந் தடைகளைக்கண்டு அறிமுறையிற் கணிக்கப் பட்டுள்ள விளைவுகளோடு ஒப்பிடுக (பக்கங்கள் 584–5). விளைவுகளை அட்ட வணைப்படுத்துக.

தடைத்திறன் அல்லது தற்றடை

1 ச.மீ. நீளத்தையும், 1 ச.ச.மீ. வெட்டுமுகப்பரப்பையுமுடைய கம்பி யொன்றின் தடையானது கம்பித்திரவியத்தின் **தடைத்திறன்** அல்லது **தற்றடை** எனப்படும். **கடத்து திறன்** என்பது இதன் தலைகீழ்ப்பின்னமாகும்.

X என்பது 1 ச.மீ. நீளமும் 1 ச.ச.மீ. வெட்டுமுகப்பரப்புமுடைய ஒரு கம்பியெனக்கொள்க. வெட்டுமுகத்தின் உருவம் எவ்வாறுமிருக்கலாம். இக்கம்பியின் தடையை S ஓமெனக் கொள்க. Y என்பது l ச.மீ. நீளத்தை



உருவம் 247. தற்றடை

யும் A ச.ச.மீ. வெட்டுமுகப்பரப்பையுமுடைய அதேதிரவியத்தின் இரண்டா வது கம்பியெனக் கொள்க. இதன் தடையை R ஓமெனவுங் கொள்க. கம்பியின் தடையானது அதன் நீளத்திலேயே நேரான விகிதசமமாகுமாத லாலும், Y இன் நீளம் X இன் நீளத்தின் l மடங்காகுமாதலாலும், Y இன் தடையானது அதன் நீள வித்தியாசத்தின் பயனாக X இனதிலும் l மடங் காகும். இன்னும், கம்பியொன்றின் தடையானது வெட்டுமுகப்பரப்பிற்கு நேர்மாறான விகிதசமமாயிருக்கும். எனவே, Y இன் வெட்டுமுகப்பர ப்பானது X இனதிலும் A மடங்காகுமாதலின், Y இன் தடையானது வெட்டு முக வித்தியாசத்தின் பயனாக, X இனதிலும் $1/A$ மடங்காகும்.

எனவே, $R = \frac{lS}{A}$, அல்லது $S = \frac{RA}{l}$.

ஆதலின், R, A, l களை நாம் அளக்கக்கூடுமாயின், திரவியத்தின் தடைத் திறனாகிய S ஐத் தீர்மானிக்கமுடியும். தடைத்திறனானது வெட்டுமுகவல கொன்றையுடைய கம்பியொன்றின் நீளவலகிற்குரிய, ஒமிற் குறிக்கப்படும். தடைத்திறனின் பரிமாணங்கள் ஓம் × ச.மீ. என்பதைக் கவனமாய் அவ தானிக்க.

பரிசோதனை 232 B. வழுக்கிக்கம்பிப்பாலமொன்றை உபயோகித்துக் கம்பி யொன்றின் தற்றடையைத் தீர்மானித்தல்—தடைத்திறனை அளக்கவேண்டு மாயின் ஏறத்தாழ ஒரு மீற்றர் நீளமுடையதும் முறுக்கற்றதுமான கம்பி யொன்றைத் தெரிந்துகொள்க. கிட்டிய மில்லிமீற்றருக்கு அதன் நீளத்தை[1] அளந்து அதன் விட்டத்தையுந் திருகாணி நுண்மானியொன்றைக்கொண்டு கவனமாய் அளக்க. வெட்டுமுகப்பரப்பு A ஆனது விட்டவர்க்கத்திலே தங்கி யுள்ளதாதலின் (வட்டமான வெட்டுமுகத்தையுடைய கம்பியொன்றிற்கு இது $A = \pi d^2/4$ ஆகும்), இவ்வளவிலுள்ள வழுவானது மிகப் பாரதூர

[1]தேவையான நீளமானது கம்பியின் முழுநீளமுமின்றி, தடையானது அளக்கப்படும்போது முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரமேயாம்.

மானதாகும். d இலுள்ள வழுவின் நூற்றுவீதமானது d இன் வர்க்கத் திலே இரட்டிக்குமாதலின் விளைவானது d இன் வழுவிலும் இருமடங்கு வழுவையுடையதாகும். நீளத்தைச் சதமமீற்றரிலும் வெட்டுமுகப்பரப்பைச் சதுர சதமமீற்றரிலுங் குறிக்க.

அடுத்தபடியாக, வழுக்கிக்கம்பிப்பாலத்தின் தடித்த செப்புக்கீலத்திலுள்ள வெளிகளுளொன்றிலே P இன் குறுக்கே கம்பியையிணைக்க. அப்போது பாலத்தின் மற்றப் பக்கத்திலேயுள்ள ஒத்தவெளி Q இன் குறுக்கே தசம ஓம்பெட்டியொன்று இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும் (உருவம் 246). பெட்டியை வெளியின் பக்கங்களோடு இணைக்கத் தடித்த செப்புத்தொடு கருவிகள் உபயோகிக்கப்படுதல்வேண்டும். இணைக்குந் திருகாணிகளுக்குக் கீழே பொருந்துமிடங்களில் இவற்றைச் சுத்தஞ்செய்தல் வேண்டும். மின் கலவடுக்கிற்குங் கல்வனோமானிக்குமுரிய தொடுப்புகள் உருவத்திற் காட்டப் பட்டுள்ளன. இத்தேவைக்காக எளிய நிலையில் கல்வனோமானியின் ஏதா வது வகையொன்றினோடு தானியற்கலமொன்று ஏற்றதாகும். தசம ஓம் பெட்டியை 1 ஓம் தடைக்குச் செப்பஞ்செய்க. வழுக்கிக்கம்பியின் நேரே சாவியை வழுக்கவிட்டுப் பல்வேறு புள்ளிகளிலே கம்பியிற்றொடவிடுக. **சாவி யானது இயங்கும்போது கம்பியிற்றொட்டுக்கொண்டிருத்தல் கூடாது.** அவ் வாறுயின் பலபாகங்களிலே கம்பியானது ஒழுங்கின்றிச் சிதைந்து பாலத் தின் திருத்தம் பாதிக்கப்படும்.

வரையறையான திரும்பல்கள் எதிர்த்திசைகளில் உண்டாக்கப்படும் புள்ளி களிரண்டைக் காண்க. நடுநிலைப்புள்ளியானது இவ்விரண்டு புள்ளிகளுக்கு மிடையேயிருத்தல்வேண்டும்.

இப்புள்ளிகளிரண்டுக்குமிடையே வேலைசெய்து எதிர்த்திசைகளிற்றிரும்ப லுக்கொடுக்கும் புள்ளிகளின் அடுத்தடுத்த சோடிகளைக் காணலாம். இவற்று ளொவ்வொரு சோடியும் முந்திய சோடியிலும்பார்க்கக் கூடுதலான அண் மையிலிருக்கும். கல்வனோமானியிலுண்டாக்கப்படுந் திரும்பலானது கணிக்க முடியாத அளவு சிறிதாயிருக்கக்கூடிய நிலையில் இரண்டு புள்ளிகள் கடைசி யாய்க் காணப்படலாம். இவற்றுள் எந்தப்புள்ளிக்கப்பாலும் திரும்ப லொன்று அவதானிக்கப்படலாம். நடுநிலைப்புள்ளியானது இப்புள்ளிகளிரண் டிற்குமிடையேயுள்ள கம்பியின் மையமாக எடுக்கப்படலாம்.

கம்பி P இன் தடையானது

$$P = \frac{l_1}{l_2} Q$$

என்னுங் கோவையைக்கொண்டு கணிக்கப்படலாம். இங்கு Q என்பது தடைப்பெட்டித் தடையின் பெறுமானமெனவும், l_1 என்பது A இலி ருந்து C மட்டுமுள்ள கம்பியின் நீளமெனவும், l_2 என்பது C இலிருந்து D மட்டுமுள்ள எஞ்சிய கம்பியின் நீளமெனவுங் கொள்ளப்பட்டது.

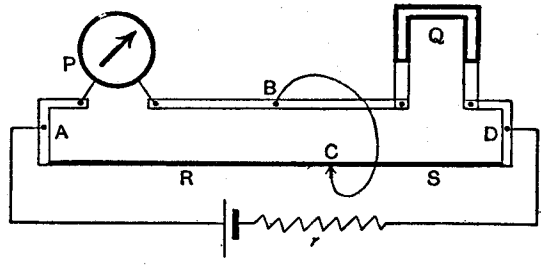
புள்ளி C ஆனது வழுக்கிக்கம்பியின் மத்தியிலுள்ள மூன்றுவது பாகத்தி லிருத்தல் வேண்டும். இவ்வாறில்லாவிட்டால், கம்பியின் இப்பாகத்திற்கு C ஐக் கொண்டுவர Q இற்கு வேறு பெறுமானம் எடுக்கப்படுதல் வேண்டும். எவ்வாறெனினும், Q இற்குரிய மூன்று பெறுமானங்கள் உபயோகிக்கப்படு தல் வேண்டும். ஒத்த நடுநிலைப்புள்ளிகளைக் கண்டு ஒவ்வொரு சந்தர்ப் பத்திலும் P இன் பெறுமானங்களைக் கணித்தல் வேண்டும். பரிசோதனை யானது திருத்தமாய்ச் செய்யப்பட்டிருக்குமாயின், P இற்குரிய மூன்று பெறு மானங்களும் மிக்க அண்ணளவாக ஒத்திருக்கும். இவற்றின் சராசரியே P இன் உண்மையான பெறுமானமாக எடுக்கப்படும்.

இவ்வாறு பெறப்பட்ட தடையின் பெறுமானத்திலிருந்தும், முன்னரே தீர்மானிக்கப்பட்ட கம்பியின் பரிமாணங்களிலிருந்தும், கம்பித்திரவியத்தின் தற்றடையை

$$S = \frac{RA}{l}$$

என்னுங் கோவையைக்கொண்டு கணிக்க.

பரிசோதனை 233. கல்வனோமானியொன்றின் தடையைத் தீர்மானித் தல்—இப்பரிசோதனைக்காக 248 ஆம் உருவத்திற் காட்டியவாறு வழுக்கிக் கம்பிப்பாலத்தை இணைக்க. Q என்பது முதலில் 1 ஓமிற்குச் செப்பஞ் செய்யப்பட்ட ஒரு தசம ஓம்பெட்டியாகும். r என்பது தெரிந்திருக்கத் தேவையில்லாத ஒரு பெரிய தடையாகும். இந்த வகையிலே கல்வனோமானி யானது பாலத்தின் புயங்களுளொன்றிலுள்ள தெரியாத்தடை P ஆக அமைகின்றது. இணைப்பு BC ஆனது செப்புக்கம்பித் துண்டொன்றினூற் செய்யப்பட்டுள்ளது. புள்ளிகள் A, D களினூடு மின்கலவடுக்கானது



உருவம் 248. கல்வனோமானியின் தடை

இணைக்கப்பட்டவுடன் கல்வனோமானியினூடு மின்னோட்டமொன்று பாய்ந்து ஊசியின் திரும்பலையுண்டாக்குமென்பது வெளிப்படை. புள்ளிகள் B, C களுக்கிடையே சாவியைக்கொண்டு தொடுகையுண்டாக்கப்படும்போது இத் திரும்பலானது மாறுதிருப்பின் பாலமானது சம நிலையிலிருக்கும். இந்த

நிபந்தனை பூர்த்தியானதும் BC இலே எவ்வித மின்னோட்டமும் பாயாது. இப்போது B இனழுத்தமானது C இனழுத்தத்திற்குச் சமமாகும். எனவே, முந்தியதைப்போலவே

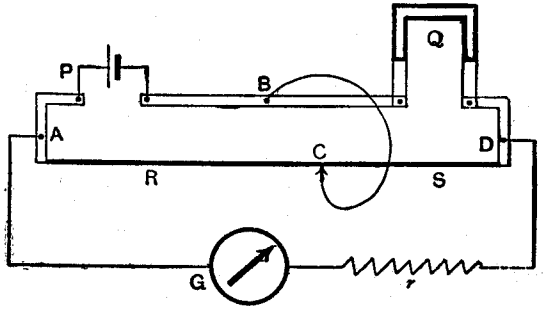
$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}.$$

மின்கலக்கீளையிலே சாவியொன்று உபயோகிக்கப்படுமாயின், C இலே தொடுகையுண்டாக்குமுன்னர் பாலத்தினூடு உறுதியான மின்னோட்டமொன்றைப் பெறவேண்டுமாதலின், தட்டுஞ் சாவியை உபயோகியாது செருகிச்சாவியையே உபயோகித்தல்வேண்டும். கல்வனோமானியின் உறுதியான திரும்பலானது பெரிதாயிருக்குமாயின், C இற்றொடுகையுண்டாகும்போது பெறப்படும் மாற்றம் மிகச்சிறிதாயிருக்கும். சிறிய மின்னோட்டமொன்றைப் பிரயோகித்துப் பெரிய திரும்பலைக் குறைக்கலாம். வசதியான திரும்பலைப் பெறப் போதிய தடையை உபயோகித்து மின்கலவடுக்கின் கீளையிலே தடைப்பெட்டி r ஐச் செலுத்தி இது பெறப்படும். இயங்குசுருளியைக்கொண்ட ஆடிக் கல்வனோமானியொன்றிலே அளவுச்சட்டத்திலே திரும்பவும் ஒளிப்பொட்டைக் கொண்டுவர ஆளுங்காந்தத்திண்மமானது உபயோகிக்கப்படலாம்.

செய்முறையிலே இந்த முறையானது எளிதானதன்று. முழு நேரமுங் கல்வனோமானி வெகுவாகத் திரும்பியிருப்பதும் ஊசியானது பெரும்பாலும் கல்வனோமானியின் உணர்திறன் குறைவாயுள்ள நிலையிலிருப்பதுமே சங்கடமாகும். இதன்பயனுகப் புள்ளி C இன் செப்பஞ்செய்கையானது திரும்பலிற் கவனிக்கக் கூடிய மாற்றம் நிகழாமலே வெகுவாய் மாற்றமடையக் கூடும். எனவே, மீற்றர்ப்பாலமொன்று உபயோகிக்கப்படும்போது பெறப்படக் கூடிய திருத்தமானது அவ்வளவு பெரிதன்று. பொருத்தமான எதுக்கள் கையாளப்பட்டால், அஞ்சலகப்பெட்டியொன்றைக்கொண்டு (பரிசோதனை 236) கூடிய திருத்தத்தைப் பெறமுடியும்.

பரிசோதனை 234. மின்கலமொன்றின் தடையைத் தீர்மானித்தல்—தடை அளக்கப்படவேண்டிய மின்கலமானது பாலத்தின் ஒரு புயமாய் அமையுமாறு தெரியாத்தடை P இன் நிலையில் வைக்கப்படும். கல்வனோமானியானது பாலத்தின் அந்தலைப் புள்ளிகளாகிய A, D களிலேடு நேராக இணைக்கப்படும். இந்தச்சந்தர்ப்பத்திலுங்கூட இணைப்புக்கள் செய்யப்பட்டவுடன் கல்வனோமானியினூடாக உறுதியான மின்னோட்டமொன்று பாயும். C இலே இணைப்புண்டாகும்போது கல்வனோமானித் திரும்பலிலே மாற்றமுண்டாகாதவாறு சாவி C ஆனது செப்பஞ்செய்யப்படும். இந்த நிபந்தனையானது திருப்தியானதும் $P/Q = R/S$ (பக்கம் 616). கல்வனோமானியின் உறுதியான திரும்பலானது மிகப் பெரிதாயிருப்பின், கல்வனோமானியினூடு பாயும் மின்னோட்டத்தைக் குறைக்குமாறு தடை r ஆனது அக்கல்வனோமானியிலேடு தொடர்நிலையிற் செலுத்தப்படுதல்வேண்டும். தொடுப்புக்கள் கல்வனோமானியின் தடையைத் தீர்மானிக்கும்போது உபயோகிக்கப்பட்டனவேயாம். ஆனல், கல்வனோமானி

யும் மின்கலவடுக்கும் இடமாற்றப்பட்டிருக்கும். தொடங்கும்போது Q ஆனது 1 ஓமிற்குச் செப்பஞ்செய்யப்படும். சாவியை அழுத்தக் கல்வனோமானியின் உறுதியான திரும்பல் மாறுதிருக்கும்போது புள்ளி C காணப்படும்.



உருவம் 249. மின்கலத்தின் தடை

Q ஆனது 1 ஓமாயிருக்கும்போது கம்பியின் மூன்றுவது மத்தியபாகத்தில் புள்ளி C இல்லாவிட்டால், Q இன் வேறு பெறுமானமொன்று உபயோகிக்கப்படுதல்வேண்டும். இப்பெறுமானமானது கம்பியின் மத்திய பாகத்திற்கண்மையிலே C ஐக் கொண்டுவருமாறு தெரியப்படுதல்வேண்டும்.

இதன்பின்பு மின்கலவடுக்கின் தடையானது

$$B = Q \cdot \frac{l_1}{l_2}$$

என்ற கோவையிலிருந்து கணிக்கப்படும்.

அஞ்சலகப்பெட்டி

உவீத்தன்பாலத்தைப்பற்றிய விவரணத்திலே பாலமானது சமநிலையடையும்போது நாற்கோணவுருவமொன்றின் நான்கு பக்கங்களாயமையும் P, Q, R, S, ஆகிய தடைகள் நான்கும்

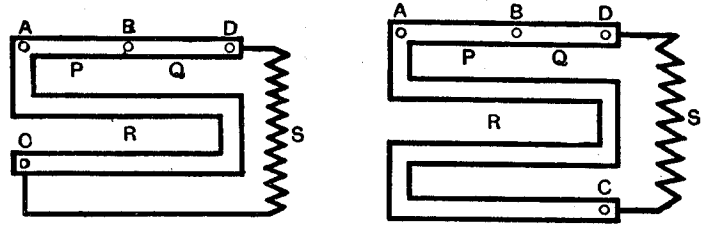
$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

என்னுந் தொடர்பிலிருக்குமெனக் கண்டோம்.

R ஆனது தெரிந்த தடையாயிருக்க Q இற்கு P இன் விகிதத்தை அறிவோமாயின், முன்னரேதெரியாத நான்காவது தடையாகிய S ஆனது தீர்மானிக்கப்படலாம்.

அஞ்சலகப்பெட்டியிலே பாலத்தின் மூன்று புயங்களைக் குறிக்கும் தடைச் சுருள்களின் கூட்டங்களைக் காண்கின்றோம். அவையாவன, **P, Q** ஆகிய விகிதப்புயங்களிரண்டும், தெரிந்த தடை **R** இற்காகச் செப்பஞ்செய்யப்படக் கூடிய ஒரு புயமுமாம். நான்காவது புயம் **S** ஆனது பெறுமானங் காணப்படவேண்டிய அறியாத்தடையாகும்.

விகிதப்புயங்களாகிய **P, Q,** களின் சிறப்பான இயல்பு பெட்டியின் இரு பாகங்களைக் கொண்டிருப்பதேயாம். ஒவ்வொரு பாகத்திலுஞ் சரியொத்த தடைகளின் கூட்டங்கள் 10, 100, 1000, சிலசமயங்களில் 10,000 ஓமையுங் கொண்ட முழுச்சட்டமொன்றைக்கொண்டிருப்பது வழக்கம். பெட்டியிலுள்ள எஞ்சிய தடைகள் முழுவதும் பாலத்தின் மூன்றுவதுபுயம் **R** ஆக அமைந்துள்ளது. பெட்டியிலுள்ள தடைகளின் மெய்யான ஒழுங்கானது வெவ்வேறு வகைகளில் வெவ்வேறுகும். ஆனால், விகிதப்புயங்களையுஞ் செப்பஞ்செய்யும் புயத்தையும் அறிந்து, அதன்பின்பு உருவம் 243 இலுள்ள **A, B, C, D** புள்ளிகளோடொத்த புள்ளிகளைத் தீர்மானிப்பதில் மாணவனுக்கு எவ்வித சங்கடமுமிராது. இந்த வரிப்படத்தில் மின்கலவடுக்கானது முடிவிடங்கள் **A, D** களோடும் கல்வனோமானியானது முடிவிடங்கள் **B, C** களினூடும்



உருவம் 250. அஞ்சலகப்பெட்டியின் இருவகைகள்

இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆயினும், கடைசி வினாவைத் தாக்காது, மின்கலவடுக்குங் கல்வனோமானியும் இடம் மாற்றப்படலாமென்பதை அவதானித்துக்கொள்ளல்வேண்டும். அதாவது, மின்கலவடுக்கானது முடிவிடங்கள் **B, C** களினூடும், கல்வனோமானியானது முடிவிடங்கள் **A, D,** களினூடும் இணைக்கப்படலாம். மின்கலவடுக்கின் சுற்றிலே தட்டுஞ்சாவியொன்றும், கல்வனோமானிச்சுற்றிலே இரண்டாவது சாவியொன்றுஞ் செலுத்தப்பட்டிருத்தல்வேண்டும். அஞ்சலகப்பெட்டியின் சில வகைகளிலே இச்சாவிகள் பெட்டியிலே சேர்ந்துள்ளன. சாவிகளுக்கும் பாலத்தின் மூலைகளுக்குமிடையேயுள்ள தொடுப்புகள் பெட்டியின் எபனைற்று மூடியில் வரையப்பட்டுள்ள வெண்கோடுகளினூற் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். தற்றூண்டலின் விளைவுகளைத் தவிர்ப்பதற்காக மின்கலவடுக்குச் சாவியே முதலில் அழுத்தப்படல் வேண்டும்.

வேறுரொழுங்கிலே முதலில் மின்கலவடுக்கினூடும் அதன் பின்பு கல்வனோமானியினூடும் இணைப்பையுண்டாக்கும் இரட்டைச்சாவியொன்று சில சமயங்களில் உபயோகிக்கப்படும்.

தெரியாத்தடையானது புள்ளிகள் **C, D** களினூடு குறுகித்தடித்த கம்பிகளைக்கொண்டேனும், சிறிய தடையையுடைய தட்டைச் செப்புக்கீலங்களைக்கொண்டேனும் இணைக்கப்படுதல் வேண்டும்.

இயங்குமுச்சிவகையிலேனும் இயங்குசுருள் வகையிலேனுமுள்ள ஆடிக கல்வனோமானியொன்று அஞ்சலகப் பெட்டியினூடு பொதுவாக உபயோகிக்கப்படும். இக்கருவிகளின் விவரணங்களுக்குக் கல்வனோமானிகளைப் பற்றிய பாகத்தைப் பார்க்க (பக்கங்கள் 712–720).

பெட்டியின் முடியிற் பல்வேறிடங்களிலே மறைவான எழுத்துக்கள் **C, Z, E, L, G** குறிக்கப்பட்டிருப்பது வழக்கம். சிலவேளைகளில் **C** இற்கும் **Z** இற்கும் பதிலாக **B** குறிக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வெழுத்துக்கள் முறையே காபன், நாகம் (அல்லது மின்கலம்), புவி, கோடு, கல்வனோமானி என்பனவற்றைக் கருதும்.

இவ்வெழுத்துக்களின் உதவியைக்கொண்டு பெட்டியானது இணைக்கப்படுமாயின் பரிசோதனை பெரும்பாலுஞ் சித்தியாகவே நிகழும். ஆயினும் இதிலிருந்து பெறப்படும் நயம் மிகக்குறைவேயாம். மாணவன் இவற்றை உபயோகிப்பதைத் தவிர்த்துக்கொண்டு பொருத்தமான வரிப்படங்களுடன் தானுகவே இணைப்புக்களைச் செய்யப் பழகிக்கொள்ளல் வேண்டும்

கல்வனோமானித் திருப்பி.—மிக்க உணர்வுத்திறனையுடைய கல்வனோமானியொன்று உபயோகிக்கப்படுமாயின், அந்தந்தத் தேவைகளுக்கேற்ப உணர்வுத்திறனை மாற்றுவதற்காகத் **திருப்பியொன்று** தேவைப்படும். சாதாரணமான திருப்பியானது கல்வனோமானியினூடு சமாந்தரநிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ள தடையொன்றைக் கொண்டதாகும் (உருவம் 231). நுண்ணிய கல்வனோமானியொன்று 1/9, 1/99, 1/999 எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ள பல தடைகளைக்கொண்டுள்ள திருப்பிப்பெட்டியுடன் காணப்படுவது வழக்கம். பெட்டியிலுள்ள தடைகள் கல்வனோமானித்தடையிலும் முறையே 1/9, 1/99, 1/999 பங்காயிருக்குமென்பதே இதன் கருத்தாகும். இந்தப் பரிசோதனையிலே திருப்பிக்குரிய செருகியானது 1/999 எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ள துளையிலே முதலிலேயே வைக்கப்படுதல் வேண்டும். இச்சந்தாடபத்திற் கல்வனோமானியின் மின்னோட்டத்தின் 1/1000 பங்கு மட்டுமே கல்வனோமானிச்சுருள்களினூடு பாயுமாதலின், கருவியானது உணர்வுமிக்கதாயிருக்கமாட்டாது.

அண்ணளவான நடுநிலை பெறப்பட்டதும் 1/99 அல்லது 1/9 குறிக்கப்பட்ட துளைக்குச் செருகியானது பெயர்க்கப்படலாம். கடைசியாகச் செப்பஞ் செய்யும்போது கல்வனோமானியினூடு முழு மின்னோட்டமும் பாயுமாறு செருகியானது முற்றுக அகற்றப்படலாம். அப்போது ஒழுங்கானது கூடிய வளவு உணர்வுடையதாயிருக்கும்.

பரிசோதனை 235. அஞ்சலகப்பெட்டியொன்றைக் கொண்டு கம்பியொன்றின் தடையைத் தீர்மானித்தல்.—மேலேயுள்ள விவரணத்தையும் வரிப்படங்களையும் உதவியாகக்கொண்டு (பக்கங்கள் 613–14 , 625–26) இணைப்புக்களைச் சரியாகச் செய்தபின்பு, அஞ்சலகப் பெட்டியோடு கம்பியையும் மின்கலவடுக்கையும் கல்வனோமானியையும் இணைக்க.

இணைப்புக்களைச் செய்தவுடன் பாலத்தின் விகிதப்புயங்களிலிருந்து 10 குறிக்கப்பட்ட செருகிகளை அகற்றுக. இப்போது Q இற்கு P இன் விகிதம் 10 : 10 ஆகும். இது ஒரு சமவிகிதமாகும். பாலஞ் சமநிலையிலிருக்க வேண்டுமாயின், செப்பஞ்செய்யப்படவேண்டிய புயம் R ஆனது தெரியாத் தடை S இற்குச் சமமாகும். திருப்பிப்பெட்டியொன்று வழங்கப்பட்டிருக்குமாயின் 1/999 திருப்பியைக்கொண்டு கல்வனோமானியைப் பக்கவழிதிருப்புக. R இலுள்ள செருகிகளெல்லாம் உரியவிடங்களில் இருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்க. சாவிகளிரண்டிலுமுடுங் கணநேரத்திற்குத் தொடுகையுண்டாக்கிக் கல்வனோமானியின் ஆடியானது திரும்புந் திசையை அவதானிக்க. இத் திரும்பலானது மிகப்பெரிதாயிருக்கக்கூடுமாதலின், பரிசோதனையின் இப் படியிலே அளவுச்சட்டத்திலுள்ள ஒளிப்பொட்டை அவதானியாது ஆடியையே அவதானிப்பது சிறந்ததாகும். அடுத்தபடியாக R இலே "முடிவிலி" எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ள செருகியை அகற்றிக்கொண்டு திரும்பவும் திரும்பலை அவதானிக்க. முன்னரே அவதானித்ததின் எதிர்த்திசையில் இது இருத்தல் வேண்டும். இவ்வவதானங்களிலிருந்து இனிமேல்வருந் தீர்மானத்திலே பரிசோதிப்பவர் மனதில் வைத்துக்கொள்ளவேண்டிய எளிய விதியொன்றை அமைத்துக்கொள்ளமுடியும். "திரும்பலானது வலமாக (அல்லது சந்தர்ப்பத்திற்கேற்றவாறு இடமாக அல்லது தனக்கப்பால்) இருக்கும்போது செப்பஞ்செய்யவேண்டிய புயத்தின் தடையானது மிகப்பெரிதாயிருக்கும்"

முடிவிலிச்செருகியைத் திரும்பவும் வைத்தபின் 1000 ஓமைப்போன்ற வேறொருதடையை வெளியேயெடுத்துத் திரும்பலை அவதானிக்க. அப்போது தடையானது ஆகப்பெரிதா அல்லது ஆகச்சிறிதாவெனப் பார்த்துக்கொள்க. இவ்வாறுக எந்த எல்லைகளுக்கிடையே தடையிருக்குமென அவதானிக்க. தடை S இன் பெறுமானமானது கிட்டிய ஓமிற்குச் சரியாகக் காணப்படுமட்டும் இதனைத் தொடர்ந்து செய்க. 6 ஓமிற்கும் 7 ஓமிற்குமிடையே S இருக்கக் காணப்படுகின்றதெனக் கொள்க.

அடுத்த தசமவிடத்தைத் தீர்மானிக்கவேண்டுமாயின், அதாவது 0·1 ஓமிற்குச் சரியாக S இன் பெறுமானத்தைக் காணவேண்டுமாயின், P இலே 100 ஓம் சுருளிலிருந்து செருகியை அகற்றி 10 ஓம் சுருளிற் செலுத்துக. எனின், P இலுள்ள தடையானது 100 ஓமாகவும் Q இலுள்ளது இன்னும் 10 ஓமாகவுமிருக்கும். Q இற்கு P இன் விகிதமானது 100 : 10 அல்லது 10 : 1 ஆகவிருக்கும். ஆகவே, பாலஞ் சமநிலையிலிருக்கும்போது R ஆனது S இன் 10 மடங்காகும். அண்ணளவான சமநிலையைப்

பெறுமட்டும் தடை R ஐச் செப்பஞ்செய்க. S ஆனது 6 ஓமிற்கும் 7 ஓமிற்குமிடையேயிருக்குமாயின், R ஆனது 60 ஓமிற்கும் 70 ஓமிற்குமிடையேயிருத்தல்வேண்டும். 63 ஓமிற்கும் 64 ஓமிற்குமிடையே இது இருக்கின்றதெனக்கொள்க. எனின், S இன் பெறுமானமானது 6·3 ஓமிற்கும் 6·4 ஓமிற்குமிடையேயிருக்கும்.

அடுத்தபடியாக P இலுள்ள 1000 ஓம் சுருளையகற்றி 100 ஓம் சுருளிற் செருகுக. எனின், P இலுள்ள தடையானது 1000 ஓமாகவும் Q இலுள்ளது இன்னும் 10 ஓமாகவுமிருக்கும். Q இற்கு P இன் விகிதமானது 1000 : 10 அல்லது 100 : 1 ஆகும். எனவே, சமநிலையில் R ஆனது S இன் 100 மடங்காகும். R ஆனது 630 ஓமிற்கும் 640 ஓமிற்குமிடையேயிருத்தல்வேண்டுமென்பது வெளிப்படை. இது 638 இற்கும் 639 இற்குமிடையே காணப்பட்டதெனக் கொள்க. எனின், S இன் பெறுமானம் 6·38 ஓமிற்கும் 6·39 ஓமிற்குமிடையேயிருத்தல்வேண்டும்.

உணர்கல்வனோமானியொன்றைக்கொண்டு, R ஆனது 638 ஓமிற்கும் 639 ஓமிற்குமிடையே செப்பஞ்செய்யப்படும்போது, அளவுச்சட்டத்திலே ஒளிப்பொட்டின் ஒய்வுநிலைகளைக் குறித்து இன்னுமொரு தசமவிலக்கங் காணப்படலாம். இதற்காக "விகிதசமக்கூறுகள்முறை" கையாளப்படுதல் வேண்டும். உதாரணமாக, 638 ஓமானது கல்வனோமானிப் பூச்சியத்திலிருந்து ஒரு பக்கத்துக்கு 6 மி.மீ. ஐயும், 639 ஓமானது மற்றப்பக்கத்துக்கு 9 மி.மீ. ஐயுங் கொடுக்குமாயின், R இலே 1 ஓம் வித்தியாசமானது 15 மி.மீ. மாற்றத்தைக் கொடுக்கும். ஆகவே, 6 மி.மீ. வித்தியாசமானது 0·4 ஓமைக் கருதும். எனவே, R = 638·4 ஓம், S = 6·384 ஓம்.

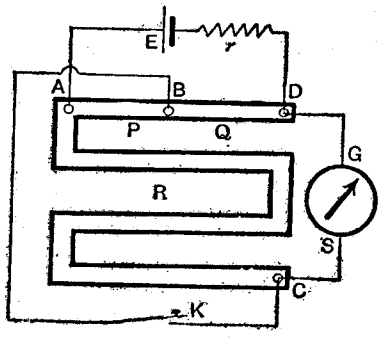
இவ்வாறுகச் சுருளொன்றின் தடையை 0·1 நூற்றுவீதத்துக்குட் சரியாகத் தீர்மானிக்க.

கம்பித்துண்டொன்றின் தடையையுந் தீர்மானித்துக் கம்பித்திரவியத்தின் தற்றடையைக் கணிக்க.

தெரியாத்தடை S ஆனது பெரிதாயிருக்கும்போது சாதாரணமான அஞ்சலகப்பெட்டியொன்றிலுள்ள சுருள்களைக்கொண்டு ஒமொன்றின் 1/100 பாகத்திற்குச் சரியாகவேனும், 1/10 பாகத்திற்குச் சரியாகவேனும் அதன் பெறுமானத்தைக் காணமுடியாது. இவ்வகையான சந்தர்ப்பமொன்றிலே, பொதுவாக, பாலத்தின் நான்குபுயங்களும் அண்ணளவிற் சமமாயிருக்கும் போதே பாலமானது கூடிய உணர்வுடையதாயிருக்குமென்பதை அவதானித்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

தெரியாத்தடையானது மிகப்பெரிதாயிருக்கும்போது R ஐச் செப்பஞ் செய்து சமநிலையைப் பெறவேண்டுமாயின் தடை Q ஐ P இன் 10 அல்லது 100 மடங்காக்குதல் தேவைப்படலாம். எனின், தடை S ஆனது தடை R இன் 10 அல்லது 100 மடங்காயிருக்கும்.

பரிசோதனை 236. கல்வனோமானியொன்றின் தடையைத் தீர்மானித்தல்.– இந்த முறையின் தத்துவமானது வழுக்கிக்கம்பிப்பாலத்தினதைப் போன்ற தேயாம் (பக்கம் 618). கல்வனோமானியானது தெரியாத்தடை S ஆகிய பாலத்தின் நான்காவது புயமாய் அமைகின்றது. மின்கலவடுக்கின் னிலையிலே தட்டுஞ்சாவியொன்று உபயோகிக்கப்படுவதில்லை. இணைப்புக்கள் முடிந்ததும் ஒளிப்பொட்டானது அளவுச்சட்டத்தின் அப்பாற் சென்று விடுவது வழக்கம். இச்சந்தர்ப்பத்திலே கல்வனோமானித் திருப்பியொன்றின் உபயோகம் ஏற்றதன்று.



உருவம் 251. கல்வனோமானியின் தடை

பரிசோதனையின் இவ்வகையிலுள்ள முக்கிய இடரானது கல்வனோமானியின் பெரிய உணர்திறனின் பயனுனதாகும். ஆளுங்காந்தத்தின் மமானது எவ்வாறு திருப்பப்பட்டபோதிலும் மூடியின் ஒரு பக்கத்தில் இது அழுத்திக் கொண்டேயிருக்கும். இவ்விடரைத் தவிர்க்கவேண்டுமாயின் பின் வரும் முறையானது கையாளப்படுதல்வேண்டும். **முதலாவதாக,** மின்கலவடுக்குப்புயத்திலே மிகுந்த தடையொன்றைச் செலுத்துக. கல்வனோமானியானதுவிசே உணர் திறனையுடையதாயின் 10,000 ஓம்வரை செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய தடையொன்று வசதியாக உபயோகிக்கப்படலாம். **இரண்டாவதாக,** கூடியவளவு ஆகக்குறைந்த தடையையுடைய விஞ்தப்புயங்களை உபயோகிக்க. கூடுமானால் இரண்டுதடைகளொவ்வொன்றும் 10 ஓமிற்குச் சமமாயிருக்கலாம். மூன்றுவதாக, ஆடலின் ஆவர்த்தனகாலம் மிகக்குறுகியதாகுமட்டும் ஆளுங்காந்தத்தைத் தாழ்த்திக் கல்வனோமானியின் உணர்திறனைக் குறைக்க. 715 ஆம் பக்கத்திலே கல்வனோமானிகளைப்பற்றிய குறிப்புகளைப் பார்க்க. (தொங்குசுருட்கல்வனோமானிகளிலே மூன்றுவது முறையானது ஏற்றதன்று).

இப்போது ஒளிப்பொட்டானது அளவுச்சட்டத்திற்கு அதிகம் அப்பால் இயங்காதிருக்கக் காணப்படும். அவ்வாறு இயங்கியபோதிலும், ஆளுங்காந்தமொன்றைக் கொண்டேனும், தொங்குசுருட்கல்வனோமானியொன்றிலே தொங்கவிடுமிழையின் மூடியைத் திருப்பியேனும், திரும்பவும் கொண்டுவரப்படலாம்.

சாவி K ஐ அழுத்தும்போது ஒளிப்பொட்டின் நிலையிலே மாற்றமில்லாதபடி R ஐ ஏற்றவாறு செப்பஞ்செய்துகொள்க.

இப்போது ஒழுங்கானது உணர்திறனற்றிருப்பதினால், பொட்டின் நிலையைத் தாக்காது பரந்த வீச்சிலே R ஆனது மாற்றப்படக்கூடியதாகக் காணப்படும். இதன்பின் ஆளுங்காந்தத்தை உயர்த்திப் **படிப்படியாக** உணர்திறனை அதிகரிக்கச் செய்யலாம். இவ்வகையாக அதிகரித்த உணர்திறனின் எல்லையையடைந்தவுடன்—பொட்டின் நிலையினது ஆட்சிக்குப் பொருத்தமானதாய்— விஞ்தப்புயங்களொவ்வொன்றும் 100 ஓமிற்கு அதிகரிக்கப்படலாம். இதனிற் பெரிய மின்னோட்டமொன்று கல்வனோமானியினூடு பாய்வதுடன், திரும்பலிலும் பெரிய அதிகரிப்பு உண்டாகின்றது. ஆளுங்காந்தத்தைச் சுழற்றி இத்திரும்பலைத் திருத்துக. ஆனால், திரும்பவுங் காந்தத்தைத் தாழ்த்துதல்கூடாது. இதன்பின்பு, சாவியையழுத்தும்போது பொட்டின் நிலையிலே மாற்றமுண்டாகாதவாறு முன்போலவே R ஐச் செப்பஞ்செய்க.

தொங்குசுருள் வகைக் கல்வனோமானியொன்றிலே விஞ்தப்புயங்கள உடனே 100 இற்கு அதிகரிக்கப்பட்டு, அதிகரித்த திரும்பலானது மேலுமிழையை முறுக்கித் திருத்தப்படும்.

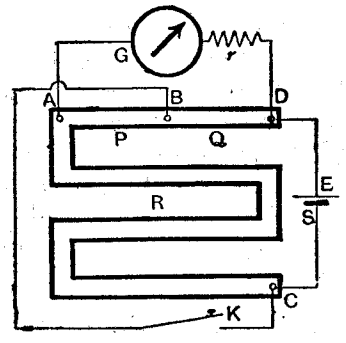
இப்போது செப்பஞ்செய்கையானது நுண்ணளவு கூடியதாயிருக்கும். விஞ்தப்புயங்களை 1000 இற்கு அதிகரிக்கச்செய்து உணர்திறனை இதற்குமேலும் அதிகரிக்கச் செய்யலாம். இவ்வாறுக உணர்திறனின் அந்தியவெல்லையை அடையுமட்டும் தடை r ஐக் குறைத்தல் கூடாது. தேவைப்படின், 1000 ஓமிற்குக் குறைந்த தடையையுடைய கல்வனோமானிகளிலே விஞ்தப்புயங்களை 10/1 கொடுக்கக்கூடியதாய்ப் பின்பு செப்பஞ் செய்யலாம். அப்போது உணர்திறனைப் பற்றியும் ஆளுகையைப்பற்றியும் இதே அவதானங்கள் எடுக்கப்படல்வேண்டும்.

உணர்திறனைக் குறைப்பதற்கு இவ்வேதுக்கள் பிரயோகிக்கப்படுமாயின் 251 ஆம் உருவத்திற் காட்டியவாறு மின்கலவடுக்குஞ் சாவியும் இணைக்கப்படுதல்வேண்டும். அன்றேல், விஞ்தப்புயங்களின் தடையைக் குறைப்பதினால் விரும்பிய விளைவைப் பெறமுடியாது.

மேலே விவரிக்கப்பட்டதுபோலப் பரிசோதனையானது கவனமாகச் செய்யப்படுமாயின், கல்வனோமானியின் தடையானது விரைவாகவும் வசதியாகவுந் தீர்மானிக்கப்படலாம். உறுதியின் திருப்தியான உணர்ச்சியுடன மாணவன் பரிசோதனையைச் செய்ய இந்த முறை உதவுகின்றது.

பரிசோதனை 237.—மின்கலவடுக்கொன்றின் தடையைத் தீர்மானித்தல்.— மின்கலவடுக்கானது பாலத்தின் தெரியாப்புயம் S ஆக அமைந்துள்ளது. மின்கலவடுக்கிற்கேனும் கல்வனோமானிக்கேனும் சாவிகள் உபயோகிக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் மூலைவிட்டக்கிளை BC இலே தட்டுஞ்சாவியொன்று பிரயோகிக்கப்படும். கல்வனோமானியின் உறுதியான திரும்பலைக் குறைத்தற்குரிய முறைகள் கல்வனோமானியின் தடையை அறிதலில் விவரிக்கப்

பட்டனவற்றைப் போன்றனவேயாம். மின்கலவடுக்குங் கல்வனோமானியும் இடமாறியுள்ளனவென்று சொல்வதே இவ்வொழுங்கின் ஆகவெளிய கூற்றுகும். தடை r உட்பட்ட மற்றுந் தொடுப்பொவ்வொன்றும் கல்வனோமானித்தடையின் தீர்மானத்தில் விவரிக்கப் பட்டதேயாம். அதேமாதிரியாகவே செப்பஞ் செய்கைகளொவ்வொன்றுஞ் செய்யப்படும்.



உருவம் 252. மின்கலவடுக்கின் தடை.

சாவி K ஆனது அழுத்தப்படும்போது கல்வனோமானித் திரும்பலானது மாறு திருக்குமாறு P, Q, R செப்பஞ்செய்யப் படுமாயின், மின்கலவடுக்கின் தடையானது $\frac{P}{Q} = \frac{R}{B}$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.

3. உவீத்தன்பாலம் : கேரிபொசுத்தரின் முறை (Carey Foster)

சாதாரணமான வழுக்கிக்கம்பிவகை உவீத்தன்பாலமானது வழக்கம் போலப் பிரயோகிக்கப்படும்போது மிகப்பெரிய திருத்தத்தைக் கொடாது, 1 மி.மீ. இனுள்ளே நடுநிலைப்புள்ளியின் நிலையைக் காணமுடியாதாதலின். 1 மீற்றர் நீளமான வழுக்கிக்கம்பியிலே இவ்வுறுதியின்மையானது ஆகக் குறைந்தது 1/250 இன் வழுவைச் செலுத்தமுடியும். நடுநிலைப்புள்ளியானது கம்பியின் நடுவிலில்லாவிட்டால் விளைவின் உறுதியின்மை இதனிலும் பெரிதாயிருக்கும். விரும்பினால் நீளங்கூடிய வழுக்கிக்கம்பியொன்று உபயோகிக்கப்படலாம். அப்போது 1 மி.மீ. வழுவின் சார்பான அளவு ஒத்தபடி குறைக்கப்படும். ஆனால், 1 மீற்றரிலும் நீளங்கூடிய வழுக்கிக் கம்பியின் உபயோகம் வசதியற்றதாகும்.

கேரிபொசுத்தரின் ஒழுங்கிலே கம்பியோடு தொடர்நிலையில் மூனைக்கொன்றுகத் தடைகளைச் செலுத்தி நியமநீளத்திலுங் கூடிய கம்பியொன்றை உபயோகியாது வழுக்கிக் கம்பியின் **பயன்படுநீளம்** அதிகரிக்கப்படும். தொடுப்புக்கள் 253 ஆம் உருவத்திற் காட்டியுள்ளவற்றைப் போன்றிருக்கும். பாலத்தின் புயங்களாகிய P, Q (உருவம் 243) முறையே தடைகள் R_1, R_2 ஆகும். X இனோடு பாலக்கம்பியின் நீளம் l_1 உஞ்சேர்ந்து புயம் R ஆகவும் Y இனோடு பாலக்கம்பியின் எஞ்சிய நீளம் l_2 உஞ்சேர்ந்து புயம் S ஆகவும் அமையும்.

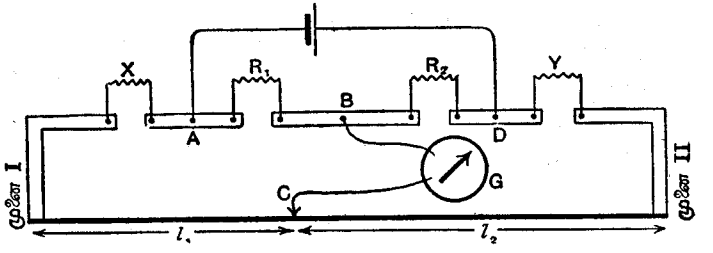
பாலம் சமநிலையிலிருக்கும்போது 614 ஆம் பக்கத்திலே, ஐந்தாம் அத்தியாயம் 2 ஆவது பிரிவிலுள்ள தொடர்பு (8) ஆகிய

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

ஆனது இப்போது

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{X + l_1\rho}{Y + l_2\rho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

எனவெழுதப்படலாம். இங்கு ρ என்பது பாலக்கம்பியின் 1 ச.மீ. இன் தடையாகும். X உம் Y உஞ்சேர்ந்து ஏறத்தாழப் பாலக்கம்பியினது தடையின் பத்து மடங்காகுமாயின் $l_1\rho$, $l_2\rho$ ஆகிய உறுப்புகள் X இனதும் Y இனதும் 10 நூற்றுவீதப்படியிலிருக்கும். எனவே, l_1 இன் அளவீட்டிலுள்ள எந்த



உருவம் 253. கேரிபொசுத்தரின் முறை

வழுவும் சாதாரணமாகப் பாலமானது உபயோகிக்கப்படும்போது அதன் சார்பான அளவின் ஏறத்தாழ 1/10 பங்காகக் குறைக்கப்படும். 1 மி.மீ. இன் வழுவானது விளைவிலே 1/250 இற்குப் பதிலாக 1/2500 ஆயிருக்கும்.

ஆரம்ப அட்சரகணிதத்திற் கூட்டல்விகிதசமத்தை உபயோகிக்கச் சமன்பாடு (1)

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{X + l_1\rho}{X + Y + (l_1 + l_2)\rho} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

என்னுந் தொடர்பைக் கொடுக்கின்றது.

இப்போது தடைகள் X உம் Y உம் இடமாற்றப்பட்டுக் கம்பியின் மூனைகளிலிருந்து l_1', l_2' தூரத்திலே புதிய நடுநிலைப்புள்ளியொன்று காணப்படுகின்றதெனக் கொள்வோம். எனின்,

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{Y + l_1'\rho}{X + l_2'\rho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

எனப் பெறுகின்றோம். இதிலிருந்து மேலேயுள்ள முறையைக்கொண்டே

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{Y + l_1'\rho}{X + Y + (l_1' + l_2')\rho} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

எனப் பெறுகின்றோம்.

சமன்பாடுகள் (2), (4) களின் இடப்பக்கங்கள் சர்வசமமாகும். $l_1 + l_2 = l_1' + l_2'$ ஆதலின், வலப்பக்கங்களிலுள்ள பின்னங்களின் பகுதி களுஞ் சமமாகும்.

எனவே, $$X + l_1\rho = Y + l_1'\rho \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

அல்லது, $$X - Y = (l_1' - l_1)\,\rho \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

பரிசோதனை 238A இல் உள்ளபடி தெரிந்த தடைகள் X, Y களை உபயோகித்து ρ இன் பெறுமானத்தை இதனைக்கொண்டு தீர்மானிக்கலா மாதலின், இவ்விளைவு மிக முக்கியமானதாகும். மேலும், வழுக்கிக் கம்பிக்குரிய ρ ஐத் தீர்மானித்தோமாயின், ஏறத்தாழச் சமதடைகளி ரண்டினுக்கிடையேயுள்ள வித்தியாசத்தைக்காண 6 ஆவது சமன்பாட்டை உபயோகிக்கலாம். இத்தடைகளுளொன்று நியமச்சுருளாயிருத்தல்கூடும்.

முனைத்திருத்தங்கள்.—பாலக்கம்பியின் முனைகள் செப்புக்கீலங்களோடு திருத்தமற்று ஒட்டப்பட்டிருக்குமாயின், அப்பொருத்தமானது புயங்கள் R, S களிலே கணிப்புக்குரிய தடையைச் செலுத்தக்கூடும். மெய்யான விகித மாகிய R_1/R_2,

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{X + l_1\rho + \lambda_1\rho}{Y + l_2\rho + \lambda_2\rho}$$

எனக் குறிக்கப்படலாம். இங்கு λ_1, λ_2 என்பன கம்பியின் பாகங்களிரண் டினதுஞ் சமமான நீட்சிகளாகக் குறிக்கப்படும் **முனைத்திருத்தங்கள்** ஆகும்.

கேரிபொசுத்தரின் ஒழுங்கிலே வழுக்கிக்கம்பிப்பாலத்தை உபயோகிக்கும் போது ஏற்கனவே விவரிக்கப்பட்டுள்ள செய்கைமுறையைப் பின்பற்றி இம் முனைத்திருத்தங்களின் விளைவுகள் நீக்கப்படலாம். முந்திய பதிப்புக்களிலே முற்றாக விவரிக்கப்பட்ட இவ்விளைவானது இப்போது மாணவனுக்குரிய ஓர் அப்பியாசமாக விடப்பட்டது.

மின்கலவடுக்கின் இணைப்புக்களை நேர்மாறுக்கி l_1 இற்கும் l_1' இற்கு மூரிய அளவீடுகளின் சராசரியையெடுத்து வெப்பமின் **மி.இ.வி.** களின் பயனை சிறிய வழுக்களை நீக்கமுடியும்.

வீட்டிற் செய்யப்பட்ட தடையொன்றை அதனோடு சமமெனக் கருதப்படும் நியமத்தடையொன்றினோடு ஒப்பிடுவதைப்போன்ற, ஏறத்தாழச் சமமான தடைகளிரண்டாகிய X, Y களைக் கையாளுவதற்கே **கேரிபொசுத்தரின்** முறையானது ஏற்றதாகும். ஆயினும், செய்முறையிலே இது பெரும்பா லுஞ் செய்யப்படவேண்டிய பரிசோதனையின் ஒரு வகையாகும். விவரிக் கப்பட்ட ஒழுங்கானது எளிய ஆய்கருவியைக்கொண்டு அதனைச் செய்தற்குரிய வசதியான ஒரு முறையாகும். R_1 உம் R_2 உந் திருத்தமாக அறியப்படத்

தேவையில்லை என்பதே இந்த முறையிலுள்ள பெரியவொரு நயமாகும். அண்ணளவாகச் சமமாகவும் உறுதியான மாறிலியாகவும் அவை இருக்க வேண்டியதே தேவையாகும். X இனதும் Y இனதும் பெறுமானத்தையே அவை ஏறத்தாழப் பெற்றிருத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 238A.—கரிபொசுத்தர்ப்பாலத்திலே ρ இன் தீர்மானம். பாலத்தின் முனைவெளிகளிலிருந்து சுருள்களை அகற்றியபின் தடித்த செப்புக்கீலமொன்றைக்கொண்டு முதலாவது வெளியை மூடுக. எனின் $X = 0$ ஆகும். மற்ற வெளியிலே தசம ஓம்பெட்டியொன்றைச் செலுத்துக. நிராகரிக்கப்படக்கூடிய தடையையுடைய செப்புக்கீலங்களைக்கொண்டு பாலத் தின் முடிவிடங்களோடு இதனை இணைக்க. Y இற்காக இப்பெட்டியிலுள்ள 0·1 ஓம் தடையொன்றை உபயோகிக்க. நடுநிலைப் புள்ளியைத் தீர் மானிக்க. இது கம்பியின் முனை I இலிருந்து x_1 ச.மீ. தூரத்தில் உள்ள தெனக்கொள்க. செப்புக்கீலத்தினதும் தசம ஓம்பெட்டியினதும் நிலைகளை இடம் மாற்றுக. நடுநிலைப்புள்ளியின் புதிய நிலையானது கம்பியின் அதே முனையிலிருந்து y_1 ச.மீ. எனக் கொள்க.

எனின், பொதுச்சமன்பாடாகிய

$$X = Y + (l_1' - l_1)\,\rho$$

இற் பிரதியிட

$$0 = 0{\cdot}1 + (y_1 - x_1)\,\rho$$

எனக் காண்கின்றோம். எனவே,

$$\rho = \frac{0{\cdot}1}{x_1 - y_1}\,.$$

இதனைப்போலவே Y இற்காக 0·2 ஓம் உபயோகிக்கப்படும்போது ஒத்த நடுநிலைப்புள்ளிகள் கம்பியின் முனையிலிருந்து x_2, y_2 ச.மீ. தூரங்களி லுள்ளனவாயின்,

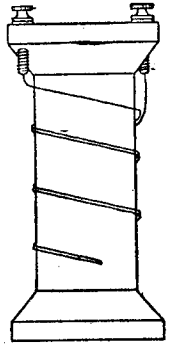
$$\rho = \frac{0{\cdot}2}{x_2 - y_2}.$$

x_2 இற்கும் y_2 இற்குமிடையேயுள்ள வித்தியாசமானது x_1 இற்கும் y_1 இற்குமிடையேயுள்ள வித்தியாசத்திலும் பெரிதாதலின் இவ்விளைவானது முந்தியதிலும்பார்க்கத் திருத்தங்கூடியதாகும்.

Y இற்காக இன்னும்பெரிதான பெறுமானங்களை உபயோகித்து இன்னுங் கூடிய திருத்தத்தைப் பெறமுடியும். ஆனால், வழுக்கிக்கம்பியின் தடை யிலும்பார்க்க Y ஆனது குறைவாயிருத்தல்வேண்டும்.

சதமமீற்றரொன்றிற்குரிய பாலக்கம்பியின் தடையாகிய ρ ஐக் கணிக்க. பரிசோதனை 238A இற்போல ρ இன் பெறுமானத்தைத் தீர்மானித்தபின் நியம ஓமின் சார்பாகப் பரிசோதனையின் கீழுள்ள சுருளின் தடையைக் காண விளைவை உபயோகிக்க.

பரிசோதனை 238B.—1 ஓம் சுருளொன்றின் அமைப்பு.—மங்கனின் அல்லது கொன்சுதாந்தன் கம்பித்துண்டொன்றின் தடையை மீற்றர்ப் பாலமொன்றைக் கொண்டு தீர்மானிக்க (பக்கம் 621). 1—ஓம் தடையொன்றைச் செய்யக் கம்பியின் என்ன நீளத்தை உபயோகித்தல் வேண்டுமெனக் கணிக்க.



உருவம் 254. 1—ஓம் சுருள்

மிகுந்த திருத்தந் தேவைப்படாவிட்டால், இதனிலுஞ் சில சதமமீற்றர் நீளமான துண்டொன்றை வெட்டியெடுக்க. விறைப்பான செப்புக்கீலங்களிரண்டிலேனும் மரநூற்கட்டையொன்றின் முடியிலேற்றப்பட்டுள்ள முடிவிடங்களிரண்டிலேனும் இதனைப் பற்றுசுபிடித்தொட்டுக. இதன் தடையைத் திரும்பவுந் தீர்மானித்துத் தடத்தின் மத்தியபாகத்தைச் சேர்த்துமுறுக்கித் தேவையான அளவுக்குக் கம்பியைக் குறுக்குக செப்புஞ்செய்கையானது திருத்தமானதும் கம்பியின் முறுக்கிய பாகத்தைப் பற்றுசுபிடித்தொட்டுக.

மிகப்பெரிய திருத்தந் தேவைப்படுமாயின், 1 ஓமிற்குக் கணிக்கப்பட்ட நீளத்திலும்பார்க்க ஏறத்தாழ 10 நூற்றுவீதம் நீளங்கூடிய கம்பியின் நீளமொன்றை வெட்டியெடுக்க. முன்னரே விவரிக்கப்பட்டதுபோல முடிவிடங்களிரண்டிலேடு பற்றுசுபிடித்து இதனை ஒட்டி அதன் தடையை மிகத்திருத்தமாகத் திரும்பவுந் தீர்மானிக்க. ஒத்த கம்பியின் என்ன நீளமானது இதலேடு சமாந்தரநிலையில் இணைக்கப்பட்டால் இரண்டுஞ் சேர்ந்து 1 ஓம் தடையைக்கொடுக்குமெனக் கணிக்க.

மேலேயுள்ள குறிப்புக்கள் கவனமாய்ச் செய்யப்பட்டால், சமாந்தரக் கம்பிக்குத் தேவையான நீளமானது முந்தியே வெட்டிய துண்டிலும் ஏறத்தாழப் பத்துமடங்காயிருக்கும்.

இந்த நீளத்தை வெட்டியெடுத்து நூற்கட்டையின் முடிவிடங்களின் குறுக்கே முதலாவது நீளத்திலேடு சமாந்தரநிலையில் ஒட்டுக. கம்பியின் ஒவ்வொரு தடத்தையுமெடுத்துத் தடத்தின் பாதிகள் அண்டிச் சமாந்தரமாயிருக்குமாறு ஈர்த்துக்கொள்க. தடங்களிரண்டையும் வெவ்வேறுக நூற்கட்டையிற் சுற்றுக. ஒவ்வொரு தடத்தின் பாதியும் ஒரேதிசையிற் சுற்றுப்படுதல் வேண்டும். ஒவ்வொரு தடத்தினதும் மடிப்பை நூற்கட்டையின் மரத்திலேடு முத்திரையிடுமெழுகைக்கொண்டு பொருத்துக. தடத்தின் முனையிலே கூர்மையாக மடித்தல்கூடாது.

இவ்வாறமைந்த சுருளை நாடாவினாற் சுற்றி முழுவதையும் உருகிய பரவின் மெழுகில் அமிழ்த்துக.

கூடுதலான திருத்தந் தேவைப்படுமாயின் சுருளைச்சுற்றி மெழுகிற்றேய்க்கு முன்பே தடையைப் பரிசோதிப்பது விரும்பத்தகுந்ததாகும். தடையானது சரியான திருத்தமாயில்லாவிட்டால், நீளங்கூடிய கம்பியின் மையத்திற்குத் தடத்தின் முனையைச் சேர்த்து முறுக்கிக் கடைசியான செப்புஞ்செய்கை செய்யப்படல்வேண்டும். செப்புஞ்செய்கையானது திருத்தமாயிருக்கும்போது முறுக்கிய முனையைச்சேர்த்துப் பற்றுசுபிடித்துப் பொருத்துதல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 239. கேரிபொசுத்தர்ப்பாலத்தைக்கொண்டு 1—ஓம் சுருளொன்றை நியமவளவாக்கல்.—வழுக்கிக்கம்பிப்பாலமொன்றின் மத்திய வெளிகளின் குறுக்கே ஏறத்தாழச் சம தடைகளிரண்டை இணைத்துக் கொள்க. ஒவ்வொன்றும் அண்ணளவாக 1 ஓம் சுருள்களிரண்டு இத் தேவைக்கு ஏற்றனவாம். இவை 253 ஆம் உருவத்திலுள்ள R_1, R_2 தடைகளாயமைந்துள்ளன.

அந்தலை வெளிகளிலே நியமவளவாக்கவேண்டிய தடையையும் 1 ஓம் நியமத்தடையொன்றையுஞ் செலுத்துக. 253 ஆம் உருவத்திலே நியமத் தடையானது Y இனாலும் மற்றத்தடையானது X இனாலுங் குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

253 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோலக் கல்வனோமானியொன்றும் மின்கலமொன்றும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது நடுநிலைப்புள்ளியைக் காண்க. உருவத்திற் காட்டியபடி கம்பியின் முனை I இலிருந்து இது l_1 ச.மீ. தூரத்திலிருக்கின்றதெனக் கொள்க.

தடைகள் X, Y களை இடமாற்றிக்கொண்டு திரும்பவும் நடுநிலைப் புள்ளியைக் காண்க. இது வேருனவோரிடத்தில் இருத்தல்கூடும். இந்த நிலையானது முனை I இலிருந்து l'_1 தூரத்திலுள்ளதெனக்கொள்க.

எனின், $X = Y + (l'_1 - l_1)\,\rho$.

இங்கு ρ என்பது சதமமீற்றரொன்றிற்குரிய பாலக்கம்பியின் தடையாகும்.

வெப்பநிலையோடு தடையதிகரிப்பின் குணகம்

கம்பியொன்றினூடுபாயும் மின்னோட்டத்திற்கு அக்கம்பியிலுள்ள புள்ளிகளிரண்டினுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்தின் விகிதமானது வெப்பநிலை மாறுதிருக்குமட்டுமே மாறிலியாகும். அதாவது, கம்பியொன்றின் தடையானது வெப்பநிலையோடு மாறும். பொதுவாக உயர்வான வெப்பநிலையிலுள்ள தடையானது தாழ்வான வெப்பநிலையிலுள்ள தடையிலும் பார்க்கப் பெரிதானதாகும். ஒரே கம்பிக்குப் பாகையொன்றின் வெப்பநிலையேற்றத்திற்குரிய தடையதிகரிப்பானது ஏறத்தாழ மாறிலியாயிருக்கும். **வெப்பநிலையோடு தடையதிகரிப்பின் குணகமானது பாகையொன்றிற்குரிய தடையதிகரிப்பை 0°C இலுள்ள தடையினால் வகுக்க** வருவதேயாம்.

எனவே, 0°C இலுள்ள தடையை R_0 எனவும், t°C இலுள்ள தடையை R_t எனவுங் கொள்வோமாயின், இவ்வீச்சிலே குணகத்தின் சராசரிப் பெறுமானமானது.

$$\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t}$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். ஆகவே, α மாறிலியாயின்,

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t).$$

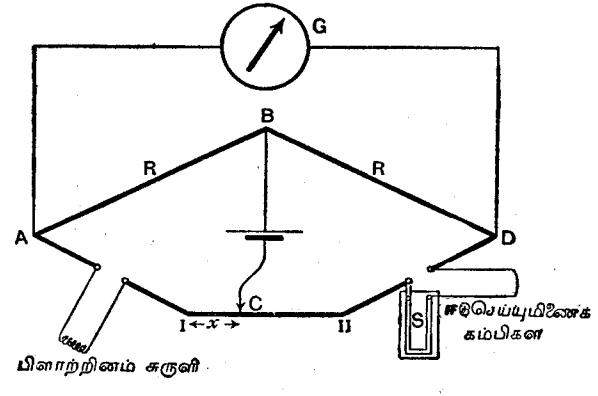
α ஐத் தீர்மானிக்கவேண்டுமாயின் வெவ்வேறான வெப்பநிலைகளி ரண்டிலே தடையை அளத்தல் வேண்டும். அவதான வெப்பநிலைகளாக நீரின் உறைநிலையையுங் கொதிநிலையையும் எடுத்துக்கொள்வது வசதியா யிருக்கும். அப்போது α இற்குப் பெறப்படும் பெறுமானமானது 0°C இற்கும் 100°C இற்குமிடையேயுள்ள சராசரிப் பெறுமானமாகும்.

α ஐத் தீர்மானிக்கவேண்டிய திருத்தமானது தடையின் மாற்றத்தை அளக்கவேண்டிய திருத்தத்திலே தங்கியுள்ளது. $R_t - R_0$ ஆனது பெருங் கணியங்களிரண்டினிடையேயுள்ள சிறிய வித்தியாசமாதலின், ஒவ்வொரு தடையும் மிக்க கவனமாகவே அளக்கப்படுதல்வேண்டும். உதாரணமாக, தடையின் மாற்றமானது R_0 இன் 1/10 ஆயிருப்பின், R_0 இல் அல்லது R_t இல் 0·1 நூற்றுவீதத்தின் வழுவொன்று $R_t - R_0$ இலே 1 நூற்று வீதத்தின் வழுவாகின்றது. தடைகளை அளத்தற்கு திருத்தமான அஞ்ச லகப்பெட்டியொன்றை உபயோகிக்கலாம். ஆனால், தடையானது 1 ஓம் படியிலிருக்குமாயின் இத்தீர்மானத்திற்குக் **கேரிபொசுத்தரின்** முறையே (பக்கம் 632) விரும்பத்தக்கதாகும்.

பரிசோதனை 240. பிளாற்றினத்துக்குரிய தடையின் வெப்பநிலைக்குண கத்தினது தீர்மானம்.—ஏறத்தாழ 1 ஓம் தடையைக்கொண்ட மெல்லிய பிளாற்றினக்கம்பியின் சிறிய சுருளொன்று தடித்த செப்பிணைக்கம்பி களோடு பொருத்தப்பட்டுக் கீழ்முனை மூடப்பட்டுள்ள கண்ணுடிக்குழாயொன் றினுள்ளே வைக்கப்பட்டுள்ளது. குழாய்க்கு வெளியேயுள்ள இணைக்கம்பி கள் வளையக்கூடிய கம்பியினலானவை. கீழ்முனைகளிலே பற்றுசுபிடித் துச் சேர்த்தொட்டப்பட்ட இணைக்கம்பிகளின் சரியொத்த கூட்டமொன்றுங் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இவை **ஈடுசெய்யுமிணைக்கம்பிகள்** எனப்படும். இணைக் கம்பிகளின் முனைகள் செப்பிணைக்கவர்களினூடு பொருத்தப்பட்டுள்ளன. பிளாற்றினத்தோடு இணைக்கப்பட்டவை PP எனவும் ஈடு செய்யுமிணைக் கம்பிகளினூடு தொடுக்கப்பட்டவை CC எனவுங் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

நான்கு வெளிகளையுடைய மீற்றர்ப்பாலமொன்று தேவைப்படும். பாலத்தின் உள்வெளிகளிரண்டிலும் சரிசமமான தடைகள் R, R இணைக்கப்படு தல்வேண்டும் (1-ஓம் சுருள்கள் ஏற்றன). PP எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ள முடிவிடங்களைப் புறவெளிகளுளொன்றிலே இணைக்க. C முடிவிடங்களு ளொன்றை மற்ற வெளியின் ஒரு பக்கத்தில் இணைக்க. மற்ற C முடி விடத்தை ஒமையும் ஒமின் தசமபாகங்களையுங்கொண்ட செப்பஞ்செய்யக் கூடிய தடைப்பெட்டி S இன் முடிவிடமொன்றினூடு இணைக்க. தடைப் பெட்டியின் இரண்டாவது முடிவிடமானது தடித்த செப்புக் கீலமொன்றைக் கொண்டு வெளியின் மற்றப்பக்கத்தினூடு இணைக்கப்படுதல்வேண்டும். முடி விடங்கள் A, D களினூடு ஆடிக்கல்வனோமானியொன்றையும், B, C களினூடு மின்கலவடுக்கையும் இணைக்க.

இவ்வொழுங்கிலே செப்பஞ்செய்கையானது பரிசோதிக்கப்படுங் கணத் தில்மட்டுமே மின்னோட்டம் பாயுமாதலின், மின்னோட்டத்தின் பயனை வெப்பவிளைவுகளைத் தவிர்ப்பதற்காக வழுக்கிக்கம்பியிலுள்ள தட்டுஞ்சாவி



உருவம் 255. தடையின் வெப்பநிலைக்குணகம்

யினூடு மின்கலவடுக்கானது இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தட்டுஞ்சாவியை அழுத் தும்போது உடனே திரும்பலில்லாவிட்டால் நடுநிலைக்குரிய செப்பஞ்செய்கை திருத்தமானதாகும். சாவியானது சிறிது நேரத்திற்கு அழுத்தியபடியே வைக்கப்படுமாயின் மின்னோட்டப்பாய்ச்சலினால் பிளாற்றினம் வெப்பமாக் கப்பட்டு அதன் தடை மாறுகின்றது. இதற்குமேல் நடுநிலையானது திருத்த மாயிராது.

விவரிக்கப்பட்ட இவ்வொழுங்கானது 255 ஆம் உருவத்தில் வரிப்படமாகக் காட்டப்பட்ட உவீத்தனின் வலவேவலையாக அமைகின்றது. நடுநிலைப்புள்ளி காணப்பட்டதும்,

$$\frac{R}{R} = \frac{P + r + x\rho}{r + S + (100 - x)\,\rho}$$ ஆகின்றது.

இங்கு P = பிளாற்றினச்சுருளின் தடை.

r = இணைக்கும் அல்லது ஈடுசெய்யுமிணைக்கம்பிகளின் தடை.

x = பாலத்தின் ஒரு முனையிலிருந்து நடுநிலைப்புள்ளியின் தூரம்.

ρ = பாலக்கம்பியின் 1 ச.மீ. இன் தடை.

இப்போது $\frac{R}{R} = 1$ ஆதலின்,

$$P + r + x\rho = r + S + (100 - x)\,\rho$$

அல்லது $$P = S + (100 - 2x)\,\rho.$$

குறிப்பு.—வழுக்கிக்கம்பியின் மையத்திற்கும் கூடியவளவு அண்மையில் நடுநிலைப்புள்ளியானது இருக்குமாறு S ஆனது செப்பஞ்செய்யப்பட்டபோது பெறப்பட்ட விளைவிலிருந்தே P இன் பெறுமானங் கணிக்கப்படல்வேண்டும்.

ρ இன் தீர்மானம்—பிளாற்றினச்சுருளைக்கொண்டுள்ள குழாயை உருகும் பனிக்கட்டியிலே வைத்துக்கொண்டு 1 ஓமிற்குச் சரியான S இற்றை நடுநிலைப் புள்ளியொன்றைப் பெறுக. கம்பியின் முனையிலிருந்து இப்புள்ளியானது x_1 ச.மீ. தூரத்திலுள்ளதெனக் கொள்க. S ஐ 1·1 ஓமிற்கு மாற்றிப் புதியநடுநிலைப்புள்ளியைக் காண்க. முனையிலிருந்து இது x_2 ச.மீ. தூரத்திலிருக்கின்றதெனவுங் கொள்க. S ஐ 1·2 ஓமாக மாற்ற முனையிலிருந்து நடுநிலைப்புள்ளியின் தூரத்தை x_3 ச.மீ. எனக்கொள்க.

எனின், $$P = 1 + (100 - 2x_1)\,\rho,$$

$$P = 1{\cdot}1 + (100 - 2x_2)\,\rho,$$

$$P = 1{\cdot}2 + (100 - 2x_3)\,\rho.$$

ஆதலின், $1 + (100 - 2x_1)\,\rho = 1{\cdot}1 + (100 - 2x_2)\,\rho,$

எனவே, $$\rho = \frac{0{\cdot}1}{2\,(x_2 - x_1)}.$$

இதனைப்போலவே முதலாவது, மூன்றாவது அவதானங்களிலிருந்து

$$\rho = \frac{0{\cdot}2}{2\,(x_3 - x_1)}$$ எனப் பெறலாம்.

இரண்டாவது பெறுமானமே திருத்தங்கூடியதாயிருக்கக்கூடுமாயினும் உபயோகத்திற்காகச் சராசரியையே எடுக்கலாம்.

உறை நிலையிலுங் கொதிநிலையிலும் P இன் தீர்மானம்—ρ இன் பெறுமானந் தீர்மானிக்கப்பட்டுள்ளதாதலின் முன்னரே செய்யப்பட்ட தீர்மானத்திலிருந்து பிளாற்றினச்சுருளின் தடையானது கணிக்கப்படலாம்.

சுருளைக்கொண்டுள்ள குழாயானது உயரமானியொன்றினுள் வைக்கப்பட்டு நீராவியினாற் சூழப்பட்டிருக்கும்போது நடுநிலைப்புள்ளியைக் கண்டு கொதிநிலையிலுள்ள தடையானது தீர்மானிக்கப்படும். பாலக்கம்பியிலே கூடிய வளவு மையத்திற்கண்மையில் நடுநிலைப்புள்ளி வருமாறு S இன் பெறுமானஞ் செப்பஞ்செய்யப்படல் வேண்டும். பரிசோதனையின்போது வளியமுக்கத்திற்காகக் கொதிநிலையின் வெப்பநிலையானது திருத்தப்படல் வேண்டும்.

உறைநிலைக்குங் கொதிநிலைக்குமிடையே தடையின் வெப்பநிலைக்குணகத்தினது சராசரிப் பெறுமானங் கணிக்கப்படல் வேண்டும்.

வெப்பநிலையின் கொடுபட்ட எந்த வீச்சிற்குமுரிய சராசரிக்குணகமானது வீச்சின் எல்லைகளிலுள்ள R_1, R_2 தடைகளைக்கண்டு தீர்மானிக்கப்படும். பிளாற்றினச் சுருளானது அமிழ்த்தப்பட்டுள்ள தொட்டியின் வெப்பநிலையை இரசவெப்பமானியொன்றை உபயோகித்து t_1, t_2 ஆகிய வெப்பநிலைகளைக் காணலாம்.

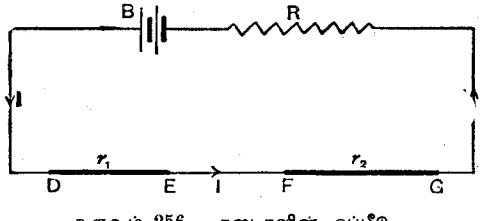
எனின், $R_1 = R_0\,(1 + \alpha t_1)$. அத்துடன், $R_2 = R_0\,(1 + \alpha t_2)$.

எனவே, வகுக்க, $$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1}$$

இதிலிருந்து $$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1}$$ எனப் பெறுகின்றோம்.

4. அழுத்தவீழ்ச்சி முறையைக்கொண்டு தடைகளின் ஒப்பீடு

தடைகளிரண்டினுள் ஒவ்வொன்றினூடும் ஒரே மின்னோட்டமானது பாயுமாறு அத்தடைகள் ஒரே சுற்றிற் சேர்க்கப்பட்டுள்ளனவாயின், தடைகளின்



உருவம் 256. தடைகளின் ஒப்பீடு

முனைகளுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசங்களை ஒப்பிடுவோமாயின் அத்தடைகளை ஒப்பிட்டவராவோம்.

DE உம் FG உம் முறையே r_1, r_2 பெறுமானங்களைக் கொண்ட இரண்டு தடைகளெனவும், வேறொரு தடை R ஐயும் மின்கலவடுக்கு B ஐயுங் கொண்ட சுற்றொன்றிலே இவை சேர்க்கப்பட்டுள்ளன வெனவுங்கொள்க. எனின், சுற்றின் ஒவ்வொரு பாகத்தினூடும் ஒரே மின்னோட்டம் I பாய்கின்றது

எந்தப் புள்ளியிலுமுள்ள அழுத்தத்தை V குறிக்குமாயின், **ஓமன விதியின்படி,**

$$V_D - V_E = Ir_1 \quad \text{எனவும்} \quad ,$$
$$V_F - V_G = Ir_2 \quad \text{எனவும்} \quad \text{பெறுகின்றோம்.}$$

ஆதலின், $$\frac{V_D - V_E}{V_F - V_G} = \frac{r_1}{r_2}.$$

எனவே, F இற்கும் G இற்குமிடையேயுள்ள அழுத்த வீழ்ச்சியினூடு D இற்கும் E இற்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவீழ்ச்சியை ஒப்பிடுவோமாயின், r_2 இற்கு r_1 இன் விகிதத்தைக் காணமுடியும். இந்த முறையானது தாழ்ந்த தடைகளுக்கு விசேடமாகப் பொருத்தமுடையதாகும்.

பரிசோதனை 241. தாழ்ந்த தடைகளிரண்டின் ஒப்பீடு.—2-உவோற்றுக் கலமொன்றையும், செப்பஞ் செய்யக்கூடிய பெரிய தடையொன்றையும், r_1, r_2 ஆகிய தாழ்ந்த தடைகளிரண்டையும், 256 ஆம் உருவத்திற் காட்டியுள்ளபடி தொடர்நிலையில் இணைக்க.

DE இற்கும் FG இற்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசங்களின் விகிதத்தைத் தீர்மானிப்போமாயின் r_2 இற்கு r_1 இன் விகிதத்தைக் காணமுடியும். இவற்றுளொன்றைத் தெரியுமாயின் மற்றதின் பெறுமானத்தைக் காணலாம்.

ஒரு சந்தர்ப்பத்திலுள்ள அழுத்தவீழ்ச்சியை மற்றச்சந்தர்ப்பத்திலுள்ள தோடு ஒப்பிட வேண்டுமாயின், உயர்தடைக் கல்வனோமானியொன்றினூடு D, E புள்ளிகளை இணைத்துத் திரும்பலை அவதானித்தபின், F, G புள்ளிகளை அதே கல்வனோமானியினூடு இணைத்து மீண்டுந் திரும்பலை அவதானித்தல் வேண்டும். இரட்டைக்கோலெறியாளியொன்று இப்பரிசோதனைக்கு வசதியாயிருக்கும் (பக்கம் 731).

இரண்டு சந்தர்ப்பங்களிலுஞ் சிறியனவெனக் கொள்ளப்பட்ட திரும்பல்கள் d_1, d_2 ஆயின்,

$$\frac{V_D - V_E}{V_F - V_G} = \frac{d_1}{d_2}.$$

எனவே, $$\frac{r_1}{r_2} = \frac{d_1}{d_2}.$$

20 நியமக்கம்பிமானிச் செம்புக்கம்பியின் ஒரு மீற்றரினது தடையை 0·1 ஓம் நியமத்தடையொன்றினூடு ஒப்பிடுக. செப்புக்கம்பியின் தடையை ஓமிற் கண்டு அதிலிருந்தும் கம்பியின் பரிமாணங்களிலிருந்தும் செம்பின் தற்றடையைத் தீர்மானிக்க.

தடைகளை ஒப்பிடுதற்கு இது உபயோகமுள்ள ஒரு முறையாதலின், இதுகாறும் பெறப்பட்ட கவனத்திலும் பார்க்கக் கூடிய கவனம் இதற்குரியது. மிகச்சிறிய தடைகளை ஒப்பிடுதற்கு இத்தத்துவமானது உபயோகிக்கப்படலாம். சில சந்தர்ப்பங்களிலே உயர்தடைக்கல்வனோமானியினிடத்திற் கால்வட்ட மின்மானி உபயோகிக்கப்படலாம். இது ஒரு திரும்பல் முறையேயாகுமாதலின் பூச்சியமுறையாகிய **கெல்வினின்** இரட்டைப்பாலத்தைப்போல அவ்வளவு திருத்தமானதன்று. இப்பரிசோதனை அவ்வளவு உயர்தரமான தாதலின் இந்நூலில் அதனை விவரிக்கமுடியாது.

5. உயர்வுத்தடைகளின் அளவீடு

1,000,000 ஓம் வரையுள்ள தடைகளையளக்க அஞ்சலகப் பெட்டியின் சாதாரண வகையானது உபயோகிக்கப்படலாம். விகிதப்புயங்களாகிய P, Q களிலே (உருவம் 250) 10 ஓம் 1000 ஓம் தடைகளை வைத்துத் தெரியாத்தடையைச் செப்பஞ்செய்யும் புயத்தினது தடையின் 100 மடங் காக்கலாம். செப்பஞ்செய்யப்படும் புயத்தின் தடையானது 10,000 ஓமிற் குப் பெரிதாயிருப்பது வழக்கமன்று. ஆகவே, தெரியாத்தடையானது 1,000,000 ஓமாயிருக்கலாம். இதனிலும் பெரிய தடையொன்றை அளக்க வேண்டுமாயின் பிரதியீட்டு முறையின் திருத்தமொன்றைப் பிரயோகிக்கலாம். உணர்கல்வனோமானியொன்றினூடு தொடர்நிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ள உயர்வுத்தடையினூடாக மின்னோட்ட மொன்றைச் செலுத்தமாறு **மி. இ. வி.** இன் மின்கலவடுக்கொன்று உபயோகிக்கப்பட்டுத் திரும்பல் அவதானிக்கப்படும். இதன்பின் அதே மின்கலவடுக்கானது செப்பஞ் செய்யக்கூடிய பெரிய தடையொன்றினூடாகக் கல்வனோமானியோடு இணைக்கப்படும். ஆனால், இப்போது, முழு மின்னோட்டத்தின் தெரிந்தவொரு பின்னபாகம் மட்டுமே ஊடு செல்லுமாறு கல்வனோமானியானது பக்கவழி திருப்பப்பட்டிருக்கும். முந்திய திரும்பலையே பெறமுடியுமாயின் தெரியாத்தடையைக் கணிக்கமுடியும். இதனைச் செய்வதற்குச் செப்பஞ் செய்யக்கூடிய தடையானது போதியவளவு பெரிதாயில்லாவிடின், பெறப்படக்கூடிய ஆகப்பெரிய தடையினூடு பெறப்படுந் திரும்பல் குறிக்கப்படும். திரும்பலானது கல்வனோமானியினூடு செல்லும் மின்னோட்டத்தினூடு விகிதசமமானதெனக் கண்டு கணித்தல் செய்யப்படலாம். இவ்வகையான சந்தர்ப்பமொன்றிலே உபயோகிக்கப்படக்கூடிய வேறொரு முறையாதெனின் சம **மி. இ. வி.** களின் கலங்களைக் கொண்ட மின்கலவடுக் கொன்றிலே கலங்களின் தொகையை மாற்றுவதைப்போலப் பிரயோகிக்கப்பட்ட **மி. இ. வி.** ஐத் தெரிந்த வகையில் மாற்றுவதேயாம்.

உயர்வுத்தடைகளை அளக்கும்போது ஆய்கருவியின் பல்வேறு பாகங்களும் கவனமாகக் காவலிடப்படுதல் வேண்டும். உதாரணமாக, மரத்தின் தடையானது அளக்கப்படுந் தடையிலோடு ஒப்பிடப்படக்கூடியதாகுமாதலின், எந்தக் கம்பியையும் மேசையிற்றொடவிடக்கூடாது.

பரிசோதனை 242. காபன் கிலமொன்றின் தடையை அளத்தல்.— எபனேற்றடியொன்றிலே முடிவிடங்களிரண்டைப் பொருத்திக் காரீய (பென்சிற்கரி) பென்சிலொன்றைக்கொண்டு ஒரு முடிவிடத்திலிருந்து மற்றதுக்குக் கோடுகள் வரைந்து இப்பரிசோதனைக்கேற்ற உயர்வுத்தடையை அமைக்கலாம். காபன்கீலங்கள் பழுதடையாது காப்பதற்காக ஆய்கருவிக்கு மூடியொன்றிருத்தல் வேண்டும்.

6 அல்லது 8 உவோற்று **மி.இ.வி.** ஐக் கொடுக்கும் மின்கலவடுக்கொன்றினோடும், செருகிச்சாவியொன்றினோடும், உரைதடிக்கல்வனோமானியொன்றினோடும், தெரியாத்தடையைத் தொடர்நிலையில் இணைக்க. கல்வனோமானியினூடு மின்னோட்டம் முழுவதும் பாயும்போதுண்டான திரும்பல் d_1 ஐ அவதானிக்க.

தெரியாத்தடையையகற்றிவிட்டு அந்தவிடத்திலே செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய பெரிய தடையொன்றை வைக்க. இத்தேவைக்கு அஞ்சலகப்பெட்டியொன்று உதவும். முழுமின்னோட்டத்திலும் 1/1000 பங்கு மட்டுமே கல்வனோமானியினூடு செல்லுமாறு கல்வனோமானித்தடையின் 1/999 தடையையுடைய சுருளொன்றைக்கொண்டு கல்வனோமானியைப் பக்கவழி திருப்புக. முன் அவதானித்த திரும்பலையே பெறக்கூடியதாகத் தடையைச் செப்பஞ்செய்க. எனின், இப்போது மின்னோட்டமானது பரிசோதனையின் முதற்பாகத்திலிருந்ததின் 1000 மடங்காதலின் தெரியாத் தடையானது தடைப்பெட்டியிலுள்ள தடையிலும் 1000 மடங்காயிருத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனையின் முதற்பாகத்தில் அவதானிக்கப்பட்டளவு சிறிய திரும்பல (**d_1**) இந்த முறையாகப் பெறமுடியாதாயின், முழுமின்னோட்டத்தின் 1/1000 பங்கு கல்வனோமானியினூடு செல்லுமாறு திருப்பப்பட்ட கல்வனோமானியையும் பெட்டியில் 10,000 ஓமையுங்கொண்டு, பெறப்பட்ட திரும்பல் (**d_2**) ஐ அவதானிக்க. திரும்பலானது மின்னோட்டத்திற்கு நேரான விகிதசமமாகக் கொள்ளப்படலாமாதலாலும், மின்னோட்டமானது தடைக்கு நேர்மாறு விகிதசமமாயிருப்பதினாலும், தெரியாத்தடையானது

$$1000 \times 10{,}000 \times \frac{d_2}{d_1}$$

என்னும் பெறுமானத்தைக் கொண்டதாகும்.

அவதானிக்கப்பட்ட திரும்பல்களிலிருந்து தெரியாத்தடையைக் கணிக்க.

கேச்சோவின் (Kirchhoff) விதிகள்

கசுத்தாவு கேச்சோவினாற் கொடுக்கப்பட்ட பொதுவிதிகளிரண்டும், ஒரு வலைவலையாயமைந்த கம்பிகளின் தொகுதியொன்றிலுள்ள மின்னோட்டங்களைப்பற்றிய யோசனைக்கணக்குகளைத் தீர்க்க உதவும்.

முதலாவது விதியானது பலகடத்திகள் ஒரு புள்ளியிற் சந்திக்கும்போது மின்னோட்டத் தொடர்ச்சியின் சார்பானது. மின்னோட்டங்கள் உறுதியாயுள்ளபோது எந்தப் புள்ளியிலும் மின் சேமிக்கப்படுவதில்லையென இது கூறுகின்றது.

முதலாவது விதி. எந்தப்புள்ளியிலுஞ் சந்திக்கும் மின்னோட்டங்களெல்லாவற்றினதும் அட்சரகணிதக் கூட்டுத்தொகை பூச்சியமாகும். அதாவது, $\Sigma I = 0$. புள்ளியை நோக்கிப்பாயும் மின்னோட்டங்கள் ஒரு குறியையும் புள்ளியிலிருந்து வெளியேபாயும் மின்னோட்டங்கள் எதிர்க்குறியையும் பெற்றிருத்தல் வேண்டும்.

இரண்டாவது விதி. மூடிய எந்தச் சுற்றிலும் அல்லது வலைக்கண்ணிலுமுள்ள மின்னியக்க விசைகளெல்லாவற்றினதும் அட்சரகணிதக் கூட்டுத்தொகையானது அச்சுற்றின் ஒவ்வொரு கிளையிலுமுள்ள மின்னோட்டத்தினதுந் தடையினதும் பெருக்கங்களின் அட்சரகணிதக் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமமாகும். அதாவது, $\Sigma E = \Sigma IR$. ஒவ்வொரு **மி.இ.வி.** இனதுந் தடையினதுங் குறியைப்பற்றிக் கவனமெடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

அத்தியாயம் 6

மின்பகுப்பு – மின்னிரசாயனச்சமவலுக்கள்

1. மின்பகுப்பு

மின்னோட்டமொன்று ஊடாகப் பாயும்போது பிரிக்கப்படுந் திரவங்கள் **மின்பகுபொருள்க**ளெனவும், பிரிக்கைநிகழ்ச்சியானது **மின்பகுப்பு** எனவும் பெயர்பெறும். நீரிலே உப்புகளினதும் அமிலங்களினதுங் கரைசல்களும், உருகும்போது சில கூட்டுப்பொருள்களும், மின்னோட்டமொன்றின் பாய்ச்சலினூற் பிரிக்கப்படும். பிரிக்கையின் விளைவுகள், மின்னோட்டமானது மின்பகுபொருளிலிருந்து உட்செல்லும் அல்லது வெளியேசெல்லுந் தட்டுக்களிலேயே தோற்றும். இத்தட்டுக்கள் **மின்வாய்கள்** எனப்படும். மின்னோட்டமானது உட்செல்லுந்தட்டு **நேர்மின்வாய்** எனவும் மற்றது **எதிர்மின்வாய்** எனவும் பெயர்பெறும். எனவே, **உவோற்ருமானி** என்று பெரும்பாலுஞ் சொல்லப்படும் **மின்பகுப்புக்கலத்தினுள்ளே**[1] **வழக்கமுறை மின்னோட்டமானது நேர்மின்வாயிலிருந்து எதிர்மின்வாய்க்குப் பாயும்.** ஐதரசனயன்களுடன் நேர்மின்னயன்களெனப்படும் உலோகவயன்கள் மின்னோட்டத்திலேடு எதிர்மின்வாயைநோக்கிக் கொண்டு செல்லப்படும். தனது **பரிசோதனை ஆராய்ச்சிகளிலே பரடேயென்பவர் (Faraday)** பின்வருமாறு எழுதுகின்ருர். "பிரிக்கப்படும் பொருளின் நேர்மின்வாயைநோக்கிச் செல்வனவற்றை நேரயன்களெனவும், **எதிர்மின்**வாயைநோக்கிச் செல்வனவற்றை **எதிரயன்களெனவுங்** கூறி இவ்வகைப்பொருட்களைப் பிரித்துக் காட்ட உத்தேசிக்கிறேன். இவற்றைச் சேர்த்துக்கூறுந் தருணங்களிலெல்லாம் அவற்றை அயன்கள் எனக் கூறுவேன்."

மின்னோட்டமொன்றின் பாய்ச்சலினூல் வெளிவிடப்பட்ட **துணிக்கையொன்றின்** திணிவு **M** ஆனது உவோற்ருமானியினூடு பாய்ந்த மின்னின் **கணியம் Q** இலேடு நேரான விகிதசமமானதெனப் **பரடேயின்** பரிசோதனையைக் கொண்டு நிறுவப்பட்டுள்ளது. ஆனால், உறுதியானதெனக் கொள்ளப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திறன் **I** எனவும், மின்னோட்டம் பாய்ந்த காலத்தை ***t*** எனவுங் கொள்வோமாயின், **Q = It** ஆகும். எனவே, **M** ஆனது **It** இலேடு விகிதசமமாயிருக்கும்.

வெவ்வேறு மின்பகுபொருள்களைக்கொண்டு தொடர்நிலையிலுள்ள பல உவோற்ருமானிகளினூடு ஒரே மின்னோட்டமானது செலுத்தப்படுமாயின், கொடுபட்ட சந்தர்ப்பமொன்றிலே இரசாயனத் தாக்கத்திற் செல்லும் அயன்களின் தொகையானது அவ்வயனின் **இரசாயனச்சமவலு**விலேடு விகிதசமமானதாகும். ஐதரசனின் திணிவினது ஒரு பாகத்திலேடு சேரவோ

[1]தொழில்முறையில் உபயோகிக்கப்படும் பெரிய கலமானது மின்பகுப்புத்தொட்டி அல்லது கலம் எனப்படும்.

அல்லது அதனை இடம்பெயர்க்கவோ செய்யும் அயன் அல்லது முதலொன்றின் திணிவே இரசாயனச்சமவலுவாகும். மூலகமொன்றிலே இரசாயனச்சமவலுவானது, அணுத்திணிவை வலுவளவினூல் வகுத்துப் பெறப்படும். உதாரணமாக, வெள்ளியின் அணுத்திணிவு 107·88 ; வலுவளவு 1 ; ஆதலின் இரசாயனச்சமவலு 107·88 ஆகும். அணுத்திணிவு ஏறத்தாழ 63 ஐயுடைய செம்பிற்குக் குப்பிரசுக்குளோரைட்டைப்போன்ற (CuCl) குப்பிரசுப்பொன்றிலே இரசாயனச்சமவலுவானது, இங்கு செம்பானது ஒரு வலுவளவுடையதாதலின், 63 ஆகும். ஆனற் குப்பிரிக்குளோரைட்டைப்போன்ற ($CuCl_2$) குப்பிரிக்குப்பிலே செம்பானது இருவலுவளவுடையதாதலின், இரசாயனச்சமவலுவானது 63/2 ஆகும்.

அயனென்றின் **மின்னிரசாயனச்சமவலு** *e* ஆனது மின்னின் கணியவலகொன்றினது செல்லுகையினூல் வெளிவிடப்படுங் கிராமிலளக்கப்படுந் திணிவாகும். இவ்வரைவிலக்கணத்திலிருந்து,

$$M = eQ = eIt$$

எனப் பெறப்படும். அத்துடன் மேலேயுள்ள கூற்றுக்களிலிருந்து மின்னிரசாயனச்சமவலுவானது இரசாயனச்சமவலுவிலேடு விகிதசமமானதென, அதாவது அயனென்றின் மின்னிரசாயனச் சமவலுவானது அயனின் இரசாயனச்சமவலுவினதும் ஐதரசனின் மின்னிரசாயனச்சமவலுவினதும் பெருக்கத்திற்குச் சமமாகுமெனப் பெறப்படும்.

கணியத்தின் அல்லது மின்னோட்டத்தின் **செய்முறையலகுகள்**, மின்பகுபொருளொன்றினூடு மின்னின் செல்லுகையினூல் உண்டாக்கப்படும் இரசாயனத் தாக்கத்தின் அளவைக்கொண்டு பெரும்பாலும் வரையறுக்கப்படும். உதாரணமாக, **சர்வதேசக்கூலோம்**[1] என்பது நீரிலே வெள்ளி நைதரேற்றின் நடுநிலைக் கரைசலொன்றிலிருந்து 0·001118 கி. வெள்ளியை வெளிவிடும் மின்னின் கணியமாக வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. அன்றியும், ஒரு **சர்வதேசவம்பியர்**[1] மின்னோட்டமென்பது நீரிலே வெள்ளி நைதரேற்றின் நடுநிலைக் கரைசலொன்றிலிருந்து செக்கனென்றுக்கு 0·001118 கி. வெள்ளியை வெளிவிடும் மின்னோட்டமாகும். உதாரணமாக, இவ்வரைவிலக்கணத்திலிருந்து வெள்ளியின் மின்னிரசாயனச்சமவலுவானது கூலோமொன்றுக்கு 0·001118 கி. ஆகும். (ஐதரசனின் சார்பாக) வெள்ளியின் இரசாயனச் சமவலுவானது 107·02 ஆகும். எனவே, ஐதரசனின் மின்னிரசாயனச்சமவலுவானது கூலோமொன்றுக்கு 0·00001045 கி. ஆகும்.

[1]இவ்வகையாக வரையறுக்கப்பட்ட நியாய அல்லது சர்வதேசக் கூலோம் அல்லது அம்பியர் மின்னோட்டமொன்றின் காந்தத்தாக்கத்தைக்கொண்டு வரையறுக்கப்படும் கூலோம் அல்லது அம்பியரிலிருந்து மிகச்சிறிய அளவினாலேயே வேறுபடும்.

ஒரு வலுவளவையுடைய எந்த மூலகத்தினதும் ஒரு **கிராமணுவை** வெளிவிடத்தேவையான மின்கணியமானது ஒரு **பரடே** எனப்படும். பரடேயானது $107{\cdot}88 \div 0{\cdot}001118 = 96500$ கூலோமிற்கு ஏறத்தாழச் சமமாகும்

ஒரு கிராமணு என்பது மூலகத்தின் அணுத்திணிவைக் குறிக்கும் எண்ணளவு கிராம் தொகையையுடைய திணிவாகும். ஒட்சிசனின் அணுத்திணிவை 16 எனக் கொள்வோமாயின், வெள்ளியின் கிராமணுவொன்று 107·88 கி. ஐக் கொண்டதாகும்.

2. மின்னிரசாயனச்சமவலுக்களின் தீர்மானம்

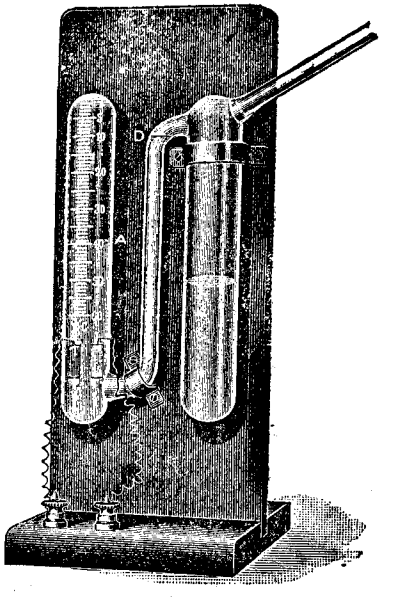
ஐதரசனின் மின்னிரசாயனச்சமவலு

நீரிலே சல்பூரிக்கமிலத்தின் ஐதான கரைசலொன்றினூடு பிளாற்றின மின்வாய்களுக்கிடையே மின்னோட்டமொன்று செலுத்தப்படுமாயின் பிரிக்கையானது நிகழும். அப்போது நேர்மின்வாயிலே ஒட்சிசனும் எதிர்மின்வாயிலே ஐதரசனும் வெளிவிடப்படும். இச்சந்தர்ப்பத்திலே மின்வாய்களிலே பிரிக்கையின் விளைவுகள் கலமொன்றின் தட்டுக்களைப்போலத் தொழிற்படுகின்றனவாதலின், பெறப்படக்கூடிய மின்னியக்கவிசையானது ஏறத்தாழ 1·5 உவோற்றிலும் பெரிதாயிருக்கும்போது மட்டுமே மின்னோட்டத்தைத் தொடர்ச்சியாய்ச் செலுத்தமுடியும். இக்கலமானது மின்னோட்டத்தின் செல்லுகையை எதிர்க்கும் **மி.இ.வி.** ஒன்றைப் பெற்றிருக்கும். உண்டாக்கப்படும் **பின் மி.இ.வி.** ஆனது ஏறத்தாழ 1·5 உவோற்றாகும். கரைசலினூடுசெல்லும் மின்னோட்டத்தின் திறனானது மிகச்சிறிதாயிருக்குமாயின் வெளிவிடப்படும் ஐதரசனானது நீரினுற் கரைக்கப்பட்டு வாயுக்குமிழிகளின் வெளியேற்றங் கட்புலனாகாதிருத்தல்கூடும். ஆனால் வலுக்கூடிய மின்னோட்டத்தினூடு குமிழிகள் கட்டற்று வெளிவந்து நீரானது சீக்கிரத்தில் வாயுவினால் நிரம்பிவிடும். எனவே, இதன்பின் வெளிவிடப்படும் ஐதரசனெல்லாஞ் சேர்க்கப்படலாம். இப்போது வாயுவானது நடுநிலை **மூலக்கூறுகளின்** உருவத்திலுள்ளது.

சல்பூரிக்கமிலக்கரைசலுக்குப் பதிலாக வேறுங் கரைசல்கள் உபயோகிக்கப்படலாம். உதாரணமாக மிகத்தூய ஐதரசனின் ஆக்கத்திலே பேரியமைதரொட்சைட்டின் $Ba(OH)_2$ கரைசலானது பெரும்பாலும் பிரயோகிக்கப்படும்.

ஐதரசனின் மின்னிரசாயனச்சமவலுவைத் தீர்மானிக்கவேண்டுமாயின் தெரிந்த காலமொன்றிற்குத் தெரிந்த மின்னோட்டமொன்றைச் செலுத்தி, வெளிவிடப்பட்ட ஐதரசனைச் சேர்த்துத் தெரிந்த நிலைமைகளின்கீழ் அதன் கனவளவையளந்து திணிவைக் கணித்தல்வேண்டும்.

தான்சன் கல்வனோமானியானது மின்னோட்டத்தைத் **தனியலகுகளிலே** அளக்குமாதலின் மின்னோட்டத்தை அளக்க அதனை உபயோகிக்கலாம். தான்சன் கல்வனோமானியொன்றினூடு ஒப்பிடப்பட்டு முன்னரே நியமமாக்கப்பட்டுள்ளதும், ஏறத்தாழ 0 தொடக்கம் 3 அம்பியர்வரை அளவீட்டையுடையதுமான இயங்குசுருள் அம்பியர்மானியொன்றை உபயோகிப்பது பெரும்பாலும் வசதி கூடியதாயிருக்கும். + குறியையுடைய அம்பியர்மானியின் முடிவிடத்தை மின்கலவடுக்கின் நேர்முடிவிடத்தினூடு இணைக்கவேண்டும். 1 தொடக்கம் 2 அம்பியர்வரையிலுள்ள மின்னோட்ட மொன்று பெரும்பாலும் வசதியாயிருக்கும். மின்கலவடுக்கிலுள்ள கலங்களின் தொகையை மாற்றியேனும், நேரான மின்னோட்டம் வழங்கப்படும்[1] மின்னெளியிணைக்கம்பிகளிலிருந்து மின்னோட்டம் எடுக்கப்படும்போது சுற்றிலே போதியவளவு தடையைச் செலுத்தியேனும், ஏற்ற மின்னோட்டமொன்றைப் பெறமுடியும். வெளிவிடப்படும் வாயுவைச்சேர்ப்பதற்கு ஆய்கருவியின் பல்வேறு வகைகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.



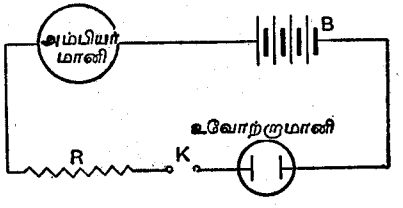
உருவம் 257. கலந்த வாயுக்களுக்குரிய உவோற்றுமானி

I. கலந்த வாயுக்களுக்குரிய ஆய்கருவி—ஆய்கருவியின் கண்ணுடிப்பாகம் 257 ஆம் உருவத்திலுள்ளதுபோல அமைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்வாய்களிரண்டிலும் வெளிவிடப்படும் வாயுவானது ச.மீ. இல் அளவுகுறிக்கப்பட்டுள்ள ஒரே குழாயிலேயே சேர்க்கப்படும். ஒட்சிசனின் ஒவ்வொரு கனவளவுக்கும் ஐதரசனின் இரண்டு கனவளவுகள் வெளிவிடப்படுமாதலின், சேர்க்கப்பட்டுள்ள வாயுவின் முழுக்கனவளவிலும் மூன்றிலிரண்டு பாகம் மட்டுமே ஐதரசனுகும். ஆய்கருவியை அடிக்கடி பக்கப்பாட்டுக்கு ஒருச்சாய்த்து அளவுகுறிக்கப்பட்ட கண்ணுடிக்குழாயைத் திரும்பவும் நீரினால் நிரப்பலாம். பரிசோதனைச்சாலை மேசையிலே ஐதான காடியானது தெறிக்கும் அபாயமின்றியே ஆய்கருவியானது இவ்வகையாகக் கவனமாக ஆயத்தஞ்செய்யப்படலாம்.

[1]விளக்குத்தடையொன்றின் வசதியான வகையொன்றைப்பற்றிய 735 ஆம் பக்கம்பார்க்க.

பரிசோதனை 243. ஐதரசனின் மி.இ.ச. ஐத் தீர்மானித்தல். I—தொடுக்கும் முறையானது 258 ஆம் உருவத்திலே காட்டப்பட்டுள்ளது.

இவ்விணைப்புக்களைச் செய்துமுடிந்ததும், அம்பியர்மானியிலே ஏற்ற திரும்பல் பெறப்பட்டுள்ளதென்பதையும் மின்வாய்களிலிருந்து வாயுக்குமிழிகள் வெளிவிடப்படுகின்றனவென்பதையும் பார்ப்பதற்காகச் செருகிச் சாவியொன்றைக்கொண்டு சில கணங்களுக்குச் சுற்றை முற்றுக்குக. சேமிப்புக்கலங்களைக்கொண்ட மின்கலவடுக்கொன்றிலிருந்து மின்னோட்டம் பெறப்படுமாயின், மின்னோட்டத்தை விரும்பிய திறனுக்குச் செப்பஞ் செய்வதற்காகப் பிளாற்றினப்போலி அல்லது மங்கனீன் தடைக்கம்பித்துண்டொன்று செலுத்தப்படலாம். மெய்யான பரிசோதனையைத் தொடங்குமுன்பு தொடக்கத்துச் செப்பஞ்செய்கைகளின்போது அளவு குறிக்கப்பட்ட குழாயிற் சேர்ந்த வாயுக்குமிழிகளை அகற்றுக.



உருவம் 258. மின்னிரசாயனச் சமவலுவின் தீர்மானம்

மின்னோட்டத்தையும் நிறுத்தற்கடிகாரமொன்றின் அல்லது கடிகாரமொன்றின் செக்கன்கம்பியையும் ஒரேநேரத்திற்றொடக்கிக் குழாயின் அளவுகுறிக்கப்பட்டபாகம் கலந்தவாயுக்களினுல்[1] நிரப்பப்படுமட்டும் வாயுவெளியாதலை நிகழவிடுக. ஒவ்வோரரை நிமிடத்திற்கும் அம்பியர்மானியின் அளவீடு எடுக்கப்படல்வேண்டும். இவ்வளவீடுகளிலிருந்து மின்னோட்டத்தின் சராசரிப்பெறுமானங் கணிக்கப்படல்வேண்டும். வாயு முழுவதுஞ் சேர்க்கப்பட்டதும் மின்னோட்டத்தையும் நிறுத்தற்கடிகாரத்தையும் ஒரேநேரத்தில் நிறுத்தி மின்னோட்டம் பாய்ந்துகொண்டிருந்த காலம் t இன் பெறுமானத்தைச் செக்கனிற் காண்க. பரிசோதனையின் நிலைமையின் கீழ்ச் சேர்க்கப்பட்ட வாயுவின் கனவளவு V க.ச.மீ. ஐயுந் தீர்மானிக்க. அப்போது வாயு முழுவதினதும் மூன்றிலிரண்டு பாகம் மட்டுமே ஐதரசனுகுமென்பதை ஞாபகத்தில் வைத்துக்கொள்ளல்வேண்டும்.

இக்கனவளவு V க.ச.மீ. ஆனது வெப்பநிலைக்கும்[2] அமுக்கத்திற்குந் திருத்தப்படல்வேண்டும். அதாவது, O°C இலும் இரசத்தின் 760 மி.மீ. அமுக்கத்தின்கீழும் கனவளவானது என்னவாகுமென நாம் அறிதல்வேண்டும்.

[1] மின்வாய்கள் திரவத்தினுல் மூடியிராதுவருமட்டும் வாயுவெளியாதலைத் தொடர்ந்து நிகழவிடக்கூடாது. இவ்வாறு நிகழுமாயின் ஆய்கருவியின் இவ்வகையினுடு அபாயத்திற்குரிய வெடித்தல் உண்டாகக் கூடும்.

வெப்பநிலைக்குரிய திருத்தம்.—கொடுபட்ட வாயுத்திணிவொன்றின் கனவளவானது அதன் தனிவெப்பநிலையினுடு நேராக விகிதசமமாகுமாதலின் வெப்பநிலையின் **தனியளவுத்திட்டத்தை** உபயோகித்து, இத்திருத்தமானது எளிதிற் செய்யப்படலாம். சதமவளவுத்திட்டத்திலுள்ள வெப்பநிலைகளைத் தனியளவுத் திட்டத்திலுள்ள வெப்பநிலைகளுக்கு மாற்றவேண்டுமாயின் சதமவளவு வெப்பமானியின் அளவீட்டினுடு 273° ஐக் கூட்டுவதே தேவையாகும். O°C இல் அல்லது 273°K இல் வாயுவொன்றின் கனவளவு

$$V \times \frac{273}{T}$$

என்பதனுற் கொடுக்கப்படும்.

இங்கு T என்பது தனியளவுத்திட்டத்திலே அறையின் வெப்பநிலையாகும்

நீராவியின் அமுக்கத்திற்குரிய திருத்தம்—P என்பது இரசமில்லிமீற்றரிலே பரிசோதனையின் முடிவிற் குழாயிலுள்ள வாயுக்கலவையின் மெய்யான அமுக்கமெனக் கொள்க.

B என்பது மி.மீ. இலே பாரமானியின் உயரமெனக்கொள்க. A இற்கும் D இற்குமிடையேயுள்ள (உருவம் 257) நீர்மட்டவித்தியாசத்தின் காரணத்தினுல் குழாயிலுள்ள அமுக்கம் P ஆனது வளியமுக்கத்திலிருந்து வேறுபடும்.

h என்பது மி.மீ. இலே A இற்கும் D இற்குமிடையேயுள்ள மட்டவித்தியாசமெனக்கொள்க. A இற்கும் D இற்குமிடையேயுள்ள மட்டவித்தியாசத்தின் பயனை அமுக்கமானது, இரசத்தினடர்த்தி 13·6 ஆதலின், $h/13{\cdot}6$ மி.மீ. இரசத்திற்குச் சமமாகும். எனவே,

$$P = B + h/13{\cdot}6.$$

முழுவமுக்கம் P ஆனது ஐதரசன் ஒட்சினின் பயனை அமுக்கம் P′ உடன் குழாயிலுள்ள நீராவியின் பயனை அமுக்கம் p உஞ்சேர்ந்ததாகும். குழாயிலுள்ள வெளியானது நிரம்பியதாதலின், p ஆனது அறையின் வெப்பநிலையிலே, மி.மீ. இரசத்தில், நீரின் நிரம்பிய ஆவியமுக்கமாகும். (839 ஆம் பக்கத்திலே அனுபந்தத்தைப் பார்க்க)

ஆகவே, $P' = P - p$, அதாவது $P' = B + h/13{\cdot}6 - p$ ஆகுமாதலின், நியமவமுக்கமாகிய 760 மி.மீ. இலும், O°C இலும், ஐதரசனும் ஒட்சினுஞ் சேர்ந்த கனவளவானது,

$$V_0 = V \times \frac{273}{T} \times \frac{P'}{760}$$

$$= V \times \frac{273}{T} \times \frac{B + h/13{\cdot}6 - p}{760}$$

ஆகும்.

ஐதரசனின் கனவளவானது இக்கனவளவின் மூன்றிலிரண்டு பங்காகும்.

0°C இலும் இரசத்தின் 760 மி.மீ. இன்கீழுமுள்ள 1 இலீற்றர் ஐதரசனின் திணிவானது 0·08987 கி. ஆதலின், இதே நிலைமைகளின் கீழுள்ள 1 க.ச.மீ. ஐதரசனின் திணிவை ஏறத்தாழச் சரியாக 0·00009 கி. ஆக நாம் எடுத்துக்கொள்ளலாம். எனவே, ஐதரசனின் திணிவாகிய

$$M = \tfrac{1}{3} V_0 \times 0{\cdot}00009.$$

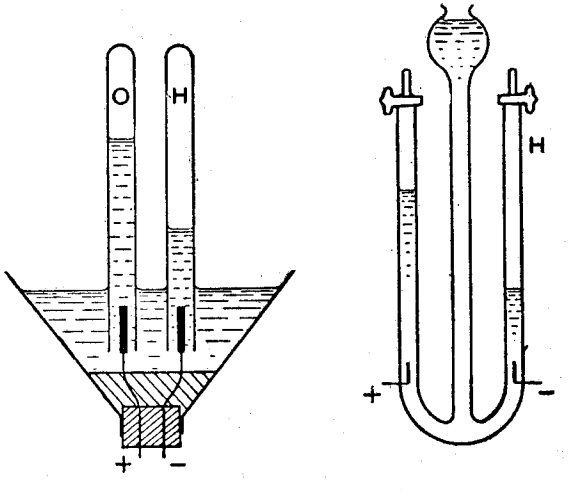
இதன்பின்

$$e = \frac{M}{It}$$

என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து ஐதரசனின் மின்னிரசாயனச்சமவலுவானது கணிக்கப்படலாம்.

I இற்குரிய வெவ்வேறு பெறுமானங்களோடு இப்பரிசோதனை திருப்பிச் செய்யப்படலாம்.

II. வெவ்வேறான வாயுக்களுக்குரிய ஆய்கருவி.—இவ்வாய்கருவியிலே தலைகீழான வாயுசேர்க்கும் குழாய்களிரண்டிலேனும், அளவிகளிலேனும்



உருவம் 259. வெவ்வேறான வாயுக்களுக்குரிய உவோற்றுமானி

ஐதரசனும் ஒட்சிசனும் வெவ்வேறுகச் சேர்க்கப்படும். பரிசோதனையைத் தொடக்குமுன்பே இவற்றை நீரினால் நிரப்பிப் பிளாற்றின மின்வாய்களின் மேலே நிலையில் வைத்தல்வேண்டும் (உருவம் 259.)

பரிசோதனை 244.—ஐதரசனின் மி. இ. ச. இனது தீர்மானம். II—258 ஆம் உருவத்திலுள்ளதுபோல மின்தொடுப்புக்களைச் செய்து சேர்க்கும் குழாய்களில் அமில நீரினால் நிரப்புக. 259 ஆம் உருவத்தில் இடப்பக்க ஆய்கருவியிலே குழாய்களிரண்டும் வெவ்வேறுக ஏற்றப்பட்டுள்ளன.

உவோற்றுமானியின் தடையானது இக்குழாய்கள் அமிழ்த்தப்பட்டுள்ள ஆழத்திலோடு மிக்க கணிப்புக்குரிய வகையில் மாறுகின்றது. எனவே, குழாயொன்றின் நிலையை மாற்றி மின்னோட்டத்திறனானது செப்பஞ் செய்யப்படலாம். இச்செப்பஞ்செய்கையைச் செய்யும்போது குமிழிகளெல்லாங் கண்ணுடிக்குழாயினுள்ளே பிடிபடக்கூடியதாய்க் கவனமெடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். குழாயானது திரவத்தினுள்ளே போதியவளவு ஆழத்திலில்லாவிட்டாற் சில குமிழிகள் வெளியே செல்லக்கூடும். நிகழ்ச்சிமுறையானது முன்னரே விவரிக்கப்பட்டதிலோடு மிகவும் ஒத்திருக்கும். ஆனால், இச்சந்தர்ப்பத்திலே, எதிர்மின்வாயில் வெளிவிடப்படும் ஐதரசனானது அதனைக்கொண்டுள்ள குழாயானது உவோற்றுமானியிலுள்ள நீர்மட்டத்திற்கு நிரம்பியிருக்குமட்டும் சேர்க்கப்படும். குழாயினுள்ளேயுள்ள நீர்மட்டத்தை வெளியேயுள்ள நீர்மட்டத்திற்குச் செப்பஞ்செய்தால் h ஆனது பூச்சியமாகும். எனவே, மட்டவித்தியாசத்திற்குரிய திருத்தந் தேவைப்படாது.

அங்குள்ள நீராவிக்குரிய திருத்தஞ் செய்யப்படல்வேண்டும். வளியமுக்கம் B ஆயிருக்க, வளியமுக்கத்திலே கனவளவு V ஆனது அளக்கப்பட்டுள்ளதாயின், $B - p$ அமுக்கத்திலே ஐதரசனின் இக்கனவளவு குழாயினுள்ளிருக்கும். இங்கு p என்பது நீரின் வெப்பநிலையிலே நீராவியின் நிரம்பிய ஆவியமுக்கமாகும்.

வெப்பநிலைக்குந் திருத்தவேண்டியது அவசியமாகும்.

0°C இற்கும் 760 மி.மீ. அமுக்கத்திற்குஞ் சுருக்கப்பட்ட ஐதரசனின் கனவளவானது

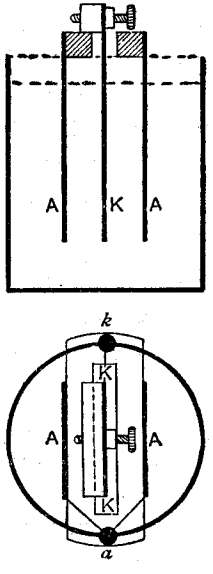
$$V_0 = V \times \frac{273}{273 + t} \times \frac{B - p}{760}$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். இங்கு t என்பது உவோற்றுமானியிலுள்ள நீரின் சதமவளவை வெப்பநிலையாகும்.

259 ஆம் உருவத்திலே வலப்பக்கத்திற் காட்டப்பட்டுள்ள ஆய்கருவியானது உபயோகத்திற்கு வசதிகூடியதாயிருக்கும். தலைகீழான அளவிகளிரண்டு தொட்டியொன்றைக் கொண்ட மத்திய குழாயிலோடு நிரந்தரமாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இத்தொட்டியினுள்ளே ஐதான அமிலமானது ஊற்றப்பட்டுள்ளது. குழாயடைப்புக்களைக் கொண்டு தேவைப்படும்போது திரவத்தினாற் பக்கக்குழாய்கள் நிரப்பப்படலாம். 243 ஆம் பரிசோதனையிற் போலவே ஆய்கருவியின் இவ்வகையிலும் ஐதரசன் சேர்க்கப்பட்டபின்பு நீர்மட்ட வித்தியாசத்திற்குரிய திருத்தமொன்று தேவைப்படும்.

செம்பின் (குப்பிரிக்கு) மின்னிரசாயனச்சமவலு

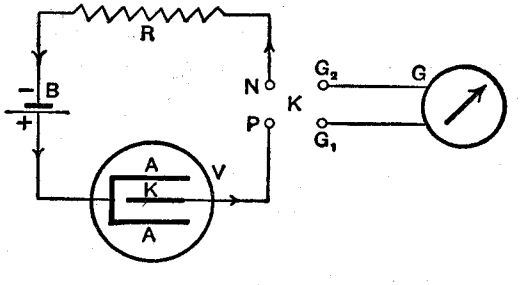
நீரிலே செம்புப்பின் கரைசலொன்றினூடாகச் செம்புமின்வாய்களுக் கிடையே மின்னோட்டமொன்று செலுத்தப்படும்போது நேர்மின்வாயிலிருந்து செம்பு கரைக்கப்பட்டு எதிர்மின்வாயிலே படியப் பெறும். நிகழுகின்ற இரசாயனமாற்றத்தின் அளவானது உவோற்றுமானியினூடு செல்லுகின்ற மின் கணியத்திலேயே விகிதசமமானதாகும். ஆயினும், சிறிய துண்டுகள் இளக்கப்பட்டு நேர்மின்வாயிலிருந்து பொறிமுறையாக விலகிக்கொள்வதினால், நேர்மின்வாயின் நிறைக்குறைவிலிருந்து நம்பத்தகுந்த விளைவுகள் பெறப்படமுடியாதனவெனக் காணப்படுகின்றது. எனவே, அளவுக்குரிய பரிசோதனைகளிலே எதிர்மின்வாயின் நிறையதிகரிப்பே எப்போதுந் தீர்மானிக்கப்படும். மின்னின் ஒரு கூலோமினது செல்லுகையினாற் படிந்த செம்பின் நிறையாகிய செம்பின் மின்னிரசாயனச்சமவலுவைத் தீர்மானிப்பதே எமது இப்போதைய நோக்கமாகும். ஆகவே, தான்சன்கல்வனோமானியைப் போன்ற எதாவது தனிக்கருவியினால் மின்னோட்டத்தின் திறனையளந்து மின்னோட்டம் பாயும் நேரத்தையுஞ் செக்கனில் அவதானித்தல் வேண்டும். ஆயினும், பரிசோதனைகள் பலவற்றிலே மின்னிரசாயனச்சமவலுவின் பெறுமானங்கொள்ளப்படும். பாயும் மின்னோட்டத்தின் திறனை அளத்தற்குச் செப்புவோற்றுமானி உபயோகிக்கப்படும்.



உருவம் 260.
செப்புவோற்றுமானி

செப்புவோற்றுமானி என்பது நிறையளவிற் செப்புச்சல்பேற்றுப்பளிங்கின் ஏறத்தாழ 20 பாகத்தை நீரின் ஏறத்தாழ 100 பாகத்திலே கரைத்துப் பெற்ற செப்புச்சல்பேற்றுக் கரைசலொன்றைக்கொண்டுள்ள கண்ணுடிச் சாடியொன்றைக் கொண்டதாகும். செறிந்த சல்பூரிக்கமிலத்தின் 1 நூற்றுவீதத்தைச் சேர்த்துக் கரைசலானது சிறிதளவு காடியாக்கப்படும். நேர்மின்வாயானது ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாய் வைக்கப்பட்ட ஒத்த செப்புத்தட்டுகளிரண்டைக் கொண்டதாகும். கண்ணுடிச்சாடியின் முடியிலே ஒய்ந்திருக்கும் எபனைற்றுப்பாலமொன்றினால் இவை தாங்கப்பட்டுள்ளன. இத்தட்டுகளிரண்டும் எபனைற்றினூடு பொருத்தப்பட்டுள்ள முடிவிடமொன்றினூடு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. எதிர்மின்வாயானது நேர்மின்வாய்த் தட்டொன்றின் பருமனையே ஏறத்தாழவுடைய ஒரு செப்புத்தட்டாகும். நேர்மின்வாய்த் தட்டுக்களினிடையே இது வைக்கப்பட்டு, நிறுத்தற்கு இலகுவில் அகற்றப்படக்கூடியதாய்த் தனியிணைத்திருகாணியொன்றைக்கொண்டு எபனைற்றிலுள்ள பித்தளைக் குற்றியொன்றினூடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். நேர்மின்வாயும் எதிர்மின்வாயும் மின்னோட்டத்தினால் வெளிவிடப்படும் உலோகத்தையே கொண்டுள்ளனவாதலின், முனைவாக்கலின் பயனை பின் மி.இ.வி. இங்கு கிடையாது. எனவே, பிரயோகிக்கப்பட்ட ஆகச்சிறிய மி.இ.வி. ஆனது செப்பின் படிவையுண்டாக்கும். ஆனால், மின்னோட்டம் மிகச் சிறியதாயிருக்குமாயின் திருத்தமாக நிறுக்கப்படக்கூடிய அளவைப் பெற மிகுந்த நேரமெடுக்கும். மின்னோட்டமானது திறன்கூடியதாயிருந்தாலோ செம்பானது தட்டைவிட்டு வெளியே செதிளாயமைதல்கூடும். உறுதியானதும் அழுத்தமானதுமான செம்பின் படிவைப் பெறவேண்டுமாயின், மேற்பரப்பின் ஒவ்வொரு 50 அல்லது 60 ச.ச.மீ. இற்கும் மின்னோட்டமானது ஓரம்பியரிலும் அதிகப்படுதல்கூடாது. ஆகவே, எதிர்மின்வாயின் இரண்டு பக்கங்களினதும் பரப்பைக்கண்டு இவ்வுயர்வு மின்னோட்டத்தினோடொத்த கல்வனோமானியின் திரும்பலை அண்ணவாகக் கணித்தல்வேண்டும். எதிர்மின்வாயானது ஏறத்தாழ 5 ச.மீ. அகலமான செவ்வகத் தட்டாயிருந்து 10 ச.மீ. ஆழத்திற்கு அமிழ்த்தப்படுமாயின், உபயோகிக்கப்படவேண்டிய மின்னோட்டமானது ஏறத்தாழ 2 அம்பியராயிருத்தல் வேண்டும். படிவானது ஆகக்குறைந்தது அரைமணி நேரத்திற்குத் தொடர்ந்து நிகழல்வேண்டும்.

பரிசோதனை 245. செம்பின் மி. இ. ச. ஐத் தீர்மானித்தல்—261 ஆம் உருவத்திற்போல ஆய்கருவியை இணைக்க. நேர்மின்வாயைக் கலத்தின் நேர் மூனைவினோடு இணைப்பதைப் பற்றிக் கவனமெடுக்க. தடை R இற்கும் எதிர்மூனைவிற்கு மிடையேயுள்ள தொடுப்பானது எல்லாவற்றிலுங் கடைசியாய்ச் செய்யப்படல் வேண்டும்.



உருவம் 261. செம்பின் மி.இ.ச.

B என்பது தனித்துணைக்கலமொன்று போதியதாயுள்ள மின்கலவடுக்காகும்.

V என்பது உவோற்றுமானியாகும்.

R என்பது செப்பஞ்செய்யக்கூடிய தடையாகும். இது பிளாற்றினைப்போலிக்கம்பியொன்றின் ஒரு துண்டாயிருக்கலாம்.

K என்பது ஒரு திசைமாற்றியாகும்.

G என்பது ஒரு தான்சன் கல்வனோமானியாகும்.

வழக்கமாக உபயோகிக்கப்படுந் தான்சன்கல்வனோமானியானது தடித்த செப்புக்கம்பியின் தனிச்சுருளொன்றையேனும் அண்டியுள்ள இரண்டு சுருள்களையேனுங் கொண்டுள்ளது. கல்வனோமானியின் அயலிலுள்ள இரும்பெல்லாம் அகற்றப்படுதல் வேண்டும். சுருளின் தளமானது காந்தவுச்ச நெடுங்கோட்டிற்குச் சமாந்தரமாயிருக்குமாறும் அளவீடு பூச்சியமாயிருக்குமாறும் கல்வனோமானி வைக்கப்படல்வேண்டும். திசைமாற்றியோடு கல்வனோமானியை இணைக்குங் கம்பிகள் கல்வனோமானியிலிருந்து வெளியேயெடுக்கப்பட்டு, அவற்றினூல் உண்டாக்கப்படும் காந்தமண்டலங்கள் ஊசியை தாக்காதவாறு சேர்த்து முறுக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். வளையக்கூடிய இரட்டை இணைக்கம்பிகள் இத்தேவைக்கு வசதியாயிருக்கும்.

எதிர்மின்வாயானது மண்ணெயும் நீரையுந் துணியையுங்கொண்டேனும், அரத்தாளின் துண்டு அல்லது நுரைக்கல்லைக்கொண்டேனும் நன்றாகச் சுத்தமாக்கப்படல் வேண்டும். தடை R இன் பெறுமானத்தை மாற்றி விரும்பிய பெறுமானத்திற்கு மின்னோட்டமானது செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடியதாய் எதிர்மின்வாயை நீரினூற் கழுவி உலோற்றுமானியினுள் வைத்தல்லேண்டும். இரண்டொரு நிமிடத்திற்கு மின்னோட்டம் பாய்ந்தவுடன் சுற்றறுக்கப்பட்டுப் பரிசோதனைக்காக எதிர்மின்வாய் வெளியேயெடுக்கப்படும். இப்போது அமிழ்த்தப்பட்ட பாகஞ் செந்நிறமான செம்பின் படிவினூல் அழுத்தமாய் மூடப்பட்டிருக்கும். தட்டானது இருட்டடைந்த நிறத்தையுடையதாயின் தொடுப்புக்கள் திருத்தமாய்ச் செய்யப்படவில்லை என்பதைக் காட்டும். செந்நிறப்படிவையுடைய தட்டானது கழுவப்பட்டு கவனமாய் உலரவிடப்படல் வேண்டும். உரோஞ்சாமலே மிகுதியான நீரை ஒற்றுத்தாளினூல் அகற்றுதல் வேண்டும். இப்போது தட்டைப் பன்சனடுப்பு அல்லது மதுசார விளக்கின் சிறிது தூரத்திற்கு மேலேபிடித்து மெதுவாகச் சூடாக்கலாம். இந்நிகழ்ச்சியின்போது மேற்பரப்பு ஒட்சியாகாது கவனமாய்த் தடுத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். ஈரமற்றுக் குளிர்ந்தபின்பு எதிர்மின்வாயானது திருத்தமான இரசாயனத் தராசொன்றில் வைக்கப்பட்டு **ஒரு மில்லிகிரா** முக்குச் சரியாய் நிறுக்கப்படல்வேண்டும். இதன்பின்பு உலோற்றுமானியில் இது திரும்பவும் வைக்கப்படும். தெரிந்தவொரு கணத்திலே மின்னோட்டந் தொடக்கப்பட்டு ஆகக்குறைந்தது அரைமணி நேரத்திற்குப் பாயவிடப்படும். முதலாந்து நிமிடங்களின்போது கல்வனோமானித்திரும்பல் அவதானிக்கப்படும். இக்காலமுடிவிலே கல்வனோமானியினூடு செல்லும் மின்னோட்டமானது விரைவாக நேர்மாறுக்கப்பட்டுத் திரும்பல் மீண்டும் அவதானிக்கப்படும். அடுத்த ஐந்து நிமிடங்களின்பின்பு மின்னோட்டந் திரும்பவும் நேர்மாறுக்கப்படும். இவ்வாறே தொடர்ந்து நிகழ்தல்வேண்டும்.

விளைவுகளைப் பின்வருமாறு குறித்துக்கொள்க :—

காலம்		சராசரித்திரும்பல்		தான்சன்
0 நிமி.				
	>	+ 35·0	..	0·7002
5				
	>	− 36·5	..	0·7400
10				
	>	+ 36·0	..	0·7265
15				
	>	− 36·0	..	0·7265
20				
	>	+ 35·5	..	0·7133
25				
	>	− 35·0	..	0·7002
30				
				0·7178 சராசரி

பரிசோதனையின்போது அம்பியரில் அளக்கப்படுஞ் சராசரி மின்னோட்டமானது

$$\mathrm{I} = 10 \times \frac{\mathrm{H}}{\mathrm{G}} \times \text{தான்}\ \theta$$

என்னுஞ் சூத்திரத்தினூற் கொடுக்கப்படும்.

இங்கு I என்பது அம்பியரில் அளக்கப்படுஞ் சராசரி மின்னோட்டமாகும்.

தான் θ என்பது திரும்பல்களின் சராசரித் தான்சனாகும்.

G என்பது கல்வனோமானியின் மையத்திலே மின்னோட்டத்தின் 1 ச.கி.செ. மின்காந்தவலகின் பயனை காந்த மண்டலமாகும்.

H என்பது ச. கி. செ. அலகுகளிலே (மூனைவலகிற்குரிய தைன்) பரிசோதனை செய்யப்படும் இடத்திலுள்ள புவியின் கிடைமண்டலமாகும்.

இப்போது ஆரை r ச.மீ. ஐயுடைய தனிச்சுற்றொன்றைக்கொண்ட[1] வட்டமான சுருளொன்றிற்கு

$$\mathrm{G} = \frac{2\pi}{r}$$

ஆகும். எனவே, $\mathrm{I}\ (\text{அம்பியரில்}) = \dfrac{10\, r\, \mathrm{H}}{2\pi}$ தான் θ.

சட்டக்கவராயமொன்றைக்கொண்டேனும் இடுக்கிமானிச்சோடியொன்றைக் கொண்டேனும், தடித்த கம்பியின் தனிச்சுருளினது சராசரி ஆரையாகிய r ஐக் கூடியவளவு திருத்தமாயளந்து I ஐக் கணிக்க.

எதிர்மின்வாயைக் கவனமாய்க் கழுவி முன்செய்வதைப்போலவே உலரவிட்டபின்பு அதனைத் திரும்பவும் நிறுத்தல் வேண்டும். நிறையினதிகரிப்புக் காணப்படும். இதனை M கிராமெனக்கொள்க. எனின், மின்னிரசாயனச்சமவலுவாகிய $e = \mathrm{M}/\mathrm{I}t$ = கூலோமொன்றினூற் படிந்தகிராமின்றொகை.

[1] எந்தச்சுருளினதும் ஆரை r இன் தூரத்திலுள்ள ஒவ்வொரு சுற்றைக்கொண்ட இரண்டு சுருளையுடைய எம்மோற்சுக்கல்வனோமானியொன்றிற்கு (பக்கம், 711).

$$\mathrm{G} = \frac{8{\cdot}99}{r}.$$

எனவே, இச் சந்தர்ப்பத்தில், $\mathrm{I}\ (\text{அம்பியரில்}) = \dfrac{10r\mathrm{H}}{8{\cdot}99}$ தான் θ.

அத்தியாயம் 7

மின்னோட்டமொன்றின் வெப்பவிளைவு

1. சூலின் (Joule) விதி

பொறிமுறைச்சத்தி W இற்கும் வெப்பச்சத்தி H இற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பைப்பற்றியும், W/H என்னும் மாறுவிகிதமாக வரையறுக்கப் பட்டுள்ள **சூலின் சமவலு** வினது நீர்மானத்தைப்பற்றியும், 459 ஆம், 470 ஆம் பக்கங்களிலே விவாதிக்கப்பட்டது. மின்சத்திக்கும் வெப்பச்சத்திக்கு முள்ள தொடர்பைப்பற்றியும் **சூல்** ஆராய்ந்துள்ளார். எந்தத் திரவியப் பதார்த்தத்தினூடும் மின்னின் இடமாற்றத்தைச் செய்யச் சத்தி செலவாகு மென அவருடைய பரிசோதனைகளிலிருந்து நாம் முடிவுசெய்யலாம். இந்த வுண்மைக்குக் காரணமான சிறப்பான ஒரியல்பை சிறந்த எந்தக்கடத்தியும் பெற்றுள்ளது. இவ்வியல்பையே கடத்தியின் **தடை** R எனக் குறிப்பிடு கின்றோம். **ஓமின்விதி**யின்படி மாறுத பௌதிக நிலைமைகளின்கீழ் R ஆனது மாறுதிருப்பதோடு, E/I இற்குச் சமமாகவுமிருக்கும்.

சத்தியின் விஞ்ஞானமுறை அளவுக்காகப் பிரயோகிக்கப்படும் முக்கிய அலகுகளாவன.—

ஏக்கு = 1 தைன் · சதமமீற்றர்.

சூல் = 1 நியூற்றன்-மீற்றர் அல்லது 10^7 ஏக்கு.

கிராம்கலோரி அல்லது சத்தியின் வெப்பவலகு = $4{\cdot}2 \times 10^7$ ஏக்கு = 4·2 சூல் (கூடிய திருத்தமாக 4·185 சூல்).

கில்லோவுவாற்றுமணி அல்லது **வர்த்தகசங்கவலகு** = 1 கில்லோவு வாற்றின் (கீழேபார்க்க) வலுவையுடையதும் 1 மணிநேரத்திற்கு வேலை செய்வதுமான எஞ்சினென்றினால் வழங்கப்படுஞ் சத்தி.

மின்சுற்றென்றிலுள்ள புள்ளிகளிரண்டினிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தி யாசமானது மின்கணியவலகொன்றை ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றதற்குக் கொண்டுசெல்லும்போது செய்யப்படும் வேலைக்குச் சமமாகும். எனவே, **அ.வி.** ஆனது E ஆயிருக்கும்போது புள்ளிகளிரண்டிற்கிடையே மின்னின் கணியம் Q கொண்டு செல்லப்படுமாயின், செய்யப்பட்ட வேலை $W = EQ$.

உறுதியான மின்னோட்டம் I ஆனது காலம் t இற்குப் பாயுமாயின் $Q = It$ ஆதலின், செய்யப்பட்ட வேலை $W = EI$.

E உவோற்றிலும், I அம்பியரிலும், t செக்கனிலுங் கொடுக்கப் படுமாயின், W ஆனது சூலிற் கொடுக்கப்படும். எனெனின், மின்னின் ஒரு **கூலோமை** மின்விசைகளுக்கெதிராக ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றென்றுக்

குக் கொண்டுசெல்லும்போது வேலையின் ஒரு **சூல்** செய்யப்படும்போதே அப் புள்ளிகளிரண்டினுக்கு மிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசம் ஓர் **உவோற்று** ஆகும்.

அ.வி. ஆனது ஓர் **உவோற்றுயுள்ள** புள்ளிகளிரண்டிற்கிடையே ஓர் **அம்பியர்** உறுதியான மின்னோட்டமொன்று பாயுமாயின், வேலைசெய் யும் **வீதமானது** செக்கனுக்கு ஒரு சூல், அல்லது ஓர் **உவாற்று** ஆகும்.

வலு அல்லது தொழிற்றிறன் (வேலைசெய்யும் வீதம்) என்பதை அளத் தற்குப் பிரயோகிக்கப்படும் அலகுகளாவன.—

ச.கி.செ. அலகு = செக்கனுக்கு 1 ஏக்கு.

உவாற்று = செக்கனுக்கு 1 சூல்.

கில்லோவுவாற்று = 1000 உவாற்று.

பிரித்தானிய பரிவலு = நிமிடத்திற்கு 33,000 அடி – இரு. = 746 உவாற்று.

மின்வலுவின் அளவானது **மின்னோட்டத்தின்** அளவிலும் **அழுத்த வித்தியாசத்திலுந்** தங்கியுள்ளது. சத்தியானது இவற்றிலும் காலத்திலுந் தங்கியுள்ளது.

மின்னோட்டமொன்றின் சத்தியானது பொறிமுறைவேலையைச் செய்யவோ இரசாயனத்தாக்கத்தை உண்டாக்கவோ உபயோகிக்கப்படாதபோது, கடத்தி யிலே வெப்பமாக அது தோற்றும். **சூலின்விதி**யின்படி, உண்டாக்கப்படும் வெப்பமானது,

$$W = JH$$

என்ற **சமன்பாட்டிற்கிணங்கக்** குறித்தவோரளவு பொறிமுறைச்சத்திக்குச் சமமாகும்.

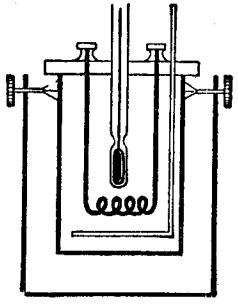
W சூலிலும், H கலோரியிலும் கொடுக்கப்படுமாயின், 1 கிராம்கலோரி யானது 4·2 சூலுக்குச் சமமாதலின், J = கலோரிக்கு 4·2 சூல் ஆகும் (மிக்க அண்ணளவாக).

எனின், $$JH = EIt.$$

$E = IR$ ஆதலின், $JH = I^2Rt$ எனவும் எழுதலாம்.

குறிப்பு.—மின்னோட்டத்தினால் வேலை செய்யப்பட்டாலென்ன, செய்யப்படா விட்டாலென்ன, கடைசியான இச்சமன்பாடு மெய்யானதேயாம். மின்னோட் டம் I ஆனது செலுத்தப்படும்போது தடை R ஐ மேற்கொள்ளத் தேவை யான பிரயோகிக்கப்படும் அழுத்தவித்தியாசத்தின் பாகமானது, எஞ்சி யுள்ள **அ. வி.** ஆனது பிரயோகிக்கப்பட்டபோதிலும், IR இற்குச் சமமாகும். ஆகவே, வெப்பவிளைவானது எப்போதும் I^2Rt இனால் அளக்கப்படும். மின்பொறிமுறையறிஞர் இதனை "IR^2 நட்டம்" எனப் பெரும்பாலும் குறிப்பிடுவர்.

பரிசோதனை 246A. ஏறத்தாழ 10 அம்பியர் மின்னோட்டமொன்றை உபயோகித்து மின்முறையொன்றைக்கொண்டு வெப்பத்தின் பொறிமுறைச்சமவலுவைத் தீர்மானித்தல்—இவ்வினையின் திருத்தத்தைப் பரிசோதிக்கவேண்டுமாயின், தெரிந்த அழுத்த வித்தியாசமொன்றின் கீழ்க் குறித்த காலமொன்றிற் கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்டமொன்றின் செல்லுகையினால் உண்டாக்கப்படும் வெப்பத்தை அளத்தல்வேண்டும்.



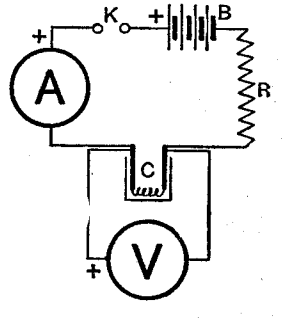
உருவம் 262.
வெப்பமாக்கற் சுருளைக் கொண்ட கலோரிமானி

8 தொடக்கம் 12 அம்பியர்வரையிலுள்ள பெரிய மின்னோட்டமொன்றைப் பெறக்கூடுமாயின், இரண்டு அல்லது மூன்று நிமிடங்களிலே கணிப்பான வெப்பநிலைமாற்றமொன்றைப் பெறமுடியும்.

தெரிந்த தன்வெப்பத்தையுடைய திரவமொன்றைக் கொண்டதும் ஏறத்தாழ அரையிலீற்றர் கொள்ளளவையுடையதுமான பெரிய கலோரிமானியொன்றினுள்ளே மின்னோட்டத்தைக் காவுகின்ற தடைக்கம்பியின் சுருளொன்றை அமிழ்த்தி உண்டாக்கப்பட்ட வெப்பம் அளக்கப்படும். நீரிலே ஓரளவு மின்பகுப்பு நிகழுகின்றது. ஆனால், பிரயோகிக்கப்படும் அழுத்த வித்தியாசமானது 8 அல்லது 10 உவோற்றுக்கு அதிகப்படாமலும், அமிழ்த்தப்பட்டுள்ள சுருளியின் தடையானது ஏறத்தாழ 0·5 ஓமைப் போன்று தாழ்ந்தும் இருக்குமாயின், வினைவை இது அதிகமாகத் தாக்காது. கலோரிமானியின் மரமூடியிற் பொருத்தப்பட்டுள்ள முடிவிடங்களிரண்டிலோடு தடித்த செப்பினைக்கம்பிகளினூற் சுருளியானது இணைக்கப்பட்டிருக்கும். வெப்பமானிக்காக ஒரு துளையுங் கலக்கிக்காக மற்றொரு துளையும் மூடியிலுள்ளன. **இப்பரிசோதனையிலே நிறம்படக் கலக்குதல் மிக முக்கியமாகும்.**

கலோரிமானியானது வெறுமனே நிறுக்கப்பட்டபின் நீர் நிறைத்து நிறுக்கப்படும்.

அம்பியர்மானியொன்றையும் உவோற்றுமானியொன்றையும் உபயோகித்து மின்கணியங்கள் மிக்க வசதியாய் அளக்கப்படலாம். ஆய்கருவியானது 263 ஆம் உருவத்திற்போல இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.



உருவம் 263.
மின்னோட்டத்தின் வெப்பவினைவு

B என்பது உருகியொன்றையும் 4 அல்லது 5 துணைக்கலங்களையுங்கொண்ட ஒரு மின்கலவடுக்காகும்.

K என்பது ஒரு செருகிச்சாவி.

A என்பது ஏறத்தாழ 15 அல்லது 20 அம்பியர் மின்னோட்டங்களுக்குரிய அம்பியர்மானி.

V என்பது ஏறத்தாழ 5 உவோற்றுவரை அளவீட்டையுடைய ஒருவோற்றுமானி.

C என்பது கலோரிமானி.

R என்பது கம்பிச்சட்ட இறையோதற்றொன்றை அல்லது வெறுங் கம்பித் தடையொன்றைக் கொண்ட ஒரு தடை.

முதற்சுற்றிலுள்ள இணைப்புகளுக்குத் தடித்த செம்புக்கம்பிகளை உபயோகித்து ஆய்கருவியை இணைத்தபின்பு, மின்னோட்டத்தின் திறனை பொருத்தமான பெறுமானமொன்றிற்குச் செப்பஞ்செய்க. இடையிடையே கலக்கிக்கொண்டு கலோரிமானியின் வெப்பநிலையானது உறுதியாகுமட்டுஞ் சில நிமிடங்கள் காத்திருக்க. இதன்பின் இத்தொடக்க வெப்பநிலை θ_1 இன் அளவீட்டை எடுக்க.

கடிகாரமொன்றின் செக்கன்கம்பியானது 60 குறியைக் கடக்கும்போது மின்னோட்டத்தைத் தொடக்கி, நன்றாகக் கலக்கிக்கொண்டு ஏறத்தாழ 3 நிமிடத்திற்கு அம்மின்னோட்டத்தைப் பாய விடுக. ஒவ்வோரரை நிமிடமும் அம்பியர்மானியினதும் உவோற்றுமானியினதும் அளவீடுகளை எடுக்க. தெரிந்த காலவெல்லையொன்றின்பின் மின்னோட்டத்தை நிறுத்திக் கடைசி வெப்பநிலையாகிய θ_2 ஐ எடுக்க.

m = கலோரிமானியின் (உட்கலம் மட்டும்) திணிவெனவும்,
M = நீரின் திணிவெனவும்,
s = கலோரிமானியுலோகத்தினது தன்வெப்பமெனவும்,
θ_1 = தொடக்கவெப்பநிலையெனவும்,
θ_2 = கடைசிவெப்பநிலையெனவும் கொள்க.

எனின், உள்ளுறையுடன்கூடிய கலோரிமானிக்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பமானது

$$H = (M + ms)\quad(\theta_2 - \theta_1)$$

ஆகும். காலமானது செக்கனிலே அளக்கப்படல் வேண்டுமென்பதை அவதானித்துக்கொண்டு,

$$JH = EIt$$

என்னுஞ் சமன்பாட்டிலே J இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க.

மின்னோட்டத்தின் வேறொரு பெறுமானத்திற்குப் பரிசோதனையைத் திருப்பிச் செய்யலாம்.

உவோற்றுமானியொன்றைக்கொண்டு E ஐ அளப்பதற்குப் பதிலாக, அமிழ்த்தப்பட்ட சுருளியின் தடை R ஆனது வழுக்கிக்கம்பிப் பாலத்தைக் கொண்டு அளக்கப்பட்டு,

$$JH = I^2Rt$$

என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து J இன் பெறுமானங் காணப்படலாம்.

பரிசோதனை 246B. ஏறத்தாழ 3 அம்பியர் மின்னோட்டமொன்றை உபயோகித்து மின்முறையொன்றை உபயோகித்து வெப்பத்தின் பொறி முறைச்சமவலுவைத் தீர்மானித்தல்.—இம்முறையானது இப்போது விவரிக்கப்பட்டதைப் போன்றதேயாயினும், சிறிய மின்னோட்டம் உபயோகிக்கப்படுகின்றதாதலின், 20 நிமிடங்களிப்போன்ற நீண்ட காலந் தேவைப்படும். ஆதலின், குளிரலுக்குரிய திருத்தம் மிக முக்கியமாகும். வெப்பநிலையானது அறையின் வெப்பநிலையிலும்பார்க்க 5° அல்லது 6° கீழேயிருக்கும் போது மின்னோட்டத்தைத் தொடங்கி அறைவெப்பநிலையிலும்பார்க்க மிக்க மேலேயிருக்கும்போது நிறுத்துக. ஏறத்தாழ 1 ஓம் தடையையுடைய வெப்பமாக்கற்சுருளின் முடிவிடங்களுக்கிடையே ஏறத்தாழ 3 உவோற்று **அ.வி.** ஐக் கொடுக்கத் தொடர்நிலையிலுள்ள இரண்டு அல்லது மூன்று சேமிப்புக்கலன்கள் உபயோகிக்கப்படலாம். ஒவ்வொரு நிமிடமும் அம்பியர்மானியினதும் உவோற்றுமானியினதும் அளவீடுகளை எடுத்து **EI** இன் பெறுமானங்களைக் கணித்துச் சராசரியையெடுக்க. இந்தச் சராசரிப் பெறுமானத்தை உபயோகித்து **EIt** ஐக் கணிக்க.

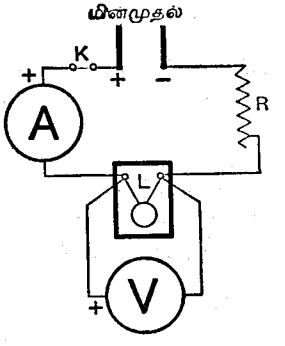
(அ) **R** மாறிலியாயிருக்கும்போது $\mathbf{I}^2$ இலேடும், (ஆ) **I** மாறிலியாயிருக்கும்போது **R** இலேடும், (இ) **EI** அல்லது $\mathbf{I}^2\mathbf{R}$ மாறிலியாயிருக்கும்போது காலம் t இலேடும், வெப்பக்கணியமானது விகிதசமமானதென்னுஞ் **சூலின்** (1840–3) முடிவுகளைப் பரிசோதிக்க இதே ஆய்கருவியைக்கொண்டு பரிசோதனைகள் செய்யப்படலாம்.

குறிப்பு.—வெப்பத்தின் மின்சமவலுவின் தீர்மானத்திலே சில சமயங்களிற் பரபினெண்ணெய், தேப்பந்தைன் அல்லது அனிலீனெண்ணெய் போன்ற கடத்தலிலித் திரவமொன்று உபயோகிக்கப்படும். திரவத்தின் தன் வெப்பத்தை அறிந்திருத்தல் வேண்டும். அத்துடன் மிகைவெப்பமுண்டாதலைத் தவிர்த்தற்குரிய கவனம் எடுத்துக்கொள்ளல்வேண்டும்.

2. மின்விளக்கொன்றின் வினைத்திறன்

ஒளிகொடுக்குந் தேவைகளுக்காக மின்சத்தி உபயோகிக்கப்படும்போது, சத்தியானது வழங்கப்படும் வீதத்திற்கும் உண்டாக்கப்படும் மெழுகுதிரிவலுவிற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பை அறியவேண்டியது அவசியமாகும். மெழுகுதிரிவலுவிற்குரிய உவாற்றுக்களின் தொகையை மின்பொறிமுறையறிஞர் ஒளியுற்பத்தியின் **வினைத்திறனெனப்** பெரும்பாலும் குறிப்பிடுவர். இதனை **வினைத்திறனின்மை** எனக் குறித்து வினைத்திறன் என்ற சொல்லை உவாற்றுக்குரிய மெழுகுதிரிவலுவைக் குறிக்குமாறு உபயோகிக்கப்பது பொருத்தங்கூடியதாயிருக்கும்.

பரிசோதனை 247. மின்விளக்கொன்றின் வினைத்திறனைத் தீர்மானித்தல்.—ஒளியளவியலைப் பற்றிய அத்தியாயத்திலே (பக்கம் 367) விவரிக்கப்பட்டுள்ள முறைகளுளொன்றைக்கொண்டு பரிசோதனையின் கீழுள்ள விளக்கின் மெழுகுதிரிவலு அளக்கப்படலாம்.



உருவம் 264. மின்விளக்கின் வினைத்திறன்

வெள்ளொளிர்வுள்ள விளக்கொன்றிற்கு வழங்கப்படுஞ் சத்தியின் வீதத்தை அளக்க வேண்டுமாயின் விளக்கினூடு செல்லும் மின்னோட்டத்தையும் அதன் முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்தையும் அளக்க வேண்டியது அவசியமாகும்.

264 ஆம் உருவத்திற்போல ஆய்கருவியை இணைக்க.

L என்பது விளக்காகும்.

R என்பது செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய ஒரு கம்பிச்சட்டத் தடையாகும்.

A என்பது **தொடர்நிலையில்** இணைக்கப்பட்டுள்ள அம்பியர்மானியாகும்.

V என்பது விளக்கிலேடு **சமாந்தரநிலையில்** இணைக்கப்பட்டுள்ள உவோற்றுமானியாகும்.

மின்னோட்டத்தை ஆளிதிருப்பியோடச் செய்யுமுன் அம்பியர்மானிக்கும் உவோற்றுமானிக்குமுரிய சரியான முடிவிடங்களோடு இணைப்புக்கள் சரியாய்ச் செய்யப்பட்டிருத்தலைப்பற்றிக் கவனமெடுத்துக்கொள்ளல்வேண்டும். தடை **R** இன் சிறப்பான பெறுமானமொன்றிற்கு அம்பியர்மானியினதும் உவோற்றுமானியினதும் அளவீடுகளைக் குறிக்க.

இந்த நிலையிலே விளக்கின் மெழுகுதிரிவலுவை அளக்க.

தடை **R** இன் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குரிய அளவீடுகளின் தொடரொன்றை இவ்வகையாக எடுக்க. கடைசியாகத் தடை **R** முழுவதையும் அகற்றிவிட்டு, விளக்கானது அமைக்கப்பட்டுள்ள உவோற்றளவையுடைய மின்னோட்டம் அதற்கு வழங்கப்படும்போது அளவீடுகளின் தொடரொன்றை எடுக்க.

1. வரையறுக்கப்பட்ட உவோற்றளவுகளிலே மெழுகுதிரிக்குரிய உவாற்றுக்களின் தொகையைக் கணிக்க.

2. உவாற்றொன்றுக்கு உருவாக்கப்பட்ட மெழுகுதிரிவலுவையுங் கணிக்க.

3. வெவ்வேறு மெழுகுதிரிவலுக்களில் ஒளிரும்போது விளக்கின் தடையைக் கணிக்க.

4. விளக்கிலுண்டாகும் வெப்பத்தைச் செக்கனுக்கு எத்தனை கலோரி யெனக் கணிக்க.

விளைவுகளை அட்டவணைப்படுத்தி வரைப்படங்களைக்கொண்டு அவற்றை விளக்குக.

உலோகவிழை விளக்கொன்றைக்கொண்டும் காபனிழை விளக்கொன் றைக்கொண்டும் இவ்வகையான பரிசோதனைகளைச் செய்வது விளக்கத்திற் குரியதாகும்.

வெப்பநிலையோடு காபனிழையினது தடையின் மாற்றமானது (நிறத் தைக்கொண்டு **பண்புமுறையாக** மதிக்கப்படும்) உலோகவிழையினது தடை யின் மாற்றத்திலோடு கவர்ச்சிக்குரிய முறையில் வேறுபடும்.

அத்தியாயம் 8

மின்காந்தத்தூண்டல்

1. தூண்டலோட்டங்கள்

மூடிய சுற்றொன்றினூடு செல்லுகின்ற காந்தத்தூண்டற் கோடுகளின் தொகை மாறும்போதெல்லாம் அச்சுற்றிலே மின்னோட்டமொன்று உண் டாக்கப்படுமென **பரடே** யென்பவர் (**Faraday**) 1831 இலே காட்டியுள்ளார். இவ்வகையான மின்னோட்டமொன்று **தூண்டலோட்டம்** எனப்படும்.

சுற்றைக் கோக்குங் காந்தத்தூண்டற் கோடுகளின் முழுத்தொகையும் சுற்றினூடுசெல்லுங் **காந்தப் பாயம்** (N) எனப்படும். காந்தப்பாயத்திலுள்ள மாற்றமானது பின்வருங் காரணங்களினால் உண்டாகலாம்.

(1) அயலிலுள்ள கடத்திகளிலே மின்னோட்டங்களைத் தொடக்குதல் அல் லது நிறுத்துதல்.

(2) இந்த மின்னோட்டங்களின் திறனிலுள்ள மாற்றங்கள்.

(3) மின்னோட்டங்களைக் காவுகின்ற கடத்திகளின் இயக்கம்.

(4) கருதப்படுஞ் சுற்றின் சார்பாக நிலைக்காந்தங்களின் இயக்கம்.

(5) சிறப்பான சுற்றொன்றிலே மின்னோட்டத்திறனின் மாற்றங்கள் **(தற் றூண்டல்).**

தூண்டலோட்டமொன்று சுற்றிலே ஒரு மின்னியக்கவிசை **(மி.இ.வி.)** இருப்பதைக் காட்டும்.

இச்சந்தர்ப்பங்களெல்லாவற்றினுமுள்ள விளைவுகள் **பரடேயும் நியூமனும்** கூறிய கூற்றைக்கொண்டு தொகுக்கப்படலாம். இக்கூற்றுவது.—**சுற்றொன் றிலே தூண்டப்பெற்ற மி.இ.வி. ஆனது அச்சுற்றினூடு செல்லுங் காந்தத் தூண்டற் கோடுகளின் தொகைக்குறைவினது வீதத்திற்குச் சமமாகும்** என்பதேயாம். வலக்கைத் திருகாணியொன்றிலே சுழற்சியின் திசையானது இடப்பெயர்ச்சியின் திசையோடு எவ்வாறு தொடர்புடையதாயிருக்கின்றதோ, அவ்விதத் தொடர்பையே மி.இ.வி. இன் நேர்த்திசையானது காந்தத் தூண்டலின் நேர்த்திசையோடு பெற்றிருக்கும்.

காந்தப்பாயத்தின் ஓரதிகரிப்பானது எதிர் மி.இ.வி. ஒன்றை எழச் செய்யும்.

பரிசோதனை 248. மின்காந்தத்தூண்டலின் விதிகளினது விளக்கம்.— இப்பரிசோதனையிலே ஒரேயச்சையுடைய சுருள்களிரண்டைக்கொண்டு இவ் விதிகள் விளக்கப்படும். நியாயமான தடிப்புக் கம்பியைக்கொண்ட முதற் சுருள் என்பது தூணைக்கலமொன்றினூடும் செப்பஞ்செய்யக்கூடிய தடை

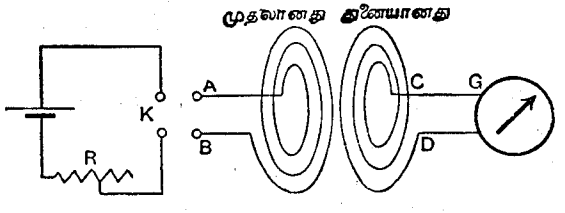
யொன்றிணைடும் சாவியொன்றிணைடுந் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மெல்லிய கம்பியின் பல சுற்றுக்களைக்கொண்ட **துணைச்சுருள்** எனபது உணர்கல்வணைமானியொன்றிணைடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

மரத்தட்டுக்களின்[1] விளிம்பிலே சுருள்கள் சுற்றப்படலாம். முதற்சுருளானது மேசையின் மேற்றட்டையாய் வைக்கப்பட்டுத் துணைச்சுருளானது மரக்குற்றியொன்றிலே இதற்கு மேல் எற்றப்பட்டிருக்கலாம். சிலசமயங்களிற் சுருளகள் வரிச்சுருள்களின் உருவத்திலிருக்கும் (பக்கங்கள் 556–557). அப்போது துணைச்சுருள் முதற்சுருளைச் சூழ்ந்திருக்கும்.

குறிப்பு.—பின்வரும் விவரணங்களிலே சுருள்களுங் கல்வணைமானியும் மேலேயிருந்து பார்க்கப்பட்டனவாகக் கொள்ளப்பட்டன.

முதலிலே இரண்டு சுருள்களுமொவ்வொன்றிலும் கம்பியானது சுற்றப்படடுள்ள திசையைத் தீர்மானிக்கவேண்டியது அவசியமாகும்.

சுருள்களிலே, சுற்றிய திசையைக் காண்டல்.—மூன்று சிறிய காகிதப் பெயர்ச்சீட்டுக்களை ஆயத்தஞ்செய்து, முடிவிடமொன்றில் இணைக்கக்கூடிய தாய் ஒவ்வொன்றிலும் பிளவிடுக. ஒவ்வொன்றினதும் ஒரு பக்கத்திலே +குறியொன்றைக் குறித்து இதனைச்சுற்றி வலஞ்சுழியாக நோக்கியுள்ள



உருவம் 265. தூண்டலோட்டங்களுக்குரிய ஆய்கருவி

R=தடை. G=கல்வணைமானி. K=நேர்மாறுக்கும் ஆளி.

மயிலப்பைத் தவிர்ப்பதற்காக,வரிப்படத்திலே துணைச்சுருளானது வலப் பக்கமாக இடம் பெயர்க்கப்பட்டது.

வளைந்த அம்புக் குறியைக் குறிக்க. முதற்சுருளின் முடிவிடங்களை **A**, **B** எனக் கருதுக. இவற்றைக் குறிக்கத் தேவையில்லை. மின்கலவடுக்கின் நேர்முடிவிடத்தை **A** இணைடு இணைத்துக்கொண்டு எதிர்முடிவிடத்தை ஒழுங்காச்சுற்றிய தடை **R** இனூடாக **B** இணைடிணைக்க. திசைகாட்டுமூசியொன்றைச் சுருளின் மேன்முகத்திற்கண்மையிற் கொணர்ந்து ஊசியானது நோக்கிநிற்கும் வகையை அவதானிக்க. ஊசியின் வடமுனையானது சுருளின் முடியைநோக்கி நிற்பின், இந்த முனையிலேயே விசைக்கோடுகள் சுருளினுட் செல்லுமாதலின், இந்த முனையானது காந்தத்தின் தென் முனைவைப்போலத் தொழிற்படும்.

மின்னோட்டமானது **A** இலே உட்செல்லும்போது, மேலேயிருந்து பார்க்க, இம்மின்னோட்டமானது வலஞ்சுழியாகச் சுருளிற் பரயுமென்பதே இதன் கருத்தாகும். இவ்வாறில்லையாயின், முடிவிடம் **B** இணைடு பெயர்ச்சீட்டொன்றைத் தொடுத்து, மின்கலவடுக்கின் நேர்முனைவை **B** இணைடிணைத்து விளைவைச் சரிபார்க்க.

துணைக்கலத்தின் முடிவிடங்களை **C**, **D** எனக்கொண்டு, மின்கலத்தின் நேர்முனைவை **C** எனக் குறிக்கப்பட்ட முடிவிடத்திணைடு இணைத்து, முன்போலவே செய்க. துணைச்சுருளிலுள்ள மின்னோட்டமானது வலஞ்சுழியாயிருக்குமாயின், முடிவிடம் **C** ஐப் பெயர்ச்சீட்டொன்றைக்கொண்டு குறிக்க. அன்றேல், முடிவிடம் **D** இற்குப் பெயர்ச்சீட்டை இணைக்க.

கல்வணைமானியின் அவதானிக்கப்பட்ட திரும்பலொன்றிற்குரிய துணை மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காணுதல்.— கல்வணைமானியின் முடிவிடங்களை **E**, **F** எனக் கொள்க. **E** ஐக் கலத்தின் நேர்முடிவிடத்திணைடு இணைத்துக்கொண்டு, **F** ஐப் பெரிய தடையொன்றினூடாகக் கலத்தின் எதிர்முடிவிடத்திணைடு கணநேரத்திற்கு இணைக்க. உணர்கல்வணைமானியொன்று உபயோகிக்கப்படும்போது, தடையானது மிகப்பெரிதாயிருக்கவேண்டியது அவசியமாகும். கணத்திற்குரிய கல்வணைமானித் திரும்பலானது வலஞ் சுழியாயுள்ளதா இடஞ்சுழியாயுள்ளதா என்பதை அவதானிக்க. வலஞ்சுழியாயிருப்பின் பெயர்ச்சீட்டை முடிவிடம் **E** இணைடு தொடுக்க. இடஞ்சுழியாயின் கல்வணைமானியின் முடிவிடம் **F** இணைடு பெயர்ச்சீட்டைத் தொடுக்க.

கல்வணைமானியூசியின் வடமுனைவானது கிழக்குநோக்கிச் செல்லுகின்றதெனக் கொள்வோமாயின், மின்னோட்டம் **E** இலே உட்செல்லும்போது இந்த வடமுனைவு கிழக்கே இயங்கும். எனவே, கல்வணைமானியிலுள்ள மின்னோட்டப்பாய்ச்சலின் திசையானது ஊசியினியக்கத்திலிருந்து காணப்படலாம்.

துணைச்சுருளை 265 ஆம் உருவத்திலிருப்பதுபோலக் கல்வணைமானியோடு இணைக்க. அப்போது, பெயர்ச்சீட்டுள்ள கல்வணைமானியின் முடிவிடத்தை, துணைச்சுருளின் பெயர்ச்சீட்டில்லா முடிவிடத்திணைடு இணைப்பதிற் கவனஞ் செலுத்திக்கொள்ளல் வேண்டும். எனெனில், இவ்வாறுகத் துணைச்சுருளிலுள்ள வலஞ்சுழியான மின்னோட்டமானது பெயர்ச்சீட்டில்லா முடிவிடத்திலிருந்து துணைச்சுருளை விட்டகன்று கல்வணைமானியினுள்ளே பெயர்ச்சீட்டையுடைய முடிவிடத்தின் வழியாய்ச்சென்று வலஞ்சுழியான திரும்பலைக் கொடுக்கும்.

[1]மரச்சட்டமெதுவுமின்றியே காவலிட்ட விறைப்பான கம்பியை எளிதிற் சுற்றி நூலினைற் சேர்த்துக்கட்டி முடிவிடங்களிலே பற்றுசபிடித்தொட்டி ளவிய சுருள்களைச் செய்யலாம்.

ஆகவே துணைச்சுருளிலுள்ள எந்த மின்னோட்டமும், வலஞ்சுழியாயிருந்தாலும் இடஞ்சுழியாயிருந்தாலும் கல்வனோமானியின் திரும்பல் நேராகக் காட்டப்படும்.

மின்காந்தத்தூண்டலின் விதிகளைக் காட்டுதல்.— இம்முதலவதானங்களைச் செய்து, கடைசிவாக்கியத்திற் குறிக்கப்பட்ட விளைவைப் பெற்றவுடன் முதற் சுருளை இணைக்க. பெயர்சீட்டிடப்பட்டுள்ள அதன் முடிவிடம் கலத்தின் நேர்முடிவிடத்தினோடும், பெயர்ச் சீட்டிடப்படாத முடிவிடம் செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய பெரிய தடையொன்றினூடு தொடர்நிலையிலே கலத்தின் எதிர்முடிவிடத்தினோடும் இணைக்கப்படுதல்வேண்டும்.

முதற்சுருளிலுள்ள மின்னோட்டமானது இப்போது முதற்சுருளைச் சுற்றி வலஞ்சுழியாகப் பாயும்.

இதன்பின்பு பின்வரும் பரிசோதனைகளைச் செய்க. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் கல்வனோமானியூசியின் திரும்பலிறை காட்டப்பட்டுள்ளவாறு துணைச்சுருளிலுள்ள மின்னோட்டப்பாய்ச்சலின் திசையை அவதானிக்க.

1. **முதற்சுருளிற்றொடங்கிய மின்னோட்டம்.**—ஊசியின் திரும்பலானது இடஞ்சுழியானதாகும். ஆகவே, முதற்சுருளிற்றொடக்கப்பட்ட வலஞ்சுழியான மின்னோட்டமொன்று துணைச்சுருளிலே **இடஞ்சுழியான (நேர்மாருன)** மின்னோட்டமொன்றைத் தூண்டும்.

2. **முதற்சுருளில் நிறுத்தப்பட்ட மின்னோட்டம்.**—ஊசியின் திரும்பலானது வலஞ்சுழியானதாகும். ஆகவே, முதற்சுருளில் நிறுத்தப்பட்ட வலஞ்சுழியான மின்னோட்டமொன்று துணைச்சுருளிலே **வலஞ்சுழியான (நேரான)** மின்னோட்டமொன்றைத் தூண்டும்.

முந்தியதைப்போலவே திரும்பலை அவதானித்து, பின்வரும் ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் தூண்டப்பட்டுள்ள துணையோட்டத்தின் திசையை அனுமானிக்க.

3. திடீரென அதிகரிக்கப்பட்ட முதற்சுருளிலுள்ள மின்னோட்டம்.

4. திடீரெனக் குறைக்கப்பட்ட முதற்சுருளிலுள்ள மின்னோட்டம்.

5. முதலோட்டத்தை மாறாது வைத்துக்கொண்டு முதலோட்டத்திலிருந்து துணையோட்டத்தைத் திடீரென அகலவிலக்கல்.

6. துணையோட்டத்தைத் திரும்பவும் முதலோட்டத்தை நோக்கிச் சடுதியாய்க் கொண்டுவரல்.

7. முதற்சுருளிலுள்ள மின்னோட்டத்தைச் சடுதியாய் நேர்மாறுக்கல்.

முதலோட்டத்தை ஆளிதிருப்பியோடச்செய்வது, 3 ஐயும் 6 ஐயும் போன்ற விளைவையுண்டாக்குமெனக் காணப்படும்.

முதலோட்டத்தை ஆளிதிருப்பி நிறுத்துவது, 4 ஐயும் 5 ஐயும் 7 ஐயும் போன்ற விளைவை உண்டாக்கும்.

எனவே, தூண்டலோட்டத்தின் இன்னுமொரு விதியை நாம் அனுமானிக்கலாம்.—

துணைச்சுருளிலுண்டாகும் தூண்டலோட்டமானது, அத்துணைச்சுருளினூடு செல்லுங் காந்தமண்டலத்திலுள்ள எவ்வித மாற்றத்தையும் எதிர்க்குந் திசையிலேயே எப்போதுமிருக்கும். மாற்றமானது உண்டாக்கப்படுமட்டுமே அது நிலைத்திருக்கும்.

ஒப்புக்கொள்ளப்பட்ட கருதுகோள்களிலே ஆளிதிருப்பி மின்னோட்டத்தை ஓடச்செய்தல் **கீழ்நோக்கிய** விசைக்கோடுகளைச் செலுத்துகின்றது. தூண்டலோட்டமானது இடஞ்சுழியாகப் பாய்ந்து **மேல்நோக்கிய** விசைக்கோடுகளை உண்டாக்குகின்றது. ஆயினும், தூண்டலோட்டமானது ஏறத்தாழ உடனடியாகவே அற்றுப்போதுமாதலின், இவ்விசைக்கோடுகள் ஒரு கணத்திற்கு மட்டும் நிலைத்திருக்கும்.

இவையெல்லாம் **ஒன்றையொன்று தூண்டல்** என்பதன் உதாரணங்களாம். முதற்சுற்றுக்குந் துணைச் சுற்றுக்குமிடையே **ஒன்றையொன்று தூண்டுதிறன்** உள்ளதென இவ்விளைவுகளைப்பற்றி நாம் குறிப்பிடலாம்.

எவ்வகையாகவேனும் உண்டாக்கப்பட்ட காந்தமண்டலத்திலுள்ள மாற்றங்களெல்லாவற்றிற்கும், மேலேயுள்ள விதி பொருத்தமானதென்பதைச் சரிபார்க்க.

(அ) காந்தத்தின் வடமுனைவானது சுருளினுள்ளே செலுத்தப்படும்போதும், அதாவது வடமுனைவு கீழ்நோக்கியிருக்குமாறு காந்தமானது செலுத்தப்படும்போதும்,

(ஆ) வடமுனைவைத் திடீரென வெளியேயெடுக்கும்போதும்,

(இ) தென்முனைவு கீழ்நோக்கியிருக்குமாறு காந்த செலுத்தப்படும்போதும்,

(ஈ) தென்முனைவைத் திடீரென வெளியேயெடுக்கும்போதும்,

சட்டக்காந்தமொன்றைக் கொண்டுவந்து தூண்டலோட்டத்தின் திசையைக்கண்டு இதனைச் செய்யலாம்.

இரும்புக் கம்பிகளின் கட்டொன்றைச் சுருளினுள்ளே வைத்துக்கொண்டு பரிசோதனைகளின் முதலாவது தொடரைத் திருப்பிச் செய்க. உண்டாக்கப்படும் விளைவுகள் சுருளில் வளியிருப்பது போலவே எப்போதும் இருப்பனவாயினும், தூண்டலோட்டங்கள் அளவுகூடியனவாயிருக்குமென்பதைக் காட்டுக.

வளியிலும்பார்க்க இரும்பானது காந்தவிசைக்கோடுகளைக் கூடுதலாக உட்புகவிடுமெனக் கூறிக் கடைசி விளைவை விளக்கலாம். காந்தமண்டலத்திறனை, அதாவது, வளியிலே ச.ச.மீ. இற்குரிய **ச.இ.செ.** கோடுகளின்

தொகையை **H** எனவும், இரும்பிலே ஒத்த கணியத்தை **B** எனவுங் குறிப்போமாயின், **H** இற்கு **B** இன் விகிதமானது இரும்பின் **உட்புகவிடுமியல்பு** μ எனப்படும். எனவே,

$$\mu = \frac{B}{H}.$$

காந்தப் **பாயம்** என்ற சொல்லானது இரும்பினூடு செல்லுங் காந்த விசைக்கோடுகளின் தொகைக்காகப் பிரயோகிக்கப்படும். காந்தப்பாயத்தின் **ச.கி.செ.** அலகானது **மாட்சுவெல்** எனப்படும். **மாட்சுவெல்** என்பது ஒரு **ச.கி.செ.** காந்தக்கோட்டிணூடொத்ததாகும். காந்தப் பாயத்தின் செய்முறையலகானது **உவேபர்** எனப்படும். ஒரு உவேபரானது 10^8 **மாட்சுவெல்லுக்குச்** சமமாகும்.

தூண்டற்சுருள்

தூண்டற்சுருளொன்றின் அமைப்பிலே பெரும்பாலும் ஒரே திசையிலுள்ள உயர்ந்த தூண்டல் மின்னியக்க விசையொன்றையுண்டாக்குவதே நோக்கமாகும். **M** என்பது, சுருள்களிரண்டினதும் **ஒன்றையொன்று தூண்டலின்** அல்லது **ஒன்றையொன்று தூண்டுதிறனின் குணகத்தைக்** குறிக்குமாயின், முதற் சுருளிலே[1] மின்னோட்டவலகொன்று பாயும்போது காந்தத்தூண்டற் கோடுகள் துணைச்சுருளை எத்தனைமுறை கோக்கின்றனவென **M** காட்டுகின்றது. எனின், முதற்சுருளிலே மின்னோட்டம்[2] i ஆனது பாயுமாயின், இவ்வோட்டத்தின் பயனுகக் கோடுகள் துணைச் சுருளைக் கோக்கின்ற முறைகளின் தொகை Mi ஆகும். காந்தப்பாயம் $N = Mi$ ஆகும். **N மாட்சுவெல்லிலும், i அம்பியரிலுமிருக்குமாயின்** ஒன்றையொன்று தூண்டுதிறன் **என்றியிலிருக்கும்.** அப்போது **மி.இ.வி.** ஆனது **உவோற்றிலிருக்கும்.**

ஆனல், தூண்டிய **மி.இ.வி.** $= N$ இன் குறைவுவீதம்,
$= Mi$ இன் குறைவுவீதம்.
M ஒரு மாறுக்கணியமாயின், இது $= M \times (i$ இன குறைவுவீதம்$)$.

எனவே, தூண்டிய **மி.இ.வி.** ஐப் பெறிதாக்கவேண்டுமாயின், வலக்கைப் பக்கத்திலுள்ள காரணிகளிரண்டையும் பெரிதாக்கல் வேண்டும். **M** ஐப் பெரிதாக்கவேண்டுமாயின், துணைச்சுருளைப் பெருந் தொகையான சுற்றுக்

[1] துணைச்சுருளிலே n சுற்றுக்களிருக்குமாயின், ஒவ்வொரு கோடும் சுற்றை n முறை கோக்கும்.

[2] மின்னோட்டம் மாறக்கூடுமாதலின் **I** இற்குப் பதிலாக i உபயோகிக்கப்படும்.

களைக் கொண்டு சுற்றிக் காந்தவிசைக்கோடுகளைச் செறிவாக்குமாறு இரும்பகமொன்று உபயோகிக்கப்படும். மின்னோட்டக்குறைவுவீதத்தைப் பெரிதாக்க வேண்டுமாயின், முதற்சுருளிலுள்ள தொடக்க மின்னோட்டம் பெரிதாயிருக்க அதனை விரைவாய்த் துண்டித்தல் வேண்டும்.

ஆகவே, தூண்டற்சுருளின் முக்கியவியல்புகளாவன :—

(1) தடித்த கம்பியின் சில சுற்றுக்களையுடையதனல் தாழ்ந்த தடையையுடைய முதற்சுருள்.

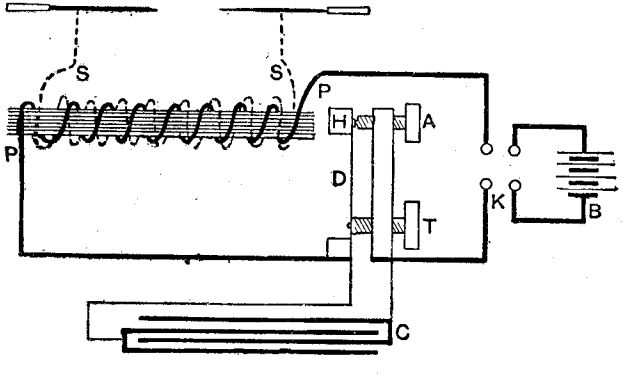
(2) மெல்லிய கம்பியின் பலசுற்றுக்களையுடையதனல் பெரிய தடையையுடைய துணைச்சுருள்.

(3) மெல்லிரும்புக் கம்பிகளின் கட்டொன்றைக் கொண்ட அகம்.

(4) முதலோட்டத்தை விரைவாகத் துண்டிப்பதற்குரிய குழப்பி.

துண்டிப்பு நிகழும் இடமானது இடையேயிருக்கக்கூடிய முதற்சுருளின் புள்ளிகளிரண்டிணூடு, தட்டுக்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒடுக்கியொன்று வழக்கமாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

தொடுகை பிரிக்குஞ் சம்மட்டியொன்று பொருத்தப்பட்ட இருங்கோச் சுருளொன்றின் அமைப்பை 266 ஆம் உருவங் காட்டுகின்றது. மின்கல வடுக்கு **B** ஆனது திசைமாற்றி **K** இனூடாக முதற்சுருள் **P** இணூடு



உருவம் 266. இருங்கோச்சுருள்

இணைக்கப்பட்டிருக்கும். சம்மட்டித்தலை **H** இன் பிற்புறத்தினதும் திருகாணி **A** இன் முனையினதுமூடாக இணைப்பானது முற்றுக்கப்பட்டிருக்கும். சம்மட்டித்தலையானது வில் **D** இலே ஏற்றப்பட்டுள்ளது. இவ்வில்லின் இழுவிசையானது காவலிட்ட திருகாணி **T** ஐக்கொண்டு செப்பஞ்செய்யப்படலாம். முதற்சுற்றினூடு மின்னோட்டம் பாயும்போது இரும்பகங் காந்த

மாக்கப்பட்டு மெல்லிரும்பு **H** ஐக் கவர, அது முன்னேபாய்ந்து இணைப்பைப் பிரிக்கின்றது. இவ்வாறு காந்தமண்டலம் அழிக்கப்படக் காந்தவிசைக் கோடுகள் சடுதியாய் அற்றுப்போவதினால் **மி.இ.வி.** ஒன்று துணைச்சுருளிலே தூண்டப்பெறும். சம்மட்டித்தலையானது இப்போது கவரப்படாததினால் முந்திய நிலைக்குத் திரும்பி மீண்டுந் தொடுகையை உண்டாக்கும். ஆய்கருவியின் அடியிலே ஒடுக்கி **C** ஆனது வைக்கப்பட்டிருக்கும். ஆகவே, முதற்சுருளினது தற்றூண்டலின் பயனை **மி.இ.வி.** ஆனது உடைவுப் புள்ளியிலே பொறியொன்றை உண்டாக்குவதற்குப் பதிலாக ஒடுக்கியில் மின்னேயேற்றும். இவ்வாறுக முதலோட்டமானது கூடிய விரைவிலே பூச்சியத்திற்குக் குறைக்கப்படும். அதாவது, மின்னோட்டத்தின் குறைவு வீதம் அதிகரிக்கப்படும். தொடுகையுண்டாகும்போது துணைச்சுருளிலும் **மி.இ.வி.** ஒன்று தூண்டப்பெறும். ஆனால், தற்றூண்டலின் பயனாக முதலோட்டமானது அதன் முழுப்பெறுமானத்தையும்பெறச் சிறிது நேரமெடுக்குமாதலின், சுற்று பிரியும்போதுள்ளதிலும்பார்க்க இந்த **மி.இ.வி.** ஆனது மிகக்குறைவாயிருக்கும்.

குறிப்பு.—தொடுகை பிரிக்கப்பட்டவுடன் மேலதிகமான தோற்றப்பாடொன்று காணப்படும். அதாவது, ஒடுக்கியும் இருங்கோவின் (Ruhmkorff) சுருளினது முதற்சுருளும் **ஓர் அலைத்தொகுதியாய்** அமைந்திருப்பதினால், துணைச்சுருளிலே அலைவு **மி.இ.வி.** ஒன்று தூண்டப்பெறும்.

பரிசோதனை 249. தூண்டற்சுருள்—தூண்டற்சுருளானது சாதாரணமான சம்மட்டிப்பிரிப்பினோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளதென இங்கு கொள்ளப்படும். பிளாற்றினக்கூரைக் காவுகின்ற திருகாணியிலுள்ள பூட்டுச்சுரையை இளக்கிச் சம்மட்டித்தலையிலே பிளாற்றினத்தோடு தொடுகையில்லாதவாறு திருகாணியைப் பின்னிழுக்க. வில் **D** இலே மேலதிகமான இழுவிசை இல்லாதிருக்குமட்டும் செப்பஞ்செய்யுந் திருகாணி **T** ஐச் சுழற்றுக. மேலதிக மின்னோட்டமொன்று சுருளைப் பழுதாக்காது தடுக்குமாறு 10 அம்பியரில் உருகக்கூடிய உருகுங்கம்பித்துண்டொன்றைச் செலுத்திச் சுருளின் முடிவிடங்களைப் பொருத்தமான மின்கலவடுக்கொன்றினோடு இணைக்க. நடுத்தரச் சுருளொன்றினோடு ஏறத்தாழ 8 உவோற்று **மி.இ.வி.** ஒன்றைக் கொடுக்கும் மின்கலவடுக்கொன்று ஏற்றதாயிருக்கும். மின்னோட்டநிலையிலே திசைமாற்றியின் கைபிடியைத் திருப்பிவிடுக. சம்மட்டித்தலையிலே தொடுகையுண்டாகுமட்டும் பிளாற்றினக்கூரைக் காவுகின்ற திருகாணியை முன்செலுத்துக. அப்போது குழப்பியானது வேலைசெய்யத் தொடங்கவேண்டும். அத்துடன் துணைச்சுருளின் முடிவிடங்கள் சிறிது தூரத்துக்கப்பால் வைக்கப்படும்போது அவற்றினிடையே பொறிகள் பாய்தல்வேண்டும். பூட்டுச்சுரையைக்கொண்டு இந்த நிலையிலே திருகாணி பிடித்துக்கொள்ளப்படவேண்டும். வில்லின் விறைப்பானது திருகக்கூடிய தலையைச்சுற்றிச் செப்பஞ்செய்யப்படலாம். இடையிடையே பிளாற்றினக்கூர்கள் சேர்ந்துருகித் தொழிற்பாடு

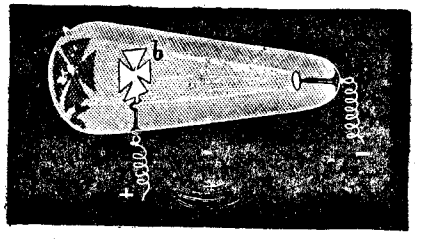
நின்றுவிடும். இவ்வாறு நிகழுமாயின், கணநேரத்திற்கு மின்னோட்டத்தை நேர்மாருக்குக. இது பெரும்பாலுங் குழப்பியை மீண்டும் வேலைசெய்யத் தொடக்கும். குழப்பி வேலைசெய்யாவிட்டால் ஆளிதிருப்பி மின்னோட்டத்தை நிறுத்திப் பிளாற்றினக்கூரைக் காவுகின்ற திருகாணியைப் பின்புறமாகத் திருப்புக. நீண்டநேரம் வேலைசெய்தபின்பு பிளாற்றினத் தொடுப்புகள் ஒன்றோடொன்று பின்னிக்கொண்டிருக்கும். நுண்ணிய குருந்தக்கற்குளிகையால் இவற்றைத் துலக்கவேண்டுமெனினும் மாணவன் இதனைச்செய்ய எத்தனித்தல்கூடாது.

வில்லின் குறித்தவோரமைப்பிலிருந்து பெறப்படக்கூடிய பொறியின் உயர்வுநீளத்தைத் தீர்மானிக்க. பொறியின்நீளம் ஏறத்தாழ **அ.வி.** இனோடு விகிதசமமானதெனவும், 1 ச.மீ. நீளமான பொறிக்கு 30,000 உவோற்று தேவைப்படுமெனவுங்கொண்டு துணைச்சுருளிலே தூண்டப்பெற்ற **மி.இ.வி.** ஐக் கணிக்க.

காவலிட்ட இலேடன்சாடியொன்றின் பூச்சுக்களைத் துணைச்சுருளின் முடிவிடங்களோடு இணைத்துப் பொறியின் இயல்பை ஆராய்க.

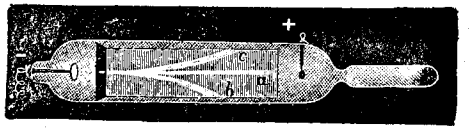
சுருளின் முடிவிடங்களோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள வெற்றிடக்குழாய்களினூடான மின்னிறக்கத்தை ஆராய்க. சாதாரணமான வெற்றிடமொன்றினூடு நேர்மின்வாயினண்மையிலே ஒளிருகின்ற நீண்ட **நேர்நிரலொன்று** காணப்படும். ஆனால், எதிர்மின்வாயானது ஒளிருகின்ற நீலப்படையொன்றினாற் சூழப்பட்டிருக்கும். இது **எதிரொளிர்வு** எனப்படும். கூடுமானால், உயர்வெற்றிடப் பம்பியொன்றை உபயோகித்து மின்னிறக்கக்குழாயொன்றிலிருந்து வளியையகற்றி, அமுக்கங் குறையக்குறைய மின்னிறக்கத்தின் தோற்றத்தைக் கவனமாய் அவதானிக்க.

எதிர்மின்வாய்க்கதிர்கள்.—போதிய அளவு உயர்வெற்றிடமொன்று பெறப்பட்டதும், இப்போது விவரிக்கப்பட்ட விளைவுகள் மறைந்து எதிர்மின்வாயைச் சூழவுள்ள குருக்கினிருளிடம் (Crookes's dark space) குழாயின் கண்ணுடிச் சுவர்களையடையுமட்டும் பருமனில் அதிகரிக்கும். இந்தப்படி அடையப்பட்டதும் **எதிர்மின்வாய்க்குத்** திறந்துள்ள சுவர்கள் அம்மின்வாயிலிருந்து புறப்படும் **எதிர்மின்வாய்க்கதிர்களின்** தாக்கத்தின்கீழ் உறிஞ்சியொளிவீசும். கதிர்கள் கட்புலனாகாவிட்டாலும் பல்வேறு திரவியங்களிலே நின்றவொளி வீசலை அது உண்டாக்கும். குறைவெற்றிடத்திலே கதிர்களின் சுவடானது சில சமயங்களில் வாயுமூலக்



உருவம் 266A. எதிர்மின்வாய்க் கதிர்களினால் குழாயின் சுவரிலெறியப்படும் உலோகச்சிலுவை b இன் நிழல்.

கூறுகளின் ஒளிர்வினூற் காட்டப்பெறும். உருவம் 266A இலுள்ள குருக்கின் குழாயிற் காட்டப்பட்டுள்ளது போல எதிர்மின்வாயிலிருந்து இவை நேர் கோடுகளிலே செல்லுகின்றன. எதிர்மின்வாய்க்குச் செங்குத்தான திசை யொன்றிலே இக்கதிர்கள் விசேடமாகக் காலப்படுகின்றன. கோப்பையுருவத் திலுள்ள எதிர்மின்வாயொன்றை உபயோகித்துச் சிறப்பான பொட்டொன் றிலே இவற்றைச் செறியச்செய்யலாம். **ஏட்சினூலும் இலேனார்டினூலும் (Hertz and Lenard)** காட்டப்பட்டதுபோலச் சடப்பொருளின் சிறிய தடிப்பு களினூடு இவை ஊடுசெல்லும்.



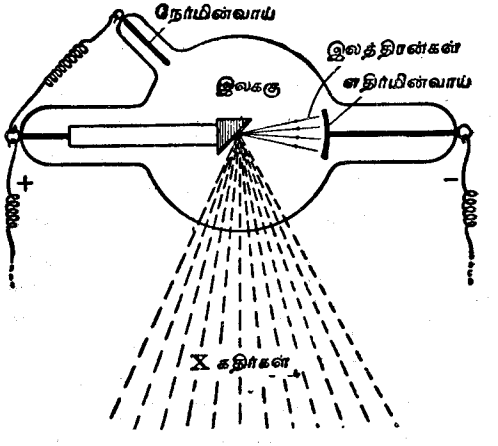
உருவம் 266B. காந்தமண்டலமொன்றினூல் எதிர்மின்வாய்க்கதிர்களின் திரும்பல்

உருவம் 266B இலே கதிர்களின் ஒடுங்கிய கற்றையொன்றினது பாதை திரையிலே நின்றவொளிவீசுங் கிரணம் *a* இனூற் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரிப்படத்தினுள்ளே விசைக்கோடுகள் செல்லுமாறு குறுக்கே காந்தமண்டல மொன்று பிரயோகிக்கப்படுமாயின் பாதை *b* இன் நேரேயிருக்கும். மண்ட லம் நேர்மாறுக்கப்படும்போது பாதை *c* இற்கு மாற்றப்படும்.

எதிர்மின்வாய்க்கதிர்கள் மின்னேற்றமொன்றினோடு சம்பந்தப்பட்டதாகும் **பெரின் (Perrin)** 1895). போதியவளவு தாழ்ந்தவமுக்கத்திலே நிலைமின் மண்டலமொன்றினூல் அவை திருப்பப்படும். "ஆகவிலேசான இரசாயன அணுவினோடு **இ. இரதபோடு (Rutherford)** ஒப்பிடப்படும்போது மிகச் சிறிய திணிவைப் பெற்றுள்ளனவும் மிக்கவுயர்ந்த வேகத்துடன் இயங்குகின்றனவு மாகிய எதிர்மின்னேற்றப்பட்ட துணிக்கைகளின் அருவிப்பாய்ச்சலொன்றை எதிர்மின்வாய்க்கதிர்கள் கொண்டுள்ளன என்பதைப்பற்றிய முதலாவது வரையறையான நிறுவலே," 1897 இலே நிகழ்ந்த **சே. சே. தொம்சனின் (J. J. Thomson)** பரிசோதனைகள் கொடுத்தன. இயங்குந் துணிக்கைகள் அல்லது எதிர் **இலத்திரன்கள்** பொறிமுறை அமுக்கத்தைச்செலுத்தி, இலக் கொன்றிலே இவற்றைச் செறியச்செய்யும்போது உண்டாக்கப்படும் வெப்ப விளைவினூற் காட்டப்படுவதுபோல, இயக்கப்பண்புச்சத்தியைக் காவுகின்றன. பக்கங்கள் 539–542 ஐயும் பார்க்க.

எட்சுக்கதிர்கள் அல்லது உரோஞ்சன் (Rontgen) கதிர்கள்.—எட்சுக்கதிர்க் குழாயொன்றிலே எதிர்மின்வாய்க் கதிர்களின் அருவிப்பாய்ச்சலொன்று ஒருலோகவிலக்கில் அதாவது மூரணெதிர்மின்வாயில் விழும். அப்போது, இவ்வாறு அடித்துமோதிய பாகத்திலிருந்து எட்சுக்கதிர்களின் கற்றை யொன்று தொடங்கும். குழாயின் முற்காலவகையிலே, உருவம் 266C,

எதிர்மின்வாயானது கோப்பையுருவத்திற் செய்யப்பட்டுள்ளது. எனவே, எதிர்மின்வாய்ப் பாய்ச்சலானது இலக்கின் மேற்பரப்பிலே குவிக்கப்பட்டது. நேர்மின்வாயானது அதனோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள மூரணெதிர்மின்வாய்க்குப் பிற்புறத்தில் வைக்கப் பட்டிருப்பது வழக்கம். இதன் நிலை குருக்கினிரு விடத்திற்கு வெளியே இருக்குமாறு தெரியப்பட் டுள்ளது. இக்காலக் குழாய்களிலே வெற்றிட மானது மிகவும் உய ரங் கூடியதாயிருக்கும். இதிலே, மின்னோட்டத்தி னூல் வெப்பமாக்கப்பட்ட உலோகவிழையிலிருந்து இலத்திரன்களின் காலலி னூற் தூயவிலத்திரனிறக்க மொன்று உண்டாகும்.



உருவம் 266C. X – கதிர்க்குவியக்குழாய்

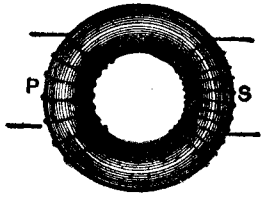
எட்சுக்கதிர்கள் பேரியம்பிளாற்றினோசயனைட்டுப் பூச்சிடப்பட்ட திரையொன் றிலே உறிஞ்சியொளிவீசலை உண்டாக்கும். அத்துடன், அவை ஊடுசெல்லும் வாயுவொன்றிலே கடத்துதிறனை உண்டாக்கும் ஒளிப்படவிளைவுகளையும் மின் விளைவுகளையும் கொடுக்கும். கதிர்களின் பெரிய ஊடுசெல்லுந்திறனை அவற்றின் சிறப்பான இயல்பாகும். இவ்வூடுசெல்லுந் திறனைது சிறிய அணுநிறையையுடைய மூலகங்களிற் சிறப்பாகக் காணப்படும். காந்தமண்ட லத்தினாலேனும் மின்மண்டலத்தினாலேனும் இவை திருப்பப்படமாட்டா. எட்சுக்கதிர்கள் ஊதாக்கடந்த ஒளியோடு சம்பந்தப்பட்டுள்ளனவாயினும் அவற்றிலும் மிகச்சிறிய அலைநீளங்களையுடையனவென்றும் இப்போது ஒப் புக்கொள்ளப்படும்.

எட்சுக்கதிர்க்குழாயொன்றை மாணவன் ஆராய்தல்வேண்டும். தூண்டற் சுருளொன்றின் முடிவிடங்களிரண்டினோடும் மின்வாய்களை இணைத்து அதன் தொழிற்பாட்டை மாணவனுக்குக் காட்டல்வேண்டும். திசைமாற் றியைத் தொழிற்படாத நிலையில் வைத்துக்கொண்டு இதனைச் செய்தல் வேண்டும். இப்போது திசைமாற்றியைத் திருப்பிக் கணநேரத்திற்குமட்டுந் தொடுகையை உண்டாக்குக. மூரணெதிர்மின்வாயின் முன்னுள்ள குமிழின் பாதி பச்சை உறிஞ்சியொளிவீசலைக் காட்டுமாயின், திசைமாற்றியானது சரியாகத் திருப்பப்பட்டுள்ளதாகும். அப்போது உறிஞ்சியொளிவீசுந் திரை யொன்றை உபயோகித்து எட்சுக்கதிர்களைக் காட்டலாம். படிகளைக்கொண்ட

பெட்டியொன்றைப்போன்ற பொருளை இடையில் வைத்து அவற்றின் ஊடு செல்லுந்திறனைக் காட்டலாம். குறுகிய காலங்களுக்குமட்டுமே குமிழானது தொழிற்படவிடப்பட வேண்டும். அவசியமின்றித் தோலை எட்சுக்கதிர்களுக்குத் திறந்துவைக்காது கவனமெடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

மாற்றி

மாற்றி என்பது மின்னோட்டமொன்றைக்கொண்டு, வேறு திறனையும் உவோற்றளவையுமுடைய இன்னுமோரோட்டத்தை உண்டாக்குதற்குரிய ஆய்கருவியாகும். தூண்டற்சுருளானது ஒருதாரணமாகும். ஆனால், இதன் ஆகமுன்னிய வகை **பரடேயின் (Faraday)** வளைய மாற்றியாகும். இது, 267 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோல சுற்றுக்கள் இரண்டைக்கொண்ட ஓரிரும்பு வளையமாகும். முதற்சுருள் P இலுள்ள மின்னோட்டமானது, இரும்புவளையத்திலே மூடிய காந்தச் சுற்றொன்றையுண்டாக்கும் காந்தத்தூண்டற் கோடுகளை எழச்செய்யும். முதற்சுருளிலுள்ள மின்னோட்டத்திறனானது மாற்றப்படும்போது துணைச்சுருள் S இலே **மி. இ. வி.** ஒன்று தூண்டப்பெறும். இந்த **மி. இ. வி.** இன் அளவானது அகத்திலுள்ள திரவியத்திலும், முதற்சுருளிலுந் துணைச்சுருளிலுமுள்ள சுற்றுக்களின் சார்பான தொகைகளிலுமே தங்கியுள்ளது.



உருவம் 267. மாற்றி

முதற்சுருளினூடாக ஆடலோட்டமொன்று செலுத்தப்படும்பொழுது, துணைச் சுருளிலே ஆடல் **மி. இ. வி.** ஒன்று தூண்டப்பெறும். S இலுள்ள சுற்றுக்களின்றொகை P இலுள்ள சுற்றுக்களின்றொகையிலுங் கூடியதாயிருக்குமாயின், S இன் முனைகளிலுள்ள உவோற்றளவு P இன் முனைகளிலுள்ள திலும்பார்க்க எறத்தாழச் சுற்றுக்களின் தொகையினது விகிதத்திலே கூடுதலாயிருக்கும். சத்தி நட்டங்களை நிராகரித்துக்கொண்டு, உவோற்றளவு அதிகரிக்கப்படும் விகிதத்திலேயே மின்னோட்டங் குறைக்கப்படும். இந்தவொழுங்கானது **படிகூட்டுமாற்றி** எனப்படும். இதன் நேர்மாறானது **படிகுறைக்கு மாற்றி** எனப்படும். இதிலே, மின்னோட்டம் அதிகரிக்கப்படும்போது உவோற்றளவு குறைக்கப்படும்.

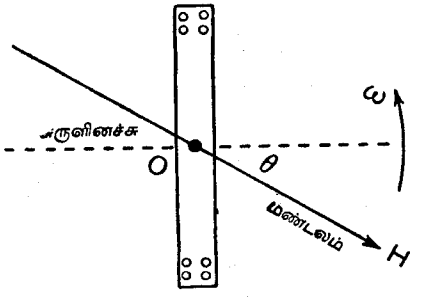
பரிசோதனை 250. வளையமாற்றி.—பருமட்டான ஒழுங்காக்குந்தடையொன்றினூடும் அம்பியர்மானியொன்றினூடும் தொடர்நிலையிலே சேமிப்புக்கலன்களின் மின்கலவடுக்கொன்றுடன் ஒரு திசைமாற்றியினூடாக வளையமாற்றியொன்றின் முதற்சுருளை இணைக்க. துணைச்சுருளை எறியியற்கல்வனோமானியொன்றினூடு (பக்கம் 717) இணைக்க. முதற்சுருளிலே மின்னோட்டத்தைத் திடீரென நேர்மாருக்குவதினாலுண்டான கல்வனோமானியின் வீச்சை அவதானிக்க.

முதலோட்டத்தின் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குரிய அவதானங்களைத் திரும்பத்திரும்ப எடுத்துக் கல்வனோமானியின் வீச்சிற்கும் இம்மின்னோட்டத்தின் திறனுக்குமிடையேயுள்ள தொடர்பைக் காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைக.

கல்வனோமானியின் வீச்சானது அதனூடுபாயும் மின்கணியத்தினோடு விகித சமமாயிருக்கும். இது முறையே இரும்பு வளையத்தினூடான காந்தப்பாய மாற்றத்தினோடு விகிதசமமானதாகும். முதற்சுருளிலுள்ள மின்னோட்டமானது இக்காந்தவிசைக் கோடுகளையுண்டாக்கும் காந்தவிசையின் ஓரளவாகும். ஆதலின், காந்தமாக்கல்விசையின் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குரிய காந்தத்தூண்டற்கோடுகளுக்கு இரும்பின் **உட்புகவிடுமியல்பைக்** காட்ட இவ்வளைகோடு உதவும்.

2. காந்தமண்டலமொன்றின் கறங்குசுருள்

கம்பியின் தளச்சுருளொன்று, திறன் H ஐயுடைய ஒருசீரான காந்த மண்டலத்திற்குச் செங்குத்தான அச்சொன்றைப்பற்றி மாருக்கோணவேகம் ω உடன் கறங்குகின்றது அல்லது சுழலுகின்றதெனக்கொள்க. உருவம் 268A இலே, சுருள் கறங்குகின்ற அச்சானது O இனூடு செல்வதுடன் காகிதத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவுமிருக்கும். வடிவத்திலே சுருளானது வட்டமாகவேனுஞ் செவ்வகமாகவேனும் இருத்தல்கூடும். O இனூடு செல்லுங் குற்றிட்ட கோடானது சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக அதன்



உருவம் 268A. கறங்குசுருள்

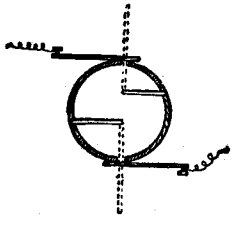
கேத்திரகணித மையத்தினூடுசெல்லும் ஒரு சமச்சீரச்சாகும். எந்தக் கணத்திலும் இவ்வச்சானது மண்டலம் H இன் திசையினோடு கோணம் θ ஐ ஆக்கும். அப்போது $\theta = \omega t$. சுருளின் **அச்சானது** சுருள் சுழலும் **அச்சிற்குச்** செங்குத்தானதென்பதை அவதானிக்க. $\theta = 0$ அல்லது π ஆயிருக்கும்போது சுருளினூடான பாயம் உயர்வானதாயிருக்கும். $\theta = \frac{\pi}{2}$ அல்லது

$\frac{3\pi}{2}$ ஆகும்போது பாயமானது பூச்சியமாயிருக்கும். சுருளின் முகத்தினது பரப்பை A எனவும், கம்பியின் சுற்றுக்களினது தொகையை n எனவும் கொள்வோமாயின், காந்தப்பாயம் $N = nHA$ கோசை θ. மின்னியக்க விசையானது N இன் குறைவுவீதமாகும். வகையீட்டுநுண்கணிதத்தை உபயோகிக்க,

எந்தக் கணத்திலுமுள்ள மி. இ. வி. $= n\,H\,A\,\omega$ சைன் $\theta = E_0 \times$ சைன் θ

எனக் காணப்படும். இங்கு, $E_0 = nHA\omega$. இது மி. இ. வி. இன் உயர்வுப் பெறுமானமாகும்.

இப்பிரச்சினையைக் கையாளுதற்குரிய வேறொரு முறையானது, **காந்தத் தூண்டற்கோடுகளை வெட்டும் கடத்தியொன்றிலுற்றூண்டப்பெறும் மி.இ.வி.** என்ற **பரடேயின்** கொள்கையிலுற் கொடுக்கப் படும். இவ்விளைவானது முக்கியம்வாய்ந்த **இலென் சின்விதி** (Lenz's Law) என்பதையும் விளக்கிக்காட் டும்: சுற்றொன்றிற்குங் காந்தமண்டலமொன்றிற்கு மிடையே சார்பான இயக்கம் இருக்கும்போதெல்லாம், தூண்டப்பெற்ற மின்னோட்டமானது இயக்கத்தை எதிர்க்கும் பொறிமுறை விசைகளை உண்டாக்கக்கூடிய தாகும்.

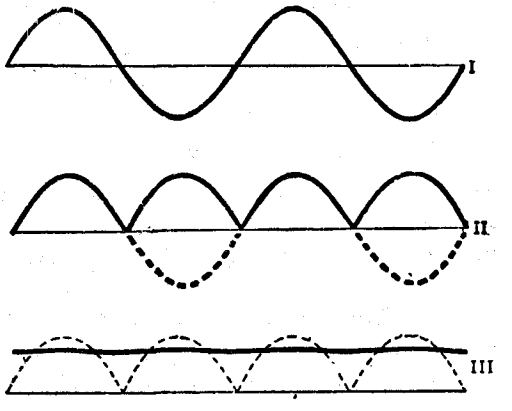


உருவம் 268B.
நேரோட்டத்திற்குரிய திசைமாற்றி

காந்தமண்டலமொன்றிலே ஒரு சுருளானது சுழ லும்போது **ஆடலியல்பையுடைய மி.இ.வி.** ஒன்று (உருவம் 269, வளைகோடு I), சுருளிற் றூண்டப்பெறும். சுழற்சியின் ஒருசீரான வீதத்திலுற் சுருளின் தளமானது மண்டலத்தினூடு செல்லும்போதே தூண் டல் **மி.இ.வி.** ஆனது உயர்வுப்பெறுமானத்தைக் கொண்டிருக்கும். சுரு ளானது விசைக்கோடுகளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாயிருக்கும்போது இது பூச்சியமாயிருக்கும்.

தூண்டலோட்டத்தை அளத்தற்குரிய முறைகள்.—இவ்வகையான சுரு ளொன்றிலுற் இணைக்கப்பட்டுள்ள சாதாரணக் கல்வனோமானியொன்று, சுருளானது எப்போதும் ஒரேதிசையிற் சுழற்றப்படுமாயின் திசைமாற்றி யமைப்பொன்று பொருத்தப்பட்டாலன்றித் திரும்பலைக் கொடாது. திசை மாற்றியின் வசதியான உருவமொன்றிலே (உருவம் 268 B) சுருளின் முனைவுகள் அதனச்சில் ஏற்றப்பட்டுள்ள காவலிட்ட சிலிண்டரின்மேலே யுள்ள பிளந்த பித்தளைச்சிலிண்டரின் பாதிகளிரண்டிலுற் இணைக்கப்பட் டுள்ளன. சுருளினச்சைத் தாங்கிக்கொண்டிருக்குஞ் சட்டத்திலுற் பொருத் தப்பட்டுள்ள வில்லுகள் அல்லது துடைப்பங்களிரண்டு விட்டத்தின் எதிர் முனைகளிலே பிளந்த சிலிண்டருக்கு மேலே அமுக்கிக்கொண்டிருக்கும். சுருளானது சுழலும்போது பிளந்த சிலிண்டரின் பாகங்களிரண்டிலுற்றும்

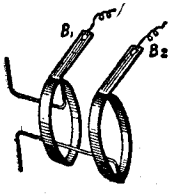
இவ்வில்லுகள் மாறிமாறித் தொடுகின்றன. ஆகவே, சுருளின் முடிவிடங் களிரண்டிலுற்றும் இவை மாறிமாறி இணைக்கப்படுகின்றன. இத்துடைப்பங் களின் நிலையை எற்றவாறு ஒழுங்கு செய்து திசைமாற் றும் நிலையை **மி. இ. வி.** ஆனது பூச்சியமாயிருக்கும் நிலையிலுற்று ஒத்திருக்கச் செய்யலாம். எனவே, சீராக் கிய அல்லது ஒருதிசையான மின்னோட்டமொன்று புறச் சுற்றினூடாக (துடைப்பங்களி லுற்று இணைக்கப்பட்டுள்ள ஆய்கருவி) செலுத்தப்படும். இது சுருளிற் பிறப்பிக்கப்பட்ட ஆடல் **மி. இ. வி.** ஒன்றினால் உண்டாக்கப்படும் (உருவம் 269, வளைகோடு II).



உருவம் 269. கறங்குசுருள் அல்லது புவித்தூண்டியின் பயனை மி.இ.வி. முதலியன

கல்வனோமானியொன்றினூடு பாயும் இந்த மின்னோட்டமானது, மின் னோட்டத்தின் சராசரிப் பெறுமானத்திலுற்றொத்த ஏறத்தாழ மாறுத் திரும்பலைக் கொடுக்கும். இயங்குந்தொகுதியின் சடத்துவத்தின் காரணத் தினால், கல்வனோமானித்திரும்பலானது மின்னோட்டத்தின் மாற்றங்களைப் பின்பற்றுவதில்லை. (உருவம் 269, வளைகோடு III).

சில சந்தர்ப்பங்களிலே திசைமாற்றியெதுவும் சுருளிலுற்று இணைக்கப்படுவ தில்லை. ஆனால், சுருளின் முனைகள் "நழுவல்வளையங்களோடு" இணைக்கப்பட் டிருக்கும். இவ்வளையங்களிலிருந்து B_1, B_2, ஆகிய துடைப் பங்களின் சோடியொன்றைக்கொண்டு (உருவம் 270) மின் னோட்டம் எடுக்கப்படும். இச்சந்தர்ப்பத்திலே சுருளானது தொடர்ந்து சுழற்றப்படுமாயின் ஆடலோட்டத்தைக் கொடுக்குமாதலின் வெப்பக்கம்பி மில்லியம்பியர்மானி யொன்றிலுற்றேனும் மில்லியுவோற்றுமானியொன்றி லுற்றேனும் உபயோகிக்கப்படுதல்வேண்டும். எறியியற் கல்வனோமானியொன்றிலுற் இதனை உபயோகிப்பது வேறொரு முறையாகும். இதிலே, சுருளானது அரைச் சுற்றினூடு திடீரெனச் சுழற்றப்படும்போது கல்வனோமானி யின் திரும்பல் அவதானிக்கப்படும். சுருளானது மண்டலத்திற்குச் செங்குத் தாயிருக்கும்போது தொடங்கி மீண்டும் மண்டலத்திற்குச் செங்குத்தாக, ஆனால், அதன் முகங்கள் நேர்மாறாக இருக்குமட்டும், அரைச்சுற்றொன்றி னூடு அது விரைவாகச் சுழற்றப்படும். இவ்வியக்கத்தினால் உண்டாக்கப்படும்



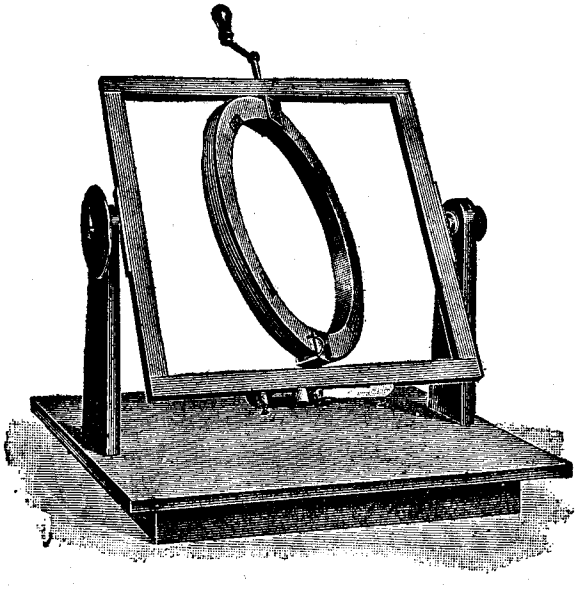
உருவம் 270.
ஆடலோட்டத்திற்குரிய நழுவல்வளையங்கள்

கல்வனோமானியின் திரும்பலானது சுருளினூல் வெட்டப்படுங் கோடுகளின் முழுத்தொகையினோடு விகிதசமமானதாகும். அதாவது, தொடக்கநிலையிலே சுருளின் முகத்திற்குச் செங்குத்தான மண்டலச்செறிவினோடு விகித சமமானதாகும்.

புவித்தூண்டி என்பது (உருவம் 271) இப்போது விவரிக்கப்பட்ட தத்துவங்களை விளக்குதற்குரிய ஒரு கருவியாகும். வட்டச்சுருளொன்று புவியின் காந்தமண்டலத்திலே வட்டத்தின் விட்டத்தைப்பற்றிச் சுழற்றப்படும்.

பரிசோதனை 251. புவித்தூண்டியொன்றைக்கொண்டு சாய்வுக்கோணத்தைத் தீர்மானித்தல்—சுருளானது **திசைமாற்றியொன்றினோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளதெனக்கொண்டு,** "திசை மாறுநிலையிலே", அதாவது துடைப்பங்கள் பிளந்த சிலிண்டரின் எந்தப்பக்கத்திலுந் தொடாதிருக்கும்போது தளமானது நிலைக்குத்தாகக் கிழக்கு மேற்காயிருக்குமாறு புவித்தூண்டியின் சுருளை வைக்க. பூச்சியப்பெறுமானத்தினூடு செல்லும்போது மின்னோட்டமானது திசைமாற்றப்படுமென்பதை இது உறுதிப்படுத்தும்.

உணர்கல்வனோமானியொன்றின் முடிவிடங்களோடு துடைப்பங்களை இணைக்க. கல்வனோமானியினோடு செப்பஞ்செய்யக்கூடிய பெரிய தடை



உருவம் 271. புவித்தூண்டி

யொன்றைத் தொடர்நிலையில் வைத்தல் வேண்டும். புவித்தூண்டியின் சுருளினூலுந் தொடர்நிலையிலுள்ள தடையினூலுங் குறுக்காகச் சுற்றப்

படுவதினூல் இயங்குசுருளின் அலைவுகள் மிக்கவிரைவில் அழிக்கப்படுமாதலின், தொங்குசுருட்கல்வனோமானியொன்று இப்பரிசோதனைக்கு மிகப் பொருத்தமானதாகும். கொடுக்கப்பட்ட ஒரு மண்டலத்திற்கும் வேகத்திற்குந் தூண்டப்பெற்ற **மி.இ.வி.** ஆனது, நிலையான ஒரு கணியமாகுமாதலாலும், ஒரே **அ.வி.** இனூற் செலுத்தப்படுவதினூற் பக்கவழி திருப்பப்பட்டாலும் படாவிட்டாலும் கல்வனோமானியினூடாக ஒரேமின்னோட்டம் பாயுமாதலினாலுந் **தொடர்நிலைத்** தடையொன்று உபயோகிக்கப்பட்டாலன்றிக் **கல்வனோமானியைப் பக்கவழிதிருப்புவதினூல் எவ்வித உபயோகமுமில்லை.** சிறிதுநேரத்திற்கு உறுதியாய் வைக்கப்படக்கூடிய வேகமொன்றிலே சுருளைச் சுழற்றிக்கொண்டு, அளக்கப்படக்கூடிய உயர்வுத் திரும்பலின் எறத்தாழ **அரைவாசியான** கல்வனோமானித்திரும்பல் ஆகுமட்டுந் தடையைச் செப்பஞ்செய்க. **நிமிடத்திற்கு** 60 தொடக்கம் 80 வரையுள்ள சுற்றுக்கள் வசதியான ஒரு சுழற்சிவீதமாகும். கடிகாரமொன்றைக்கொண்டு சுழற்சிவீதத்தை அளக்கும்போது உறுதியான வேகமொன்றை வைத்திருக்கத்தெண்டிக்க. சுருளைச் சுழற்றும்போது செக்கன்கம்பியை இலகுவில் அவதானிக்கக்கூடியதாய்க் கடிகாரத்தை வைத்துக் கொள்க. கல்வனோமானியின் திரும்பலானது மாறிலியாயிருக்கக்கூடிய வீதத்திலே சுருளைச் சுற்றுக. அதன்பின் 100 சுற்றல்களுக்குத் தேவையான நேரத்தைக் காண்க.

சிறிது பயிற்சியின்பின் உறுதியான வீழ்வுகள் பெறப்படலாம். ஒரே நேரத்திற் பலவகையான அவதானங்களை எடுக்கக்கூடிய ஆற்றலைப் பெறுவதற்காக, மாணவன் இவ்வளவுகளைத் **தனியே** எடுக்கப் பயின்றுகொள்வது விரும்பத்தக்கதாகும்.

பரிசோதனை செய்யவேண்டிய முறையைப்பற்றிப் பழகியபின்பு பின்வரும் அவதானங்கள் எடுக்கப்படுதல்வேண்டும். (1) சுருளின் 100 சுற்றுக்களுக்குரிய நேரத்தைக் காண்பதுடன், நிலைக்குத்துச்சொன்றைப்பற்றிச் சுழலுஞ் சுருளின் தளமானது கிழக்குமேற்காயிருக்கத் திசை மாற்றியானது நேர்மாறுகும்போது உண்டாக்கப்படுஞ் சராசரித் திரும்பலையும் அவதானிக்க. 100 சுற்றுக்களுக்குரிய நேரத்தை t_1 எனவும், திரும்பலை δ_1 எனவுங் கொள்க. இக்கணியங்களின் மூன்று வெவ்வேறான தீர்மானங்கள் செய்யப்படல்வேண்டும். (2) அச்சுக்கிடையாயிருக்குமாறு சுருளைத்திருப்பிக் கிடை நிலையினூடு சுருளானது செல்லுகையிற் திசைமாற்றி நேர்மாறுகும்போது இவ்வகையான அவதானங்களின் கூட்டமொன்றையெடுக்க. தேவைப்படின், முன்னைய திசையிலேயே திரும்பலைப் பெறுதற்காகச் சுருளானது சுழலுந் திசையானது முன்னையதற்கு எதிராயிருத்தல்வேண்டும். சுற்றின் தடையை எவ்விதமாகவும் மாற்றுதல் கூடாது. 100 சுற்றுக்களுக்குரிய நேரத்தை t_2 எனவும், திரும்பலை δ_2 எனவுங்கொள்க.

எந்தத் தனிப்பரிசோதனையிலும் δ, தூண்டலோட்டத்திற்கு விகிதசமமாகும். தடையானது மாறிலியாக வைக்கப்படுமாதலின் இது தூண்டல் **மி. இ. வி.** இற்கு விகிதசமமாகும். தூண்டல் **மி. இ. வி.** ஆனது,

$\frac{n}{t}$ × (திசைமாறுநிலையிலே சுருளிற்குச் செங்குத்தான மண்டலித்திறன்)

என்பதனோடு விகிதசமமாகும். இங்கு n என்பது நேரம் t இலுள்ள சுழற்சிகளின் தொகையாகும்.

ஆகவே, H உம் V உம் முறையே புவிமண்டலத்தின் கிடைக்கூறும் நிலைக்கூறுமாயின்,

$$\delta_1 = K \frac{100}{t_1} H \text{ எனவும்,}$$

$$\delta_2 = K \frac{100}{t_2} V \text{ எனவும் பெறுகின்றோம்.}$$

எனவே, $$\frac{V}{H} = \frac{\delta_2 t_2}{\delta_1 t_1}.$$

செய்யப்பட்ட அவதானங்களிலிருந்து புவிமண்டலத்தின் நிலைக்கூற்றினதும் கிடைக்கூற்றினதும் விகிதத்தைத் தீர்மானிக்க. இவ்விகிதமே சாய்வுக்கோணம் ϕ இனது தான்சனுகுமாதலின், சாய்வுக்கோணமானது,

$$\text{தான் } \phi = \frac{V}{H} = \frac{\delta_2 t_2}{\delta_1 t_1}$$

என்ற கோவையிலிருந்து பெறப்படலாம்.

இவ்விளைவின் சரிபிழையை அறிவதற்காகச் சுருளின் சுழலச்சானது காந்தவுச்சநெடுங்கோட்டிலே வெவ்வேறு நிலைகளில் வைக்கப்பட்டுக் கூடியவளவு விரைவாகச் சுழற்றப்படும். சுருளானது எவ்வளவு விரைவாகச் சுழற்றப்பட்டபோதிலும் ஒரு நிலையிலே கல்வனோமானியிற்றிரும்பல் காணப்படமாட்டாது. திசைமாறுநிலையிலே சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான மண்டலமானது பூச்சியமாகுமென்பதே இதன் கருத்தாகும். அதாவது, சுழலச்சானது சாய்வுக்கோணத்தின் நேரேயிருக்கும். இந்த நிலையிலே கிடைத்தளத்திலோடு சுருளின் சுழலச்சினது சாய்வுக்கோணத்தை அளந்து, மேலேயுள்ள பரிசோதனையிற் பெறப்பட்ட விளைவிலோடு ஒப்பிடுக.

பரிசோதனை 252. இவ்வகையான பரிசோதனையின் சார்பான திருத்தத்தினது மதிப்பு.—திசைமாறுநிலையிலே சாய்வுக்கோணத்திற்குச் செங்குத்தாகத் தளமிருக்குமாறு சுருளானது சுழற்றப்படுமாயின், சுருள் சுழலும்போது அளக்கப்படும் மண்டலமானது புவியின் முழு மண்டலமுமாகும். இந்த நிலையிலே சுருளானது t_3 செக்கனில் 100 முறை சுற்றும்போது பெறப்படுந் திரும்பல் δ_3 ஆனது,

$$\delta_3 t_3 = K\ 100\ T$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். இங்கு T என்பது புவியினது முழுமண்டலத்தின் திறனாகும்.

இப்போது $$T^2 = H^2 + V^2$$

ஆகுமாதலின், $(\delta_3 t_3)^2$ என்பது $(\delta_2 t_1)^2 + (\delta_2 t_2)^2$ இற்குச் சமமாகும். முன்னரே பெறப்பட்ட பேறுகளிலிருந்து இதனைக் காணலாம்.

$(\delta_1 t_1)^2$ ஐயும் $(\delta_2 t_2)^2$ ஐயுங்கண்டு இவற்றின் கூட்டுத்தொகையை இப்பரிசோதனையிற் பெறப்பட்ட $(\delta_3 t_3)^2$ இலோடு ஒப்பிடுக. இவை அண்டியிருக்கும் அளவானது பரிசோதனையின் சார்பான திருத்தத்தினது அளவாக எடுக்கப்படலாம்.

குறிப்பு.—தொங்குசுருள்வகையின் கல்வனோமானியொன்று விளக்களவுகோலொன்றுடன் உபயோகிக்கப்படுமாயின் ஏறத்தாழ 3 அல்லது 4 நூற்றுவீதத்திற்குள் ஒப்புமையைப் பெறமுடியும்.

பரிசோதனை 253. புவித்தூண்டியைக்கொண்டு பரிசோதித்தற்குரிய எறியியன்முறை— சுருளானது திசைமாற்றியொன்றிலோடு பொருத்தப்பட்டிருந்தாலென்ன பொருத்தப்படாவிட்டாலென்ன ஒரேவகையான பரிசோதனைகள் செய்யப்படலாம். மேலதிகத் தடையேதுமின்றிச் சுருளிலோடு கல்வனோமானி இணைக்கப்பட்டுச் சுருளானது அரைச்சுற்றினூடு சுழற்றப்படும்போது எறியியலாட்டந் தீர்மானிக்கப்படவேண்டும். சுருளானது அரைச்சுற்றினூடு சுழற்றப்படும்போது கல்வனோமானியின் திரும்பல்கள், தொடக்க நிலைகளிலே சுருளுக்குச் செங்குத்தான மண்டலத்திறன்களோடு விகிதசமமாயிருக்கும்.

எனவே, சுருளின் தளமானது நிலைக்குத்தாகக் கிழக்கு மேற்காயிருக்கும்போது தொடங்கி, கல்வனோமானியின் முதலாடல் $\triangle_1$ ஆகுமாயின்,

$$\triangle_1 \propto H$$

எனப் பெறுகின்றோம்.

சுருளின் தளமானது கிடையாயிருக்கும்போது கல்வனோமானியின் முதலாட்டல் $\triangle_2$ ஆகுமாயின்,

$$\triangle_2 \propto V$$

எனப் பெறுதல் வேண்டும். எனவே,

$$\frac{\triangle_2}{\triangle_1} = \frac{V}{H} = \text{தான் } \phi.$$

சுருளின் தளமானது சாய்வுக் கோணத்திலோடு செங்குத்தாயிருக்கும் போது திரும்பலானது Δ_3 ஆகுமாயின், அண்ணளவாக,

$$\Delta_3^2 = \Delta_2^2 + \Delta_1^2$$ என நாம் பெறுதல் வேண்டும்.

சுருளினச்சானது விசைக்கோடுகளின் நேரேயிருக்கும்போது, அரைச்சுற்றினூடாகச் சுருளைச் சுழற்றும்போது எவ்விதத் திரும்பலுமிராது.

3. மின்காந்தப்பொறிகள் – தைனமோக்களும் மோட்டர்களும்

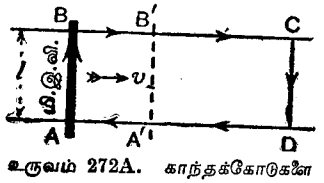
தைனமோ அல்லது **மோட்டர்** என்பது காந்தமண்டலமொன்றிற் சுழலக்கூடியதாய் ஏற்றப்பட்டுள்ள **ஆமேச்சர்** எனப்படுஞ் சுருள் அல்லது சுருளின் தொகுதியொன்றைக் கொண்டதாகும். தைனமோவிலே ஆமேச்சரானது சுழலச் செய்யப்பட்டுப் பொறியிலிருந்து மின்னோட்டமொன்று எடுக்கப்படும். மின்னோட்டமானது மண்டலத்திலே ஆமேச்சரின் இயக்கத்தினால் அதிற்றூண்டப்பெறும் **மி.இ.வி.** இனாலுண்டாக்கப்படும். மோட்டரிலே, புறவுற்பத்தியொன்றிலிருந்து மின்னோட்டமொன்று வழங்கப்பெறும். மின்னோட்டத்தைக் காவுகின்ற சுருள்களிலே காந்தமண்டலத்தினாற் செலுத்தப்படும் விசையிலிருந்தே ஆமேச்சரின் இயக்கமுண்டாகும். நேரோட்டப் பொறிகளிலே 677 ஆம் பக்கத்தில் **விவரிக்கப்பட்டுள்ள** தத்துவத்தோடொத்த துடைப்பங்களை அல்லது திசைமாற்றியொன்றைக்கொண்டு மின்னோட்டமானது ஆமேச்சரினுள்ளே செலுத்தப்பட்டேனும் வெளியே எடுக்கப்பட்டேனும் இருக்கும்.

சுற்றென்றிலே தூண்டப்பெற்ற **மி.இ.வி.** ஐப் பற்றிய **பரடே நியூமனரின் (Faraday and Neumann)** விதியானது, (பக்கம் 665)

$$\mathbf{E} = -\frac{d\mathbf{N}}{dt}$$

எனக் கணிதரூபத்தில் எழுதப்படலாம். இங்கு **N** என்பது சுற்றினூடான காந்தப்பாயமாகும் (காந்தத் தூண்டற்கோடுகளின் தொகை).

காந்தத்தூண்டற் கோடுகளின் குறுக்கே கடத்தியொன்று வெட்டும் போதெல்லாம் அக்கடத்தியினுண்டாக்கப்பெறும் **மி.இ.வி.** ஒன்றின் கொள்கையைப்பற்றி **பரடே** அறிமுகஞ்செய்து வைத்தார். இந்த **மி.இ.வி.** ஆனது காலவலகொன்றில் வெட்டப்பெறுங் கோடுகளின் தொகைக்குச் சமமாகுமெனக் காட்டப்படலாம். உருவம் 272A இலே கம்பி **AB** ஆனது தூரம் l இனூற் பிரிக்கப்பட்டுள்ள நிலைத்த தண்டவாளங்கள் **AD, BC** களிரண்டிலே மாறுவேகம் v இனோடு வழுக்கிச் செல்லும். நிலையான கடத்தி



உருவம் 272A. காந்தக்கோடுகளை வெட்டுங்கம்பி

CD இனூற் தண்டவாளங்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. காந்தத்தூண்டற் கோடுகள் வரிப்படத்தின் தளத்தினுள்ளே செங்குத்தாகச் செல்லுகின்றன. பரப்பளவொன்றிற்குரிய கோடுகளின் தொகையாகிய **பாயவடர்த்தி B** ஆகும். **AB** ஆனது இடமிருந்து வலமாக இயங்குமாயின், பரப்பு **ABCD** இனூடு செல்லுங் காந்தப்பாயமானது குறைந்துகொண்டுபோய்ச் சுற்று **ABCD** ஐச் சுற்றி வலஞ்சுழியாக **மி.இ.வி.** ஒன்று உண்டாக்கப்பெறும் (பக்கம் 665). காலவலகொன்றிலே கம்பியானது **AB** இலிருந்து A′B′ இற்கு இயங்கும். இங்கு $AA' = BB' = v$ ஆதலின் துடைத்துச் செல்லும் பரப்பு **ABB′A′** ஆனது vl இற்குச் சமமாகும். காந்தப்பாயம் **N** இன் **குறைவுவீதம் E** இற்குச் சமமாதலின்,

$$\mathbf{E} = \mathbf{B}vl$$

என்பது வெளிப்படை. அளவுகளெல்லாம் **ச.கி.செ.** அலகுகளிலிருக்கும் போது இது மெய்யாகும். **E** உவோற்றிலும், **B** சதுரமீற்ற ரொன்றிற்குரிய உவேபரிலும், l மீற்றரிலும், v செக்கனொன்றிற்குரிய மீற்றரிலுமாகச் செய்முறையலகுகளிலுங்கூட இது மெய்யாகும். பெருக்கம் $\mathbf{B}vl$ ஆனது செக்கனொன்றில் வெட்டப்படுங் காந்தக்கோடுகளின் தொகைக்குச் சமமாகும்.

மின் மோட்டரும் மின் தைனமோவும்

சேர் அம்பிரோசு பிளெமிங்கு (Sir Ambrose Fleming) என்பவர் மின்மோட்டரிலும் மின்தைனமோவிலுமுள்ள தாக்கங்களைத் தொகுத்தற்குரிய வசதியான விதிகளைக் கொடுத்திருக்கின்றார். வெப்பவயன்வாயில்களைப்பற்றி இவர் வழிகாட்டிய வேலையானது பின்னால் விவரிக்கப்படும்.

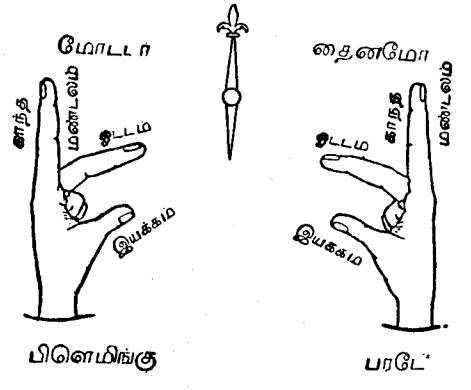
ஒரு சீரான காந்தமண்டலம் **H** இற்குச் செங்குத்தாக மின்னோட்டம் **I** ஐக் காவுகின்ற நேர்க்கம்பியொன்று வைக்கப்படும்போது, மின்னோட்டத்தின் திசைக்குங் காந்தமண்டலத்திற்குஞ் செங்குத்தான திசையிலே கம்பியை இயக்கமுயலும் **பொறிமுறைவிசை**யொன்றை அக்கம்பியானது அனுபவிக்கும்.

l ச. மீ. நீளமான கம்பியிலே பொறிமுறைவிசையின் பெறுமானமானது, **I** உம் **H** உம் **ச.கி.செ.** மின்காந்தவலகுகளிலிருக்குமாயின் $\mathbf{IH}l$ தைன் ஆகும்.

மின் மோட்டர் (இடக்கை விதி)

இப்பொறிமுறைவிசையின் **போக்கைக்** காணவேண்டுமாயின், இடக்கையின் சுண்டுவிரலையும் நடுவிரலையும் பெருவிரலையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்

குத்தாக வைக்க (உருவம் 272 B). காந்தவிசையின் திசையை நோக்கிச் சுண்டுவிரலைப் பிடிக்க, நடுவிரல் மின்னோட்டம் I இன் திசையாகவும், பெருவிரல் கடத்தியின் இயக்கத்திசையாகவுமிருக்கும்.



உருவம் 272B. பிளெமிங்கின் (Fleming) விதிகள் (இடக்கை விதியும் வலக்கை விதியும்)

மின் தைனமோ (வலக்கை விதி)

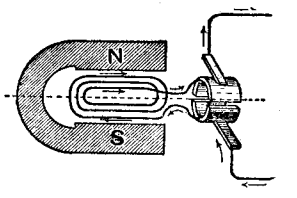
ஒரு சீரான காந்தமண்டலமொன்றின் விசைக்கோடுகளைச் செங்குத்தாக வெட்டுமாறு நேர்க்கம்பியொன்று இயக்கப்படுமாயின், கம்பியினூடு தூண்டலோட்டமொன்றைப் பாய்ச்சமுயலும் மின்னியக்க விசையொன்று அக்கம்பியிலே உண்டாக்கப்பெறும். இத்தூண்டலோட்டத்தின் திசையைக் காண வேண்டுமாயின் **வலக்கையின்** சுண்டுவிரலைக் காந்தவிசையின் திசையை நோக்குமாறு வைக்க. இவ்விரலானது நடுவிரலின் திசைக்கும் பெருவிரலின் திசைக்குஞ் செங்குத்தாயிருத்தல் வேண்டும். எனின், பெருவிரலானது கம்பியின் இயக்கத்திசையை நோக்கியிருக்கும்போது, நடுவிரலானது தூண்டலோட்டத்தின் திசையிலிருக்கும்.

மின்மோட்டருக்குப் பிரயோகிக்கப்படும் இடக்கை விதியைப் **பிளெமிங்கின்** பெயரோடும், மின் தைனமோவிற்குப் பிரயோகிக்கப்படும் வலக்கை விதியைப் **பரடேயின்** பெயரோடுஞ் சம்பந்தப்படுத்துவது இரு விதிகளையும் பிரித்தறிவதற்கு வசதியாயிருக்கும்.

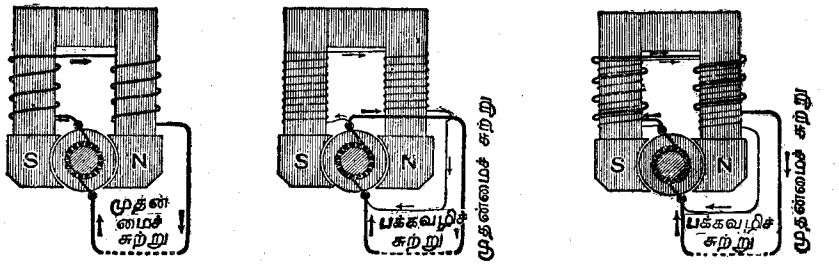
இவ்விதிகள், **ஸ்ளாக்கு மாட்சுவெல்**லினுற் கொடுக்கப்பட்ட மின்காந்த மண்டலவிதிகளை அடிப்படையாகக்கொண்டு ஒன்றுக்கொன்று நிரப்புந் தன்மைவாய்ந்ததென்பதை அவதானித்தல் வேண்டும். மேலே கூறியவாறு, **வழக்கிலுள்ள நேர்மின்**னோட்டத்தை இவை கருதுகின்றனவேயன்றி எதிர்நிலத்திரனோட்டத்தையன்று.

தைனமோ (நேரோட்டம்)

ஆமேச்சர் சுழலுகின்ற காந்தமண்டலமானது நிலையான காந்தங்களினாலேனும் மின்காந்தங்களினாலேனும் உண்டாக்கப்படலாம். முந்திய வகையிலே தைனமோவானது **மகினற்றேப்பொறி** எனப்படும் (உருவம் 272 C). பின்னைய வகையிலே தைனமோவானது அதன் சொந்த **அருட்டலோட்டம்** அல்லது **மண்டலவோட்டத்தை** வழங்கப் பொதுவாக உபயோகிக்கப்படும். மினனோட்டமானது மண்டலச் சுருள்களூச்சுற்றி ஆமேச்சரிலிருந்து எடுக்கப்படும். மண்டலக்காந்தங்களின் எஞ்சிய காந்தவியல்பு மின்னோட்டத்தின் **பிறப்பையுண்டாக்கப்** போதியதாகும். தூண்டலோட்டமானது, வேகம் அதிகரிக்குந்தோறும் காந்தமண்டலத்தை எழுப்புகின்றது. தேவையான சத்தியானது, செலுத்தும் வலுவினல் வழங்கப்பெறும். ஆமேச்சரிலிருந்துவரும் மின்னோட்டம் முழுவதும் மண்டலச் சுருள்களினூடு பாயுமாயின், பொறியானது **தொடர்நிலைச்சுற்றை** உடையதெனப்படும் (உருவம் 273). மண்டலச் சுருள்கள் புறச்சுற்றினூடு சமாந்தரநிலையிலிருக்குமாறு துடைப்பங்களின் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுள்ளனவாயின், அது **பக்கவழிசுற்றிய** பொறி எனப்படும் (உருவம் 274). இவ்விரு



உருவம் 272.C.
மகினற்றேப்பொறி



உரு. 273. தொடர்நிலைச்சுற்று உரு. 274. பக்கவழிச்சுற்று உரு. 275. கூட்டுச்சுற்று

தொகுதிகளினதுஞ் சேர்க்கையொன்று பெரும்பாலும் உபயோகிக்கப்படும். இது **கூட்டுச்சுற்றுப்பொறி** எனப்படும் (உருவம் 275). கூட்டுச்சுற்றுப் பொறியொன்று, வேகம் மாறுதிருக்கும்போது பரந்த வெவ்வேறான பாரங்களுக்குப் புறச்சுற்றிலே உறுதியான **அ.வி.** ஒன்றைக்கொடுக்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

கொடுக்கப்பட்ட மண்டலத்திறனென்றிற்கு ஆமேச்சர் சுருள்களிலே தூண்டப்பெற்ற **மி.இ.வி.** (E) ஆனது சுழற்சிவேகத்தினூடு விகிதசமமாயிருக்கும். ஆனல், துடைப்பங்களுக்கிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது அதே விதிக்

கமைந்திருக்கவேண்டியது அவசியமன்று. பொறியிலே வெவ்வேறு சுமைகள் ஏற்றப்படும்போது, அதாவது பொறியிலிருந்து வெவ்வேறு அளவுகளையுடைய மின்னோட்டங்கள் எடுக்கப்படும்போது, ஆமேச்சரின் தடையின் காரணமாகத் துடைப்பங்களுக்கிடையே **அ.வி.** இன் மாற்றமொன்றுண்டாகும். ஆமேச்சரின் தடையை **R** எனவும், ஆமேச்சரினூடுபாயும் மின்னோட்டத்தை **I** எனவுங் கொள்வோமாயின், தூண்டப்பெற்ற **மி.இ.வி.** இன் ஓரளவு, **IR** ஆனது, ஆமேச்சர்ச் சுருள்களினூடு மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும்போது உறிஞ்சப்படும். அத்துடன், துடைப்பங்களிலே பெறப்படக்கூடிய **அ.வி.** ஆனது

$$V = E - IR$$

மட்டுமேயாகும்.

மோட்டர்

தானமோவாக உபயோகிக்கப்படும் எந்தப் பொறிக்கும் மின்னோட்டத்தை வழங்கி அதனை மோட்டராகத் தொழிற்படச்செய்யலாம். எனவே, தானமோக்களைப் போலவே, தொடர்நிலைச்சுற்றையுடையனவும், பக்கவழிச்சுற்றையுடையனவும், கூட்டுச்சுற்றையுடையனவுமாகிய மோட்டர்களையும் பெறுகின்றோம்.

மோட்டரொன்றிலே மின்னோட்டம் மாறுகின்ற வகையானது எடுத்தாளப்படவேண்டிய மிக முக்கியமான கருத்துக்களிலொன்றாகும். மோட்டர்களோடு சம்பந்தப்பட்ட தோற்றப்பாடுகளைப் பெரும்பாலானவை இத்தொடர்பிலே கருதப்படலாம்.

ஆமேச்சரானது சுழலும்போது, அது விசைக்கோடுகளை வெட்டும் ஒரு கடத்தியாக இருக்கும். ஆகவே, சுழற்சிவீதத்திற்கேற்ற மண்டலத்திறனிற்கேற்ற விகிதசமமான **மி.இ.வி.** (**E**) ஆனது அதிலே தூண்டப்பெறும். இந்த **மி.இ.வி.** ஆனது இயக்கத்தையுண்டாக்கும் மின்னோட்டத்திற்கு எதிராயிருக்கும். அதாவது, பிரயோகிக்கப்பட்ட **அ.வி.** (**V**) இற்கு எதிர்த்திருக்கும். ஆமேச்சரினூடாகப் பாயும் மின்னோட்டம் **I** ஆனது இயக்கத்திற்றூண்டப்பெறும் பின் **மி.இ.வி.** இன்மேற் பிரயோகிக்கப்பெற்ற **அ.வி.** இன் மிகுதியினாற் செலுத்தப்பட்டு,

$$I = \frac{V - E}{R}$$

என்ற சமன்பாட்டினாற் கொடுக்கப்படும்.

வேகத்திற்கேற்ற மின்னோட்டத்தின் மாற்றம்.— மாறு மண்டலமொன்றுடன் **E** ஆனது, ஆமேச்சரின் சுழற்சி வீதத்திற்கேற்ற விகிதசமமாகும். எனவே, **வேகங் குறைக்கப்படுமாயின், E உங் குறைக்கப்பட்டு மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும்.**

சுமையோடு மின்னோட்டத்தின் மாற்றம்.— பொறியிலே பாரங்கூடிய சுமையொன்று ஏற்றப்பட்டு அப்பொறியினாற் கூடுதலான பொறிமுறை வேலை செய்யப்படுமாயின், பொறிக்கு வழங்கப்படுஞ் சத்தியினளவு அதிகரிக்கப்படுதல் வேண்டும். எனவே, வழங்கலிடத்தின் **அ.வி.** ஆனது மாறுதிருப்பின் **I** அதிகரித்தல் வேண்டும்.

சுமையோடு வேகத்தின் மாற்றம்.— சுமை அதிகரிக்கப்படுமாயின், மேலேயுள்ளது போல **I** அதிகரிக்கும். இவ்வாறு நிகழ்வதற்கு மேலே குறித்த சமன்பாட்டின்படி **E** ஆனது குறைதல்வேண்டும்.

எனவே, சுமை அதிகரிக்க, மண்டலத்திறன் மாறுதிருக்கும்போது மோட்டரின் வேகங்குறையும். ஆனால், **I** இனது அதிகரிப்பின் காரணத்தினால் **வலு அல்லது வேலையின் வீதம் அதிகரிக்கப்படும்.** கூட்டுச் சுற்று மோட்டர்களிலே இவ்வாறிருப்பது அவசியமன்று. இவற்றிலே, அதிகரித்த சுமையானது குறைந்த மண்டலத்தையுண்டாக்குமாறு மண்டலச்சுருள்கள் பொதுவாகச் சுற்றப்பட்டுள்ளன. ஆகவே, வேகமாற்றமின்றியே தேவையான அளவுக்கு மின்னோட்டம் அதிகரிக்க **E** குறையும்.

கொடுக்கப்பட்ட சுமையொன்றின் அருட்டலோடு வேகத்தின் மாற்றம்.— கொடுக்கப்பட்ட சுமையொன்றிற்கு $V \times I$ ஆனது அண்ணளவாக மாறிலியாயிருத்தல் வேண்டுமாதலின், தேவையான மின்னோட்டம் பாயுமட்டும் வேகமானது தானுகவே செப்பஞ்செய்துகொள்ளும். ஆமேச்சர் சுழலும் மண்டலத்திறனுனது அதிகரிக்கப்படுமாயின் தூண்டப்பெற்ற **மி.இ.வி.** ஆனது கொடுக்கப்பட்ட வேகமொன்றிற்கு ஏற்றவாறு அதிகரிக்கும். எனவே முந்தியதிலும் பார்க்கக் குறைந்த வேகத்திலேயே தேவையான பெறுமானத்தை **I** ஆனது அடையுமாதலின், அதிகரித்த அருட்டலுக்கு மோட்டரானது குறைந்த வேகத்துடன் தொழிற்படும். தேவையான அளவுக்கு **I** ஐக் குறைக்கும் பெறுமானத்தை **E** அடையுமுன்பு, குறைத்த அருட்டலானது கூடிய வேகத்தை வேண்டிநிற்கும். எனவே, அருட்டலானது, குறைக்கப்படும்போது கொடுக்கப்பட்ட வலுவொன்றிற்கு மோட்டரானது வேகங்கூடித் தொழிற்படும்.

மகினற்ரே–தானமோவொன்றைக்கொண்ட பரிசோதனைகள்

பரிசோதனை 254. வேகத்திற்கேற்ற மகினற்ரே–தானமோவொன்றின் மி.இ.வி. இனது மாற்றம்.— மகினற்ரே–தானமோவொன்றின் ஆமேச்சர்த்தண்டை, மாறுகின்ற வேகமோட்டரொன்றின் தண்டிற்கேற்ற வேகங்காட்டியொன்றிற்கேற்ற வளையக்கூடிய விற்களைக்கொண்டு இணைக்க. பொருத்தமான வீச்சையுடைய உவோற்றுமானியொன்றைத் தானமோவின் துடைப்பங்களின் குறுக்கே இணைத்து, வெவ்வேறு வேகங்களில் உவோற்றுமானி

யினூற் குறிக்கப்படும் உவோற்றளவை அவதானிக்க. **மி.இ.வி.** இற்கும் வேகத்திற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பைக்காட்ட வளைகோடொன்று வரைக. மண்டலமானது நிலையான காந்தமொன்றினூல் உண்டாக்கப்பெறுமாதலின், அருட்டல் மாறுதிருக்கும். எனவே, பொறியின் **மி.இ.வி.** ஆனது வேகத்தினூடு சரியான விகிதசமமாயிருக்கும்.

பரிசோதனை 255. மாறுவேகத்திற் சுமையினூடு மகினற்றே—தனமோவொன்றின் முடிவிட அ.வி. இனது மாற்றம்.— 254 ஆம் பரிசோதனையிற் போலவே பொறியை மோட்டரொன்றினூடும் வேகங்காட்டியினூடும் இணைக்க. துடைப்பங்களை அம்பியர்மானியொன்றினூடும் மாறுகின்ற தடையொன்றினூடுந் தொடர்நிலையில் இணைக்க. அத்துடன், உவோற்றுமானியொன்றைத் துடைப்பங்களின் குறுக்கே இணைக்க. பொறியை மாறுவேகத்துடன் ஓட்டிக் கொண்டு, அப்பொறியிலிருந்து வெவ்வேறு மின்னோட்டங்களைப் பெறுமாறு மாறுகின்ற தடையைச் செப்பஞ்செய்க. அம்பியர்மானியினதும் உவோற்றுமானியினதும் ஒத்த அளவீடுகளை அவதானிக்க.

சுமையினூடு (மின்னோட்டத்தினூடு) முடிவிட **அ.வி.** இன் மாற்றத்தைக் காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைந்து ஆமேச்சரின் தடையை அனுமானிக்க.

குறிப்பு—இவ்வாறுகப் பெறப்பட்ட தடையின் பெறுமானம் மெய்யான பெறுமானத்திலும் பார்க்க ஓரளவுக்கு உயர்வுகூடியதாயிருக்கும். மின்னோட்டம் அதிகரிக்கப்படும்போது முடிவிடங்களின் குறுக்கேயுள்ள உவோற்றளவு வீழ்ச்சியானது முற்றிலும் உட்டையின் பயனைதல்ல. ஆமேச்சரோட்டத்தினூல், அல்லது வழங்கப்படுவதுபோல, "ஆமேச்சரின் எதிர்த்தாக்கத்தினூல்", உண்டாக்கப்பெறும் மண்டலத்தினூல், மண்டலமானது மெய்யாகப் பெலங்குறைக்கப்படும்.

பரிசோதனையின் மற்றும் வகைகள் தாமாகவே கருத்தில் வரலாம். இப்பொறிக்குரிய விசேட உபயோகங்களெவற்றையும் மாணவன் கருதுதல் வேண்டும்.

தனமோவிலேயே பிறப்பிக்கப்பெறும் மின்னோட்டத்தினூல் உண்டாக்கப்படும் மண்டலத்தையுடைய தனமோக்களைக்கொண்டும் இவ்வகையான பரிசோதனைகள் செய்யப்படலாம். இவ்வருட்டலோட்டமானது வேகத்தினூடும், தொடர்நிலைத் தனமோவிலே சுமையினூடுங்கூட, மாறுமாதலின், வளைகோடுகள் மகினற்றேப் பொறியினூடு பெறப்படுவனவற்றைப் போன்றிரா.

மகினற்றேமோட்டரொன்றைக் கொண்ட பரிசோதனைகள்

பரிசோதனை 256. மகினற்றேமோட்டரொன்றிற் பிரயோகிக்கப்பட்ட அ.வி. இனூடு அதன் வேகத்தின் மாற்றம்.— ஆமேச்சர்த்தண்டை வேகங்காட்டியொன்றினூடு இணைக்க. ஆமேச்சரினூடு தொடர்நிலையிலே மாறுகின்ற

தடையொன்றையும் மின்கலவடுக்கொன்றையும் இணைத்துக்கொண்டு, பொறியினது முடிவிடங்களின் குறுக்கே உவோற்றுமானியொன்றையும் இணைக்க. பொறியினூடு தொடர்நிலையிலுள்ள தடையை மாற்றி, உவோற்றுமானியினதும் வேகங்காட்டியினதும் அளவீடுகளை அவதானிக்க.

வேகத்திற்குந் துடைப்பங்களுக்கிடையே பிரயோகிக்கப்பட்ட **அ.வி.** இற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பைக் காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைக.

பரிசோதனை 257. வலு, வேகம், சுமை என்பவற்றின் மாறல். மகினற்றேமோட்டரொன்றின் வினைத்திறன்.— அம்பியர்மானியொன்றினூடுந் தடையொன்றினூடுந் தொடர்நிலையிலுள்ள மின்கலவடுக்கொன்றினூடும் மோட்டரை இணைத்துக்கொண்டு, பொறியினது முடிவிடங்களின் குறுக்கே உவோற்றுமானியொன்றையுமிணைக்க. ஆமேச்சர்த்தண்டினூடு வேகங்காட்டியொன்றை இணைக்க.

கலண்டரின் (Callendar) ஆய்கருவியைக்கொண்டு (பக்கம் 464, உருவம் 189) வெப்பத்தின் பொறிமுறைச்சமவலுவினது தீர்மானத்திலே விவரிக்கப்பட்டுள்ளதைப்போன்று, ஆமேச்சர்த்தண்டினூடு இணைக்கப்பட்டுள்ள பெரிய கப்பியொன்றிலே தொழிற்படுந் தடுப்புநாடாவொன்றைக்கொண்டு, வெவ்வேறு சுமைகளை மோட்டரிற் பிரயோகிக்க.

மின்னோட்டம், முடிவிடவுவோற்றளவு, வேகம், தடுப்புவிசை என்பவற்றின் ஒத்த பெறுமானத்தினது அளவீடுகள் பலவற்றை எடுக்க.

மோட்டருக்கு வழங்கப்படும் வலுவானது மின்னோட்டத்தினதும் உவோற்றளவினதும் பெருக்கத்தினூல் அளக்கப்படும். அம்பியரினும் உவோற்றினும் இவை அளக்கப்படுவனவாயின், வலுவானது **செக்கனென்றிற்குரிய உவாற்றில்** அல்லது சூலிற் கொடுக்கப்படும்.

மோட்டரினூற் செய்யப்படும் வேலையின் வீதமானது, கோணவேகத்தைத் தடுப்பினூற் செலுத்தப்படும் உராய்வுவிசையினூற் பெருக்கிப் பெறப்படும். தடுப்புநாடாவின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள இழுவிசையின் வித்தியாசத்தை $T - T_0$ தினைவும், **செக்கனென்றிற்குரிய சுழற்சிகளின்** தொகையை n எனவுங் கொள்வோமாயின், செக்கனென்றிற் செய்யப்படும் வேலையானது

$$2\pi n.(T - T_0)\ R \text{ எக்கு/செக்.}$$

ஆகும். இங்கு R என்பது தடுப்புநாடா சுற்றிச்செல்லுகின்ற கப்பியின் ஆரையாகும். செக்கனென்றிற்குரிய சூல் அல்லது **உவாற்றுக்கு** வேலைவீதத்தைக் குறுக்கவேண்டுமாயின் இதனை 10^7 இனூல் வகுத்தல் வேண்டும்.

மோட்டரினுல் வேலே செய்யப்படும் வீதத்தையும் வலுவானது வழங்கப்படும் வீதத்தையுங் கணிக்க. இரண்டினதும் விகிதமே மோட்டரின் **வினைத்திறனைக்** கொடுக்கின்றது. இதனை,

$$\epsilon = \frac{2\pi n\ (T - T_0)\ R}{I \times V \times 10^7}$$

என்னுங் கோவையைக் கொண்டுங் கணிக்கலாம்.

மாறுவேகத்திலே சுமையினுடு வினைத்திறனின் மாற்றத்தையும், மாறுச் சுமையிலே வேகத்தினுடு வினைத்திறனின் மாற்றத்தையுங் காண்க. வெவ் வேறு மாறுவேகங்களிலே, சுமைக்கும் வினைத்திறனுக்குமுரிய வளைகோடு களின் தொடரொன்றைப் பெற்று, இவ்வளைகோடுகளிலிருந்து மாறுச்சுமை யிலே வேகத்தினுடு வினைத்திறனின் மாற்றத்தை அனுமானித்தல் பின் னைய மாற்றத்தைக் காண்டற்குரிய சிறந்த முறையாகும்.

பக்கவழி மோட்டரொன்றைக்கொண்ட பரிசோதனை

பரிசோதனை 258. மண்டலத்திறனுடு பக்கவழிமோட்டரொன்றின் வேகத்தினது மாற்றம்—மின்கலவடுக்கொன்றின் முடிவிடங்களின் குறுக்கே அம்பியர்மானி A_1 இனுடும், மாறுந்தடை R_1 இனுடும் **பக்கவழி** மோட்டரொன்றின் ஆமேச்சரைத் தொடர்நிலையில் இணைத்து, **பக்கவழிச்** சுருள்களினுடு மாறுந்தடை R_2 ஐயும் அம்பியர்மானி A_2 ஐயுந் தொடர்நிலையில் வைக்க. ஆமேச்சர்த்துடைப்பங்களின் குறுக்கே உவோற்றுமானியொன்றை இணைக்க.

ஆமேச்சர்த்தண்டை வேகங்காட்டியொன்றினுடு இணைத்துப் **பக்கவழியோட்** டங் குறைக்கப்படும்போது மோட்டரின் வேகமாற்றங்களை அவதானிக்க. ஆமேச்சர்த்துடைப்பங்களினிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது மாறிலியாயிருக்கு மாறு தடை R_1 மாற்றப்படும்போது அம்பியர்மானி A_1 இன் அளவீட்டையும் எடுக்க.

பக்கவழியோட்டங் **குறையும்போது** வேகம் **அதிகரிக்குமென்**பதையும், வேகத்தின் இவ்**வதிகரிப்பானது** ஆமேச்சரோட்டத்தின் **அதிகரிப்பொன்றினுடு** சம்பந்தப்பட்டுள்ளதென்பதையும் அவதானிக்க.

(அ) பக்கவழியோட்டத்தினுடு வேகமாற்றத்தையும், (ஆ) பக்கவழியோட் டத்தினுடு ஆமேச்சரோட்டமாற்றத்தையுங் காட்டும் வளைகோடுகளை வரைக.

குறிப்பு.—எக்காரணத்தினுலும் பக்கவழியோட்டமானது முற்றுக நிறுத் தப்படக்கூடாது. நிறுத்தப்படுமாயின், மோட்டரின் வேகம் அபாயத்துக்குரிய அளவுக்கு அதிகரித்து, ஆமேச்சர் துண்டுதுண்டாகப் பறக்கக்கூடும்.

மோட்டரானது பொருத்தமான **தொடக்கி** ஒன்றைக் கொண்டிருக்கும் போதும், **சுற்றுங்கூற்றின்** அபாயத்திற்குரிய வேகத்தையும், சுற்றுக்களின் மிகைப்பாரமேற்றலையுந் தவிர்ப்பதற்கான விசேட கவனம் எடுக்கப்படும்

போது மட்டுமே **கூட்டுச்சுற்று மோட்டரொன்றைக்கொண்டு** (உருவம் 275) முன்னரே விவரித்தப்பட்டனவற்றைப் போன்ற பரிசோதனைகள் செய்யப்பட லாம். அபாயமற்ற உயர்வு வேகத்தைப்பற்றியும் சுற்றுக்களின் விவரத் தைப்பற்றியும் மோட்டர்த் தொழிலாளரோடு கலந்தாலோசித்தல் வேண்டும்.

ஆடலோட்டம் (ஆ. ஓ.)

ஒருசீரான காந்தமண்டலத்திலே (பக்கம் 677) உறுதியுடன் கறங்கு சுருளொன்றில் ஆக்கப்பட்ட **மி.இ.வி.** இன் கணப்பெறுமானமானது $e = E_0$ சைன் pt என்னுஞ் சூத்திரத்தினுற் கொடுக்கப்படும். இங்கு p என் பது துடித்தல் (பக்கங்கள் 184, 262) அல்லது கோணவேகம் ω ஆகும். இது செக்கனென்றிற்கு இத்தனை வட்டம் எனக் குறிக்கப்படும் அதிர்வெண் ணின் 2π மடங்காகும். **மி.இ.வி.** இன் உயர்வுப் பெறுமானம் அல்லது வீச்சாகிய $E_0 = n\,H\,A\,p$ ஆதலின், அது p இனுடு நேரான விகிதசமமாகும். e இற்குரிய வரைப்படமானது 269 ஆம் உருவத்திலே வளைகோடு I இற் காட்டப்பட்டுள்ளபடி ஒரு சைன் வளைகோடாகும்.

நழுவல்வளையங்களைக் கொண்டு (உருவம் 270) புறச்சுற்றொன்றினுடு சுருளானது இணைக்கப்படும்போது, சுற்றைச்சுற்றி **ஆடலோட்டமொன்று** (**ஆ.ஓ.**) பாயும். பொதுவாக, இது, $i = I_0$ சைன்$(pt - \alpha)$ உருவத்தின் சைன் கோடொன்றினுற் குறிக்கப்படும். இங்கு, i என்பது மின்னோட்டத்தின் கணப்பெறுமானமெனவும், I_0 என்பது உயர்வுப் பெறுமானமெனவும், கோணம் α **நிலைமைவித்தியாசமெனவுங்** கொள்ளப்பட்டது. ஆவர்த்தன காலமொன்றின் ஒரு பின்னமாகவேனுங் காலவிடையொன்றுகவேனுஞ் சில சமயங்களிற் குறிக்கப்படும் இக்கோணமானது, பொதுவாக மின்னோட்டம் i ஆனது **மி. இ. வி.** ஐப் போன்ற அதே கணத்தில் உயர்வுப்பெறுமானத் தைக்கொள்ளாததனுலின், இச்சூத்திரத்தில் இடம்பெறுகின்றது.

மின்னோட்டத்தின் அல்லது மி.இ.வி. இன் மாய அல்லது சராசரி வர்க்க மூலப் பெறுமானம்.— வெப்பக்கம்பி அம்பியர்மானியொன்றை உபயோகித்து ஆடலோட்டமொன்றை அளக்கலாம். இவ்வம்பியர்மானியிலே மெல்லிய கம்பியொன்று மின்னோட்டத்தின் வெப்பவிளைவினுல் விரிய, உண்டாக்கப்பட்ட விரிவைக் கருவியானது காட்டும். கொடுக்கப்பட்ட தடையை யுடைய கம்பியொன்றினது வெப்பவிளைவானது மின்னோட்டவர்க்கத்தி னுடு விகிதசமமாகுமாதலின், **ஆ.ஓ.** சுற்றிலுள்ள i^2 இன் சராசரிப் பெறுமானமானது சமவலுவுள்ள **நே.ஓ.** சுற்றிலுள்ள I^2 இன் மெய் யான பெறுமானத்திற்குச் சமமாயிருத்தல் வேண்டும். மின்னோட்டம் **I** ஆனது வெப்பவிளைவிலே ஆடலோட்டத்திற்குச் சமவலுவுடைய நேரோட்ட மாதலின், **மாயப்பெறுமானம்** அல்லது **பயன்படுபெறுமானம்** எனப்படும். இந்த **மாயவோட்டம் I** ஆனது i^2 இன் சராசரிப் பெறுமானத்தினது

வர்க்கமூலத்திற்குச் சமமெனக் காட்டப்படலாமாதலின், அது **சராசரி வர்க்க மூல (ச.வ.மூ.)** ஓட்டம் எனப்படலாம். முழுவட்டத்திலும் எடுக்கப்படும் சைன்$^2\theta$ இன் சராசரிப் பெறுமானம் 1/2 ஆகும் என்ற கணிதத் தேற்றத்திலே இவ்வினைவானது தங்கியுள்ளது. இதிலிருந்து $I = I_0/\sqrt{2} = 0{\cdot}707\ I_0$ எனப் பெறப்படும். இங்கு I_0 என்பது மின்னோட்டத்தின் உயர்வுப் பெறுமானமாகும்.

இதனைப் போலவே **மி.இ.வி.** ஒன்றின் மாய அல்லது **ச.வ.மூ.** பெறுமானமானது $E = E_0/\sqrt{2} = 0{\cdot}707\ E_0$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். இங்கு, E_0 என்பது உவோற்றளவின் உயர்வுப் பெறுமானமாகும். வேறு விதமாகக் கூறப்பட்டிருந்தாலன்றி, மின்னோட்டத்திற்கு அல்லது **மி.இ.வி.** இற்குரிய பெறுமானங்கள் எப்போதும் **ச.வ.மூ.** பெறுமானங்களாம் உதாரணமாக, 200 உவோற்று **ஆ.ஓ.** முதற் கம்பிகளிலே **ச.வ.மூ.** பெறுமானம் 200 உவோற்றாகும். உயர்வுப்பெறுமானம் $200\sqrt{2}$ அல்லது 282 உவோற்றாகும்.

தடங்கலும் எதிர்த்தாக்குதிறனும்.— **நே.ஓ.** ஐ எடுத்தாளுமபோது, **ஓமின் விதியானது** $I = V/R$ என்னும் எளியவுருவத்தில் உபயோகிக்கப்படலாம். **ஆ.ஓ.** இற்கு ஒத்த தொடர்பு $I = V/Z$ ஆகும். இங்கு, தூய தடை **R** ஒன்றிற்குப் பதிலாக, **தடங்கல் Z** எனப்படும் சிக்கல்கூடிய கணியமொன்று பிரதியிடப்படல் வேண்டும். எனவே, தடங்கல் என்பது சுற்றினூடாகப் பாயும் **ச.வ.மூ.** ஓட்டத்திற்கு மின்சுற்றொன்றிற் பிரயோகிக்கப்படும் உவோற்றளவினது **ச.வ.மூ.** பெறுமானத்தின் விகிதமாகும்.

தடங்கலானது,

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)}$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். இங்கு,

$$X = Lp - \frac{1}{Cp}$$

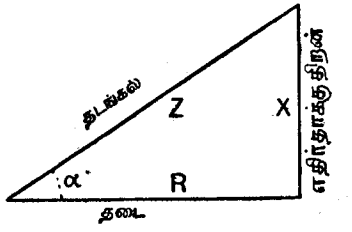
ஆகும். L_1 என்பது தூண்டுதிறனும், C என்பது கொள்ளளவமுமாகும். R, L, C என்பன தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்போதே இக்கோவைகள் பொருத்தமானவையாம்.

கணியம் **X** ஆனது **ஆ.ஓ.** சுற்றின் **எதிர்த்தாக்குதிறன்** எனப்படலாம். தூண்டுதிறனினதும் கொள்ளளவத்தினதும் பயனை தடங்கலின் கூறென இதனை விவரிக்கலாம். Z, R, X என்பனவற்றின் அளவீடுகள் காவிகளாகக் கொள்ளப்பட்டு **Z** ஐச் செம்பக்கமாய்க்கொண்ட **தடங்கன் முக்கோணம்**

ஆகிய செங்கோணமுக்கோணமொன்றின் புயங்களாற் குறிக்கப்படலாம். R இற்கும் Z இற்குமிடையேயுள்ள கோணமானது $I_0 = E_0/Z$ ஆகும்போது $i = I_0$ சைன்$(pt - \alpha)$ என்ற சமன்பாட்டிலுள்ள நிலைமைக்கோணம் α ஆகும். இக்கோணத்தின் பெறுமானம்,

$$\text{தான்}\ \alpha = \frac{X}{R} = \frac{Lp - 1/Cp}{R}$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.



உருவம் 275A. தடங்கன் முக்கோணம்

மி.இ.வி. இற்கும் மின்னோட்டத்திற்குமிடையேயுள்ள நிலைமை வித்தியாசம் α ஆனது, ஒமிற் குறிக்கப்படக்கூடிய R, Lp, $1/Cp$, என்பவற்றின் சார்பான பெறுமானங்களிலே தங்கியுள்ள அளவொன்றினால் இவை ஒன்றுக்கொன்று ஒவ்வாதிருக்குமெனக் காட்டும். **தூண்டலெதிர்த்தாக்குதிறனுகிய** Lp ஆனது கொள்ளளவெதிர்த்தாக்குதிறனுகிய $1/Cp$ இலும் பெரிதாயிருக்கும்போது மின்னோட்டமானது உவோற்றளவிலும் பின்னடையும். Lp ஆனது $1/Cp$ இலுஞ் சிறிதாயிருக்கும்போது மின்னோட்டமானது உவோற்றளவிலும் முந்திநிற்கும்[1]. p இன் பெறுமானமானது $Lp = 1/Cp$ ஆகுமாறிருக்கும்போது கோணம் $\alpha = 0$. அப்போது, மின்னோட்டமும் உவோற்றளவும் ஒன்றோடொன்று ஒரேநிலைமையில் வரும். சுற்றுனது பெறுமானம் R ஐயுடையதூண்டலற்ற தடையாகத் தொழிற்படும். அப்போது வழங்கலிடத்தோடு இது மின்பரிவுடையதெனப்படும். இரேடியோச் சுற்றுக்களை "இசைப்பதைக்கொண்டு" இதனை விளக்கலாம்.

ஆடலோட்டங்களைப்பற்றிய பரிசோதனைகள்

ஆரம்பப்பௌதிக ஆய்வுச்சாலையில் **ஆ.ஓ.** ஐப் பற்றிய பரிசோதனைகள் ஆய்கருவியின் செலவுகாரணமாகவும் வழங்கலிடத்தின் தாழ்ந்த அதிர்வெண்காரணமாகவும் மட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. பெரிய பிரித்தானியாவிலே, வழக்கமான முதலிடவதிர்வெண் செக்கனுக்கு 50 வட்டமாகும் (50$\sim$, அல்லது 50 வ/செ.). எனவே, துடித்தல் $2\pi \times 50$ அல்லது 100π ஆகும். இது அண்ணளவாக 314 என எடுக்கப்படும்.

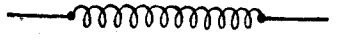
[1]உவோற்றளவிலும் பார்க்கக் கூடிய விரைவாய் உயர்வுப் பெறுமானத்தையடையும் முந்துகின்ற மின்னோட்டமானது போதிய தொகையான வட்டங்கள் முற்றுக்கப்பட்டால் மட்டுமே நிகழும். பெரும்பாலும் உணரப்படும் இடரொன்றை இது விளக்கும்—அதாவது, வருங்காலவுவோற்றளவன்றி, நிகழ்காலவுவோற்றளவும் கடந்தகாலவுவோற்றளவுமே மின்னோட்டத்தைத் தீர்மானிக்கும்.

தடைகள்—சாதாரணமான உபயோகத்திலுள்ள செப்புஞ்செய்யக்கூடிய தடைகளிற் பல, **நே.ஓ.** பாயும்போது பெருமளவான காந்தமண்டலத்தை உண்டாக்கும். எனவே, இத்தடைகள், தடையையுந் தூண்டுதிறனையுஞ் சேர்த்துக்கொள்கின்றன. **தூண்டலற்ற சுருளொன்று,** தற்றூண்டலானது வெறுத்தாழ நிராகரிக்கப்படக்கூடியதாக, அமைக்கப்பட்டுள்ளது. 254 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோல, அதனிலேயே காவற்கம்பிகளை இரட்டித்து நூற்கட்டையொன்றிற் சுற்றி இவ்வாறு செய்யப்படும். சரியாக அமைக்கப்படுமாயின் சாதாரணமான தாழ்ந்த அதிர்வெண்களுக்கு இது,

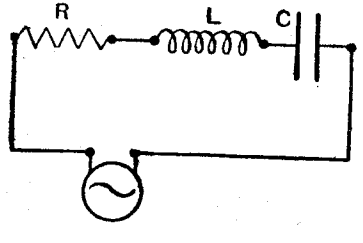


எனக் குறிக்கப்படும் **தூய தடையொன்றுக்கு** அண்ணளவாகும்.

தூண்டிகள்.— சிறிய தடையையும் ஆனற் பெரிய தற்றூண்டுதிறனையு முடையனவாய் இவை அமைக்கப்பட்ட சுருள்களாம். சில சமயங்களில் அடைப்புச்சுருளெனப்படும் ஒரு **தூண்டியானது,**



எனக் குறிக்கப்படும். உயர்ந்த தூண்டுதிறனுக்காக வளியகத்தையுடைய சுருளொன்று பெரிய பரிமாணங்களையும் பல சுற்றுக்களையுங் கொண்டதாயிருத்தல்வேண்டும். கேம்பிரிச்சிலுள்ள **சரந்தாத்தொழிற்சாலையை** நடாத்தும் இடபிள்யு. ஜி. பை. வர்த்தகநிலையத்தார் செய்த பெரிய சுருள்கள், ஒன்றையொன்று **தூண்டலு**க்குந் தற்றூண்டலுக்குமுரிய பரிசோதனைகளுக்கு உபயோகமுள்ளவையாம். இவ்வகையான சுருளொன்றின் தற்றூண்டலானது 0·1 என்றியின் படியிலிருத்தல்கூடும். இரும்பகச் சுருள்கள் பருமனில் மிகச்சிறியவையாயினும், இப்போதைய தேவைக்குத் **தூண்டுதிறனை**யது மின்னோட்டத்தினோடு மாறுகின்ற நயக்குறைவையுடையதாம். 1 என்றித் **தூண்டுதிறனை**யுடைய வளியகச்சுருளொன்று 50 வ/செ. இலே 314 ஓம் மாறுவெதிர்த்தாக்குதிறனை (**Lp**) உடையதாகும்.



உருவம் 275B. இலட்சிய ஆ.ஒ. சுற்று

ஒடுக்கிகள்.—வளியொடுக்கியொன்றின் கொள்ளளவம் மிகச் சிறிதாயிருப்பது வழக்கம். பெரிய கொள்ளளவத்தையுடைய மைக்காவொடுக்கிகளோ விலையுயர்ந்தனவ. பல தேவைகளுக்காகப் பரவின்தாள் ஒடுக்கிகள் பிரயோகிக்கப்படலாம். பெலமற்ற இடமொன்றிலே உடைவின் பயனை அபாயத்தைத் தவிர்ப்பதற்காகச் சுற்றிலே உருகியொன்று

உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும். C ஆனது 1 மைக்ரோபரட்டை (1μF) உடைய **கொள்ளளவி** ஒன்று 50 வ/செ. இலே 3180 ஓம் கொள்ளளவெதிர்த்தாக்குதிறனை (1/Cp) வறத்தாழக் கொண்டதாகும். ஆங்கிலத் தீக்கற் கண்ணுடியின் ஒரு **பைந்தகவான** இலேடன்சாடி யொன்று வறத்தாழ 0·0015 μF கொள்ளளவத்தைக் கொண்டிருப்பது வழக்கம். கலன ளவுள்ளது வறத்தாழ 0·003 μF கொள்ளளவத்தைக் கொண்டிருக்கும். உயர்ந்த அழுத்தவித்தியாசத்திலே இவை நிலைத்திருக்கக்கூடியனவாம். ஆயினும் இப்பெறுமானங்கள் முதலிட அதிர்வெண்ணிற் செய்யப்படும் பரிசோதனைகளுக்கு மிகச்சிறியனவாம்.

மெய்யான சுற்றனது, தூயதடை (R) ஐயும், தூய தூண்டுதிறன் (L) ஐயும், கொள்ளளவம் (C) ஐயுந் தொடர்நிலையிற் கொண்டுள்ள சமவலுவுடைய சுற்றொன்றினுற் பிரதியிடப்பட்டுள்ளதெனக் கொள்வது பெரும் பாலும் வசதியாயிருக்கும்.

ஆ.ஒ. உற்பத்தி.— வழக்கமாக 200 ஊவோற்று தொடக்கம் 250 உவோற்றுவரை உவோற்றளவைக்கொண்ட முதற்கம்பிகளின் உவோற்றளவு எளிய சாதாரண பரிசோதனைகள் பலவற்றிற்கு மிக உயர்ந்ததாகும். சிலவுவோற்று உவோற்றளவைப் பெறுதற்கு இரண்டு முறைகள் கையாளப்படலாம். (1) படிகுறைக்குமாற்றியொன்றின் உபயோகம் (பக்கம் 676), (2) அழுத்தப்பிரிகருவியொன்றின் உபயோகம் (பக்கம் 607). நன்றுகக் காவலிடப்பட்ட மாற்றியொன்றின் உபயோகம் விரும்பத்தக்கதாகும்.

உவோற்றளவினதும் மின்னோட்டத்தினதும் விரும்பிய எந்தப் பயனையுங் கொடுக்கும் மாற்றிகள் இலேசாகப் பெறப்படலாம். தாழ்ந்த உவோற்றளவும் (3, 5 அல்லது 8 உவோற்று), சிறிய மின்னோட்டமும் (1 அம்பியரிலுங் குறைந்தது) தேவைப்படும்போது "மணிவகைய" வகையான மாற்றி உபயோகமுள்ளதாகும். இலிவப்பூல் 13 இலுள்ள மெக்காலே வர்த்தக நிலையத்தார், உதாரணமாக 3·5 அல்லது 9 உவோற்று, 12 உவோற்று, 3·5 அல்லது 20 உவோற்றைக் கொடுக்கும் பல மாற்றிகளைக் குறிப்புகளுடன் வழங்குகின்றனர். பல்வேறு வகைகளைக் கொண்ட "வேரியாக்கு" மாற்றியானது பரந்த வீச்சொன்றிலே தொடர்ச்சியாய் மாறும் உவோற்றளவைக் கொடுக்கும். ஆயினும், பயன்படு முடிவிடங்களுக்கும் முதற்கம்பிகளுக்குமிடையே நேரான தொடுப்பிருக்கும் நயக்குறைவு இதற்குண்டு.

பரிசோதனை 258A.—வளியகச்சுருளொன்றின் எதிர்த்தாக்குதிறன்.— (i) தெரிந்த பெறுமானம் (R) ஐயுடைய தூய தடையொன்றிலே ஆடல் **அ.வி.** (V) இற்கும் மின்னோட்டம் (I) இற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பை முதலிற் சரிபார்ப்பது அறிவிற்குரியதாகும். இதற்காக **25** உவோற்றுக்கு

அளவீடு எடுக்கக்கூடியதும் கூடியளவு உயர்வான தடையையுடையதுமான ஆ.ஓ. உவோற்றுமானியொன்றும், 1 அம்பியருக்கு அளவீடு எடுக்கக்கூடிய அம்பியர்மானியொன்றும் ஏற்றனவாம். 1 அம்பியர் மின்னோட்டமொன்றைக் காவக்கூடிய 25 ஓம் நிலையான, தூண்டலற்றதடையொன்று அம்பியர்மானியோடு தொடர்நிலையில், 25 உவோற்றுக்குப் பல்வேறு உவோற்றளவைக்கொடுக்கும் மாற்றியொன்றின் துணைச்சுருளினோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. உவோற்றுமானியானது தடையின் இரு முனைகளோடும் நேராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. V ஆனது மாற்றப்பட்டு, V இனதும் I இனதும் அளவீடுகள் (அதிகஞ் சிறிதாயிருத்தல் கூடாது) எடுக்கப்படுதல் வேண்டும். V/I ஆனது மாறிலியாயிருப்பதையும் R இற்குச் சமமாயிருப்பதையும் சரி பார்க்க. R இன் மற்றும் பெறுமானங்களுக்கும் இப்பரிசோதனை திருப்பிச் செய்யப்படலாம். எதிர்த்தாக்கு திறனில்லாதபோது $V = RI$ என்னுந் தொடர்பை இது சரிபாப்பதுடன் மேல்வரும் பரிசோதனைகளிலும் எதிர் பார்க்கப்படவேண்டிய திருத்தத்தின் படியையுங் குறிக்கின்றது.

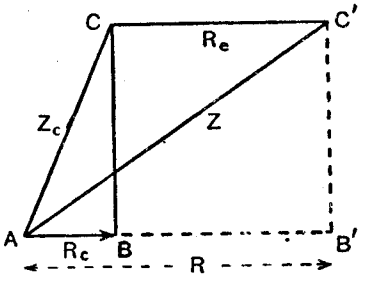
(ii) சுற்றுனது தூண்டலெதிர்த்தாக்குதிறன் X ஐக் கொண்டிருக்கும் போது ஈவாகிய V/I ஆனது தடை R இற்குச் சமமாயிராது சுற்றின் தடங்கலாகிய Z இற்குச் சமமாகும். இங்கு $Z^2 = R^2 + X^2$. காந்தத் திரவியங்கள் இல்லாவிடத்து X உம் Z உம் கொடுக்கப்பட்ட அதிர் வெண்ணிலே மாறிலிகளாயிருந்தபோதிலும், அதிர்வெண்ணனது மாறும் போது மாறுவனவாம்.

1 அம்பியர் மின்னோட்டமொன்றைக் காவக்கூடிய பெரிய வளியகச் சுருளொன்றின் தடை R_c ஐ உவீத்தன்பாலமொன்றைக்கொண்டு அளக்க. முந்திய பரிசோதனையின் தடையைச் சுருளினூற் பிரதியிடுக அபாயமின்றிப் பிரயோகிக்கப்படக்கூடிய உவோற்றளவைக் கணிக்கும்போது எதிர்த்தாக்கு திறன் நிராகரிக்கப்படக் கூடியதெனக்கொண்டு தொடங்குக. அப்போது சுருளின் தடங்கலானது R_c இற்குச் சமமாயிருக்கும். V ஆனது R_c இற்கு எண்ணளவிற் சமமாக்கப்பட்டால், மின்னோட்டம் 1 அம்பியரிலும் மிகுந்திராது. 1 அம்பியரிலும் மின்னோட்டமொன்று மிகுந்திராதவாறு ஏற்ற சுருளொன்று உபயோகிக்கப்படுமாயின், உவோற்றளவானது வெகுவாக அதிகரிக்கப்படலாமென்று இப்போது காணப்படும். (i) இற் போல V இனதும் I இனதும் ஒத்த பெறுமானங்களை அவதானித்து, V/I இனது பெறுமானம் மாறிலியாவதைக் காட்டுக. இம்மாறிலியானது முதற்கம்பிகளின் அதிர்வெண்ணிலே ($f = 50$ வ./செ.) சுருளின் தடங்கல் ஆகும். $Z_c^2 = R_c^2 + X^2$ என்ற தொடர்பிலிருந்து எதிர்த்தாக்கு திறன் X இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க.

$$X = Lp = 2\pi Lf$$

என்பதை மனதில் வைத்துக்கொண்டு சுருளின் தூண்டுதிறனையுந் தீர் மானிக்க.

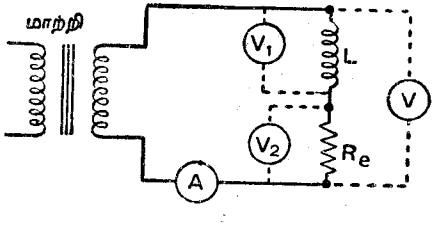
R_c ஆனது சார்பாகப் பெரிதானதாயிருக்குமாயின் இந்த முறையாகத் தீர்மானிக்கப்பட்ட X இன் பெறுமானம் பெரிய கணியங்களிரண்டின் சிறிய வித்தியாசத்தைக் கொண்டுள்ளதாதலின், பெரிய வழுக்களுக்காளாதல்கூடும் என்பதை அவதானிக்க. பெரிய பருமனையுடைய பையின் (Pye) கலமொன்று இப் பரிசோதனைக்கு வசதியாயிருக்கும். அப்போது, மாற்றிக்கும் உவோற்றுமானிக்கு முரிய பொருத்தமான வீச்சானது 50 உவோற்றுகும்.



உருவம் 275C. ஆ.ஓ. காவிவரிப்படம்.

(iii) சுருளினோடு தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள தூயதடை R_e உடன், சுருளின் தடங்களுக்குப் பருமட்டாகச் சமமாயுள்ள புறத்தடையின் பெறுமானமொன்றை உபயோகித்துக் கூறுகளிரண்டினதுங் குறுக்கே உவோற்றளவு முழுவதினதும் அளவீட்டை எடுக்கக்கூடியதாக உவோற்றுமானியை ஒழுங்கு செய்துகொண்டு, (ii) ஆவது பரிசோதனையைத் திருப்பிச் செய்க. இவ்வாறுகச் சேர்க்கையின் தடங்கலைத் தீர்மானிக்க. முன்னரே காணப்பட்ட X^2 இன் பெறுமானத்தை உபயோகித்து, R ஆனது $R_c + R_e$ ஆகிய முழுத்தடையாயின், இப்போது தடங்கல், $\sqrt{(R^2 + X^2)}$ இற்குச் சமமெனக் காட்டுக. சுருளினதுஞ் சேர்க்கையினதுந் தடங்கலைக் குறிக்குங் காவிவரிப்படமொன்றைப் பிரமாணத்துக்கு வரைக (உருவம் 275C).

(iv) V_1, V_2, V இற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோலச் சுருளுக்கும் புறத் தடைக்குஞ் சேர்க்கைக்கும் உவோற்றுமானியொன்றைப் பிரயோகித்து, $V_1 : V_2 : V = AC : CC' : AC'$ எனக் காட்டுக. $V_1 + V_2 \neq V$ எனவும், ஆயினும் V ஆனது V_1 இனதும் V_2 இனதுங் "காவிக்" கூட்டுத் தொகையாகுமெனவும் அவதானிக்க. V_1 இற்கும் V_2 இற்கு மிடையேயுள்ள நிலைமைக் கோணமாகிய AC இன் நீட்சிக்கும் CC′ இற்குமிடையேயுள்ள கோணம், அதாவது, கோணம் CAB, சுருளிலுள்ள தடையின் காரணத்தினால் 90° இலிருந்து வேறுபடுமென்பதையும் அவதானிக்க.



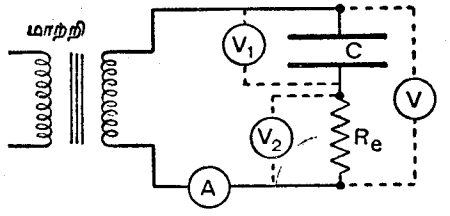
உருவம் 275D. தூண்டலெதிர்த்தாக்கு திறனுக்குரிய சுற்று வரிப்படம்

கொள்ளளவத்தையுடைய ஆ. ஓ. சுற்று

குறிப்பு.— மாற்றியொன்றின் துணைச்சுற்றானது, **மிகத்தாழ்ந்த தடையையுடைய தூண்டுதிறனென்றைக்** கொண்ட உட்டங்களொன்றுடன் கூடிய **மி.இ.வி.** இன் ஒருற்பத்தியாமென்பதை ஞாபகத்தில் வைத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். ஒடுக்கியொன்று மாற்றியோடு இணைக்கப்பட்டிருக்குமாயின், ஒடுக்கியின் எதிர் எதிர்த்தாக்குதிறனானது மாற்றியின் நேரெதிர்த்தாக்குதிறனை நடுநிலைப்படுத்தி, மாற்றிச்சுற்றினது தடைக்குச்சமமான முழுத்தடங்கலொன்றைக்கொண்ட பரிவுச்சுற்றொன்றைக் கொடுத்தல்கூடும். இச்சந்தர்ப்பத்திலே அபாயத்திற்குரிய பெரிய மின்னோட்டங்கள் உண்டாக்கப்படலாம். இதனைத் தடுக்கவேண்டுமாயின், பொருத்தமான அளவுடைய புறத்தடையொன்று ஒடுக்கியினோடு தொடர்நிலையில் இணைக்கப்படுதல் வேண்டும்.

10 μF இன் கொள்ளளவத்தையுடைய ஒடுக்கியொன்றினோடு **தொடர்நிலையில்** இணைக்கப்பட்டுள்ள 300 ஓமைப்போன்ற தூய தடையொன்று 50 வ/செ. இலே ஆடலுவோற்றளவொன்றிற்கு ஆளாயுள்ளதெனக் கொள்க. கொள்ளளவெதிர்த்தாக்குதிறன் **X** ஆனது 318 ஓமும், தடங்கல் **Z** ஆனது 437 ஓமுமாகும். 40 உவோற்றின் பிரயோகிக்கப்பட்ட அழுத்தமானது 100*mA* படியின் மின்னோட்டமொன்றைக் கொடுக்கும். இக்கூற்றுக்களின் சரிபிழையை மாணவன் பார்த்துக்கொள்ளல்வேண்டும்.

பரிசோதனை 258 B.—ஒடுக்கியொன்றின் எதிர்த்தாக்குதிறன்.— பெயரளவில் ஏறத்தாழ 10μF கொள்ளளவத்தையுடைய கொள்ளளவியொன்றினோடு ஒன்று அல்லது பல 100 ஓம் தடைகளைத் **தொடர்நிலையில்** இணைக்க. 1 அல்லது 2 உவோற்றுக்களைச் செலவாக்கும் இரேடியோத்தடையுபகரணங்கள் ஏற்றனவாயினும் தடையின் மெய்யான பெறுமானங்கள் உவீத்தன் பாலமொன்றிலே அளக்கப்படுதல் வேண்டும். செலுத்தப்படக்கூடிய உயர்வு மின்னோட்டத்தைக்கணித்து பிரயோகிக்கப்படும் உவோற்றளவினதும் அளவுவீச்சுக்களினதுஞ் சார்பாகப் பரிசோதனையின் நிலைமைகளை ஏற்றவாறு செப்பஞ்செய்க.



உருவம் 275E. கொள்ளளவ எதிர்த்தாக்கலுக்குரிய சுற்றுவரிப்படம்

50 வ/செ. இலே வழங்கலிடத்தின் உற்பத்தியோடு இணைத்து, **V** ஐயும் **I** ஐயும் அளந்து, சேர்க்கையின் தடங்கல் **Z** ஐக் கணிக்க. **Z** இன் இந்தப் பெறுமானத்திலிருந்தும் தெரிந்த **R** இன் பெறுமானத்திலிருந்தும் ஒடுக்கியின் கொள்ளளவவெதிர்த்தாக்கலைக் கணித்து அதன் கொள்ளளவத்தை அனுமானிக்க.

ஒடுக்கியின் குறுக்கேயுள்ள **அ.வி.** (V_1) ஐயும், தடையின்குறுக்கேயுள்ள (V_2) ஐயும் அளந்து $V^2 = V_1^2 + V_2^2$ என்னுந் தொடர்பைப் பரிசோதிக்க. V_1 உம் V_2 உம் நிலைமையில் 90° இனல்வேறுபட, ஒடுக்கியானது தூயகொள்ளளவியாகத் தொழிற்படுமென இதனால் ஒப்புக்கொள்ளப்படுகின்றது.

ஆடலோட்டத்தின் அதிர்வெண்.— பெரிய பிரித்தானியாவிலே **ஆ.ஓ.** இன் சாதாரண வழங்கலிடமானது 50 வ/செ. இலே மிகத் திருத்தமாக வைக்கப்பட்டுள்ளதாதலின், செவிப்புலவதிர்வெண்ணின் வீச்சிலே (ஏறத்தாழ 30 தொடக்கம் 30,000 வ/செ. வரை) அது இருக்கும். 50 வ/செ. அதிர்வெண்ணினோடொத்த சுருதியைக்கொண்ட சுரமொன்று மாற்றித்தத்துவத்தை உபயோகித்துத் தொலைபன்னி வாங்கியொன்றிலே செவிப்புலனுதல்கூடும். இரும்புத்தண்டொன்றின் அல்லது இரும்புக்கம்பிகளின் கட்டொன்றின் ஒருமுனையிற் சுற்றப்பட்டுள்ள பல சுற்றுக்களைக்கொண்ட சுருளொன்றினோடு பன்னியானது இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தண்டின் மற்ற முனையானது விளக்குத்தடையொன்றினூடாக (பக்கம் 735) **ஆ.ஓ** வழங்கலிட முதற்கம்பிகளினோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள தடித்த கம்பிச் சுருளொன்றிற் சுற்றப்பட்டுள்ளது.

உருக்கு இசைக்கவரொன்றுகவேனும் நீளப்பாட்டிலுள்ள எந்தப்புள்ளியிலாவது கவ்விப் பிடிக்கப்பட்ட இரும்புத்தண்டாகவேனுமுள்ள **திண்மவதிரியொன்றிலே வலிந்த** அதிர்வுகளை வைத்திருக்க ஆடலோட்டமொன்று உபயோகிக்கப்படலாம். அதிரியினதும் **ஆ.ஓ.** வழங்கலிடத்தினதுங் கட்டற்ற அதிர்வெண்ணுக்கிடையே அண்ணளவான ஒற்றுமையிருக்கும்போது **வீள்** வானது மிகத் துலக்கமாயிருக்கும். இது **மெலிடேயின்** (Melde) பயனை அதிர்வெண்ணைத் தீர்மானித்தற்குரிய முறையொன்றைக் கொடுக்கின்றது.

மெலிடேயின் பரிசோதனை.—A, B புள்ளிகளிரண்டினுக்கிடையே ஈர்க்கப்பட்டு (உருவம் 124) குறுக்காக அதிரவிடப்பட்ட இழையொன்று, முனைகள் கணுக்களாகவும் மத்தியபாகம் முரண்கணுவாகவுமிருக்குமாறு அதிரக்கூடும். ஆயினும், 114 ஆம் உருவத்திற் காட்டியுள்ள வகையில் இழையின் பாகங்கள் அல்லது பகுதிகள் அதிர்ந்துகொண்டிருக்க, நிலையான அதிர்வுகளும் நிகழ்தல்கூடும். அப்போது பாகங்களின் அதிர்வை விவரிக்கப் **பகுதி** என்ற சொல் உபயோகிக்கப்படும். மெலிடேயின் பரிசோதனையிலே இழையானது, அதன் பகுதிகளுளொன்றின் அல்லது அதிர்வுவகைகளுளொன்றின் அதிர்வெண்ணையேகொண்ட கணத்தாக்கங்களின் தொடரொன்றினூற் **பரிவதிர்வைப்** பெறும். கிடையான இழையின் முனையொன்றை அதிரியினோடு இணைத்து இதனைச் செய்யலாம். மற்றமுனையானது அழுத்தமான கப்பியொன்றின்மேற்சென்று, 126 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பதுபோல, **T** அல்லது **Mg** தனின் இழுவிசையொன்றினால் இழையானது ஈர்க்கப்பட்டிருக்குமாறு, தெரிந்த **M** கி. சுமையொன்றைத் தாங்கிக்கொண்டிருக்கும்.

இழையொன்றின் நேரே ஓரலையின் செலுத்துகைவேகமானது $\sqrt{T/m}$ ஆகும். இங்கு, m என்பது இழையின் நீளவலகொன்றிற்குரிய திணிவாகும் (பக்கம் 266). அடுத்துள கணுக்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் d ஆயின், அலைநீளம் λ என்பது $2d$ ஆகும். முழுவட்டமொன்றிலே அலையினூற் செல்லப்படுந்தூரம் இதுவேயாம். எனவே, அதிர்வின் ஆவர்த்தனகாலம் $2d/\sqrt{T/m}$ ஆகும். ஆவர்த்தனகாலத்தின் தலைகீழ்ப்பின்னமாகிய அதிர்வின் அதிர்வெண் n ஆனது

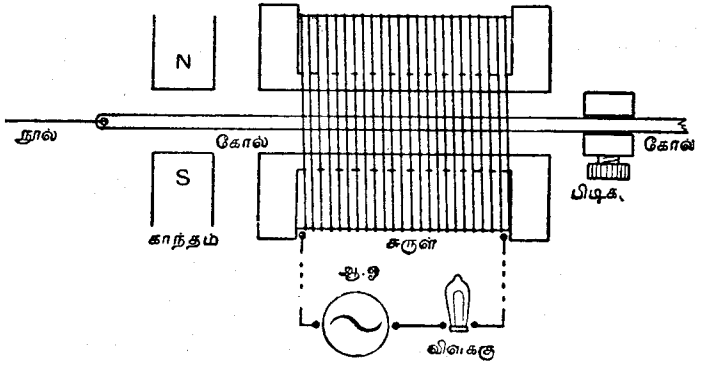
$$n = \frac{1}{2d}\sqrt{\frac{T}{m}} = \frac{1}{2d}\sqrt{\frac{Mg}{m}}$$

என்பதனூற்கொடுக்கப்படும். பரிவதிர்விலே செலுத்தும் புள்ளியானது இழையின் திசைக்குச் செங்குத்தாயிருக்குமாயின், இவ்வதிர்வெண்ணானது செலுத்தும் அதிரியினதேயாம்.

பரிசோதனை 258 C.— மெலிடேயின் முறையைக்கொண்டு ஆ.ஓ. வழங்கலிடத்தின் அதிர்வெண்ணை அறிதல்.—உருவம் 275F இலே 1/3 பருமனுக்கு வரையப்பட்டுள்ள அதிரியானது **கிளாசுக்கோ**விலுள்ள முடிக்குரிய தொழிற்கல்லூரியினரால் அமைக்கப்பட்டது. ஏறத்தாழ 23 ச.மீ. நீளமான உருக்குக்கோலானது (இல. 16 S.W.G.) அதன் மத்தியபுள்ளிக்கண்மையிற் கவ்விப்பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இசைத்தற்குரிய செப்பஞ் செய்கையின் ஓரளவுக்கு இது இடங்கொடுக்கும். இரட்டைப்பஞ்சு மூடியிடப்பட்ட (24 ஆம் இலக்கம்) சுருளொன்று, ஏறத்தாழ 7·6 ச.மீ. நீளமும் 6 ச.மீ. விட்டமும் கொண்டதும், ஏறத்தாழ 1·5 ச.மீ. விட்டத்தையுடைய அச்சுத்துவாரத்தையுடையதுமான முந்திய சுருளொன்றிலே சுற்றப்படும். கோலின் முனையிலேடிணைக்கப்பட்ட இழையானது பல நிறப்பட்டதாயிருக்கலாம். அன்றேல், துலக்கமாய்க் காட்டக்கூடிய பின்னணியுடன் கறுப்பாயேனும் வெண்மையாயேனுமிருக்கலாம்.

தடையாகத் தொழிற்படுங் காபனிழை விளக்கொன்றினூடு செல்லும் முதற்கம்பிகளிலிருந்தேனும், மாற்றியொன்றிலிருந்தேனும் **ஆ.ஓ.** ஒன்று, சுருளுக்கு வழங்கப்பெறும். இவ்வாறுக, முதலிலொருதிசையிலும் பின்பு மற்றத்திசையிலும் கோலானது நீளப்பாட்டுக்குக் காந்தமாக்கப்பெறும். சுருளின் முனையிற்கண்மையிலுள்ள நிலையான பரியிலாடக் காந்தத்திண்மமொன்று காந்தமாக்கப்பட்ட கோலினூடு இடைத்தாக்கத்தினுல் அலைவுகளை உண்டாக்கக்கூடும். தேவையான சத்தியானது மின்வழங்கலிடத்திலிருந்து பெறப்படும்.

முதலிலே கவ்வியிலுள்ள கோலின் இடத்தை மாற்றியும், இரண்டாவதாக இழையின் தூரமுனையிலுள்ள சுமையை மாற்றியும் பரிவதிர்வுகளைக்கொடுக்குமாறு ஆய்கருவியைச் செப்பஞ்செய்க, இழையிலே நன்றாய் வரையறுக்கப்பட்ட பாகங்களைக் கொடுக்குமாறு இரண்டாவது செப்பஞ்செய்கை செய்யப்படும். இதன்பின், இழையின் முனைகளிரண்டிற்குமண்மையிலுள்ள கணுக்களிரண்டினிடைத்தூரத்தை அளந்து, கணுவிடைத்தூரமாகிய d ஐ அனுமானிக்க. இழையின் தெரிந்த நீளமொன்றை நிறுத்து, அதன் நீளவலகொன்றிற்குரிய திணிவு m ஐக்காண்க. மேலேயுள்ள சூத்திரத்தைக்கொண்டு அதிர்வெண் n இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க. வெவ்வேறு சுமைகளை உபயோகித்து d இன் வெவ்வேறு பெறுமானங்களைத் திருப்பித் திருப்பி எடுக்க.



உருவம் 275F. மெலிடேயின் பரிசோதனைக்குரிய மின்னதிர்

அதிர்வெண்ணைக் காணுதற்குரிய இந்த முறையானது திருத்தமில்லாதிருந்த போதிலும், பரிசோதனையானது மிகவும் அறிவுதருவதாகும். ஆதலின், அதனைக் கூடியவளவு கவனத்துடன் செய்தல்வேண்டும். **ஆ.ஓ.** வழங்கலிடத்தின் கணித்துப்பெற்ற அதிர்வெண்ணுக்கும் தெரிந்தவதிர்வெண்ணுக்குமிடையேயுள்ள வித்தியாசந் தெளிவாகக் கூறப்படுவதுடன், வழுக்களின் உற்பத்திகளும் கருதப்படல்வேண்டும்.

அத்தியாயம் 9

கொள்ளளவுகளின் ஒப்பீடு

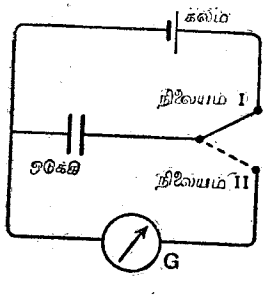
கொள்ளளவுகளின் ஒப்பீட்டிற்குரிய முறைகள்

ஒடுக்கியொன்றின் **கொள்ளளவு** அல்லது **கொள்ளளவம்,** கட்டத்திகளினிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்தை அலகொன்றினால் அதிகரிப்பிக்கத் தேவையான மின்கணியமென வரையறுக்கப்படலாம். **கொள்ளளவி** என்ற பெயர் சில சமயங்களில் ஒடுக்கியொன்றிற்குக் கொடுக்கப்படும்.

தட்டுக்களிடையேயுள்ள **அ.வி.** ஐ ஒருவோற்றினால் மாற்ற மின்னின் ஒரு கூலோம் தேவைப்படும்போது ஒடுக்கியொன்றின் கொள்ளளவு ஒரு **பரட்டு** எனப்படும். ஒரு **மைக்ரோபரட்டு** $= 10^{-6}$ பரட்டு $= 10^{-15}$ **மி.கா.அ.**

ஒடுக்கிகளிரண்டு ஒரேயழுத்தத்திற்கு மின்னேற்றப்படும்போது, ஒடுக்கிகளிலுள்ள மின்கணியங்கள் அவற்றின் கொள்ளளவுகளோடு விகிதசமமாயுள்ளன. ஆகவே, எறிநூற்கல்வனோமானியொன்றினூடு இவ்வகையான ஒடுக்கிகளிரண்டு வெவ்வேறாக மின்னிறக்கப்படுமாயின், முதலெறியங்களின் அவதானங்கள் ஒடுக்கிகளிரண்டினதும் கொள்ளளவுகளை ஒப்பிடுதற்கு உதவும்.

பரிசோதனை 259. கொள்ளளவுகளின் ஒப்பீடு—எறிநூற்கல்வனோமானி முறை.— சாவியின் ஒரு நிலையிலே ஒடுக்கியின் முடிவிடங்களோடு கலமானது இணைக்கப்பட்டிருக்குமாறு இருவழிச்சாவியொன்றைக்கொண்டு ஒரொடுக்கியைத் துணைக் கலமொன்றினுடனிணைக்க. சாவியின் மற்றநிலையிலே கல்வனோமானியானது ஒடுக்கியினது முடிவிடங்களின் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுக்கலமானது திறந்த சுற்றிலிருக்குமாறு கல்வனோமானியை ஒடுக்கியினூடும் சாவியினூடும் இணைக்க. இத்தேவைக்காக விசேட "ஒடுக்கிச்" சாவிகள் அல்லது "மின்னிறக்குச்" சாவிகள் வழங்கப்படுமாயினும், விரைவாகத் தொழிற்படும் எந்த இருவழியாளியும் நன்றாகக் காவலிடப்பட்டிருக்குமாயின் திருப்தியாகவே தொழிற்படும். தட்டுச்சாவிகளிரண்டு சில சமயங்களில் உபயோகிக்கப்படும். 276 ஆம் உருவத்திற்போலத் தொடுக்க.



உருவம் 276. ஒடுக்கியின் கொள்ளளவு

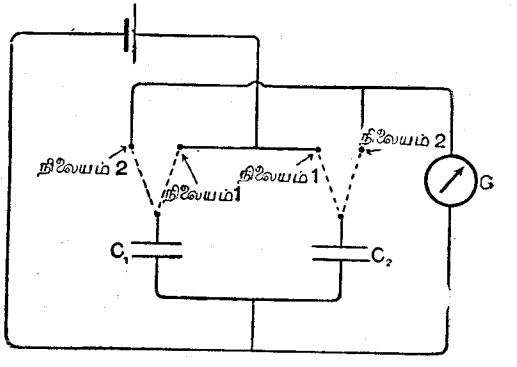
நிலை I இல் இருந்து நிலை II இற்கு சாவியை விரைவாகத் திருப்பும்போது உண்டாகுந் திடீர்த்திரும்பலானது அவதானிக்கப்படல் வேண்டும். இதன்பின் ஒடுக்கியை அகற்றி இரண்டாவது ஒடுக்கியை அவ்விடத்தில் வைத்துப் பரிசோதனை திருப்பிச் செய்யப்படல் வேண்டும்.

பரிசோதனையின் திருத்தவெல்லைகளுக்குட்படக் கல்வனோமானியைச்சுற்றி இறக்கப்படும் மின்னின் கணியங்களினூடு திரும்பல்கள் விகிதசமமாகுமாதலின், திரும்பல்களிரண்டினதும் விகிதமானது ஒடுக்கிகளிரண்டினதுங் கொள்ளளவுகளின் விகிதமாக எடுக்கப்படலாம்.

கலத்தின் **மி. இ. வி.** ஆனது மாறக்கூடுமாதலின், ஒடுக்கிகள் விரைவாய் மாற்றப்படல்வேண்டும். இக்காரணத்தினால் ஒத்த இருவழிச்சாவிகளிரண்டேனும் இரட்டை மின்னிறச்சாவியொன்றேனும் உபயோகிக்கப்படலாம். அப்போது இணைப்புக்கள் 277 ஆம் உருவத்திற் காட்டியுள்ளவாறிருக்கும். ஒரேதரத்தில் ஒரு சாவியே உபயோகிக்கப்படல் வேண்டும். மற்றச்சாவியைக் கூடுமாயின் எந்தப்பக்கத்தினூடும் தொடவிடாது வைத்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

இவ்வாறாக மேலதிகச் சாவிகள் முதலியவற்றின் உபயோகத்தினால் மின்னோட்டத்தைப்பற்றிய பரிசோதனைகளைப் பெரும்பாலும் இலகுவாக்க முடிகின்றது.

ஒவ்வோரொடுக்கியிலும் மின்னிறக்குவதற்குப்பதிலாக மின்னேற்றிக்கொள்ளளவுகளை ஒப்பிடலாம். இக்காரணத்திற்காக 276 ஆம் உருவத்திலேகல்வனோமானியானது ஒடுக்கிக்குஞ் சாவிக்குமிடையே இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



உருவம் 277. கொள்ளளவுகளின் ஒப்பீடு

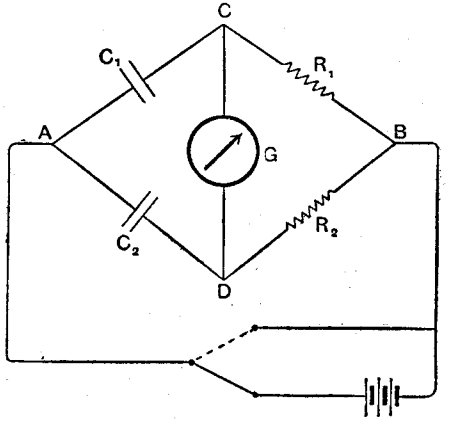
பரிசோதனை 260.—உவீத்தன்பால முறையைக் கொண்டு கொள்ளளவுகளின் ஒப்பீடு.— ஒப்பிடப்படவேண்டிய கொள்ளளவுகள் 278 ஆம் உருவத்திலுள்ளது போல, தடைகளின் சோடியொன்று, ஒரு கல்வனோமானி, ஒரு மின்கலவடுக்கு, இருவழிச்சாவியொன்று ஆகியவற்றுடன் இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

இருவழிச்சாவியை எந்தத்திசையிலே திருப்பிய போதிலும், கல்வனோமானியிற்றிரும்பலில்லாதிருக்குமட்டுந் தடைகள் $\mathbf{R_1}$, $\mathbf{R_2}$ களைச் செப்பஞ் செய்க. அப்போது,

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

ஏனெனில், திரும்பலெதுவுமில்லாதிருப்பதினால், **C** இற்கும் **D** இற்குமிடையே அழுத்தவித்தியாசமெதுவும் இல்லாதிருக்கக் கல்வனோமானியினூடு மின்னோட்டமெதுவும் பாயாதென்பதே கருத்தாகும். இது இவ்வாறிருப்பின்,

ஒடுக்கி C_1 ஆனது தடை R_1 இனூடாக முற்றுக மின்னேற்றப்பட்டும், C_2 ஆனது R_2 இனூடாக முற்றுக மின்னேற்றப்பட்டும், கடைசியழுத்தங்களே ஒரேநேரத்தில் அவை அடைதல் வேண்டும்.



உருவம் 278. உவீத்தன் பாலமுறை

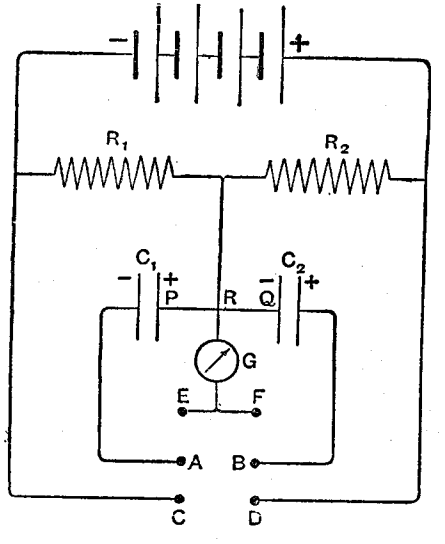
இப்போது, ஒடுக்கிகள் இத் தடைகளினூடு முறையே மின்னேற்றப்படும் வீதமானது தடைகளின் தலைகீழ்ப்பின்னங்களோடு விகிதசமமாகும். அத்துடன் சமகாலங்களிற் பெறப்பட்ட மின்னேற்றங்கள் Q_1, Q_2 என்பன $1/R_1$ இனையும் $1/R_2$ இனையும் விகிதசமமாயுள்ளன. ஆனால், ஒடுக்கிகள் கடைசியழுத்தத்தை ஒருமித்தடைகின்றனவாதலின், Q_1உம் Q_2 உம் C_1 இனையும் C_2 இனையும் விகிதசமமாயுள்ளன. அதாவது,

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

எந்தவொடுக்கியும் மற்றதின்முன்பு மின்னேற்றப்படுமாயின், இன்னுமதன் முழுமின்னேற்றத்தையும் பெறுத ஒடுக்கியைநோக்கிக் கல்வனோமானியினூடு சிறிய மின்னோட்டமொன்று பாயும். எனவே, தடைகள் எற்றவாறு செப்பஞ்செய்யப்படாவிட்டால் எந்தப்பக்கத்திலாவது கல்வனோமானியின் சிறிய திரும்பலொன்று காணப்படும்.

குறிப்பு.— இது ஒரு பூச்சியமுறையானபோதிலும் பெரிய உணர்திறனை எவ்வாற்றனுங் கொண்டுள்ளதன்று. கல்வனோமானியினூடாகப் பாயும் மின்கணியமானது, ஒடுக்கிகளுளொன்று அதன் முழுமின்னேற்றத்தையும் பெற்றிருக்கும்போது அவ்வொடுக்கிகளினுள்ள மின்னேற்றங்களின் வித்தியாசத்தினது ஒரு சிறியபாகம் மட்டுமேயாம். மின்னேற்றங்களும் பொதுவாகப் பெரிதாயிருப்பனவன்றுதலின், கல்வனோமானியிலே அளக்கப்படக்கூடியனவற்றிலும் பெரிதான திரும்பலைக் கொடுக்கப் போதியனவன்று. மின்னேற்றங்களிரண்டினுக்குமிடையேயுள்ள சிறிய வித்தியாசமொன்றின் பாகத்தில் உண்டாக்கப்பெறுந் திரும்பலானது மிகச் சிறிதாகவே இருக்குமாதலின், கல்வனோமானியிற் கணிப்புக்குரிய திரும்பலெதனையும் உண்டாக்காது பரந்த வீச்சொன்றிலே வழக்கமாகத் தடைகளின் செப்பஞ்செய்கை மாற்றப்படலாம். R_1 உம் R_2 உம் மிகுந்திருந்து கல்வனோமானியின் தடை தாழ்ந்திருக்குமாயின் இந்த முறையானது மிக்கவுணர்ச்சியுள்ளதாகும். ஆனால், ஒப்பிடப்படவேண்டிய ஒடுக்கிகள் பெரிதாயிருந்தாலன்றி இம்முறை திருப்தியற்றதாகும்.

பரிசோதனை 261. கொள்ளளவுகளின் ஒப்பீடு—கலவைமுறை.— 8-உவோற்றுக்கலமொன்றைச் செப்பஞ்செய்யக்கூடிய பெரிய தடைகளிரண்டிற்கு (1000 தொடக்கம் 10,000 ஓம் வரை) தொடர்நிலையில் இணைக்க.



உருவம் 279. கலவைமுறை

ஒப்பிடவேண்டிய ஒடுக்கிகளை இத்தடைகளின் குறுக்கே முதலில் இணைத்துப்பின் தொடரைப்பிரித்து அவற்றின் மின்னேற்றங்களைக் கலந்து எச்சத்தைக் கல்வனோமானியொன்றினூடு மின்னிறக்கக்கூடியதாக அவ்வொடுக்கிகளை ஒழுங்குசெய்க.

இதனைச் செய்யப்படும் முறையானது 279 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இரட்டை எறியாளியானது, **A** என்பது **C** இனையும் **B** என்பது **D** இனையும் இணைந்திருக்குமாறு வைக்கப்பட்டால், முறையே தடைகள் R_1, R_2 களின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தங்களுக்கு ஒடுக்கிகள் C_1 உம் C_2 உம் மின்னேற்றப்படும்.

இவற்றை V_1, V_2 எனக் குறிப்போமாயின், ஒடுக்கியிலுள்ள மின்னேற்றங்கள் முறையே C_1V_1, C_2V_2 ஆகும்.

A உம் B உம் முறையே E இனூடும் F இனூடும் இணைக்கப்பட்டிருக்கு மாறு ஆளியைத் திருப்பும்போது, C_1 இலுள்ள நேர்மின்னேற்றமானது கம்பி PRQ இனூடாக C_2 இலுள்ள எதிர்மின்னேற்றத்தினூடு கலக்கும். C_1 இலுள்ள எதிர் மின்னேற்றமானது ஆளியினூடாக C_2 இலுள்ள நேர்மின்னேற்றத்தினூடு கலக்கும். தட்டுக்களின் சோடிகள் கல்வனோ மானியினூடாக ஒரேநேரத்திற் சேர்த்திணைக்கப்பட்டுள்ளன. கலந்த பின்பு எஞ்சிய மின்னேற்றமானது, கல்வனோமானியினூடாக இறக்கப்படும். R_1 ஐயும் R_2 ஐயும் ஏற்றவாறு செப்பஞ்செய்து எஞ்சிய மின்னேற்றத்தைப் பூச்சியமாகக் குறைத்தல்கூடும். அப்போது கல்வனோமானியிலே திரும்பல் உண்டாகாது.

இவ்வாறிருக்கும்போது,

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

ஆகும். ஆனால், V_1 உம் V_2 உம் R_1 இனூடும் R_2 இனூடும் விகிதசமமாகு மாதலின்,

$$C_1R_1 = C_2R_2 \quad \text{ஆகும்.}$$

அல்லது,

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

இது ஒரு பூச்சியமுறையாதலின், எறிநூற்கல்வனோமானியொன்றை (பரிசோ. 259) உபயோகிக்கும் முறையிலும்பார்க்க விரும்பத்தக்கதாகும். அன்றியும் உவீத்தன்பாலமுறையிலும்பார்க்க இது உணர்திறன் கூடிய தாதலின், மிகச்சிறிய கொள்ளளவுகளுக்கும் உபயோகிக்கப்படலாம்.

பெரிய உணர்திறனையுடைய உயர்தடைக் கல்வனோமானியொன்றே இப் பரிசோதனையின் உபயோகத்திற்கு ஏற்றவகையானதாகும்.

அத்தியாயம் 10

மின்னுய்கருவியைப்பற்றிய குறிப்புகள்

§ 1. தான்சன் கல்வனோமானிகள்

தனிச்சுருட்டான்சன்கல்வனோமானி.— தான்சன் கல்வனோமானியின் சாதாரண வகையானது 569 ஆம் பக்கத்திலே முன்னரே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. அச்சானது கிழக்கு மேற்காக வைக்கப்பட்டுள்ள கம்பியின் நிலைக்குத்தான சுருளொன்றை இது கொண்டதாகும். சுருளிலே மின்னோட்டம் I இன் பயனை மண்டலச்செறிவை அளத்தற்காகக் காந்தமானிப்பெட்டியொன்று சுருளின் மையத்திலே வைக்கப்பட்டுள்ளது. I ஆனது **ச.கி.செ.** மின்காந்த வலகுகளில் அளக்கப்படும். இவ்வலகானது செய்முறை அலகாகிய அம்பியரின் பத்துமடங்காகும்.

சுருளின் மையத்திலுள்ள மண்டலத்திறனானது F ஆயின்,

$$F = \frac{2\pi n I}{r} \quad \text{தைன்/முனைவலகு.}$$

இங்கு, n = சுருளிலுள்ள சுற்றுக்களின்தொகை.
r = சதமமீற்றரிலே சுருளின் ஆரை.

— ஆம் பக்கத்திலுள்ள 205 ஆம் உருவத்திற்போல, ஊசியானது உச்ச நெடுங்கோட்டிலிருந்து கோணம் $\theta°$ இனூடு திரும்புமாயின், $F = H$ தான் θ எனவும் பெறுகின்றோம்.

எனவே, $$\frac{2\pi nI}{r} = H \text{ தான் } \theta,$$

அல்லது $$I = \frac{r\,H \text{ தான் } \theta}{2\pi n}.$$

தான்சன் கல்வனோமானியின் சாதாரண வகையானது, ஒரே சட்டத்திற் சுற்றப்பட்டுள்ள ஒன்று அல்லது இரண்டு அல்லது மூன்று சுருள்களைக்கொண்டு அமைக்கப்பட்டிருப்பது வழக்கம். இச்சுருள்கள் வெவ்வேறு தொகையான சுற்றுக்களையும் சிறிதளவுக்கு வேறான ஆரைகளையும்[1] கொண்டுள்ளன. இச் சுருள்களுள் எதாவதொன்றை உபயோகித்துக் கல்வனோமானியை, அளவின் இரண்டு அல்லது மூன்று வெவ்வேறு படிகளின் மின்னோட்டங்களை அளத் தற்கு ஏற்றதாக்கலாம். அதாவது, அதன் உணர்திறனை மாற்றலாம்.

[1] சுற்றுக்களின் தொகை எண்ணமுடியாததாகவும் சுருளின் விட்டம் அளக்க முடியாததாகவும் இருக்குமாயின், இக்கணியங்கள் உபகரணத்தினடியிற் செய்வோரினூற் குறிக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

உதாரணமாக, மூன்று சுருள்களும் முறையே 1, 10, 100 சுற்றுக்களைக் கொண்டிருக்கத் தனிச் சுற்றினூடு பாயும்போது 1 அம்பியர் மின்னோட்ட மொன்று 45° திரும்பலைக் கொடுக்குமாயின், இச்சுருளானது ஏறத்தாழ 0·3 இலிருந்து 3 அம்பியர்வரை மின்னோட்டங்களை அளக்க உபயோகிப்பதற்கு ஏற்றதாகும். பத்துச் சுற்றுக்களையுடைய சுருளானது 0·03 இலிருந்து 0·3 அம்பியர்வரை மின்னோட்டங்களுக்கு வசதியாக உபயோகிக்கப்படலாம். இச்சிறிய மின்னோட்டமானது பத்து முறை சுற்றுவதினால், தனிச்சுற்றிற் பாய்கின்ற இதன் பத்துமடங்கு அளவையுடைய மின்னோட்டத்தின் விளைவையே உண்டாக்கும். இதனைப்போலவே, 100 சுற்றுக்களையுடைய சுருளானது 0·003 இலிருந்து 0·03 அம்பியர்வரை மின்னோட்டங்களின் அளவுக்கு ஏற்றதாகும்.

பொதுவகை—கல்வனோமானியானது சாதாரண வகையாயில்லாதிருப்பின் மின்னோட்டத்திற்குரிய சமன்பாடானது,

$$I = \frac{H}{G} \text{ தான் } \theta$$

என எழுதப்படலாம். சராசரி நிலையிலே சுருளின் தளத்திற்குச் சமாந்தரமாக ஊசியானது நிற்குமாயின், எவ்வாறமைக்கப்பட்டபோதிலும், தொங்கியவூசிக் கல்வனோமானியின் எல்லாவகைகளுக்கும் இச்சமன்பாடு பொருத்தமானதாகும். இக்கோவையிலே H என்பது ஆளும் எந்தக் காந்தத் திண்மத்தினதும் புவியினதும் பயனுள்ள ஊசியிற்றுக்கும் மண்டலத்தின் திறனுகும். G என்பது சுருளினூடாக மின்னோட்டவலகொன்று பாயும்போது அச்சுருளின் பயனுள்ள மண்டலத்திறனுகும்.

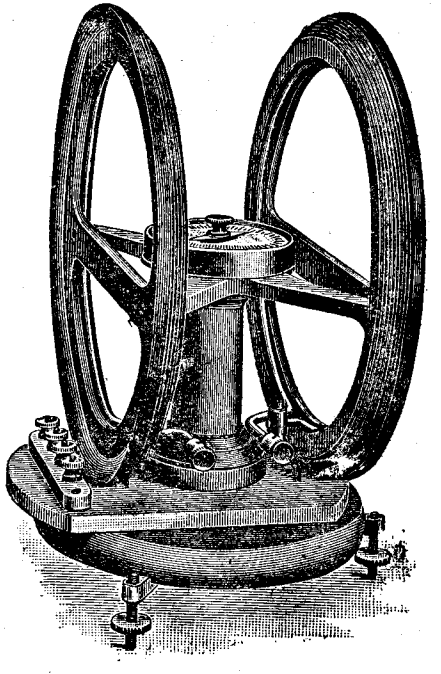
எம்மோற்சுக் கல்வனோமானி.— தான்சன் கல்வனோமானியின் விசேடவகையொன்று **கோகேன் உவன் எம்மோற்சரினல் (Gaugain and von Helmholtz)** தனிப்பட்ட முறையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இக்கருவியிலே, இரண்டில் எந்தச் சுருளினதும் ஆரைக்குச் சமமான தூரத்திலே **இரண்டு** சுருள்கள் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளன.

காந்தமானிப் பெட்டியானது சுருள்களிரண்டினுக்கும் நடுவில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த ஒழுங்கானது தனிச்சுருளொன்றிலும்பார்க்கக் கூடுதலான ஒருசீரான காந்தமண்டலத்தைக் கொடுக்கும். சுருள்களின் அச்சானது கிழக்கு மேற்காக வைக்கப்பட்டுள்ளது. இக்கருவியானது தான்சன் கல்வனோமானியின் சாதாரண வகையைப்போலவே உபயோகிக்கப்படும்.

$$I = \frac{H}{G} \text{ தான் } \theta$$

என்ற சமன்பாட்டிலுள்ள கல்வனோமானி மாறிலியாகிய G ஆனது, தனியலகுகளிலே I இற்கு $8{\cdot}99\,N/r$ என்பதனுற் கொடுக்கப்படும். இங்கு,

N என்பது ஒரு சுருளிலுள்ள சுற்றுக்களின் தொகையெனவும், r ஆனது சதமமீற்றரிலே சுருளின் ஆரையெனவுங் கொள்ளப்பட்டது.



உருவம் 280. எம்மோற்சுக் கல்வனோமானி

ஆரை r ஐயுடைய வட்டச்சுருளொன்றின் அச்சிலும், மையத்திலிருந்து x தூரத்திலும் உள்ள ஏதாவதொரு புள்ளியிலே காந்தவிசையானது $F = \frac{2\pi N r^2 I}{(r^2+x^2)^{3/2}}$ ஆகும். இக்கல்வனோமானியிலே $x = \frac{1}{2}r$ ஆகும். இரண்டு சுருள்கள் உபயோகிக்கப்பட்டுள்ளன. இதிலிருந்து G இன் மேலேயுள்ள பெறுமானம் அனுமானிக்கப்படலாம்.

மின்னோட்டத்தின் தனியளவு

H ஆனது தெரிந்தும், கணியம் G ஆனது பரிமாணங்களிலிருந்தும் கல்வனோமானிச்சுருள் அல்லது சுருள்களின் ஒழுங்கிலிருந்துங் கணிக்கப்படக்கூடியதாகவுமிருப்பின்,

$$I = \frac{H}{G} \text{ தான் } \theta$$

என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து கல்வனோமானியூசியொன்றின் எந்தத்திரும்பல் θ இனோடு மொத்த மின்னோட்டம் I இன் **தனிப்**பெறுமானங் காணப் படலாம். ஆயினும், சுருளிலுள்ள சுற்றுக்களின்தொகை பெரிதாயிருக்கு மாயின் அவற்றின் நிலையைத் திருத்தமாய்த் தீர்மானிக்கமுடியாது. ஊசி யிலே அவற்றின் விளைவையுஞ் சரியாய்க் கணிக்கமுடியாது. கல்வனோமானி யின் உணர்திறன்மிக்க வகையொன்றைப் பெறவேண்டுமாயின், G இன் திருத்தமான கணிப்பைச் செய்யக்கூடாதவாறு சுற்றுக்களின்தொகை அவ் வளவு பெரிதாயிருத்தல் வேண்டும்.

மிகச்சிறிய அளவையுடைய மின்னேற்றங்களின் தனியளவுக்காகக் கல்வ னோமானிகளின் உணர்திறனுடைய வகைகள் உபயோகிக்கப்படலாமாயினும், அதனைச்செய்யும் முறைகளின் விவரணம் எமது ஆற்றலிற்கப்பாற்பட்டதாகும்.

தான்சன் கல்வனோமானியொன்று ஏற்றதாக்கப்படவேண்டிய மின்னோட் டங்களுக்கு அறிமுறையில் மேலெல்லை கிடையாது. தனிச்சுற்றுக்கல்வனோ மானியொன்றின் உணர்திறனுனது சுருளின் ஆரையை அதிகரிக்கச்செய்தும் அச்சின்நேரே காந்தமானிப்பெட்டியை இடம்பெயர்த்து உபயோகித்தும் குறைக்கப்படலாம். எந்தச்சந்தர்ப்பத்திலும் மையத்திலுள்ள மண்டலத்திற் குரிய மிகத்திருத்தமான கோவையொன்று பெறப்படலாமாதலின், ஏற்ற வமைப்பையுடைய தான்சன் கல்வனோமானியொன்றைக்கொண்டு மிகப் பெரிய மின்னோட்டங்கள் அளக்கப்படலாம்.

§ 2. தொங்கியவூசிக் கல்வனோமானிகளின் உணர்வுள்ள வகைகள்

தொங்கியவூசிவகையின் கல்வனோமானியொன்றினது உணர்திறன்

கல்வனோமானியொன்றின் **உணர்திறனுனது** அதன் திரும்பல் θ இற்கும் மின்னோட்டம் I இற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பாகக் குறிக்கப்படலாம். θ/I ஆனது பெரிதாயிருக்குமாயின் கல்வனோமானியானது சிறிய மின் னோட்டம் I இற்குப் பெரிய திரும்பல் θ ஐக் கொடுக்கும்.

இப்போது, மின்னோட்டம் பாயாதிருக்கும்போது சுருளின் தளத்திலேயே ஊசியானது ஓய்ந்திருக்குமாயின், தொங்கியவூசிக் கல்வனோமானியின் எல் லாவகைகளிலும் I ஆனது தான் θ இனோடு விகிதசமமாயிருக்கும். எனவே, θ/I மாறிலியாகாது.

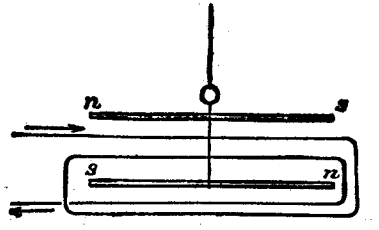
ஆயினும், **சிறிய திரும்பல்களுக்குத்** தான் θ/I ஐக் கல்வனோமானியின் உணர்திறனினது ஓரளவாக அண்ணளவில் நாம் கொள்ளலாம். அதாவது,

$$\text{உணர்திறன்} \simeq \frac{\text{தான்}\ \theta}{I} \simeq \frac{G}{H}.$$

ஆகவே, கல்வனோமானியின் உணர்திறனை அதிகரிக்க விரும்புவோமாயின், H இற்கு G இன் விகிதத்தை அதிகரிப்பித்தல் வேண்டும், அல்லது, H இன் **விளைவை அதிகரிக்காத** எதாவதொரு முறையில் **மண்டலம்** G இன் விளைவை அதிகரிப்பித்தல் வேண்டும், அன்றேல், G இன் விளைவை மாற்றாது H இன் விளைவைக் குறையச்செய்தல் வேண்டும். **உணர்திறனை** அதிகரிப்பிக்கும் **முறைகள் பின்வருந் தலைப்புக்களின் கீழ்த் தொகுக்கப்படலாம்.—**

1. **கல்வனோமானியூசிக்குரிய நிலையில் சேர்க்கையொன்றின் உபயோகம்.**
2. **ஆளும் மண்டலம் H இன் பெறுமானத்தின் குறைவு.**
3. **G இன் மெய்யான பெறுமானத்தின் அதிகரிப்பு.**

நிலையில் சேர்க்கையின் தத்துவம்.— நிலையில் **கல்வனோமானியொன்றிலே தான்சன்** கல்வனோமானியில் உபயோகிக்கப்படுந் தனியூசிக்குப்பதிலாகக் கூட் டுக்காந்தத்தொகுதியொன்று தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. அதனெளிய வகை யிலே, தொங்குந்தொகுதியானது காந்த வச்சுக்கள் எதிர்த்திசையிலிருக்குமாறு விறைப்பான சட்டமொன்றிலே பொருத் தப்பட்டுள்ள இலேசான ஊசிகளிரண் டைக் கொண்டுள்ளதாகும்.



உருவம் 281. ஊசிகளின் நிலையில் தொகுதி

எறத்தாழச் சமமாகக் காந்தமாக்கப் பட்ட ஊசிகளிரண்டும், ஒன்று சுருளி னுள்ளும் மற்றது வெளியிலும் எற்றப் பட்டுள்ளன.

நிலையில் சேர்க்கையொன்றிலே ஆளும் மண்டலத்தின் விளைவு.— ஊசி களின் காந்தத்திருப்புதிறன்கள் M_1 உம் M_2 உமாயின், ஆளும் மண்டலம் செய்முறையில் ஒரு சீராகவும், ஊசிகள் காந்தவியல்பில் எதிராகவும், இருத்தலினால், ஆளும் மண்டலத்தின் விளைவானது $H(M_1 - M_2)$ இனோடு விகிதசமமாகும்.

நிலையில் சேர்க்கையொன்றிலே மின்னோட்டத்தின் பயனை மண்டலத் தின் விளைவு.— சுருள்களிற்கு உள்ளேயொன்றும் வெளியேயொன்றுமாக ஊசிகளை வைப்பதினால், **எதிர்த்திசைகளிலுள்ள சுருள்மண்டலத்தின்** இரு பாகங்களில் அவையுள்ளன. ஊசிகளும் எதிராயிருப்பதினால் அவ்வூசி களிரண்டிலுஞ் செலுத்தப்படும் இணை விசைகள் ஒரே போக்கிலுள்ளன. ஆகவே, சுருள்மண்டலத்தினால் ஊசியிற் செலுத்தப்படும் முழுவிணைவிசை யும் மிகப்பருமட்டாக $G(M_1+M_2)$ இனோடு விகிதசமமாகும். ஊசி M_2 இலே தாக்கும் சுருளின் வெளியேயுள்ள மண்டலத்திறனுனது சுருளினுள்ளே யுள்ள மண்டலத்திறனுகிய G இற்கு அண்ணளவாகச் சமமின்றுதலின், அண்ணளவானது மிகப்பருமட்டாக மட்டுமேயிருக்கும்.

இவ்வகையான கருவியொன்றின் உணர்திறனானது பருமட்டான காரணி $\frac{M_1+M_2}{M_1-M_2}$ இனால், ஒத்த சுருள்களையுடைய தனியூசிக்கருவியொன்றிலும்பார்க்கப் பெரிதாயிருக்கும். எனவே, அண்ணளவாகச் சமமான ஊசிகளைக் கொண்ட நிலையில் கல்வனோமானியொன்று மிகுந்தவுணர்திறனைக் கொண்டதாகும்.

M_1 உம் M_2 உம் மிக நெருங்கிய சமமுடையனவாயின் கருவியானது உறுதியற்றதாகுமாதலின், இதனைத் தவிர்ப்பதற்காகக் கவனமெடுத்தல் வேண்டும்.

$\left(\frac{M_1+M_2}{M_1-M_2}\right)$ இன் தெரியாப் பெறுமானத்தின் காரணத்தினால் இவ்வகையான ஊசியை உபயோகிக்குங் கருவியானது தனிப்பண்பையுடையதன்று. M_1 அல்லது M_2 இன் சிறிய மாற்றம் இக்காரணியின் பகுதியிலே, ஆதலின் உணர்திறனிலே, பெரிய வித்தியாசத்தை உண்டாக்குமாதலின், நாளுக்கு நாள் ஒரே மின்னோட்டத்திற்குரிய உறுதியான திருப்பல்களை இது கொடுக்குமென நம்பியிருத்தல் கூடாது.

ஆளுங் காந்தத்திண்மம்.—ஆளுங்காந்தத்திண்மமொன்று பெரும்பாலும் கல்வனோமானியொன்றின் சுருளின்மேலே பொருத்தப்பட்டிருக்கும். சுருளின்மேலே காந்தத்திண்மத்தின் உயரஞ் செப்பஞ்செய்யப்படலாம். அத்துடன் காந்தத்திண்மமும் நிலைக்குத்தச்சொன்றைக்கொண்டு சுழற்றப்படலாம்.

அப்போது கல்வனோமானியூசியானது இக்காந்தத்திண்மத்தின் மண்டலத்தினதும் புவிமண்டலத்தினதுஞ் சேர்க்கையின் தொகுவிளைவான மண்டலம் H இன் கீழுள்ளது. ஆகவே, H இன் பெறுமானமானது பரந்த வீச்சொன்றினூடாகச் செப்பஞ்செய்யக்கூடியதாயிருக்கும். பெரியவுணர்திறன் தேவையாயின், காந்தத்திண்மத்தின் ஏறத்தாழ முழுமண்டலமும் புவிமண்டலத்தை மேற்கொள்ளுமாறு அக்காந்தத்திண்மஞ் செப்பஞ்செய்யப்படும். ஆனால், தொம்சன் முறையைக்கொண்டு கல்வனோமானியின் தடையைத் தீர்மானிக்கும்போது தேவைப்படுவதுபோல, அக்கல்வனோமானி உணர்திறன் குறைந்ததாயிருக்க வேண்டுமாயின், காந்தத்திண்மத்தை ஊசிக்கண்மையிற் கொணர்ந்து அதன் மண்டலம் புவிமண்டலத்திற்கு உதவுமாறு ஒழுங்குசெய்யப்படல்வேண்டும். அப்போது H மிகப்பெரிதாயிருக்கும். பெலங்குறைந்த ஆளும் மண்டலமானது ஊசியின் ஆறுதலான ஆடலையும், பெலங்கூடிய மண்டலமானது ஒத்த விரைவுகூடிய ஆடலையும் உண்டாக்கலினால், பெரிய உணர்திறன் வேண்டுமாயின் ஊசிக்கு மிக்கவாறுதலான ஆடலைக்கொடுக்குமாறு காந்தத்திண்மஞ் செப்பஞ்செய்யப்படல் வேண்டும். உணர்திறனானது ஆடலின் ஆவர்த்தனகால வர்க்கத்தினோடு விகிதசமமானதாகும்.

ஆளுங்காந்தத்திண்மத்தைச் சுழற்றி விரும்பிய திசையில் ஆளும் மண்டலத்தைச் செலுத்தலாமென்பதே ஆளுங்காந்தத்திண்மத்தின் உபயோகத்தினது பெரியவொரு நயமாகும். அன்றியும், உறுதியான மின்னோட்டமொன்றின் பயனுள்ள நிலைத்த திருப்பலெதுவும், காந்தத்திண்மத்தின் சுழற்சியினாற் திருத்தப்படலாம்.

கல்வனோமானி மாறிலி G இலே அதிகரிப்பொன்றைப் பெறும் முறை.—மின்னோட்டவலகொன்றின் பயனை மண்டலத்தை அதிகரிப்பதற்குச் சிறியவாரை r ஐயும் பெருந்தொகையான சுற்றுக்கள் n ஐயுமுடைய சுருளொன்றை உபயோகிப்பது அவசியமாகின்றது. இத்தேவைகள் ஓரளவுக்கு முரணானவையாம். சுற்றுக்களின்தொகை அதிகரிக்குந்தோறும் புறச்சுற்றுக்களினுரை அதிகரிக்கும். ஆகவே, n ஐ உபயோகமுள்ளவாறு அதிகரிக்கச் செய்யும் அளவிற்கும் ஓரெல்லையுண்டு.

நிலையில் கல்வனோமானியின் சாதாரண வகை

நிலையில் கல்வனோமானியின் சாதாரண வகையிலே நீண்டவூசிகளை உபயோகிக்கக்கூடியதாய்ச் சுருள்கள் தட்டையாய்ச் சுற்றப்பட்டுள்ளன. சுருளைத் தட்டையாக்குதல் ஆரையைக் குறைப்பதற்குச் சமமாகுமாதலின் உணர்திறனின் அதிகரிப்பையுண்டாக்கும். ஆயினும், சுருளானது தட்டையாயிருக்கும்போது G ஐக் கணிக்கமுடியாது.

கல்வனோமானியின் இவ்வகையானது உவீத்தன்பாலத்தைக்கொண்ட பருமட்டான பரிசோதனைகளில் நுண்ணிய மின்னோட்டங்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு முக்கியமாக உபயோகிக்கப்படும்.

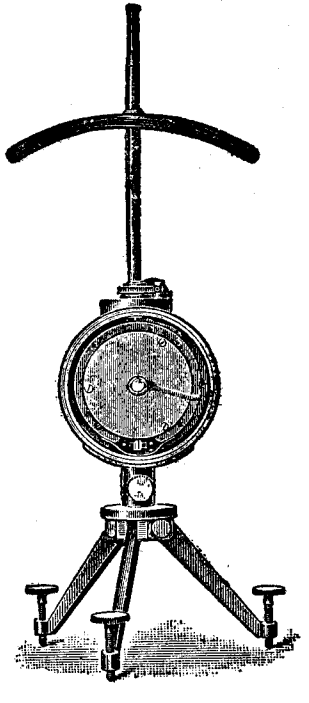
2–உவோற்றுக்கலமொன்றையும், 10,000 ஓம்வரை செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய தடைப்பெட்டியொன்றையும் உபயோகித்து இவ்வகையான கல்வனோமானியொன்றின் அளவைத் திருத்துதல் உபயோகமுள்ள ஒரு பயிற்சியாகும். கலமானது 2 உவோற்றைக் கொடுக்குமெனக் கொண்டு, மின்னோட்டத்தைக் கணித்து, θ இனோடு I இனது மாறலையும், தான் θ இனோடு I இனது மாறலையுங் காட்டும் வளைகோடுகளை வரைக.

நிலையில் காந்தத்தொகுதியொன்றை ஆளுங்காந்தத்திண்மமொன்றினோடு சேர்த்து, மிகுந்த உணர்திறனையுடைய கல்வனோமானிகள் செய்யப்படலாம். சில வேளைகளிலே நிலையில் தொகுதியின் பாகங்களிரண்டும் ஒன்றின்மேலொன்றான வெவ்வேறு சுருள்களில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. ஊசிகளொவ்வொன்றிலும் ஒரேபோக்கிற்குக்கும் இணைவிசைகளைக் கொடுக்குமாறு எதிர்த்திசையில் இவை சுற்றப்பட்டுள்ளன.

கல்வனோமானியொன்றின் **தகுதியொப்பெண்** என்பது, திரும்பலை அளத்தற்கு விளக்களவுச்சட்ட முறையொன்று உபயோகிக்கப்படும்போது, அளவுச் சட்டத்தில் 1 மீற்றர் தூரத்திலே 1 மி.மீ. திரும்பலைக் கொடுக்கத்தேவையான, அம்பியரிலளக்கப்படும் மின்னோட்டத்தினால் வழக்கமாகத் தீர்மானிக்கப்படும்.

உயர்ந்த தடைக் கல்வனோமானிகளும் தாழ்ந்த தடைக்கல்வனோமானிகளும்

சுருள்களைச்சுற்ற மெல்லிய கம்பியை உபயோகித்துக் கல்வனோமானியொன்றைப் பெரிய மாறிலி G ஐக் கொண்டதாய்ச் செய்யலாம். இதற்குப் பெரிய தடைவேண்டுமாயினும், கல்வனோமானியைச்சுற்றி அதனை மின்னிறக்குவதினால் வரையறையான மின்கணியமொன்றை அளக்கும்போது வேலைக்கு ஒரு குறையுமில்லை. உதாரணமாக ஒடுக்கியொன்றை மின்னேற்றி அதன் மின்னேற்றம் அளக்கப்பட வேண்டுமாயின், கல்வனோமானித்தடை எவ்வளவு பெரிதாயிருந்தபோதிலும், அக்கல்வனோமானியின் சுருளைச்சுற்றி மின்னேற்றமுழுவதும் பாயும்.



உருவம் 282. உணர்கல்வனோமானி

ஆனால், உவீத்தன்பாலமொன்றின் உபயோகத்தில் நடுநிலைக்காகப் பரிசோதிக்கும்போது, புள்ளிகளிரண்டும் ஒரேயழுத்தத்தில் இருக்குமட்டும் செப்பஞ்செய்தல் வேண்டும். இதற்காகக் கூடியவளவு சிறிய அழுத்தவித்தியாசத்தையுங் கண்டுபிடிக்கக்கூடிய கல்வனோமானியொன்று உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும். இவ்வகையான சந்தர்ப்பமொன்றிலே, ஒரே அ.வி. இற்கு உயர்ந்த தடைக்கல்வனோமானியினூடாகப்பாயும் மின்னோட்டமானது தாழ்ந்த தடைக்கல்வனோமானியினூடு பாய்வதிலும் பார்க்க மிகச் சிறிதாயிருக்கும். உயர்ந்த தடைக் கல்வனோமானியிலே மின்னோட்டஞ் சிறிதாயிருப்பினும் பெருந்தொகையான சுற்றுக்களினூடு பாயும். தாழ்ந்த தடைக் கல்வனோமானியினூடு குறைவான சுற்றுக்களின் தொகையினூடு மிகப்பெரிதான மின்னோட்டம் பாயும். இவ்வகையொன்றிலே, கல்வனோமானிகள் அமைப்பில் ஒத்துள்ளனவாதலின், தாழ்ந்த தடைக் கல்வனோமானியிலும் பார்க்க உயர்ந்த தடைக்கல்வனோமானியிற் கூடிய சிறிதான திரும்பல் பெறப்படுவது வழக்கம். எனவே, சிறியவழுத்தவித்தியாசங்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்குத் தாழ்ந்ததடைக் கல்வனோமானியொன்று உபயோகிக்கப்படும்.

உயர்ந்ததடைக் கல்வனோமானியொன்று மிகுந்த **மின்னோட்டவுணர்வை**யுடையதெனவும், தாழ்ந்த தடைக் கல்வனோமானியானது பெரிய **அழுத்தவுணர்திறனை**யுடையதெனவும், இதனைத் தொகுத்துக் கூறலாம். சார்பான பெரிய அழுத்தவித்தியாசங்களை அளப்பதற்கும் நுண்ணிய மின்னோட்டங்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கும் உயர்ந்த தடைக் கல்வனோமானிகள் உபயோகிக்கப்படும். சார்பான பெரிய மின்னோட்டங்களை **அளப்பதற்கும்** சிறியவழுத்தவித்தியாசங்களைக் **கண்டுபிடிப்பதற்குந்** தாழ்ந்ததடைக் கல்வனோமானிகள் **உபயோகிக்கப்படும்.**

எறிநூற்கல்வனோமானிகள்

மின்னோட்டம் நிகழுங் காலம் குறுகிய காலமாயிருக்குமாயின், அக்காலமானது ஊசியின் ஆடற்காலத்திலோடு ஒப்பிடப்படும்போது சிறிதாயிருந்து, தணிதலும் அரிதாயிருக்கும்போது, கல்வனோமானிச் சுருளினூடாகப் பாயும் மின்கணியமானது ஊசியின் எறியத்தை, அதாவது முதலாடலை, அவதானித்து அளக்கப்படலாம். இவ்வகையான கல்வனோமானியொன்று **எறிநூற்கல்வனோமானி** எனப்படும்.

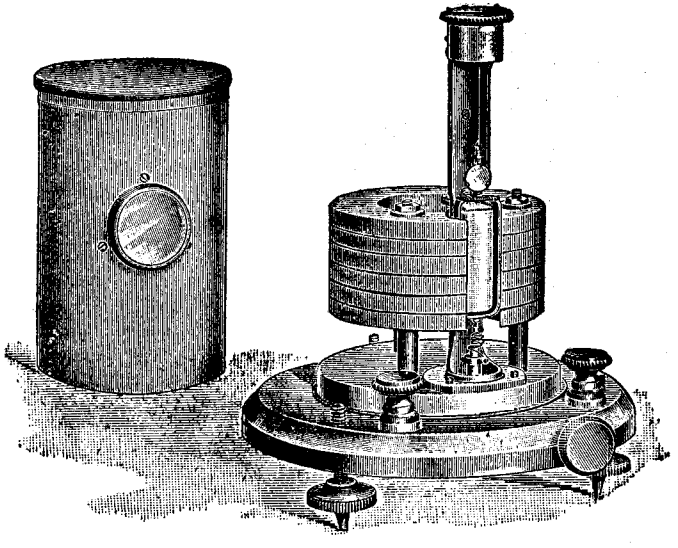
§ 3. தொங்கியசுருட் கல்வனோமானிகள்

தொங்கியவூசிக் கல்வனோமானியானது புறக்காந்தமண்டலத்திலுள்ள எவ்வித மாற்றத்துக்கும் ஆளாகுமென்ற பெரிய குறையைக் கொண்டதாகும். தொங்கியசுருட் கல்வனோமானியொன்றின் உபயோகத்தினால் இவ்விடர்ரானது முற்றுக மேற்கொள்ளப்படும். இவ்வகையான கல்வனோமானியானது விரும்பிய எந்தத் திசையையும் நோக்கி வைக்கப்படலாம் என்ற நயத்தையுங் கொண்டுள்ளது.

l ச.மீ. நீளமானதும் ச.கி.செ. தனியலகுகளில் மின்னோட்டம் I ஐக் காவுகின்றதுமான கம்பியொன்று முனைவலகொன்றிற்கு H தைன்களின் திறனையுடைய மண்டலமொன்றிற்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்படுமாயின், கம்பியானது HC*l* தைன்களின் விசையொன்றுக்கு ஆளாக்கப்படும். விசையின் திசையானது கம்பிக்குங் காந்தமண்டலத்திற்குஞ் செங்குத்தாயிருக்கும்.

செவ்வகச்சுருளொன்றின் தளமானது மண்டலம் H இன் திசையிலிருக்குமாறு வைக்கப்படுமாயின், சுருளினூடு பாயும் மின்னோட்டம் I ஆனது அச்சுருளிலே இனைவுசை HI*ld*n ஐத்தாக்கச்செய்யும். இங்கு, *d* என்பது

சுருளின் அகலமெனவும், l என்பது அதன் நீளமெனவும், n என்பது சுருளிலுள்ள சுற்றுக்களின் தொகையெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. பெருக்கம் ld ஆனது செவ்வகத்தின் பரப்பாகிய A இற்குச் சமமாகும்.



உருவம் 283. தொங்கியசுருட் கல்வனோமானி

எந்தவுருவத்தையுடைய சுருளொன்றுக்கும் இணைவிசையானது **HnA** ஆகும். இங்கு, A என்பது சுருள்முகத்தினது பரப்பாகும்.

தொங்கியசுருட் கல்வனோமானியொன்றிலே, மிக்க வலுக்கூடிய காந்தத் திண்மமொன்றின் முனைவுகளுக்கிடையே தொங்கவிடப்பட்டுப் **பொசுபர்** வெண்கலத்தின் மெல்லிய கீலமொன்றினூற்றுங்கப்பட்டுள்ளது (உருவம் 283). மின்னோட்டமானது தொங்குமிழையினூற் சுருளினுள்ளே கொண்டுசெல்லப்பட்டுச் சுருளின் அடியில் இணைக்கப்பட்டு இளக்கமாகச் சுற்றப்பட்டுள்ள விரி பரப்புச்சுருளியொன்றினூடு வெளியே செல்லும்.

இணைவிசை **HnA** இன் பயனை சுருளின் எந்தவியக்கமும் தொங்கலினூற் செலுத்தப்படும் எதிரிணை விசையினால் எதிர்க்கப்படும்.

கோணமொன்றினூடாகச் சுருளானது திருப்பப்படும்போது, மண்டலம் ஒரு சீரானதாயின், சுருளிற்றுக்கும் இணைவிசையானது **HnA** கோசை θ ஆகும். இது காந்தமண்டலத்தினதும் தொங்கலின் பயனை முன்னிலைதருமிணை

விசை $k\theta$ இனதும் பயனைதாகும். இங்கு, k என்பது தொங்கவிடுமிழையின் முறுக்கற்குணகமாகும். **HnA** கோசை $\theta = k\theta$ ஆகும்போது, அதாவது,

$$\mathrm{I} = \frac{k\theta}{\mathrm{HnA}\ \text{கோசை}\ \theta}$$

ஆகும்போது சுருளானது ஒய்வுநிலையடையும்.

சிறிய திரும்பல்களுக்கு கோசை θ ஒன்றுக எடுக்கப்படலாம். அப்போது உணர்திறனானது

$$\frac{\theta}{\mathrm{I}} \simeq \frac{\mathrm{HnA}}{k}$$

எனக் குறிக்கப்படலாம்.

எனவே, உணர்திறனுக்காகப் பெரிய பரப்பையும் பல சுற்றுக்களையுங் கொண்ட சுருளொன்று தேவைப்படும். இச்சுருளானது திறன்மிகுந்த மண்டலம் H இலே, k சிறிதாயுள்ள இழையொன்றினூற்றொங்கவிடப் படல்வேண்டும். குணகம் k ஆனது முறுக்கலலகொன்றிற்குரிய முன்னிலைதருமிணைவிசையாகும். பெரிலியஞ்செம்புக் கலப்புலோகத்தின் கம்பியொன்றுக்கு இது விசேடமாகச் சிறிதாயுள்ளது.

சில வகைகளிலே இருநூற்றொங்கலொன்று உபயோகிக்கப்படும். இதனில் மின்னோட்டமானது தொங்கவிடும் இழைகளிரண்டினூடாகவும் உட்செல்லலும் வெளிப்போதலும் நிகழும். இவ்வகையானது அதிகஞ் சாதாரணமானதன்று.

திரும்பலே மின்னோட்டத்தினூடு விகிதசமமாக்கத் தொங்கியசுருட் கல்வனோமானிகளிலே எடுத்தாளப்படும் முறை—ஒருசீரான மண்டலத்தையுடைய தொங்கியசுருட் கல்வனோமானியொன்றிலே மேலே உபயோகிக்கப்பட்ட I இற்குரிய கோவையில் வருங் காரணி கோசை θ தவிர்க்கப்படலாம்.

காந்தத்திண்மத்தின் முனைவுத்துண்டுகள் சிலிண்டரொன்றின் பாகங்களாயமையுமாறு குழிவாய்த் தேய்க்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றினிடையே உருளை வடிவான மெல்லிரும்பகமொன்றுண்டு. இதனச்சானது உருளைமேற்பரப்புக்களின் அச்சினூடு பொருந்தியுள்ளது. அகத்துக்கும் முனைவுத்துண்டுகளுக்குமிடையேயுள்ள கங்கணவெளியிலே மண்டலமானது ஏறத்தாழ ஆரைக்குரியதாயிருப்பதினால், சராசரிக்கோட்டின் இரு பக்கத்திலும் பெரிய கோணத்தில் ஆரைச்சமச்சீருடையதாகக் கருதப்படலாம். இக்கங்கணவெளியிலே சுருளானது இயங்குகின்றது. ஒருமுனைவிலிருந்து மற்றதன் குறுக்கே சமச்சீராய்க்கிடக்கும் நிலையிலிருந்து சுருளானது 30° இற்கு மேலே பெயர்க்கப்படாதிருப்பின், மண்டலமானது சுருளின் எல்லா நிலைகளிலும் அதன் முகத்தின் தளத்திலேயேயிருக்கும். அவ்வீச்சிலே மண்டலத்திறனானது ஒரு சீராயிருக்குமாதலால், சுருளானது மின்னோட்டம் I ஐக் காவும்போது, எந்த நிலையிலிருப்பினும், இணைவிசை **HnA** இற்கு ஆளாகும்.

இவ்வீச்சில் எங்காவதிருக்கும் அதன் பூச்சியநிலையிலிருந்து கோணம் θ இனூடு மின்னோட்டத்தினுல் அது திருப்பப்படுமாயின், திரும்பலானது

$$\mathrm{HI}n\mathrm{A} = k\theta$$

என்பதனுற் கொடுக்கப்படும். எனவே,

$$\mathrm{I} = \frac{k\theta}{\mathrm{H}n\mathrm{A}}.$$

கல்வனோமானியின் "பின்னடியா" வடிப்புவகை—சுருளானது இலேசான கடத்திச்சட்டமொன்றிற் சுற்றப்பட்டேனும், சுருளினூடு இயங்குங் கடத்திக் குழாயொன்றினுள்ளே அடைக்கப்பட்டேனும் இருக்குமாயின், விசைக்கோடுகளின் குறுக்கே அதனியக்கத்தின் பயனுகச் சட்டத்தில் அல்லது குழாயிற் றூண்டப்பெற்ற மின்னோட்டங்களினுற் சுருளினியக்கமானது தடைப்படும்.

இவ்வகையான கல்வனோமானியொன்று சுருளிலுள்ள மின்னோட்டத்தினுடொத்த திரும்பல் θ இற்கு இயங்கி உடனடியாகவே ஒய்வுநிலையடையும். இயக்கம் நின்றவுடன் தூண்டலோட்டங்கள் பூச்சியப்பெறுமானமொன்றை அடைகின்றனவாதலின், திரும்பல் θ ஆனது அத்தூண்டலோட்டங்களினுற்றுக்கப்படுவதில்லை.

தொங்கியசுருட் கல்வனோமானியொன்றின் அலைவுகளைத் "தணித்தற்" குரிய முறை.—சுருளானது கடத்திச்சட்டமொன்றிலே ஏற்றப்படாதிருக்கும் போது, பூச்சியநிலையிலே ஒய்வுநிலையிலிருக்கவேண்டுமாயின் கல்வனோமானியைக் குறுக்காகச்சுற்றிச் சுருளினலைவுகளைக் குறைக்கலாம். முடிவிடங்களைத் தட்டுஞ்சாவியொன்றினூடு இணைத்தே இவ்வாறு செய்யப்படும். எந்தப் பரிசோதனையின்போதுஞ் சாவியானது திறந்து வைக்கப்படுமாயினும், கல்வனோமானியை ஒய்வுநிலையடையச் செய்ய வேண்டுமாயின் தட்டுஞ்சாவி அழுத்தப்படும். மண்டலத்தின் குறுக்கே அதனியக்கத்தின் பயனுகச் சுருளினுள்ள **மி. இ. வி.** ஆனது இப்போது சுருளினூடு தூண்டலோட்டமொன்றைச் செலுத்தக்கூடும். இம்மின்னோட்டமானது இயக்கத்தை எதிர்க்க, உடனடியாகவே சுருளானது ஒய்வுநிலையடைகின்றது. சுருளானது ஏறத்தாழச் சராசரிநிலையிலிருக்கும்போதே சாவியானது அழுத்தப்படல்வேண்டும். அன்றேல், சராசரிநிலையைநோக்கிய இயக்கமானது மிக்கவாறுதலாயிருத்தலின் வீணனை காலச் செலவாகும். அடுத்தவுணர்வையெடுக்குமுன்பே சாவிதிறந்திருக்கச் சுருளானது ஒய்வுநிலையிலிருத்தல் வேண்டும்.

அஞ்சலகப்பெட்டியொன்றை உபயோகிக்கும்போது கல்வனோமானிச்சாவியை மட்டும் அழுத்தினுற் போதியதாகும். துணையான தட்டுஞ்சாவி இதற்குத் தேவையில்லை.

§ 4. அம்பியர்மானிகளும் உவோற்றுமானிகளும்

அம்பியர்மானிகள்

அம்பியர்மானி என்பது அளவு பிரிப்பிடப்பட்டுள்ள அளவுச்சட்டமொன்றின்மேலே இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் காட்டியொன்றைக்கொண்டு மின்னோட்டமானது அம்பியரில் அல்லது அம்பியரின் பின்னங்களில் உடனடியாகவே வாசிக்கப்படக்கூடியதாக அளவுகுறிக்கப்பட்ட ஒருபகரணமாகும். பொதுவாக, கல்வனோமானியொன்று ஓரம்பியர்மானியின் முக்கிய பாகமாகும்.

பெரிய மின்னோட்டங்களுச்குக் கருவியிலே **பக்கவழிதிருப்பி** ஒன்று சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, கல்வனோமானிச்சுருளினூடாக முழுமின்னோட்டத்தின் ஒரு பின்னபாகம் மட்டுமே பாயும். தேவையான பெறுமானத்தையுடைய மின்னோட்டங்கள் காட்டியிலே எற்ற திரும்பலைக் கொடுக்குமட்டும் திருப்பியானது செப்பஞ்செய்யப்படும். பல்வீச்சம்பியர்மானியொன்றிற்குச் சுருளினூடு மின்னோட்டத்தின் வெவ்வேறு பின்னபாகங்கள் பாயுமாறு பல திருப்பிகள் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

589–593 ஆம் பக்கங்களிற் கொடுக்கப்பட்ட கொள்கையை அடிப்படையாய்க் கொண்ட பின்வரும் உதாரணமானது குறித்த உணர்திறனையுடைய எந்த வகைக் கல்வனோமானியையும் குறித்த வீச்சிலே அளவெடுக்கக்கூடிய ஓரம்பியர் மானியாக மாற்றத் தேவையான திருப்பியைக் கணிக்கும் முறையை விளக்குகின்றது.

15 ஓம் தடையைக்கொண்ட கல்வனோமானிச்சுருளினூடாக 0·0002 அம்பியர் மின்னோட்டமொன்று கொடுக்கப்பட்ட கருவியொன்றிலே முழுத்திரும்பலைக் கொடுக்கின்றதெனக் கொள்க. 5 அம்பியரை வாசித்தற்குரிய அம்பியர்மானியாக இதனை உபயோகிக்கவேண்டுமாயின், 5 அம்பியர் முழுமின்னோட்டமொன்று பாயும்போது சுருளிலுள்ள மின்னோட்டமானது 0·0002 அம்பியராயிருக்குமாறு திருப்பி S ஆனது சேர்க்கப்படல் வேண்டும். அப்போது கருவியானது 5 அம்பியர் முழுமின்னோட்டத்திற்கு அதன் முழுத்திரும்பலைக் கொடுக்கும்.

S இன் பெறுமானம் பின்வருமாறு காணப்படலாம்.—

$$\frac{\text{சுருளினூடுசெல்லும் மின்னோட்டம்}}{\text{முழுமின்னோட்டம்}} = \frac{\text{திருப்பியின்தடை}}{\text{திருப்பியின்தடை} + \text{சுருளின்தடை}}.$$

எனவே, $\dfrac{0\cdot0002}{5} = \dfrac{\mathrm{S}}{\mathrm{S}+15}$. இது $\mathrm{S} = \dfrac{0\cdot003}{4\cdot998}$ எனக் கொடுக்கின்றது,

அதாவது, $\mathrm{S} = 0\cdot0006$ ஓம் அண்ணளவாக.

இதனைப்போலவே மின்னோட்டத்தின் எந்த வீச்சுக்குந் தேவையான திருப்பியின் அளவைக் கணித்தறியலாம். திருப்பிய அண்ணளவாகக் கணிப்பது வழக்கம். பொருத்தியபின்பு தெரிந்த மின்னோட்டமொன்று அதனூடு செலுத்தப்படும்போது அம்பியர்மானி திருத்தமாக வாசிக்குமட்டும் அது செப்பஞ்செய்யப்படும்.

கவர்ந்தவிரும்பம்பியர்மானிகள்.— பருமட்டான வேலைக்காகக் கவர்ந்த-இரும்பு-அம்பியர்மானிகள் பெரும்பாலும் உபயோகிக்கப்படும். சுருளொன்றைச்சுற்றி மின்னோட்டம் பாய்ந்து, பாய்கின்ற மின்னோட்டத்திற் தங்கியுள்ள விசையொன்றினூடு இரும்புத்துண்டொன்றைக் கவரும். இரும்பானது காட்டியொன்றினூடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இரும்பானது இயங்க அளவுச்சட்டமொன்றிலே காட்டியும் இயங்கும். இயங்குந் தொகுதியானது நுண்ணியவருக்குச் சுழற்சித்தானங்களிலே சுழலவிடப்படும். இயக்கமானது தராசுப்படியொன்றினூலும் மயிர்வில்லொன்றினூலும் ஆளப்படும். எனவே, காட்டியானது குறித்த மின்னோட்டமொன்றிற்கு எப்போதும் ஒரே நிலையையெடுப்பதுடன், ஆளிதிருப்பி மின்னோட்டம் நிறுத்தப்பட்டவுடன் பூச்சிய நிலைக்குத் திரும்பிவிடுகின்றது. இவ்வகையான கருவியொன்றின் அளவுச்சட்டமானது மிகவும் ஒழுங்கற்றதாயிருக்கும். தெரிந்த மின்னோட்டங்களைக் கருவியினூடு செலுத்திக் காட்டியின் ஒத்த நிலையைக் குறித்து அனுபவவாயிலாக இதனளவு குறிக்கப்படல்வேண்டும்.

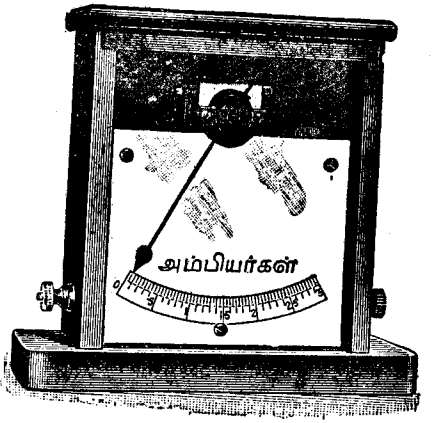
மிக்க மெல்லிய இரும்புத்துண்டொன்று உபயோகிக்கப்படுமாயின், கவர்ந்த இரும்பு அம்பியர்மானிகள் ஆடலோட்டத்திற்கும் நேரோட்டத்திற்கும் உபயோகிக்கப்படலாம்.

வெப்பக்கம்பி அம்பியர்மானிகள்.— அம்பியர்மானியின் இந்த வகையிலே மின்னோட்டம் அல்லது மின்னோட்டத்தின் ஒரு பின்னபாகம் நிலையான தாங்கிகளிரண்டினிடையே ஈர்க்கப்பட்டுள்ள மெல்லிய கம்பியொன்றினூடு பாய்கின்றது. வெப்பமாக்கப்பட்ட கம்பியானது விரியும். வெப்பமாக்கப்பட்ட கம்பியின் மத்தியிலிணைக்கப்பட்டுள்ள வேறொரு கம்பியானது, காட்டியானது ஏற்றப்பட்டுள்ள மெல்லிய கதிர்க்கோலொன்றைச் சுற்றிச் செல்லும். இரண்டாவது கம்பியைச் சுண்டவைத்துக்கொள்ளுமாறு கதிர்க்கோலானது மயிர்வில்லொன்றினூற் சுழற்றப்படும்.

வெப்பக்கம்பி விரியும்போது, தொய்தல் முற்றிலும் எடுக்கப்படும்வரை அதன் மத்தியபுள்ளியானது இரண்டாவது கம்பியினூற் பக்கப்பாட்டிற்கு இழுக்கப்படும். கதிர்க்கோலின் சுழற்சியானது ஒத்த கோணமொன்றினூடு காட்டியைத் திருப்புவதினால், அளவுச்சட்டமொன்றிலே இயக்கமானது குறிக்கப்படும்.

வெப்பக்கம்பி அம்பியர்மானிகள் ஆடலோட்டத்திற்கேனும் நேரோட்டத்திற்கேனும் உபயோகிக்கப்படலாம். ஒருபோதும் ஒருசீராயில்லாத அளவுச்சட்டமானது சிறிய மின்னோட்டங்களிலும்பார்க்கப் பெரிய மின்னோட்டங்களுக்குக் கூடுதலாகத் "திறந்து" இருக்கும்.

இயங்குசுருள் அம்பியர்மானிகள்.— இயங்குசுருள் அம்பியர்மானியானது, தொங்கன்முறையைத் தவிர்ந்த ஏனைய வகைகளிலெல்லாம் தொங்கிய சுருட்கல்வனோமானியொன்றைப் போலவே அமைக்கப்பட்டுள்ளது. சுருளானது சுழற்சித் தானங்களில் ஏற்றப்பட்டிருப்பது வழக்கம். அதனியக்கம் இரண்டொரு மயிர்விற்களினூல் ஆளப்பட்டுள்ளன. இம் மயிர்விற்கள் சுருளின் உள்ளும் புறமும் மின்னோட்டத்தைக் கடத்த உதவுகின்றன.



உருவம் 284. இயங்குசுருளம்பியர்மானி

குழிவான முனைவுத்துண்டுகளினதும் ஒரேயச்சையுடைய உருளையான இரும்பகத்தினதும் உபயோகத்தினூல் திருமபல்கள் மின்னோட்டத்தினூடு விகிதசமமாக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, ஆரைமண்டலப் பாகத்தில்மட்டும் இயங்கவிடப்பட்டு, அளவுச்சட்டமானது ஏறத்தாழ ஒருசீராயிருக்கும். தொங்கிய சுருளம்பியர்மானியானது சரியான திசையிலே எப்போதும் மின்னோட்டம் பாயுமாறு இணைக்கப்படுதல்வேண்டும். சீராக்கியொன்று வழங்கப்பட்டிருந்தாலன்றி நேரோட்டத்தினூடு (நே. ஒ.) மட்டுமே உபயோகத்துக்கு இது பொருத்தமானதாகும்.

(1) திருத்தமும், (2) தாழ்ந்த தடையுமே சிறந்த அம்பியர்மானியொன்றின் இன்றியமையாப் பண்புகளாம். மின்னோட்டமொன்று பாயுஞ்சுற்றினிலே செலுத்தக்கூடியவாறு அச்சுற்றினுள்ள மின்னோட்டத்தின் பெறுமானத்தைக் கணிப்புக்குரிய அளவுக்கு மாற்றுதவாறு அம்பியர்மானியொன்று தாழ்ந்த தடையைப் பெற்றிருத்தல் வேண்டும். சுற்றிலே செலுத்தப்படும் மேலதிகமான எந்தத் தடையும் மிகச் சிறிதாயிருத்தல் வேண்டுமென்பதே இதன் கருத்தாகும்.

உவோற்றுமானிகள்

உவோற்றுமானி யொன்று, அது இணைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு புள்ளி களுக்குமிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்தைக் குறிக்க உபயோகிக்கப்படும். அறிமுறையிலே எந்த மின்னோட்டத்தையும் அது எடுக்க முடியாது. அன் றேல், இப்புள்ளிகளிரண்டினுக்குமிடையே உவோற்றுமானி இணைக்கப்படும் போது அப்புள்ளிகளினிடையேயுள்ள **அ. வி.** ஆனது மாற்றமடையக்கூடும்.

நிலைமின்னுவோற்றுமானிகளிலேயே இந்த நிலைமை பெறப்படக்கூடும். உயர்ந்ததடைக் கல்வனோமானியொன்றே உவோற்றுமானியின் வழக்க மான வகையாகும். இந்தவிலட்சியத்தை இது அண்ணளவாகவே அடை கின்றது. **அறிமுறையிலே உவோற்றுமானியிலுள்ள மின்னோட்டமானது நிராகரிக்கக்கூடிய ஒரு கணியமாகக் கொள்வோமாயினும், செய்முறையிலே இதனைப் பெறமுடியாது.** உவோற்றுமானியின் தடை எவ்வளவுக்கு உயர்வா யிருக்கின்றதோ, அது இணைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளிகளுக்கிடையே தொடக்கத் **தி லிருந்த அ.வி.** ஐ அவ்வளவுக்குத் திருத்தமாகக் குறிக்கும் (கீழேயுள்ள உதாரணத்தைப் பார்க்க).

அம்பியர்மானியாக உபயோகிப்பதற்கேற்ற கல்வனோமானியின் எந்த வகையும் உவோற்றுமானியாக உபயோகித்தற்கும் அமைக்கப்படலாம். கல்வ னோமானியானது, ஓரம்பியர்மானியாக்கப்படுதற்கு **மிகத்தாழ்ந்த** தடை யொன்றினோடு **பக்கவழி திருப்பப்படுமாயினும், உவோற்றுமானியாக** உபயோகிக்கத் தேவைப்படும்போது, **மிக்கவுயர்ந்ததடையொன்று** அதனோடு **தொடர்நிலையிலிருக்க** வேண்டுமென்பதே அமைப்பிலுள்ள வித்தியாச மாகும்.

இயங்குசுருளுவோற்றுமானி.— உவோற்றுமானியின் வழக்கமான வகை யானது முன்னரே விவரிக்கப்பட்டுள்ள இயங்குசுருளம்பியர்மானியின் கல் வனோமானிப் பாகத்தினோடொத்த தொங்கியசுருட் கல்வனோமானியாகும். உயர்ந்த தடையையுடைய சுருளொன்று இதனோடு தொடர்நிலையிலிருக்கும். குறித்தவொரு வீச்சுக்குத் தேவையான தடையின் பெறுமானம் பின் வருமாறு கணிக்கப்படலாம்:—

முன்னரே கொள்ளப்பட்டதுபோல, 15 ஓம் தடையையுடைய இயங் குசுருட் கல்வனோமானியொன்று 0·0002 அம்பியர் மின்னோட்டமொன் றிற்கு முழுத்திரும்பலைக் கொடுக்கின்றதெனக் கொள்வோமாக. சுருளி னோடு தொடர்நிலையிலே தடை R ஐக் கருவியினோடு சேர்த்து, 5 உவோற் றுக்கு வாசிக்கும் உவோற்றுமானியாக இதனைச் செய்யலாம். கருவியினது

முடிவிடங்களின்குறுக்கே **அ.வி.** ஆனது 5 உவோற்றுயிருக்கும்போது சுருளி னூடாக 0·0002 அம்பியர் மின்னோட்டமொன்று செல்லுமாறு R ஆனது செப்பஞ்செய்யப்படும். R ஆனது,

$$0{\cdot}0002 = \frac{5}{R + 15}$$

என்ற சமன்பாட்டினாற் கொடுக்கப்படுமென்பது **வெளிப்படை. எனவே,**

R = 24985 ஓம், அதாவது, 25000 ஓம் (ஏறத்தாழ).

இந்த அளவான தடையொன்று இயங்குசுருட் கல்வனோமானியோடு தொடர்நிலையில் இணைக்கப்படுமாயின், முழுவதும் 0 இலிருந்து 5 உவோற்று வரை வீச்சையுடைய ஒருவோற்றுமானியாகும்.

வேறெந்த வீச்சுக்குந் தேவையான தடையின் பெறுமானம் இவ்வகை யாகவே கணிக்கப்படலாம்.

சீராக்கியொன்று வழங்கப்பட்டிருந்தாலன்றி, இவ்வகையான இயங்கு சுருளுவோற்றுமானியொன்று நேரோட்டத்தினுமே **(நே.ஓ.)** மட்டுமே உப யோகத்துக்கேற்றதாகும்.

இவ்வகையாகவே வெப்பக்கம்பியுவோற்றுமானிகளும் அமைக்கப்படலாம். இயங்குந்தொகுதியானது வெப்பக்கம்பி அம்பியர்மானியொன்றினதோ டொத்ததாகும்.

அளவுக்கோடுகள் திருத்தமானவையெனக்கொண்டு, உவோற்றுமானியின் அளவீடானது அதன் சொந்த முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள அ.வி. ஆகு மெனக் குறித்துக்கொள்ளல் மிக முக்கியமானதாகும்.

உவோற்றுமானியின் வரையறையான தடையின் விளைவு.— பின்வரு முதாரணத்திலே இது விளக்கப்பட்டுள்ளது.—

2 உவோற்று **மி.இ.வி.** இன் கலமொன்று **20** ஓம் உட்டடையைக் கொண்டது. உவோற்றுமானியொன்றோடு, இதன் மூனைவுகள் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. உவோற்றுமானித்தடையானது (அ) 20 ஓம், (ஆ) 200 ஓம், (இ) 2000 ஓம் ஆகும்போது உவோற்றுமானியளவீடு என்னவாயிருக்கும்?

கலத்தின் **மி. இ. வி.** ஆனது E எனவும், உவோற்றுமானியின் முடிவிடங் களின் குறுக்கேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது V எனவுங் கொள்வோமாயின்,

$$E = \left\{\frac{R + B}{R}\right\} V$$

ஆகும். இங்கு R என்பது புறத்தடையும் B என்பது உட்டடையுமாகும்.

இச்சந்தர்ப்பத்திலே R என்பது உவோற்றுமானித்தடையாகும்.

(அ) $R = 20$ ஓம். $V = 2\frac{20}{20+20} = 1$ உவோற்று. வழு, 50 நூ.வீ.

(ஆ) $R = 200$ ஓம். $V = 2\frac{200}{200+20} = 1{\cdot}82$ உவேற்று. வழு, 10 நூ.வீ.

(இ) $R = 2000$ ஓம். $V = 2\frac{2000}{2000+20} = 1{\cdot}98$ உவோற்று. வழு, 1 நூ.வீ.

கணியங்கள் V என்பன வெவ்வேறு உவோற்றுமானிகளாற் குறிக்கப்படும் உவோற்றளவுகளாம்.

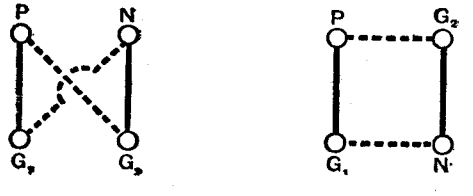
இன்னுமுயர்வான தடையையுடைய உவோற்றுமானியொன்றினூடு வழு வானது இன்னுமதிகமாகக் குறைக்கப்படும்.

தாழ்வுகூடிய தடையின் கலமொன்றினூடு திருத்தமுங் கூடுதலாயிருக் கும்.

மலிவான உவோற்றுமானிகள் ஓரளவுக்குத் தாழ்ந்த தடையைக் கொண் டிருப்பது வழக்கம். இவற்றை இணைத்துள்ள புள்ளிகளிலிடையேயுள்ள கடத்திகளின் தடைகள் மிகத்தாழ்ந்திருக்கும்போதே இவற்றில் நம்பிக்கை வைத்தல் கூடும்.

§ 5. திசைமாற்றிகள்

கம்பிகளைதனையுந் தொடர்பறுக்காமலே ஆய்கருவியின் (வழக்கமாகக் கல்வனூமானி) சிறப்பான பாகமொன்றினூடுபாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றுதற்கான ஒரொழுங்கே திசைமாற்றியாகும். திசைமாற்றி



உருவம் 285. சமாந்தரவகைத் திசைமாற்றியும் மூலைவிட்டவகைத்திசைமாற்றியும்

யானது குறைந்தது நான்கு முடிவிடங்களைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். இவற்றுள், G_1, G_2 எனக்குறிக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு முடிவிடங்கள் மின் னோட்டத்தை நேர்மாறுக்கவிரும்பும் ஆய்கருவியினூடு இணைக்கப்பட்டிருத் தல்வேண்டும். மின்கலவடுக்கின் முடிவிடங்கள் என நாம குறிப்பிடும் P, N ஆகிய மற்றிரு முடிவிடங்களும் மின்னோட்டவுற்பத்தியினூடு இணைக்கப்

படுதல் வேண்டும். எந்தவிரண்டு முடிவிடங்கள் ஒரு சோடியாயமையு மெனத் தீர்மானிப்பது கடினமாகும். திசைமாற்றிகள் இரண்டு வகைக ளாகப் பிரிக்கப்படலாம். (1) சமாந்தாவகை, (2) மூலைவிட்டவகை, என பனவே இவ்வகைகளாம் (உருவம் 285).

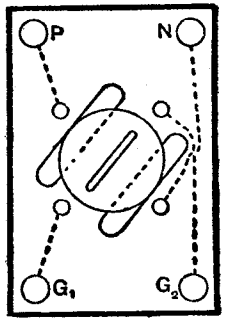
சமாந்தரவகையிலே, மின்கலவடுக்கின் முடிவிடங்களாகிய P, N என்பன ஆய்கருவிமுடிவிடங்களை இணைக்கும் கோட்டிற்குச் சமாந்தரமான கோட்டி லுள்ளன. மூலைவிட்டவகையிலே மின்கலவடுக்கின் முடிவிடங்கள் மூலை விட்டத்தின் நேரே ஒன்றுக்கொன்று எதிராயுள்ளன. முதலாவது நிலையி லுள்ள இணைப்புகள் தொடர்ந்த கோடுகளினூலும், இரண்டாவது நிலையி லுள்ளவை குற்றிட்டகோடுகளினூலுங் காட்டப்பட்டுள்ளன. முதலாவது நிலையிலே முடிவிடம் G_1 ஆனது நேராகவும், G_2 ஆனது எதிராகவும் இருக்கும். இரண்டாவது நிலையிலே G_2 ஆனது நேராகவும், G_1 ஆனது எதிராகவுமிருக்கும். முதலாவது வகையிலே மூலைவிட்டவிணைப்பொன்று (PG_2, NG_1) இருப்பதையும், இரண்டாவது வகையிலே மூலைவிட்டவிணைப் பானது இல்லாததையும் மாணவன் கவனித்துக்கொள்ளல் வேண்டும்.

எந்தத் திசைமாற்றியையும் இணைக்கும் முறையானது பின்வருமாறு செய்யப்படலாம் :—

திசைமாற்றியின் முடிவிடமொன்றைத் தெரிந்தெடுத்து அதற்கு P எனப் பெயரிடுக. திசைமாற்றியின் இயங்குபாகத்தினது ஒரு நிலையிலே P இனூடிணைக்கப்பட்டுள்ள முடிவிடத்தை அவதானிக்க. இந்த முடி விடத்திற்கு G_1 எனப் பெயரிடுக. பின்பு ஆளிப்புயத்தை இயக்கித் திசைமாற்றியை "நேர்மாறுக்குக". இப்போது P ஆனது இணைக்கப்பட்டுள்ள முடிவிடம் G_2 எனப் பெயரிடப்படும்.

P ஆனது முதலாவது நிலையிலிருக்கும்போது G_2 ஆனது இணைக்கப்பட்டுள்ள முடிவிடமொன்றை இப்போது கண்டு அதனை N எனக்குறிக்க. P ஆனது G_2 இனூடு இணைக்கப்பட்டி ருக்கும்போது அதேநேரத்தில் N ஆனது G_1 இனூடு இணைக்கப்பட்டிருக்குமெனப் பொதுவாகக் காணப் படும். P உம் N உம் மின்கலவடுக்கின் முடிவிடங்க ளாகவும், G_1 உம் G_2 உம் திசைமாற்றியினது கல்வ னூமானி முடிவிடங்களாகவும் உபயோகிக்கப்படும்.

நான்கு முடிவிடங்கள்மட்டுமே பொருத்தப்படுவன வாயின் P, G_1, G_2 என்பன தீர்மானிக்கப்பட்டபின்பு எஞ்சிய முடிவிடம் N என்பது வெளிப்படை.



உருவம் 286. உளீத்தல் திசைமாற்றி

P ஆனது G_1 இனூடிணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது N ஆனது G_2 இனூடு இணைக்கப்படாதிருப்பினும், இதற்கு நேர்மாறுகவிருப்பினும், பிழையான முடி

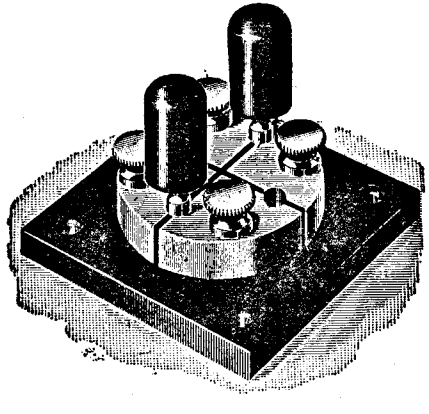
விடம் P ஆகத் தெரியப்பட்டதென்பது தெளிவாகும். எனின், வேறெரு முடிவிடத்தை P ஆகத் தெரிந்துகொண்டு ஆராய்ச்சி திருப்பிச் செய்யப்படல் வேண்டும். சோடிகள் G_1, G_2 உம் P, N உம் எப்போதும் இடமாற்றப்படக் கூடியனவாதலின், இவ்வாறு நிகழ்வது அரிதாகும்.

செருகித்திசைமாற்றியொன்றுக்கு இந்த முறையைப் பிரயோகிக்க முடியாது.

திசைமாற்றியின் பல வகைகள் 286—289 ஆம் உருவங்களில் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

286 ஆம் உருவம் அதிகமாக உபயோகிப்பதற்கேற்ற வசதியான ஒரு வகையாகும்[1]. நிலைக்குத்தான அச்சொன்றைக்கொண்டு சுழற்றப்படக்கூடிய நடுத்தட்டானது உலோகத்தெறிகள் நான்கினூடு இணைந்துள்ள உலோகக் கிலங்களிரண்டைக் காவுகின்றது.

287 ஆம் உருவமானது மூலைவிட்டவசையைச்சேர்ந்த ஓரிரட்டைச்செருகியாளியாகும். மூலைவிட்டத்தின்நேரே ஒன்றுக்கொன்று எதிராயுள்ள முடி



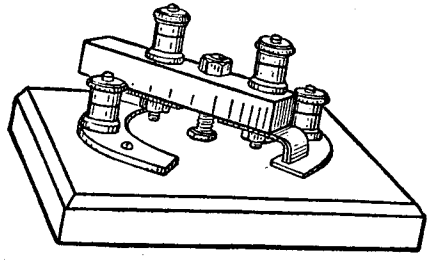
உருவம் 287. இரட்டைச்செருகியாளி

விடங்களினூடு மின்கலவடுக்கானது இணைக்கப்படுதல் வேண்டும். செருகிகள் அடுத்துள்ள துவாரங்களில் ஒருபோதுஞ் செலுத்தப்படாது, மூலைவிட்டத்தின் நேராக ஒன்றுக் கொன்று எதிரான துவாரங்களிலேயே செலுத்தப்படல் வேண்டும்.

[1]இலண்டனிலுள்ள இராசகல்லூரி உவீத்தன் ஆய்வுசாலைக்கு இது நெருப்பாயுள்ளதெனத் தோற்றுகின்றது.

கேம்பிரிச்சிலே இராந்தாத் தொழிற்சாலையாராகிய இடபிள்யு.சி.பைக் கம்பனியாரினால் வழங்கப்படும் திசைமாற்றியின் உபயோகமுள்ள வகையொன்று 288 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளது. முடிவிடங்களிரண்டைக் கர்வுகின்ற இயங்கும் புயமானது நிலைக்குத்தச்சொன்றைப்பற்றிச் சுழலும். மிகுந்தவுரோஞ்சற் தொடுகையை ஆக்குவதற்காக ஒன்றின்மேலொன்றுகத் தகடுகொண்ட துடைப்பங்கள் இதனோடிணைக்கப்பட்டுள்ளன.

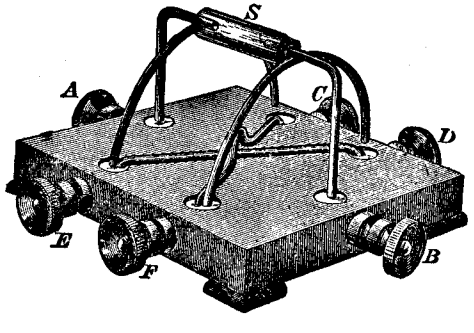
மேலேயுள்ள இந்த முடிவிடங்கள் G_1, G_2 எனவும், கீழே அடியில் முறையே இடமும் வலமுமாகவுள்ளவை P, N எனவும் பெயரிடப்பட்டால்,



உருவம் 288. நேர்மாறுக்குஞ் சாவி (இடபிள்யு.சி.பைக்கம்பனியார்)

படத்திற் காட்டப்பட்ட நிலையிலே G_1 நேராகவும், G_2 எதிராகவுமிருக்கும். இயங்கும் பாகத்தை வலஞ்சுழியாக ஒரு செங்கோணத்தினூடு திருப்பினால், G_1 எதிராகவும் G_2 நேராகவும் வரும். பரிசோதனைகள் சிலவற்றில், அடியை ஆய்வுச்சாலை மேசையினூடு கவ்விப்பிடிக்கவைத்தல் புத்தியானதாகும்.

289 ஆம் உருவம் **போலின் (Pohl)** திசைமாற்றி எனப்படும். A உம் B உம் மின்கலவடுக்கின் முடிவிடங்களாகும். மின்னோட்டத்தை நேர்மா



உருவம் 289. போலின் திசைமாற்றி

றுக்கும் ஆய்கருவியானது C இற்கும் D இற்குமேலும், E இற்கும் F இற்குமேனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆடும்பாகமாகிய S ஆனது இரசக் கிண்ணங்களிலே தோய்ந்துள்ளது. ஆரம்ப ஆய்வுச்சாலையொன்றுக்கு இந்த

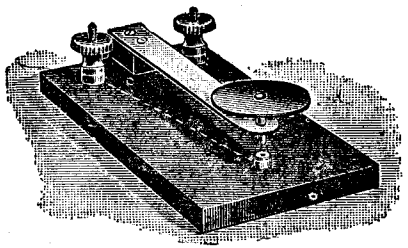
வகை ஏற்றதல்ல. **போலினது** வகையின் ஆடுந் திசைமாற்றியொன்று, மூனைகளிரண்டிலும் விற்றொடுப்புக்களும் நடுவிற் பிணைச்சற்றொடுப்புக்களும் பொருத்தப்பட்டால் இரசக்கிண்ணங்களின்றியே அமைக்கப்படலாம்.

§ 6. சாவிகளும் ஆளிகளும்

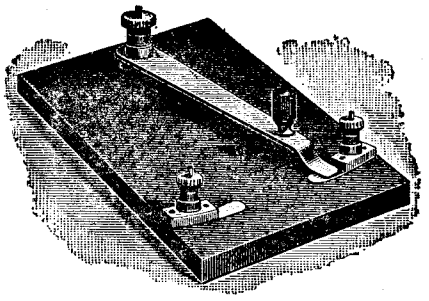
செருகிச்சாவி.— மின்னோட்டமொன்றை மிகுந்த காலத்துக்கு நிலைக்கச் செய்யவேண்டுமாயின், தாழ்ந்த தடையின் சிறந்த தொடுப்பொன்றைச் செய்ய இச்சாவி உபயோகிக்கப்படும். **கம்பிரலின்** (Gambrell) வகையானது (பக்கம் 733) நம்பத்தகுந்ததெனக் காணப்பட்டுள்ளது.

தட்டுஞ்சாவி.—இச்சாவியிலே வில்லானது அழுத்தப்படும்போதே தொடுகையுண்டாகும். அழுத்தம் அகற்றப்பட்டதும் வில்லானது தானாகவே தொடுகையையறுத்துவிடும். தொங்கியசுருட் கல்வனோமானியொன்றின் அலைவுகளைத் தணித்தலைப்போன்று கணநேரத்துக்குமட்டும் மின்னோட்டமொன்று தேவைப்படும்போதெல்லாம் இதனுபயோகம் வசதியாயிருக்கும்.

இருவழியாளி.— அழுத்தமானியொன்றிற் (உருவம் 237) தேவைப்படுவது



உருவம் 290. தட்டுஞ்சாவி

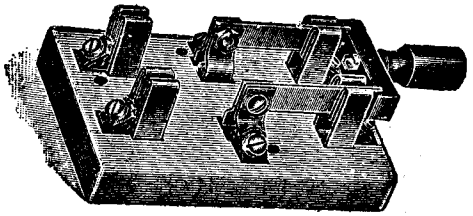


உருவம் 291. இருவழியாளி

போல, ஆய்கருவியின் ஒருபாகத்திலிருந்து மற்றொன்றுக்கு விரைவாகத் தொடுப்பை மாற்றத் தேவைப்படும்போது ஆளியின் இவ்வகையானது வசதியானதாகும். உலோகத்தெறிகளிரண்டினுள் ஒன்றிலோடு இணைப்புண்டாகுமாறு பிணைக்கப்பட்ட புயமொன்று சுழற்றப்படலாம். ஒரு முடிவிடம் பிணைப்பிலோடும் மற்றது தெறிகளொவ்வொன்றிலோடும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

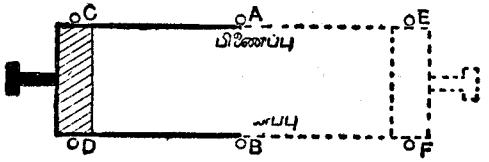
இரட்டை மூனைவெறியாளி.— இது ஆறு முடிவிடங்களைக் கொண்ட ஆளியின் உபயோகமுள்ள ஒரு வகையாகும். வரிப்படங்களிலிருந்து இத

னமைப்பு உடனடியாகவே விளங்கும். 293 ஆம் உருவத்திலே முழுக் கோட்டினாற் காட்டப்பட்ட நிலையிலே இணைப்புகள் A இலிருந்து C இற்கும்,



உருவம் 292. இரட்டை மூனைவெறியாளி

B இலிருந்து D இற்குமிருக்கும். மற்ற நிலையிலே A ஆனது E இற்கும், B ஆனது F இற்குமிணைக்கப்பட்டுள்ளன.



உருவம் 293.—இரட்டைமூனைவெறியாளி

D இலிருந்து E இற்கும், C இலிருந்து F இற்குமுள்ள குறுக்கிணைப்புகள் அகற்றப்படுமாயின், போலின் திசைமாற்றியானது இவ்வகையான ஓராளியாக மாறும் (உருவம் 289).

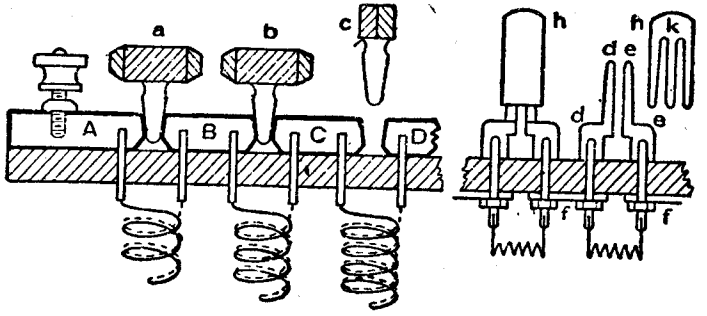
§ 7. தடையுபகரணங்களும் இறையோதற்றுக்களும்

மின்தடையின் இயல்பையுடையதன் பயனை உபயோகிக்கப்படும் எந்த ஆய்கருவியும் **தடையுபகரணம்** எனப்படும்.

வெறும் பிளாற்றினப்போலி அல்லது மங்கனின் கம்பியின் ஒரு நீளமே ஆய்வுச்சாலை உபயோகத்திற்குரிய தடையின் சாதாரண வகையாகும். ஏறத்தாழ 1 ஓம்வரை தடைகள் தேவைப்படுமாயின், ஏறத்தாழ 1 மீற்றர் நீளமான கம்பியொன்று உபயோகிக்கப்படலாம். இக்கம்பியிலெருமூனையைச் சுற்றிலுள்ள ஏதாவதொரு புள்ளியிலோடிணைத்துக் கட்டற்ற பாகத்தை இணைதிருகாணியொன்றின்கீழ்த் தேவையான தடையைப் பெறுமட்டும் வழுக்கிச் செலுத்தவேண்டும். நிக்குரோமென்பது உயர்ந்த தடைத்திறனையுடைய ஒரு கலப்புலோகமாகும். இதன் வெப்பநிலைக்குணகமானது பிளாற்றினப்போலியினதிலேனும் மங்கனினதிலேனும் பார்க்கப் பெரிதாயுள்ளது.

தடைச்சுருள்கள்.— பட்டினால் மூடப்பெற்ற தடைக்கம்பியின் முனைகள் இணைக்கப்படடுள்ள முடிவிடங்களைக்கொண்ட நூற்கட்டைகள் தெரிந்த, தடைகளாகவுந் தெரியாத் தடைகளாகவும் உபயோகிக்கக்கூடியவை. 238 ஆம் பரிசோதனையிற் போன்று நியமச்சுருள்கள் செய்யப்படும்.

தடைப்பெட்டிகள்.— தடைப்பெட்டியானது 1 ஓமின் மடங்குகளாகவுங் கீழ்மடங்குகளாகவுமுள்ள தடைகளைக்கொண்டு அமைக்கப்பெற்றுள்ள சுருள்களின் ஒரு தொகையைக் கொண்டதாகும். கூடியவளவு குறைந்த தற்றூண்டலைக் கொண்டிருக்குமாறு (பரிசோதனை 238, உருவம் 254 ஐப் பார்க்க) சிறியநூற்கட்டைகளிற் சுற்றப்பட்டுள்ள இத்தடைகள் பரவின் மெழுகிற்றேய்க்கப்பட்டேனும் அரக்குவாணிசு பூசப்பட்டேனுமுள்ளன.



உருவம் 294. தடைப்பெட்டிகளின் அமைப்பு

வழக்கமாக எண்ணற்ற மூடியொன்றைக்கொண்ட ஒரு பெட்டியில் இவை மூடப்பட்டுள்ளன. சுருள்களின் முனைகள் எண்ணற்றினூடாகக் கொண்டு வரப்பட்டு, வற்கணற்றின் முடியிலேற்றப்பட்டுள்ள தடித்த பித்தளைக் குற்றிகளினூடு இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

குற்றிகளினிடையே கும்புவடிவான பித்தளைச்செருகிகள் பொருத்தப் படக்கூடியதாயுள்ளன (உருவம் 294). ஒவ்வொரு குற்றியினுமுள்ளே அவை வாசிக்குப் பொருந்தக்கூடியதாய்ச் செருகிகள் தேய்க்கப்பட்டிருக்குமாதலின், பித்தளைக்குற்றிகளினிடையேயுள்ள தொடுப்பானது மிகத் தாழ்ந்த தடையையுடையதாயிருக்கும்.

செருகி **a** அகற்றப்படுமாயின் மின்னோட்டமானது ஒரு குற்றியிலிருந்து மற்றதற்குப்பாய, **A**, **B** களினூடு முனைகளிணைக்கப்பட்டுள்ள தடைச் சுருளினூடு பாய்தல் வேண்டும். செருகியானது செருகப்படும்போது மின்னோட்டப் பாய்ச்சலை எதிர்க்குந் தடையானது நிராகரிக்கப்படக்கூடியதாகும். எனவே, தடைப்பெட்டியொன்றை உபயோகிக்கும்போது, பெட்டியினுற் சுற்றிற் செலுத்தப்படும் முழுத்தடையும் செருகிகளகற்றப்பட்டுள்ள துவாரங்களின் பக்கத்திற் குறிக்கப்பட்டுள்ள தடைகளின் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமமாகும்.

செருகியானது தேவையான அழுத்தத்தோடு சிறு திருகலியக்கத்துடனுஞ் செருகப்படல்வேண்டும். அகற்றும்போதுகூடச் செருகியை எப்போதும் வலக்கைத்திசையிற்றிருகல்வேண்டும். அன்றேல், துவாரத்திலிருந்து செருகி அகற்றப்படாமலேயே, செருகித்தலையானது திருகப்பட்டு வெளிவரக்கூடும். இரண்டு குற்றிகளினிடையேயிருந்து செருகியையகற்றும்போதெல்லாம் இரு பக்கத்திலுமுள்ள செருகிகள் மீண்டுந் துவாரங்களிலே அழுத்தப்படல் வேண்டும். எனெனில், வெற்றுத்துவாரத்தைநோக்கிக் குற்றிகள் இலேசாகத் "தாவியிருக்குமாதலின்" இரு பக்கத்திலுமுள்ள செருகிகள் தளர்ந்திருத்தல்கூடும்.

294 ஆம் உருவத்தின் வலப்பக்கத்திற் காட்டப்பட்டுள்ள **கம்பிரலின்** செருகித் தொடுப்பிலே இவ்விடர் தவிர்க்கப்பட்டுள்ளது. செருகி ***h*** ஆனது தாங்குகுழியின் கும்புவடிவான புறமேற்பரப்புகள் ***d***, ***e*** களின்மேலே பொருந்துமாறு **உட்பக்கங்** கும்புருவாயமைக்கப்பட்ட ஒருலோகவுருளையாகும். நடுவிலுள்ள ஊசி ***k*** ஆனது தாங்குகுழியிலுள்ள துவாரமொன்றிற் பொருந்தும். மேற்பரப்புகளெல்லாவற்றையுந் தொடச்செய்வதே தாங்குகுழியிற் செருகியை அழுத்துவதன் பயனாகும். அப்போது தாங்குகுழியின் இரு பாதிகளும் ஒவ்வாதவாறு விகாரப்படமுடியாது. திருத்தத்திற்கு இந்த வகை சிறந்ததெனக் கொள்ளப்படும்.

சுருள்கள் மிகைவெப்பமாக்கப்பட்டுப் பெட்டியானது "எரிந்துவிடுமாதலின்", பாரிய மின்னோட்டங்களுக்குத் தடைப்பெட்டிகள் ஒருபோதும் உபயோகிக்கப்படுதல் கூடாது. விசேட அனுமதியின்றி மாணவன் ஒருபோதும் பெட்டியைத் துணைக்கலமொன்றினூடு சேர்த்து உபயோகித்தல் கூடாது. எந்தவகையிலும் துணைக்கலமொன்றை உபயோகிக்குமபோது, பெட்டியிலுள்ள தடையானது ஒருபோதும் 30 ஓமிற்குக் குறைக்கப்படுதல் கூடாது.

வழுக்குமிறையோதற்று.— தடைக்கம்பியானது காவலுருளையொன்றிற் சுற்றப்பட்டுள்ளது. கம்பியினொரு முனையானது இறையோதற்றின் ஒரு முடிவிடத்தினூடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இரண்டாவது முடிவிடமானது வழுக்கித்தொடுந் துண்டொன்றினூடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இத்துண்டானது தெரிந்தெடுத்த எதாவதொரு புள்ளியிலே தடைக்கம்பியிற்றொடுமாறு உருளைக்குச் சமாந்தரமாய் இயக்கப்படக்கூடும்.

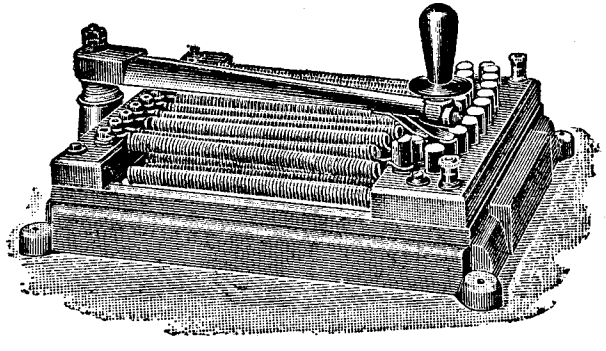
உவீத்தனின் இறையோதற்று.— ஒவ்வொன்றும் அதனச்சைக் கொண்டு சுழலக்கூடியதாய்ப் பக்கத்துக்குப் பக்கமாகச் சமாந்தரவுருளைகளிரண்டு எற்றப்பட்டுள்ளன. ஒருருளை பித்தளையாகவும் மற்றது எதாவது காவலித்திரவியத்தினூற் செய்யப்பட்டதாயுமுள்ளன. திருகாணிப்புரியொன்று பின்னையவுருளையில் வெட்டப்பட்டு, புரியினடியிலே தடைக்கம்பித்துண்டொன்றிருக்கும். இக்கம்பியின் ஒரு முனையானது உலோகவுருளையினூடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, இது சுழற்றப்படும்போது, கம்பியானது காவலியுருளையைவிட்டு உலோகவுருளையிற் சுற்றிக்கொள்கின்றது. உலோகத்திலுள்ள

கம்பியின் சுற்றுக்கள் குறுக்காகச் சுற்றப்பட்டுள்ளனவாதலின், காவலியுருளையிலுள்ள கம்பி மட்டுமே உபயோகத்திலுள்ள தடையாகும். இவ்வொழுங்கானது தடையின் தொடர்ந்த செப்பஞ்செய்கையைக் கொடுக்கும்.

செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய காபன் தடைகள்.— கரிபூசப்பட்ட துணியின் வட்டமான தாள்கள் பல உலோகத்தட்டுக்களிரண்டினிடையே வைக்கப்பட்டுள்ளன. இத்தட்டுக்கள் சுரையொன்றையுந் திருகாணியொன்றையுங் கொண்டு சேர்த்தமுக்கப்படலாம். தட்டுக்களிடையேயுள்ள அழுத்தத்தை மாற்றித் தடையை மாற்றலாம்.

இன்னுமொரு வகையிலே காபன் திண்மத்தட்டுக்கள் இவ்வகையாகவே சேர்த்தழுத்தப்பட்டுள்ளன. தட்டுக்களின் தொகையையேனும் அவற்றினிடையேயுள்ள அழுத்தத்தையேனும் மாற்றித் தடையை மாற்றமுடியும்.

செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய தடைச்சட்டம்.— சாதாரணமாக உபயோகத்திலுள்ள செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய தடையின் வசதியான வகையொன்று,



உருவம் 295. செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய தடைச்சட்டம்

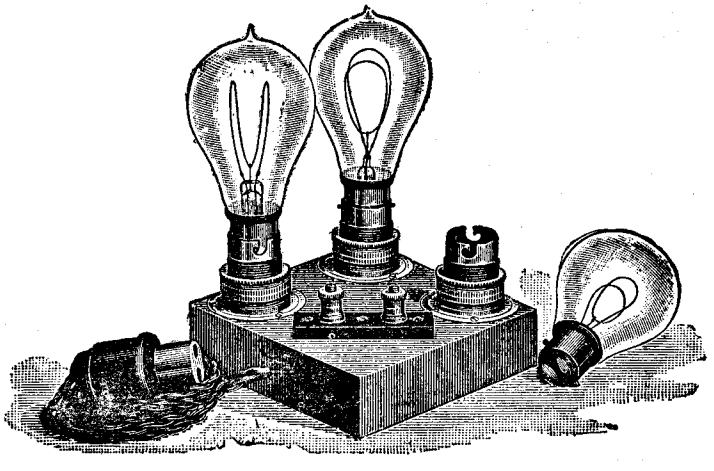
நெளிவான வகையிலே ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ள கம்பியினது சுருளிச் சுருள்களின் தொகையொன்று ஈர்க்கப்பட்டுள்ள விறைப்பான சட்டமொன்றைக் கொண்டதாகும் (உருவம் 295). இறையோதற்றின் முடிவிடமொன்றிலேடு இணைக்கப்பட்டுள்ள உலோகக் கைப்பிடியொன்று அடுத்துள்ள சுருளிகளிலேடு இணைக்கப்பட்டுள்ள உலோகத் தெறிகளின் தொடரொன்றின் மேல் இயங்கிக்கொண்டிருக்கும். கைபிடியானது ஓரந்தலையிலிருக்கும்போது மின்னோட்டம் எல்லாச் சுருள்களினூடும் பாயும். ஆனால், கைபிடியானது தெறிக்குத்தெறி இயங்கிக்கொண்டிருக்கும்போது குறைவு குறைவான சுருளிகளினூடு மின்னோட்டம் பாயும். கடைசியாகக் கைபிடியானது மற்ற வந்தத்தையடைந்தவுடன் மின்னோட்டமானது கைபிடியினூடாக நேராகப் பாய்ந்து இறையோதற்றின் இரண்டாவது முடிவிடத்தையடையும். இச்சட்டமானது, 1 தொடக்கம் 20 அம்பியர்வரையுள்ளவற்றைப் போன்ற பெரிய மின்னோட்டங்களுக்குப் பருமட்டாகச் சீராக்கும் ஒரு தடையாக உபயோகமாகும்.

இவ்வகையான தடைச்சட்டங்கள் அவற்றின் அண்ணளவான முழுத்தடையைக் கொண்டும், மிகைவெப்பமாகாது காவுமாறு அவை அமைக்கப்பட்டுள்ள. மின்னோட்டத்தைக்கொண்டுங் குறிக்கப்பட்டிருப்பது வழக்கம். இந்தமின்னோட்டத்தை மீறக்கூடாது.

குறிக்கப்பெற்ற தடைகள் அண்ணளவாக மட்டுமே திருத்தமுடையனவாதலின், இத்தடைகளை ஒப்பீட்டிற்குரிய நியமத்தடைகளாக ஒருபோதும் உபயோகித்தல் கூடாது.

பருமட்டாக நிலைத்த தடைகள்.— வரையறையான அளவொன்றிற்கு மின்னோட்டம் அண்ணளவாகக் குறைக்கப்படத் தேவைப்படும்போது, பல்வேறு வேலைகளுக்கு வசதியான நிலைத்த தடையின் உபயோகமுள்ள வகையொன்று நெய்யரி வகையாகும். அண்ணளவான தடையைக்கொண்டும், இவை அமைக்கப்பட்ட உவோற்றளவுகளைக் கொண்டுமே இவை குறிக்கப்பட்டிருப்பது வழக்கம். இவற்றிலிருந்து, இவை எடுக்க அமைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்டங் கணிக்கப்படலாம். இதனை ஒருபோதும் மீறல் கூடாது. நன்றாகக் காற்றோட்டமிருந்தால் மட்டுமே நெய்யரிகள் இந்த மின்னோட்டத்தை எடுக்கும். மேற்காவுகையோட்டங்களினூற் குளிரவிடாது மூடப்பட்டிருக்குமாயின் மிகைவெப்பத்தைப் பெற்று அவை உருகிவிடும்.

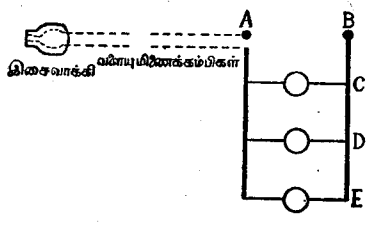
விளக்குத்தடை.— சீராக்க ஏற்ற தடைகள் உபயோகிக்கப்படுவனவாயின் ஒளிவழங்கு முதற்கம்பிகளிலிருந்து பல பரிசோதனைகளுக்கு மின்னோட்டம்



உருவம் 296. விளக்குத்தடை

உபயோகிக்கப்படலாம். 296 ஆம் உருவத்திலே வசதியானதும் மலிவானதுமான ஆய்கருவியொன்று காட்டப்பட்டுள்ளது. சாதாரணமான பற்றன்

விளக்குப் பிடிகருவியை உபயோகித்துத் தேவதாரு அல்லது கல்வேம்பினால் இதனைச் செய்யலாம். 297 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோன்று இணைப்புக்களுள்ளன. C, D, E என்பன அடியிற்றிருகியேற்றப்பட்டுச் சமாந்தரநிலையிலிணைக்கப்பட்டுள்ள விளக்குப்பிடிகருவிகளாம்.



உருவம் 297. விளக்குத்தடையின் இணைப்புகள்

பரிசோதனைக்குரிய மின்னோட்டமானது A, B முடிவிடங்களிலிருந்து எடுக்கப்படும். A, B களினது முனைவுத் தன்மையானது முனைவுகாணுந் தாளைக் கொண்டு காணப்படலாம். ஒன்று, இரண்டு அல்லது மூன்று விளக்கு களை உபயோகித்துப் பரிசோதனையின் தேவைகளுக்குரிய வெவ்வேறு மின்னோட்டங்கள் பெறப்படலாம். காபனிழை விளக்கொன்றினூற் பாய விடப்படும் மின்னோட்டமானது அதே மெழுகுதிரிவலுவையுடைய உலோக விழை விளக்கொன்றினூற் பாயவிடப்பெறும் மின்னோட்டத்தின் ஏறத்தாழ மும்மடங்காகும். விரும்பினால் விளக்குப்பிடிகருவிகளின் கூடிய தொகையானது பொருத்தப்படலாம்.

§ 8. முனைவுத்தன்மைக்குரிய பரிசோதனைகள்

முனைவுகாணுந்தாள்.— நே.ஒ. ஒளிவழங்கு முதற்கம்பிகள் முதலியவற்றின் முனைவுத்தன்மையைப் பரிசோதித்தல்.— ஏற்ற தடையொன்றினூடு நேரோட்டமானது வழங்கப்படும்போது கலங்களின் அல்லது முதற்கம்பிகளின் முனைவுத் தன்மையைக் காணச் சாதாரணமான இலிற்மசுத்தாள் உபயோகிக்கப்படலாம். தாளானது ஈரமாக்கப்பட்டுக் கம்பிகளிரண்டுந் தாளிலே ஒன்றையொன்று தொடாது அண்டி வைக்கப்படுதல் வேண்டும். இரண்டொரு கணத்தின்பின் **நேர்முனைவின்** தொடுபுள்ளியானது **செங்குறிமை**க்காட்ட **எதிர்முனைவானது நீலநிறத்தைக்** கொடுக்கும். ஒளிவழங்கு முதற்கம்பிகளின் முனைவுத்தன்மையைப் பரிசோதிக்கும்போது மிகுந்த கவனமெடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். வெற்றுக்கம்பிகள் ஒன்றையொன்று தொடுதல் கூடாது. விரல்களினூடேனும், வாயு அல்லது நீர்க்குழாய்களைப்போன்ற உலோகவிணைப்புக்களினூடேனும் எந்தக்கம்பியுந் தொடக்கூடாது. **இந்த முன்னவதானங்களைக் கவனியாது விட்டால், பரிசோதிப்பவர் கடுமையான தாக்கத்தையேனும் அபாயத்துக்குரிய எரிவுகளையேனும் பெறக்கூடும்.**

மாப்பொருளிற்றேய்க்கப்பெற்ற காகிதமேனும், பொற்றூசியமயடைட்டினதும் மாப்பொருளினதுங் கரைசலொன்றிற்றேய்க்கப்பெற்ற காகிதமேனும், முதலில் ஈரமாக்கப்பட்டபின் அதன்மேற் கம்பிகளிரண்டு வைக்கப்படுமாயின், நேர்முடிவிடத்திலே நீலநிறந் தோன்றும்.

மின்னோட்டத்தின் காந்தத்தாக்கலைக்கொண்டு முடிவிடங்களின் முனைவுத் தன்மையைத் தீர்மானிக்கும் முறைகள் 557 ஆம் பக்கத்திலே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. **ஒளிவழங்குமுதற்கம்பிகளுக்கு இம்முறைகளைப் பிரயோகிக்கும் போது, மின்னோட்டம் மிகையாகாது தடுக்கச் சுற்றிலே போதியவளவு தடையானது வைக்கப்படல்வேண்டும்.** 736 ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப்பட்டுள்ள விளக்குத்தடையானது இத்தேவைக்கு ஏற்றதாகும்.

வழங்குநிலையத்தாரின் முதற்கம்பிகளுளொன்று புவியினோடிணைக்கப்பட்டிருப்பது வழக்கம். இருகம்பித் தொகுதியொன்றிலே இரண்டாவது முதற்கம்பியின் அழுத்தமானது புவியினதிலும் மேலே அல்லது கீழே இருக்கலாம். முக்கம்பித்தொகுதியொன்றிலே நடுக்கம்பியானது புவியினோடிணைக்கப்பட்டுள்ளது. மற்றிரண்டினுள்ளும் ஒன்றினழுத்தம் புவியினதின மேலேயும் மற்றது கீழேயுமிருக்கும். உதாரணமாக, உயிர்முதற்கம்பிகள் முறையே + 100 உவோற்றிலும் —100 உவோற்றிலுமிருப்பின், 200 உவோற்றுக்கள் தேவையான விளக்குகள் அல்லது ஆய்கருவி இவ்வுயிர்முதற்கம்பிகளின் குறுக்கே இணைக்கப்படுதல் வேண்டும். எந்தத் தேவைக்காகவும் 100 உவோற்றுக்கள்மட்டுந் தேவைப்படின், ஆய்கருவியானது ஏதாவதோர் உயிர்முதற்கம்பிக்கும் புவியினோடிணைக்கப்பட்ட கம்பிக்குமிடையே இணைக்கப்படும்.

§ 9. உயர்வழுத்த வித்தியாசங்கள்

100 அல்லது 200 உவோற்றுக்களின் படியிலுள்ள அழுத்தவித்தியாசங்கள் தேவைப்படும் பரிசோதனைகளிலே தொடர்நிலையிலுள்ள ஈரமில் கலங்கள் அல்லது சேமக்கலன்கள் பலவற்றைக்கொண்ட **உயிழுவினை மின்கலவடுக்கொன்று** பெரும்பாலும் உபயோகிக்கப்படும். தெரிந்தெடுத்த முடிவிடங்களினூடு புள்ளிகளிரண்டையுமிணைத்துத் தேவையான அழுத்தவித்தியாசம் மின்கலவடுக்கிலிருந்து "பெறப்படலாம்." **எந்தப் பாகத்தையுங் குறுக்காகச் சுற்றுவதைத் தவிர்க்க.**

236 ஆம் உருவத்திலே தத்துவமானது காட்டப்பட்டுள்ள அழுத்தப்பிரிவிடு கருவியொன்றை உபயோகிப்பது (பக்கம் 607) வேறெருவகையாகும். தேவையான அழுத்தவித்தியாசமானது, புள்ளிகளிரண்டையும், A, P புள்ளிகளினூடிணைத்துப் பெறப்படும். உற்பத்தி S ஆனது, பல பெரிய கலங்களைக்கொண்ட ஒரு மின்கலவடுக்காயிருக்கலாம். அன்றேல், நேரோட்ட (நே.ஒ.) முதற்கம்பிகள் உபயோகிக்கப்படலாம். **எந்தவுற்பத்தியை உபயோகிக்கும்போதும், 8 ஆவது பிரிவிற் குறிப்பிடப்பட்ட முன்னவதானங்கள் எடுக்கப்படல் வேண்டும்.** அழுத்தமானிக்கம்பி AD இன் தடையானது ஏற்றதாயிருப்பதுடன் கம்பியானது மிகைவெப்பமாகாமல் உற்பத்தியிலிருந்து மின்னோட்டத்தைக் காவக்கூடியதாயிருத்தல் வேண்டும். உதாரணமாக,

200 தொடக்கம் 250 வரை உவோற்றுக்களைக்கொடுக்கும் நே.ஒ. வழங்கலிட முதற்கம்பிகள் உபயோகிக்கப்படுவனவாயின், கம்பி AD ஆனது 1000 இலி ருந்து 2000 ஓம் தடையைக்கொண்டதாகவும் ஏறத்தாழ 0·3 அம்பியர் மின்னோட்டத்தைக் காவுந் திறனையுடையதாகவுமிருக்கலாம். கூடிய பாது காப்புக்காக, அழுத்தமானியானது A இற்கும் B இற்குமிடையே இணைக்கப் பட்டிருக்க (உருவம் 297), விளக்குத்தடையொன்றினூடு மின்னோட்டம் எடுக் கப்படலாம் (பக்கம் 736).

§10. துணைக்கலன்கள் அல்லது சேமக்கலன்கள்

ஈயக்கலமொன்றிலே கரைசலின் **அடர்த்தியானது** நீலமைமையைக் குறிக் கும். **புதிய** கலமொன்றிற்கு செய்தவரின்குறிப்புக்களிலிருந்து கரைசலைத் தயாரிக்க. பொதுவாக முற்றுக மின்னேற்றப்பட்ட கலமொன்றினடர்த்தி ஏறத்தாழ 1·25 ஆயிருத்தல்வேண்டும். இது 1·17 இலுங் கீழே செல்லக் கூடாது. குறிப்பு.—(1) **தூய**நீரையுந் **தூய**வமிலத்தையும் மட்டுமே உப யோகிக்க. (2) **மேலதிக** மின்னேற்றத்தையும் மேலதிக மின்னிறக்கத்தை யுந் தவிர்க்க. (3) கலமொன்றை மின்னிறக்கப்பட்டிருக்கவிடாதிருக்க.

எடிசன் (இரும்பு–நிக்கல்) Edison (Iron–Nickel) கலமொன்றின் தட்டுக் கள் உருக்கினாலானவை. தொழிற்படுதிரவியமானது நேர்த்தட்டிற்கு நிக்க லின் ஒட்சைடு அல்லது ஐதரொட்சைடாகவும், எதிர்த்தட்டிற்கு இரும்பாகவு மிருக்கும். மின்பகுபொருளானது எரிபொற்ருசின் (KOH) 20 நூற்றுவீதக் கரைசலாகும். **மி. இ. வி.** ஆனது 1·35 இலிருந்து 1·40 உவோற்றுவரை யாகும்.

அத்தியாயம் 11

உயரதிர்வெண்ணலைவுகள் — மின்காந்தக்கதிர்வீசல்

§ 1. ஒடுக்கிமின்னிறக்கத்தினால் உண்டாக்கப்பெறும் மின்னலைவுகள்

மின்னேற்றப்பட்ட ஒடுக்கியொன்று ஒரொடுங்கிய பொறிவெளியின் குறுக்கே மின்னிறக்கப்படும்போது வெளியின்குறுக்கே மெய்யான மின்பாய்ச்சலானது எதிர்த்திசைகளிலுள்ள இளம்பல்கள் பலவற்றைக் கொண்டதாகும். முதலா வது இளம்பலிலே மின்னனது ஒருவகைத் "திணிவுவேகத்தைப்" பெறு கின்றது. தட்டுக்கள் தொடக்கத்திற் பெற்றுள்ளவற்றின் எதிர்த்திசையான மின்னேற்றங்களைப் பெறுவதினால் ஒடுக்கியானது "மேலதிக மின்னிறக்கத் தைப்" பெறுகின்றது. முதலாவது இளம்பல் முடிந்ததும் தட்டுக்கள் இப் போது வெளியின் குறுக்கே மீண்டும் மின்னிறக்குகின்றன. ஏற்ற நிலைமை களின்கீழே அவை மீண்டும் மேலதிக மின்னிறக்கத்தைப் பெறுகின்றன. இளம்பலொன்றின்பின் தட்டுக்களினிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசமா னது, வெளியினூடு பொறியொன்றைச் செலுத்தப்போதாதிருக்குமட்டும் இந் நிகழ்ச்சியானது தொடர்ந்து நிகழும். தட்டிலுள்ள கடைசிமின்னேற்றங்கள் அவற்றினூற்றொடக்கத்திற் காவப்பட்டுள்ள மின்னேற்றங்களின் குறியையே கொண்டிருக்கக்கூடுமாயினும், **எதிர்க்குறியையும்** அவை கொண்டிருக்கக் கூடும்.

பரிசோதனை 262. பொறிவெளியொன்றினூடாக மின்னிறக்கப்பெற்றபின், ஒடுக்கியொன்றிலுள்ள எச்சமின்னேற்றம்.— இலேடன்சாடியொன்றின் உட் பூச்சை உவிம்மேசுப்பொறியொன்றுடனும், வெளிப்பூச்சைப் "புவியினூடும் இணைத்து" அச்சாடிக்கு மின்னேற்றுக.

இலேடன்சாடியின் குமிழை நீண்ட வற்கனேற்றுத்தண்டிலேற்றப்பட்டுள்ள உலோகத்தட்டு அல்லது குண்டினூற்றொட்டு மின்காட்டியொன்றைக்கொண்டு தட்டின் அல்லது குண்டின் மின்னேற்றத்தினது குறியைப் பரிசோதிக்க (ஆரும்பாகம், முதலாம் அத்தியாயம், 2 ஆம் பந்தியைப் பார்க்க. பக்கங் கள் 544–5).

இப்போது நீண்ட வற்கனேற்றுத்தண்டொன்றில் ஏற்றப்பட்டுள்ள கம்பி யொன்றையெடுத்து, வெளிப்பூச்சிற்றொடுகையுண்டாகுமாறு ஒரு மூனை யைச் சாடியின்மேற் வைக்க. இதன்பின், **வற்கனேற்றுத்தண்டின் அந்தத் தைப் பிடித்துக்கொண்டு,** கம்பியின் மற்றமூனையை இலேடன்சாடியின் குமிழை நோக்கிக் கொணர்க. கம்பிக்குங் குமிழுக்குமிடையே பொறி யொன்று பாய்ந்தவுடன் மீண்டுங் கம்பியை வெளியேயெடுக்க. **கம்பியானது குமிழைத் தொடுதல்கூடாது.**

முன்னரே குறிப்பிடப்பட்டதும் காவலிடப்பட்டதுமான உலோகத்தட்டு அல்லது குண்டைக்கொண்டு இலேடன்சாடியின் குமிழைத் தொட்டும், அத்தட்டு அல்லது குண்டு ஏற்றுக்கொள்ளும் மின்னேற்றத்தின் குறியைப் பரிசோதித்தும், சாடியின உட்பூச்சிலுள்ள மின்னேற்றத்தின் குறியைத் தீர்மானிக்க.

பலமுறை பரிசோதனையைத் திருப்பிச் செய்து எத்தனைமுறை உட்பூச்சிலுள்ள எச்சமினனேற்றமானது தொடக்கமின்னேற்றத்தின் குறியைக் கொண்டுள்ளதென்றும், எத்தனைமுறை எதிர்க்குறியைக் கொண்டுள்ளதென்றுங் குறித்துக்கொள்க.

எந்தத் தனிப்பரிசோதனையிலும் குமிழிலுள்ள மின்னேற்றத்தின் குறியானது நேர்மாறுகக் காணப்படுமாயின், இவ்வவதானமானது மின்னிறக்கத்தின் அலேவியல்புக்குரிய அத்தாட்சியாகும்.

கவனிப்பு.—இலேடன்சாடியின் குமிழானது உடலின் அல்லது உடையின் எப்பாகத்தினுலேனும் கையிலுள்ள எவ்விதக் கடத்தியினுலேனும் எக் காரணத்தைக்கொண்டுந் தொடப்படலாகாது. இலேடன் சாடியின் குமிழை நோக்கிக் கொண்டுவரப்படும் எவ்விதக் கம்பியேனுங் கடத்தியேனும் நீண்ட காவலிக்கோலொன்றின் முனையில் ஏற்றிக் காவலிடப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். இக்காவற்கோலின் மற்ற முனையே கையிற் பிடிக்கப்படல்வேண்டும்.

குறிப்பு.—தூய தடையுபகரணங்கள், தூண்டிகள், கொள்ளளவிகள் ஆகியவற்றை அமைப்பது கடினமாதலாலும், கடத்தியொன்றிலுள்ள மின்னேட்டப் பரவலானது அதிர்வெண்ணிலே தங்கியிருத்தலாலுமே செய்முறையில் உயரதிர்வெண் சுற்றுக்கள், தாழ்வதிர்வெண் சுற்றுக்களிலிருந்து வேறுபடுகின்றன. தடையுபகரணமொன்று சிறிய தூண்டுதிறனைக் கொண்டுள்ளதாதலின் எதிர்த்தாக்குதிறனுகத் தொழிலாற்றும் (பக்கம் 695). இணைக்கம்பிகளின் தூண்டுதிறனும், வெவ்வேறு மூலகங்களுக்கிடையேயுள்ள கொள்ளளவங்களும் நிராகரிக்கப்படலாகாது. இக்காரணங்களின் பயனை வழுக்களிற்சில திரையிட்டுத் தவிர்க்கப்படலாம்.

§ 2. மின்காந்தக் கதிர்வீசல்

அலேவுமின்னிறக்கமொன்று பொறிவெளியொன்றின் குறுக்கே செல்லும்போது சூழவுள்ள வெளியிலே மின்காந்தக் கதிர்வீசல்கள் உண்டாகின்றன. முனைகள் 0·25 மி.மீ. படியிலிருக்குமாறு அண்டவிடப்பட்ட பெரிய கம்பித்தடமொன்றைக்கொண்டு ஏற்ற நிபந்தனைகளின்கீழ் இவற்றைக் கண்டுபிடித்தல்கூடும். இவ்வகையான தடமொன்று பொறிகள் செல்லுகின்ற பொறிவெளியினண்மையிற் பிடிக்கப்படும்போது பொறிவெளியை நோக்கிச்செல்லும் கடத்திகளிலிருந்து கதிர்வீசல்களைப் பெறுகின்றன. தடத்திலுள்ள வெளியின் குறுக்கே மெல்லிய பொறிகளுண்டாதல் இதற்கோரத்தாட்சியாகும்.

இக்கதிர்வீசல்கள் இருப்பதை 1888 இலே **ஆட்டிசென்பவர் (Hertz)** கண்டுபிடித்து, இதே முறையாகப் பரிசோதனைமூலம் விளக்கிக்காட்டினர்.

ஒளியலைகளைப்போலவே முறிவதுடன் அவற்றின் தெறிப்புவிதிகளுக்கு மமைந்துள்ளனவாதலின், இவ்வலைகள் அல்லது கதிர்வீசல்கள் ஒளியலைகளினியல்பையே கொண்டுள்ளனவென்று **ஆட்டிசு** காட்டினர். **இவ்வாட்டினலைகளின்** அலைநீளங்கள் கட்புலனுகும் கதிர்வீசல்களின் அலைநீளங்களிலும்பார்க்கப் பல்கோடிமடங்கு பெரிதாயுள்ளன.

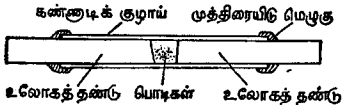
மின்காந்தவலைகளும் ஒளியலைகளும் ஒரேயியல்பையுடையனவெனப் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே **இளாக்கு மாட்சுவெல்லினுற்** கொண்டுவரப்பட்ட கொள்கையை **ஆட்டினின்** பரிசோதனைகள் உறுதிப்படுத்தியுள்ளன.

§ 3. மின்காந்தக் கதிர்வீசல்களைக் கண்டுபிடித்தல்

மின்காந்தக் கதிர்வீசல்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்காகப் பல முறைகள் பிரயோகிக்கப்பட்டுள்ளன.

பிணையிகள்.— "பிணையித்தொழிற்பாடு" எனப்படுவதைப் **பிரனிலி** Branly) என்பவர் (1890) கண்டுபிடித்தார். இவர் **பிணையி**[1] என்பதைக் கண்டுபிடித்து மின்காந்தக் கதிர்வீசல்கள் இருப்பதைக் காண இதனை உபயோகித்தார். **பிரனிலியின் பிணையியானது,** கண்ணுடிக் குழாயொன்றில் ஏற்றப்பட்டனவாய் அடுத்துள முனைகள் சில மில்லிமீற்றர் தூரத்திலுள்ள உலோகத் தண்டுகளிரண்டைக் கொண்டுள்ளது. முனைசளுக்கிடையேயுள்ள வெளியானது உலோகப்பொடியினுல் இளக்கமாக நிரப்பப்பட்டுள்ளது (உருவம் 298).

பொடியானது, இளக்கமாகச் சேர்த்துக்குலுக்கப்படும்போது இவ்வகையான குழாயொன்றின் தடையானது மிக்க உயர்வாயிருக்கும். ஆயினும், மின்காந்தக் கதிர்வீசலின் கற்றையொன்று குழாயிலும் உலோகக் கோல்களிலும் விழுமாயின், குழாயின் தடையானது இதனுடொப்பத் தாழ்ந்த பெறுமான மொன்றிற்குக் குறையும். குழாயைக் குலுக்க மீண்டும் தடையானது உயர்ந்த பெறுமானத்தைப் பெறும்.



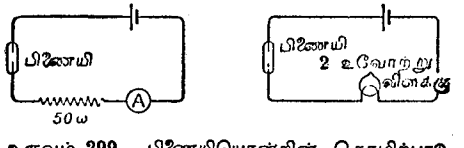
உருவம் 298. — பிரனிலியின் பிணையி எளியவகை

[1]பிரனிலியின் உணர்கருவியிலே காணப்பட்ட தோற்றப்பாடு முன்னரே வாளியினுலும் (Varley – 1866) ஒனத்தியினுலும் (Onesti – 1884) அவதானிக்கப்பட்டது. 1879 இலே இயூசனபவர் (Hughes) மின்னலைகளைப்பற்றிய பரிசோதனைகளிலே தனது நுணுக்குப் பனனியைப் பிரயோகித்தார்.

பொடிகள் மிக்க நுண்ணிய மேற்பரப்புப் படலங்களினூல் வேருக்கப் பட்டிருந்ததே உயர்தடைக்குக் காரணமாயிருத்தல் கூடும். குழாயையுங் கடத்துங் கோல்களையும் மின்காந்தவலைகள் தாக்கும்போது உண்டாக்கப் படுங் ஙளம் பல்கள் இப்படலங்களை உடைத்துச்செல்லப் பொடிகள் பிணைவைப் பெறுகின்றன.

பிணையிகளின் மற்றும் வகைகளினது விவரணங்களுக்காகக் கம்பியில்லாத் தந்தியை அல்லது "இரேடியோ" வைப்பற்றிய சரித்திர நூல்களைப்பார்க்க.

பரிசோதனை 263.—பிணையியொன்றின் தொழிற்பாடு.— ½ அங்குல விட்ட முள்ளனவும் ஏறத்தாழ 3 அங்குல நீளமுள்ளனவுமான பித்தளைக் கோலின் துண்டுகளிரண்டையும், ஏறத்தாழ 3 அங்குல நீளமுள்ளதும் கோல்களின் விட்டத்திலும் சிறிது பெரிதான துளையையுடையதுமான கண்ணுடிக் குழாய்த்துண்டொன்றையும் எடுத்துக்கொள்க. கோல்களின் முனைகளை அழுத்தமாக்கி முத்திரையிடுமெழுகைக் கொண்டு ஒரு கோலின் முனையைக் கண்ணுடிக் குழாயினுள்ளேவிட்டுப் பொருத்துக. இவ்வாறு பொருத்தும்போது, கோலின் முனையானது ஏறத்தாழக் கண்ணுடிக்குழாயின் மையத்திலிருத்தல் வேண்டும். இப்போது, குழாயின் திறந்த முனையினுள்ளே சிறிதளவு நிக்கற்பொடியையிடுக. இப்பொடியானது குழாயினுள்ளேயுள்ள கோலின் முனையிற் படவிடப்படுதல் வேண்டும். இவ்வாறு செலுத்தப் பட்ட பொடியானது குலுக்கப்படும்போது, ஏறத்தாழக் குழாயின் ⅛ அங்குல நீளத்தை நிரப்பக்கூடியதாயிருத்தல் வேண்டும். திறந்த முனையினுள்ளே இரண்டாவது கோலைச் செலுத்தி, கோலின் முனைக்குங் குறுகிய பொடிநிரலுக்குமிடையே சிறிய வெளியிருக்கும் நிலையில் முத்திரையிடுமெழுகினுல் அதனைப் பொருத்துக. இப்போது, குழாயைக் ஙிடைநிலையில் வைக்கும்போது பொடியானது இடைவெளியின் ஏறத்தாழ மூன்றிலிரண்டு அல்லது முக்காற்பங்கை நிரப்பிக்கொண்டு கோல்களின் முனைகளுக்ஙிடையே இளக்கமாகக் ஙிடக்கும்.



உருவம் 299. பிணையியொன்றின் தொழிற்பாடு

50-ஓம் சுருளொன்றினூடும், இலக்ஙிளாஞ்சிக்கலமொன்றினூடும் மில்லியம்பியர்மானியொன்றினூடும் பிணையியைத் தொடர்நிலையில் இணைக்க (உருவம் 299). மில்லியம்பியர்மானியினுல் எடுக்கப்படும் மின்னோட்டமானது மிகச்சிறிதென்பதை அவதானிக்க.

இப்போது பிணையியினண்மையிலெங்காவது ஒடுக்ஙியொன்றை (இலேடன் சாடி) மின்னிறக்ஙி, 20 மில்லியம்பியரின் அண்மையிலுள்ள பெறுமானமொன்றிற்கு மில்லியம்பியர்மானியின் அளவீடு உடனே அதிகரிப்பதை அவதானிக்க. பிணையியினண்மையில் மின்மணியொன்றை வைத்து மின்னோட்டமொன்றைக் கொண்டு அதனை அடிக்கச் செய்தால் இவ்வித விளைவே உண்டாக்கப்படும். தொடுகைப்பிரிப்பில் உண்டாகும் பொறியானது பொடியைப் பிணைக்கப் போதிய வலுவையுடைய அலைகளை எழச் செய்யும்.

பொறி நின்றபின்பு பிணையை விறைப்பாகத் தட்டுதல் மில்லியம்பியர்மானியின் அளவீட்டைத் திரும்பவும் ஏறத்தாழப் பூச்சியத்திற்கு விழச் செய்யுமென்பதையும் அவதானிக்க.

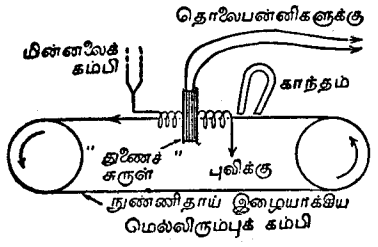
50-ஓம் சுருளுக்கும் மில்லியம்பியர்மானிக்கும் பதிலாக இலக்ஙிளாஞ்சிக்கலத்தினூடும் பிணையியினூடும் எளிய தொடர்நிலையிலுள்ள சிறிய விளக்கொன்றை உபயோகிக்கலாம். விளக்கானது முதலில் ஒளிராதெனினும் பொறியுண்டாதல் அதனை ஒளிப்செய்யும். சுற்றின் தடையானது மிகக் குறைந்துவிட்டதென்பதை இது காட்டும். பிணையியைத்தட்ட ஒளிர்வு மறைந்துவிடும்.

குறிப்பு 1.— இலக்ஙிளாஞ்சிக்கலத்திற்குப் பதிலாகச் சேமக்கலமொன்று உபயோகிக்கப்படலாமெனினும் 2 உலோற்றுக்களுக்கு மிகுந்த மின்கலவடுக்கொன்றேனும் கலமொன்றேனும் எவ்வாற்றலும் உபயோகிக்கப்படுதல் கூடாது. 2 உலோற்றுக்களிலும் உயர்வான அழுத்தவித்தியாசமானது, மேற்பரப்புப் படலங்களை உடைத்து மின்றுக்கங்களில்லாவிடத்தும் பொடியைப் பிணையச் செய்தல் கூடும்.

குறிப்பு 2.— பித்தளைக் கோல்களுக்குப் பதிலாக வெள்ளிக் கோல்களை உபயோஙித்தேனும், பித்தளைக் கோல்களின் முனைகளின்மேல் வெள்ளிக்கோலொன்றைப் பற்றுசுபிடித்தொட்டியேனும் (வன்பற்றுசு பிடித்தல் விரும்பத் தக்கதாகும்) திருந்திய பிணையியொன்றைச் செய்யலாம். நிக்கற்பொடிகளில் 96 நூற்றுவீதத்தையும் வெள்ளிப்பொடிகளில் 4 நூற்றுவீதத்தையுங்கொண்ட கலவையொன்று தனி நிக்கற்பொடிகளிலும்பார்க்கச் சிறந்ததாகும்.

காந்தவுணர்கருவி.— மின்காந்தவலைகள் புவியினூடிணைக்கப்பட்டுள்ள கம்பியொன்றினூல் **(மின்னலைக்கம்பி)** ஏற்றுக்கொள்ளப்படுவனவாயின், இக்கம்பியிலே மின்னோட்டம் உண்டாகும். இம்மின்னோட்டம் அலைவானதாயிருக்கும். இம்மின்னோட்டத்தின் அலைவுகள் மிக்க விரைவாயுள்ளன. இவற்றையமைக்கும் மின்காந்தவலைகளின் அதிர்வெண்ணே இவற்றினதிர்வெண்ணுமாகும். மின்னலைக்கம்பியின் கீழ்முனைக்கும் புவிக்குமிடையே சிறிய கம்பிச்சுருளொன்று செலுத்தப்படுமாயின் இக்கம்பியினூடாக மின்னோட்டஞ்சென்று சுருளினது அச்சுக்கு நேரே விரைவான ஆடற்காந்தமண்டலமொன்றை உண்டாக்கும்.

நுண்ணிதாய் மூறுக்கப்பட்ட மெல்லிரும்புக் கம்பியின் முடிவற்ற தட மொன்றை இப்போது விவரிக்கப்பட்டதினைடொத்த சுருளொன்றினூடாக மெதுவாகச் செல்லவிட்டு உணர்கருவியின் வகையொன்றை **மாக்கோனி** (Marconi) அமைத்தார். சுருளினூட் செல்லுமுன்பே காந்தத்திண்மமொன்றின் முனைவுகளின் குறுக்கே செல்லவிட்டுக் கம்பியானது காந்தமாக்கப்பட்டது. சுருளிலே அலைவுகள் உண்டாக்கப்படாதிருக்குமாயின், சுருளினூடு செல்லும் போது கம்பியினுற் காந்தவியல்பு பற்றிக் கொள்ளப்பட்டது. ஆயினும், சுருளிலே மின்னலைவுகள் நிகழ்ந்துகொண்டிருக்க சுருளினது அச்சின் நேரேயுள்ள விரைவான ஆடற்காந்த மண்டலமானது, இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் இரும்புக் கம்பியின் காந்தவியல்பை அழித்துவிடும்.



உருவம் 300. மாக்கோனியின் காந்தவுணர்கருவி

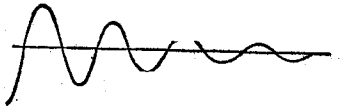
சுருளினுள்ளேயுள்ள இரும்பின் காந்தவியல்பினுண்டாகும் எவ்வித மாற்றமும் முதற்சுருளின் மேலே சுற்றியுள்ள "துணைச்"சுருளிலே மின்னோட்டமொன்றைத் தூண்டி, இத்துணைச்சுருளினது (உருவம் 300) முனையின் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுள்ள தொலைபன்னிகளிலே மினிக்கொலியொன்றை உண்டாக்கும். ஆகவே, மின்னலைக் கம்பியானது மின்காந்த வலைகளை ஏற்றுக்கொண்டிருக்கும்போது செவிப்புலனுகுங் குறிப்பொன்று பெறப்படும்.

பரிசோதனைச்சாலையிலே இவ்வினைவை விளக்க எவ்வித எளிய ஆய்கருவியையும் அமைப்பது கடினமாகும்.

4. சீராக்கன்முறைகளைக்கொண்டு மின்காந்தக் கதிர்வீசல்களைக் கண்டுபிடித்தல்

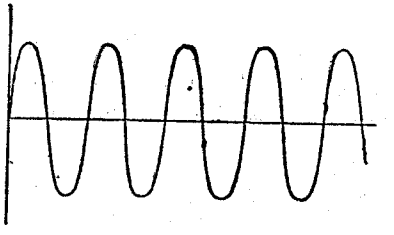
பொறிமின்னிறக்கமொன்று நிகழும்போது வெளியே செலுத்தப்பட்ட மின்காந்தவலைகளின் தொகுதியொன்று, மிக்க விரைவாக அழிந்துவிடும். இவ்வகையான அலைகளின் தொடர் அல்லது **அலைத்தொடர்** 301 ஆம் உருவத்திற்போல வரைப்படமாகக் குறிக்கப்படலாம். பொறிமுறையிலே, இது **தணிந்தவலைத்தொடர்** எனப்படும்.

மும்மை மின்வாய் வாயில்களின் அல்லது மூவாய்களின் (பன்னிரண்டாம் அத்தியாயத்தைப் பார்க்க) உபயோகத்தைக்கொண்டு மாறு வீச்சையுடைய மின்காந்தவலைகளைப் பெறமுடியும். 302 ஆம் உருவத்திற் காட்டப் பெற்றுள்ள வகையான அலைத்தொடரொன்றை இவை கொடுக்கும். இவ்வகையான அலைத்தொடரொன்று **தொடர்ந்தவலைத்தொடர்** எனப்படும்.



உருவம் 301. தணித்தவலைத்தொடர்

அலைத்தொடரொன்றை ஏற்றுக்கொள்ளும் மின்னலைக்கம்பியில் உண்டாக்கப்படும் மின்னோட்டமானது, அதனை உண்டாக்கும் அலைத்தொடரின் உருவத்தையே கொண்டதாகும். தணித்த வலைத்தொடரொன்று விரைவிற் பூச்சியமாய் அழிந்துபோகும் ஆடலோட்டத்தையுண்டாக்கும். ஆனல், தொடர்ந்த வலைத்தொடரானது மின்னலைக்கம்பியிலே மாறுவீச்சின் ஆடல்களை உண்டாக்கும்.



உருவம் 302. தொடர்ந்தவலைத்தொடர்

ஆடலின் அதிர்வெண்ணையுடைய ஆடலோட்டமொன்றிற்குத் தொலைபன்னியின் சவ்வானது திறம்படத் தூண்டப்பெற்றபோதிலும், தொலைபன்னிச் சுருள்களின் தற்றூண்டலானது இவ்வதிர்வெண்ணையுடையதுங் கணிப்புக்குரியதுமான எந்த மின்னோட்டத்தையும் சுருள்களினூடு செல்லவிட்டபோதிலும், தொலைபன்னியொன்றினூடு மின்னோட்டத்தைச் செலுத்திச் செவிப்புலனுகும் எந்த ஒலியையுமுண்டாக்க ஆடலின் அதிர்வெண்ணனது மிக்கவுயர்வாயிருக்கும்.

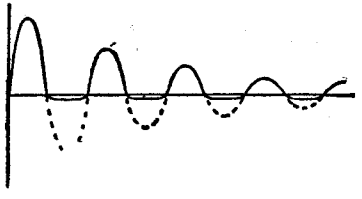
மின்னலைக்கம்பியினுல் ஏற்றுக்கொள்ளப்படும் அலைகள், இவ்வலைகளையுண்டாக்கும் அல்லது செலுத்தும் நிலையத்தினண்மையிலிருப்பதுபோன்று வலுக்கூடியதாயிருப்பின், மிகச்சிறிய அளவையுடைய ஆடலோட்டங்களைக் கண்டுபிடித்தற்குரிய நுண்ணிய கருவிகள் உபயோகிக்கப்படலாம். அன்றேல், இவ்வகைக்கருவிகளின் உணர்திறனனது ஒருதிசைமின்னோட்டத்தைக் கண்டளத்தற்குரிய கருவிகளிற் பெறப்படக்கூடிய உணர்திறனினுேடு ஒப்பிடப்படும்போது ஓரளவுக்குச் சிறிதாயிருக்குமாதலின், நுண்ணிய கருவிகள் உபயோகிக்கப்பட முடியாது.

அலைவுவாயிலனைப் **பிளெமிங்கினுற்** (Fleming) பெயரிடப்பட்ட உபகரணத்தைக் கண்டுபிடித்தமையும், தாழ்வதிர்வெண்ணினதும் ஆடலோட்டங்களைச் சீராக்கக்கூடிய அதன் வல்லமையும், மின்காந்தவலைகளைக் கண்டுபிடித்தலை

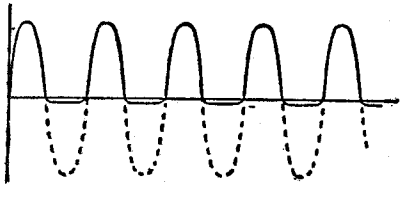
இலகுவாக்கியது. **வெப்பவயன்வாயிலின்** இவ்வகையானது பன்னிரண்டாம் அத்தியாயத்தில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

பிளெமிங்கு இதனைக் கண்டுபிடித்துச் சிறிதுகாலத்தின்பின், சிங்கைற்று, போணேற்று என்பவற்றைப் போன்ற சில பளிங்குகள், தொடும்படி இலேசாகப் பிடிக்கப்படும்போது இதனைப்போலவே சீராக்கும் இயல்பைப் பெற்றிருக்கக் காணப்பட்டன. செம்பு, வெள்ளி, தங்கம் என்னும் உலோகங்களின் நுண்ணிய கம்பியின் முனையோடு வேறு சில பளிங்குகள் தொடும்போதும் இவ்வியல்பு காணப்பட்டது.

மின்னலைவுகளைச் சீராக்கல்.— இவ்வாறுண்டாக்கப்பெற்ற தொடுகையானது மற்றத்திசையிலும் பார்க்க ஒரு திசையிலேயே கூடிய இலகுவாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும். தொடுகைப்பரப்பானது போதியவளவு சிறிதாகவும், தொடுகையமுக்கமானது போதியவளவு இலேசாகவுமிருக்குமாயின், ஏறத்தாழ எவ்விரு கடத்துந் திரவியங்களுந் தொடவிடப்படுமாயின் **ஓமின் விதி**யிலிருந்து இவ்வகையான பிரிவு அவதானிக்கப்படலாம். நுண்ணிய **பிளாற்றினக் கம்பி**யொன்றின் முனையைப்பிளாற்றினத் தட்டொன்றினோடு மிக்க இலேசாகத் தொடுமாறு பிடித்து இவ்விளைவைப் பெற முடியும். காபோரண்டப் (சிலிக்கன் காபைட்டு) பளிங்கொன்றைஉருக்கினோடு தொடவிட்டுப் பெரும்பாலும் உபயோகிக்கப்படும். இங்கு சிறந்த சீராக்கலைக் கொடுக்கக் கூடியதாக வில்லையொன்றைக் கொண்டு அமுக்கமானது செப்பஞ் செய்யப்படும்.



உருவம் 303. தனித்தவலைத்தொடரின் பயனை சீராக்கப்பட்டவலைவுகள்



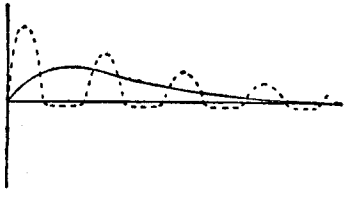
உருவம் 304. தொடர்ந்தவலைத்தொடரின் பயனை சீராக்கப்பட்டவலைவுகள்

மின்னலைக்கம்பியின் கீழ்முனைக்கும் புவிக்குமிடையே வைக்கப்பட்டுள்ள இவ்வகைத் தொகுதியொன்று, எதிர்த்திசையிலும்பார்க்க மின்னலைக் கம்பியிலிருந்து புவிக்கு மின்னோட்டத்தைக் கூடிய இலகுவாகக் கடத்துமெனக் கொள்வோமாக. பளிங்குத்தொகுதியினூடாகப் பாயும் மின்னோட்டமானது இப்போது ஏறத்தாழ ஒருதிசையாயிருக்கும். எனவே, மின்னலைக்கம்பியினுல் ஏற்கப்பெறுந் தணித்தவலைத்தொடரொன்று 303 ஆம் உருவத்திற் குறிப்பிட்ட வகையான மின்னோட்டமொன்றைப் பளிங்கினூடு பாயச்செய்யும் ஒவ்வோராடலினதும் நேர்மாறான பாதியானது, (குற்றுக்கோட்டினுற் குறிக்கப்பட்டுள்ளது) இத்திசையிற் பாயும் மின்னோட்டமொன்றிற்குப் பளிங்குத் தொகுதியினூற் கொடுக்கப்பெறும் உயர்தடையின் பயனை ஏறத்தாழ மறைந்துவிடும். இவ்வகையான இயல்பைக்கொண்ட பளிங்குச்சேர்க்கையேனும், பளிங்கொன்றையும் உலோகக்கம்பியொன்றையுங் கொண்ட சேர்க்கையேனும், **பளிங்குணர்கருவி** எனப்படும்.

304 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ள முழுக்கோட்டு வளைவானது மின்னலைக்கம்பி தொடர்ந்தவலைத்தொடரொன்றை ஏற்றுக்கொள்ளும்போது பளிங்குணர்கருவியினூடு செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் குறிக்கின்றது. அதாவது, **சீராக்கிய தொடர்ந்தவலையைக்** குறிக்கின்றது.

ஆயினும், பளிங்குணர்கருவியினுல் அடக்கப்பட்டுள்ள அரையலைகள் வேறுதுங் கத்தற்றொகுதியின்மூலம் புவியிலிருந்து மின்னலைக்கம்பிக்குச் செல்ல "ஒழுங்கு" செய்யப்படல்வேண்டும். கம்பியில்லாத் தந்தியின் வாங்கலிலே, பளிங்குணர்கருவியை **மின்னலைக்கம்பியிசைத்தூண்டுதிறனோடு** சமாந்தர நீலையில் இணைத்து இவ்வாறு செய்யப்படும். (265 ஆம் பரிசோதனையையும் 312 ஆம உருவத்தையும் பார்க்க).

தொலைபன்னியொன்றின் அல்லது உணர்கல்வனோமானியொன்றின் சுருள்களைப்போன்ற கணிப்புக்குரிய பெரிய தற்றூண்டலைக்கொண்ட எந்த



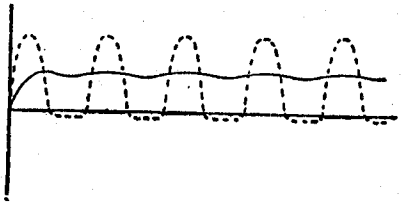
உருவம் 305. குற்றுக் கோட்டினூற் காட்டப்படும் ஒரு சீராக்கிய ஓட்டம், தொலைபன்னி போன்றதொரு தூண்டற் சுற்றினூடு செலுத்தப்படுகையில் ஒரு தனிக் கணத்தாக்கை (முழுகோடு) உண்டு பண்ணும்.

ஆய்கருவியினூடும் பாயும்போது சீராக்கிய தணித்தவலைத் தொடரொன்று "அழுத்தமாக்கப்படும்". இவ்வகையான ஆய்கருவியிலே இதன் விளைவானது தனித்தாக்கத்தின் விளைவையொத்ததாகும் (உருவம் 305).

தொடர்வலைகளின் சீராக்கப்பட்ட தொடரொன்றும் இதனைப்போலவே அழுத்தமாக்கப்படலாம். இதன் விளைவானது, உறுதியான அல்லது சிறிதளவு வேறுபடுகின்ற மின்னோட்டமொன்றின் விளைவையொக்கும். (உருவம் 306).

உதாரணமாக, தணித்தவலைகளின் சீராக்கிய கூட்டமொன்று தொலைபன்னியொன்றிற் கிளிக்கொலியொன்றையேனும், கல்வனோமானியிலே திடீர்த்திரும்பலொன்றையேனும் உண்டாக்குதல் கூடும். சீராக்கிய

தொடர்ந்தவலையொன்று வீச்சின் தற்செயலான சிறிய மாற்றங்களின் பயனுகத் தொலேபன்னியிலே சிறிய சலசலப்பொலியையன்றி வேறெந்த ஒலியையும் உண்டாக்கமாட்டாது. ஆயினும், கல்வனேமானியொன்றிலே சீராக்கிய தொடர்ந்தவலையானது உணரக்கூடிய மாறுத்திரும்பலொன்றை உண்டாக்கும்.



உருவம் 306. சீராக்கிய தொடர்ந்தவலையொன்று (குற்றிட்டகோடு) தொலேபன்னியிலே ஏறத்தாழ மாறு மின்னேட்டமொன்றை (முழுக்கோடு) உண்டாக்கும்

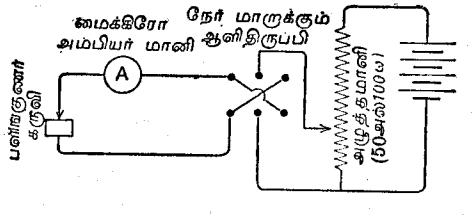
கம்பியில்லாத் தந்தியிலே "பொறிச்" செலுத்திகளினுல் உண்டாக்கப் பட்ட தணித்தவலைத்தொடர்கள் இக்காலத்திற் சரித்திரசம்பந்தமான கவர்ச் சியைக் கொண்டுள்ளதாகும். ஒவ்வொரு பொறியும் வாங்குனிலேயத் திலேயுள்ள தொலேபன்னிகளில் தனிக் கிளிக்கொலியொன்றை எழச் செய்யும். குறுகிய காலவெல்லேகளிற் பொறிகள் ஒன்றையொன்று தொடர்ந்து செல்லுமாயின், தொலேபன்னிகளிலே கிளிக்கொலிகளின் தொடரொன்று செவிப்புலனுகும். ஒழுங்காகவும் போதியவளவு விரை வாகத்தொடர்ந்தும் பொறிகள் நிகழ்வனவாயின் சேர்க்கைச் சுர மொன்றை இவை எழச்செய்கின்றன. இச்சுரத்தின் சுருதியானது, செலுத்தி யிலே செக்கனென்றில் உண்டாக்கப்பெறும் பொறிகளின் தொகையோ டொத்ததாகும்.

தொடர்ந்தவலைகளைக்கொண்ட நிலேயங்கள், இவ்வலைகளின் வீச்சு மாற்றப் பட்டாலன்றி, தொலேபன்னிகளினூடு பாய்ந்துகொண்டிருக்கும் சீராக்கிய மின்னேட்டத்துடன்கூடிய சீராக்கிய எளிய தொகுதியொன்றே வாங்கி யாயுள்ள வாங்கனிலேயமொன்றினுற் செவிப்புலனுகா. ஆயினும், வீச்சுக் கள் மாறும்படி அலைகளுக்குக் கமகமூட்டி, வாங்கனிலேயத்திலுள்ள சீராக் கிய மின்னேட்டத்திலும், தொலேபன்னிச் சவ்விலுள்ள கவர்ச்சியிலும் ஒத்த மாற்றங்களை உண்டாக்கமுடியும். இம்மாற்றங்களின் அதிர்வெண் ணனது தொலேபன்னியானது தூண்டப்பெறக்கூடிய அதிர்வெண்களின் வீச்சினுள்ளே இருக்குமாயின் கமகத்தினுேடொத்த அதிர்வுகளைச் சவ் வானது எடுத்துக்கொள்ளும். உதாரணமாக, கமகமானது தொடர்ந்த வலையின் வீச்சை ஒன்றுவிட்ட உயர்வு தாழ்வின் அடுத்துள சோடிகளினூடு செக்கனுக்கு 256 முறை செல்லுமாறு மாற்றுமாயின், தொலேபன்னிச் சவ்வானது உள்ளும் வெளியும் செக்கனுக்கு 256 முறை அதிர்ந்து "நடு C" (பௌதிகச் சுருதி) சுரத்தைக் காலும்.

பொருத்தமான ஏதுக்களைக்கொண்டு, எந்தவொலியினுலும் உண்டாக்கப் பெற்ற அதிர்வெண்களிலே கமகத்தைத் தங்கியிருக்கச் செய்யலாம். உதார ணமாக, இசைச்சுரங்களும் பேச்சும் அலேகளின் வீச்சிலுள்ள மாற்றங்க ளாக உயரதிர்வெண் மின்காந்தவலைகளின்மேற் பொருத்தப்பட்டு அல்லது அழுத்தப்பட்டிருத்தல்கூடும். மின்னலேக்கம்பியொன்றிலே இவ்வகையான வலைகள் வாங்கப்பெற்று விளைவான மின்னேட்டத்தைப் பளிங்கொன்றினுற் சீராக்கித் தொலேபன்னியொன்றினூடு பாயச்செய்யும்போது, செலுத்து நிலேயத்திலுள்ள கமகஞ் சிறந்ததாயின், இசை அல்லது பேச்சானது மெச்சத் தகுந்த திருத்தத்துடன் தொலேபன்னியினுல் மீட்டப்பெறும்.

பரிசோதனை 264.— பளிங்குணர்கருவியொன்றின் சீராக்கற்றெழிற்பாடு. கம்பியில்லாத் தந்தியின் வாங்கற்கூட்டங்களிற் பொதுவாக உபயோகிக்கப் பெறும் வகையான கலீனப்பூனமீசைப் பளிங்குணர்கருவியொன்றை அமைக்க. பூனமீசையானது செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய பித்தளைத் தட்டொன் றில் ஏற்றப்பட்டுள்ள நுண்ணிய கம்பியின் மிகக்குறுகிய விரிபாப்புச் சுருளி யினது உருவத்திலிருப்பது வழக்கம். கலீனப்பளிங்கானது சிறிய பித்தளைக் குவளையொன்றிலே வசதியாக ஏற்றப்படலாம். **உவுடின் (Wood)** உலோகத் தைக்கொண்டு இக்குவளையை நிரப்பி, உருகிய உலோகத்திலே குறையாகப் பளிங்கைப் பதித்தல்வேண்டும். பூனமீசையைக் காவுகின்ற பித்தளைக்கோலா னது உலோக விற்களுக்கிடையே தாங்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். இவ்விற்களி னூடாக ஆய்கருவியின் எஞ்சிய பாகத்திற்கு மின்தொடுப்பு உண்டாக்கலாம். கலீனப்பளிங்கானது ஏற்றப்பட்டுள்ள பித்தளைக்குவளையானது உணர்கருவித் தாங்கியின் அடியிற் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இணைத்திலிருந்து ஆய்கருவி யின் எஞ்சிய பாகத்திற்குத் தொடுப்பொன்று எடுக்கப்படும். இத்தொடுப்பா னது அந்தலேயொன்றினூடாக எடுக்கப்படுதல் விரும்பத்தகுந்ததாகும்.

மையம் பூச்சியமாயுள்ள நுணுக்கம்பியர்மானியினேடு அல்லது கல்வனே மானியொன்றினேடு உணர்கருவியைத் தொடர்நிலேயில் இணைத்துக்கொண்டு நேர்மாறுக்கும் ஆளியொன்றினூடாக இதனை அழுத்தமானியொன்றினேடு இணைக்க. இவ்வழுத்த மானியானது 4 தொடக் கம் 6 உவோற்றின் முழு மி. இ. வி. ஐயுடைய சிறிய கலங்களின் மின்கல வடுக் கொன்றினூடாக இணைக்கப் படுதல் வேண்டும். (உரு வம் 307). உயருணர்திறனை யுடைய கல்வனேமானி யொன்று உபயோகிக்கப்படு மாயின் பரிசோதனையைத் தொடங்குமுன் இதனைப் பக்கவழிதிருப்புதல் புத்தி யானதாகும். சில பிரயத்தனங்களின்பின் பொருத்தமான அளவையுடைய



உருவம் 307. பளிங்குணர்கருவியொன்றின் சீராக்கற்றெழிற்பாடு

திருப்பி யொன்றைத் தெரிந்துகொள்ளமுடியும். பரிசோதனையின்போது திருப்பியின் பெறுமானம் மாற்றப்படுதல் கூடாது. உலோகபாகங்கள் ஒன்றோடொன்று தொடுவதன் பயனைப் பளிங்குணர் கருவியானது தற்செயலாகக் குறுக்காகச் சுற்றப்படுவதைத் தடுப்பதற்காக, நுணுக்கம்பியர்மானியையும் உணர்கருவியையுங்கொண்ட சுற்றின் கீளையிலே 100 தொடக்கம் 1000 ஓம் வரையிலுள்ள படியிலே தடையொன்றைச் சேர்த்துக்கொள்வது புத்தியானதாகும்.

உணர்கருவியினதும் நுணுக்கம்பியர்மானி அல்லது கல்வனோமானியினதுங் குறுக்காகத் தாழ்வழுத்தவித்தியாசமொன்றை உபயோகித்து சருவியினூற் கொடுக்கப்படுந் திரும்பலை அவதானிக்க. நேர்மாறுக்குஞ்சாவியை மேலேதிருப்பியெறிந்து பிரயோகிக்கப்பட்ட அழுத்தவித்தியாசத்தை நேர்மாறுக்கித் திரும்பவும் திரும்பலை அவதானிக்க.

சிறுச்சிறு படிகளாக அழுத்தவித்தியாசத்தை அதிகரிக்கச்செய்து இவ்வழுத்தவித்தியாசத்தின் ஒவ்வொரு பெறுமானத்துக்குமுரிய அவதானங்களை எடுக்க.

அவதானங்களின் ஒவ்வொரு சோடிக்கும் பிரயோகிக்கப்பெற்ற அழுத்தவித்தியாசத்தினளவு அளக்கப்படலாம். அன்றேற் கணிக்கப்படலாம்.

உணர்கருவியின் குறுக்கேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசங்களைக் கிடைத்தூரங்களாகவும், மின்னோட்டத்தின் ஒத்த பெறுமானங்களை நிலைத்தூரங்களாகவுங் கொண்டு உமது அவதானங்களைக் குறித்து, இவ்வாறு பெறப்பட்ட புள்ளிகளினூடாக வளைகோடொன்றை வரைக. இப்புள்ளிகள் உற்பத்தியினூடு செல்லும் நேர்கோடொன்றில் இரா என்பதை அவதானிக்க. உணர்கருவியினூடான மின்னோட்டப்பாய்ச்சலானது **ஓமின்** விதிக்கு அமைந்திருந்தால், அதாவது, தொடுகைத் தடையானது பிரயோகிக்கப்பட்ட **அ.வி.** இலும், தொடுகையின்குறுக்கே இந்த **அ.வி.** ஆனது தாக்குந் திசையிலுந் தங்கியிராவிட்டால், இப்புள்ளிகள் அந்நேர்கோட்டிலிருத்தல்வேண்டும். தொடுகையின் குறுக்கேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது 1 உவோற்றுயிருக்கும்போது, இரு திசைகளிலுமுள்ள மின்னோட்டங்களுக்குரிய உணர்கருவித்தொடுப்பின் தடையினது அண்மைப்பெறுமானங்களைப் பெறப்பட்ட இவ்வளைகோட்டிலிருந்து கணிக்க.

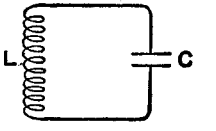
சிங்கைற்றுப்பளிங்கொன்றைச் சிறிய பித்தளைக்குவளையொன்றிலும் போணேற்றுப்பளிங்கொன்றை வேறெருரு சிறிய பித்தளைக் குவளையொன்றிலும் ஏற்றிச் சிங்கைற்றுப்போணேற்றுணர்சருவியொன்றை அமைக்க. ஒரு பளிங்கின் மெல்லிய விளிம்பு அல்லது மூலையானது மற்றப்பளிங்கின் தட்டைமேற்பரப்பொன்றிலே இலேசாக ஒய்ந்திருக்குமாறு பளிங்கொன்றைச் செப்பஞ் செய்யக்கூடிய தாங்கியொன்றிலே தாங்கவிடல்வேண்டும். மேலேயுள்ள பித்தளைக்குவளையானது தாங்கப்பட்டுள்ள வகையானது, கீழேயுள்ள தன் சார்பாக மேலேயுள்ள பளிங்கின் நிலையானது செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடியதாயிருத்தல்வேண்டும்.

சிங்கைற்றுப்போணேற்றுச் சேர்க்கையை உபயோகித்து மேலே விவரிக்கப்பட்ட பரிசோதனையைத் திருப்பிச் செய்க. சிங்கைற்றுப்போணேற்றுணர்கருவியின் தடையானது அழுத்தவித்தியாசத்தின் ஒத்த பெறுமானங்களுக்குக் கலீனப்பூனமீசைச் சேர்க்கையின் தடையிலும்பார்க்க மிகப்பெரிதாயிருப்பதை அவதானிக்க.

குறிப்பு.— எந்தவுணர்கருவியையுங்கொண்ட பரிசோதனையைத் தொடங்குமுன்பு, ஏறத்தாழ 0·5 உவோற்றின் அழுத்தவித்தியாசத்தை உபயோகிக்கும்போது ஒரு திசையிலுள்ள மின்னோட்டத்திற்கும் மற்றத்திசையிலுள்ள மின்னோட்டத்திற்குமிடையே குறிப்பான வித்தியாசத்தைக் கொடுக்குமாறு உணர்கருவியைச் செப்பஞ்செய்க. பளிங்கு மேற்பரப்பானது ஒரு சீரான உணர்ச்சியற்றிருத்தல்கூடுமாதலின், பரிசோதனையின்போது இச்செப்பஞ்செய்கையைத் திரும்பவும் மாற்றல்கூடாது.

§ 5. இசைவாக்கிய மின்சுற்றுக்கள்—மின்பரிவு

மின்னேற்றப்பட்ட ஒடுக்கி C ஆனது (உருவம் 308) சுருள் L இனூடு திடீரெனக் குறுக்காகச் சுற்றப்படுமாயின், மின்னேற்றமானது, பாய்ச்சடு அல்லது இளம்பல் நிற்குமுன், சுருளினூடு பலதடவை இங்குமங்குங் இளம்பும். இளம்பலின் அழிவுவீதம், சுருளின் தடையிலும் மின்காந்தவலைகளாகக் கதிர்வீசப்பெறுஞ் சத்தியினளவிலுந் தங்கியுள்ளது.



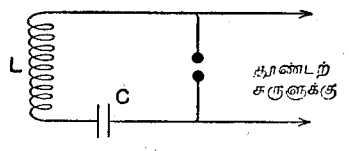
உருவம் 308. இயல்பான அலைவதிர்வெண்ணைக் கொண்ட சுற்று

நிகழும் அலைவுகளின் ஆவர்த்தனகாலம், அதாவது, அங்குமிங்குமான முழுக்களம்பலொன்றுக்கு எடுக்கும் நேரம், $2\pi\sqrt{L.C}$. இற்குச் சமமாகும். இங்கு L என்பது சுருளின் தற்றூண்டலையும் C என்பது ஒடுக்கியின் கொள்ளளவையுங் கொள்ளப்பட்டது. இக்கணியங்களிரண்டும் அலகுகளின் ஒரு தொகுதியிலேயே அளக்கப்படல்வேண்டும். உதாரணமாக, செய்முறையலகுகளிலே L என்பது என்றிகளிலும் C ஆனது பரட்டுக்களிலும் இருக்கும்.

L என்பது தனிமின்காந்தவலகுகளிலும் C என்பது நிலைமின்னலகுகளிலும் அளக்கப்படுவனவாயின், தனிமின்காந்தவலகுகளுக்கும் நிலைமின்னலகுகளுக்குமிடையேயுள்ள சில தொடர்புகளின் பயனாக ஈதரிலே இவ்வகைத்தொகுதியொன்று உண்டாக்கும் அலைநீளமானது, சதமமீற்றரிலே, இதே கோவையான $2\pi\sqrt{L.C}$. இனூற் கொடுக்கப்படும்.

இவ்வகையான சுற்றொன்றிலே, இச்சுற்றினோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள பொறிவெளியொன்றின் குறுக்கே பொறிவோற்றைப் பாயச்செய்து அலைவுகளை உண்டாக்கலாம் (உருவம் 309). பொறிவெளியினது தடையின் பயனாகச்

சுற்றிலுள்ள அலைவுகள் இப்போது நன்முகத் தணிக்கப்பட்டுள்ளன. வீணான அலைவுகளினது **இசைவாக்கற்கூர்மையானது** (காலப்பெற்ற அதிர்வெண் வீச்சிணைப்புக்கம்) மிகவுங் குறைக்கப் பெற்றுள்ளது. பெறப்பட்ட அலைவுகள் மிகப்பரந்த வீச்சிலுள்ள அதிர்வெண்களைக் கொண்டனவாம்.



உருவம் 309. அலைவுண்டாக்குதற்காக பொறிவெளி செலுத்தப்பட்ட சுற்று

இவ்வகையான சுற்றொன்றிலே மும்மை மின்வாய் வாயிலொன்றைக்கொண்டும் அலைவுகளை உண்டாக்க முடியும். (பன்னிரண்டாம் அத்தியாயம், 12 ஆம் பிரிவைப் பார்க்க). இவ்வாறு பெறப்பட்ட அலைவுகளை மாருவீச்சொன்றிலே இலகுவாய் வைத்திருக்கமுடியும். இவற்றின் அதிர்வெண்களினது வீச்சும் மிகச் சிறியதாய் வைக்கப்பெற்று அலைவுகள் **கூர்மையாய் இசைவாக்கப்பெறலாம்.**

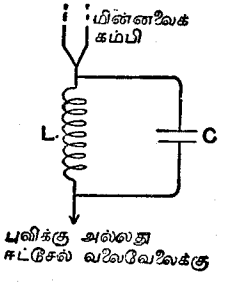
திறம்படக் கதிர்வீசலைப் பெறவேண்டுமாயின், மேலே விவரிக்கப்பட்ட எளிய அலைவுச் சுற்றினது திருத்தப்படுதல்வேண்டும். சுருள் L இன் ஒரு முனையிலுடு நீண்ட கம்பியொன்றை இணைத்தேனும், சுருள் **L** ஐப் பெரிய பரப்புடையதாயும், ஒப்ப நோக்குமிடத்துச் சிறுதொகையான சுற்றுக்களையுடையதாயுஞ்செய்து இதனைத் திருத்தலாம் (உருவங்கள் 310, 311).

நீண்ட கம்பிக்கதிர்வீசியானது **திறந்த மின்னலைக்கம்பி** எனப்படும். இதன் சேர்க்கை தொகுதியின் கொள்ளளவையும் தற்றூண்டலையும் மாற்றுவதினால் அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணுடன் காலுங் கதிர்வீசலின் அலை நீளத்தையும் மாற்றுகின்றது. சுருள் **L** இன் ஒரு முனையிலுடிணைக்கப் பெற்ற திறந்த மின்னலைக்கம்பியொன்று உபயோகிக்கப்படும்போது சுருளின் மற்றமுனையானது புவியிலுடு பொதுவாக இணைக்கப் பெற்றிருக்கும். ஆயினும், புவியிணைப்புக்குப் பதிலாக, இந்த முனையிலுடு காவலிட்ட கம்பியொன்றேனும் கம்பியின் வலிவேலையொன்றேனும் மின்னலைக்கம்பிக்கு ஈடாகச் சில சமயங்களில் இணைக்கப்படும்.

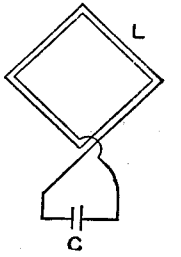
நிலைக்குத்தான திறந்த மின்னலைக்கம்பியொன்று கிடைத்தளத் திசைகளெல்லாவற்றிலுஞ் சமமாகக் கதிர்வீசும்.

சுருள் **L** ஆனது பெரிய அளவுகளைக்கொண்டு செய்யப்பட்டுக் கதிர்வீசியாக உபயோகிக்கப்படுமாயின், அதாவது, **மூடிய மின்னலைக்கம்பியாக** அல்லது **சட்டமின்னலைக்கம்பியாக** உபயோகிக்கப்படுமாயின், புவியிணைப்புத் தேவைப்படாது. இவ்வகையான சுருளொன்று அதன் சொந்தத் தளத்திலேயே மிகுந்த நீவிரமாகக் கதிர்வீசும். சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான திசைகளிலே கதிர்வீசலின் செறிவானது ஏறத்தாழப் பூச்சியமாயிருக்கும்.

இப்போது, 310 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளதைப்போன்ற சுற்றொன்று அமைக்கப்பட்டுச் சுற்றிலே அலைவுகளை உண்டாக்கக்கூடிய எவ்விதப் பொறிவெளியினுடேனும் வாயிலூடேனும் இணைக்கப்பெறுவிடின், மின்



உருவம் 310. திறந்த மின்னலைக்கம்பியைக் கொண்ட கதிர்வீசுஞ் சுற்று. கதிர்வீசுஞ் சுற்றுகத் தூண்டப்பெறுவிடத்து வாங்கற்சுற்றுகவுந் தொழிற்படும்



உருவம் 311. மூடிய மின்னலைக்கம்பியைக் கொண்ட கதிர்வீசுஞ் சுற்று. கதிர்வீசுஞ் சுற்றுகத் தூண்டப் பெறுவிடத்து வாங்கற் சுற்றுகவுந் தொழிற்படும்

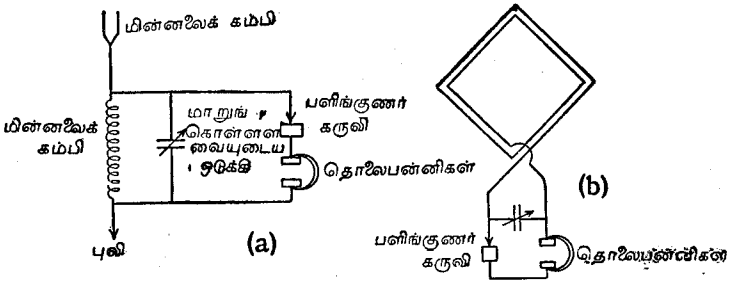
னலைக்கம்பியிற் படுகின்ற அல்லது அதனண்மையிற் செல்லுகின்ற எந்த மின்காந்தவலையையும் அது வாங்கும். இவ்வலைகளினுற் சுற்றுனது தூண்டப்பெறும். இதனைப்போலவே, 311 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற மூடிய சுற்றொன்று, மின்னலைக்கம்பியைக்கடந்துசெல்லும் அலைகளினுற்றூண்டப்பெறும். சுருளின் தளத்திலே செல்லுகின்ற அலைகளுக்கு இத்தூண்டற்பேறு மிகப்பெரிதாயும், இத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாய்ச் செல்லுமலைகளுக்குப் பூச்சியமாயும் அல்லது ஏறத்தாழப் பூச்சியமாயுமிருக்கும்.

இச்சுற்றுக்களில் உண்டாக்கப்பெற்ற அலைவுகள் மின்னலைக்கம்பிகளினுற்றடுக்கப்பெற்ற அலைகளின் அதிர்வெண்ணையே கொண்டுள்ளன. ஆகவே, வாங்கற்சுற்றின் **இயல்பான அதிர்வெண்ணனது** (உண்மையில் "பரிவதிர் வெண்") மின்னலைக்கம்பியினுற்றடுக்கப்பெற்ற அலைகளின் அதிர்வெண்ணையே ஏறத்தாழ உடையதாயிருந்தாலன்றி, எந்தச் சுற்றினதுந் தூண்டற் பேறுனது சிறிதாகவேயிருக்கும்.

சுருள் **L** இன் தற்றூண்டலை மாற்றியேனும் ஒடுக்கி **C** இன் கொள்ளளவை மாற்றியேனும் சுற்றின் பரிவதிர்வெண்ணை வாங்கப்பெறும் அலைகளின் அதிர்வெண்ணளவாக்கல்கூடும். இப்போது சுற்றுனது **பரிவதிர்வைப்** பெற்றிருக்கும். அலைவுகளின் வீச்சானது மிகப் பெரிதானதாகும் உண்மையில், மின்றடையின் பயனுகச் சுற்றிற் செலவாகுஞ் சத்தியினளவிலும், அல்லது திரும்பவுங் கதிர்வீசலினுற் சுற்றிலிருந்து எடுக்கப்படும் சத்தியினளவிலும்மட்டுமே வீச்சானது கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

இவ்வகையான வாங்கற்சுற்றொன்றில் நிகழும் அலைகளைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டுமாயின், இதற்குரிய ஆய்கருவியைத் தொழிற்படுத்துவதற்காக, ஏதாவது வகையிற் சுற்றிலிருந்து சத்தியை எடுத்தல் வழக்கம். இத் தேவைக்காகச் சத்தியை எடுக்குஞ் செயலானது பரிவுச்சுற்றிலுண்டாக்கப் பெற்ற அலைவுகளின் வீச்சைக் கட்டுப்படுத்திப் பரிவையும் "மட்டமாக்கும்". அதாவது, வாங்குஞ்சுற்றின் இயல்பான அதிர்வெண்ணைனது கணிப்புக் குரிய வீச்சொன்றிலே மாறுபட்டபோதிலும், அலைவுகளை இது மிகுந்த செறிவுடையதாக்கும்.

பரிசோதனை 265.—வாங்குஞ்சுற்றொன்றிலுள்ள பரிவதிர்வுகள்— தனிப் பட்ட சொந்தக் கூட்டமொன்றைப் பெறக்கூடியதாயிருந்தாலன்றி பளிங் குணர் கருவியொன்றையுந் தொலைபன்னிகளையுங்கொண்டு இடத்துக்குரிய



உருவம் 312. பளிங்குணர்கருவிகளையுந் தொலைபன்னிகளையுங் கொண்ட வாங்கற்சுற்றுகள், (அ) திறந்த மின்னலைக்கம்பிச் சுற்று. (ஆ) மூடிய மின்னலைக்கம்பிச் சுற்று. காட்டியவாறு, ஒடுக்கியின் கொள்ளளவை மாற்றி இசைவாக்கல் நிகழும்.

ஒலிபரப்பு நிலையத்திலிருந்து வாங்குங் குறிகளை எற்கக்கூடிய எளிய வாங்கற்கூட்டமொன்றை அமைக்க (உருவம் 312). இக்கூட்டமானது மாறக் கூடிய தற்றூண்டலொன்றையேனும் மாறக்கூடிய கொள்ளளவையேனுங் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். தற்றூண்டலினதேனுங் கொள்ளளவினதே னும் அளவை இட்டமுள்ள வகையிற் குறிக்கக்கூடிய அளவுச்சட்டமொன் றும் இருத்தல்வேண்டும். உதாரணமாக, "இட்ட" முள்ளவகையென்பது செப்பஞ்செய்யுங் குமிழானது திருப்பப்படவேண்டிய கோணமாயிருக்கலாம்.

கலீனுப்பூனைமீசையுணர்கருவியொன்றை உபயோகித்துச் செலுத்துநிலைய மாக[1] உபயோகிக்கப்படும் எந்த நிலையத்திலிருந்தும் வருங் குறிகளின் உரப்பை உயர்வாக்குமாறு கூட்டத்தைச் செப்பஞ்செய்க.

[1]குறிப்பிறப்பாகியொன்று குறியைப்பெறுதற்காக உபயோகிக்கப்படலாம். அளவுத்தேவைக்கு இது விரும்பத்தக்கதாகும்.

இவ்வாறு கூட்டத்தைச் செப்பஞ்செய்துவைத்துக்கொண்டு தொலைபன் னிக்காக நுணுக்கம்பியர்மானியொன்றையேனுங் கல்வனோமானியொன்றை யேனும் பிரதியிடுக. இக்கருவியினூடு பாயும் மின்னோட்டத்தை அவதானிக்க.

இப்போது, சுருள் L இன் தற்றூண்டலை மாற்றியேனும், ஒடுக்கி C இன் கொள்ளளவை மாற்றியேனும் கூட்டத்தின் செப்பஞ்செய்கையை மாற்றி, பல்வேறு செப்பஞ்செய்கைகளின்போதும் நுணுக்கம்பியர்மானியினூட க அல்லது கல்வனோமானியினூடாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தை அளவீடுசெய்க. கொடுக்கப்பெற்ற அளவுச்சட்டத்திலுள்ள அளவீடுகளைக் கிடைத்தூரங்களாகக் கொண்டு செப்பஞ்செய்கை மாறும் போது மின்னோட்டத்தின் மாற்றத்தைக் காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைக. இந்த நிபந்தனைகளிலே வாங்கற் கூட்டத்திற்குரிய பரிவுவளைகோடொன்றை இது கொடுக்கும்.

தற்றூண்டலுங் கொள்ளளவும் மாறிகளாயிருப்பனவாயின், முதலிலே தற்றூண்டலை மாறிலியாய் வைத்துக்கொண்டு, கொள்ளளவை மாற்று வதினூற் கூட்டத்தின் இயல்பான அதிர்வெண்ணை மாற்றி, பரிசோதனையைச் செய்க. இதன்பின்பு, கொள்ளளவைப் பொருத்தமான பெறுமானமொன் றில் மாறிலியாய் வைத்துக்கொண்டு தற்றூண்டலை மாற்றிப் பரிசோதனை யைத் திருப்பிச்செய்க. இவ்வவதானங்களின் கூட்டங்களிரண்டிற்கும் வெவ் வேறான பரிவு வளைகோடுகள் வரையப்படல்வேண்டும்.

முதலில் உபயோகிக்கப்பட்ட கலீனுப்பூனைமீசையுணர்கருவிக்குப்பதிலாகச் சிங்கைற்றுப்போனேற்று அல்லது வேறுவகை "இருபளிங்குணர்கருவியை" உபயோகித்துப் பரிசோதனையைத் திருப்பிச்செய்க. வெவ்வேறு வகையான உணர்கருவிகள் உபயோகிக்கப்படும்போது பெறப்படும் பிரிவின் கூர்மை வித்தியாசத்தை அவதானிக்க.

குறிப்பு.— உபயோகிக்கப்பட்ட நுணுக்கம்பியர்மானியானது மையப்பூச்சியக் கருவியாயில்லாது ஒரு திசையில் மட்டுமே மின்னோட்டத்தைக் குறிப்ப தாயின், அதனைச் சரியாயிணைப்பதைப்பற்றிக் கவனமெடுக்க. மீண்டுந் தொலை பன்னியைக்கொண்டு பரிசோதித்து, குறிகள் வாங்கப்பெறுகின்றனவென அறிந்துங்கூடத் திரும்பலில்லாவிடின் நுணுக்கம்பியர்மானித் தொடுப்புக் களை நேர்மாறுக்குக.

தாழ்ந்த தடையுணர்கருவியிலும்பார்க்க உயர்தடைப் பளிங்குணர்கருவியி னோடு பரிவுவளைகோடானது கூர்மைகூடியதாய்க் காணப்படும். 264 ஆம் பரிசோதனையில் விவரிக்கப்பட்டுள்ள உணர்கருவிகளிரண்டினது தடைகளை யளந்து இதன் சரிபிழையை அறிக.

வாயில்களை உபயோகித்து மின்காந்தவலைகளைக் கண்டுபிடித்தற்குரிய முறைகளைப்பற்றிப் பன்னிரண்டாம் அத்தியாயத்தைப் பார்த்தறிக.

அத்தியாயம் 12

வெப்பவயன் வாயில்கள்

§1. வெப்பமான பொருள்களிலிருந்து இலத்திரன்களின் காலல்

உலோகமொன்று வெப்பமாக்கப்படும்போது, எதிர்மின்னை இழந்து நேர் மின்னேற்றத்தைப் பெற முயலுகின்றது. சாதாரணமான வெப்பநிலை களிலே இவ்விளைவானது பொருட்படுத்தாது விடக்கூடியதாய்ச் சிறியதா யிருந்தபோதிலும், ஏறத்தாழ 1000°C ஐச் சூழவுள்ள வெப்பநிலை களிலே இது முக்கியமானதாகும்.

எதிர்மின்னைது இலத்திரன்களாக உலோகத்தைவிட்டு வெளியேறுகின் றது. இவ்விலத்திரன்கள் ஒவ்வொன்றும் $-e = -4{\cdot}8025 \times 10^{-10}$ நிலை மின்னலகுகள் அல்லது $-1{\cdot}6020 \times 10^{-20}$ தனிமின்காந்தவலகுகள், அதா வது $-1{\cdot}6020 \times 10^{-19}$ கூலோம் அளவையுடைய மின்னேற்றத்தைக் கொண்ட எதிர்மின்னின் துணிக்கையாகும். இலத்திரனின் திணிவு m ஆனது $9{\cdot}1066 \times 10^{-28}$ கி. ஆகும்.

வெப்பமான உலோகமொன்றிலிருந்து இலத்திரன்களின் காலலானது, திரவமொன்றின் கட்டற்ற மேற்பரப்பிலிருந்து ஆவிமூலக்கூறுகளின் காலலோ டொத்த ஒரு விளைவாகும். மூடப்பட்ட வெளியொன்றினுள்ளே ஆவியாத லின் வீதமானது திரவத்தைநோக்கி மூலக்கூறுகள் திரும்பும் வீதத்திற்குச் சிறிது நேரத்தின்பின் சமமாதல் போலவே, இலத்திரன்களின் காலலிலுஞ் சமநிலையொன்று நிலைநாட்டப்பெற்றுள்ளது. உலோகத்தைச் சூழவுள்ள இடவேற்றமாயமைந்துள்ள சுயாதீனமான இலத்திரன்களின் முகிலொன்று நிரம்பிய ஆவியின் இடத்தை எடுத்துக்கொள்ளும். இவ்விடவேற்றத்தின் அடர்த்தியானது வெப்பநிலைமீலே தங்கியிருக்கின்றது. வெப்பநிலை ஏறவேற இவ்வடர்த்தியும் அதிகரிக்கும்.

வெப்பமான உலோகத்தின் அண்மையிலே மின்மண்டலமொன்றிருப்பின் இந்த நிலைமைகள் மாற்ற மடையும். தாழ்வு கூடிய அழுத்தமொன்றில் வைக்கப்பெற்றுள்ள கடத்தியொன்று வெப்பவுலோகத்தைச் சூழவிருக்கு மாயின், காலியினுள்ளே இலத்திரன்களைத் திரும்பவுஞ் செலுத்தமுயலும் மண்டலமொன்று உண்டாக்கப்பெறும். இதனால் இடவேற்றமானது குறைக் கப்பெறும். ஆயினும், கடத்தியானது வெப்பவுலோகத்திலும் பார்க்க உயர்வுகூடிய அழுத்தத்தில் வைக்கப்பெறுமாயின், இடவேற்றத்திலுள்ள இலத்திரன்கள் சூழவுள்ள கடத்தியை நோக்கிக் கவரப்பட்டு இடையிலுள்ள வெளியின் குறுக்கே உறுதியான அருவிப்பாய்ச்சலாகப் பாயும். இதுவே ஒரு வெப்பவயனோட்டமாக அமைகின்றது. வழக்கமான மின்னோட்டத்தின் திசை யானது இலத்திரனின் பாய்ச்சலுக்கு எதிராயிருக்குமென்பது வெளிப்படை.

கடத்தியொன்றைப்போலவே இடவேற்றமுந் திரையிடுவிளைவொன்றை உண்டாக்குகின்றது. எனவே, அழுத்தவித்தியாசஞ் சிறிதாயிருக்குமாயின், அங்குள்ள இலத்திரன்களிற் சிலவே சூழவுள்ள கடத்தியைநோக்கிப் பாய் கின்றன: மின்மண்டலத்தின் செறிவானது அதிகரிக்கப்படுந்தோறும் இலத் திரன்கள் கூடுதலாக அருவிப்பாய்ச்சலிற் சேர்ந்துகொள்ளும். மண்டலத் தின் செறிவானது போதியவளவு அதிகரித்தவுடன் வெப்பவுலோகத்திலுற் காலப்படும் வேகத்துடனேயே இலத்திரன்கள் வெளியே அகற்றப்படும். மண்டலச் செறிவின் மேலதிக அதிகரிப்பு இப்போது மின்னோட்டத்தில் மேலதிக அதிகரிப்பை உண்டாக்காது. வெப்பவயனோட்டத்தின் இவ்வெல் லைப் பெறுமானமே நிரம்பியவோட்டம் எனப்படும். வெப்பவுலோகத்திலுற் செக்கனொன்றிற் காலப்பெறும் இலத்திரன்களின் தொகையை N எனக் கொள்வோமாக. இக்கணியமானது காலும் மேற்பரப்பின் வெப்பநிலை யிலும், அதன் பரப்பிலும் இல்பிலுந் தங்கியுள்ளது. இலத்திரனொன்றி லுள்ள மின்னேற்றம் $-e$ ஆயின், நிரம்பிய மின்னோட்டத்தின் பெறு மானம் Ne பெருக்கத்திலுற் கொடுக்கப்படும்.

இலத்திரன்களின் காலல்வீதமானது இக்காலல் நிகழுகின்ற சிறப்பான உலோகத்திலே மிகவுந் தங்கியுள்ளது. இவ்வுலோகம் அபாயமின்றி வெப்ப மாக்கப்படக்கூடிய வெப்பநிலையினுல் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. தங்குத னிலே தோரியமொட்சைட்டைச் செறியச்செய்யக் காலல்வீதம் பெரிதும் அதிகரிக்கும். காரமண்களின் ஒட்சைட்டுக்களின் காலலானது ஒத்த நிலை மைகளிலே தூயவுலோகங்களினதிலும்பார்க்க மிகப் பெரிதாயிருக்கும்.

வெப்பவயனோட்டத்தைப்பற்றிய விரிவான விவாதமொன்றிலே காலலின் போது இலத்திரன்களின் தொடக்கவேகங் கணிக்கப்படல் வேண்டும். இவ் வேகங்கள் பரந்த வீச்சொன்றிலே பரவியிருந்தபோதிலும் சராசரி வேகம் பெரிதன்று. ஆகவே, பெரும்பாலான செய்முறைத் தேவைகளுக்குத் தொடக்க வேகத்தைக் கருதாதுவிடலாம்.

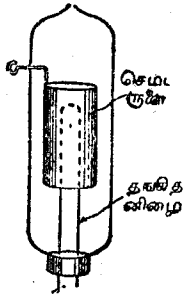
திரவமொன்று ஆவியாதலிலுற் குளிருவதுபோலவே, இலத்திரன்களைக் காலுகின்ற வெப்பப்பொருளொன்று இலத்திரன்களை இழப்பதிலுற் குளிரு கின்றது. துலக்கமான வெப்பத்தங்குதனிழையொன்றைச்சூழவுள்ள கடத்தி யொன்றின் அழுத்தமானது இழையினதற்கு ஏறத்தாழச் சமமான பெறு மானமொன்றிலிருந்து ஏறத்தாழ 100 உவோற்றுக்களால் உயர்வு கூடுத லாய்த் திடீரென உயர்த்தப்படும்போது அவ்விழையை அவதானித்து இவ் விளைவை எளிதிற் காணலாம். சூழவுள்ள கடத்தியின் அழுத்தம் உயர்த்தப் படும்போது இழையின் துலக்கம் நன்றுகக் குறைவதை அவதானிக்கலாம்.

இலத்திரன்களைக் கவருகின்ற கடத்தியானது அவ்விலத்திரன்களின் மோது கைக்கு ஆளாகி நன்றுக வெப்பமாக்கப்பெறும். இலத்திரன்கள் கடதத தியினுல் உறிஞ்சப்பட இக்கடத்திக்கு இடமாற்றப்படும் இலத்திரன்களின் இயக்கப்பண்புச் சத்தியானது வெப்பவுருவத்திற்றோற்றுகின்றது.

§ 2. இருமின்வாய்வாயில் அல்லது இருமைவாயில்

முந்திய பந்தியில் விவரிக்கப்பட்ட தோற்றப்பாடுகளை, வெப்பவுலோகமுஞ் சூழ்ந்துள்ள கடத்தியும் சுவர்களினூடு பொருத்தப்பட்டுள்ள எற்றவினைக் கம்பிகளைக் கொண்ட வெற்றிடக்கலமொன்றிலே அடைக்கப் பெற்றுலன்றி, திருப்தியுடன் ஆராயப்படமுடியாது. முதலிலே குறிக்கப்பட்ட இவ்விளைவுகளின் அவதானம் 1884 இலே **எடிசனினால்** (Edison) எடுக்கப்பட்டது. **எடிசனென்பவர்** தனது மின்விளக்கின் பரியிலாடவுருவ இழையொன்றின் உறுப்புக்களினிடையே உலோகத் தட்டொன்றை எற்றிப் பொருத்தமான நிபந்தனைகளிலே தட்டுக்கும் இழைக்குமிடையே மின்னோட்டமொன்று பாய்வதை அவதானித்தார். பல ஆண்டுகள் சென்றபின்பே இது வெப்ப விழையிலிருந்து இலத்திரன்களின் காலலின் பயனெனக் காட்டப்பட்டது.

1904 இலே **பிளெமிங்**கென்பவர் (Fleming) "அலைவுவாயில்" எனப் பெயரிட்டு ஒரு கருவியை அமைத்து ஆக்கியுள்ளார். இக்கருவியிலே உயரதிர் வெண்மின்காந்தவலைகளைக் கண்டுபிடிப்பதற்காக வெப்பவயன் மின்னோட்டமொன்று உபயோகிக்கப்பட்டது. **பிளெமிங்கின்** வாயிலிலே வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கண்ணாடிக் குழாயொன்றினுள்ளே மின்வாய்களிரண்டு எற்றப்பட்டிருந்தன. **எதிர்மின்வாய்** ஒருலோக இழையின் உருவத்திலிருந்தது. தட்டு அல்லது **நேர்மின்வாயானது** எதிர்மின்வாயைச் சூழ அல்லது அண்மையில் எற்றப்பட்ட ஒரு தட்டு அல்லது உருளையாயிருந்தது. சேமக்கலன்களின் சிறிய மின்கலவடுக்கொன்றிலிருந்து மின்னோட்டமொன்றை இழையினூடாகப் பாய்ச்சி அது நேராக வெப்பமாக்கப்பட்டது. இப்போது அது இலத்திரன்களைக் காலுகின்றது. மின்னலைவுகள் நிகழ்ந்துகொண்டிருந்த சுற்றினூடு மின்வாய்கள் இணைக்கப்பட்டிருந்தன. எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய்க்குமட்டுமே இலத்திரன்கள் பாயுமாதலின் ஒவ்வோரலைவினதும் நேர்ப்பாதியின்போது மட்டுமே வெப்பவயன் மின்னோட்டம் பாய்ந்தது. அலைவுகளின் சீராக்கலை உண்டாக்கும் இவ்வியல்பானது பதினைராம் அத்தியாயத்தில் முன்னரே விவரிக்கப்பட்டதுபோல அவற்றைக் கண்டுபிடித்தற்கும் உபயோகிக்கப்படலாம். **இருமின்வாய்வாயில்** அல்லது **இருமைவாயிலானது** உணர்கருவியாய் உபயோகிக்கப்படுவதனைத் துணைக்கலங்களுக்கு மின்னேற்றவும், இரேடியோ எட்சுக்கதிர் உபகரணங்களைத் தொழிற்படுத்தவும் ஆடலோட்டத்தின் சீராக்கியாகவும் உபயோகிக்கப்படலாம்.



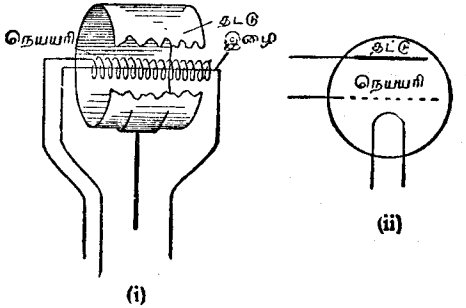
உருவம் 313. அலைவுகளைச் சீராக்கற்குரிய பிளெமிங்கின் வாயில்

தோரியாக்கோத்த அல்லது ஒட்சைட்டுப்பூசிய இழைகள் உபயோகிக்கப்பட்டபோது, முன்னரே பிரயோகிக்கப்பட்ட தூய தங்குதனிழைகளிலும்பார்க்க மிகக் குறைந்த வெப்பநிலைகளிலே இவை தொழிற்படுத்தப்பட்டன. சில

சமயங்களில் அரிதாகவே கட்புலனாகும் மங்கற்செந்தழலிலே தொழிற்படுவதினால் இவை **மங்கற்காலிகள்** எனப்படும். துலக்கமான செந்தழலில் அல்லது எறத்தாழ வெண்டழலிற்றொழிற்படும் **துலக்கக்காலிகளிலிருந்து** இப்பெயரினால் இவை பிரித்தறியப்படும். இக்கால வாயில்கள் மறைமுகமாக **வெப்பமாக்கப்பட்ட எதிர்மின்வாய்களைப்** பெரும்பாலும் பிரயோகிக்கின்றன. இவற்றிலே இழையானது வெறும் வெப்பமாக்கு மூலகம் அல்லது **வெப்பமாக்கியே** ஆகும். ஒட்சைட்டுப்பூசிய நுண்ணிய வுலோகக் குழாயொன்றிலே இது அடைக்கப்பெற்றிருக்கும். இக்குழாயானது வெப்பமாக்கியிலிருந்து பொதுவாக மின்காவலிடப்பெற்ற மெய்யான எதிர்மின்வாயாய் அமைகின்றது. மறைமுகமாக வெப்பமாக்கப்பெற்ற எதிர்மின்வாயானது நேராக வெப்பமாக்கப்பெற்ற வகையிலும் பார்க்கப் பல நயங்களைக் கொடுக்கும். நீளமடங்கலும் ஒரு சீரான அழுத்தமுடையதாக எதிர்மின்வாயை வைத்திருக்க முடியும். எதிர்மின்வாயழுத்தத்தில் எற்ற விறக்க முண்டாகாது நே.ஓ. அல்லது ஆ.ஓ. ஐக் கொண்டு வெப்பமாக்கலைச் செய்தல் கூடும். வாயிலொன்றிலே மின்வாய்களின் தொகையைக் கணிக்கும்போது வெப்பமாக்கியைக் கணக்கில் எடுப்பதில்லை.

§ 3. மும்மை மின்வாய் வாயில் அல்லது மும்மைவாயில்

வெப்பவயன் வாயில்களின் உருவாக்கலிலே **திபொரத்தென்பவர்** (de Forest) மிகுந்த முன்னேற்றத்தைக் கண்டார். இவர் மூன்றாவது மின்வாயிலொன்றை அறிமுகப்படுத்தி **மும்மைமின்வாய் வாயில்** அல்லது **மும்மை வாயிலை** அமைத்தார். மேலதிக மின்வாயிலானது திறந்த நெய்யரி அல்லது சுருளியமைப்பைக் கொண்டதாகும். இது நேர்மின்வாய்க்கும் எதிர்மின்வாய்க்குமிடையே இருக்கும். இது **நெய்யரி** எனப்படும் (உருவம் 314).



உருவம் 314. மும்மைமின்வாய்வாயில் அல்லது மும்மைவாயிலின் முற்காலவகை. (i) கம்பியின் திறந்த சுருளியாக நெய்யரியினூடும், மெல்லியவுலோகத்தின் சிலிண்டராகத் தட்டினூடுஞ் சூழப்பெற்றுள்ள நேரிழை. (ii) வாயிலை வரிப்படங்களிற் குறிக்கும் வழக்கமான முறை

மும்மைவாயிலொன்று தொழிற்படும் வகையானது மின்வாயிலின் ஒரு மனிலும் நிலையிலுந் தங்கியிருப்பதோடு நெய்யரியின் திறந்த வெளியின் விசித்தத்தைப்போன்ற வீவரங்களிலும் பெருமளவுக்குத் தங்கியுள்ளது. ஆயினும், மும்மைவாயிலொன்றின் பொதுத்தன்மை இவ்விவரங்களின்றியே விவாதிக்கப்படலாம். வாயில்களின் கொள்கையைப்பற்றி எடுத்தாளும் போது எதிர்மின்வாயைப் பூச்சியவழுத்தத்திலிருப்பதாகக் கொள்வது வசதியாயிருக்கும். இப்போது வேறெந்த மின்வாயினதும் அழுத்தமானது, எதிர்மின்வாயின் சார்பாய்க் கருதப்படலாம். எதிர்மின்வாயானது நேராக வெப்பமாக்கப்படும்போது அதனழுத்தமானது நீளமடங்கலும் ஒரு சீராயிராது. இச்சந்தர்ப்பத்திலே எதிர்மின்வாயின் எதிர்முனையே பூச்சியவழுத்தப் புள்ளியாகக் கருதப்படும்.

இருமைவாயிலிற்போலவே நேர்மின்வாயானது நேரழுத்தமொன்றிலிருக்கும்போது மட்டுமே மும்மைவாயிலில் மின்னோட்டம் பாயும். இந்த மின்வாயானது பூச்சியவழுத்தத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும்போது அங்குள்ள நெய்யரியானது நேர்மின்வாய் மண்டலத்திலிருந்து எதிர்மின்வாயை ஏறத்தாழத் திரையிட்டுக்கொள்ளும் எதிர்மின்வாயின் அண்மையிலுள்ள மண்டலமானது இவ்வகையாகப் பெரிதும் பெலங்குறைக்கப்பெறுவதினால், வெளியேற்றத்திலிருந்து வெளியேறும் இலத்திரன்களின் தொகையானது வெகுவாகக் குறைக்கப்படும். இவ்விலத்திரன்களிற் சில நெய்யரியினாற் பிடிக்கப்படும். ஆனால், வெளியேற்றத்திலிருந்து வெளியேறுவனவற்றிற் பெரும்பாலானவை நேர்மின்வாய்க்குக் கடந்து செல்லும். ஆகவே, **நேர்மின்வாய் மின்னோட்டமானது** நெய்யரியை உட்புகுத்துவதினாற் பெரிதுங் குறைக்கப்படுமென்பது பெறப்படும். நெய்யரியை நோக்கிச் செல்லும் இலத்திரன்கள் **நெய்யரியோட்டமாக அமைகின்றது.** ஆனால், நெய்யரியானது பூச்சியவழுத்தத்திலிருக்க இந்த மின்னோட்டம் மிகவுஞ் சிறிதாயிருக்கும்.

இப்போது நேரழுத்தமொன்று நெய்யரிக்குப் பிரயோகிக்கப்படுமாயின், எதிர்மின்வாயின் அண்மையிலுள்ள மண்டலமானது பெலப்பிக்கப்பெற்று வெளியேற்றத்திலிருந்து இலத்திரன்களின் பாய்ச்சல் அதிகரிக்கப்பெறும். இவ்விலத்திரன்களிற் பெரும்பாலானவை நெய்யரியின் வெளிகளினூடாக இன்னும் பாய்ந்து நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்லும். எனவே, நெய்யரியழுத்தத்தை உயர்ந்த நேர்மின்வாயோட்டம் அதிகரிக்கும். பூச்சியவழுத்தத்திலிருக்கும் போதிலும் பார்க்க நேராயிருக்கும்போது நெய்யரியானது இலத்திரன்களைக் கூடுதலாக எடுக்கமுயலுமாதலின் நெய்யரியோட்டமும் அதிகரிக்கும். இந்த நெய்யரியோட்டமானது பெரும்பாலும் பார்தூரமான நயக்குறைவைக் கொடுக்குமாதலின் நேர் நெய்யரியழுத்தங்கள் பொதுவாகத் தவிர்க்கப்படுதல் வேண்டும்.

நெய்யரியழுத்தமானது எதிராக்கப்படும்போது இலத்திரன்களின் வெளியேற்றம் பின்னிடைத்து நேர்மின்வாயோட்டந் தணிக்கப்படும். நெய்யரியின் எதிரழுத்தமானது போதியவளவு பெரிதாக்கப்பெறுமாயின், நேர்மின்வாயானது உயர்வான நேரழுத்தமொன்றில் இருந்தாலுங்கூட, நேர்மின்வாயோட்டமானது பூச்சியமாகக் குறைக்கப்படலாம். இது **துண்டிப்பின் நிடந்தனை** எனப்படும். எனவே, **நெய்யரியின் அழுத்தம் உயர்த்தப்பெறுமாயின், நேர்மின்வாயோட்டம் அதிகரிக்கப்பெறும். நெய்யரியின் அழுத்தந் தாழ்த்தப்பெறுமாயின், நேர்மின்வாயோட்டங் குறைக்கப்பெறும்.** இன்னும், நெய்யரியானது எதிர்மின்வாயினண்மையில் இருப்பதன் பயனாக, **நெய்யரியழுத்தத்தின் ஒத்த சிறிய மாற்றங்கள் நேர்மின்வாயோட்டத்தின் அளவை ஆளச் செய்யலாம்.**

நான்கு அல்லது கூடிய தொகையான மின்வாய்களையுடைய வாயில்கள் இப்போது பொதுவான உபயோகத்திலுள்ளன. ஆயினும், இப்பல்மின்வாய் வாயில்களின் இயல்புகளைப்பற்றிய விவரணம் இந்நூலின் நோக்கத்திற்கப்பாற்பட்டதாகும்.

சிறப்பான ஒரு வாயிலிலே பரிசோதனைகள் செய்யப்படமுன்பு மின்வாய்களிலிருந்து வாயிலடியிலுள்ள ஊசிகளின் தொடுப்புகள் அறியப்படல் வேண்டும். புறச்சுற்றுக்குச் செல்லும் பிழையான தொடுப்புகள் வாயிலுக்குச் சேதத்தை விளைவித்தல் கூடும். இழை அல்லது வெப்பமாக்கிக்குப் பிரயோகிக்கப்பெறும் உவோற்றளவும் மற்றும் மின்வாய்களிற் பிரயோகிக்கப்பெறும் அழுத்தங்களும் அதனை ஆக்கியோர் விதித்த தொழிற்படு நிபந்தனைகளிலே தங்கியிருத்தல் வேண்டும். மிதமிஞ்சிய உயர்வான நேர்மின்வாயழுத்தங்களேனும் உயர்வான நேர் மின்னரியழுத்தங்களேனும் உபயோகிக்கப்பெறுதல்கூடாது. இவ்வாறு உபயோகிக்கப்பெறின் நேர்மின்வாயானது மிகைவெப்பமாக்கப்பெறுதல் கூடும்.

நேராக வெப்பமாக்கப்பெற்ற எதிர்மின்வாய்களைக் கொண்ட தாழ்வலு வாயில்களுக்கு எதிர்மின்வாய் வெப்பமாக்கல் மின்னோட்டமானது பெரிய கொள்ளளவுத் துணைக்கலங்களுள் ஒன்று அல்லது பலவற்றையுடைய **தாழிழுவிசை மின்கலவடுக்கொன்றிலிருந்து** வழங்கப்படலாம். நேர்மின்வாயழுத்தமானது ஏறத்தாழ 150 உவோற்றுக்களைக் கொடுக்கக்கூடியதும் இடையிடையே தொடுகைகளைக் கொண்டதுமான சிறிய துணைக்கலங்கள் அல்லது ஈரமில்கலங்களைக் கொண்ட உயரிழுவிசை மின்கலவடுக்கொன்றிலிருந்து வழங்கப்பெறும். விரும்பினால், நேர்மின்வாயழுத்தத்தின் நுண்ணிய மாற்றங்களைக் கொடுப்பதற்காக ஒவ்வொரு $1\frac{1}{2}$ உவோற்றுக்கும் தொடுகையையுடைய சிறிய மின்கலவடுக்கொன்றை உ.இ. மின்கலவடுக்கினோடு தொடர் நிலையில் இணைக்கலாம். தேவைப்படும்போது பல நெய்யரியழுத்தங்களைக் கொடுக்க, ஒவ்வொரு $1\frac{1}{2}$ உவோற்றுக்குந் தொடுகையையுடைய **நெய்யரிச்சாருகை மின்கலவடுக்கொன்றுந்** தேவைப்படும். அன்

றேல், துணைக்கலங்கள் பலவற்றின்குறுக்கேயுள்ள அழுத்தப்பிரிவிடுங்கருவி யொன்று உபயோகிக்கப்படலாம். நெய்யரியழுத்தம் அல்லது **நெய்யரிச் சாருகை,** முன்னரே விவரிக்கப்பட்டதுபோல, நேர்மின்வாயோட்டத்தைக் கட்டுப் படுத்தி விரும்பிய சிறப்பான வகையிலே வாயிலைத் தொழிற்படுத்த உதவும்.

உ.இ. மின்கலவடுக்கின் எதிர்முனையும், **நெ.சா.** மின்கலவடுக்கின் ஒரு முனையும் (வழக்கமாக நேர்முனை), வாயிலின் எதிர்மின்வாயிலோடு இணைக்கப்பெறுதல் வேண்டும்.

இக்காலத்து வாயில்களிற் பெரும்பாலானவை, பேரியம், தூரந்தியம் ஒட்சைட்டுக்களின் மங்கற்காலிக் கல்வைப்பூச்சிடப்பெற்ற நிக்கற்குழாயொன் றைக் கொண்ட, மறைமுகமாக வெப்பமாக்கப்பட்ட, எதிர்மின்வாய்களை யுடையனவாம். ஆடல் அல்லது நேர்மின்னோட்டமானது ஊடாகச் செலுத் தப்படும் காவலிட்ட தங்குதன் கம்பியின் தடம் அல்லது கட்டொன்றினூல் நிக்கற்குழாயானது உட்புறமாக வெப்பமாக்கப்படும். வாயிலானது உப யோகத்திலிருக்கும்போது, 1 **மைப.** தொடக்கம் 5 **மைப.** வரை கொள் ளளவையுடைய "அழுத்தமாக்கும்" ஒடுக்கியொன்றினூடு சமாந்தரநிலை யில் இணைக்கப்பெற்றுள்ள தடையொன்றினூடாக நிக்கற்குழாயானது புவி யினூடிணைக்கப்பட்டிருக்கும். எதிர்மின்வாயின் ஒட்சைட்டுப் பூச்சினூற் காலப் பெறும் இலத்திரன்கள் புவியிலிருந்து எதிரோட்டமாகத் தடையினூடு பாயும். இது எதிர்மின்வாய நேரழுத்தத்தில் வைத்துக்கொள்ளும், ஆகவே, புவியிணைப்பையுடைய நெய்யரியுடன். எதிர்மின்வாயானது நெய் யரியிலும் பார்க்க உயர்வுகூடிய அழுத்தத்தில் வைக்கப்படுகின்றது. தடை யானது எதிரான நெய்யரிச்சாருகையொன்றைக் கொடுக்கின்றது.

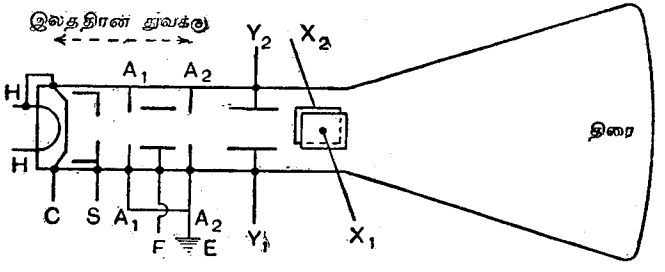
பரிசோதனை வேலைக்காகப் புவிப்பக்கத்திலே தொடர்நிலையில் எற்ற மில்லியம்பியர்மானியொன்முடன் கூடிய 50,000 ஓம் (ஆகவுயர்ந்தது) மாறுஞ்சாருகைத் தடையொன்று உபயோகிக்கப்படலாம். இப்போது "பயன் படு" நெய்யரிச்சாருகையானது மெய்யாக உபயோகத்திலுள்ள தடையினதும் மில்லியம்பியர்மானியினூற் குறிக்கப்பெறும் மின்னோட்டத்திலதும் பெருக்க மாகப் பெறப்படும்.

தேவையான நேர்மின்வாயோட்டமானது 10 **மி.அ.** இலும் மிகுந்திருப்பின் வலுவழுங்கனிலையமொன்றின் அல்லது வலுக்கட்டொன்றின் உபயோகமே தேவையான நேர்மின்வாயழுத்தத்தைப் பெறுதற்கு மிகத்திருப்தியான முறையாகும். பொருத்தமான நிலையமொன்று 9 ஆம் பிரிவில் விவரிக்கப் பட்டுள்ளது.

இப்பிரிவில் விவாதிக்கப்பட்ட வாயில்கள் உயர்வாய் வெற்றிட்மாக்கப் பெற்ற வகையினவாம். விசேட தேவைகளுக்காகச் சிலசமயங்களிலே வாயு வின் சிறிய கணியமொன்று ஆராய்வோடு உட்புகுத்தப்படும். இது வாயு வின் தன்மையை வெகுவாய் மாற்றும். வாயுவிலுள்ள மின்னிறக்கத் தைப்பற்றியும் வாயுநிரம்பிய வாயில்களின் இயல்பைப் பற்றியும் 5 ஆம் 6 ஆம் பிரிவுகளில் எடுத்தாளப்பட்டுள்ளன.

§ 4. எதிர்மின்வாய்க்கதிர் அலைவுபதிகருவி

எதிர்மின்வாய்க்கதிர் அலைவுபதிகருவி (அல்லது **அலைவுகாட்டி**) எனப்படும் எதிர்மின்வாய்க் கதிர்க்குழாயின் இக்கால வகையானது நிகழ்ச்சிகளின் காலத்தைத் திருத்தமாயறிதற்கும் உயரதிர்வெண் தோற்றப்பாடுகளைப்பற்



உருவம் 315. எதிர்மின்வாய்க் கதிர்க்குழாய்

றிய ஆராய்ச்சிக்கும் பெரிதும் உதவியாய் அமைந்துள்ளது. எதிர்மின்வாய் அருவிப்பாய்ச்சலிலே இலத்திரன்களுக்குரிய e/m (மின்னேற்றம்/திணிவு) இன் பெறுமானத்தைத் தீர்மானித்தற்குப் **புரோனினூல்** (Braun) அறி முகஞ்செய்யப்பெற்று **சே. சே. தொம்சனினூல்** (J. J. Thomson) உபயோ கிக்கப்பட்ட குழாயின் தத்துவத்திலோடு இது ஒத்ததாகும். இலத்திர னொன்று அதன் மின்னேற்றத்தின் பயனுக மின்மண்டலமொன்றினூலும், இயங்கிக்கொண்டிருக்கும்போது காந்தமண்டலமொன்றினூலும் தாக்கப் படும். இதன் திணிவு மிகச் சிறிதாயுள்ளதாதலின் ஆடலழுத்தங்களினூலும் உயரதிர்வெண் மின்னோட்டங்களின்பயனுன காந்தமண்டலங்களினூலும் இது தூண்டப்பெறும். குழாயினுள்ளேயுள்ள உறிஞ்சியொளிவீசுந் திரை யொன்றின் உதவியைக்கொண்டு கற்றையின் விளைவான திரும்பலானது கட்புலனுகின்றது.

எதிர்மின்வாய்க்கதிர்க் குழாயானது (உருவம் 315) நீண்ட உருளை வடிவான கழுத்தையுடைய கூம்புக்குடுவையைப்போன்ற உருவத்தை யுடைய, வெற்றிடமாக்கப்பெற்ற, ஒரு குழாயாகும். பொறிமுறைத்திறனுக் காகச் சிறிது வட்டமாக்கப்பெற்ற குழாயின் பெரிய முனையானது திரை யாயமையுமாறு உட்பக்கத்திலே ஒளிருந் திரவியப் பூச்சிடப்பெற்றுள்ளது. உருளைப்பாகமானது **இலத்திரன்றுவக்கு** எனப்படும் இலத்திரன்களின் செறிந்த கற்றையொன்றைப் பெறுதற்கான மின்வாய்த் தொகுதியைக் கொண்டுள்ளது. வழக்கமாக மறைமுகமாக வெப்பமாக்கப்பெறும் எதிர் மின்வாய் **C** ஐயும், திரை அல்லது நெய்யரி **S** ஐயும், துளையிடப்பெற்ற நேர்மின்வாய் A_1A_2 ஐயும் இது கொண்டுள்ளது. நேர்மின்வாயானது பொதுவாக மின்வாய் **F** ஐயுஞ் சேர்த்திருக்கும். இந்த மின்வாயின்

நோக்கம் திரையிலே கூர்மையாக வரையறுக்கப்படும் பொட்டொன்றுக்குக் கற்றையைக் குவிப்பதேயாம். இந்த மின்வாயமைப்பின் பாதிப்பைத்தவிர இலத்திரன் துவக்கின் போக்கு பெரும்பாலும் மும்மைவாயிலினதைப் போன்றிருக்கும். கற்றையின் செறிவு, ஆதலின் பொட்டின் துலக்கம், திரையின் அழுத்தத்தினால் ஆளப்படும்.

இலத்திரன் துவக்கிலிருந்து வெளிச்செல்லும்போது கற்றையானது திரும்பற்றொகுதியொன்றினூடாகச் செல்லும். இது சமாந்தரத்தட்டுகளின் சோடிகளிரண்டைக் கொண்டிருக்கலாம். முதலாவது சோடியாகிய Y_1Y_2 இன் தளமானது இரண்டாவது சோடியாகிய X_1X_2 இன் தளத்திற்குச் செங்குத்தாயிருத்தல்வேண்டும். X தட்டுகளினிடையே அழுத்தவித்தியாசமொன்று பிரயோகிக்கப்படுமாயின் ஒளிரும் பொட்டானது கிடையாகத் திருப்பப்பெறும். Y தட்டுகளுக்குப் பிரயோகிக்கப்படும் அழுத்தவித்தியாசமானது பொட்டின் நிலைக்குத்தான தனித்திரும்பலை உண்டாக்கும். திரும்பலானது அழுத்தவித்தியாசத்திற்கு விகிதசமமாயிருக்குமாறு தட்டுக்கள் பொதுவாய் அமைக்கப்பெற்றுள்ளன. ஆயினும், இரண்டு திசைகளிலும் உணர்திறன் வேறுபட்டிருக்கும். இதனைவிட, குழாயின் வெளியே வைக்கப்பெற்றுள்ள சுருள்களைக்கொண்டு காந்தத்திரும்பல் உண்டாக்கப்படலாம்.

தட்டுக்களின் ஒரு சோடிக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசமானது காலத்திற்கு மாற்றப்படுமாயின் பொட்டானது திரையிலே விரைந்து செல்லும். திரையின் பின்னையவொளிர்வினாலும் பார்வை நிலைபேற்றினாலும், பொட்டானது போதிய வேகத்திற்கு செல்லுமாயின் தொடர்ந்த சுவட்டுத் தோற்றத்தைக் கொடுக்கும். முன் தீர்மானித்த முறையொன்றிலே திரையின் குறுக்காகப் பொட்டை இயக்கச்செய்யும் அமைப்பானது **நேரவடி** எனப்படும். இதன் மிகப்பொதுவான வகை **நேர்கோட்டு நேரவடி** எனப்படும். இதிலே பொட்டானது இடமிருந்து வலமாக ஒரு சீரான வேகமொன்றுடன் இயங்கி, ஒழுங்கான இடைவெளிகளிலே முன்னடிப்பைத் திரும்பவும் பெறுதற்காக மீண்டுந் திரும்பிப் பாயும். Y தட்டுகளுக்கு ஆடலழுத்த வித்தியாசமொன்று இப்போது பிரயோகிக்கப்படுமாயின் பொட்டானது மேலுங் கீழும் அலையும். இதன் பயனாக அழுத்தத்தின் அலையுருவமானது திரையிலே குறிக்கப்பெறும்.

X, Y தட்டுக்களுக்கு ஆடலழுத்தங்களிரண்டு ஒரேநேரத்திற் பிரயோகிக்கப்பெறுவனவாயின், ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான திசைகளிலே ஒரே நேரத்தில் நிகழ்ந்துகொண்டிருக்கும் அலைவுகளிரண்டும் **இலீசசூவின்** (Lissajou) உருவங்களை உண்டாக்கும். அதிர்வெண்களிரண்டையும் ஒப்பிடுவதற்காக இவ்வுருவங்கள் உபயோகிக்கப்படலாம். நிலைமையில் வேறுபடுகின்ற ஒரேயதிர்வெண்ணையுடைய ஆடலழுத்தங்களிரண்டு நிள்வளைய மொன்றையுண்டாக்கும். வீச்சுக்களிரண்டுஞ் சமமாக்கப்பட்டால், நிள்வளையமானது, நிலைமைவித்தியாசம் பூச்சியத்திலிருந்து 90 பாகைமட்டும் மாற்றப்

படும்போது எல்லைநிலைமைகளாக நேர்கோடொன்றிலிருந்து வட்டமாக மாறும். ஆகவே, நிலைமைத் தொடர்பானது நிள்வளையத்தின் உருவத்திலிருந்து தீர்மானிக்கப்படலாம். சுற்றென்றிலுள்ள மின்னோட்டத்திற்கும் பிரயோகிக்கப்பட்ட **மி. இ. வி.** இற்குமிடையேயுள்ள நிலைமைத் தொடர்பை அவதானிப்பதற்கு ஓர் எளிய முறையை இது கொடுக்கின்றது. மின்னோட்டத்தின் நிலைமையானது தூய தடையொன்றின் குறுக்கேயுள்ள **அ.வி.** இனதேயாகும். ஆகவே, சுற்றிலே தடையொன்றைச் சேர்த்துக்கொண்டு தட்டுக்களின் ஒரு சோடியினது முனைகளின்குறுக்கே **அ.வி.** ஐப் பிரயோகித்து இது அவதானிக்கப்படலாம். அப்போது **மி.இ.வி.** இன் உற்பத்தியின் குறுக்கேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது தட்டுக்களின் மற்றச்சோடிக்குப் பிரயோகிக்கப்படுதல்வேண்டும்.

தொடர்நிலையிலுள்ள கடத்தியொன்றினதுந் தடையொன்றினதும் நிலைமைப்பிளவியல்பை உபயோகித்து **நிள்வளைய நேரவடி** ஒன்றைப் பெறமுடியும். தடை R உம் ஒடுக்கி C உந் தொடர்நிலைமையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது இரண்டிலுமுள்ள மின்னோட்டம் ஒரே நிலைமையிலிருக்கும். எனவே, C இன் குறுக்கேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது R இன் குறுக்கேயுள்ள **அ.வி** இலும் 90° நிலைமை மாறியிருக்கும். R இன் குறுக்கே X தட்டுக்களையும் C இன் குறுக்கே Y தட்டுக்களையும் இணைத்துக் கிடைத்தளமாயும் நிலைக்குத்துத்தளமாயும் அச்சுக்களையுடைய நிள்வளையமொன்றைப் பெறமுடியும். C இனதும் R இனதுஞ் சார்பான பெறுமானங்கள் குறித்தவதிர்வெண்ணொன்றிலே நிள்வளையத்தின் உருவத்தைத் தீர்மானிக்கும். நிள்வளைய நேரவடியானது அதிர்வெண்களின் ஒப்பீட்டிற்கு உபயோகமுள்ளதாகும். தெரியாவதிர்வெண்ணின் அலையானது நிள்வளையத்தின்மேற் பொருத்தப்படும்போது Y தட்டுகளுக்கு ஏற்ற இணைக்கம்பிகளினுள்ளே தெரியாவதிர்வெண்ணனது செலுத்தப்படும். நேரவடியின் அதிர்வெண்ணிலேயே பொட்டானது நிள்வளையத்திற் செல்கின்றதாதலின், தெரியாவதிர்வெண்ணனது நேரவடியினது அதிர்வெண்ணின் முழு மடங்குத்தொகையாயிருக்கும்போது நிலையான எளிய மாதிரியுருவமொன்று அவதானிக்கப்படும். சுவட்டினது நேர்முடியின் தொகையை எண்ணி விகிதம் பெறப்படும்.

கருவிகள் சிலவற்றிலே கற்றையின் மையத்திலுள்ள மூன்றுவது Y தட்டொன்றைக்கொண்டு கற்றையானது இரண்டாகப் பிளக்கப்படும். எனவே, திரையில் இரட்டைச்சுவடொன்று பெறப்படும். இரட்டைக்கற்றை அலைவுபதி கருவியிலே கற்றைகளிரண்டினதுங் கிடைத்தளப் பெயர்ச்சிகள் ஒரு காலங் காட்டக்கூடியதாக்கப்படும். இதனால், அழுத்தத்தின் தனிமாறல்கள் வெளியேயுள்ள Y தட்டுகளுக்குப் பிரயோகிக்கப்படலாம். அலையுருவங்களிரண்டினது ஒரேகாலச் சுவடுகள் இவ்வாறுகப் பெறப்படலாம்.

எதிர்மின்வாய்க்கதிரலைவுபதிகருவியின் பல உபயோகங்களைப்பற்றிக் கணக் கெடுத்துக் கூறுதல் இங்கு முடியாது. வளைவுகோடுகளின் தன்னியக்கச் சுவடுகாண இது உபயோகிக்கப்படும். உதாரணமாக, ஆடல் நெய்யரியழுத் தத்தை அல்லது நேர்மின்வாயழுத்தத்தை X தட்டுகளுக்கும், நேர்மின் வாயோட்டத்தை (அல்லது நேர்மின்வாயோட்டத்தினுல் தடையொன்றிலுண் டாக்கப்படும் அ.வி. ஐ) Y தட்டுகளுக்கும் பிரயோகித்து வாயிலியல்புகள் ஆராயலாம். இன்னும், இரும்பின் மாதிரித்துண்டுகளுக்குரிய பின்னிடைவு வளைகோடுகளின் சுவடு, அலைவுபதிகருவியைக்கொண்டு வரையப்படலாம்.

எதிர்மின்வாய்க்கதிரலைவுபதிகருவியானது இரேடாரிற் பரந்த உபயோ கத்தைப் பெறுவதுடன், தொலைப்பார்வையிலும் பிரயோகிக்கப்பெறும். தொலைப்பார்வையிலே திரையினூடாகச் சமாந்தர நேர்கோடுகளின் தொட ரொன்றைப் பொட்டானது வரையுமாறு தட்டுக்களின் சோடிகளிரண்டிற்கும் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களையுடைய கோட்டுநேரவடிகள் ஒரே நேரத்திற் பிரயோகிக்கப்படும். இக்கோடுகள் அவ்வளவு அண்மையிலிருப்பதினுல் ஒருசீராகவொளிரும் செவ்வகமாகத் தோற்றுகின்ற இரசுத்தர் என்பதை அமைக்கும். திரையில் இயங்கும்போது பொட்டின் துலக்கத்தை மாற்றித் தொலைப்பார்வைப்படமானது உருவாக்கப்படும்.

எதிர்மின்வாய்க்கதிரலைவுபதிகருவியின் எளிய பிரயோகங்கள் சில பின் வரும் பந்திகளிற் கொடுக்கப்படும்.

§ 5. வாயுக்களிலே அயனுக்கவோட்டம்

வெப்பவயன் குழாயொன்றிலுள்ள வெற்றிடமானது மிக்க உயர்வா யிருக்கும்போது சராசரிக் கட்டில்லா வழியானது அவ்வளவு பெரிதாயி ருப்பதினுல் வாயுமூலக்கூறொன்றிலேடு மோதுகை மிக்கவரிதாயிருக்க இலத்திரன்கள் எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய்க்குப் பாயும். ஆகவே, உயர்வெற்றிடக் குழாயொன்றிலுள்ள வாயுவின் மிகச்சிறிய அள வானது வாயிலின் போக்கைப்பற்றி விவாதிக்கும்போது நிராகரிக்கப்பட லாம். உயர்வெற்றிடக் குழாயை **வன்வாயில்** எனலாம். **மென்வாயில்** ஒன்றிலே வாயுவின் கணிப்புக்குரிய அளவொன்று குழாயில் விடப்படும். இலத்திரன்களுக்கும் வாயுமூலக்கூறுகளுக்குமிடையே மோதுகைகள் நிக ழும். தனியிலத்திரன்கள் போதிய சத்தியையுடையனவாயின் மோதப் பெற்ற மூலக்கூறுகளின் பிரிக்கையே விளைவதல் கூடும். மூலக்கூறனது அதனை இலத்திரன்களில் ஒன்று அல்லது பலவற்றை இழந்து ஒரு **நேரயன்,** அதாவது, நேராக மின்னேற்றப்பட்ட மூலக்கூறு, ஆகின்றது. வெளியேற்றப்பட்ட இலத்திரன்கள் தொடர்ந்து கட்டற்ற இலத்திரன்களா யிருக்கலாம். அன்றேல், மற்றும் மூலக்கூறுகளோடு இணைந்து **எதிர யன்கள்** ஆகலாம். எதிரயன்கள் குழாயிலுள்ள மின்மண்டலத்தினுல்

நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செலுத்தப்படும். நேரயன்கள் எதிர்த்திசையிலே செல்லும். எதிர்த்திசைகளில் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் எதிராக மின் னேற்றப்பட்ட இவ்வயன்கள் வெப்பவய னேட்டத்தினேடு சேர்ந்த ஓரயனுக்க வோட்டமாக அமைகின்றது. வாயுமூலக்கூறுகளோடு மோதும்போது மேல திகமான அயன்களை உண்டாக்கப்போதிய சத்தியை இவ்வயன்கள் முறையே பெறுதல் கூடும். ஆகவே, **மோதுகையினுல் அயனுதல்** எனப்படும் இந்நிகழ் ச்சியானது ஒன்றுகத் திரளத்தக்கதாகும். அயனுக்கவோட்டமானது வரைய றையற்று அதிகரிக்க முயலும்.

பெருங்கேடு தருகின்ற மின்னேட்டவதிகரிப்பொன்றைத் தவிர்ப்பதற்காக அயனுதலின் வீதத்தைக் குறைப்பதற்கு இப்போது மின்செறிவைக் குறைத் தல் வேண்டும். சுற்றிலே ஏற்ற தடையொன்றைச் சேர்த்து இதனை எளிதிற் செய்யலாம். சுற்றனது மூடப்படும்போது தொடக்கத்தில் மின்னேட்டம் இல்லாததினுல் சுற்றிலுள்ள தடையானது முழு அழுத்தவித்தியாசமும் குழாய்க்குப் பிரயோகிக்கப்படுவதைத் தடுக்காது. குழாயிலுள்ள மின் னேட்டமானது அதிகரிக்க, அதனைப் போலவே புறத்தடையினூடான அழுத்த வித்தியாசமும் அதிகரிக்கும். இக்காரணத்தினுற் குழாயிலுள்ள மின்மண்ட லம் குறைக்கப்பெறும்.

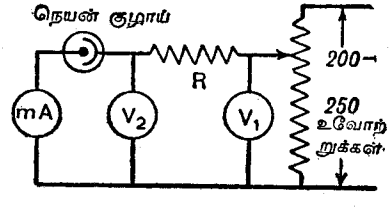
வெப்பவெதிர்மின்வாயொன்றின் உதவியின்றியே அயனுக்கவோட்டங்கள் உண்டாக்கப்பெறலாம். இச்சந்தர்ப்பத்திலே மிக்கவுயர்ந்த அழுத்தங் களைப் பிரயோகிப்பது பொதுவாக அவசியமாகின்றது. மின்னிறக்கமொன் றைத் தொடக்கத் தேவையான மின்மண்டலத்தின் திறனானது, வாயவின் இயல்பினும் அமுக்கத்தினும் வெகுவாய்த் தங்கியுள்ளது. மிகத்தாழ்ந்த வாயுவமுக்கத்திலே இவ்வழியாக மின்னிறக்கத்தை உண்டாக்குதல் செய் முறையில் முடியாததாகும். ஆனுல், நேயனைக்கொண்டுள்ள குழாய்கள் பொதுவாக வழங்கு முதற்கம்பிகளிலே நேராக உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இந்த நேயன் விளக்குகளிலே மின்னேட்டத்திலே தேவையற்ற அதி கரிப்பைத் தடுப்பதறகாக, முடியில் ஏற்ற தடையொன்று பெரும்பாலும் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

நேயன் குழாயொன்றின் தன்மை மிகவுங் கவர்ச்சிக்குரியதாகும். போதி யவளவு உயர்ந்த அழுத்தமொன்றைப் பிரயோகித்துக் குழாயிலுள்ள வாயுவானது அயனுக்கப்பட்டவுடன் குழாயானது கடத்தாது விடுமுன்பே அதனூடான அழுத்தவித்தியாசத்தை மிகவுங் குறைத்தல்கூடுமெனக் காணப்படுகின்றது. குழாயானது கடத்திக்கொண்டிருக்கும்போது அக் குழாயினூடான அ.வி. இல் மிகச்சிறிய மாற்றங்கள் மின்னேட்டத்திலே அதிக மாற்றங்களை உண்டாக்கும். ஆகவே, குழாயினேடு தொடர்நிலை யிலே போதியவளவு உயர்ந்த தடையொன்றைச் சுற்றனது கொண்டுள்ள தாயின் பிரயோகிக்கப்பட்ட உவோற்றளவில் மிகுந்த மாற்றங்கள் குழாயின் குறுக்கேயுள்ள அ.வி. இல் மிகச்சிறிய விளைவை உண்டாக்குகின்றன.

பிரயோகிக்கப்படும் உவோற்றளவு அதிகரிக்கப்படும்போது மினனோட்டம் அதிகரிக்கும். இதனைப்போலவே புறத்தடையினூடான **அ.வி.** உம் அதிகரிக்கும். குழாயின் குறுக்கேயுள்ள **அ.வி.** ஆனது மிகச்சிறிய மாற்றத்தைக் காட்டுமென்பதே மொத்த விளைவாகும். உண்மையில் நேயன் குழாயின் பயன்படுதடையானது மின்னோட்டத்திலேடு ஏறத்தாழ நேர்மாறான் விகித சமமுடையதாகும். இவ்வியல்பின் காரணத்தினால் நேயன்குழாயானது மிக்க வுபயோகமுள்ள ஓர் **உவோற்றளவுறுதியாக்கியாய்** அமைகின்றது.

பரிசோதனை 266. நேயன்குழாய். வாயுக்களிலே அயனுக்கவோட்டங்கள்.—முடியிலே பாதுகாப்புத்தடையில்லாத நேயன்விளக்கொன்று அல்லது உவோற்றளவுறுதியாக்கற்கு வழங்கப்பெறும் வகையான நேயன் குழாயொன்று ஏறத்தாழ 3000 ஓம் புறத்தடை **R** இனூடாகத் தொடர்ந்து மாறுகின்ற **நே.ஓ.** வழங்கலிடமொன்றிலேடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அழுத்தப் பிரிவிடுகருவியொன்றிலேடுகூடிய வலுக்கட்டொன்று இத்தேவைக்கு மிகப் பொருத்தமானதாகும். 0 – 250 உவோற்று உவோற்றுமானிகளிரண்டும், குழாயின் வகைக்கேற்ப 0 – 100 **மி.அ.** அல்லது கூடுதலான மில்லியம்பியர்மானியொன்றும் 316 ஆம் உருவத்திற் காட்டியபடி இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

ஏறத்தாழ 100 உவோற்றிலே தொடங்கி, பிரயோகிக்கப்படும் உவோற்றளவைப் படிப்படியாக அதிகரிக்க. குழாயின் குறுக்கேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசம் V_2 ஐ அவதானித்துக் குழாயானது ஒளிர்வதற்குச் சரிமுன்பாக அடைந்த ஆகவுயர்ந்த பெறுமானத்தைக் குறித்துக்கொள்க. இப்போது உவோற்றளவை ஆறுதலாகக் குறைத்துக்கொண்டு மின்னிறக்கந் தொடங்குதற்குச் சரிமுன்பாகக் குழாயின் குறுக்கேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்தின் மிகக்குறைந்த பெறுமானத்தை அவதானிக்க. உவோற்றளவின் தொடக்கப் பெறுமானத்திற்கும் ஒழிவுப் பெறுமானத்திற்குமிடையேயுள்ள இவ்வித்தியாசமானது, எதிர்மின்வாய்க்கதிரலைவுபதிகருவியோடு கூடிய உபயோகத்திற்காக நேரவடியிலே நேயன் குழாயொன்றின் பிரயோகஞ் சம்பந்தமாகக் கவர்ச்சிக்குரியதாகும்.



உருவம் 316. வாயுக்களிலே அயனுக்கவோட்டங்கள்

இப்போது, சிறிய படிகளிலே பிரயோகிக்கப்பட்ட உவோற்றளவு V_1 ஐ அதிகரிக்கச் செய்து மின்னோட்டத்தின் விடக்கூடிய உயர்வுப்பெறுமானத்தை அடையுமட்டும் V_1, V_2 களின் ஒத்த பெறுமானங்களையும் மின்னோட்டம் **I** ஐயும் அவதானிக்க. பிரயோகிக்கப்பட்ட உவோற்றளவிலேடு மின்னோட்டமானது மிகவும் மாறுபடுகின்ற போதிலும், குழாயின் குறுக்கேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசமானது ஏறத்தாழ மாறிலியாயிருப்பதை அவதானிக்க. தடை **R** இன் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்கு இப்பரிசோதனை திருப்பிச் செய்யப்படல் வேண்டும். எப்போதும் **R** ஆனது குழாயின் அழிவைத் தவிர்க்கப்போதிய உயர்வாயிருத்தல் வேண்டும் என்பதை அவதானித்துக்கொள்க.

நேயன் குழாயானது வழங்கலுவோற்றளவிலுள்ள மாற்றங்களுக்கு ஈடு செய்வதோடு சேர்ந்த சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டத்தின் மாற்றங்களுக்கும் ஈடுசெய்யும். இம்மின்னோட்டம் வீழ்ச்சியடையுமாயின், சுற்றிலுள்ள உவோற்றளவதிகரிப்பொன்று நேயன் குழாயினூடான மின்னோட்டவதிகரிப்பொன்றிலுற் பெரும்பாலும் நடுநிலையாக்கப்படும். நேயன் குழாயின் மின்வாய்களிரண்டினிடையே மில்லியம்பியர்மானியொன்றிலேடு பெரிய மாறுந்தடையொன்றைத் தொடர்நிலையில் இணைத்து இவ்விளைவைக் காட்டலாம். இவ்வமைப்பின் பயனானது உறுதியாக்குஞ் சுற்றிலுள்ள **R** இன் பெறுமானத்திலே தங்கியுள்ளது.

நேயன் குழாயொன்று ஓர் உவோற்றளவுறுதியாக்கியாய் உபயோகிக்கப்படும்போது எந்தச்சுற்றின் குறுக்கே உறுதியாக்கிய உவோற்றளவு தேவைப்படுகின்றதோ அந்தச்சுற்றுனது, நேயன் குழாயின் குறுக்கே நேராக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். பெறப்படக்கூடிய உவோற்றளவானது குழாயின் தொழிற்படும் உவோற்றளவினால் தீர்மானிக்கப்படும். ஆனால், சுற்றிலேடு தொடர்நிலையிலுள்ள பொருத்தமான தடையொன்றின் உபயோகத்தினால் தாழ்வுகூடிய பெறுமானங்கள் பெறப்படும். உயர்வுகூடிய உவோற்றளவுகள் தேவைப்படுவனவாயின் இரண்டு அல்லது கூடுதலான நேயன் குழாய்கள் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்படலாம்.

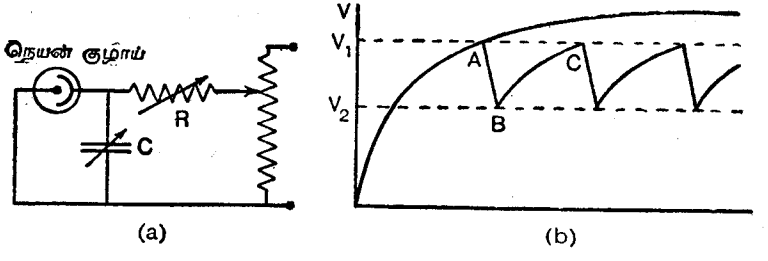
நேரவடியாக நேயன் குழாயொன்றை உபயோகிக்கவேண்டுமாயின், குழாயின் குறுக்கே ஒடுக்கியொன்று இணைக்கப்படுதல் வேண்டும் (உருவம் 317 (*a*)). தடை **R** இலேடு தொடர்நிலையிலுள்ளதுங் கொள்ளளவு **C** ஐயுடையதுமான ஒடுக்கியொன்று, **மி.இ.வி.** **E** ஐயுடைய மின்கலவடுக்கிலேடு இணைக்கப்படுமாயின், ஒடுக்கியானது அடுக்குக்குறி முறையாக மின்னேற்றுகின்றது. சுற்று மூடப்பட்டுக் காலம் t இன் பின்பு ஒடுக்கியின் குறுக்கேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசம் **V** ஆனது

$$V = E\,(1 - e^{-t/RC})$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். **V** ஐ t இற் கெதிரே குறிக்க உருவம் 317 (*b*) இன் தொடர்ந்த அழுத்தமான வளைகோடு பெறப்படும்.

ஒடுக்கியின் குறுக்கே நேயன் குழாயொன்று இணைக்கப்பெற்றிருக்கத் தொடக்கவழுத்தம் V_1 இலும் பார்க்க **E** ஆனது மிகப் பெரிதாயிருக்குமாயின், ஒடுக்கியானது புள்ளி **A** மட்டும் மின்னேயேற்றும். அப்போது குழாயானது கடத்தியாகும். குழாயின் தடையிலேடொப்ப **R** ஆனது

பெரிதாயின், புள்ளி **B** இலே அழிவழுத்தம் V_2 ஐயடையுமட்டுங் குழாயினூடாக ஒடுக்கியானது விரைவாய் மின்னேயிறக்கும். இப்போது குழாயானது கடத்தாது நிறுத்த ஒடுக்கியின் குறுக்கே அழுத்தவித்தியாசம் புள்ளி **C** இலே திரும்பவும் V_1 இற்கு எழுகின்றது. இதனேப்போலவே மீண்டும் நிகழும். இந்நிகழ்ச்சியானது ஒழுங்கான கால இடைகளிலே திருப்பப் பெறுவதினுல், ஒடுக்கியின் குறுக்கே அழுத்தவித்தியாசமானது வாட்பல் வளேகோட்டினுற் குறிக்கப்படும். V_2 இலிருந்து V_1 இற்கு மின்னேற்ற ஒடுக்கியானது எடுக்குங் காலம் பெருக்கம் **RC** இனலும் **E** இனுலுந் தீர்மானிக்கப்படும். **E** ஆனது அதிகரிக்கப்படுமாயின் உருவம் 317 (*b*) இன் தொடர்ந்த வளே



உருவம் 317. நேயன் நேரவடி

கோடானது கூடிய உயரத்திற்கு எழுகினறதாதலின், V_1V_2 பாகத்திலே இது சாய்வு கூடியதாயிருக்கும். ஆகவே, **E** ஐ அதிகரிக்க அதிர்வெண்ணும் அதிகரிக்கும். பெருக்கம் **RC** அதிகரிக்கப்படுமாயின் ஒடுக்கியானது கூடிய ஆறுதலாக மின்னேற்றுமாதலின், அதிர்வெண் குறைக்கப்படுகின்றது.

R இனதும் **C** இனதும் போதிய பெரிய பெறுமானங்களுடன் பளிச்சீட்டை மிக்க ஆறுதலாக நிகழச்செய்யலாம். நிறுத்தற் கடிகாரமொன்றைக் கொண்டு பளிச்சீடுகளின் பொருத்தமான தொகைக்குரிய காலத்தைக் கண்டு ஆவர்த்தனகாலத்தைத் தீர்மானிக்கலாம். பெருக்கம் **RC** ஆனது குறைக்கப்படும்போது பளிச்சீடுகளின் அதிர்வெண் பெரிதாகின்றதாதலின் பளிச்சீடுகளே அவதானித்தற்குரிய சிறந்த முறையானது எதிர்மின்வாய்க் கதிரலேவுபதிகருவியைக் கொண்டதாகும்.

அலேவுபதிகருவியின் **X** தட்டுக்களே ஒடுக்கியினூடாக இணைத்து, மேலே விவரிக்கப்பட்ட சுற்றை ஒரு நேரவடியாக உபயோகித்தல் கூடும். ஒடுக்கியானது **B** இலிருந்து **C** இற்கு மின்னேற்றும்போது பொட்டானது திரையின் குறுக்கே கிடைத்தளமாயியங்கும். நீண்ட சுவடொன்று தேவைப்படுமாயின் பெருக்கியொன்று அவசியமாகும். **A** இலிருந்து **B** இற்கு மின்னிறக்கம் நிகழும்போது பொட்டானது அடுத்த அடிப்புக்கு ஆயத்தமாகத் தொடக்க நிலேயிலிருந்து விரைவாகத் திரும்பிப் பாயும். **திரும்பிப் பாயுங்** காலமானது முன்னடிப்பின் நிகழ்ச்சியினேடொப்பக் குறுகியதாயிருத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 267. நேயன் நேரவடி.—பலவிலேச ஒமின் மாறுந்தடை **R** ஐயும் 1 μF இன் தசமவொடுக்கிப் பெட்டியொன்றையுந் தொடர்நிலேயில் உறுதியான அழுத்தத்தின் மாறும் வழங்கலொன்றினேடு இணைக்க. வலுக்கட்டொன்று (பிரிவு 9) உபயோகிக்கப்படுமாயின் பயனனது நன்குகமட்டமாக்கப்படல் வேண்டும். ஒடுக்கியின் குறுக்கே நேயன் குழாயொன்று இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும் (உருவம் 317 (*a*)). குழாயானது பளிச்சிடத் தொடங்குமட்டும் **R**, **C**, **E** களின் பெறுமானத்தைச் செப்பஞ் செய்க. இக்கணியங்களொவ்வொன்றையும் முறையாக மாற்றுவதன் விளேவை அவதானிக்க.

இப்போது, **X** தட்டுக்களிலே கோட்டு நேரவடியொன்றைக்கொண்ட எதிர்மின்வாய்க்கதிரலேவுபதிகருவியொன்றின் **Y** தட்டுக்களினேடு ஒடுக்கியின் இரு பக்கங்களே இணைத்து, அலேயுருவத்தை அவதானிக்க. உவோற்றளவு **E** ஆனது தாழ்ந்திருக்குமாயின் மேலடிப்பு உறுதியான வளேவைக் காட்டும். **E** ஐ அதிகரிக்கப் பளிச்சீட்டின் அதிர்வெண் அதிகரிப்பதுடன் சுவட்டின் வளேவுங் குறைக்கப்படும்.

அதிர்வெண்ணிலே **R** இனதும் **C** இனதும் விளேவை ஆராயவேண்டுமாயின் அலேவுபதிகருவியின் சாதாரண நேரவடியை ஆளிதிருப்பி நிறுத்தியபின்பு, **X** தட்டுக்களின் குறுக்கே ஒடுக்கியை இணைத்து நேயன் நேரவடியொன்றினுல் அதனேப் பிரதியிடுக. அளவு குறிக்கப்பட்ட செவிப்புலவதிர்வெண்ணலேயமொன்றின் பயனனது **Y** தட்டுகளுக்குப் பிரயோகிக்கப்பட்டு நிலேயான அலேச்சுவடொன்றைக் கொடுக்குமாறு அதன் அதிர்வெண் செப்பஞ்செய்யப்படல் வேண்டும். அலேயத்தின் அதிர்வெண்ணேச் சுவட்டிலுள்ள முழு அலேகளின் தொகையினுல் வகுக்க நேயன் நேரவடியின் அதிர்வெண் பெறப்படும். நேயன் நேரவடியின் அதிர்வெண்ணனது **R** இனேடும் **C** இனேடும் எவ்வாறு தொடர்புடைய தென இவ்வழியிற் காட்டுக.

இங்கு விவரிக்கப்பட்ட வகையான நேரவடியானது ஒடுக்கியின் மின்னேற்றவளேகோட்டின் வளேவின் காரணத்தினுல் ஒருபோதும் மெய்யான கோட்டிலமையாது. மின்னேற்றுமோட்டமானது மாறுப் பெறுமானமொன்றிற்குக் கட்டுப்படுத்தப்படக்கூடுமாயின், ஒடுக்கியானது ஒரு சீரான வீதத்தில் மின்னேற்றும், **கோட்டுநேரவடி**யொன்றே இதன் விளேவாகும். நிரம்பிய இருமைவாயிலொன்றைக்கொண்டு, அன்றேல், ஐந்து மின்வாய்களேக் கொண்ட வாயிலாகிய ஐவாயொன்றைக்கொண்டு தடை **R** ஐப்பிரதியிட்டு இதனேச் செய்யலாம்.

நேயன் நேரவடியானது பாரதூரமான கட்டுப்பாடுகளினுற் பாதிக்கப்படுகின்றது. உயர்வுவேக வேலேக்கு வன்வாயில் நேரவடியொன்று தேவைப்படும். அப்போது தொழிற்பாடானது மிகக்கூடிய சிக்கலுடையதாயினும் அடிப்படையான தத்துவங்கள் ஒன்றேயாம்.

§ 6. மென்வாயில்கள்

வெப்பவயன் வாயிலொன்றிலே வாயுவின் கணிப்புக்குரிய அளவை விடுவதன் வீளவானது 5 ஆம் பிரிவின் தொடக்கத்திலே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. மென்வாயிலொன்றிலே நிகழும் அயனுதல் குறித்த அளவொன்றிற்கு வாயிலின் போக்கை மாற்றும். ஏற்றவாறு அமைக்கப்பட்டுள்ள வாயிலொன்று போதியவளவு பெரிய மின்னோட்டங்களைப் பாயவிடும். இரசவாவியைக் கொண்டுள்ள வாயில்கள் **ஆ. ஓ.** வழங்கலொன்றை **நே. ஓ.** வழங்கலாகப் பெருமளவில் மாற்றப் பொதுவாக உபயோகிக்கப்படும்.

வாயுமின்னிறக்க மூவாய் ஆனது கவர்ச்சிக்குரிய பிரயோகங்கள் சில வற்றைக் கொண்டுள்ளது. நெய்யரிக்குப் போதியவளவு பெரிய எதிரழுத்தத்தைப் பிரயோகித்து, வாயுநிரம்பிய மூவாயொன்றிலுள்ள மின்னிறக்கத்தைத் தொடங்கவிடாது தடுக்கமுடியும். நெய்யரியின் அழுத்தமானது பூச்சியத்தை நோக்கிப் படிப்படியாக உயர்த்தப்படுமாயின், வாயிலானது கடத்தத் தொடங்கும் நிலையொன்றை அடையமுடியும். இதற்கிடையில், நேர்மின்வாயிலே நேரழுத்தமொன்றுண்டு. நேர்மின்வாயோட்டமானது பாய்ந்தவுடன் அயனுதல் நிகழ்ந்து புறத்தடையினூற் கட்டுப்படுத்தப்படுமட்டும் மின்னோட்டம் விரைவாய் அதிகரிக்கும். நெய்யரியானது இன்னும் எதிரழுத்தமொன்றில் இருப்பதினால் நேரயன்களைக் கவர நெய்யரியைச் சுற்றி **நேரயனுறை**யொன்று உண்டாகின்றது. இது நெய்யரியைத் தொழிற்படாது திறம்படத் தடுத்துக் கொள்ளுமாதலின், நேர்மின்வாயோட்டத்தை நெய்யரியானது இனிமேலும் கட்டுப்படுத்த முடியாது. ஆகவே, நெய்யரியழுத்தத்தைத் தாழ்த்தித் தொடங்கிய நேர்மின்வாயோட்டத்தைத் தடுக்க முடியாது. நேர்மின்வாயழுத்தத்தைக் குறைத்தல் அல்லது நீக்குகலே மின்னிறக்கத்தைத் தடுப்பதற்குரிய ஒரேயொரு வழியாகும்.

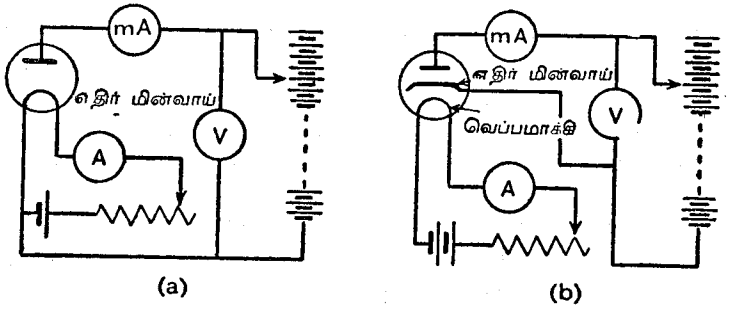
மென்வாயில் நேரவடியொன்றிலே நேயன் விளக்கிற்குப் பதிலாக வாயு மின்னிறக்க மூவாயொன்று உபயோகிக்கப்படும். நேயன் சூழாயொன்றிலும்பார்க்க மிகப் பெரிதான அழுத்தவீச்சை இது கொண்டுள்ளதாதலின் ஒலிபெருக்கியொன்றை இதில் உபயோகிப்பது அவசியமன்று. இளர்மின் வீசும் பதார்த்தங்களிலிருந்து α, β துணிக்கைகளை எண்ணுதல் கவர்ச்சிக்குரிய இதன் வேறொரு பிரயோகமாகும். விசேடமாக அமைக்கப்பட்டுள்ள அயனுக்கவறையொன்றினுள்ளே செல்லும்போது ஒவ்வொரு துணிக்கையும் அறையினூடாகக் கணத்துக்குரிய அயனுக்கவோட்டமொன்றை உண்டாக்கும். மின்னிறக்கம் நிகழுமிடம் மட்டும் கடத்தியற்றதாக்கப்போதிய எதிர்ச் சாருகையையுடைய வாயிலின் நெய்யரியழுத்தத்தை, இம்மின்னோட்டம் உயர்த்தச்செய்யும். இதன்பின் வாயிலினூடு செல்லும் சார்பான பெரிய மின்னோட்டமானது பொறிமுறையெண்ணியொன்றைத் தொழிற்படுத்தும். அதே நேரத்திலே நேர்மின்வாய்ச்சுற்றுனது கணநேரத்துக்குப் பிரிக்கப்பட வாயிலானது திரும்பவும் அமைக்கப்பெறும். ஒவ்வோர் n ஆவது

கணத்தாக்கத்தினுல் மட்டுமே பொறிமுறையெண்ணியானது தொழிற்படுத்தப்படுமாறு வாயுமின்னிறக்க வாயில்களின் சங்கிலித் தொடரொன்றை உபயோகித்து நுணுக்கமான பல சுற்றுக்கள் அமைக்கப்பெற்றுள்ளன. பொறிமுறையமைப்பின் சடத்துவத்தினுற் செலுத்தப்படுங் கட்டுப்பாட்டை மேற்கொண்டு எண்ணலின் வேகத்தை இது அதிகரிக்கச் செய்யும்.

§ 7. இருமைவாயிலொன்றின் இயல்புகள்

இருமைவாயிலொன்றின் இயல்புகள் 2 ஆம் பிரிவில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. பின்வரும் பரிசோதனைகளிலே இவ்வியல்புகள் விவரிக்கப்படுவதுடன் அவற்றின் வரிப்படக் குறியீடும் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

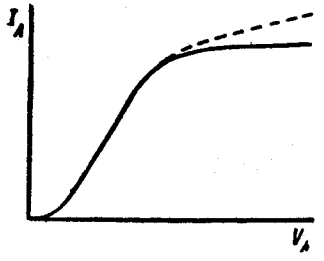
பரிசோதனை 268. நேர்மின்வாயழுத்தத்தினுடு நேர்மின்வாயோட்டத்தின் மாற்றம்.—இப்பரிசோதனைக்குரிய சுற்றுனது, நேராக வெப்பமாக்கப்படும் வாயினுக்குரிய உருவம் 318 (*a*) இலும், மறைமுகமாக வெப்பமாக்கப்படும் வாயினுக்குரிய உருவம் 318 (*b*) இலும், விளக்கப்பட்டுள்ளது.



உருவம் 318. நேர்மின்வாயழுத்தத்தினுடும் வெப்பமாக்கும் மின்னோட்டத்தினுடும் (இருமை வாயில்) நேர்மின்வாயோட்டத்தின் மாற்றம்.

இருமைவாயிலொன்றைப் பெற்றுக்கொள்ள முடியாவிட்டால், நேர்மின்வாயினுடு நெய்யரியை நேராக இணைத்து மூவாயிலொன்றை இருமைவாயிலாக மாற்றிக்கொள்ளலாம். நெய்யரியை இணைக்காது விட்டால் அதனழுத்தம் மாற்றமடைந்து பரிசோதனை சீர்குலையக்கூடுமாதலின், அவ்வாறு நெய்யரியை இணைக்காது விடுதல் திருப்தியானதன்று. மூவாயிலொன்று இவ்வகையாக உபயோகிக்கப்படும்போது, நெய்யரியானது ஒரு பாகமாக இப்போது அமைந்துள்ள நேர்மின்வாய்க்குப் பிரயோகிக்கப்படும் அழுத்தங்

கள், வாயிலானது சாதாரணமாக மூவாயிலாக உபயோகிக்கப்படும்போதி லும் பார்க்க மிகக்குறைவாயிருத்தல் வேண்டும். நேர்மின்வாயோட்டத்தின் பெறுமானமானது, நேர்மின்வாயழுத்தத் தின் அனுமதிக்கப்படக்கூடிய பெறுமானங் களுக்கு உபயோகமுள்ள **வழிகாட்டியாய்** அமைகின்றது.



உருவம் 319. இருமைவாயிலியல்பு

பூச்சியத்திலிருந்து அனுமதிக்கப்படக் கூடிய உயர்வுப் பெறுமானமட்டும் நேர்மின் வாயழுத்தம் V_A ஐச் சிறுச்சிறு படிகளாக மாற்றி, V_A இன் ஒவ்வொரு பெறுமானத்தி னோடுமொத்த நேர்மின்வாயோட்டம் I_A இன் பெறுமானத்தைக் குறிக்க. உவோற்று மானியானது கணிப்புக்குரிய மின்னோட்டமொன்றைச் செலுத்துமாதலின், அளக்கப்படுகின்ற நேர்மின்வாயோட்டத்தினோடுகூட இம்மின்னோட்டமும் மில்லிஅம்பியர்மானி M_A இனூடாகப் பாயாதவாறு அதனை இணைத்தல் அவசியமாகும். V_A இற்கெதிராக I_A இன் வரைப்படத்தை வரைக. வினா வான வளைகோடானது (உருவம் 319) இருமைவாயிலின் **இயல்புவளைகோடு** ஆகும்.

வரைப்படமானது உற்பத்தியினூடான நேர்கோடன்றுதலின் **ஓமின் விதிக்கு** இது அமையவில்லையெனபதுபெறப்படும். சிறியவழுத்தங்களுக்குரியமின்னோட் டத்தின் சிறிய பெறுமானமானது முன்னரே விவரிக்கப்பட்டுள்ளதுபோன்று **இடவேற்றங்கண்டித்தலின்** பயனுனதாம். ஆனால், V_A இன் பெரிய பெறு மானங்களோடு பெறப்பட்ட இடைத்தளப்பாகமானது நிரம்பலை அல்லது **வெப்பநிலைக் கண்டித்தலைக்** குறிக்கும். துலக்கமான காலிவாயிலொன்று பெறப்படக்கூடுமானலன்றி நிரம்பலைக் காட்டுதல் சதாரணமாக முடியாத காரியமாகும். சாதாரணமாக வெப்பமாக்கும் மின்னோட்டத்தைக்கொண்டு நிரம்பலைப் பெறவேண்டுமாயின், அளவுக்கு மீறிய உயர்ந்த உவோற்றள வொன்று நேர்மின்வாய்க்குப் பிரயோகிக்கப்படல்வேண்டும். ஆனால், வெப்ப மாக்கும் மின்னோட்டத்தைக் குறைத்து இலத்திரனின் காலலானது வெகு வாய்க் குறைக்கப்படுமாயின் முழு வளைகோட்டையும் பெறமுடியும். பூச்சி டப்பெற்ற எதிர்மின்வாய்கள் வேறு வகையிலே தொழிற்படுகின்றன. குறைக்கப்பட்ட வெப்பநிலைகளோடுகூட வளைகோடானது தொடர்ந்து மெல் லென எழுகின்றது (319 ஆம் உருவத்திலே தொடர்பறுந்த கோடு). குறைக்கப்பெற்ற வெப்பநிலையோடுகூடிய காலலானது மாறக்கூடுமாதலின், திருப்தியான பேறுகளைச் சாதாரணமாகப் பெறமுடியாது. அன்றியும், பூச்சிட்ட எதிர்மின்வாயொன்றைக் குறைக்கப்பெற்ற வெப்பநிலையில் ஓடச் செய்வதினால் எதிர்மின்வாய்க்கு அழிவுண்டாதல்கூடுமாதலின், அவ்வாறு ஓடச்செய்தல் புத்தியானதன்று.

பரிசோதனை 269. இழையோட்டத்தினூடு நேர்மின்வாயோட்டத்தின் மாற்றம்.—துலக்கக்காலிவிருமைவாயிலொன்றின் இழையோட்டத்தைத் தாழ்ந்த பெறுமானமொன்றிலிருந்து சாதாரணமாக வெலை செய்யும் பெறுமானமட்டும் மாற்றி, அண்ணளவாகவேனும் நிரம்பலையுண்டாக்கப் போதியவளவு உயர்ந்த நேர்மின்வாயழுத்தம் பிரயோகிக்கப்படும்போது நேர்மின்வாயோட்டம் I_A இனதும் இழையோட்டம் I_F இனதும் ஒத்த பெறுமானங்களை அவதானிக்க. இழை வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது நேர்மின்வாயோட்டமானது மிதமிஞ்சுமாயின் சாதாரணமாக வேலைசெய்யும் வெப்பநிலை அடையப்பெறுமுன்பே பரிசோதனை நிறுத்தப்படல் வேண்டும். சுற்றினைழுங்கானது உருவம் 318 (*a*) இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. முன்னரே குறிப்பிடப்பட்ட காரணங்களினால் பூச்சிட்ட எதிர்மின்வாய்கள் மிகத் திருப்தி யான பேறுகளைக் கொடுப்பது வழக்கமன்று.

I_F இற்கெதிரே I_A இன் வரைப்படமொன்றை வரைக. வெப்பமாக்கும் மின்னோட்டத்தினூடு இலத்திரன்களின் காலல் வீதமானது எவ்வாறு மாறுமென, வினாவான இவ்வினாவிற்கு காட்டும். இழையிரையோதற்றனை நைக்கொண்டு பெறப்படும் வெப்பவயன் காலல்வீதமானது, வாயிலொன் றின் போக்கை ஆளுங்கருவியாக ஒரு காலத்தில் உபயோகிக்கப்பட்டது. ஆனால் பூச்சிட்ட எதிர்மின்வாய்களைப்பற்றி அறிந்தபின்பு இழையிறையோதற்றனது இப்போது ஏறத்தாழ மறைந்துவிட்டது.

நிரம்பிய இருமைவாயிலொன்றிலுள்ள மின்னோட்டமானது சாதாரண மாகப் பரந்த எல்லைகளுக்குள்ளே நேர்மின்வாயுவோற்றளவின் மாற்றங் களிலே தங்கியிருப்பதில்லை. இந்நிபந்தனைகளிலே சுற்றினைன்றிற் சேர்க்கப் பட்டுள்ள இருமைவாயிலானது அச்சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டத்தை இழை யின் வெப்பநிலையினால் தீர்மானிக்கப்படும் பெறுமானமொன்றை விஞ்சாது தடுப்பதற்குரியதோர் எதுவாகும். இவ்வகையாக உபயோகிக்கப்படும் இரு மைவாயிலானது **மின்னோட்டவெல்லைக்கருவி** எனப்படும்.

§ 8. இருமைவாயிலொன்றைக்கொண்டு சீராக்கல்

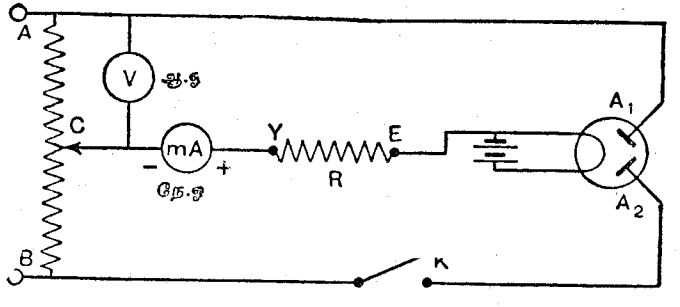
சீராக்கல், அல்லது ஆடலோட்டமொன்றை ஒரு திசையோட்டமாக மாற்று தற்குரிய முறையானது (744–753) பக்கங்களில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

பரிசோதனை 270. சீராக்கியாகத் தொழிற்படும் இருமைவாயில்.—320 ஆம் உருவத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ள சுற்றினது, அரையலைச் சீராக்கியாகவும் முழுவலைச் சீராக்கியாகவும் இருமைவாயிலொன்றின் போக்கை ஆராய்தற்கு மிக்க வசதியான ஒழுங்காக அமைகின்றது. வாயிலானது **ஆ.ஓ.** மூதலிடங்களின் தொழிற்பாட்டிற்குரிய இரேடியோவாங்கியொன்றின் வலு வழங்கற் சுற்றில் உபயோகிக்கப்படும் வகையினதாகும். வெவ்வேறான

நேர்மின்வாய்களோடு சேர்த்திணைக்கப்பெற்ற எதிர்மின்வாய்களோடும் ஒரு றையிலுள்ள இருமைவாயில்களிரண்டை இது கொண்டதாகும். மறை முகமாக வெப்பமாக்கப்பெறும் வகையினதாயின், எதிர்மின்வாய்கள், சில சமயங்களில் வெப்பமாக்கியின் ஒரு முனையிலே இணைக்கப்பெற்றுள்ளன.

ஏறத்தாழ 100 உவோற்றுக்களின் பயனைக்கொடுக்கும் மாற்றியொன்று, அதனில் மிகைப்பாரமேற்றாது தவிர்க்கப் போதிய உயர்தடையைக்கொண்ட இரையோதற்றின் மிகைமுனைகள் **AB** இலேடும், நேர்மின்வாய்கள் A_1, A_2 களிலேடும் இணைக்கப்பெற்றுள்ளது. A_2 இன் இணைக்கம்பியிலே சாவி **K** ஆனது செலுத்தப்பெற்றுள்ளது. வழுக்குந் தொடுப்பு **C** ஆனது 100 **mA** ஐக் காவக்கூடிய 500 **ஓம்** தடையொன்றினூடும், **நே.ஓ.** மில்லி பம்பியர்மானியொன்றினூடும் (0 – 100 **mA**) எதிர்மின்வாயிலேடு இணைக்கபபெற்றுள்ளது.

(i) அரையலைச் சீராக்கி.—சாவி **K** ஆனது திறந்துவிடப்படுமாயின் நேர்மின்வாய் ஒன்று மட்டுமே (A_1) தொழிற்பட, வாயிலானது அரையலைச் சீராக்கியாக வேலைசெய்யும். வழுக்குந்தொடுப்பின் நிலையை மாற்றி நேர்



உருவம் 320. சீராக்கியாகத் தொழிற்படும் இருமைவாயில்

மின்வாய் A_1 இற்குப் பிரயோகிக்கப்படும் ஆடலழுத்தத்தைப் பூச்சியத்தி லிருந்து உயர்வுப் பெறுமானத்திற்கு மாற்றுக. அப்போது, **A** இற்கும் **C** இற்குங் குறுக்காக நேரேயிணைக்கப்பெற்றுள்ளதும் ஏற்ற வீச்சையுடைய துமான **ஆ.ஓ.** உவோற்றுமானியொன்றிலே **V** இன் மெய்யான பெறு மானங்களை அவதானிக்க. **நே.ஓ.** மின்னோட்டம் **I** இன் ஒத்த பெறுமானங் களை அவதானித்து **V** இற்கெதிரே **I** இன் வரைப்படத்தை வரைக. **ஆ.ஓ.** அழுத்தத்தின் வீச்சானது, மாற்றப்பட்ட மின்னோட்டமானது **V** இலேடு விகிதசமமற்றுள்ளதென வளைகோட்டினுருவங் காட்டும். சார்பான தாழ் வழுத்தங்களிலே இவ்வியல்வானது மிகத் தெளிவாயிருக்கும். உணர்கருவி யாக உபயோகிக்கப்படும் இருமைவாயிலொன்றிலே இது நிகழும்போது பெல மற்ற குறிகளின் பாரதூரமான திரிவு உண்டாதல் கூடும்.

மில்லி பம்பியர்மானியானது வழக்கம்போல இயங்குசுருள் **நே.ஓ.** வகை யினதாயின், திரும்பலொன்று பெறப்படும்போது மின்னோட்டமானது ஆட லின்றி நேரானதென அறியப்படும். ஆயினும் மின்னோட்டந் துடிப்புடைய தாயிருக்கும். இயங்குசுருட்டொகுதியின் சடத்துவமானது மின்னோட்டத்தின் விரைவான துடிப்புக்களின் வீச்சைத் தணிக்கப் போதியவளவு பெரிதா யில்லாவிடின் உடனடியாக அவதானிக்கப்படக்கூடிய ஊசியினதிர்விலிருந்து இது தெளிவாகும்.

(ii) முழுவலைச் சீராக்கி.—இரையோதற்றின் மத்திய புள்ளியிலே வழுக் குந் தொடுப்பை வைத்து, உவோற்றளவு **V** ஆனது இப்போது உயர்வுப் பெறுமானத்தின் அரைவாசியாயிருப்பதை அவதானித்துக்கொண்டு, சாவி **K** ஐ மூடுக. திசை **AB** இலே ஆடலோட்டமானது பாய்ந்துகொண்டிருக் கும்போது, புள்ளி **A** உம், அதனேடு நேர்மின்வாய் A_1 உம் எதிர்மின்வா யின் சார்பில் நேராயிருக்கும். அதே நேரத்தில் நேர்மின்வாய் A_2 ஆனது எதிர்மின்வாயின் சார்பில் எதிராயிருக்கும். இந்நிபந்தனைகளிலே A_1 ஆனது மின்னோட்டத்தைப் பாயவிடும். ஆனால், A_2 ஆனது பாயவிடாது. நேர் மாறுன அரைவட்டத்திலே A_1 இலும் A_2 இலுமுள்ள நிபந்தனைகள் நேர் மாறுனவையாதலின், A_2 ஆனது மின்னோட்டத்தைப் பாயவிட A_1 ஆனது பாயவிடாது. அரைவட்டங்களிரண்டிலும் சுமைத்தடை **R** இலுள்ள மின் னோட்டமானது ஒரே திசையிலுள்ளதென்பது அவதானத்திற்குரியதாகும்.

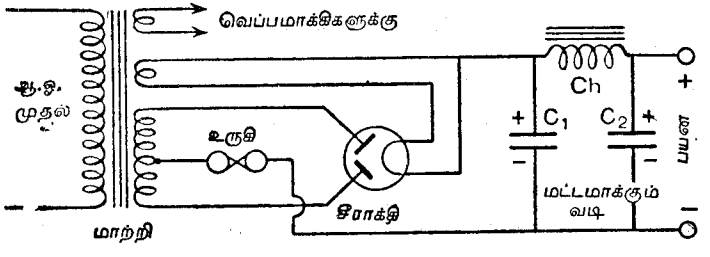
வழுக்குந் தொடுப்பின் நிலையை மாற்றுது **K** ஆனது இப்போது திறக்கப் படுமாயின், மானியிற் குறிக்கப்படுவதுபோல, மின்னோட்டமானது அரை வாசிக்கு வீழ்வதைக் காணலாம். இதன் காரணம் மானியிலுள்ள சடத்து வத்தின் விளைவானது மின்னோட்டத்தின் சராசரிப் பெறுமானத்திலே டொத்த அளவீட்டைக் கொடுப்பதேயாம். அத்துடன், அரையலைச் சீராக்கி யைப்போலச் செக்கனுக்கு இருமடங்கு துடிப்புக்களை முழுவலைச் சீராக்கி யானது கொடுக்குமாதலின், முழுவலையிலிருந்து அரையலைச் சீராக்கலுக்கு மாற்றும்போது மின்னோட்டத்தின் சராசரிப் பெறுமானம் அரைவாசியாகும்.

எதிர்மின்வாய்க்கதிரலைவுபதிகருவியொன்றைப் பெறக்கூடுமாயின், சுமைத் தடை **R** இன் **E**, **Y** முனைகளை அலைவுபதிகருவியின் **Y** தட்டுக்களிலே டிணைத்துச் சீராக்கியவோட்டத்தின் உருவத்தை அவதானிப்பது அறிவுக்குரிய தாகும். அலைவுபதிகருவியின் **X** தட்டுக்கள் கோட்டு நேரவடியொன்றிலேடு இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். உருவம் **269 II** இன் வகையினது சுவடொன்று முழுவலைச் சீராக்கலினூற் பெறப்படலாம். சாவியானது திறக்கப்படும்போது இரண்டாவது உச்சமொவ்வொன்றும் நீக்கப்படும்.

§ 9. வலுவழங்குநிலையங்கள்

ஆ. ஓ. இணைக்கம்பிகளில் தொழிற்பாட்டுக்குரிய இரேடியோவாங்கியானது அதனுயிர்ழுவிசை வழங்கலை மாற்றியொன்றிலிருந்தும் சீராக்கியொன்றிலிருந்தும் பெறுகின்றது. இதனோடுகூடச் சீராக்கியிலிருந்துவரும் **நே.ஓ.** ஓட்டத்தின் மாற்றங்களை நீக்க **அழுத்தமாக்குவடி** ஒன்று இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மாற்றியின் துணைச்சுற்றனது அதன் மத்தியபுள்ளியில் எடுக்கப்பட்டு மத்தியகுழாய்வாயிலின் ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் 250 அல்லது கூடிய உவோற்றுக்களைக் கொடுக்கும். சீராக்கி வாயிலுக்குரிய வெப்பமாக்கும் மின்னோட்டத்தைக் கொடுக்க ஒரு சுற்றும், வாங்கியிலுள்ள மற்றவாயில்களின் வெப்பமாக்கிகளுக்கு வழங்க மற்றச் சுற்றுமாக மேலதிக துணைச் சுற்றுக்கள் இரண்டாவது தேவைப்படும். இச்சுற்றுக்கள் வழக்கமாக 4 உவோற்றுக்களைக் கொடுக்கும். சீராக்கியின் எதிர்மின்வாயானது மற்றும் வாயில்களின் எதிர்மின்வாய்களின் சார்பிலே உயர்ந்த நேரழுத்தமொன்றிலிருப்பதால், சீராக்கியானது வேறான சுற்றொன்றிலிருந்து அதன் வெப்பமாக்குமோட்டத்தைப் பெறுதல் வேண்டும்.

வலுவழங்குநிலையம் அல்லது **வலுக்கட்டு** என்பது பரிசோதனைத் தேவைகளுக்காக வெவ்வேறாக அமைக்கப்பெற்றுள்ள வசதியான ஒரு துணைக் கருவியாகும். உபயோகமுள்ள நிலையமொன்று 321 ஆம் உருவத்தில் விளக்



உருவம் 321. வலுக்கட்டு

கப்பெற்றுள்ளது. C_1 உம் C_2 உம் 8μF கொள்ளளவையுடைய மின்பகுப்பொடுக்கிகளாம். சிறிய கனவளவிலே பெரிய கொள்ளளவைக் கொடுப்பதனால் மின்பகுப்பொடுக்கிகள் உபயோகிக்கப்படும். திருத்தமான மூலவுத்தன்மையை அவதானிப்பதுடன் மாற்றியின் **ச. வ. மூ.** உவோற்றளவுக்கு மேலே 50 நூற்றுவீதமாவது உவோற்றளவையுடையதாய் ஒடுக்கிகள் அமைக்கப்பெற்றுள்ளன என்பதையும் கவனத்தில் வைத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். **Ch.** என்பது தூண்டுதிறன் 40 என்றிகளைக்கொண்டதும் 100 அல்லது 120 **மி. அ.** ஐக் காவக்கூடியதுமான ஓரடைப்பாகும். தற்செயலான குறுக்குச் சுற்றொன்றின் விளைவிலிருந்து மாற்றியையுஞ் சீராக்கியையும் பாதுகாப்பதற்காக உருக்கியொன்று சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.

அடைப்பையும் ஒடுக்கிகளையுங்கொண்ட அழுத்தமாக்கும் வடியின் தொழிற்பாடானது, ஒன்று **நே. ஓ.** உம் மற்றது **ஆ. ஓ.** உமான கூறுகளிரண்டையுடைய சீராக்கிய மின்னோட்டமெனக் கருதி, விளக்கப்படலாம். புறச்சுற்றிலூடு சம்மாந்தரநிலையிலுள்ள ஒடுக்கிகள், சீராக்கியிலிருந்து வரும் ஓட்டத்தின் துடிப்புக்களினால் மின்னேற்றப்பெற்றுச் சீராக்கியோட்டமானது தாழ்வாயிருக்கும்போது புறச்சுற்றினூடாக மின்னிறக்கப்படுமாதலின், **ஆ. ஓ.** கூற்றை உறிஞ்ச முயலுகின்றன. புறச்சுற்றிலே உறுதிகூடிய மின்னோட்டமொன்றைச் சாதிக்க இது முயலுகின்றது. அழுத்தமாக்கும் வினைவானது தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பெற்றுள்ள அடைப்பு **Ch.** இன் பெரிய தூண்டுதிறனினால் இன்னுங் கூடுதலாக அதிகரிக்கப்படுகின்றது. தொட்டியொடுக்கி C_1 ஆனது 8μF இலும் விஞ்சிய கொள்ளளவைக்கொண்டிருத்தல் கூடாது. ஆயினும், C_2 இன் கொள்ளளவை அதிகரிப்பிப்பதில் நயமுண்டு. கூடிய பூரணமான அழுத்தந் தேவைப்படுமாயின் இன்னுங்கூடுதலாக அடைப்புகளும் ஒடுக்கிகளுஞ் சேர்க்கப்படலாம். ஆனாற் பெரும்பாலான தேவைகளுக்கு இது தேவைப்படாது.

வலுக்கட்டுத் திறந்த சுற்றிலிருக்க வழங்கலிட முதற்கம்பிகள் ஆளிருப்பி நிறுத்தப்படும்போது ஒடுக்கிகள் அதிக காலத்துக்கு அவற்றின் ஏற்றத்தை வைத்துக்கொள்ளும். இந்த நிலையிலே ஆய்கருவியைக் கையாளும்போது அபாயத்திற்குரிய தாக்கங்கள் வினையலாம். பயன்பெறு அந்தலைகளின் குறுக்கே ஏறத்தாழ 100,000 ஓம் உயர்வுத்தடையொன்றை இணைத்து இந்த அபாயத்தைத் தடுக்கமுடியும். அழுத்தப் பிரிவிடுங்கருவியொன்றின் உபயோகத்தைக்கொண்டு மாறும் பயன்பெறு உவோற்றளவொன்றைப் பெறமுடியும். இது 5000 ஓம் தடையையுடையதாயும் 100 **மி.அ.** மின்னோட்டத்தைக் காவக்கூடியதாயும் இருத்தல் வேண்டும்.

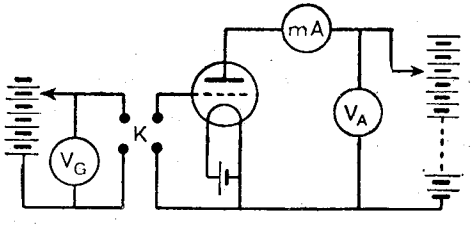
பரிசோதனை 271. அழுத்தமாக்கு வடிகள்.— அழுத்தமாக்கு வடிகளின் வினைவை விளக்க வேண்டுமாயின், மேலே விவரிக்கப்பட்டதிலும் பார்க்கத் திறன்குறைந்த வடியானது பொருத்தங்கூடியதாகும். ஏனெனில், அப்போது எஞ்சியுள்ள **சிற்றலையானது** தெளிவு கூடியதாயிருக்கும். மின்பகுப்பொடுக்கிகள் ஏறத்தாழ 2μF சிறிய கொள்ளளவையுடைய ஒடுக்கிகளிலுந் பிரதியிடப்படல் வேண்டும். இவ்வொடுக்கிகளின் உவோற்றளவு விவரமானது உடைவபாயத்தைத் தடுக்கப்போதியவளவு உயர்வாயிருத்தல் வேண்டும்.

அழுத்தப்பிரிவிடு கருவியொன்றைக்கொண்டு ஏற்றவாறு குறைக்கப்பட்ட பயனைக் கோட்டு நேரவடியொன்றைக்கொண்ட எதிர்மின்வாய்க்கதிரலைவுபதி கருவியொன்றுக்குப் பிரயோகிக்க. விரும்பினால், 321 ஆம் உருவத்திற்போல், அழுத்தமாக்கு வடியொன்றைச் சேர்த்து 320 ஆம் உருவத்திலுள்ள ஒழுங்கை உபயோகிக்கலாம். C_1 ஐத் தனியாகவும், **Ch** ஐத் தனியாகவும், C_1 ஐ நீக்கி **Ch**, C_2 களைச் சேர்த்தும், கடைசியாக மூன்று கூறுகளையுஞ்

சேர்த்தும் செலுத்துவதனால் வடியின் வெவ்வேறு கூறுகளின் விளைவை அவதானிக்க. அரையலைச் சீராக்கலினதும் முழுவலைச் சீராக்கலினதும் விளைவுகளை ஆராய்தல்வேண்டும்.

§ 10. மூவாயொன்றின் இயல்புகள்

மூன்றும் பிரிவில் விவரிக்கப்பெற்றுள்ள மூவாய்களின் இயல்புகள் **இயல்புவளைகோடுகளின்** கூட்டமொன்றினது உருவமாக வசதியுடன் குறிக்கப்படலாம். இவ்வகையான வளைகோடுகளின் கூட்டமொன்றிலிருந்து சிறப்பான எந்தத் தேவைக்குமுரிய வாயிலின் பொருத்தமானது அனுமானிக்கப்பட்டு அதற்கான தொழிற்பாட்டு நிபந்தனைகள் முன்னராகவே கூறப்படலாம். இயல்புவளைகோடுகளின் கூட்டமொன்றிலிருந்து இலகுவாகக் காணப்படக்கூடிய மாறிகள் அல்லது **சாராமாறிகள்** சிலவற்றின் சார்பாகவும் வாயிலொன்றின் இயல்புகள் குறிக்கப்படலாம். இவ்வளைகோடுகளைப்பெறும் முறையும், சாராமாறிகளின் பெறுமானத்தை அனுமானித்தலும் கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

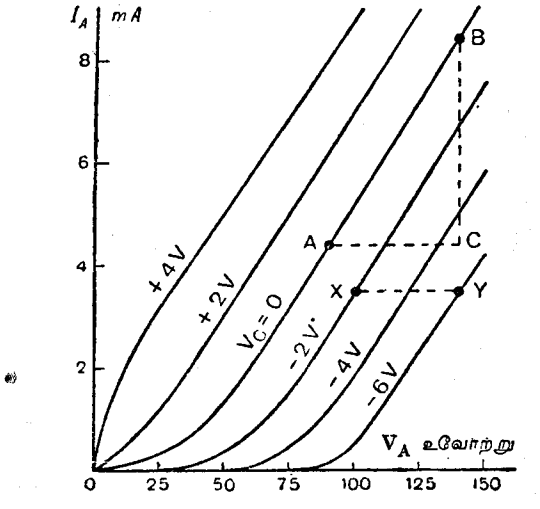


உருவம் 322. மூவாயொன்றின் இயல்புவளை கோடுகளின் தீர்மானம்

பரிசோதனை 272. நேர்மின்வாயழுத்தத்திற்கு நேர்மின்வாயோட்டத்தின் மாற்றம்—நேர்மின்வாயியல்புகள்.—இருமைவாயிலுக்குப் பதிலாக மூவாயொன்று பிரதியிடப்பட்டிருப்பதையன்றி மற்றெல்லாவகையிலும் இப்பரிசோதனை 268 ஆம் பரிசோதனையைப் போன்றதேயாம். மூவாயின் நெய்யரியானது நெய்யரிச்சாருகை மின்கலவடுக்கொன்றினூடாக எதிர் மின்வாயிற்கு இணைக்கப்பெற்றுள்ளது. நெய்யரியழுத்தத்தை நேராகவேனும் எதிராகவேனுஞ் செய்வதற்கு நேர்மாறுக்குஞ் சாவி K ஆனது (உருவம் 322) செலுத்தப்பெற்றுள்ளது.

நெய்யரியானது பூச்சியவழுத்தத்திலிருக்கும்போது (நெய்யரியானது எதிர் மின்வாயிற்கு நேராகத் தொடுக்கப்பெற்றிருத்தல் வேண்டும்), 268 ஆம் பரிசோதனையிற் போல, I_A இனதும் V_A இனதும் அவதானங்களின் தொடரொன்றை எடுக்க. $+3$ இலிருந்து -9 உவோற்றளவுக்கு $1\frac{1}{2}$ உவோற்றுக்களின் இடைகளிலே நெய்யரியழுத்தம் V_G இன் நிலையான பெறுமானங்களின் தொடரொன்றுக்கு இப்பரிசோதனையைத் திருப்பிச் செய்க. மற்றும் அழுத்தங்களைப்போலவே V_G இன் தெரியப்பெற்ற மெய்யான பெறுமானங்கள் வாயிலின் வகையிலே தங்கியிருக்கும். கொடுக்கப்பட்ட உருவங்கள் வாயிலின் சிறுவலு மின்கலவடுக்கு வகையொன்றிற்கு ஏற்றனவாம்.

ஒரே வரிப்படத்திலே V_G இன் ஒவ்வொரு பெறுமானத்திற்குமொன்றுக வளைகோடுகளின் கூட்டமொன்றை வரைக. இவை மூவாயின் **நேர்மின்வாய் இயல்புவளைகோடுகளாம்** (உருவம் 323). இருமை வாயிலொன்றின் இயல்பு



உருவம் 323. மூவாயொன்றின் நேர்மின்வாய் இயல்புவளைகோடுகள்

வளைகோட்டினூடு இவ்வளைகோடுகளின் ஒற்றுமையை அவதானிக்க. நெய்யரியழுத்தமானது நேராயிருக்கும்போது தவிர, வளைகோட்டை வலமாக வேனும் இடமாகவேனும் பெயர்ப்பதில் நெய்யரிச் சாருகையின் விளைவை அவதானிக்க. நேர்மின்வாயோட்டமானது இடவேற்றத்தினூற் கட்டுப்பட்டுள்ள தொடக்கப்பாகத்தின்பின்பு, வளைகோடுகள் ஏறத்தாழ நேர்கோடுகளாகின்றன.

இயல்புவளைகோட்டின் "நேர்ப்பாகமானது" வாயிலின் தொழிற்பாடு சம்பந்தமாக மிக முக்கியம் வாய்ந்ததாகும். 323 ஆம் உருவத்திலுள்ள வளைகோடொன்றின் நேர்ப்பாகத்திலே **A**, **B**, புள்ளிகளிரண்டைத் தெரிந்தெடுத்து காட்டியபடி செங்கோணமுக்கோணம் **ABC** ஐ அமைக்க. **A** உம் **B** உங் குறித்த நேர்கோட்டிலிருக்குமட்டும் **AC/CB** விகிதமானது மாறிலியாயிருக்கும். அதாவது ஈவு $\Delta V_A/\Delta I_A$ மாறிலியாகும். R_A இனூற் குறிக்கப்படும் இந்த ஈவானது தடையின் **பௌதிகப் பரிமாணங்களைக்** கொண்டுள்ளது. **ஓமின்** விதியினால் வரையறுக்கப்பெற்றுள்ளபடி, கடத்தியின் மெய்யான தடையானது ஈவு V/I ஆகும். கோட்டுக்கடத்தியொன்றுக்கு, அதாவது, தடையானது மாறிலியாயுள்ள கடத்தியொன்றுக்கு ஈவை $\Delta V/\Delta I$ ஆயெடுக்க அதே விளைவைப் பெறலாம். V_A/I_A இன்

பெறுமானமானது V_A இன் பெறுமானத்திலே தங்கியிருப்பதோடு மாறிலியாயில்லாததால், வாயிலொன்றுக்கு இது மெய்யாகமாட்டாது. **R_A ஆனது வாயிலின் மெய்யான தடையன்று. ஆனால், V_A இனதும் I_A இனதும் மாற்றங்களைக் கருதுமளவுக்குப் பயன்பெறு தடையை இது அளக்கும்.** R_A ஆனது I_A இனதும் V_A இனதும் மெய்யான பெறுமானங்களுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பு சம்பந்தமான அறிவைக் கொடுப்பதில்லை. ஆயினும், நேர்மின்வாயழுத்தத்தின் குறித்த மாற்றமொன்றினால் உண்டாகும் நேர்மின்வாயோட்டத்தின் மாற்றத்தைக் கணிக்க இது ஒரேதுவாயமையும். ஆகவே, செய்முறையிலே, நேர்மின்வாயோட்டத்திலுள்ள மாற்றங்கள் மெய்யான பெறுமானங்களிலும்பார்க்க முக்கியத்துவங் கூடியனவாதலின், இது மிகவும் முக்கியமான ஒரு கணியமாகும்.

சாராமாறி R_A ஆனது இயல்புவளைகோட்டின் சாய்வுவிகிதத்தினது தலைகீழ்ப் பின்னத்தினால் அளக்கப்படும். எனவே, இது **நேர்மின்வாய்ச் சாய்வுத் தடை** அல்லது **வேற்றுமை நேர்மின்வாய்த்தடை** எனப்படும். இப்பெயர்கள் **நேர்மின்வாய்த்தடை** அல்லது **ஆ. ஓ. தடை** எனப் பெரும்பாலுங் குறுக்கப் பெற்றுள்ளன. பின்னைய பெயர் கருதப்பட்ட கணியத்தினியல்பை வலியுறுத்துகின்றது. **நேர்மின்வாய்த் தடங்கல்** என்ற பெயர் பொதுவாக உபயோகிக்கப்படுகின்றதெனினும் அதனுபயோகங் கண்டனத்துக்கப்பாற்பட்டதன்று.

323 ஆம் உருவத்திலிருந்து பெறப்பட்ட R_A இன் அல்லது AC/CB இன் பெறுமானமானது

$$(50 \text{ உவோற்றுக்கள்})/(4{\cdot}1 \times 10^{-3} \text{ அம்பியர்})$$

அல்லது ஏறத்தாழ 12,000 ஓம் ஆகும்.

நிலைக்குத்துக்கோடொன்றின் வழியே ஒரு வளைகோட்டிலிருந்து மற்றதற்கு இயங்குவது, நேர்மின்வாயழுத்தத்தை மாறாதுவைத்துக்கொண்டு நெய்யரியழுத்தத்தை மாற்றுவதிலொடொத்ததாகும். ஆனாற் குறித்த நேர்கோடொன்றின் வழியே இயங்குவது, V_G ஐ மாறாதுவைத்துக்கொண்டு V_A ஐ மாற்றுவதிலொடொத்ததாகும். நெய்யரியழுத்தத்திலே சிறிய மாற்றம் ΔV_G ஆனது, நேர்மின்வாயழுத்தத்திலே மிகப்பெரிய மாற்றம் ΔV_A ஐப் போன்று நேர்மின்வாயோட்டத்தை மாற்றுமென்பது அவதானிக்கப்படும். இக்காரணத்தினால் மூவாயானது பெருக்கியாக உபயோகிக்கப்படலாம். I_A இல் ஒரே மாற்றத்தையுண்டாக்கும் ΔV_A, ΔV_G மாற்றங்களின் விகிதமானது வாயிலின் **பெருக்கக்காரணி** எனப்படும். இதனை வேறொரு வகையாகவுங் கருதலாம். V_A ஆனது ΔV_A அளவினால் அதிகரிக்கப்படுமாயின் நேர்மின்வாயோட்டம் அதிகரிக்கும். ஆனால், V_G ஐ ஏற்ற அளவு ΔV_G இனாற் குறைக்க அதன் முன்னைய பெறுமானத்தைத் திருப்பிப் பெறலாம். அப்போது பெருக்கக்காரணி μ ஆனது

$$\mu = \Delta V_A/\Delta V_G \quad (I_A \text{ ஒரு மாறிலியாகும்})$$

என்ற தொடர்பினாலே தீர்மானிக்கப்படும்.

உதாரணமாக, வெவ்வேறான வளைகோடுகளிரண்டிலே **X**, **Y** புள்ளிகளிரண்டைக் கருதுக (உருவம் 323). I_A ஆனது இரண்டு புள்ளிகளுக்கும் ஒன்றாயிருக்குமாறு அப்புள்ளிகள் தெரியப்படல்வேண்டும்.

நீளம் XY ஆனது ΔV_A ஐக் கொடுக்கும். ஆனால், ΔV_G ஆனது கருதப்படும் வளைகோடுகளிரண்டிற்குமுரிய V_G இனது பெறுமானங்களின் வித்தியாசமாகும். வரிப்படத்திலிருந்து பெறப்பட்ட பெறுமானங்களாவன: $\Delta V_A = 40$ உவோற்று, $\Delta V_G = 4$ உவோற்று. இவை $\mu = 40/4$ அல்லது 10 எனக் கொடுக்கின்றன.

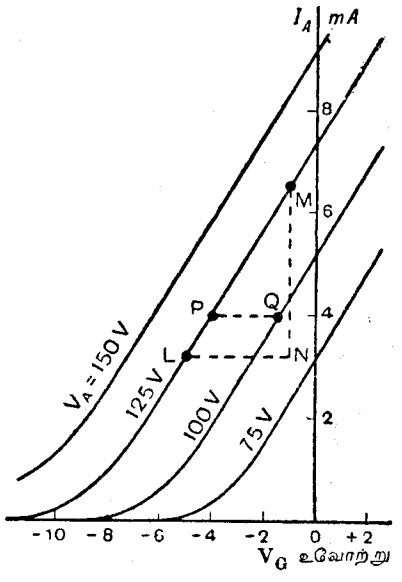
ஒன்றுக்கொன்றான கடத்துதிறன் g_m ஆகிய மூன்றாவது சாராமாறியும் உளது. இது R_A இற்கும் μ இற்கும் $\mu = R_A \times g_m$ என்னுஞ் சமன்பாட்டினாலே தொடர்புறுத்தப் பெற்றுள்ளது. g_m இன் கருத்து அடுத்த பரிசோதனையின் தொடர்பிலே விவாதிக்கப்படும். மேலேயுள்ள உதாரணத்தின் வாயிலுக்குரிய அதன் பெறுமானம் 10/(12,000 ஓம்) அதாவது, 0·83 **மி.அ./உவோற்று** ஆகும்.

பரிசோதனையிற் பெறப்பட்ட வளைகோடுகளிலே நியம வேலைநிபந்தனைகளிலொடொத்த புள்ளிகளைத் தெரிந்துகொண்டு, சாராமாறிகள் R_A, μ, g_m களின் பெறுமானங்களைத் தீர்மானிக்க. பேறுகளைக் கூறும்போது, இப்பெறுமானங்கள் குறிக்கும் வாயிலின் வகையையும் அவை பெறப்பட்ட நிபந்தனைகளையுங் குறிப்பிடுதல் வேண்டும்.

வேறொரு வழியாகவும் மூவாயொன்றின் இயல்புகள் வரைப்படமூலங் குறிக்கப்படலாம். நெய்யரியழுத்தத்திலொடு நேர்மின்வாயோட்டமானது எவ்வாறு மாறுகின்றதென்பதைக்காட்ட நேர்மின்வாயழுத்தத்தின் நிலையான பெறுமானங்களின் கூட்டமொன்றிற்குரிய வளைகோடுகள் வரையப்படலாம். இவ்வளைகோடுகளை முந்தி விவரிக்கப்பெற்ற வளைகோடுகளிலிருந்து பிரித்தறிவதற்காக **ஒன்றுக்கொன்றான** வியல்புகள் என்ற பெயர் பிரயோகிக்கப்படும். ஒன்றுக்கொன்றான வியல்புவளைகோடுகளின் கூட்டமொன்று 324 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளது. 323 ஆம் உருவத்தின் வளைகோடுகளைப் போன்ற வாயிலையே இது கருதுகின்றது.

பரிசோதனை 273. நெய்யரியழுத்தத்திலொடு நேர்மின்வாயோட்டத்தின் மாற்றம்.—ஒன்றுக்கொன்றான இயல்புவளைகோடுகள்.—ஒன்றுக்கொன்றான இயல்புவளைகோடுகளைப் பெறவேண்டுமாயின் V_A இன் நியம வேலைப் பெறுமானத்தினது அண்மையிலே 10 அல்லது 20 உவோற்று ஒழுங்கான இடைவெளிகளில் V_A இன் பல பெறுமானங்களைத் தெரிந்துகொள்க. V_A ஐ மாறிலியாய் வைத்துக்கொண்டு I_A இனதும் V_G இனதும் ஒத்த பெறுமானங்களின் அவதானத் தொடரொன்றையெடுக்க. V_G ஆனது மாற்றப்படும்போது நேர்மின் வாயிலே உயர்வழுத்தமொன்றிருக்கையில் நெய்யரிச்சுற்றினது ஒருபோதும் பிரிக்கப்படாது ஒழுங்குசெய்தல் நன்றாகும்.

ஆகவே, **நெ.சா.** மின்கலவடுக்கிலிருந்து மின்னெடுத்தல் நிகழும்போது **உ.இ.** மின்கலவடுக்கிலிருந்து செருகிகளுளொன்று அகற்றப்படுதல்வேண்டும். அன்றேல், நேர்மின்வாயினைக் கம்பியிலே சாவியொன்று சேர்க்கப்படுதல் வேண்டும். 324 ஆம் உருவத்திற்போல ஒன்றுக்கொன்றன இயல்பு வளைகோடுகளின் கூட்டமொன்றை வரைக. V_A இன் நியமவேலைப் பெறுமானத்திற்கொத்த இயல்பு வளைகோட்டின் நேர்ப்பாகமொன்றைத் தெரிந்துகொண்டு வளைகோட்டின் சாய்வு விகிதமாகிய MN/LN ஐத் தீர்மானிக்க. இதுவே **ஒன்றுக்கொன்றன கடத்துதிறன்** $\Delta I_A/\Delta V_G$ ஆகும். **நெய்யரியழுத்தத்திற்கு நேர்மின்வாயோட்டத்தின் மாற்றவீதத்தை இது** அளக்கும். கருதப்படும் வாயிலுக்கு g_m ஆனது 3·3/4 அல்லது 0·83 மி.அ./உவோற்று ஆகிய பெறுமானத்தைக் கொண்டுள்ளதென 324 ஆம் உருவத்திலிருந்து காணப்படும்.



உருவம் 324. மூவாயொன்றின் ஒன்றுக்கொன்றன இயல்புவளைகோடுகள்

வெவ்வேறு வளைகோடுகளிலே I_A ஆனது ஒரேபெறுமானத்தைக்கொண்டுள்ளனவான இரண்டு புள்ளிகள் P, Q களையெடுத்துப் பெருக்கக்காரணி μ ஐக் காணலாம். PQ இனூற் குறிக்கப்படும் ΔV_G ஆனது 2·5 உவோற்றாகும். ஆனால், வளைகோடுகளிரண்டிற்குமுரிய V_A இன் பெறுமானங்களின் வித்தியாசம் ΔV_A ஆனது 25 உவோற்றாகும். இப்போது $\mu = \Delta V_A/\Delta V_G$ (I_A ஒருமாறிலி). இது $\mu = 10$ எனக் கொடுக்கின்றது.

கடைசியாக,

$$\mu = R_A \times g_m$$

என்ற தொடர்பிலிருந்து R_A ஐக் காணலாம். பிரதியீட்டினால் இக்கோவையைப் பின்வருமாறு சரிபார்க்கலாம் :

$$\mu = (\Delta V_A/\Delta I_A) \times (\Delta I_A/\Delta V_G) = \Delta V_A/\Delta V_G.$$

இங்கு ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் ΔI_A ஆனது ஒரே பெறுமானத்தைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். சிறிய மின்கலவடுக்கொன்றினூற் தொழிற்படுத்தப்பெறும் செவிப்புலவதிர்வெண் பெருக்கவாயிலொன்றின் அடையாளமான இவ்வுதாரணத்திலே R_A இன் பெறுமானமானது $\mu/g_m = 10/(0·83$ **மி. அ./**உவோ.$) = 12$ **உவோ./மி. அ.** அல்லது 12,000 ஓமாகும்.

ஆகவே, R_A, g_m, μ ஆகிய கணியங்கள் நேர்மின்வாய் இயல்புவளைகோடுகளின் கூட்டமொன்றிலிருந்தேனும், ஒன்றுக்கொன்றன இயல்புவளைகோடுகளின் கூட்டமொன்றிலிருந்தேனுந் தீர்மானிக்கப்படலாம். மெய்யாகப் பெறப்பட்ட பெறுமானங்கள் அவை கணிக்கப்பெற்ற V_A இனதும் V_G இனதும் பெறுமானங்களிலே ஓரளவுக்குத் தங்கியுள்ளனவாதலின், இக் கணியங்களைக் குறிக்கும்போது "மாறிலிகள்" என்ற பெயரிலும்பார்க்க, "சாராமாறிகள்" என்ற பெயர் விரும்பத்தகுந்ததாகும். அவற்றைத் (V_A ஐயும் V_G ஐயும்) தீர்மானித்த நிபந்தனைகள் எப்போதுங் குறிப்பிடப்படல்வேண்டும்.

§ 11. நெய்யரியோட்டம்

எதிர்மின்வாயின் சார்பாக நெய்யரியானது நேரழுத்தமொன்றிலிருக்கும்போது, இருமைவாயிலொன்றின் நேர்மின்வாயைப்போலவே இச்சந்தர்ப்பத்தில் நெய்யரியானது தொழிற்படுமாதலின், நெய்யரிச் சுற்றினூடாக மின்னோட்டம் பாயும். விரும்பத் தகாத விளைவுகளை இது உண்டாக்கக்கூடும். நெய்யரிக்குச் செல்லும் மின்னோட்டமானது நேர்மின்வாயை அடையாத திணல் நெய்யரியோட்டமிருப்பதினால் நேர்மின்வாயோட்டத்தின் பெறுமானங் குறையும். ஆனால், நெய்யரியோட்டம் பாயும்போது வாயிலானது வழங்கலியிலிருந்து சத்தியை இழுக்குமென்பதே மிகக்கேடளாவிய விளைவாகும். இக்காரணத்தினால், நெய்யரியானது ஒருபோதும் நேராகாதவாறு கருமங்களை ஒழுங்குசெய்வது வழக்கமாகும். ஆயினும், இப்பொதுவிதிக்குப் புறநடைகளுமுள.

உதாரணமாக, 2·8 உவோற்றின் உச்சப்பெறுமானம் அல்லது வீச்சிற்குச் சமமான 2 உவோற்று (**ச.வ.மூ.**) இன் ஆடலோட்டமொன்று பிரயோகிக்கப்படுகின்றதெனக் கருதுவோமாக. எக்காலத்திலும் நெய்யரியழுத்தத்தை நேராகாது தடுக்கவேண்டுமாயின், ஆகக்குறைந்தது -3 உவோற்றின் நெய்யரிச்சாருகை பிரயோகிக்கப்படல் வேண்டும். ஆடலழுத்தவற்பத்தியினூடு தொடர்நிலையில் 3 – உவோற்றுமின்கலவடுக்கொன்றை இணைத்து இதனைச் செய்யலாம். இம்மின்கலவடுக்கின் நேர்முனையானது எதிர்மின்வாயினூடு இணைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 274. நெய்யரியோட்டத்தின் அளவு.—சாதாரண நிபந்தனைகளில் நெய்யரியோட்டமானது மிகச் சிறிதாயுள்ளது. ஆகவே நுண்ணம்பியர்மானியொன்று தேவைப்படும். நெய்யரிச்சுற்றிலே (322 ஆம் உருவத்தில் K இற்கும் நெய்யரிக்குமிடையே) இது செலுத்தப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். நேர்மின்வாயழுத்தத்தின் நியமப் பெறுமானங்களினூடு, விளைவான பெரிய நேர்மின்வாயோட்டத்தின் காரணமாக, மிகச்சிறிய நேர்நெய்யரியழுத்தங்கள் மட்டுமே பிரயோகிக்கப்படக்கூடும். நேர்மின்வாயழுத்தமானது ஏறத்தாழ

50 உவோற்றுக்குக் குறைக்கப்படுமாயின் நெய்யரியோட்டமானது மிகவும் இலகுவில் அவதானிக்கப்படலாம். இந்நிடந்தனைகளில் நெய்யரியழுத்த மானது வெகுவாய் அதிகரிக்கப்பட்டு நெய்யரியோட்டம் அளக்கப்படலாம். அதேநேரத்தில் நேர்மின்வாயோட்டத்தின் விளைவும் அவதானிக்கப்படலாம்.

§ 12. மூவாயானது பெருக்கியாகத் தொழிற்படல்

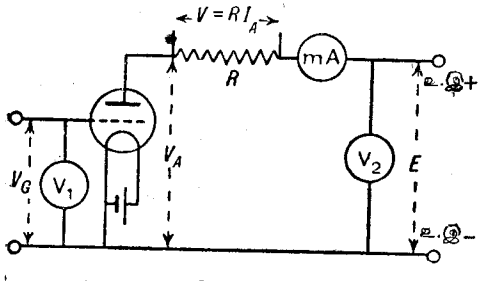
நெய்யரியழுத்தத்தின் சிறிய மாற்றமொன்று நேர்மின்வாயோட்டத்திலே சார்பான பெரியமாற்றங்களை உண்டாக்கக்கூடுமென்ற, 10 ஆம் பிரிவில் முன்னரே விவரிக்கப்பெற்ற உண்மையின் பயனாக, மூவாயானது அழுத்தத் தின் சிறிய மாற்றங்களைப் பெருப்பிக்க உபயோகிக்கப்படக்கூடும். அதாவது, நெய்யரிக்குப் பிரயோகிக்கப்படும் அழுத்தத்தின் குறித்த மாற்றம் ΔV_G ஆனது, சுற்றின் வேறேதாவது பாகத்திலே அழுத்தத்தின் பெரிய மாற்றம் ΔV ஐ உண்டாக்கும். உண்டாக்கப்பெற்ற பெருக்கத்தினளவு $\Delta V/\Delta V_G$ என்னும் விகிதத்தினால் அளக்கப்படும். இது, சுற்றின் **உவோற்றளவுப்பெருக்கம்** எனப்படும்.

நேர்மின்வாய்ச் சுமைத்தடை எனப்படும் தடை R ஐ நேர்மின்வாய்ச் சுற்றிற் செலுத்துவதே உவோற்றளவுப் பெருக்கத்தை பெறற்குரிய ஆகவெளிய வகையாகும். நேர்மின்வாயோட்டமானது இத்தடையினூடு பாய்கின்றதாதலின், R இன் முனைகளுக்கிடையே RI_A இற்குச் சமமான அழுத்தம் V இன்குறைவு காணப்படும். நெய்யரியழுத்தத்தின் அதிகரிப்பு ΔV_G ஆனது, நேர்மின்வாயோட்டத்திலே அதிகரிப்பு ΔI_A ஐயும், R இன் குறுக்கே **அ.வி.** இலே $R\Delta I_A$ இற்குச் சமமான அதிகரிப்பு ΔV ஐயும் உண்டாக்கும். பொருத்தமான நிபந்தனைகளிலே, ΔV ஆனது ΔV_G இலும்பார்க்கப் பெரிதாகுமாதலின் பெருக்கமுண்டாகும்.

எவ்வித அலை-வடிவத்தினதும் ஆடலழுத்தமொன்று பெருக்கியொன் றிற்குப் பிரயோகிக்கப்படும்போது அதேவடிவத்தின பெருக்கிய அழுத்தவ லையொன்றை அது உண்டாக்கத் தேவைப்படும். அதாவது, அலையுருவந் திரிபில்லாததாயிருத்தல்வேண்டும். இவ்வினைவைப் பெறவேண்டுமாயின், வாயிலின் இயல்பு வளைகோடுகளினது நேர்ப்பாகத்தைவிட்டுப் பிரயோகிக்கப் படும் அழுத்தமானது எந்த நேரத்திலுந் தொழிற்படுபுள்ளியைக் கொண்டு செல்லாதவாறு தொழிற்பாட்டு நிபந்தனைகள் செப்பஞ்செய்யப்படல் வேண் டும். ஆகவே, பெருக்கியொன்றின் தன்மையைப்பற்றி விவாதிக்கும்போது, இயல்புக்கோடுகளை நேர்கோடுகளாகவும் வாயிற்சாராமாறிகளாகிய R_A, g_m, μ களை மாறிலிகளாகவும் குறிப்பிடுவது போதியதாகும். ஏறத்தாழ எப்போ துஞ் சிறிய வளைவொன்றிருக்குமாதலின், இயல்புக் கோடுகளின் நேர்ப் பாகங்களெனக் கருதப்படும் பாகங்களிலுங்கூடச் சிறிதளவு திரிவு எப்போதுங் காணப்படும். ஆயினும், ஆரம்பவாளுகையிலே இதனை நிராகரித்துக் கொள்ளலாம்.

சுமைத்தடையிலே அழுத்தம் V இன் குறைவு காரணமாக, மெய்யான நேர்மின்வாயழுத்தமானது **உ.இ.** மின்கலவடுக்கின் குறுக்கேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசத்திலும் பார்க்க V அளவினாற் குறையுமென்பதை வற்புறுத்தவேண்டியது முதலாவது கருமமாகும். அன்றியும், மாறிக்கொண் டிருக்கும் நெய்யரியழுத்தத்தின் பயனாக நேர்மின்வாயோட்டமானது மாறும்போது, நேர்மின்வாயழுத்தம் மாறிலியாயிருக்கமாட்டாது. உண்மை யில், V_G இன் **ஓரதிகரிப்பு** V_A இன் ஒரு **குறைவினாற்** தொடரப்படுமென்று சிறிது கருதினால் விளங்கும். ஆகவே, பெருக்கியொன்றிலுள்ள நெய்ய ரியழுத்தத்தினூடு நேர்மின்வாயோட்டத்தின் மாற்றத்தைத் தீர்மானிக்க 324 ஆம் உருவத்திலுள்ள ஒன்றுக்கொன்றான இயல்புவளைகோடுகள் நேராக உபயோகிக்கப்பட முடியாதவைவாம்.

324 ஆம் உருவத்தின் வளைகோடுகள் நேர்மின்வாயழுத்தத்தின் நிலையான (அல்லது மாறிலியான) நிபந்தனைகளிலே பெறப்பட்டுள்ளனவாதலின் **நிலையியல்புவளைகோடுகள்** எனக் குறிப்பிடப்படும். மாறு நேர்மின்வாயழுத்

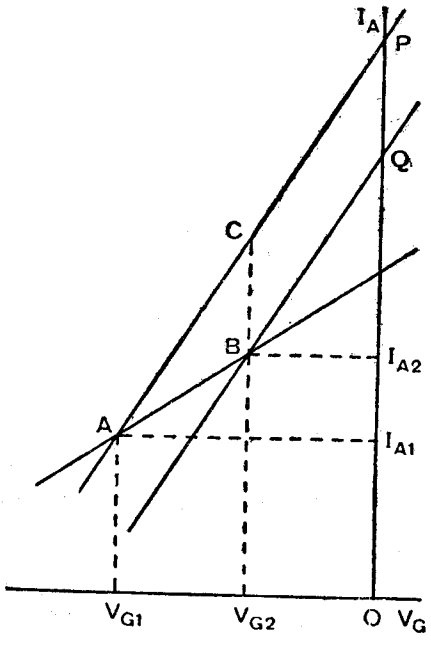


உருவம் 325. மூவாயொன்றைக்கொண்ட பெருக்கம்

தங்களுக்குப் பதிலாக **உ.இ. உவோற்றளவின் மாறுப்பெறு மானங்கள்** பலவற்றிற்கு வளை கோடுகளின் ஒத்த கூட்ட மொன்று வரையப் படலாம். இவ்வளைகோடுகள் **இயங்கு மியல்புவளைகோடுகள்** எனப் படும். இயங்குமியல்புவளை கோடுகளின் சரியான அமைப்பு, வாயிலில் மட்டுமன்றிச் சுமைத் தடையின் பெறுமானத்திலுந் தங்கியுள்ளது. ஆகவே, இவை **வாயிலுக் கன்றிச் சுற்று முழுவதுக்குமே** தொடர்புடையனவாம். இயங்குமியல்புகளைப் பெறவேண்டுமாயின், 325 ஆம் உருவத்திற்போன்று சுற்றனது ஒழுங்கு செய்யப்படல் வேண்டும். இயங்குமியல்புவளைகோடொன்றிலிருந்து ΔV_G இன் குறித்த பெறுமானமொன்றினோடொத்த ΔI_A இன் பெறுமானம் அளக்கப் படலாம். $R\Delta I_A$ என்பது R இன் குறுக்கே **அ.வி.** இன் மாற்றமாதலின் உவோற்றளவுப் பெருக்கமாகிய $\Delta V/\Delta V_G$, அதாவது $R\Delta I_A/\Delta V_G$ தீர் மானிக்கப்படலாம்.

ஆயினும், வாயிற்சாராமாறிகளின் பெறுமானங்களிலிருந்து உவோற் றளவுப் பெருக்கத்தைக் கணித்தல் வசதியானதாகும். உவோற்றளவுப் பெருக்கத்திற்குரிய கோவையொன்றைப் பெறவேண்டுமாயின், சுற்றிலுள்ள நிபந்தனைகளிலே I_A இற்கும் V_G இற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பை ஆராயவேண்டியது அவசியமாகின்றது. 326 ஆம் உருவத்திலே AP, BQ என்பன, V_{A1} இனூடும் V_{A2} இனூடுமொத்த நிலை (ஒன்றுக்கொன் றான) இயல்புவளைகோடுகளிரண்டின் நேர்ப்பாகங்களாம். புள்ளி A ஐக்

கருதுக. இப்புள்ளியானது அழுத்தங்கள் V_{G1}, V_{A1} களினூடும் நேர்மின்வாயோட்டம் I_{A1} இனூடும் ஒத்ததாகும். V_A மாறுதிருக்கும்போது V_G ஆனது V_{G2} இற்கு அதிகரிக்குமாயின் தொழிற்படு புள்ளியானது AP இன் வழியே C இற்கு இயங்கும். AP இன் சாய்வுவிகிதமானது ஒன்றுக்கொன்றான கடத்துதிறனிய g_m ஆகும். ஆகவே, AP இன் சமன்பாடானது



உருவம் 326. நிலையியல்புக்கோடும் இயங்குமியல்புக்கோடும்

$$I_A = g_m V_G + I_0$$

ஆகும். இங்கு I_0 என்பது பூச்சிய நெய்யரியழுத்தத்திலே நேர்மின்வாயோட்டம் (OP) ஆகும்.

ஆயினும் V_A ஆனது மாறிலியாயிருப்பதில்லை. V_A மாற்றப்படும்போது இயல்புவளைகோட்டின் சாய்வுவிகிதம் மாறுதிருக்குமாயினும் I_0 ஆனது அவ்வாறிருப்பதில்லை. I_0 ஆனது பூச்சிய நெய்யரியழுத்தத்திற்குரிய நேர்மின்வாயோட்டமாதலின் V_A இனூடு I_0 ஆனது மாறுகின்ற வகையானது V_G பூச்சியத்திற்குரிய **நேர்மின்வாயியல்புவளைகோட்டினூற்** குறிக்கப்படும் (உருவம் 323). இவ்வியல்புவளைகோட்டின் சமன்பாடானது

$$I_0 = \frac{1}{R_A} V_A + k \text{ ஆகும்.}$$

இங்கு $1/R_A$ என்பது இயல்புவளைகோட்டின் சாய்வுவிகிதமாகும். k ஒரு மாறிலியாகும். முந்திய சமன்பாட்டிலே I_0 இற்குப் பிரதியிட

$$I_A = g_m V_G + \frac{1}{R_A} V_A + k$$

எனப் பெறப்படும். E ஆனது உயிழுவிசையுவோற்றளவாகவும் V ஆனது R இலுள்ள அழுத்தவீழ்ச்சியாகவும் (உருவம் 325) இருப்பின்,

$$V_A = E - V = E - RI_A \text{ ஆகும்.}$$

ஆகவே

$$I_A = g_m V_G + \frac{E - RI_A}{R_A} + k$$

அல்லது, E உம் R_A உம் மாறிலிகளாதலின்,

$$I_A = g_m V_G - \frac{R}{R_A} I_A + k'.$$

I_A இன் உறுப்புக்களைச் சேர்க்க

$$I_A \left(1 + \frac{R}{R_A}\right) = g_m V_G + k'$$

எனப் பெறப்படும். தொழிற்படு புள்ளியானது மெய்யாக இயங்குகின்ற கோடு AB ஆகிய இயங்குமியல்புவளைகோட்டின் சமன்பாடு இதுவேயாகும்.

A இலே, $$I_{A1}\left(\frac{R + R_A}{R_A}\right) = g_m V_{G1} + k',$$

அத்துடன் B இலே, $$I_{A2}\left(\frac{R + R_A}{R_A}\right) = g_m V_{G2} + k'.$$

இவ்விரு சமன்பாடுகளையுங் கழித்து இரு பக்கங்களையும் R இனூற்பெருக்க

$$R\Delta I_A \left(\frac{R + R_A}{R_A}\right) = Rg_m \Delta V_G \text{ என்பது பெறப்படும்.}$$

அல்லது,

$$R\Delta I_A = R_A g_m \left(\frac{R}{R + R_A}\right) \Delta V_G.$$

$R_A g_m = \mu$, அத்துடன் $R\Delta I_A = \Delta V$ ஆதலின்,

$$\Delta V / \Delta V_G = \mu, \left(\frac{R}{R + R_A}\right)$$

ஆகவே, இம்முறையினூற் பெறப்படக்கூடிய பெருக்கத்தின் அளவானது வாயிலின் பெருக்கக்காரணி μ இனதும், சீனை $R/(R + R_A)$ இனதும் பெருக்கத்திற்குச் சமமாகும். ஆகவே, பெருக்கமானது எப்போதும் μ இலுங் குறைவாயிருக்கும். ஆனால் R ஆனது மிகப்பெரிதாகும்போது μ இன் பெறுமானத்தை நெருங்கும். செய்முறையிலே R இன் பெறுமானமானது, R மிகப் பெரிதாயிருக்கும்போது அழுத்தவீழ்ச்சி V உம் பெரிதாயிருக்கும் என்ற உண்மையினூற் கட்டுப்பட்டிருக்கும். ஆகவே, நேர்மின்வாயிலே வேலைசெய்யத் தேவையான அழுத்தத்தைக் கொடுக்க உ. இ. உ. வோற்றளவின் மிகைவிஞ்சியுயர்ந்த பெறுமானங்கள் தேவைப்படும். அன்றியும், R ஆனது மிகச் சிறிதாயிருக்குமாயின் விளைவான பெருக்கமும் சிறிதா

யிருக்கும். R_A இன் அல்லது அதனிருமடங்கின் பாகத்தில் R ஐத் தெரிந்து திருப்தியான இணக்கமொன்று பெறப்படுவது வழக்கம். R ஆனது R_A இற்குச் சமமாயிருக்கும்போது உவோற்றளவுப் பெருக்கம் $\frac{1}{2}\mu$ ஆகும். R ஆனது $2R_A$ இற்குச் சமமாயிருக்கும்போது அது $\frac{2}{3}\mu$ ஆகும்.

பரிசோதனை 275. மூவாயொன்றினால் உண்டாக்கப்படும் பெருக்கம்.— மூவாய்ச்சுற்றொன்றின் பெருக்கத்தை ஆராய்தற்குரிய மிக்க நேரான முறையானது, 100 அல்லது 200 உவோற்று உவோற்றுமானியொன்றை, நேர்மின்வாய்ச்சுற்றிலே செலுத்தப்பெற்றுள்ள தடையின் குறுக்கே (325 ஆம் உருவத்தில் R) இணைப்பதேயாம். உவோற்றுமானியானது உயர்ந்த தடையொன்றைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும். அப்போதுங்கூட உவோற்றுமானியின் பக்கவழிதிருப்பும் விளைவானது கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளப்படல் வேண்டும். மேலேயுள்ள சூத்திரத்திலே உவோற்றளவுப் பெருக்கத்திற்குரிய சுமைத்தடை R இன் பெறுமானமானது சமாந்தரச் சேர்க்கையின் விளைவான தடைக்குச் சமமாயெடுக்கப்படல் வேண்டுமென்பதே இதன் கருத்தாகும். தொகுவிளைவான சுமைத்தடையிலே மெய்யான அழுத்தவீழ்ச்சி V ஐ உவோற்றுமானியைக்கொண்டு நேராக அளக்கலாம். மில்லியம்பியர்மானியொன்றைக்கொண்டு நேர்மின்வாயோட்டம் I_A ஐ அளந்து பெருக்கம் RI_A இலிருந்து V ஐக் கணித்தல் கூடுதலான அறிவுக்குரிய இன்னொரு முறையாகும்.

முதலிலே தொழிற்படுமழுத்தங்கள் நியம வேலை நிபந்தனைகளிலே டொப்பத் தெரியப்படல்வேண்டும். 324 ஆம் உருவத்திற் P ஐப்போல, ஒன்றுக்கொன்றான நிலையியல்புக்கோடுகளிலே பொருத்தமான புள்ளியொன்றைத் தெரிந்து V_G இனதும் I_A இனதும் ஒத்த பெறுமானங்களின் அளவீடுகளையெடுத்து இதனைச்செய்யலாம். V_G ஐ, தீர்மானித்த பெறுமானத்திலேயே வைத்துக்கொண்டு I_A இன் பொருத்தமான பெறுமானத்தைப் பெறுமட்டும் **உ. இ.** உவோற்றளவு E ஐச் செப்பஞ்செய்க. P ஆனது இருக்கின்ற நிலையியல்புவளைகோட்டிற்கு E ஆனது V_A இலும்பார்க்க மிகப்பெரிதாயிருக்கும். இப்போது E ஐ மாறாது வைத்துக்கொண்டு V_G ஐ மாற்றி V_G இற்கெதிரே I_A இன் வரைப்படத்தை வரைக. இது, E இனதும் R இனதும் தெரிந்த பெறுமானங்களிலேடொத்த இயங்குமியல்புவளைகோடாகும். இதேவாயிலுக்கு முன்னரே பெறப்பட்ட நிலையியல்புவளைகோடுகளின் மேலே இவ்வளைகோட்டை வரைவது அறிவுக்குரியதாகும். R_A இனதும் $2R_A$ இனதுமண்மையிலே R இன் பெறுமானங்களிரண்டிற்கு இதனைச் செய்தல் வேண்டும்.

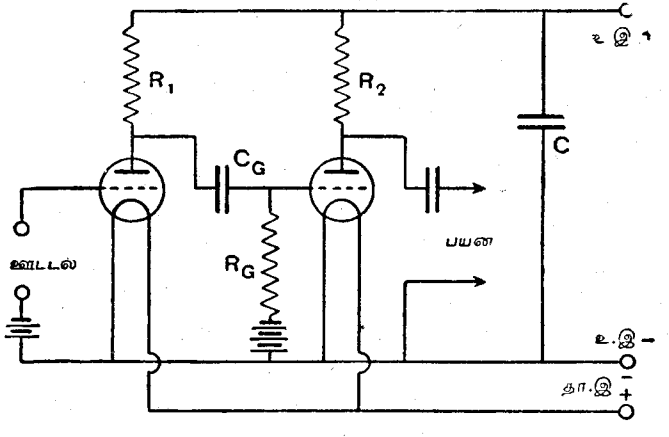
இயங்குநிபந்தனைகளில் இயங்குமியல்புவளைகோட்டின் சாய்வுவிகிதம் $\Delta I_A/\Delta V_G$ ஆகும். $R\Delta I_A$ ஆனது ΔV இற்குச் சமமாதலின், உவோற்றளவுப்பெருக்கமாகிய $\Delta V/\Delta V_G$ ஆனது சுமைத்தடையின் ஒவ்வொரு பெறுமானத்திற்கும் எளிதிற் கணிக்கப்படலாம். விளைவுகளை $\mu\left(\frac{R}{R+R_A}\right)$ இலிருந்து பெறப்பட்ட பெறுமானங்களிலேடு ஒப்பிடுக.

ஆடலழுத்தமொன்று பெருக்கியொன்றின் நெய்யரிக்குப் பிரயோகிக்கப்படும்போது தொழிற்படுபுள்ளியானது இயங்குமியல்புவளைகோட்டின் நேரேயன்றி நிலையியல்புவளைகோட்டின் நேரே இயங்காது. ஆகவே, இயங்குமியல்புவளைகோடொன்று நேர்கோடொன்றிலிருந்து விலகும் அளவானது பெருக்கப்பட்ட குறியானது திரிந்த அளவுக்குரியதொரு சிறந்த அறிகுறியாகும்.

மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ள பெருக்கியின் வகையானது மிகப்பரந்த உபயோகமுள்ளது, விசேடமாகச் செவிப்பலவதிர்வெண்களின் பெருக்கத்திற்கும் உபயோகிக்கப்படும். ஆயினும், வேறும் ஒழுங்குகளும் உள்ளன. **உ. இ.** உவோற்றளவின் பெரும்பாகத்தைத் தணிக்கும் தடைச்சுமையின் நயக்குறையானது, பெரிய தற்றூண்டுதிறனையுடைய இரும்பகச் சுருளாகிய **தாழ்வதிர்வெண்ணடைப்பொன்றினால்** தடையைப் பிரதியிட்டு, மேற்கொள்ளப்படலாம். இச்சுருளின் தடங்கலானது (694 — 695 ஆம் பக்கங்களைப் பார்க்க), நேர்மின்வாயோட்டத்தின் ஆடற்கூறு சம்பந்தமான அளவுக்கு, நேர்மின்வாய்ச் சுமையை இப்போது கொடுக்கின்றது. ஆகவே, பெறப்பட்ட பெருக்கத்தை இது தீர்மானிக்கின்றது. ஆயினும், நேர்மின்வாயோட்டத்தின் **நே. ஓ.** கூற்றிலேடொத்த **சராசரி** நேர்மின்வாயழுத்தமானது, பிரயோகிக்கப்பட்ட **உ. இ.** உவோற்றளவிலும்பார்க்க அவ்வளவு சிறிதாயிராதவாறு, சுருளின் தடையானது சார்பாகச் சிறிதாக்கப்படலாம். பெருக்கமானது அடைப்பின் தடங்கலிலுந் தீர்மானிக்கப்படுமாதலின் அதன் பெறுமானம் அதிர்வெண்ணோடு மாறித் தாழ்ந்த அதிர்வெண்களிலே விரைவாய் வீழ்ச்சியடையும். ஆகவே, அதிர்வெண்ணோடு பெருக்கத்தின் மாற்றவீதமானது பெருக்கியானது எடுத்தாளவேண்டிய ஆகக்குறைந்த அதிர்வெண்களிற்கூட மிகப்பெரிதாயில்லாததை உறுதிப்படுத்துவதற்காக, அடைப்பின் தடங்கலானது போதியவளவு பெரிதாக்கப்படல் வேண்டும். அன்றியும், தடங்கலானது அளவுவிஞ்சிப் பெரிதாக்கப்படுமாயின் கம்பியின் மிகப்பெருந்தொகையான சுற்றுக்கள் தேவைப்படும். சுற்றுக்களிடையே விரும்பத்தகாத தப்பிய கொள்ளளவை இது உள்ளே நுழைக்கும். அத்துடன், இரும்பகத்திலுள்ள பின்னிடைவானது திரிவை உட்செலுத்த முயலும். இரும்பகமானது நிரம்பிய நிலையினண்மையிலிருக்கும்போது சிறப்பாக இத்திரிவு காணப்படும்.

பெருக்கத்தின் பல படிகளைப் பிரயோகிப்பது பெரும்பாலும் அவசியமாகின்றது. அப்போது ஒரு படியிலிருந்து பெறும் பயனானது மற்றப்படிக்குப் பிரயோகிக்கப்படும். ஒரு வாயிலின் நேர்மின்வாயினது மாறுமழுத்தத்தை அடுத்த வாயிலின் நெய்யரிக்குப் பிரயோகித்து இதனைச் செய்யலாம். ஆயினும் நேர்மின்வாயானது உயர்நேரழுத்தமொன்றிலிருப்பதால், இவ்வழுத்தமானது அடுத்த வாயிலின் நெய்யரியையடையாது தடுக்க வேண்டியது

ிவளிப்படையாகும். ஒடுக்கியொன்றை இடையே வைத்து விரும்பிய பேற்றை லகுவிற் பெறலாம். இவ்வொடுக்கியானது, சம்பந்தப்பட்ட ஆகக்குறைந்த துர்வெண்களிலுங்கூட அதன் தாக்குதிறனைச் சிறிதாக்குமாறு, போதிய ளவு பெரிய கொள்ளளவைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும்.

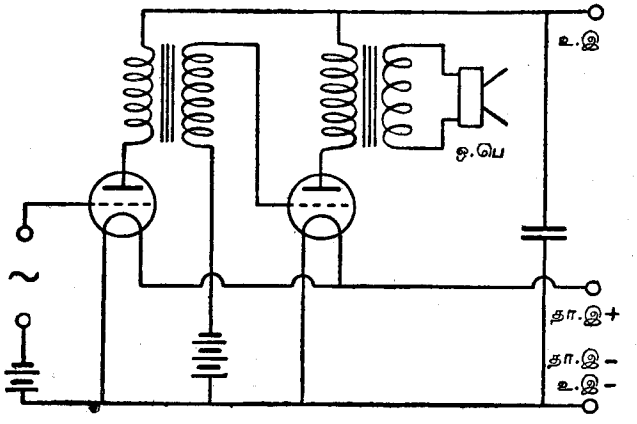


உருவம் 327. இருபடித் தடையிணைத்த பெருக்கி

அதே நேரத்திலே தேவையான தொழிற்பாட்டு நிபந்தனைகளைக் கொடுக்கக் கூடியதாக நெய்யரியழுத்தத்தின் சராசரிப் பெறுமானஞ் செப்பஞ்செய்யப் படல்வேண்டும். மிக்கவுயர்ந்த தடை அல்லது **நெய்யரிப்பொசிவினூடும்** நெய் யரிச்சாருகை மின்கலவடுக்கொன்றினூடும் எதிர்மின்வாயோடு நெய்யரியை இணைத்து இவ்வாறு செய்யப்படும். நெய்யரிப் பொசிவுத்தடையின் பெறு மானமானது நெய்யரியை முந்திய வாயிலினுல் அதற்குப் பிரயோகிக்கப்படும் அழுத்தமாற்றங்களைப் பின்பற்றச் செய்யப் போதியவளவு உயர்வாயிருத்தல் வேண்டும். ஆயினும், நெய்யரியிற் சேர்ந்துள்ள எவ்வித மின்னேற்றங்களும் பொசியாது தடுக்கப் போதியவளவுக்கு உயர்வாயிருத்தல் கூடாது.

327 ஆம் உருவமானது **இருபடித் தடையிணைத்த பெருக்கி**யொன்றைக் காட்டுகின்றது. செவ்விப்புலவதிர்வெண் பெருக்கியொன்றிற்கு C_G, R_G கூறு களின் சிறப்பான பெறுமானங்கள் $C_G = 0{\cdot}1\ \mu F$ உம், $R_G = 1M\Omega$ உமாகும். R_1, R_2 களின் பெறுமானங்கள் உபயோகிக்கப்படுஞ் சிறப்பான வாயில்களிலே தங்கியுள்ளன. எறத்தாழ $2\mu F$ இன் ஒடுக்கி C ஆனது, நேர்மின்வாயோட் டங்களின் ஆடற்கூறுகள் **உ.இ.** மின்கலவடுக்கின் உட்டடையின் ஆறுக்கே அழுத்தமாற்றங்களை உண்டாக்காதவாறு, **உ.இ.** மின்கலவடுக்கின் ஆறுக்கே இணைக்கப்படுதல்வேண்டும். **அடைப்பிணைத்த பெருக்கி**யொன்றின் சுற்று னது சுமைத்தடைக்காக அடைப்பொன்று பிரதியிட்டிருப்பதைத் தவிர, தடை யிணைப்புக்குரிய சுற்றைப் போன்றதேயாம்.

மாற்றியிணைப்பும் பொதுவாகப் பிரயோகிக்கப்படும். செவிப்புலவதிர்வெண் பெருக்கியொன்றின் கடைசிப்படிகளுக்கிடையே இது சிறப்பாக உபயோகிக்கப் படும். ஒரு வாயிலின் நேர்மின்வாய் இணைக்கம்பியானது இரும்பகமாற்றி



உருவம் 328. மாற்றியிணைப்பு

யொன்றினூடாகும். இம்மாற்றியானது முன்னரே கருதப்பட்ட அடைப்பைப்போலவே தொழிற்படுகின்றது. மாற்றியின் **துணைச்சுற்றைக்** கொண்டு அடுத்த வாயிலுக்குக் குறியானது பிரயோகிக்கப்படும். மாற்றி யைக்கொண்டு மட்டமான படியேற்ற வீளைவைப் பெறக்கூடுமென்பதே இந்த முறையின் ஒரு நயமாகும். படியேற்ற விகிதமானது சாதாரணமாக 2 அல்லது 3 இற்கு 1 இலும்பார்க்க மிகுந்திருத்தல் கூடாது. ஏனெனில், பெரிய விகிதங்களுக்குரிய துணைச்சுற்றிலே தேவைப்படும் சுற்றுக்களின் மிகப்பெருந் தொகையானது, சுற்றுக்களினிடையே தப்பிய கொள்ளளவின் வாயிலாக விரும்பத்தகாத வீளைவுகளை உட்செலுத்துகின்றது.

செவிப்புலவதிர்வெண் பெருக்கியொன்றின் கடைசிப்படியானது ஒலி பெருக்கியொன்றைத் தொழிற்படுத்துவதுபோன்று **வலுவைக்** கொடுப்பதற்கே வழக்கமாகத் தேவைப்படுகின்றது. இத்தேவைக்காக உவோற்றளவுப் பெருக் கத்திற்குத் தேவைப்படுவதிலும்பார்க்கப் பெரிய நேர்மின்வாயோட்டங்களைக் கையாளக்கூடிய விசேட வலுவாயிலொன்று அவசியமாகின்றது. இப் **பயன் பெறுபடியானது** பொருத்தமான மாற்றியொன்றைக்கொண்டு ஒலிபரப்பிக்கு அல்லது வேறு சுமைக்குப் பொருத்தப்படல் வேண்டும். இயங்குசுருள் ஒலி பெருக்கியொன்றின் தடங்கலானது பயன்பெறு வாயிலினதிலும்பார்க்க மிகக் குறைவாயிருக்கும். பொருத்தத்தின் கொள்கையைப்பற்றி இங்கு விவாதித் தல் முடியாது. ஆனால், மாற்றியின் படிகுறை விகிதமானது (பயன்பெறு வாயிலின் நேர்மின் வாய்த்தடை)/(சுமைத்தடை) ஆகிய விகிதத்தின் வர்க்க

மூலத்துக்குச் சமமாயிருத்தல் வேண்டுமென்பது குறிப்பிடப்படல்வேண்டும். பயன்பெறு வாயிலொன்றிற்கு மாற்றியிணைப்பினூடுகூடிய பெருக்கியொன்றின் ஒழுங்கை 328 ஆம் உருவங் காட்டுகின்றது. இதன் பின் இவ்வாயிலானது இரண்டாவது மாற்றியொன்றைக்கொண்டு ஒலிபெருக்கியொன்றினூடு பொருத்தப்படும்.

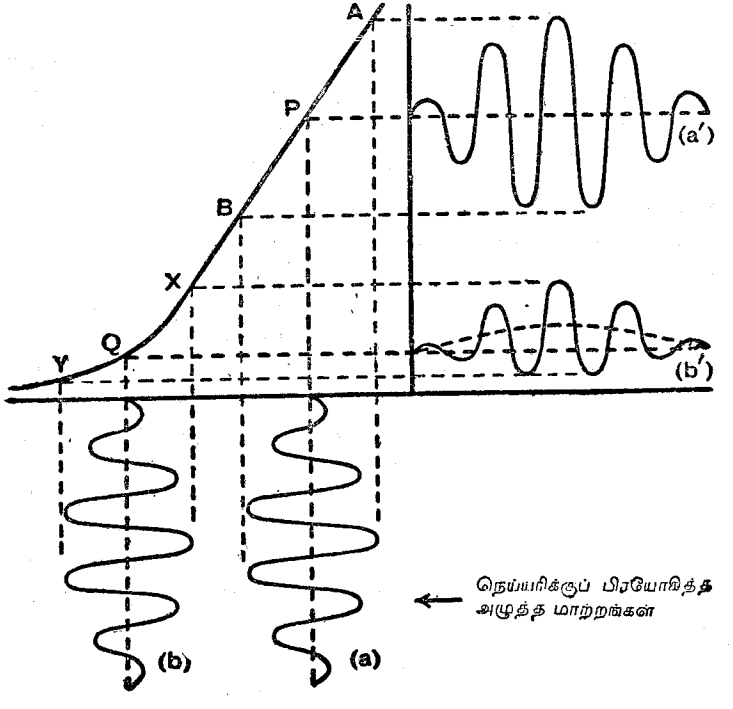
இரேடியோவதிர்வெண் பெருக்கமானது அதன் சொந்தப் பிரச்சினைகளை பிறப்பிக்கின்றது. செவிப்புலவதிர்வெண்களிலே குறைந்த விளைவையே யுண்டாக்கும் தப்பிய கொள்ளவுகளினூற் பெறப்படும் முக்கியத்துவங் காரணமாகவே இப்பிரச்சினைகள் பெரும்பாலும் எழுகின்றன. சுற்றின் பல்வேறு பாகங்களுக்கும் புவிக்குமிடையேனும், சுருளின் அடுத்துள சுற்றுக்களினிடையேனும் நிகழும் இக் கொள்ளளவுகள் இரேடியோவதிர்வெண் னூட்டங்களுக்குச் சார்பாகக் குறைந்த தடங்கலையுடைய பாதைகளைக் கொடுத்தல்கூடும். இரேடியோவதிர்வெண் பெருக்கியொன்றிலுள்ள நேர்மின்வாய்ச் சுமையானது இசைவாக்கிய சுற்று அல்லது மாற்றியொன்றின் முதற்சுருளினது அமைப்பைப் பொதுவாக எடுத்துக் கொள்ளும். சுழிப்போட்டங்களினதும் பின்னிடைவு விளைவுகளினதும் பயனுகச் சாதாரண வகையின் இரும்பகங்கள் உபயோகிக்கப்படமுடியா. தாழ்வான இரேடியோவதிர்வெண்களிலே **தூளகங்கள்** இடையிடையே பிரயோகிக்கப்படும். சுழிப்போட்டங்களைத் தடுப்பதற்காகக் காவலித்திரவிய மொன்றிலே தொங்கவிடப்பட்டுள்ள இரும்பின் நுண்ணிய துணிக்கைகளை இவை கொண்டனவாம். உயர்வுகூடிய இரேடியோவதிர்வெண்களிலே வளியகச்சுருள்கள் உபயோகிக்கப்படும்.

§ 13. மூவாயானது உணர்கருவியாய்த் தொழிற்படல்

மூவாயொன்று பெருக்கியாக உபயோகிக்கப்படும்போது நெய்யரிக்குப் பிரயோகிக்கப்படும் குறியொன்றினூல் நேர்மின்வாயோட்டத்தில் உண்டாக்கப்படும் மாற்றங்கள் நெய்யரியழுத்தங்களின் மாற்றங்களைக் கூடியவளவு பின்பற்றுமாறு நெய்யரிச் சாருகையானது செப்பஞ்செய்யப்படும். ஆகவே, வாயிலானது இயல்புவளைகோட்டின் நேர்ப்பாகத்தில் முற்றுந் தொழிற்படுகின்றது. ஆயினும், இயல்புவளைகோட்டின் வளைந்த பாகத்திற்குத் தொழிற்படு புள்ளியானது நகருமாறு எதிர்நெய்யரிச் சாருகை அதிகரிக்கப்படுமாயின், நெய்யரியுவோற்றளவின் நேரரைவட்டங்கள் நேர்மின்வாயோட்டத்திலே எதிரரை வட்டங்களிலும்பார்க்கப் பெரிய மாற்றத்தையுண்டாக்கும். நேர்மின்வாயோட்டமானது நேரரை வட்டங்களிலே ஓரளவினூல் அதிகரிக்கும். இவ்வதிகரிப்பானது எதிரரைவட்டங்களிலே அது குறையுமளவிலும் பார்க்கச் சார்பாக மிகப் பெரிதாயிருக்கும். இதன் மொத்த விளைவானது, குறியானது பிரயோகிக்கப்படும்போது எதிர்மின்வாயோட்டத்தின் சராசரிப்

பெறுமானத்திலே இருக்கும் ஏரதிகரிப்பேயாம். ஆகவே, இரேடியோவதிர்வெண் குறிகளைக் கண்டுபிடித்தற்குத் தேவையான நிபந்தனை பெறப்படுகின்றது.. இயல்புவளைகோட்டின் வளைவானது உபயோகப்படுங் காரணத்தினூல் இவ்வுணர்கருவி **நேர்மின்வாய்வளைவுணர்கருவி** எனப்படும்.

329 ஆம் உருவமானது மூவாயொன்றின் தொழிற்பாட்டிலே நெய்யரிச்சாருகையின் விளைவைக்காட்டுகின்றது. பெருக்கத்தையுண்டாக்கப் பொருத்தமான நெய்யரிச்சாருகையுடன்கூடிய நெய்யரிக்கு வளைகோடு (a) இனுற்



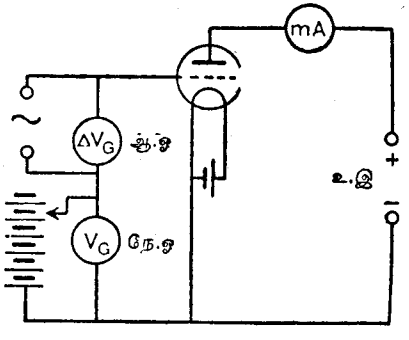
உருவம் 329. மூவாயொன்றின் தொழிற்பாடு (a, a′) பெருக்கியாக, (b, b′) உணர்கருவியாக

குறிக்கப்பெற்றுள்ள மாறும் வீச்சையுடைய குறியொன்று பிரயோகிக்கப்படும். சராசரி நெய்யரியழுத்தமானது இயங்குமியல்புவளைகோட்டின் நேர்ப்பாகத்திலுள்ள புள்ளி P இனூடொத்ததாகும். நேர்மின்வாயோட்டத்திலுள்ள மாற்றம் (a′) பிரயோகிக்கப்பெற்ற குறியின் உருவத்தையே கொண்டதாகும். மேலதிகமான நெய்யரிச் சாருகையைக்கொண்டு தொழிற்படு புள்ளியானது Q இற்கு இயக்கப்படும்போது எதிரான அரைவட்டங்களின் (b) சமமற்ற பெருக்கமானது வளைகோடுகள் (b′) இனுற் குறிக்கப்பெற்றிருப்பதுபோல உணர்தற்குத் தேவையான நிபந்தனைகளை உண்டாக்கும். நேர்மின்வாயோட்

டத்திற்குரிய வலுகோடு (a') இன் சமச்சீர்மையானது P இனூடு செல்லுங் கிடையான பிரிந்த கோட்டினூற் குறிக்கப்பெற்றுள்ள நேர்மின்வாயோட்டத்தின் சராசரிப் பெறுமானம் குறியினூற் தாக்கப்படவில்லை என்பதைக் கருதும். வாயிலானது ஒருணர்கருவியாகத் தொழிற்படும்போது, குறியானது வாங்கப்பட, (b') இலே வலுவான பிரிந்த கோட்டினூற் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோலச் சராசரி நேர்மின்வாயோட்டம் அதிகரிக்கின்றது.

இவ்வலுவின் கவர்ச்சிக்குரிய பிரயோகமொன்று **வாயிலுவோற்றுமானியிற்** காணப்படும். வெப்பவயன்வாயில்களின் சீராக்கற்றொழிற்பாட்டில் அல்லது உணர்தற்றொழிற்பாட்டிற் தங்கியுள்ள வாயிலுவோற்றுமானியின் பலவகைகளுள. இரேடியோவதிர்வெண்களிலே அளவீடுகளுக்கு இவை மிகவும் உபயோகமுள்ளன. உட்செலுத்தும் அந்தலைகளின்குறுக்கே மிக்கவுயர்ந்த தடங்கலைக் கொடுக்கும்படி இவற்றை அமைக்கமுடியும். உவோற்றுமானியொன்றிலே இது விரும்பத்தக்க சிறப்பான ஒரியல்பாகும்.

பரிசோதனை 276. நேர்மின்வாய் வலுவுணர்கருவி.—330 ஆம் உருவத்திலே காட்டப்பட்டுள்ள சுற்றை ஆக்குக. ஆடலழுத்தத்தின் மாறுவழங்கலொன்றை உட்செலுத்தும் அந்தலைகளினூடு இணைக்க. ஏறத்தாழ 5 உவோற்றைக் கொடுப்பதும் அழுத்தப் பிரிவிடு கருவியொன்றின் குறுக்கே இணைக்கப் பெற்றுள்ளதுமான முதற் கருவிகளின் மாற்றியினது துணைச் சுருளானது போதியதாகும். ஆயினும், முதற் கருவிகளின் தாழ்ந்த அதிர்வெண்ணிலே மில்லியம்பியர்மானியினது காட்டியின் அதிர்வானது தொந்தரவு கொடுக்குமாதலின், ஏறத்தாழ 1000 சு/செ. இலே தொழிற்படும் செவிப்புலவதிர்வெண்ணலையமொன்று விரும்பத் தகுந்ததாகும்.



உருவம் 330. நேர்மின்வாய் வலுவுணர்கருவி

வாயிலியல்புவலுகோட்டின் நேர்ப்பாகத்திலே தொழிற்படுபுள்ளியொன்றைத் தெரிந்து, பொருத்தமான நெய்யரிச்சாருகை V_G ஐயும் நேர்மின்வாயழுத்தம் V_A ஐயும் பிரயோகிக்க. இப்போது ஆடலழுத்தம் ΔV_G ஐப் பிரயோகித்து ΔV_G இன் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குரிய நேர்மின்வாயோட்டத்தின் பெறுமானத்தை அவதானிக்க. பிரயோகிக்கப்படுங் குறியானது வாயிலின் மிகைச்சுமையையுண்டாக்கப் போதியவளவு பெரிதாயில்லாவிட்டால் I_A ஆனது மாறுதிருக்கும். எதிர் நெய்யரிச்சாருகையைப் படிப்படியாக அதிகரிக்க. சாருகையானது மாற்றப்படும் ஒவ்வொரு முறையும் அவதானங்களின் மேலேயுள்ள கூட்டத்தைத் திருப்பியெடுக்க. எதிர்ச்

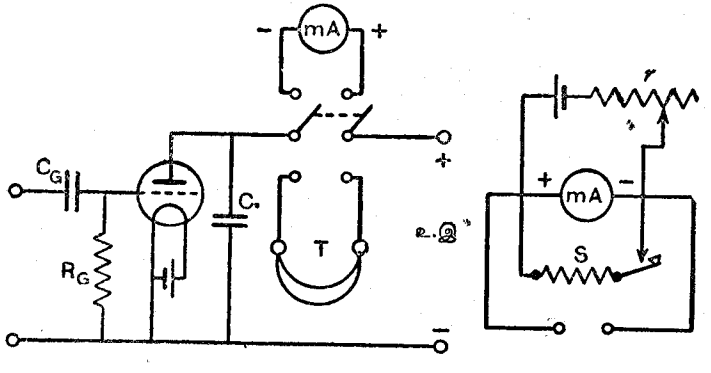
சாருகை அதிகரிக்கும்போது அமைவான நேர்மின்வாயோட்டமானது குறையக்காணப்படும். ஆனூற் பிரயோகிக்கப்பெற்ற குறியொன்று, அக்குறியின் வீச்சிலே தங்கியுள்ள தொகையொன்றினூல் I_A இன் பெறுமானத்திலே அதிகரிப்பொன்றை உண்டாக்கும். நெய்யரிச் சாருகையின் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குரிய குறியுவோற்றளவு ΔV_G இற் கெதிராக I_A இன் வரைப்படத்தை வரைதல் கவர்ச்சிக்குரியதாகும். நெய்யரிச்சாருகையை அதிகரித்துக்கொண்டு போகும்போது பெலமற்ற குறிகள் மிகச்சிறிய வீச்சுவையே நேர்மின்வாயோட்டத்தில் ஆக்குவதும், வலுவான குறிகள் மட்டுமே நேர்மின்வாயோட்டத்தை எழச்செய்வதுமான நிலையொன்று அடையப்பெறும். நெய்யரிச்சாருகையானது ஆகப்பெரிதானதென்றும், இந்நிலைமைகளிலே வாயிலானது பெலமற்ற குறிகளின் உணர்கருவியாகத் தொழிற்படத் திறன் குறைந்ததென்றும் இது காட்டுகின்றது. உண்மையிலே, இரேடியோவதிர்வெண்களினூடு உணர்கருவியானது சம்பந்தப்பட்டுள்ளபோதிலும், எந்தவதிர்வெண்ணிலும் ஒத்த வீச்சுவுகள் பெறப்படலாமாதலின், வசதிக்காக இங்கு செவிப்புலவதிர்வெண்ணானது உபயோகிக்கப்படுகின்றது.

மூவாயானது மூற்றும் வேறான வகையிலே உணர்கருவியாகத் தொழிற்படக்கூடும். நெய்யரியும் எதிர்மின்வாயுஞ் சேர்ந்து இருமைவாயிலுணர்கருவியாகத் தொழிற்படச் செய்யப்படலாம். அப்போது மூவாயின் நெய்யரியானது இருமைவாயிலின் நேர்மின்வாயாகத் தொழிற்படும். இந்த நிலைமைகளிலே வாயிலானது நெய்யரியோட்டத்தைப் பாயச்செய்யும். சாதாரணமாக நெய்யரியானது பூச்சியவழுத்தத்திலுள்ளதென்றும், ஆடலுவோற்றளவொன்று மேற்பொருத்தப் பெற்றுள்ளதென்றும் கொள்க. நேரரை வட்டங்களின்போது நெய்யரியானது இலத்திரன்களைச் சேர்க்கும். வெகு விரைவாக இவற்றை வெளியேறவிடாதிருப்பின், நெய்யரியின் சராசரியழுத்தமானது குறைக்கப்படும். குறியானது வாங்கப்படும்போது நேர்மின்வாயோட்டத்திலே இது **குறைவொன்றை** உண்டாக்கும். **சிறிய** வொடுக்கியொன்றினூடாக (0·0003 μF எனக் கொள்க) இரேடியோவதிர்வெண் குறியானது நெய்யரிக்குப் பிரயோகிக்கப்படும். 1 அல்லது 2 மெகோம் நெய்யரிப் பொசிவொன்றினூடாக நெய்யரியானது எதிர்மின்வாயினூடு இணைக்கப்பெற்றுள்ளது. குறியொன்று வாங்கப்பெறும்போது இரேடியோவதிர்வெண்ணலையின் வீச்சிலே தங்கியுள்ள அளவொன்றினூல் நெய்யரியின் அழுத்தமானது வீழ்ச்சியடையும். இரேடியோவதிர்வெண்ணலையொன்றின் ஆவர்த்தனகாலத்தின்போது (இது 1 மைக்குரோசெக்கனிலுங் குறைவாயிருக்கலாம்), நெய்யரிப் பொசிவின் தடையானது நெய்யரியிலிருந்து இலத்திரன்களினிறக்கத்தைத் தடுக்கப் போதியவளவு உயர்வாயிருந்தபோதிலும், செவிப்புலவதிர்வெண்ணலையொன்றின் ஆவர்த்தன காலத்தின்போது சேர்ந்த மின்னேற்றத்தைப் பொசிவதிலிருந்து தடுக்கத்தடையானது அவ்வளவு உயர்வாயிராது. வாங்கப்பெற்ற இரேடியோவலையின் வீச்சமானது, குறியின் செவிப்புலவதிர்வெண்ணிலே மாறுகின்றது. ஆதலின், நெய்யரியழுத்தத்தினதும் நேர்மின்வா

யோட்டத்தினதும் மாற்றங்கள், செவிப்புலவதிர்வெண் குறியின் அலையுருவத்தைப் பின்பற்ற முடிகின்றன. **நெய்யரிச்சுற்றுணர்கருவி** எனப்படும் இவ்வகையின் உணர்கருவியொன்றை அமைக்கும்போது 331 ஆம் உருவத்திலுள்ள C_G இனதும் R_G இனதும் பெறுமானங்கள் நெய்யரிச்சுற்றின் **நேரமாறிலி**யினது பொருத்தமான பெறுமானமொன்றைக் கொடுக்குமாறு ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புடையனவாய்த் தெரியப்படல் வேண்டும்.

பரிசோதனை 277. நெய்யரிச்சுற்றுணர்கருவி.—நெய்யரிச்சுற்றுணர்கருவியொன்றின் தொழிற்பாடானது நெய்யரிச்சுற்றினது நேரமாறிலியிலே தங்கியுள்ளதாதலின், இரேடியோவதிர்வெண் குறியொன்றைப் பிரயோகிப்பது அவசியமாகும். ஏறத்தாழச் செக்கனொன்றுக்கு 1 மெகாசைக்கிளைப்போன்ற வசதியான அதிர்வெண்ணைதனையும் இது கொண்டிருக்கலாம். அத்துடன் 14 ஆம் பிரிவில் விவரிக்கப்பெற்றதைப்போன்ற அலையத்தின் எளியவுருவத்திலிருந்து அதனைப் பெறமுடியும். "உணர்தலின்" பின் தலைப்பன்னிகளிலே செவிப்புலவதிர்வெண் குறியானது செவிப்புலனுக்கு கூடுமாதலின், செவிப்புலவதிர்வெண் குறியொன்றைக்கொண்டு இரேடியோவதிர்வெண்ணலையைக் கமகஞ்செய்யக்கூடிய குறிப்பிறப்பாக்கியொன்று விரும்பத்தகுந்ததாகும்.

மில்லியம்பியர்மானியைச் சுற்றில் வைத்துக்கொண்டு உருவம் 331 (அ) இன் சுற்றை இணைக்க. நேர்மின்வாயோட்டத்தின் இரேடியோவதிர்வெண்கூற்றுக்குரிய ஒழுக்கைக் கொடுப்பதற்காக உருவத்திற் காட்டியவாறு ஏறத்தாழ 0·001



(அ) (ஆ)

உருவம் 331. நெய்யரிச்சுற்றுணர்கருவி

μF சிறிய கடத்தி C ஒன்று சேர்க்கப்பெற்றுள்ளது. நேர்மின்வாயோட்டத்தின் பெறுமானத்தை அவதானித்துக்கொண்டு கமகஞ்செய்யப்பெறுத இரேடியோவதிர்வெண்ணழுத்தமொன்றை நெய்யரிக்குப்பிரயோகிக்க. நெய்யரியோட்டமானது தாழ்வு கூடிய பெறுமானமொன்றிற்கு வீழ்ச்சியடையும்.

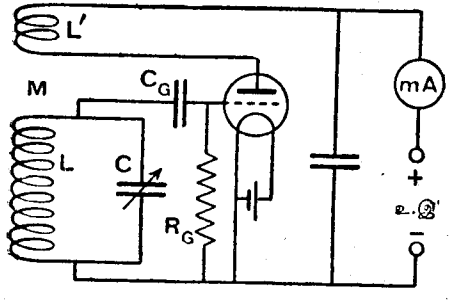
இரேடியோவதிர்வெண்ணழுத்தமானது சிறிதாயிருக்குமாயின், முழு நேர்மின்வாயோட்டத்தை அளப்பதற்குப் போதிய வீச்சையுடைய மானியொன்றிலே திருத்தமாயளப்பதற்கு நேர்மின்வாயோட்டத்தின் மாற்றமானது மிகச் சிறிதாயிருக்கும். உறுதியான நேர்மின்வாயோட்டத்தைப் பின்னடையச் செய்வதற்குரிய ஒழுங்கு செய்யப்படுமாயின், ஏறத்தாழ 0–1மி.அ இன் உணர்ச்சிகூடிய மானியொன்று உபயோகிக்கப்படலாம். உருவம் 331 (அ) இன் மில்லியம்பியர்மானிக்குப் பதிலாக உருவம் 331 (ஆ) இற் காட்டப்பட்டுள்ள ஒழுங்கைப் பிரதியிட்டு இதனைச் செய்யலாம். மில்லியம்பியர்மானியின் உணர்திறனை அதன நியமப்பெறுமானத்தின் ஏறத்தாழப் பத்திலொன்றுக்குக் குறைக்கப் போதியவளவுக்குத் தாழ்ந்த தடையையுடைய பக்கவழிதிருப்பி S ஆனது இச்சுற்றின் ஒரு முக்கியமான பாகமாகும். பக்கவழிதிருப்பியானது பாதுகாப்புக்காகச் சாதாரணமாக மூடப்பட்டுள்ள சாவியொன்றைக் கொண்டுள்ளதாகும். **திருத்தமான செப்பஞ்செய்கைகள் செய்யப்பட்டு அளவீடுகள் எடுக்கப்படும்போது மட்டுமே** சாவி திறக்கப்படும். பக்கவழிதிருப்பிய மானியானது நேர்மின்வாய்ச் சுற்றினுள்ளே **நேர்மாறுன திசையில்** இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அப்போது **உ. இ.** மின்கலவடுக்கினூடுள்ள இணைப்பானது திறந்திருக்கும். இருவோற்றுக்கலமொன்றும் ஏறத்தாழ 1000 ஓம் இரையோதற்று r உம் நியமமான திசையிலே மானியோடு இணைக்கப்பெற்றுள்ளன. பக்கவழியிருப்பதைக் கணக்கிலெடுத்துக்கொண்டே பின்னடைவோட்டமானது, நேர்மின்வாயோட்டத்தின் நியமப் பெறுமானத்திற்கு ஏறத்தாழச் சமமாயிருக்குமட்டும் மின்னோட்டமானது செப்பஞ்செய்யப்படும். **உ. இ.** மின்கலவடுக்கு இப்போது இணைக்கப்பட்டு மானியானது பூச்சியவளவிலிருக்குமட்டும் r ஆனது செப்பஞ்செய்யப்படும். இந்த நிலையிலே திருப்பிச் சாவியானது தற்காலிகமாகத் திறக்கப்பட்டுக் கூடிய திருத்தமான பூச்சியச் செப்பஞ் செய்கை செய்யப்படும்.

இரேடியோவதிர்வெண் உவோற்றளவு இப்போது பிரயோகிக்கப்படும். மானியின் திரும்பலானது முழுவளவுச்சட்டத்தின் பத்திலொன்றிலும்பெரிதாயில்லாவிட்டால், திருப்பிச்சாவியானது திறக்கப்பட்டு அளவீடு எடுக்கப்படும். இந்த அளவீடானது பின்னடைவோட்டத்தினதும் நேர்மின்வாயோட்டத்தினதும் **வித்தியாசமாகும்.** ஆகவே, நேர்மின்வாயோட்டத்தின் **குறைவுக்கு** இது சமமாகும். குறிப்பிறப்பாக்கியானது நொய்தாக்கியொன்றைக்கொண்டுள்ளதாயின், இரேடியோவதிர்வெண் உவோற்றளவுகள் பல பிரயோகிக்கப்பட்டு நேர்மின்வாயோட்டத்திலே ஒத்த மாற்றங்கள் அவதானிக்கப்படலாம். வரைப்படமொன்றினுல் இவை குறிக்கப்படுதல் வேண்டும். நெய்யரிப்பொறிவுத்தடை R_G இன் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுடன் பரிசோதனை திருப்பிச் செய்யப்பட்டுப் பேறுகள் ஒப்பிடப்படல்வேண்டும்.

சீராக்கற்குரிய நிபந்தனைகள் பெறப்பட்டதும், மில்லியம்பியர்மானியைத் தலைப்பன்னிகள் T இனூற் பிரதியிடுக. மாறுவீச்சு இரேடியோவதிர் வெண்ணுக்குப் பதிலாகக் கமகஞ்செய்யப்பெற்ற குறியொன்றை உபயோகிக்க. தலைப்பன்னிகளிலே சுரமொன்று செவிப்புலனுகும். இச்சுரத்தின் சுருதியானது கமகவதிர்வெண்ணிற்கொடொத்ததாகும்.

§14. மூவாயானது அலைவுகளின் பிறப்பாக்கியாகத் தொழிற்படல்

தூண்டுதிறன் L இன் சுருளொன்றையும் கொள்ளளவு C இன் ஒடுக்கியொன்றையுங்கொண்ட சுற்றனது அலைவின் இயல்பான அதிர்வெண் $1/2\pi\sqrt{LC}$ ஐயுடையதாகும் (பதினேராம் அத்தியாயம், 5 ஆம் பிரிவு). இவ்வகையான சுற்றொன்றிலே தொடக்கப்பெற்ற அலைவுகள், அச்சுற்றிலே சத்தியானது முக்கியமாக வெப்பவுருவத்திற் செலவாகுங்காரணத்தினுல் மிகக் குறுகிய காலத்திலேயே அழிந்துவிடுகின்றன. அலைவை மாறுவீச்சிலே வைத்திருக்க வேண்டுமாயின் சத்தியினழிவை ஈடுசெய்வதற்காகச் சுற்றிற்குச் சத்தியை வழங்க வேண்டியது அவசியமாகின்றது. வாயிற்பெருக்கியொன்றை உபயோகித்து இதனைச்செய்யலாம். அலைவுச்சுற்றனது பெருக்கியின் நெய்யரியினூடு இணைக்கப்படும். அப்போது நேர்மின்வாயோட்டத்தின் ஒரு கூறுக நேர்மின்வாய்ச்சுற்றிலே அலைவானது மீட்டப்பெறும். **நேர்மின்வாயோட்டமானது உ. இ. வழங்கலிடத்திலிருந்து அதன் சத்தியைப் பெறுகின்றது.** ஒன்றுக்கொன்றன தூண்டலினூடு சுருள் L இனூடே இணைக்கப்பெற்றுள்ள சுருள் L′ இனூடாக நேர்மின்வாயோட்டமானது செலுத்தப்படும் (உருவம் 332). மாறுகின்ற நேர்மின்வாயோட்டமானது சுருள் L இலே தூண்டிய **மி. இ. வி.** ஒன்றை உண்டாக்குவதனால் இவ்வழியாக நெய்யரிச்சுற்றினுள்ளே நேர்மின்வாய்ச் சுற்றிலிருந்து சத்தியைத் திருப்பி ஊட்டமுடியும்.



உருவம் 332. இசைவாக்கிய நெய்யரி அலையம்

இப்போது, நேர்மின்வாயோட்டமாற்றங்கள் நெய்யரி ஊடலழுத்தத்தின் நிலையிலேயே எறத்தாழ இருக்கும். அதாவது, நெய்யரியழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது நேர்மின்வாயோட்டமும் அதிகரித்துக் கொண்டேயிருக்கும். L′ இலே அதிகரித்துக்கொண்டிருக்கும் நேர்மின்வாயோட்டமானது, தூண்டலினைப்பின் திசையிலே தங்கியுள்ளவாறு நெய்யரிச்சுற்றின் அலைவுக்கு உதவவேனும் அதனை எதிர்க்கவேனுங் கூடிய **மி.இ.வி.** ஒன்றை L இலே

தூண்டும். இணைப்பானது அலைவை எதிர்க்கக்கூடிய திசையிலிருக்குமாயின் அலைவானது விரைவாகத் தணிக்கப்பெற்று நின்றுவிடும். அன்றியும், தூண்டிய **மி.இ.வி.** ஆனது அலைவுக்கு உதவுமாயின், சுற்றிலுள்ள தணித்தலானது பெரிய அல்லது சிறிய அளவுக்கு நடுநிலையாக்கப்படும். ஒன்றுக்கொன்றன தூண்டுதிறன் M இன் ஏதாவது மாறுநிலைப் பெறுமானத்திலே திருப்பியூட்டுஞ் சத்தியானது இழந்த சத்திக்குச் சரியாய் ஈடுசெய்யுமாதலின் அலைவானது வரையறையின்றி நிலைநிறுத்தப்படும்.

சுருள் L′ ஆனது பெரும்பாலும் **எதிர்த்தாக்கச்சுருள்** எனப்படும். **வக்கிரத்தாக்கல், மீளவுண்டாக்கல், பின்னூட்டல்** என்பன உபயோகிக்கப்படும் மற்றும் பெயர்களாம். எதிர்த்தாக்கலிலும் பார்க்க இப்பெயர்கள் விரும்பத்தக்கனவாம்.

மாறுநிலைப் பெறுமானத்திலுஞ் சிறிது அப்பால் இணைப்பானது அதிகரிக்கப்பெறுமாயின், இன்விளைவு அலைவின் வீச்சத்தை அதிகரிப்பதேயாகும். இவ்விளைவானது திரண்டதானதாகுமாதலின் வீச்சமானது வரையறையின்றி அதிகரிக்க முயலும். ஆயினுஞ் செய்முறையிலே, அதிகரிக்கும் வீச்சமானது வளைகோட்டின் நேர்ப்பாகத்தினது எல்லைகளுக்கப்பால் இயல்புவளைகோட்டிலுள்ள தொழிற்படுபுள்ளியைக் கொண்டுசெல்லுமாதலின் M இன் குறித்த பெறுமானத்திற்குரிய வீச்சத்திற்கு எல்லையொன்று குறிக்கப்படும். சம நிலையடையுமட்டும் அதிகரித்துக்கொண்டிருக்கும் வீச்சத்திலேயே ஒன்றுக்கொன்றன கடத்த திறனிலே படிப்படியான குறைவை இது உண்டாக்கும். இணைப்பிலே அவசியமற்ற அதிகரிப்பானது இயல்புக்கோட்டினது வளைவின் காரணத்தினுல் அலையுருவத்தின் திரிபையுண்டாக்குமென்பது குறிக்கத்தக்கதாகும். அன்றியும், கதிர்வீசும் வானலித் தொகுதியொன்றுக்குச் சத்தியூட்டலைப்போன்று சுற்றிலிருந்து சத்தியானது எடுக்கப்படுமாயின், இணைப்பை அதிகரித்து **உ.இ.** வழங்கலிடத்திலிருந்து மேலதிகமான இச்சத்தியானது எடுக்கப்படல் வேண்டும்.

மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ள நிபந்தனைகளிற் சுற்றனது **அலைவுகளின் பிறப்பாக்கியாக அல்லது அலையமாகத்** தொழிற்படுகின்றது. அலைவின் அதிர்வெண்ணனது அலைவுச்சுற்றின் மாறிலிகளினூற் தீர்மானிக்கப்படும். இவ்வதிர்வெண்ணனது தாழ்ந்த செவிப்புலவதிர்வெண்களிலிருந்து செக்கனுக்கு 300 மெகாசைக்கிளின் படியிலுள்ள உயர்ந்த இரேடியோவதிர் வெண்கள் மட்டும் பரந்த எல்லைகளுக்கிடையே எந்தப் பெறுமானத்தையுங் கொண்டிருத்தல்கூடும்.

அலையமொன்றின் தாக்கத்தைப்பற்றி விவரிக்கும்போது ஏதாவது புற வழங்கலொன்றினுல் அலைவுகள் தொடக்கத்தில் உண்டாக்கப்பெற்ற சுற்றொன்றை நோக்கிப் பிரச்சினை எடுத்தாளப்பட்டது. ஆயினும், பொதுவாக நேர்மின்வாயோட்டத்தின் தொடக்க அமைப்பேனும் நேர்மின்வாயோட்டத்தி

னுள்ள ஏதாவது சிறிய மாற்றமேனும் இசைவாக்கிய சுற்றிலே அலைவைத் தொடக்கப் போதியதாகுமாதலின், புறச்சுற்றென்று அவசியமற்றதாகும். ஒருமுறை தொடக்கியதும் அலைவானது நடுநிலை வீச்சம் மட்டும் விரைவாய் வளரும்.

C_G இனதும் R_G இனதும் பெறுமானங்கள் மிக்க முக்கியம் வாய்ந்தனவாம். சுற்றை அலையச்செய்ய இணைப்பானது மிகச்சிறிதாயிருக்குமாயின் உறுதியான நேர்மின்வாயோட்டமொன்று பாய்ந்து நெய்யரியழுத்தமானது மாறுதிருக்கும். அலைவு தொடக்குமட்டும் இணைப்பானது அதிகரிக்கப் பெறுமாயின் நேர்மின்வாயோட்டத்தினது சராசரிப் பெறுமானத்திலே சடுதியான வீழ்ச்சியுண்டாகும். நெய்யரியழுத்தமானது நேர்ப்பெறுமானமொன்றிற்கு ஆடும்போது நெய்யரியினுல் இலத்திரன்கள் சேர்க்கப்படுமென்பதே இதற்குக் காரணமாகும். R_G ஆனது பெரிதாயிருக்கும்போது விளைவான எதிர்மின்னேற்றமானது சார்பாக ஆறுதலாகவே வெளியே பொசியுமாதலின் சராசரி நெய்யரியழுத்தமானது வீழ்ச்சியடையும். R_G ஆனது போதியவளவு அதிகரிக்கப்படுமாயின் C_G இன் குறித்த பெறுமானமொன்றிற்கு எதிரான நெய்யரியழுத்தமானது அவ்வளவு பெரிதாகுமாதலின் நேர்மின்வாயோட்டம் முற்றிலுந் துண்டிக்கப்பெறும். இது நிகழும்போது சுற்றுனது அலையாது நிற்கும். ஆயினும், நெய்யரியிலுள்ள மின்னேட்டமானது பொசிந்து கொண்டேயிருக்கும். குறுகிய காலவிடையொன்றின்பின் அலைவானது மீண்டுந் தொடக்கப்படக்கூடிய நிலைமைகள் மீட்டப்பெறுகின்றன. அலைவின் குறுகிய துடிப்புக்கள் உண்டாக்கப்பெறுவதே இதன் விளைவாகும். இத்துடிப்புக்கள் R_G இனலும் C_G இனலுந் தீர்மானிக்கப்படும் அதிர்வெண்ணென்றிலேயே திரும்பவும் நிகழும். இந்த நிலைமை **இடைத்துடிப்பு** எனப்படும்.

அலைவின் மாறுநிலைமையானது அறிமுறையில் அனுமானிக்கப்படலாம். 332 ஆம் உருவத்தின் இசைவாக்கிய நெய்யரியலையத்திற்கு இது $M=RC/g_m$ எனக் காணப்படும். இங்கு M என்பது சுருள்களிரண்டினதும் ஒன்றுக்கொன்றுன தூண்டுதிறனெனவும், R உம் C உம் முறையே இசைவாக்கிய சுற்றிலுள்ள தடையுங் கொள்ளளவுமெனவும், g_m என்பது வாயிலின் ஒன்றுக்கொன்றுன கடத்துதிறனெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. உயரதிர்வெண்ணேட்டங்கள் கடத்தியொன்றின் மேற்பரப்பினண்மையிலே முக்கியமாகப் பாய முயலுகின்றனவாதலின், சாதாரண நே.ஓ. இலும் பார்க்க இக்கோவையிலுள்ள R இன் பெறுமானம் மிகப்பெரிதாயிருக்கலாம். இந்தத் **தோல்விளைவு** கடத்தியின் பயன்படு வெட்டுமுகப்பரப்பைக் குறைக்கின்றதாதலின், அதன் பயன்படு தடையை அதிகரிக்கச் செய்கின்றது.

இங்கு விவரிக்கப்பட்ட அலையமானது பெறப்படக்கூடிய பல வகைகளில் ஒன்றேயாம். தூய சைன் அலையொன்றை உண்டாக்க அமைக்கப்பெற்ற அலையமொன்றின் முக்கியவியல்புகள், பின்னூட்டு பெருக்கியின் சில வகை பினோடு சேர்ந்த இசைவாக்கிய ஒரு சுற்றுகும். இசைவளமிகுந்த ஏறத்

தாழ வர்க்கவலையுருவத்தின் அலைவுகளைப் பிறப்பிப்பது சில சமயங்களில் உபயோகமானதாகும். பல்லதிரி எனப்படுஞ் சுற்றென்றைக்கொண்டு இதனைச் செய்தல் கூடும். இப்பல்லதிரியிலே அடிப்படையான அதிர்வெண்ணனது தடைக்கொள்ளளவுச் சேர்க்கையொன்றின் நேரமாறிலியிலே தங்கியுள்ளது.

பரிசோதனை 278. மூவாயானது ஓரலையமாகத் தொழிற்படல்.—உயர்ந்த ஒன்றுக்கொன்றுன கடத்துதிறனேடுகூடிய வாயிலொன்றைத் தெரிந்து கொண்டு 332 ஆம் உருவத்திற் காட்டியபடி சுற்றை ஒழுங்குசெய்க. உயர்வுக் கொள்ளளவு 0·0005 μF உள்ள மாறுமோரொடுக்கி C இனேடு சேர்த்து 2″ விட்டமுடைய பக்கலேற்றுக் குழாயொன்றிற் சுற்றப்பட்ட 100 சுற்றுச் சுருள் L ஒன்றை உபயோகித்து வசதியான வீச்சையுடைய இரேடியோவதிர் வெண்ணலையமொன்றைப் பெறலாம். எதிர்த்தாக்கச்சுருள் L′ ஆனது $1\frac{1}{2}$″ குழாயொன்றிலே 100 அல்லது குறைந்த சுற்றுக்களைக்கொண்டிருக்கலாம். சுருள்களிரண்டிற்கும் பொதுவான அச்சொன்றிலே வழுக்கிச் செல்லக்கூடியதாக இது ஒழுங்குசெய்யப்பெறுதல் வேண்டும். இசைவாக்கப்பெற்ற சுற்றைத் தேர்வுடையதாக்க, அதாவது கூர்மையாக இசைவாக்க வேண்டுமாயின், இசைவாக்குஞ் சுருளின் தடையைத் தாழ்வாய் வைத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். ஆயினும், அலைவின் நிபந்தனையிலே அளவுகள் எடுக்கப்படவேண்டுமாயின் சுற்றினுள்ளே வேண்டுமென்று தடையைச் செலுத்துதல் ஒரு நயமாகும். இயூரெக்காக் கம்பியைக்கொண்டு சுருளைச்சுற்றி இதனைச் செய்யலாம். 30 நி.க.அ. கம்பி உபயோகிக்கப்படுமாயின் கருதப்படும் அதிர்வெண்களிலே தோல்விளைவின் பயனை வழுக்கள் பாரதூரமாகமாட்டா. நுண்மைகூடிய கம்பி உபயோகிக்கப்படலாமாயினும், தடையானது கூடிய பெரிதாயிருக்கும். செப்புக்கம்பி உபயோகிக்கப்படுமாயின் அது 40 நி.க.அ. இலும் பாரங் கூடியதாயிருத்தல் கூடாது. இரேடியோவதிர்வெண்ணேட்டங்களுக்கு எளிய பாதையொன்றைக் கொடுப்பதற்கு ஒடுக்கி C_1 உட்செலுத்தப்படும். 0·01 μF எற்றதாயினும் அதிகந் தாழ்வாயில்லாவிட்டாற் போதுமானது. பெறுமானம் முக்கியமல்ல.

தொடக்கத்தில் மிகுந்த தூரத்துக்கப்பாற் சுருள்களை வைத்துக்கொண்டு படிப்படியாக அவற்றினிடைத்தூரத்தைக் குறைக்க. நேர்மின்வாயோட்டத்திற் சடுதியான வீழ்ச்சியொன்று அலைவு தொடங்கியதைக் குறிக்கும். அலைவுக்குரிய அத்தாட்சி இல்லாவிட்டால், எதிர்த்தாக்கச் சுருளுக்குரிய தொடுப்புக்களை நேர்மாறுக்குவதன் விளைவைப் பார்க்க. C_G இனதும் R_G இனதும் ஏற்ற பெறுமானங்கள் தெரியப்படுமாயின் சுற்றை அலையச் செய்வதில் இடரொன்றுமிராது. தொடங்கும்போது 0·0003 μF ஐயும் 0·5 மெகோமையுந் தெண்டித்துப்பார்த்தல் வேண்டும்.

எதிர்மின்வாய்க்கதிரலைவுபதிகருவியொன்றின் உபயோகம் அலைவுகளின் அவதானத்திற்குரிய கவர்ச்சிக்குரியதும் அறிவைப்புகட்டுவதுமான முறையொன்றைக் கொடுக்கின்றது. அலையத்தின் சுருளொன்றிலோடு இணைக்கப்பெற்ற ஒரு சுருளைக்கொண்டு **Y** தட்டுகளுக்கு அலைவுகள் பிரயோகிக்கப்படும். உயர்ந்த வேகத்திலோடுகின்ற கோட்டுநேரவடியொன்று **X** தட்டுகளுக்குப் பிரயோகிக்கப்படும். இந்த முறையிலுல் வீச்சத்தினதும் அலையுருவத்தினதும் மாற்றங்களை அவதானிக்கலாம். அதிர்வெண்ணின் மாற்றமுங்கூட அவதானிக்கப்படலாம்.

அலைவானது சரியாய்த் தொடங்குமட்டும் அலையச்சுருள்களினிடையேயுள்ள ஒன்றுக்கொன்றுன தூண்டுதிறன் **M** ஐப் படிப்படியாக அதிகரிக்கச் செய்து அலைவின் நிபந்தனையைச் சரிபார்க்கலாம். ஒன்றுக்கொன்றுன தூண்டுதிறன் தெரியப்பெற்றிருத்தல்வேண்டும். பெறுமானம் ஆகச்சிறிதாயிருக்கும்போது அதனையளப்பது எளிதன்றுதலின், எளிதாக அமைக்கப்பெற்ற சுருள்களின் சோடியொன்றிற்குரிய அட்டவணையொன்று கொடுக்கப்பெற்றுளது. 2″ விட்டத்தின் குழாயொன்றிலே நெருக்கமாகச் சுற்றப்பட்டுள்ள இல. 30 **நி. க. அ., நே. ஓ. செ.** கம்பியின் 100 சுற்றுக்களை ஒரு சுருள் கொண்டதாகும். மற்றது, $1\frac{1}{2}$″ குழாயொன்றிலே 32 **நி.க.அ., நே. ஓ. செ.** கம்பியின் 100 சுற்றுக்களைக் கொண்டதாகும். சுருள்கள் ஒரேயச்சில் எற்றப்பெற்றுள்ளன. சுருள்களின் மையத்தினிடையேயுள்ள வெவ்வேறு தூரங்கள் d இற்குரிய **M** இன் அண்ணளவுப்பெறுமானங் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

d (ச.மீ.)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M (μH)	170	136	101	64	37·5	22·5	14	10	7

R_G ஐக் குறுக்காகச் சுற்றிக்கொண்டு நேர்மின்வாயோட்டத்தின் பெறுமானத்தை அவதானித்தபின் 1 உவோற்றின் நெய்யரிச்சாருகையொன்றைப் பிரயோகித்து g_m இன் பெறுமானத்தைத் தீர்மானிக்கமுடியும். நேர்மின்வாயோட்டத்தின் மாற்றமானது g_m இற்குச் சமமாகும். **R**, **C**, g_m என்பனவற்றின் பெறுமானங்கள் $M = RC/g_m$ ஆகிய கோவையிற் பிரதியிடப்பட்டபின், பரிசோதனை மூலமாகவேனும் கொடுபட்ட அட்டவணையிலிருந்து வரைப்பட விடைச்செருகலினுலேனும் தீர்மானிக்கப்பெற்ற **M** இன் பெறுமானத்திலோடு விளைவானது ஒப்பிடப்படல் வேண்டும்,

அடையாளத்திற்குரிய பரிசோதனையொன்றிற் பெறப்பட்ட பெறுமானங்கள் பின்வருமாறு :—

M நேராக அளத்தலினுல் .. .. 11·2 μH
R (இயூரெக்காச் சுருள்) .. .. 100 ஓம்
C .. .. 0·0003 μF
g_m .. .. 2·73 மி.அ./V

$$\frac{RC}{g_m} = 11{\cdot}0.$$

இணக்கமானது பரிசோதனை வழுவின் எல்லைகளுக்குட்பட்டதேயாம்.

அளவுதிருத்திய இரேடியோவதிர்வெண்ணலையமொன்று பெறப்படக்கூடுமாயின் பரிசோதனையலையத்தின் அதிர்வெண்ணனது இலீசசூவினுருவங்களினது முறையினுற் தீர்மானிக்கப்படலாம். இசை வாக்கற் கொள்ளளவு **C** இன் வெவ்வேறு பெறுமானங்களின் ஒரு தொகைக்கு இது செய்யப்படல் வேண்டும். தூண்டுதிறன் **L** ஆனது மாறிலியாயிருக்குமாதலின், அதிர்வெண் f ஆனது $1/\sqrt{C}$ இலோடு விகிதசமமாயிருக்கும். ஆகவே, $1/f^2$ ஐ **C** இற் கெதிராகக் குறித்து, நேர்கோட்டு வரைப்படமொன்றைப் பெறலாம்.

f இன் சார்பான பெறுமானங்கள் அளவுதிருத்திய அலையமொன்றின் உதவியின்றியே அண்ணளவாகத் தீர்மானிக்கப்படலாம். நேரவடியின் வேகத்தை மாறுது வைத்துக்கொண்டு நிலையான மாதிரியுருவமொன்றைக் கொடுக்குமாறு **C** ஐச் செப்பஞ்செய்து சுவட்டின் அலைநீளம் λ ஐ அளக்கலாம். **C** இன் பல பெறுமானங்களிலோடும் இதனைச் செய்தல் கூடும். இச்சந்தர்ப்பத்திலே **C** இற்கெதிராக λ^2 ஐக்குறிக்க நேர்கோடொன்றைப் பெறமுடியும்.

அடுத்த பந்தியில் விவரிக்கப்படவிருக்கும் அடிப்புக்களின் முறையை உபயோகித்து மெய்யான அதிர்வெண்ணைத் தீர்மானிக்கமுடியும். தெரியாவதிர்வெண்ணைக்கொண்ட அடிப்புக்களை உண்டாக்க மாறுகின்ற நியமவலையமொன்று உபயோகிக்கப்படும். அதிர்வெண்களிரண்டுஞ் சமமாயிருக்கும்போது அடிப்பதிர்வெண் பூச்சியமாயிருக்கும். அடிப்புச்சுரத்தை இசைக்கவரொன்றிலோடு இசைவாக்குவது சிறப்புக்கூடிய ஒரு முறையாகும். நியமவதிர்வெண்ணின் பெறுமானங்களிரண்டிற்கு இதனைச் செய்யலாம். நியமவதிர்வெண்ணின் கூட்டலிடையானது தெரியாவதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாயிருக்கும்.

கருதப்பட்ட முறைகளுளொன்றைக்கொண்டு அலைவின் அதிர்வெண்ணனது தீர்மானிக்கப்பெற்றுள்ளதாயின், $f = 1/2\pi\sqrt{LC}$ என்ற கோவையானது பிரதியீட்டினுற் சரிபார்க்கப்படலாம்.

அலையத்தை அலைவுபதிகருவியொன்றிலோடு இணைத்துக்கொண்டு C_G ஐயும் R_G ஐயும் மாற்றுவதன் விளைவைத் தெண்டித்துப் பார்த்தல் வேண்டும். பெருக்கம் C_GR_G போதியவளவு பெரிதாக்கப்படும்போது இடைத்துடிப்பு நிகழும். சுவடானது கலைந்திருப்பதினுலும், அதே நேரத்தில், அலைவில்லாதபோது பெறப்படுஞ் சுவட்டிலோடொத்த துலக்கமான கோடொன்று காணப்படுவதினுலும் இந்நிகழ்ச்சி குறிக்கப்படும். நேரவடியின் வேகமானது மிகவுங் குறைக்கப்படுமாயின் அலைவின் தனித்துடிப்புகள் தெளிவாகக் காணப்படும். ஒவ்வொரு துடிப்பிலுமுள்ள தனியலைவுகள் ஆறுதல்கூடிய நேரவடியிலோடு பிரித்திருக்க முடியாதிருத்தல்கூடும். துடிப்புகள் நேர்கோடொன்றிலே கொப்புளங்களின் ஒரு தொடராகத் தோற்றும்.

இடையிடையேயுள்ள அலைவானது உணர்கருவியொன்றையுந் தலைப்பன்னிகளையுங்கொண்டு செவிப்புலனுக்கப்படலாம்.

§ 15. எற்றரோதைன் அடிப்புகள்

தொடர்வலைச் செலுத்தியொன்றிலிருந்து, அதாவது மாறுவீச்சையுடைய அலைகளின் குறுகிய தொடர்களை வெளியே செலுத்திக்கொண்டிருக்குஞ் செலுத்தியொன்றிலிருந்து, வெளிவருங் குறிகள் தனியே சீராக்கலின் அல்லது உணர்தலின் முறையினாற் செவிப்புலனுக்கப்பட முடியாதன. அலைகளின் ஒவ்வொரு தொடரினதும் தொடக்கத்திலும் முடிவிலும் தொலைபன்னிகளிலே கிளிக்கொலியொன்றை உண்டாக்கி ஒருவேளை செவிப்புலனுக்கல் முடியும். தொடரலைக் **(தொ. அ.)** குறிகள் **எற்றரோதைன்** முறையொன்றினால் வாங்கப்பெறுதல் வழக்கம். வாங்கியிலுள்ள இடவலைய மொன்று குறியதிர்வெண் f_1 இலுஞ் சிறிதளவு மாறுபடும் அதிர்வெண் f_2 ஐயுடைய அலைவொன்றைப் பிறப்பிக்கும். அலைவுகளிரண்டும் மேற்பொருத்தப்பெற்றுள்ளனவாதலின் f_1 இற்கும் f_2 இற்குமிடையேயுள்ள வித்தியாசத்திற்குச் சமமான அதிர்வெண்ணையுடைய அடிப்புகள் உண்டாக்கப்படும். இடவலையத்தின் அதிர்வெண்ணை ஏற்றவாறு செப்பஞ்செய்து, அடிப்பதிர்வெண்ணானது செவிப்புலவீச்சிலுள்ளே கொண்டுவரப்படலாம். செவிப்புலச் சுரமொன்றை உண்டாக்க அதிர்வெண்களிரண்டின் கலப்பானது உணர்தலினாற் பின்பற்றப்படல் வேண்டும். இச்சுரத்தின் சுருதியானது அடிப்பதிர்வெண்ணினாற் தீர்மானிக்கப்படும்.

இரேடியோவதிர்வெண்களிரண்டைச் சேர்த்து ஆக்கப்பட்ட செவிப்புலவதிர்வெண்ணலையமொன்று பரிசோதனைச்சாலைத் தேவைகளுக்காகச் செவிப்புலவதிர்வெண்ணலைவைப்பெறற்குரிய உபயோகமுள்ள முறையொன்றைக் கொடுக்கின்றது. தனியலையமொன்றைக்கொண்டு தாழ்வதிர்வெண்களின் பிறப்பாக்கம் பெரிய சுருள்களினதும் ஒடுக்கிகளினதும் உபயோகத்தை வேண்டி நிற்கின்றது. அதிர்வெண்ணின் பரந்த வீச்சொன்று தேவைப்படுமாயின், கொள்ளளவின் (அல்லது துண்டுதிறனின்) பரந்த மாற்றந் தேவைப்படுமென்ற மேலதிகமான நயக்குறைவை இது கொடுக்கின்றது. **அடிப்பதிர்வெண்ணலையம்** ஒன்றிலே, ஒன்று நிலைத்ததும் மற்றது மாறுவதுமான இரேடியோவதிர்வெண்ணலையங்கள் இரண்டு தேவைப்படும். செவிப்புலவதிர்வெண்ணின் பரந்த வீச்சொன்றை அப்போது கொடுக்கத் தேவையான கொள்ளளவின் மாற்றம் மிகச்சிறிதாகும். மாறுந் தனியொடுக்கியொன்றை உபயோகித்து அதனை எளிதிற் பெறமுடியும். அடிப்புக்களின் சீராக்கலின் பின்பு மின்னோட்டத்தின் இரேடியோவதிர்வெண்கூறானது சிறியவொடுக்கியொன்றைக்கொண்டு தூண்டிவழிச் செலுத்தப்படும். அதிர்வெண்ணின் சார்பிலே நேராக அளவுதிருத்தப்பெற்ற அளவுச்சட்டமொன்றிருப்பது கருவியின் உபயோகத்தை வெகுவாய் உயர்த்துகின்றது.

பரிசோதனை 279. எற்றரோதைன் அடிப்புக்களின் ஆக்கம்.—அதிர்வெண்களின் ஒரே வீச்சைக் கொடுக்கக்கூடியதாக அமைக்கப்பெற்றுள்ள இரேடியோவதிர்வெண்ணலையங்களிரண்டைப் பொருத்துக. அலையங்களுக்கிடையே அவசியமான இணைப்பைத்தவிர்க்குமாறு அவற்றை வைத்துக்

கொள்ளல்வேண்டும். பளிங்கு வாங்கியொன்றினூடேனும் நேர்மின்வாய்ச் சுற்றிலே தலைப்பன்னிகளோடு கூடிய மூவாயுணர்கருவியொன்றினூடேனும் இணைக்கப்பட்டுள்ள சுருளொன்று, அலையங்களிரண்டிலிருந்தும் அலைவுகளை எடுத்துக்கொள்ளுமாறு வைக்கப்படல்வேண்டும். ஒரலையமானது அதன் வீச்சின் மத்தியிற் பொருத்தப்படல்வேண்டும். மற்றது அதன் வீச்சடங்கலும் மாறறப்படுதல்வேண்டும். முதலிலே மிக்கவுயர்ந்த சுருதியையுடைய சுரமொன்று செவிப்புலனாகும். இரண்டாவது அலையத்தின் இசைவாக்கமானது அதன் வீச்சின் ஒரு முனையிலிருந்து மற்றதுக்கு மாற்றப்படும்போது சுருதியானது குறைந்து, ஒய்வுநிலையினூடாகச்சென்று மீண்டும் அதிகரிக்கும்.

இரேடியோவலைகளின்மூலம் பேச்சினதுஞ் சங்கீதத்தினதுஞ் செலுத்துகை, வெப்பவயன் வாயிலின் உருவாக்கலினாற் செய்யக்கூடியதாயிற்று. **காவுமலை** ஒன்றைப் பெறுவதற்காக உயரதிர்வெண்ணலைவுகள் அவசியமாகின்றன. விளக்கத்தைக் கொண்டுசெல்வதற்காகக் காவுமலையானது ஏதாவது வழியிற் **கமகஞ் செய்யப்படல்** வேண்டும். அதாவது, செலுத்தப்படும் ஒலியின் அலையுருவத்தினோடொப்ப அலையின் இயல்பேதாவது மாற்றப்படல் வேண்டும். கமகம் என்பது காவுமலையின் வீச்சத்தையேனும், அதிர்வெண்ணையேனும் நிலைமையையேனும் மாற்றுவதினால் உண்டாகலாம்.

வீச்சக்கமகம் பிரயோகிக்கப்படும்போது நுணுக்குப்பன்னியிலிருந்து வரும் மின்னோட்டங்கள் பெருப்பிக்கப்பெற்றபின், காவியைச்சேர்த்துள்ள இரேடியோவதிர்வெண்ணலைவின் வீச்சத்தை ஆளச்செய்யப்படுகின்றன. மேலதிகப் பெருக்கத்தின்பின்பு கமகஞ்செயப்பெற்ற மின்னோட்டமானது மின்னலைக்கம்பியொன்றிற்கு ஊட்டப்படும். இம்மின்னலைக்கம்பியைக்கொண்டு மின்காந்தவலைகளினுருவத்திற் சத்தியானது கதிர்வீசப்பெறும். வாங்கியிலே உயரதிர்வெண்ணோட்டங்கள் வாங்குமின்னலைக்கம்பியில் உண்டாக்கப் பெறுகின்றன. இசைவாக்கியசுற்றுக்களைக்கொண்டு விரும்பிய குறியானது தெரிந்து கொள்ளப்படும். இரேடியோவதிர்வெண் பெருக்கியொன்று வழக்கமாக உணர்கருவிக்கு முந்தும். உணர்கருவியானது செவிப்புலவதிர்வெண்பெருக்கியொன்றினாலும், ஒலிபெருக்கியொன்றைத் தொழிற்படுத்தத் தேவையான வலுவைக் கொடுப்பதற்குரிய பயன்பெறுபடியொன்றினாலும் பின்பற்றப்படும்.

வாங்கியினாற் கொள்ளப்படும் அதிர்வெண்களெல்லாவற்றினுந் திறம்படத் தொழிற்படக்கூடிய இரேடியோவதிர்வெண் பெருக்கியொன்றைக் கொடுக்கும் பிரச்சினையானது **மிகையெற்றரோதைன் வாங்கி** என்பதிலே எற்றரோதைன் சத்துவத்தைப் பிரயோகித்து மேற்கொள்ளப்படும். இடத்திற் பிறப்பான இரேடியோவதிர்வெண்ணலைவுகள், இடவலையத்தின் செப்பஞ் செய்கையினாற் காவியதிர்வெண்ணின் எல்லாப் பெறுமானங்களுக்கும் மாறுது வைத்துக் கொள்ளப்படும் தாழ்விரேடியோவதிர்வெண்ணொன்றைக் கொடுக்க உட்செல்லுங் காவியினூடு எற்றரோதைன் செய்யப்பெறுகின்றன. இதன்பின் மாறுத **இடையதிர்வெண்ணிலே** மேலதிக இரேடியோவதிர்வெண் பெருக்கமானது செய்யப்படும்.

வெப்பவயன் வாயிலிலே தங்கியிருக்கின்ற இரேடியோத் தொலைபன்னியியலானது இப்போது ஒரு பெரிய தொழிலாய்விட்டது. தனிக்கோட்டுத் தொலைடன்னிச் சற்றென்றிலே "அருவிப்பாய்ச்சல்கள்" பலவற்றைக் கொடுப்பதற்காகக் காவித்தொலைபன்னியின் தத்துவமானது கூடுதலாகப் பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. அயன் மண்டலத்தை ஆராய்வதற்கு இரேடியோ வலைகள் உபயோகிக்கப்பெற்றுள்ளன. இது இரேடாரின் அத்திவாரங்களைப் பற்றிய விஞ்ஞானவாராய்ச்சியின் ஒரு பாகமாகும்.

இரேடியோச் செய்தியின் சார்பிலே வாயிலானது மிக முக்கியம் வாய்ந்துள்ளதாதலின், மற்றும் பகுதிகளிலே இதன் பரந்த உபயோகத்தைப்பற்றி ஒருவர் புறக்கணித்தல் கூடும். தொழில், வைத்தியம், விஞ்ஞானவாராய்ச்சி என்பனவெல்லாம் ஒப்பற்ற மாறுந்தன்மையோடுகூடிய எளியவமைப்பைக் கொண்ட அமைப்பொன்றிலிருந்து நயம்பெற்றுள்ளன. உயரதிர்வெண் தூண்டலலைகள், மின் "சுரமண்டலங்கள்", தானுகவே செய்யப்பெறுஞ் சிக்கலான கணிதப் பிரச்சினைகள் உதாரணங்களாகக் கூறப்படலாம்.

வாயிலின் உருவாக்கமும் அதன் தன்மையின் விளக்கமும் தூய விஞ்ஞானவியல்பான ஆராய்ச்சியின் பயனுனதாம். அதே நேரத்தில், பூரணநிறைவின் தற்போதைய உயர்ந்த படிக்கு வாயிலைக் கொண்டுவரப் பெருமளவு தொழிலாராய்ச்சி செலவாயுள்ளது. உண்மையில், வெப்பவயன் வாயிலானது விஞ்ஞானத்தினதுந் தொழிலினதுஞ் சேர்ந்த எத்தனங்களினது விளைவுக்கொரு சிறந்த உதாரணமாகும்.

பாகம் 6

மின்னியலைப்பற்றிய மேலதிக அப்பியாசங்கள்

1. கண்ணாடி, எபனைற்று, முத்திரையிடுமெழுகுக் கோல்களை மயிர், கம்பளி, பட்டு ஆகியவற்றிலுல் உரோஞ்சும்போது உண்டாக்கப்படும் மின்னேற்றத்தின் குறியைப் பொன்னிலை மின்காட்டியொன்றைக் கொண்டு பரிசோதிக்க.

2. ஒரு திசைகாட்டுமூசி, ஒரு நேர்க்கம்பி, ஒரு சீராக்குந்தடை ஆகிய வற்றைக்கொண்டு கொடுக்கப்பட்ட மின்கலங்களின் நேர்முடிவித்தைக் காண்க. கம்பியைப் பருமட்டான ஒரு சுருளாசச் சுற்றி விளைவின் சரி பிழையை அறிக.

3. மின்னேட்டமொன்றைக் காவுகின்ற நிலைக்குத்தான நேர்க்கம்பியொன்றைச் சுற்றியுள்ள விசைக்கோடுகளை வரைக. கம்பியிலிருந்து 15 ச.மீ. தூரத்திலே கம்பியின் மண்டலச்செறிவை உம்முடைய வரிப்படத்திலிருந்து காண்க. புவியின் இடைமண்டலம் = 0·185 ச.கி.செ. அலகு எனக்கொள்க.

4. மின்னேட்டமொன்றைக் காவுகின்ற வட்டமான சுருளொன்றைச் சுற்றியுள்ள விசைக்கோடுகளை வரைக. உம்முடைய வரிப்படத்திலிருந்து அச்சின் நேரேயுள்ள மண்டலமானது சுருளிலிருந்துள்ள தூரத்தினுேடு எவ்வாறு மாறுகின்றதென்பதைக் காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைக.

5. கொடுக்கப்பட்ட மின்கலமொன்றைத் திசைமாற்றியொன்றைக்கொண்டு தான்சன் கல்வனுேமானியொன்றினுேடு, (அ) நேராகவும், (ஆ) கொடுக்கப்பட்ட தடையொன்றினூடாகவும் இணைக்க. இரு சந்தர்ப்பங்களிலும் மின்னேட்டங்களை ஒப்பிடுக.

6. மின்கலங்களிரண்டை (1) தொடர்நிலையிலும், (2) சமாந்தரநிலையிலும், (3) எதிர்நிலையிலும், தான்சன் கல்வனுேமானியொன்றினுேடு இணைக்க. மூன்று சந்தர்ப்பங்களிலும் மின்னேட்டங்களை ஒப்பிடுக.

7. மின்கலங்களிரண்டையுந் தொடர்நிலையிலே திசைமாற்றியொன்றினூடாகத் தான்சன் கல்வனுேமானியொன்றினுேடு இணைத்துப் பெறப்படுந் திரும்பல்களை அவதானிக்க. ஒரு கலத்தின் இணைப்புகளைத் தலை கீழாக்கியபின் திரும்பல்களை அவதானிக்க. இவ்வவதானங்களிலிருந்து என்ன விளைவை அவதானித்தல்கூடும்?

8. மாறுக்கலமொன்றுந் தடைப்பெட்டியொன்றுங் கொடுக்கப்பட, கொடுக்கப்பட்ட தான்சன் கல்வனுேமானியின் சுருள் A இலுள்ள சுற்றுக்களின் தொகையைச் சுருள் B இலுள்ள சுற்றுக்களின் தொகையோடு ஒப்பிடுக.

28—R 2477 (5/62)

9. தான்சன் கல்வனோமானியொன்றையுந் திருத்தமான அம்பியர் மானியொன்றையுங்கொண்டு புவியின் காந்தமண்டலத்தினது கிடைக் கூறுகிய **H** இன் பெறுமானத்தை அளக்க. பரிசோதனை 222, உருவம் 229 இலே விவரிக்கப்பட்டுள்ள முறையைப் பின்பற்றுக. மின்னோட்டம் **I** இனதும் திரும்பல் θ இனதும் அவதானங்களைக் குறித்து வரைப் படம் வரைக. வரைப் படத்திலிருந்து **I** / தான் θ இன் பெறுமானத்தைக் கண்டு, **H** இன் பெறுமானத்தை அனுமானிக்க.

10. கொடுக்கப்பட்ட தான்சன் கல்வனோமானியினோடு தொடர்நிலையில் வைக்கப்பெற்றுள்ள தடையின் பெறுமானத்தினோடு அக்கல்வனோமானித் திரும்பலினது தான்சனின் மாற்றத்தைக் காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைக. 5 ஓமினோடு கல்வனோமானியைப் பக்கவழிதிருப்பி அவதானங்களைத் திரும்பவும் பெறுக. முதலாவது வளைகோட்டின் தானிலேயே இவ்வளைகோட்டையும் வரைக. உம்முடைய பேறுகளிலிருந்து கல்வனோமானியின் தடையை **அண்ணளவாக** மதிப்பிடக்கூடுமா ?

11. தடைப்பெட்டியொன்றினோடுந் தான்சன் கல்வனோமானியொன்றினோடும் தொடர்நிலையிலே கொடுக்கப்பட்ட மூன்று கலங்களையும் இணைக்க. திரும்பலானது ஏறத்தாழ 55° ஆகுமட்டுந் தடையைச் செப்பஞ் செய்து கொள்க. தடையை மாறாதவைத்துக்கொண்டு, எத்தனை கலங்களையும் உபயோகித்துத் தொடர் நிலையிலேனும் சமாந்தரநிலையிலேனும் அவற்றை வைத்து இயலக்கூடிய எல்லா வழிகளிலும் அக்கலங்களைச் சேர்த்திணைக்க. பல்வேறு சந்தர்ப்பங்களிலுங் கல்வனோமானியினூடு பாயும் மின்னோட்டங்களை ஒப்பிடுக.

12. தான்சன் கல்வனோமானியொன்றைக்கொண்டு கொடுக்கப்பட்ட வெள்ளொளிர்வு விளக்கினூடாகப்பாயும் மின்னோட்டத்தின் திறனை அளக்க. **ச.இ செ.** அலகுகளிலும் அம்பியரிலும் விளைவைக் குறிக்க.

13. காவலிட்ட கம்பியின் ஒரு நீளத்தை ஏறத்தாழ 20 ச.ம. நளமும் 1 ச.மீ. விட்டமுமுள்ள கண்ணாடிக் குழாயொன்றின் மேலே ஒரு வரிச் சுருளாக அமையுமாறு சுற்றுக. காந்தமானியொன்றையுந் தான்சன் கல்வனோமானியொன்றையுங்கொண்டு, வரிச்சுருளின் காந்தத்திருப்புதிறனுக்கும் அதனூடு பாயும் மின்னோட்டத்திற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பைக் காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைக.

14. வரிச்சுருளானது மெல்லிரும்புக்கட்டொன்றின் அகத்தைக் கொண்டிருக்கும்போது மூந்திய பரிசோதனையைத் திருப்பிச் செய்க.

15. கம்பிச்சுருள்களிரண்டினோடன் ஒரு திசைகாட்டுமூசியும் ஒரு மின்கலமுங் கொடுக்கப்பட, எந்தச் சுருள் கூடிய தொகையான சுற்றுக்களைக் கொண்டுள்ளதெனத் தீர்மானிக்க.

16. ஒரே விட்டத்தையுடைய தடித்த கம்பியின் சுருள்களிரண்டினோடன் ஒரு திசைகாட்டுமூசியும், ஒரு தடைப்பெட்டியும், ஒரு மின்கலமுங் கொடுக்கப்பட, இரண்டாவது சுருளிலுள்ள சுற்றுக்களின் தொகைக்கு முதலாவதிலுள்ள சுற்றுக்களின் விகிதத்தைக் காணக.

17. மின்காந்தமொன்றிலுல் உயர்த்தப்படக்கூடிய நிறைக்கும் சுருளினூடு பாயும் மின்னோட்டத்திறனுக்குமிடையேயுள்ள தொடர்பைக்காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைக.

18. தான்சன் கல்வனோமானியொன்றை உபயோகித்து வழங்கப்பெற்ற அம்பியர்மானியின் அளவீடுகளினது திருத்தத்தைப் பரிசோதிக்க.

19. கொடுக்கப்பட்ட கல்வனோமானியின் திரும்பலானது மின்னோட்டத்தினோடு எவ்வாறு மாறுமென்னக் காட்டுக.

20. தடைகளின் கூட்டமொன்றும், தெரிந்த **மி. இ. வி.** இன் மாறுக் கலமொன்றுங் கொடுக்கப்படுமாயின், தெரிந்த தடையையுடைய நிலையிற் கல்வனோமானிபொன்றிற்கு மின்னோட்டத்தினோடு திரும்பலின் மாற்றத்தைக் காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைக.

21. மாறுக்கலமொன்று, 30 ஓம் சுருளொன்று, தான்சன் கல்வனோமானியொன்று ஆதிபவற்றினோடு தொடர் நிலையிலே கொடுக்கப்பட்ட கலங்களிரண்டை வெவ்வேறாகவும் பின்பு சேர்த்தும் இணைத்துப் பெறப்பட்ட திரும்பல்களை அவதானித்து அவற்றின் தடையைக் காண்க.

22. திரவியத்தினது தற்றடையானது கொடுக்கப்படுமாயின் கம்பியின் கொடுக்கப்பட்ட நீளத்தினது தடையைத் தீர்மானித்து அதன் விட்டத்தைக் கணிக்க.

23. கொடுக்கப்பட்ட கம்பிகளிரண்டின் திரவியங்களினது தற்றடைகளை ஒப்பிடுக.

24. மீற்றர்ப்பாலமொன்றின் வழுக்கிக்கம்பியினது மின்மையத்தைக் காண்க. (மின்மையமென்பது கம்பியைச் சமதடையுள்ள இரு பாகங்களாகப் பிரிக்கும் புள்ளியாகும்.)

25. ஒரே திரவியத்தின் கம்பிகளிரண்டினது தடைகளை அளந்து அவற்றின் விட்டங்களினது விகிதத்தைத் தீர்மானிக்க.

26. கம்பி **A** இன் என்ன நீளம் 5 ஓம் தடையைக் கொண்டதெனக் காண்க.

27. சமாந்தரநிலையில் வைக்கப்பெற்றுள்ள **A, B** கம்பிகளின் சம நீளங்கள் 5 ஓம் தடையைக் கொடுக்க வேண்டியன. ஒவ்வொரு கம்பியினதும் நீளமென்னவாயிருக்கும் ?

28. ஒவ்வொரு மூனையிலும் இணைப்புக்காக 1 ச.மீ. ஐ விட்டுக்கொண்டு, 1 ஓம் தடையைக் கொண்ட கம்பியின் நீளமொன்றைக் கொடுக்கப்பட்ட சுருளிலிருந்து வெட்டியெடுக்க. அதன் தடையினது நேரான அளவைக் கொண்டு சரிபிழை பார்க்க.

29. ஓரஞ்சலகப் பெட்டியாயமையுமாறு வழங்கப்பெற்ற தட்டுப்பெட்டிகளைப் பொருத்துக. கொடுக்கப்பட்ட தடைச்சுருளை அளத்தற்கு அதனை உபயோகிக்க.

30. அஞ்சலகப்பெட்டியொன்றை உபயோகித்துக் கம்பிச்சிக்கலொன்றின் நீளத்தைக் காண்க. அதன் தற்றடையானது கொடுக்கபபட்டிருக்கும்.

31. சமாந்தரந்நிலையிலே கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் ஒன்று, இரண்டு, மூன்று, நான்கு இழைகளிலுல் அமைக்கப்பெற்ற கடத்தியின் தடையைக் காண்க. ஒவ்வோரிழையினதும் நீளம் 20 ச.மீ. ஆகும்.

32. 0°C. இலே கொடுக்கப்பட்ட சுருளின் தடையை 100°C. இலே அதன் தடையோடு ஒப்பிடுக.

33. வழங்கப்பெற்ற திரவியங்களிலிருந்து மூன்று உவோற்றுக் கலங்களை அமைத்து அவற்றின் மின்னியக்க விசைகளை ஒப்பிடுக. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் எது நேர்மூனையெனக் கூறுக.

34. மின்கலமொன்றின் மூனைவுகளுக்கிடையேயுள்ள அழுத்த வித்தியாசத்தை அரைவாசியாகக் குறைப்பதற்கு உவற்றினிடையே இணைக்கப்பட வேண்டிய தடையைத் தீர்மானிக்க. விளைவிலிருந்து நீர் அநுமானிப்பதென்ன ?

35. மூனைவுகளினூடு வெவ்வேறு தடைகள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது மின்கலவடுக்கொன்றின் மூனைவுகளுக்கிடையேயுள்ள அழுத்த வித்தியாசம் எவ்வாறு மாறுமென்பதைக் காட்டும் வளைகோடொன்றை வரைக.

36. சேமிப்புக்கலமொன்றைப்போன்ற கலமொன்றும், தெரிந்த தடைகளின் ஒரு தொகையும், தாழ்வோல்ட்மானியொன்றும் கொடுக்கப்படுவன வாயின், சரியாய் $\frac{1}{1000}$ அம்பியர் ஊடுசெல்லுமாறு சுற்றைச் செப்பஞ் செய்க.

37. (அ) பிளற்றினைத்தட்டுக்கள், (ஆ) ஈயத்தட்டுக்கள், ஐதான சல்பூரிக் கமிலத்திற் றோய்ந்திருக்கும்போது மூனைவாக்கலின் பயனை **மி.இ.வி.** ஐ அளக்க.

38. ஐதான சல்பூரிக்கமிலத்திலே செப்புத்தட்டையும் நாகத்தட்டையுங் கொண்டு மின்கலமொன்றைப் பொருத்துக. காலத்தினூடு கலத்திலிருந்து வரும் மின்னோட்டம் எவ்வாறு மாறுமெனக் காண்க.

39. உவோற்றுமானியொன்றை உபயோகித்துத் தெரிந்த தடையின் சுருளொன்றினூடான மின்னோட்டத்தை அம்பியரில் அளக்க.

40. வழங்கப்பெற்ற உருக்கிக்கம்பியினூற் காவப்படக்கூடிய உயர்வோட்டத்தைக் காண்க.

41. குறித்தவொரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொன்றுக்குத் தகரத்தகட்டின் தாளொன்றினூடு மின்னோட்டமொன்றைப் பாய்ச்சுக. உணர்கல்வனோமானியொன்றின் முடிவிடங்களினூடு ஊசிகளிரண்டை இணைத்துத் தாளிலே சமவழுத்த வளைகோடுகளை வரைக.

42. தான்சன் கல்வனோமானியொன்றையும் செப்புவோற்றுமானியொன்றையும் உபயோகித்துப் புவிமண்டலத்தின் கிடைக்கூற்றைக் காண்க. செம்பின் மின்னிரசாயனச் சமவலுவானது கொடுக்கப்பட்டிருக்கும்.

43. செம்பின் மின்னிரசாயனச் சமவலுவை அறிந்ததெனக்கொண்டு 1 அம்பியர் மின்னோட்டத்திற் கொடுக்கப்பட்ட கல்வனோமானியின் திரும்பலைக் காண்க.

44. அளக்கப்பட்ட நேரமொன்றிற்கு ஒளிமுதலிடங்களின் சூறுக்கே இணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது கொடுக்கப்பட்ட மின்விளக்கில் உண்டாக்கப்பெறும் வெப்பத்தை அளக்க. அதன் முடிவிடங்களுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசங் கொடுக்கப்பட்டிருக்குமாயின், விளக்கினூடுபாயும் மின்னோட்டத்தையும் விளக்கின் தடையையும் இதிலிருந்து கணிக்க.

45. ஒரம்பியரின் மின்னோட்டம் கொடுக்கப்பட்ட சுருளின் ஊடாகப் பாயும்போது அதிலே வெப்பமுண்டாதலின் வீதத்தைக் காண்க.

46. சுருள்களிரண்டின் உட்படையானது மேலேயிருந்து பார்க்கும்போது A இலிருந்து B இற்கு வலஞ்சுழியாகச் சுற்றப்பட்டுள்ளது. வழங்கப்பெற்ற கல்வனோமானியிலே மின்னோட்டமானது முடிவிடம் E இலே உட்செல்லுமாயின் அதன் வடமூனைவு கிழக்கே திரும்பும். புறச்சுருள் சுற்றப்பட்ட திசையைக் காண்க.

47. கம்பியின் விரிபரப்புச்சுருளியொன்றும், உணர்கல்வனோமானியொன்றும், உவோற்றுக்கலமொன்றும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளனவாயின், கொடுக்கப்பட்ட காந்தத்திண்மத்தின் எந்த மூனை வடமூனைவெனக் காண்க.

48. குறிக்கப்படாத மூனைகளையுடையதுங் காந்தமாக்கப்பெற்றுள்ளதுமான உருக்குத் துண்டொன்றின் மூனைவுத்தன்மையைத் தீர்மானிக்கத் தூண்டலோட்டங்களின் விதிகளைப்பிரயோகிக்க. திசைகாட்டுமூசியொன்றை உருக்கை நோக்கிக் கொணர்ந்து விளைவைப் பரிசோதிக்க.

49. கலங்களின் பெட்டியொன்றினது மூனைவுகளைப் பரிசோதிக்கத் தூண்டலோட்டங்களின் விதிகளைப் பிரயோகித்து எது நேரானதெனக் காண்க. மூனைவு காணுந் தாளின் துண்டொன்றைக்கொண்டு விளைவின் சரிபிழையையறிக.

50. ஐதரசனின் **மி.இ.ச.** ஐத் தெரிந்ததெனக்கொண்டு, செம்பின் **மி.இ.ச.** ஐத் தீர்மானிக்க.

அனுபந்தம்

கேத்திரகணித ஒளியியல் பற்றிய குறிப்புகள்

§ 1. கேத்திரகணித ஒளியியலில் குறி வழக்குகள்

ஓர் ஒளிக்கதிரானது மிகச் சிறிய வெட்டுமுகத்தைக் கொண்ட ஒரு கற்றையெனவும், ஆகவே அது கேத்திரகணித நேர்கோட்டினால் குறிக்கப்படலாம் என்ற கருத்தையும், ஓரினவூடகமொன்றில் ஒளியானது நேர் கோடுகளிற் செல்கிறதென்ற மெய்ம்மை, கொடுக்கின்றது. ஒளி மூதலானது மிகுந்த தூரத்திலிருக்கும்போது, **கதிர்க்கற்றை**யொன்று **சமாந்தரமாக** இருக்கலாம்; கதிர்கள் புள்ளியொன்றை நோக்கும்போது அது **ஒருங்குவதாகவும்** கதிர்கள் ஒன்றிலிருந்தொன்று பிரிந்து செல்லும்போது அது **விரிவதாகவும்** இருக்கலாம். **ஆட்டில்** (Hartl) என்பவர் அமைத்ததைப் போன்ற ஒளியியற்றட்டொன்றினால் இவ்வுடைமைகள் தெளிவுபடுத்தப் பெறலாம். எரியக் கண்ணாடி விளக்கொன்றிலிருந்து ஒளியைச் சமாந்தரப் பிளவுகளினூடாகச் செலுத்திப் பெறப்படும் பல வொடுங்கிய ஒளிக்கற்றைகள், இந்த ஆய்கருவியிலே வெண்திரையொன்றில் ஒளிமிக்க கோடுகளாகத் தோன்றும். விளக்கினுள் ஒளி மூதலின் நிலையத்தைச் செப்பஞ் செய்வதைக் கொண்டு, தட்டின் முகத்தில் சமாந்தரமான, ஒருங்குகின்ற, அல்லது விரிகின்ற கதிர்களைப் பெறுதல் சாத்தியம்.

வளைவான தெறிமேற்பரப்பு அல்லது முறிமேற்பரப்பொன்றினால் ஒளியியற் கருவியொன்றில் ஆக்கப்படும் முக்கிய வினைவுகளிலொன்று, மேற்பரப்பின்மீது படும் ஓர் ஒளிக்கற்றையின் ஒருங்குகையையோ விரிகையையோ மாற்றுதலாம். படுகற்றையை உருவாக்கும் கதிர்களினது சார் திசைகளை மாற்றும் இவ்வாற்றலை, சூரியனை நோக்கி ஒரு வளைவான ஆடியை ஒழுங்குபடுத்திக் காண்பிக்கலாம். ஒரு குழிவாடி (உதாரணமாக சவர ஆடி.) அதன் வளைவினுரையிலே தங்கியுள்ள தூரத்தில் துலக்கமான குவியமொன்றிற்கு தெறித்தவொளியைக் கொண்டுவரும். அதேசமயத்தில், (மோட்டர்க் காரொன்றுடன் இணைக்கப்பெற்றுள்ள செலுத்தற்கண்ணாடி போன்ற) ஒரு குவிவான ஆடி தெறித்தவொளியை குவியமொன்றிலிருந்து பரவவோ விரியவோ செய்யும். அன்றியும், விளிம்பிலும் பார்க்கமையத்தில் மிகவுந் தடிப்புள்ள, மெல்லிய வில்லையொன்றின் மீது சூரியவொளி விழும்போது, ஒளிக்கற்றையானது ஒப்புநோக்குங்கால் கூர்மையான குவியத்திற்குக் கொண்டுவரப்படுகிறது. இக்குவியம், **" எரிக்குங் கண்ணாடி "** யின் **" ஞாயிற்றுக் குவியம் "** எனப்படலாம்.

திரை முகத்துடன் பொருத்தியுள்ள பொருத்தமான தெறிமேற்பரப்புகள் அல்லது முறி (உரூளைவடிவ) மேற்பரப்புகளைக் கொண்ட ஒளியியற்றட்டொன்றினூலும் இவ்விளைவுகளைக் காட்டலாம். இந்த ஆய்கருவியுடன் ஒருங்குகையை உண்டாக்கும் இரட்டைக் குவிவுவில்லைகளும் விரிகையை உண்டாக்கும் இரட்டைக் குழிவுவில்லைகளும் வழக்கமாக வழங்கப்பெறும்.

அச்சிற்குச் சமாந்தரமாகச் செல்லும் கதிர்கள் மெல்லிய வில்லையொன்றினூடாகச் செல்லுமிடத்து, வில்லையினதும் குவியப் புள்ளியினதும் இடைத் தூரம் வில்லையின் குவியத்தூரம் எனப்படும். தையொத்தரில் வில்லையின் வலுவானது, மீற்றரில் குவியத்தூரத் தலைகீழினூற் கூறப்பெறும். **"வலு"** என்னும் சொல், படுகற்றையொன்றின் ஒருங்குகையை அல்லது விரிகையை மாற்றும் உடைமையைக் குறிக்கின்றது. ஒருங்குகை விரிகைக்கு முரணுனதெனவும், ஒருங்குகையை உண்டாக்கும் உடைமை, விரிகையை உண்டாக்கும் உடைமைக்கு முரணுனதெனவும் கருதலாம். ஒளியியற்றுறையில் ஒருங்குகையை ஆக்கும் வில்லைகள் நேர்வில்லைகளெனவும், விரிகையை ஆக்குவன எதிர்வில்லைகளெனவும் கூறப்பெறும்.

வளைவான ஆடிகள், மெல்லிய வில்லைகள் பற்றிய ஆரம்பவிளக்கத்தில் துவாரம் சிறியதெனவும், எடுத்துக்கொள்ளப்பெற்ற கதிர்கள் அச்சுடன் சிறிய கோணங்களையே ஆக்குகின்றனவெனவும் மேற்கொள்ளப்பட்டது. எனவே, இத்தகைய ஆடிகளினதும் வில்லைகளினதும் ஒளியியலுடைமைகளையும் கேத்திரகணித உடைமைகளையும் தொடர்புபடுத்தும் எளிய கோவைகளைப்பெறுதல் சாத்தியமாகின்றது. இக்கோவைகள் கூடியவளவு பொதுப் படையாகப் பிரயோகிக்கத்தக்கனவாக இருத்தல் வேண்டுமாகையால் குறிபற்றிய சில வழக்குமுறைகள் புகுத்தப்பெற்றுள்ளன. எனினும், ஒவ்வொன்றும் தானுகவே மாறுதுள்ள பல்வேறு வழக்குத் தொகுதிகளைப் பயன்படுத்தலாம். இத்தொகுதிகட்கிடையேயுள்ள முக்கிய வேறுபாடு, 'ஒருங்குகையை உண்டாக்கும் வலு' விற்கும், இதற்கு முரணுன தன்மையாகிய 'விரிகையை உண்டாக்கும் வலு' விற்கும் உரித்தான குறித்த தொடர்பேயாம்.

1934 இல், ஒளியியற்றொகுதியொன்றின் வலுக் குறிக்கு, ஒளியியலார் யாவற்கும் பொதுவானதான வழக்கொன்றை ஏற்றுக்கொள்ளுமாறு ஒரு பௌதிகச் சங்கக் குழுவினர்[1] விதந்துரைத்தனர். நேர்வில்லை ஒளியை ஒருங்கவும் எதிர்வில்லை விரியவும் நாடுமென்பதே இவ்வழக்கின் கருத்தாகும்[2].

---

1 (பௌதிகச் சங்கத்தினுல் வெளியிடப்பெற்ற), **கேத்திரகணித ஒளியியல் பற்றிய அறிக்கை.**

2 கண்டிப்பாகப் பேசுமிடத்து, ஒளியானது மிகுந்த தூரத்திலுள்ள பொருளொன்றிலிருந்து வருகிறதெனவே நாம் சமாந்தரக் கதிர்க் கற்றையொன்றுடன் தொடர்பு படுகிறோம் என்ற கூற்றிலிருந்து இது மேற்கொள்ளப்படுகிறது.

பொருள், விம்பம் ஆகியவற்றின் நிலையங்கட்கிடையே தொடர்புகளை ஆராயும்பொழுது கையாளவேண்டிய குறி வழக்குகள் பற்றிய பொது உடன்பாட்டை இற்றைவரை அடையவில்லை.

உபயோகத்திலுள்ள வழக்குகள்

இங்கு கருதப்பட்ட வழக்குத் தொகுதிகளை முறையே **A, B, C** என்போம்[1]. இத்தொகுதிகள் யாவற்றிலும் ஒரு பொருளின் அல்லது விம்பத்தின் நிலையமானது, ஒரு தெறி மேற்பரப்பின் அல்லது முறி மேற்பரப்பின் முனையம், அல்லது ஒரு மெல்லிய வில்லையின் ஒளியியன்மையம் போன்ற எதாவதொரு குறித்த புள்ளியைக் குறித்து இடம்பெறும். ஆயினும், சம்பந்தப்பட்ட தூரங்களுக்கு நேர் (+) அல்லது எதிர் (−) குறிகள் தேர்ந்தெடுத்த விதம் தொடர்பாக, வழக்கில் மாறும்.

வழக்கு A

இந்நூலில் முன்னரே கையாளப்பெற்றும், ப 305 இலும் 314 இலும் விவரிக்கப்பெற்றுமுள்ள இவ்வழக்கிற்கேற்ப, தூரங்கள் ஒளிமுதலை நோக்கி அளக்கப்படும்போது நேரானவையெனக் கருதுதல் வேண்டும். ஆயின், ஆடியின் அல்லது வில்லையின் 'முன்புறத்தை' படுவொளியை நோக்கும் மேற்புறமாகக் கருதின், ஆடியின் அல்லது வில்லையின் 'முன்னுலுள்ள' தூரங்கள் நேரானவையாகவும் 'பின்னுலுள்ளவை' எதிரானவையாகவும் கணிக்கப்படும்.

இவ்வழக்கைக் கையாளும்போது, குழிவாடியொன்றின் குவியத்தூரம் நேரானதாகவும் ஆனல் மெல்லிய ஒருங்கு வில்லையொன்றின் குவியத்தூரம் எதிரானதாகவும் அமையும்.

எனவே, ஒருங்குவில்லையொன்றின் குவியவலு நேரானதெனக் கருதும் ஒளியியலார் கையாளும் அதே விளைவை, வழக்கு A ஆனது தராது (ப 314).

வழக்கு B

இவ்வழக்கிற்கேற்ப, படுவொளி செல்லும் அதே திசையிலே முனைவிலிருந்து தூரங்கள் அளக்கப்படும்போது அவை நேரானவையெனக் கணிக்கப்படும். அதாவது, ஆடிக்கு அல்லது வில்லைக்குப் 'பின்னுலுள்ள' தூரங்கள் நேரானவையாகவும், 'முன்னுலுள்ளவை' எதிரானவையாகவும் கணிக்கப்படவேண்டும்.

---

1. இக் குறியெழுத்துக்கள் **L. R. மிடில்ரன்** என்பவரினுலானவை. இவர் **விளையும் சமன்பாடுகளை ஒளிவியற் பாடநூல்** (பெல், 1937) எனும் நூலில் ஒப்புநோக்கியுள்ளார்.

வழக்குகள் A, B களின் ஒப்பீடு.—வழக்கு B இற்கும் வழக்கு A இற்கும் இடையேயுள்ள வேறுபாடு நேரானதாகக் கருதவேண்டிய திசையின் தேர்விலேயேயுள்ளதாதலின், ஒரு வழக்கிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு மாறுமிடத்து u, v, r, f ஆகிய ஒவ்வொரு தூரத்தின் குறியீடுகளும் மாறும். எனவே தூரத்தின் தலை கீழ்களுடன் மட்டுமே சம்பந்தப்பட்ட சமன்பாடுகள், வழக்கு A இல் உள்ளவாறு போல வழக்கு B இலும் அதே அமைப்பை உடையன.

ஆகவே, வழக்குகள், A இலும் B இலும் ஒரே மாதிரியான பின்வரும் சமனபாடுகளைக் கொண்டுள்ளோம் :—

ஆடிகளுக்கு $$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f};$$

வில்லைகளுக்கு $$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f};$$

அதோடு $$\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right).$$

வழக்கு A இற்குச் சாதகமாகவும் வழக்கு B இற்குப் பாதகமாகவுமுள்ள சான்றுகள் இரு பெரும் பிரிவுகளாக வகுக்கப்படும். இச்சான்றுகள் முதற் படியாக, குறிவழக்குகளைப் புகுத்தலின் அவசியத்தை அனுபவவாயிலாக அறிதலில் மாணவருக்கு ஏற்படும் இடரையும், இரண்டாம் படியாகக் குறித்த வொரு தொகுதியை விளங்கி, ஞாபகத்தில் வைத்துச் சிக்கலின்றிப் பிரயோகித்தலையும் பற்றியவை. முதலாவதாக ஆராயப்பட்ட ஆரம்பவுதாரணங்கள் யாவற்றிலும் பொருளானது **மெய்யானதாகும்**. வழக்கு B ஐ உபயோகிக்கும்போது உள்ளவாறு, பொருள் தூரம் u ஐ எதிரானதாக ஆக்குதல் தேவையற்ற சிக்கலாகத் தோன்றலாம். u, v, f என்பன வற்றில் எதிர்க்கணிய எண்ணிக்கை அதிகமாக, பிழைகளும் அதிகரிக்கும். தோற்றும் பிரச்சினைகள் பலவற்றில் பொருள் கொடுக்கப்பட்டும், v அல்லது f இன் பெறுமானம் தேவைப்பட்டுமிருக்கும். ஆகவே, மெய்யான பொருளொன்றிற்கு u இற்கு நேர்ப் பெறுமானத்தைத் தரும் A போன்ற ஒரு வழக்கினை எற்றுக்கொள்ளுதல் நயமுடைத்து. பாடத்தின் ஆரம்பப் பிரிவில் அல்லாமல் முதலாவது எளியவகையாகவும் வழக்கமாகக் கருதப்படுவது, குழிவாடியொன்றின் துணைகொண்டு மெய்யான பொருளொன்றின் மெய்விம்பத்தை ஆக்குதலாம். இங்கு அளக்கப்பட வேண்டிய தூரங்கள் யாவும் ஆடியின் முன்பாகவுள்ளன. அதோடு, வழக்கு B இற்கேற்ப இத்தூரங்கள் யாவும் எதிரானவையெனக் கணித்தல் விரும்பத்தக்கதன்று. வழக்கின் இவ்வியல்பு தொடக்கக்கல்வி பயில்வோர்க்குத் தேவையற்றதாக இருப்பதோடல்லாமல், கேத்திரகணித ஒளியியல் ஓர் கடினமான பாடமென்பதையும் அவர்கட்குத் தெரிவிக்கும்.

வழக்கு C

வழக்கு C ஐ உபயோகிக்கும்போது[1], **ஒளிக்கதிரொன்றின் வழியாகத்** தூரங்கள் அளக்கப்படுகின்றன. இங்கு, எதாவதொரு நீளத்தை அளத்தலாவது இரு புள்ளிகளின் இடைத்தூரத்தைத் தீர்மானித்தலாகும். இப் புள்ளிகளை, அளக்கப்படவேண்டிய இந்நீளத்தின் **"முனைப்புள்ளிகள்"** எனலாம். இங்கு கருதப்படுவதைப் போன்ற ஓர் ஒளியியல் வழிக்கு, முனைப் புள்ளிகளிலொன்று ஒரு சிறு பொருள் (ஒரு புள்ளிமுதல்) ஆகவோ சிறிய விம்பமாகவோ அமையவேண்டும். மற்றைய முனைப்புள்ளி ஒரு தெறி அல்லது முறி மேற்பரப்பில் வழக்கமாக அமையும். மிகவும் எளிய ஒளியியற் பரிசோதனைகளில்[2] பின்னைய இப்புள்ளியானது தெறிப்பதாகவோ முறிப்பதாகவோவுள்ள ஒரு கோளப்பரப்பின் **முனையமாகவோ**, ஒரு **மெல்லிய வில்லையில் ஒளியியன்மையம்** எனப்படும் புள்ளியாகவோ இருக்கலாம். (ப.

வழக்கு C ஐ உபயோகிக்கும்போது, மெய்யான ஒளிக்கதிர்களுக்கு நேரே அளக்கப்படும் நீளங்கள் நேரானவையென்றும், மாயக் கதிர்களுக்கு நேரே அளக்கப்படுபவை எதிரானவையென்றும் கருதுவதைக் கொண்டு வழக்கு C இன் தொடக்கக் கருத்தைக் கூறலாம். u (ஆடியொன்றின் முனையம் அல்லது வில்லையொன்றின் ஒளியியன்மையம் சார்பான பொருள்-தூரம்) ஆனது, பொருள் மெய்யானதாகவிருக்கும்போது நேரானதாகவும், அது மாயமானதாகவிருக்கும்போது எதிரானதாகவுமிருக்கும் என வழக்கு C ஐப் பிறிதொரு விதமாகக் கூறலாம் ; இதே மாதிரியாக v, (அதே புள்ளிகள் சார்பான விம்பத் தூரம்) விம்பம் மெய்யானதாகவிருக்கும்போது நேரானதாகவும் விம்பம் மாயமானதாகவிருக்கும்போது எதிரானதாகவுமிருக்கும்.

தெறிக்கும் அல்லது முறிக்கும் கோளப்பரப்பொன்றின் வளைவினூரைக் குரிய குறிப்பற்றிய வழக்கொன்றை அமைத்தலும் அவசியமாகும். இவ்விடத்து, குறியைத் தீர்மானிப்பதற்கு, அச்சின் வழியாகச் சென்று மேற்பரப்பில் விழும சமாந்தரக் கதிர்க் கற்றையொன்றைக் கருதுவோம். தெறிப்பு அல்லது முறிவின் விளைவு ஒருங்குகையை உண்டாக்கின் வளைவினூரை நேரானதாகவும், சமாந்தரக் கற்றையின்மீது விரிகையை உண்டாக்கின் வளைவினூரை எதிரானதாகவும் இருக்கும். வழக்கு C இன் துணை கொண்டு பெறப்படும் குவியத்தூரமானது குவியவலு பற்றிய ஒளியியலாரின் வரைவிலக்கணத்துடன் பொருந்தும்.

---

[1]வழக்கு C ஐ அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ள விளைவுகளை விவரமாக ஆய, G. R. நோக்சு (G. R. Noakes) என்பாரின் **ஒளியியற் பாடநூலைப்** (மக்மிலன், 1937) பார்க்க.

[2]"அச்சயற் கதிர்களை", அ-து, தொகுதியின் அச்சுடன் ஒரு சிறிய கோணத்தையே அமைக்கும் கதிர்களைப் பற்றியே நாம் கருதினும், மேற்கொண்டும் பொதுவாகக் கையான வழக்கு C ஆனது நயமுடைத்து.

ஒரு நிலையத்திலிருந்து இன்னுென்றிற்கு வில்லையொன்றின் பெயர்ச்சி, இரு வில்லைகட்கிடையே வேறுக்கம் போன்ற ஒளியியற் கணிப்பெதிலும் சம்பந்தப்பட்ட தூரங்கள் நேரானவை.

வழக்கு C இற்கேற்ப ஏற்றுக்கொள்ளப்படும் விதிகளைப் பின்வருமாறு சேர்த்துக் கூறலாம் :—

1. தெறிப்பதாகவோ முறிவதாகவோவுள்ள ஒரு கோளப் பரப்பின் **முனையத்திற்கோ**, முனையத்திலிருந்தோ, ஒரு மெல்லிய வில்லையின் **ஒளியியன் மையத்திலிருந்தோ**, தூரங்கள் யாவும் அளக்கப்படும்.
2. ஒளிக்கதிர்கள் மெய்யாகக் கடக்கும் தூரங்கள்[1] நேரானவையாகக் கருதப்படும் ; ஒளி மாயமாகச் செல்லுந் தூரங்கள் மட்டுமே எதிரானவையாகக் கருதப்படும்.
3. **சமாந்தர ஒளிக்கற்றையொன்றிற்கு**, மேற்பரப்பொன்று ஒருங்குகையை உண்டாக்கின் அம்மேற்பரப்பினது வளைவினுரை நேரானதெனவும், மேற்பரப்பு விரிகையை உண்டாக்கின் எதிரானதெனவும் கருதப்படும்.

ஒளி அலைக் கொள்கையை ஆராய்கையில் வழக்கு C ஐப் பயன்படுத்தும் போது, அலைமுகமொன்றின் வளைவின் குறியைத் தீர்மானிக்க, மேற் கூறப்பெற்றது போன்ற விதிகளை ஏற்றுக்கொள்ளவேண்டும்.

U, V என்பன தெறிப்பின் அல்லது முறிவின் முன்பும் பின்புமுள்ள ஓர் அலையின் வளைவெனின்:

U ஆனது மெய்யான பொருளிற்கு நேரானதாகவும், மாயப் பொருளிற்கு எதிரானதாகவுமிருக்கும்.

V ஆனது மெய்விம்பத்திற்கு நேரானதாகவும், மாய விம்பத்திற்கு எதிரானதாகவுமிருக்கும்.

ஒளியியலிலே மூன்றும் பாகத்தில் விளக்கப்பெற்றுள்ள பரிசோதனைகட்கு வழக்கு C இனது விதிகளின் பிரயோகம் பற்றி இனி ஆராய்வோம்.

கோளவாடிகள் (ப. 305 — 311).— வழக்கு C ஐப் பயன்படுத்தி கோளவாடிகளின் பொதுச் சூத்திரம்,

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{2}{r}\cdot \text{ இங்கு } \frac{1}{f}=\frac{2}{r}$$

இச்சமன்பாடானது, வழக்குகள் A அல்லது B ஐக் கையாண்டு பெறும் சமன்பாட்டின் வடிவினதாம்.

[1]தடிப்பான ஒரு வில்லையின் திரவியத்திலோ ஓர் ஒளியியற்றெகுதியின் பற்பல கூறுகட்கிடையேயோ கடக்கப்பெறும் தூரங்களை இது உட்படுத்துகின்றது.

குழிவாடி மெய்யான முதற்குவியமொன்றை உடையதாதலின், குவியத் தூரம் + ஆகவும், வளைவினுரை + ஆகவும் இருக்கும்.

குவிவாடி மாய முதற்குவியமொன்றை உடையதாதலின், குவியத் தூரம் – ஆகவும், வளைவினுரை – ஆகவும் இருக்கும்.

ஒளியியலில் அதிகாரம் 2 இல் கோளவாடிகட்குக் கொடுக்கப்பெற்ற சமன்பாடுகளும் குறிகளும் இங்கு கொடுக்கப்பெற்றுள்ளனவற்றின் மாறியானவை என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

மெல்லிய வில்லைகள் (ப. 312–319) .— வழக்கு C ஐப் பயன்படுத்தி மெல்லிய வில்லைகளின் பொதுச் சூத்திரம்,

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}\cdot \text{ இங்கு } \frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right).$$

u, *v*, *f* என்பனவற்றைத் தொடுக்கும் சமன்பாடு இப்போது சமச்சீராகவும் ஆடிகளுக்குரியதன் அதே வடிவிலும் உள்ளதென்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இதன் காரணமாக, சமன்பாடுகளைக் குறிப்பாக ஞாபகத்தில் வைப்பது எளிது.

வளியில் இருகுவிவு வில்லையொன்றிற்கு *r*, *s* இரண்டும் நேரானவையாகவும் குவியத்தூரம் *f* நேரானதாகவும் இருக்கின்றன. இவ்வில்லை **ஒருங்கு வில்லை**யாகும்.

வளியில் இருகுழிவுவில்லை யொன்றிற்கு, *r*, *s* இரண்டும் எதிரானவையாகவும் குவியத்தூரம் *f* எதிரானதாகவும் இருக்கின்றன. இவ்வில்லை **விரிவில்லை**யாகும்.

கண்டிப்பாகப் பேசுமிடத்து, குவியத்தூரமானது வில்லையின் திரவியத்தில் மட்டுமல்லாமல் சூழ்ந்துள்ள ஊடகத்தின் முறிவுக்குணகத்திலும் தங்கியுள்ளது.

வழக்கு C ஐப் பயன்படுத்தும்போது, ஒளியியலில் 3 ஆம், 4 ஆம், 5 ஆம் அதிகாரங்களில் கொடுக்கப்பெற்றுள்ள சமன்பாடுகள் மாற்றியமைக்கப்படவேண்டும்.

சூத்திரம் $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ ஆனது இப்போது $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ ஆகின்றது.

சூத்திரம் $V-U=F$ ஆனது இப்போது $V+U=F$ ஆகின்றது.

சூத்திரம் $\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{s}\right)$ ஆனது இப்போது $\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)$ ஆகின்றது.

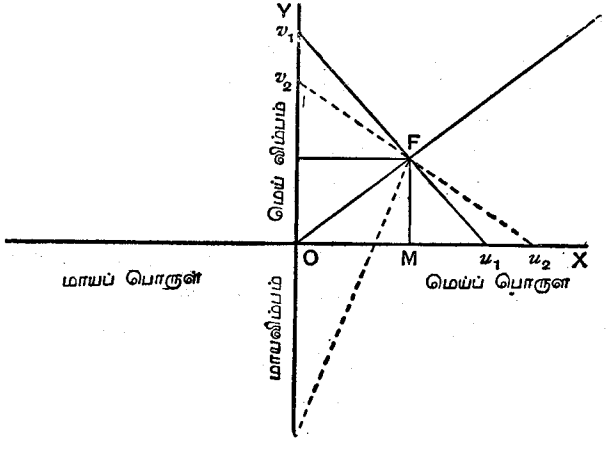
ஒரு தனிக்கோளப்பரப்பில் முறிவிற்குரிய சூத்திரம்,

$$\frac{\mu}{v}+\frac{1}{u}=\frac{\mu-1}{r}$$

ஐயும் சேர்க்கலாம்.

வழக்கு C ஐப் பயன்படுத்தும்போது, ப. 334–336இல் தரப்பெற்றுள்ள, மெல்லிய வில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்திற்குரிய **வரைப்பட அமைப்பு** மாற்றியமைக்கப்பட வேண்டும்.

மெய்யான பொருளொன்றிற்கு u நேரானதாகவும் அதன் பெறுமானம் X அச்சினது நேர்த்திசையின் வழியே குறிக்கப்பெற்றுமுள்ளது. மெய்விம்ப மொன்றிற்கு, v இன் பெறுமானம் நேரானது. இது Y அச்சினது நேர்த்திசையின் வழியே குறிக்கப்பெறும். u_1v_1, u_2v_2, போன்ற ஒத்த புள்ளிச்சோடிகள் நேர்க் கோடுகளினால் இணைக்கப்பெற்றுள்ளன. எனவே, இக்கோடுகள் F என்னும் ஒரு தனிப்புள்ளியில் வெட்ட வேண்டும். ஒவ்வோர் அச்சிலிருந்தும் இப்புள்ளி f தூரத்திலுள்ளது. விம்பமானது, உருவம் 333 இன் கீழ்ப் பகுதியில் குற்றுக் கோட்டினால் காட்டப்பட்டது போல் விம்பம் மாயமானதாக இருக்கும்போது அதே வரைப் படமுறை பிரயோகிக்கப்படலாம்.



உருவம் 333. (ஒருங்குவில்லை) குவியத்தூரத்திற்கான வரைப்பட அமைப்பு

பரிசோதனை 129. ஒருங்கு (குவிவு) வில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்தின் நிர்மானம். முறை 2 (ப 335).—இந்த முறையில், பொருளினதும் திரையினதும் குறித்தவோர் இடைத்தூரம் d இற்கு வில்லையின் இரு நிலையங்கள் காணப்படும். d ஆனது $4f$ இலும் அதிகமாக இருந்தால் மட்டுமே, இது சாத்தியம். வில்லையின் இரு நிலையங்களினதும் இடைத் தூரத்தை a என்க. எனின்,

$$u=\frac{d-a}{2},\ v=\frac{d+a}{2}.$$

இவற்றைச் சூத்திரம் $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ இற் பிரதியிட,

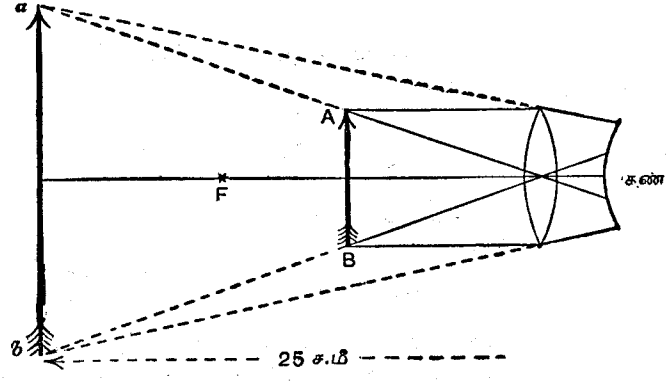
$$f=+\frac{d^2-a^2}{4d}\quad \text{ஆகும்.}$$

$a=0$ ஆகவிருக்கும் ஒரு சிறப்பு வகையிலே, தூரம் d ஆனது ஆழ்வுப் பெறுமானத்தைக் கொண்டிருக்கும். எனவே,

$$f=+\frac{d}{4}.$$

ஒளியியற் கருவிகள் (ப 339—352).—ஆறும் அதிகாரம், ஒளியியற் கருவிகளையும் அவற்றின் **உருப்பெருக்குவலுவையும்** பற்றியது. "வலு" எனும் சொல் முன்னரே வில்லைகள் தொடர்பாகக் குறித்த கருத்தொன்றில் கையாளப் பெற்றுள்ளதாதலின், தொலைகாட்டிகள், நுணுக்குக் காட்டிகள் போன்ற கருவிகளைக் கருதுமிடத்து, அச் சொல்லிற்குப் பதிலாக **கோண உருப் பெருக்கம்** எனும் சொற்றொடரை உபயோகிக்கலாம். இக்கருவிகள், நேராகப் பார்க்குமிடத்து பொருளினால் எதிரமைக்கப்படும் கோணத்திலிருந்தும் வித்தியாசப்படும் கோண மொன்றைக் கண்ணிலே எதிரமைக்கும் விம்பமொன்றை ஆக்கும்.

தனி உருப்பெருக்குங் கண்ணாடி தனக்கே இயல்பான தன்மையை உடையது. இது கண்ணிற்கண்மையில் பொருளொன்றைக் கொணரும் போது அப்பொருளினைத் தெளிவாகக் காணுமாறு செய்கின்றது. இங்கு ஒப்பீட்டளவில் பெரிய கோணமொன்றை இது எதிரமைக்கின்றது. இவ்



உருவம். 334. வில்லையின் உருப்பெருக்குவலு

விடத்து, **உருப்பெருக்குவலு** எனும் சொற்றொடர், கண்ணாடியின் துணை கொண்டு காணப்பெறும் விம்பம் எதிரமைக்கும் கோணத்தினதும், வெறுங்

கண்ணுல் தெளிவாகப் பார்க்குமாறு பொருளைப் பின்னுக்கித் தள்ளும் போது அப்பொருள் எதிரமைக்கும் கோணத்தினதும் விதத்தைக் கருதுகின்றது. சாதாரணமான கண்ணுக்கு, **தெளிவுப் பார்வையின் இழிவுத் தூரம் 25 ச.மீ.** ஆக எடுக்கப்படும்.

ஆகவே, **AB** (உருவம் 334) பருமனுள்ள பொருளொன்றை 25 ச. மீ. தூரத்தில் வெறுங் கண் பார்க்கும்போது, கண்ணில் எதிரமைக்கப்படும் கோணம் AB/25 ஆகும். இது, வெறுங் கண்ணினுல் தெளிவான குவியத்திற்குக் கொணரக்கூடிய மிகப் பெரிய விழித்திரை விம்பத்தைக் கொடுக்கின்றது.

கண்ணினண்மையில் வைக்கப்பட்ட, குவியத்தூரம், f கொண்ட வில்லை யொன்றின் துணைகொண்டு அப்பொருளைப் பார்க்கும்போது, v ஆனது 25 ச.மீ. ஆகவுள்ள தூரத்தில் விம்பம் ab இருக்குமாறு பொருளின் தூரம் u ச.மீ. தேர்ந்தெடுக்கப்படுமாயின், தெளிவான குவியத்திற்குக் கொணரக்கூடிய விழித்திரை விம்பம் பெறப்படும். அப்பொழுது இவ்விம்பம் (தற்செயலாக, பொருளினுலுங்கூட) எதிரமைக்கும் கோணம் $at/25$ ஆகும்.

முன்னரே வரையறுத்த உருப்பெருக்கு வலுவை,

$$\text{உருப்பெருக்கு வலு} = \frac{ab/25}{AB/25} = \frac{ab}{AB} \quad \text{என எழுதலாம்.}$$

ஆனுல் வில்லை உபயோகிக்கப்படும்போது,

$$\frac{ab}{AB} = \frac{v}{u} = \frac{-25}{u}$$

ஆகும். இங்கு, விம்பம் மாயமானதாதலின் சயக்குறி அவசியமாகும். அன்றியும், வழக்கு C உபயோகிக்கப்படும்போது,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \quad \text{ஆகும்.}$$

எனவே, $-\frac{1}{25} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ அல்லது $\frac{1}{u} = \frac{1}{f} + \frac{1}{25}$.

ஆகவே, $\text{உருப்பெருக்கு வலு} = \frac{25}{u} = \frac{25}{f} + 1$.

உண்மையில் f ஆனது ச.மீ. இல் அளக்கப்படுகிறதென இச்சமன் பாட்டில் மேற்கொள்ளப்படுகின்றது. மீற்றரின் காற்பங்கு 25 ச.மீ. ஆகையால், அத்தொடர்பினை

$\mathrm{M} = 1 + (\text{மீற்றரில் தெளிவுப் பார்வையின் தூரம்}) \times (\text{வலு})$ என்னும் வடிவினுலுங் கூறலாம். இங்கு வில்லையின் வலு தையொத்தரிலாகும். அல்லது, $\mathrm{M} = 1 + \frac{1}{4}$ (தையொத்தரில் வலு).

நேர்கோட்டு உருப்பெருக்கம்.—எறியக்கண்ணுடி விளக்குகள், படப்பெட்டி கள் போன்ற கருவிகளுக்கு, **நேர்கோட்டுருப்பெருக்கம்** m உடன் தொடர்பு பட்டுள்ளோம். இது, விம்பத்தின் நீளத்தினதும் பொருளின் நீளத் தினதும் விகிதமென வரையறுக்கப்படும்.

m இற்குக் குறியைக் கொடுக்குமுன் வழக்கொன்றை ஆக்கவேண்டும். ஆனுல் இதைப் பற்றிய உடன்படிக்கையேதும் ஏற்படவில்லை. பௌதிகச் சங்கத்தின் **அறிக்கையில்,** விம்பமானது சரிநேராக இருக்கும்போது உரு பெருக்கத்திற்கு நேர்க்குறியும், தலைகீழாக இருக்கும்போது எதிர்க்குறியும் கொடுக்கப்படுமென்ற வழக்கு ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டுளது. ஆகவே, நிமிர்ந்த விம்பமொன்றின் உருப்பெருக்கம் எண்ணளவாக + எனவும், தலைகீழ் விம்பமொன்றின் உருப்பெருக்கம் எண்ணளவாக — எனவும் (ப. 350 ஐப் பார்க்க) கருதப்படும். ஒளிப்படமொன்றின் உருப்பெருக்க அளவுத் திட்டத் தைக் குறித்தலிற் போன்ற சில தேவைகட்கு, குறியைச் சேர்த்தல் கல்வித் திறமையைக் காட்டுவதாக இருக்கும். ஆனுல் கோட்பாட்டுத் துறையில் ஒளியியற் றொகுதியின் அச்சு கிடையானதெனக் கருதி, மேன் முகப் பெயர்ச்சிகள் நேரானவையெனவும் கீழ்முகப் பெயர்ச்சிகள் எதி ரானவையெனவும் எடுத்தல் வசதியானதாகும்.

வழக்கு C ஐப் பயன்படுத்த, நேர்கோட்டுருப்பெருக்கம் m இற்குரிய சூத்திரம்,

$$\mathrm{m} = -\frac{\mathrm{v}}{\mathrm{u}}$$

ஆக அமைகின்றது. இச்சமன்பாடு கோளவாடிகட்கும் மெல்லிய வில்லைகட் கும் உரியதனைப் போன்றது. மெய்யான பொருள் (u நேரானது) ஒன்றிற்கு, விம்பமானது மெய்யாக (v நேரானது) இருக்கும்போது தலை கீழாகவும் மாயமாக (v எதிரானது) இருக்கும்போது நேராகவும் இருக்கும். ஒளி யியற் கண்ணுடி விளக்குப் பற்றிய பரிசோதனைகளில் (ப.350–352) f குவியத் தூரமுள்ள வில்லையொன்றிற்கு,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

என எழுதவேண்டும். ஆகவே தகுந்த குறிகளை v இற்கும் m இற்கும் கொடுப்போமாயின், குவியத்தூரம்

$$f = \frac{v}{1-m} \quad \text{ஆகும்.}$$

§ 2. வெளித் தொகுதி

தளவாடியொன்றின் முன்னுல் ஒளிப்படுத்திய மெழுகுதிரியொன்றைப் பிடித்திருக்கும்போது உண்டாகும் விம்பம் **மாயவிம்பம்** ஆகும். தெறித்த கதிர்கள் **ஆடியின் முன்னுலுள்ள** வெளியிற் செல்லும். ஆனுல் இக்கதிர்

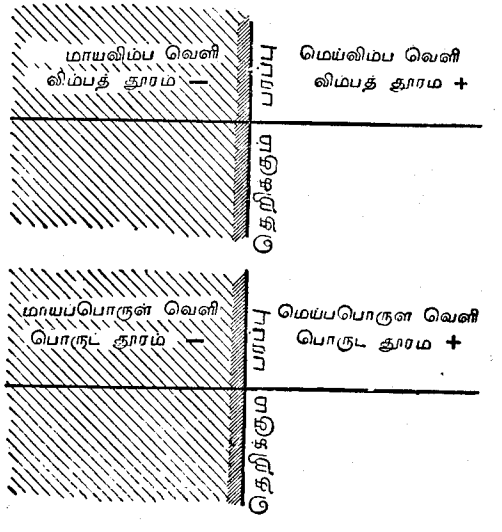
களின் திசைகள், அவற்றைப் பின்னேக்கி நீட்டுமிடத்து விம்பமானது இடங்கொள்வதாகத் தோற்றும் ஆடிக்குப் பின்னுள்ள ஓர் இடத்தில் சந்திக்குமாறு உள்ளன. ஆகவே தளவாடிக்குப் **பின்புறமுள்ள** வெளியை **மாயவிம்ப வெளியாக** விவரிக்கலாம். ஆடிக்கு முன்பாக ஒரு **மெய்விம்பம்** உண்டாவதும் சாத்தியம். ஆனால் இதற்கு மேலதிகமான கருவி தேவைப் படும். கண்ணாடி விளக்கொன்றிலிருந்து குறித்தவொரு தூரத்திலுள்ள திரையொன்றில், கண்ணாடிவிளக்கு வழுக்கியொன்றின் மெய்விம்பமொன்றை உண்டாக்குமாறு அவ்விளக்கை ஒழுங்குபடுத்தி, விளக்கிற் கண்மையில், அத்தளவாடியை ஒளியின் வழியில் இடைப்படுத்துவதாகக் கருதுக. இவ் விடத்து ஆடியின் முன்னுலே மெய்விம்பமொன்றைத் தெறிகதிர்கள் உண்டாக்கும். இதன் காரணமாக, தெறிமேற்பரப்பின் முன்னுலுள்ள வெளி **மெய்விம்ப வெளி**யாக விவரிக்கப்படலாம்.

குழிவாடி யொன்றினுல் விம்பவாக்கம் பற்றிய பரிசோதனைகளிலே (பரி சோதனைகள் 108 உம் 109 உம்), முனையத்திலிருந்து குவியத்தூரத்திலும் மிகுந்த தூரமொன்றில் ஒருசிறிய பொருளை வைத்து ஆடியின் **முன்னுலே** மெய்விம்பமொன்று ஆக்கப்பெற்றது. ஆனால், குழிவாடி யொன்றின் முனை யத்திலிருந்து அதன் குவியத்தூரத்திலுங் குறைவான தூரமொன்றில் பொருளை வைத்து அவ்வாடியினுல் சவரக்கண்ணாடியிற் போன்று, மாய விம்பமொன்று உண்டாக்கப்படும். இவ்விரு சந்தர்ப்பமும், விம்பம் உண் டாக்கப்படத்தக்க வெளியை **மாயவிம்பவெளி, மெய்விம்பவெளி** எனும் இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்க எமக்கு வழி வகுக்கின்றது. ஒரு முறி மேற்பரப்பினை அல்லது மெல்லிய வில்லையைப் பற்றி ஆராயுமிடத்து இத்தனி வேறுபாட்டைப் புகுத்தலாம். வழக்கு C இற்கேற்ப, மெய் விம்ப வெளியிலுள்ள தூரங்கள் நேராணவை (+) எனவும், மாய விம்ப வெளியிலுள்ளவை எதிராணவை (−) எனவும் கருதப்பெறுகின்றன.

செய்முறையில் **மெய்யான** பொருளொன்றுடன் பொதுவாகத் தொடர்பு படினும், **மாயப் பொருளொன்றினைப்** பற்றிய கருத்தைப் புகுத்தல் சாத்தியமாதலின், அதோடு சில ஒளியியற் கருவிகளில் இது மிகவும் வசதியுடைத்தாதலினுலும் மேற்கூறியவாறு **பொருள் வெளி**யையும் கையா ளலாம். "மாயப்பொருள்" எனும் சொற்றொடரின் கருத்தை விளக்க, எறியக் கண்ணாடி விளக்கிலிருந்து 18 அடி தூரத்தில் கண்ணாடி விளக்கு வழுக்கியொன்றின் மெய்விம்பமொன்றை ஆக்குமாறு அவ்விளக்கை ஒழுங்கு படுத்தியுள்ளதாகக் கருதுக. இப்போது விளக்கிலிருந்து 6 அடி தூரத்தில் பெரிய தளவாடி யொன்றை வைக்க. ஆடியானது படுகற்றைக்குச் செங் குத்தாகாது, விளக்கினுச்சி மேலுள்ள ஒளியைத் தெறிக்கும்வண்ணம் சிறிது சாய்க்கப்பெற்றுளது. பின்பு, ஆடிக்கு 12 அடி முன்னுல், அ-து, விளக்கிற்கு 6 அடி **பின்னுல்** மெய்விம்பமொன்று உண்டாக்கப்படும்.

சிறு வகுப்பறையொன்றில், இத்தகைய ஒழுங்கு சிலவேளைகளில் வசதி யானது. ஏனெனில், ஆசிரியரின் மேசையில், மாணவரை நோக்கும் வண்ணம் கண்ணாடி விளக்கை வைத்து, ஆசிரியரின் பின்னுலுள்ள திரையொன்றில் இறுதி விம்பத்தை உண்டாக்கலாம்.

தளவாடியின் தாக்கம் பற்றி இப்போது ஆராயின், இத்தகைய ஆடியின் வழக்கமான செயற்படுதன்மை மாறப்பெற்றுள்ளதென அறியலாம். ஆடி யேதும் இல்லாதிருக்கும்போது, ஆக்கப்பெறும் விம்பமானது ஆடிக்குப் பின்னுல் 12 அடியில் **மாயப்** பொருளாயமைந்து, பின்பு ஆடியானது அதன் தெறி மேற்பரப்பிற்கு முன்னுல் 12 அடியில் **மெய்** விம்ப மொன்றை ஆக்கும்.



உருவம் 335. தெறிமேற்பரப்பொன்றிற்கு விம்ப, பொருள் வெளிகள்

இத்தகைய பிரச்சினையின் போது, ஆடிக்குப் பின்னு லுள்ள **மாயப் பொருள்** வெளியிலிருக்கும் தூரங்கள் எதிரானவையாகக் கருதப் படும் (உருவம் 335).

அறிக்கையில் (தொகுதி II, வகை I, அல்லது C), விதந்துரைக்கப்பெற்ற இறுதி முறையில், பொருள் வெளிக் கும் விம்ப வெளிக்கும் இடையே தெளிவாய் வேறு பாட்டைக் காணுதல் பற்றி வற்புறுத்தப் பெற்றிருத்தலால், இத்தொகுதியை "வெளித்" தொகுதி யெனவும் வழக்கு C ஐ "வெளி"வழக்கு எனவும் கூறலாம். ஆயினும், தொடக்கக் கல்வி பயில்வோர்க்கு மனக் குழப்பத்தை உண்டு பண்ணக்கூடிய இவ் "வெளிகள்" பற்றிக் கருதாது, பொருளிற்கும் விம்பத்திற்குமிடையே தொடர்புகளை விருத்திப்படுத்தல் சாத்தியமென்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

பரிசோதனை 277. மாயப்பொருளொன்றை ஆக்கல்.—மெய்யான பொரு ளாக அமையும் வண்ணம் ஒரு சிறு மின்விளக்கை மேசையின் மீது அமைக்க. விளக்கிலிருந்து ஒன்று அல்லது இரண்டு மீற்றர் தூரத்தில் ஒரு வெண்ணட்டையில் மெய்விம்பமொன்றைக் கொடுக்குமாறு, கிடை யச்சையுடைய தகுந்த ஒருங்குவில்லையொன்றை ஒழுங்குபடுத்துக. தள

வாடி யொன்றை வில்லைக்கும் அட்டைக்குமிடையே, தெறித்த கற்றை கிடையாய், வில்லையின் பக்கமொன்றைச் சிறிது நோக்கிச் செல்லுமாறு வைக்க. இக்கற்றையின் வழியில் இரண்டாம் வெண்ணட்டையொன்றை அமைத்து, விளக்கின் விம்பமொன்று கூர்மையான குவியத்தில் இருக்குமாறு சீராக்குக. இம் மெய் விம்பமானது, ஆடிக்குப் பின்னுலே முதலட்டை இருந்த அதேயிடத்திலிருக்கும் "மாயப் பொருளின்" காரணமானதெனக் கருதப்படலாம். ஆடியிலிருந்து ஒவ்வோரட்டையும் இருக்கும் தூரத்தை அளக்க. தெறிமேற்பரப்பு தளமாயின், இத்தூரங்கள் சமமாக இருத்தல் வேண்டும். கூறுப் பகுதிகளின் வெவ்வேறு நான்கு நிலையங்கட்கு இவ்வவதானங்களை மறுபடியுமெடுக்க.

விரிவில்லையொன்றின் குவிய நீளத்தைக் காணுதற்குரிய முறையொன்றைக் கொடுக்கும் பின்வரும் பரிசோதனையின் துணைகொண்டு **"மாயப் பொருள்"** எனும் சொற்றொடரை விளக்கலாம்.

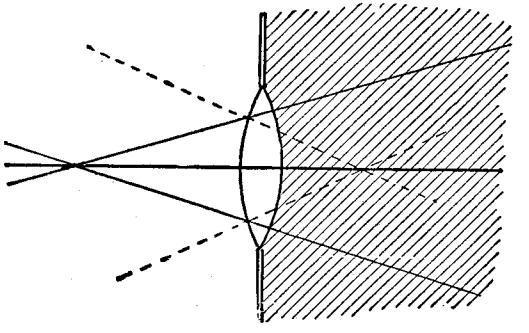
பரிசோதனை 278. குழிவு வில்லையொன்றினது குவியத் தூரத்தின் தீர்மானம்–IV.— முதலில் குவிவில்லையொன்றிற்கு, பரிசோதனை 115 இற்போல, ஓர் ஊசியைப் பொருளாகவும் வில்லையின் மறு பக்கத்தில் மெய்யான தலைகீழ் விம்பத்துடன் ஒன்றுபடுமாறு இரண்டாம் ஊசியையும் அமைத்து இணைக்குவியங்களின் நிலையங்களைக் காண்க குவிவு வில்லைக்கும் இத் தலைகீழ் விம்பத்திற்குமிடையே குழிவுவில்லையொன்றை இப்போது வைப்பின், இவ்விம்பமானது, குழிவுவில்லையினூடாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர்கட்கு ஒரு "மாயப் பொருளாக"க் கருதப்படலாம். ஊசி (2) இன் புள்ளியிலிருந்து குழிவுவில்லையின் தூரத்தை அளக்க. இத் தூரமானது, குழிவுவில்லையின் சார்பாய் u இன் பெறுமானத்தைக் குறிக்குமாயினும் பொருள் மாயமானதாகையால் அதனை ஓர் **எதிர்க்** கணியமாகவேயே கருதவேண்டும். ஊசி (2) ஐக் குழிவுவில்லையிலிருந்தும் தூரத்தே நகர்த்தி, இரண்டு வில்லைகளினூடாகவும் செல்லும் ஒளி உண்டாக்கும் ஊசி (1) இன் மெய் விம்பத்துடன் ஒன்றுபடுமாறு சரிப்படுத்துக. குழிவுவில்லையிலிருந்து, ஊசி (2) இன் இப்புதிய நிலையத்தின் தூரத்தை அளக்க. இது v இன் பெறுமானத்தைக் குறிப்பினும், விம்பமானது மெய்யானதாதலின் அதனை ஒரு **நேர்க்**கணியமாகக் கருதவேண்டும்.

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

எனும் சூத்திரத்தில் u இனதும் v இனதும் பெறுமானங்களைப் பிரதியிட்டு குழிவுவில்லையின் குவியத்தூரத்தைக் கணிக்க.

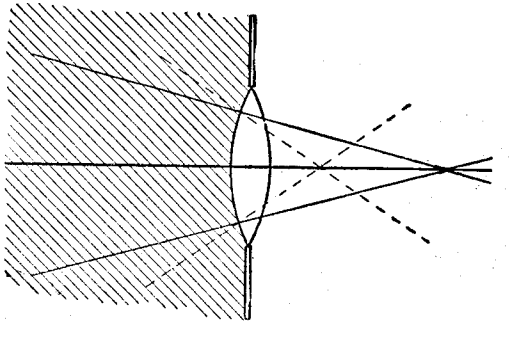
ஊசி (1) இன் வேறொரு நிலையத்திற்கு இவ்வவதானங்கள் திரும்பவுமெடுக்கப்படவேண்டும். குழிவு (விரி) வில்லையின் குவியவலுவைத் தையொத்தறிற் கணிக்க.

தெறி மேற்பரப்பொன்றிற்குரிய விம்ப, பொருள் வெளிகள் உருவம் 335 இல் விளக்கப்பட்டுள்ளன. படத்தில் தெறிமேற்பரப்பு தளப்பரப்பாக விருப்பினும் இதே மாதிரியானவொரு முடிபு வளைவான தெறி மேற்பரப்பொன்றிற்கும் பொருந்தும். இவ்வெளிகள் உண்மையிலேயே மேற்பொருந்தி, ஒரே பரப்பிலிருக்கின்றனவாதலின், இவற்றைத் தெளிவான உணர்வில் கற்பனை செய்தற்கு முயலல் வேண்டும்.



உருவம் 336 (அ).—பொருள் வெளியின் மெய், மாயப் பாகங்கள்

நேரான பெரிய பலகையொன்றின் மீது எற்றப்பெற்றுள்ள வில்லையொன்றின் சந்தர்ப்பத்திலே, பொருள், விம்ப வெளிகளைக் கட்புலனுக்கல் சிறிது எளிதானதாகும். உருவம் 336 (அ) இலும் (ஆ) இலும் இவ்வெளிகள் காட்டப்பெற்றுள்ளன. அச்சின் வழியாக வெளிகளிரண்டும் இரு திசைகளிலும் முடிவிலிக்குப் பரந்து கிடக்கின்றன. பொருள் வெளியில் தேர்ந்தெடுத்த ஏதாவதொரு புள்ளியொன்றிற்கு ஒத்ததாக விம்ப வெளியில் ஒரேயொரு புள்ளி மட்டுமே இருக்கும். இத்தகைய புள்ளிகள் **இணைப்புள்ளிகள்** எனப் பெறும்.



உருவம் 336 (ஆ).—விம்ப வெளியின் மாய, மெய்ப் பாகங்கள்

குறிப்பு1.— நன்கு ஒளியேற்றப்படாத அறையொன்றில் வில்லைகட்கு "ஊசிமுறை" களைச் செய்யும்போது செயற்கையொளியின் உபயோகம் அவசியமாகலாம். ஊசிக்குப் பின்னுலே மின் விளக்கொன்றை அமைத்து, இவற்றிற்கிடையே தேய்த்த கண்ணுடியொன்றை வைத்து, செயற்கை ஒளியை வசதியாகப் பெறலாம். இவ்விடத்து வெண் பின்னணிச் சூழலுக் கெதிராக ஊசி தெரிவதனால் கடதாசித்தாளின் உபயோகத்தைத் தவிர்க்கலாம்.

கைச் சூளொன்றிற் பொருத்தப்பெற்றுள்ள விளக்குப்போன்ற மிகவுஞ் சிறிய விளக்கொன்றை ஊசிக்குப் பதிலாக உபயோகிப்பது (மிகப் பல ஒளியியற் பரிசோதனைகளிலே பயன்படும்) பிறிதொரு ஏற்பாடாகும். சேமிப்புக்கலமொன்றினுல் மின்னோட்டம் வழங்கப்படலாம். அவசியமாயின், விளக்குடன் தொடர்நிலையிலுள்ள செப்புஞ் செய்யக்கூடிய தடையொன்றின் துணைகொண்டு ஒளியை வேண்டுமளவிற்கு ஒழுங்குபடுத்தலாம். ஆட லோட்டம் கிடைக்குமாயின், மோட்டர்க் கார் விளக்குகட்குத் தேவையான தாழ் உவோற்றளவினைத் தருமாறு படிகுறைமாற்றியொன்றினைப் பயன் படுத்தலாம். இவ்விளக்குகளை, முழுமையாக ஒளியேற்றப்பட்ட ஆய்வுக் கூடங்களிலே பொருட்களாகப் பயன்படுத்தலாம். இவ்விளக்குகள் "குறை யோட்டஞ்" செய்யப்படவேண்டும், அ–து. 12 உவோற்று விளக்கொன்று 6–8 உவோற்றிலோ, 6 உவோற்று விளக்கொன்று 3–4 உவோற்றிலோ செயற்படச் செய்தல் விரும்பத்தக்கது. இல்லையாயின், விரும்பத்தகாத அளவிற்கு அவை பளபளப்பாக இருக்கும். பரிசோதனையொன்றிற்கு ஒரு நிறவொளி தேவைப்படுமாயின், விளக்கிற்கு முன்னுலே நிறக்கண்ணாடி, அல்லது ஊன்பசைப் பட்டையை வைத்து ஏறத்தாழ அவ்வொளியைப் பெறலாம்.

தொடக்க ஒளியியற் பரிசோதனைகட்கு, ஒடுக்கமான ஒளிக்கற்றைகளைப் பெறற்குரிய முறைகள், **விஞ்ஞான ஆசிரியரின் நூல், பௌதிகவியல் (மூரே)** எனும் நூலில் விவரிக்கப்பெற்றுள்ளன.

குறிப்பு 2.— பிளாத்திக்குகளின் வளர்ச்சியில் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றம் ஈண்டு நோக்கத்தக்கது. **பிளாத்திக்குகள்** என்பது எளிதாக உருக்க வல்ல திரவியங்களுக்குரிய பெயராகும். இத்திரவியங்களிற் பல முக்கியத் துவம் வாய்ந்த பொறிமுறை, ஒளியியல், மின்னியல் உடைமைகளை உடை யன. இவற்றிற் சிலவான மெழுகும் சீமந்தும் வெப்பப் பிளாத்திக்கு களென விவரிக்கப்படுகின்றன. இவற்றின் உடைமைகளில் ஏற்படும் மாற் றங்கள் வழக்கமாக வெப்பநிலையுடன் நேர்மாறுக்கத்தக்கவை. ஆயினும் அரக்கானது வெப்பத்தினுல் கெட்டியான பதார்த்தமாக்கப்பட்டு பல்பகுதிச் சேர்வையொன்றைக் கொடுக்கின்றது. அதோடு, ஆக்கப்படும் மற்றும் பல பதார்த்தங்கள், வெப்பப் பிரயோகத்தினுல் வல்கனேற்றுப்படுத்தப் படவும் பல்பகுதிச் சேர்வாக்கப்படவும் கூடியவை. இவற்றுள், தொக்கக் குங்கிலியம், இறப்பர் சீமந்து, அசேதனவுறுப்புச் சீமந்து போன்றனவும் சிலவாகும். இவற்றுட் சிலவற்றைப்பற்றி **யோன் சுரேங்கு** (John Strong) என் பாரின் **தற்காலப் பௌதிக ஆய்வுக்கூடச் செய்முறை (பிளாக்கியும்** மக னும், 1940) எனும் நூலில் விளக்கந்தரப் பெற்றுளது. ஆனுல் இவற் றின் வகை சார்ந்த பொருட்களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்துக் கொண்டே வருகின்றது. இவற்றுள் பேக்கிலேற்று என்பது பௌதிகவியலார்க்கு மிகவும் பயனுடைத்து. பிறேல் அலிடிகைட்டின் பல்பகுதிச் சேர்வையாகிய

இதனைப் பல வடிவங்களிற் பெறலாம். வியாபாரப் பெயர்களுடன் கூடிய மற்றைய பிளாத்திக்குகளில் அற்காதீனும் (எதிலீனின் பல்பகுதிச் சேர்வை), வெல்லிக்கும் (பல்லிலீனல் குளோரைட்டு அமைப்புகள்) குறிப்பிடத்தக்கவை. தாழ்வமுக்க நிலைகளிலே முறியாது எளிதில் வளையவல்லதான அற்காதீன், மின்வடங்களை உற்பத்திசெய்யுமிடத்து காவலியாகப் பயன்படவல்லது. வெல் விக்கானது வடங்களை உறையிலிடுவதிலும் காவலிடுதலிலும், காப்புறை களையும் குழாய்களையும் உற்பத்தியாக்குதலிலும் பயன்படுகின்றது. அற்கா தீன் அல்லது இறப்பர் போன்ற மற்ற மின்கோடுபுகுவூடகங்களின் மீது திணித்து வெல்லிக்கைப் பிரயோகிக்கலாம். கவனஞ் செலுத்தவேண்டிய இன்னெரு திரவியமுமுள்ளது. இது பேப்பெச்சு ஆகும். தெள்ளிய அக்கிரிலிக் குங்கிலியத் தகடுகளாகவும் குத்திகளாகவும் பெறக்கூடிய இத்திரவியமானது பல பிரயோகங்களை உடைத்து. இது குறிப்பாக வானூர் தியில் மெருகிடு திரவியமாகப் பயன்படுகின்றது. திரான்சுபெக்சு என்பது ஒளியியற் கருவிகட்குரிய வில்லைகளையும் அரியங்களையும் ஆடிகளையும் அமைத் தற்குப் பேரரசு இரசாயனத் தொழில் நிலையத்தினரால் ஆக்கப்பெற்ற தொகுப்புச் சேதனவுறுப்பொளியியற்றிரவியமாகும்.

ஒளியானது பொருத்தமான பளிங்குத் தோரமல்லித் தகட்டினூடாகச் சென்றதும் பளிங்கினச்சினுக்குத் தொடர்பான உடைமைகளைப் பெறுகின்ற தென்பது யாவற்கும் தெரிந்ததே. இப்போது, இருபக்கத் தன்மையை அல்லது மூனைவுத்தன்மையை இவ்வொளி கொண்டுள்ளது. எனவே, இது **தளமுனைவுகொண்ட** ஒளி எனப்படும். அலைக்கொள்கையில், ஒளி செல்லுந் திசைக்குச் செங்குத்தான சில திசைகளுடன் தொடர்புபட்ட உடைமைகளை இது குறிப்பதனுல், ஒளியதிர்வுகள் **குறுக்கதிர்வு**களாகு மென்ற கருத்தையளிக்கின்றது. முனைவுகொண்ட வொளியாக்கத்திற்கோ, பகுப்பிற்கோவுரிய, முக்கியம்வாய்ந்த திரவியம் **முனைவுப்போலி**யாகும். இது, ஒரே திசையிற் சமாந்தரமாக விருக்குமாறு அச்சுக்கள் யாவற்றையுங் கொண்டுள்ள, ஒரே சேதனச் சேர்வையின் நுட்பப் பளிங்குகளால் நிரப்பப் பெற்றுள செலுலோசுத் தகடுகளைக் கொண்டது. ஒடுக்கமான பிளவொன் றினூடாக செலுலோசினதும் எறப்பதைற்றுப் பளிங்கினதும் கலவையொன் றினைச் செலுத்த, ஊசிவடிவப் பளிங்குகள், பாயும் பிளாத்திக்குத் திரவி யத்தில் தாமாகவே திசைப்படும்.

பின்னிணைப்பு

பின்னிணைப்பு

பௌதிக மாறிலிகளும் கணித வாய்பாடுகளும்

சிமித்தோனியன் பௌதிக வாய்பாடுகள், பன்னூட்டு மாறுநிலை அட்டவணை, கேயும் இலேபியும் எழுதிய **பௌதிக, இரசாயன மாறிலிகள்**, **W. H. J.** சைல்ட்சு எழுதிய **பௌதிக மாறிலிகள்**, பேராசிரியர் **R. T.** பேச்சின் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள் ஆகியவற்றிலிருந்து பௌதிக மாறிலிகளின் பெறுமானங்கள் எடுக்கப்பெற்று இந் நூலிலே தரப்பெற்றுள.

F. காசில் அவர்களின் **பள்ளிக்கூடங்கட்குரிய மடக்கை, மற்றும் வாய்பாடுகள்** (மாக்மிலன் வரையறுத்த கம்பனி) எனும் நூலிலிருந்து, வெளியீட்டாளரின் அனுமதியுடன் கணித வாய்பாடுகள் மீளவெளியிடப் பெற்றுள்ளன.

கணித மாறிலிகள்

எண்	..	..	மடக்கை (10 இன் அடிக்கு)
$\pi = 3{\cdot}1416$	..	..	0·49715
$\pi^2 = 9{\cdot}8696$	..	..	0·99430
$\frac{1}{\pi} = 0{\cdot}3183$	..	..	$\bar{1}{\cdot}50285$
$\frac{4}{3}\pi = 4{\cdot}1888$	..	..	0·62209
$e = 2{\cdot}7183$	..	..	0·43429
அடிக்கடி தோன்றும் எண்கள்—			
2	..	..	0·30103
3	..	..	0·47712
$\sqrt{2} = 1{\cdot}4142$	..	..	0·15052
$\sqrt{3} = 1{\cdot}7321$	..	..	0·23856
981	..	..	2·99167
30·48	..	..	1·48401
2·540	..	..	0·40483
453·59	..	..	2·65666
760	..	..	2·88081
273	..	..	2·43616
4·2	..	..	0·62325

$_e 10 = 2{\cdot}30258$

ஓர் ஆரையன் (ஆரைக்கு வில் சமமாகவுள்ள கோணவலகு) $= 57° \cdot 2958 = 57°17'45''$ $= 206265''$.

அளவியல் வாய்பாடுகள்

ஒரு வட்டத்தின் (ஆரை r) பரிதி	$=2\pi r$
ஒரு வட்டத்தின் பரப்பு	$=\pi r^2$
ஒரு நீள்வளையத்தின் (அரையச்சுக்கள் a, b) பரப்பு	$=\pi ab$
ஒரு கோளத்தின் மேற்பரப்பு	$=4\pi r^2$
ஒரு கோளத்தின் கனவளவு	$=\frac{4}{3}\pi r^3$
ஓர் உருளையின் கனவளவு	$=\pi r^2\times$ உயரம்
ஒரு கூம்பின் கனவளவு	$=\frac{1}{3}\pi r^2\times$ உயரம்
ஒரு கூம்பகத்தின் கனவளவு	$=\frac{1}{3}$(அடியின் பரப்பு)$\times$ உயரம்
ஓர் அரியத்தின் கனவளவு	=அடியின் பரப்பு$\times$ உயரம்

சடத்துவத் திருப்புதிறன்கள்

சமச்சீரச்சொன்றைப் பற்றிச் **சடத்துவத் திருப்புதிறன்கள்.**

வட்ட வளையம் (ஆரை a),

$$I=Ma^2.$$

செவ்வகச் சட்டம். புவியீர்ப்பு மையத்தினூடாய், $2a$, $2b$ நீளமான விளிம்புகளுக்குச் செங்குத்தான அச்சொன்றைப் பற்றி,

$$I=M\frac{a^2+b^2}{3}.$$

நீள்வளையத்தட்டு (அரையச்சுக்கள் a, b). புவியீர்ப்பு மையத்தினூடாய் அதன் தளத்திற்குச் செங்குத்தான அச்சொன்றைப் பற்றி,

$$I=M\frac{a^2+b^2}{4}.$$

வட்டத் தட்டானது $a=b$ ஆகவுள்ள சிறப்பு வகையாகும். இங்கு,

$$I=M\frac{a^2}{2}.$$

நீள்வளையத்திண்மம் (அரையச்சுக்கள் a, b, c). அச்சு c ஐப் பற்றி,

$$I=M\frac{a^2+b^2}{5}.$$

கோளமானது $a=b=c$ ஆகவுள்ள சிறப்புவகையாகும். இங்கு,

$$I=\frac{2}{5}Ma^2.$$

இப் பேறுகள் இறவுதின் (Routh) விதியாகக் கூறப்படுகின்றன. இவ்விதிப்படி, சமச்சீரச் சொன்றைப் பற்றி சடத்துவத் திருப்புதிறன்

$$I=\frac{\text{திணிவு (செங்குத்தான அரையச்சுகளினது வர்க்கங்களின் கூட்டுத்தொகை)}}{3,\ 4\ \text{அல்லது}\ 5}.$$

பொருளானது செவ்வகமாகவோ, நீள்வளையமாகவோ, நீள்வளையத்திண்மமாகவோ இருத்தற்கேற்ப பகுதியெண்ணானது 3, 4 அல்லது 5 ஆகவிருக்கும்.

$2a$ நீளமும் b ஆரையுமுள்ள ஓர் உருளையினிடத்து, a இற்குச் சமாந்தரமான வெட்டுமுகம் செவ்வகவகையாயும் b இற்குச் சமாந்தரமான வெட்டுமுகம் நீள்வளையவகையாயும் இருக்கின்றது. ஆகவே, இதனிடத்து இதன் நீளத்திற்குச் செங்குத்தான அச்சொன்றைப் பற்றி,

$$I=M\left(\frac{a^2}{3}+\frac{b^2}{4}\right).$$

வட்டத்தட்டு (ஆரை a). விட்டமொன்றைப் பற்றி,

$$I=M\frac{a^2}{4}.$$

பிரித்தானிய அளவைகளும் மீற்றர் அளவைகளும்

நீளம்

1 அங்குலம்	= 2·5400 ச.மீ.
1 அடி	= 30·480 ச.மீ.
1 யார்	= 91·4399 ச.மீ.
1 மீற்றர்	= 39·370 அங்.

பரப்பு

1 சது. அங்.	= 6·4516 சது. ச.மீ.
1 சது. அடி	= 929·03 சது. ச.மீ.
1 சது. யார்	= 8361·27 சது. ச.மீ.
1 சது. மீற்றர்	= 1550·0 சது. அங்.

திணிவு

1 கிரேன்	= 64·8 மில்லிகிராம்
1 அவுன்சு	= 28·350 கி.
1 இருத்தல்	= 453·59 கி.
1 கிலோக்கிராம்	= 2·2046 இரு.

கொள்ளளவு

1 பைந்து	= 0·568 இலீற்றர்
1 குவாட்டு	= 1·136 இலீற்றர்
1 கலன்	= 4·546 இலீற்றர்
1 பாய்பொருள் அவுன்சு	= 23·3815 க. ச.மீ.

அடிப்படைப் பௌதிக மாறிலிகள் (1941)

ஒளிவேகம்	c	$=2{\cdot}99776\times10^{10}$ ச.மீ. செக்.$^{-1}$
இலத்திரனேற்றம் ..	e	$=4{\cdot}8025\times10^{-10}$ நி. மி. அ.
பரடேயின் மாறிலி ..	F	$=9{\cdot}6487\times10^{3}$ மி. கா. அ. (கி. சமவலு)$^{-1}$
அவகாதரோவின் மாறிலி ..	N	$=6{\cdot}0228\times10^{23}$ மோல்$^{-1}$
இலத்திரன் திணிவு ..	m	$=9{\cdot}1066\times10^{-28}$கி.
புரோத்தன் திணிவு ..	M_P	$=1{\cdot}67248\times10^{-24}$ கி.
1 மோலிற்குரிய வாயுமாறிலி ..	R_M	$=8{\cdot}31436\times10^{7}$ எக்கு பாகை$^{-1}$ மோல்$^{-1}$
பொ. வெ. அ. இல் மோல் ஒன்றின் கனவளவு ..		$=22{\cdot}414$ இலீற்றர்
ஓர் இலத்திரனுவோற்று ..		$=1{\cdot}60203\times10^{-12}$ எக்கு.
சூலின் சமவலு ..	J	$=4{\cdot}1855$ சூல் கலோரி$^{-1}$
பனிபடுநிலை ..	T_0	$=273{\cdot}16°\text{K}$.

மீள்சத்திக் குணகங்கள் (சது. ச.மீ/தைன்)

திரவியம்	யங்கின் குணகம்	விறைப்புக் குணகம்
அலுமினியம் ..	$7{\cdot}2-7{\cdot}5\times10^{11}$	$2{\cdot}5-3{\cdot}4\times10^{11}$
பித்தளை ..	$8{\cdot}5-10{\cdot}5\times10^{11}$	$3{\cdot}5-3{\cdot}7\times10^{11}$
செம்பு ..	$10{\cdot}5-13{\cdot}2\times10^{11}$	$4{\cdot}2-4{\cdot}8\times10^{11}$
இரும்பு ..	ஏறத்தாழ 20×10^{11}	$5{\cdot}2-8{\cdot}2\times10^{11}$
பிளாற்றினம் ..	$15-17\times10^{11}$	$6{\cdot}2-6{\cdot}6\times10^{11}$
வெள்ளி ..	$7{\cdot}1-7{\cdot}4\times10^{11}$	$2{\cdot}5-3{\cdot}0\times10^{11}$
கண்ணாடி ..	$6-8\times10^{11}$	$2{\cdot}3-2{\cdot}7\times10^{11}$

க. ச.மீ. இற்கு கிராமில் திணிவு அல்லது அடர்த்தி

திண்மங்கள்

மூலகங்கள்			பொதுப் பதார்த்தங்கள்		
அலுமினியம்	..	2·70	கள்ளிப்பலகை	..	0·95—1·16
அந்திமனி	..	6·62	தக்கை	..	0·22 — 0·26
பிசுமது	..	9·80	பிச்சுப் பைன்	..	0·83 — 0·85
செம்பு	..	8·30 — 8·95	மஞ்சட் பைன்	..	0·37 — 0·60
பொன்	..	19·3	மலேவேம்பு	..	0·85
இரும்பு	..	7·5 — 7·9	ஓக்கு	..	0·60 — 0·90
ஈயம்	..	11·3	வால்நட்டு	..	0·64 — 0·70
மகனீசியம்	..	1·74	தேன்மெழுகு	..	0·96 — 0·97
நிக்கல்	..	8·6 — 8·9	எபனேற்று	..	1·15
ஒசுமியம்	..	22·5	சாதாரணக் கண்ணாடி	..	2·4 — 2·8
பிளாற்றினம்	..	21·45	தீக்கற்கண்ணாடி	..	2·9 — 5·9
வெள்ளி	..	10·5	பனிக்கட்டி	..	0·917
வெள்ளீயம்	..	7·3	பரபின் மெழுகு	..	0·87 — 0·91
நாகம்	..	7·1	பித்தளை	..	8·4 — 8·7

திரவங்கள்

	கி./க. ச.மீ.		வெப்பநிலை (°C. இல)
ஈதைலற்ககோல் ..	0·807	..	0°
மீதைலற்ககோல் ..	0·810	..	0°
அனிலீன் ..	1·035	..	0°
காபனிருசல்பைட்டு ..	1·293	..	0°
குளோரபோம் ..	1·480	..	18°
ஈதர் ..	0·736	..	0°
கிளிசரீன் ..	1·260	..	0°
பரபின் ..	0·878	..	0°
பெற்றோல் ..	0·70 — 0·80	..	15°
இரசம் ..	13·596	..	0°
	13·546	..	20°

வ.. .கள்

	கி./க. ச.மீ. (0°C. இலும் 76 ச.மீ. அமுக்கத்திலும்)
வளி	0·0012928
நீராவி (கணித்தது) ..	0·000814
காபனீரொட்சைட்டு	0·0019768
ஐதரசன்	0·00009004
நைதரசன்	0·0012514
ஒட்சிசன்	0·0014292

நீட்டல் விரிவுக் குணகங்கள்

இங்கு குறிப்பிட்டுள்ள பெறுமானமானது 0°C. இற்கும் 100°C. இற்குமிடையே சராசரி நீட்டல் விரிவுக் குணகமாகும்.

அலுமினியம் ..	0·000022	ஈயம் ..	0·000027
பித்தளை ..	0·000019	பிளாற்றினம் ..	0·000009
செம்பு ..	0·000017	வெள்ளி ..	0·000019
கண்ணாடி ..	0·000008—0·000009	வெள்ளீயம் ..	0·000023
பொன் ..	0·000014	நாகம் ..	0·000029
இரும்பு ..	0·000011	உருக்கிய படிகம் ..	0·0000005

தன் வெப்பங்கள்

திணிவலகொன்றின் வெப்பக்கொள்ளளவு கலோரி (கிராம்)$^{-1}$ (பாகை C.)$^{-1}$ இல்]

திண்மங்கள்

அலுமினியம் ..	0·217	ஈயம் ..	0·031
பித்தளை ..	0·092	பிளாற்றினம் ..	0·032
செம்பு ..	0·093	வெள்ளி ..	0·056
கண்ணாடி ..	0·19	வெள்ளீயம் ..	0·055
பொன் ..	0·031	நாகம் ..	0·092
இரும்பு ..	0·113	படிகம் ..	0·191

திரவங்கள்

அற்ககோல் (17°C.) ..	0·58	இரசம் ..	0·033
அனிலீன் ..	0·514	பரபின் ..	0·511
கிளிசரீன் ..	0·576	கற்பூரத்தைலம் ..	0·43

வெப்பங் கடத்துதிறன் குணகங்கள்

கலோரி, ச.மீ.$^{-1}$, செக்.$^{-1}$ (பாகை C.)$^{-1}$

அலுமினியம்	0·48	ஈயம் ..	0·08
பித்தளை (ஏறத்தாழ)	0·2	பிளாற்றினம் ..	0·17
செம்பு ..	0·9	வெள்ளி ..	1·0
கண்ணாடி (ஏறத்தாழ)	0·001	வெள்ளீயம் ..	0·15
இரும்பு ..	0·10 — 0·14	நாகம் ..	0·26
பலகை	..(ஏறத்தாழ) 0·0004		
இரப்பர்	..(ஏறத்தாழ) 0·0003		

நிரம்பிய நீராவியமுக்கம்

அமுக்கங்கள் (இரச மி. மீ. இல்)

வெப்பநிலை	அமுக்கம்	வெப்பநிலை	அமுக்கம்
0°C. ..	4·6	13°C. ..	11·2
1 ..	4·9	14 ..	12·0
2 ..	5·3	15 ..	12·8
3 ..	5·7	16 ..	13·6
4 ..	6·1	17 ..	14·5
5 ..	6·5	18 ..	15·5
6 ..	7·0	19 ..	16·5
7 ..	7·5	20 ..	17·5
8 ..	8·0	21 ..	18·7
9 ..	8·6	22 ..	19·8
10 ..	9·2	23 ..	21·0
11	9·8	24 ..	22·4
12	10·5	25 ..	23·8

சோடியவொளிக்கு முறிவுக் குணகங்கள்

வெப்பநிலை				μ
நீர் (17·5°C)	..	..	..	1·3332
அற்கஹோல் (15·0°C)	..	..	..	1·3635
அனிலீன் (20·0°C)	..	..	..	1·5863
பென்சீன் (21·6°C)	..	..	..	1·5004
காபனிருசல்பைட்டு (20·0°C)		..	..	1·6276
புரோமநத்தலீன் (20.0°C)	..	..	..	1·6582
கிறவுன் கண்ணாடி (சாதாரண)		..	..	1·53
,, (பாரமான)		..	..	1·61
தீக்கற் கண்ணாடி (சாதாரண)		..	..	1·65
,, (பாரமான)		..	..	1·74
படிகம் (பொதுக் கதிர்)	..	..	..	1·5442
,, (அசாதாரணக் கதிர்)		..	..	1.5533
,, (உருகிய)		..	..	1·45843

அலை நீளங்கள்

அலைநீளங்கள் வழக்கமாக அந்துரோமலகுகளில் (A.U.) அல்லது பத்தாம் மீற்றரில் (10^{-10} மீற்றர்) கூறப்பெறுகின்றன. 1 A.U. $= 10^{-8}$ ச.மீ.

அலைநீளங்கள் சிலவேளைகளில் 10 மடக்கு பெரிதான ஓர் அலகில், அதாவது மைக்கிரோமில்லி மீற்றரில் ($m\mu$) கூறப்பெறுகின்றன.

முதனியமம் : செங் கடமியக்கோடு 6438·4696 A.U.

ஞாயிற்று நிறமாலை				காலனிறமாலை		
வளிமண்டலம்	..	A	7661	பொற்றுசியம் (சிவப்பு)	..	7700
,,	..	B	6867	இலிதியம் (சிவப்பு)	..	6708
ஐதரசன் α	..	C	6563	,, (செம்மஞ்சள்)	..	6104
சோடியம்	..	D_1	5896	சோடியம் (மஞ்சள்)	..	5896
,,	..	D_2	5890	,, ..	..	5890
இரும்பு	..	E	5270	நேயன் (மஞ்சள்)	..	5853
மகனீசியம்	..	b_1	5178	இரசம் (மஞ்சள்)	..	5791, 5770
ஐதரசன் β	..	F	4861	,, (பச்சை) ..	..	5461
ஐதரசன் γ	..		4340	தல்லியம் (பச்சை)	..	5351
இரும்பு	..	G	4308	துரந்தியம் (நீலம்)	..	4608
ஐதரசன் δ	..	h	4102	இரசம் (ஊதா) ..	..	4358
கல்சியம்	..	H	3968	கல்சியம் (நீளம்) ..	..	4227
,,	..	K	3934	பொற்றுசியம் (ஊதா)	..	4047
					..	4044

தடைத்திறன் அல்லது தற்றடை

1 ச.மீ. நீளமும் 1 சது. ச.மீ. குறுக்கு வெட்டுமுகமுமுள்ள கம்பியொன்றின் தடை (ஓமில்). தடைத்திறனலகு ஓம் ச.மீ. ஆகும்.

மூலகங்கள்		வெப்பநிலை		தடைத்திறன்		வெப்பநிலைக் குணகம்
அலுமினியம்	..	(20°)	..	0·0000028	..	0·0039
செம்பு	..	(20°)	..	0·0000017	..	0·0040
இரும்பு (தூய)	..	(0°)	..	0·0000088	..	0·0062
,, (பியானோக் கம்பி)		(0°)	..	0·0000118	..	0·0032
ஈயம்	..	(0°)	..	0·0000204	..	0·0043
மகனீசியம்	..	(0°)	..	0·0000044	..	0·0038
இரசம்	..	(20°)	..	0·0000957	..	0·00088
நிக்கல்	..	(0°)	..	0·0000069	..	0·0062
பிளாற்றினம்	..	(0°)	..	0·0000110	..	0·0037
வெள்ளி	..	(18°)	..	0·0000016	..	0·0040
வெள்ளீயம்	..	(0°)	..	0·0000130	..	0·0046
நாகம்	..	(0°)	..	0 0000057	..	0·0040
கலப்புலோகங்கள்						
பித்தளை	..	(ஏறத்தாழ)		0·000007	..	0·0010
மங்கனின்	..	(ஏறத்தாழ)		0·000043	..	0·00002
பிளாற்றினப் போலி		(ஏறத்தாழ)		0·000034	..	0·00025
கொன்சுதந்தன் அல்லது ஊரெக்கா			..	0·000048	..	$\pm$0·00001
நிக்குரோம்	..		..	0·000110	..	0·00017

மின்னிரசாயனச் சமவலுக்கள்

வெள்ளியின் மின்னிரசாயனச் சமவலு 0·001118 கி./கூலோம் என இங்கு கருதப்பெற்றுள்ளது.

மூலகம்		அணுவெண் (1941) (O=16)		வலுவளவு		மி. இ. ச. (கிராம்/கூலோம்)
அலுமினியம்	..	26·97	..	3	..	0·0000932
செம்பு	..	63·57	..	(1)2	..	0·0003294
பொன்	..	197·2	..	(1)3	..	0·0006809
ஐதரசன்	..	1·008	..	1	..	0·00001045
ஒட்சிசன்	..	16·00	..	2	..	0·0000829
நிக்கல்	..	58·69	..	2(3)	..	0.0003041
வெள்ளி	..	107·88	..	1	..	0·001118
நாகம்	..	65·38	..	2	..	0·0003388

பிரித்தானிய நியமக் கம்பி அளவை

விட்டம்			விட்டம்		
நி.க.அ.	அங்.	மி.மீ.	நி.க.அ.	அங்.	மி.மீ.
0	0·324	8·32	26	0·0180	0·457
2	0·276	7·01	28	0·0148	0·376
4	0·232	5·89	30	0·0124	0·315
6	0·192	4·88	32	0·0108	0·274
8	0·160	4·06	34	0·0092	0·234
10	0·128	3·25	36	0·0076	0·193
12	0·104	2·64	38	0·0060	0·152
14	0·080	2·03	40	0·0048	0·122
16	0·064	1·63	42	0·0040	0·102
18	0·048	1·22	44	0·0032	0·081
20	0·036	0·914	46	0·0024	0·061
22	0·028	0·711	48	0·0016	0·041
24	0.022	0.559	50	0·0010	0·025

காந்த அவதான நிலையங்களில் காந்த மூலகங்களின் சராசரிப் பெறுமானங்கள்

கிறினிச்சு வேத்தியல் அவதான நிலையக் காந்தவியற்றிணைக்களக் கண்காணிப்பாளர் இதிற் பெரிதும் உதவியுள்ளார்.

இடம்	அகலக் கோடு	நெடுங்கோடு	சரிவு	சாய்வு	H	V	ஆண்டு
	வ			வ	γ	γ	
வட காந்த முனைவு ..	74° 54′	101° 0′மே.*	..	90° 0′	..	[59000]	1960
இலேவிக்கு ..	60° 8′	1° 11′மே.	10° 9′மே.	72° 57′	14464	47156	1955
உலோவோ ..	59° 21′	17° 50′கி.	0° 19′கி.	72° 8′	15244	47271	1955
சிற்கா ..	57° 3′	135° 20′மே.	29° 2′கி.	74° 11′	15573	54948	1955
எசுத்தலிமூயர் ..	55° 19′	3° 12′மே.	10° 56′மே.	69° 47′	16668	45250	1955
மேனூக்கு ..	54° 37′	113° 21′மே.	24° 46′கி.	77° 45′	12872	59248	1951
நீமேக்கு ..	52° 4′	12° 41′கி.	2° 26′மே.	67° 12′	18446	43879	1954
வலென்சியா ..	51° 56′	10° 15′மே.	13° 40′மே.	67° 44′	18195	44424	1956
ஆத்துலாந்து ..	51° 0′	4° 29′மே.	10° 5′மே.	66° 45′	18681	43484	1959
சம்பன்பாபோறே ..	48° 1′	2° 16′கி.	6° 52′மே.	64° 8′	20251	41793	1955
அயின்கோட்டு ..	43° 47′	79° 16′மே.	7° 16′மே.	74° 34′	15522	56209	1954
எபுரே ..	40° 49′	0° 30′கி.	7° 1′மே.	57° 2′	23914	36879	1954
கோயிம்பிரு ..	40° 12′	8° 25′மே.	10° 21′மே.	56° 58′	23914	36766	1957
செற்றனம் ..	38° 44′	76° 50′மே.	7° 12′மே.	70° 59′	18518	53927	1955
சான் பெணந்தோ ..	36° 28′	6° 12′மே.	9° 29′மே.	52° 23′	25836	33527	1954
உரூசன் ..	32° 15′	110° 50′மே.	13° 16′கி.	59° 28′	25939	43975	1957
தேராதூன் ..	30° 19′	78° 3′கி.	1° 31′கி.	45° 38′	32915	33655	1954
கக்கியோக்கா ..	36° 14′	140° 11′கி.	6° 23′மே.	49° 17′	30123	35002	1957
ஓனலூலு ..	21° 18′	158° 6′மே.	11° 37′கி.	38° 59′	28414	22993	1957
திமோலோயூக்கன் ..	19° 45′	99° 11′மே.	9° 11′கி.	47° 6′	30312	32616	1956
அலிபாக்கு ..	18° 39′	72° 52′கி.	0° 44′மே.	24° 40′	38566	17714	1954
	தெ			தெ			
குய்பர் ..	6° 2′	106° 44′கி.	1° 21′கி.	32° 18′	37471	23684	1957
				வ			
உவாங்கேயோ ..	12° 3′	75° 20′மே.	6° 12′கி.	2° 1′	29102	1028	1949
				தெ			
ஆபியா ..	13° 48′	171° 46′மே.	11° 41′மே.	30° 20′	34913	120435	1953
மொறிசியசு ..	20° 6′	57° 33′கி	16° 14′மே.	53° 51′	22300	130533	1954
இலாசூவியக்கா ..	22° 8′	65° 43′மே.	2° 45′கி.	13° 23′	25556	16083	1948
வசௌறசு ..	22° 24′	43° 39′மே.	15° 38′மே.	21° 40′	22802	19059	1955
உவாதறூ ..	30° 19′	115° 53′கி.	2° 42′மே.	64° 34′	24842	152234	1957
பிலார் ..	31° 40′	63° 53′மே.	4° 25′கி.	27° 16′	23417	112065	1950
துலாங்கி ..	37° 32′	145° 28′கி.	10° 7′கி.	68° 4′	22715	156433	1957
அம்பெலி ..	43° 10′	172° 43′கி.	20° 3′கி.	68° 6′	22160	155119	1954
ஏட்தீவு ..	53° 2′	73° 22′கி.	50° 20′மே.	68° 37′	18485	147277	1954
மக்குவொரித்தீவு ..	54° 30′	158° 57′கி.	24° 40′கி.	78° 19′	13338	164490	1955
உலொரித் தீவு ..	60° 45′	44° 47′மே.	2° 21′கி.	54° 7′	22764	131474	1948
தென் காந்த முனைவு ..	67° 6′	142° 36′கி.*	..	90° 0′	..	[168500]	1960

* உய்த்தறிந்த நிலையங்கள்.

[விபரங்கட்கு 846 ம் பக்கம் பார்க்கவும்]

மூலகங்களின் அணுவெண்களும் அணுநிறைகளும்

ஓரிடமூலகங்கள் ஒரே கருவேற்றத்தையும், ஆனால் வெவ்வேறு அணுநிறைகளையும் உடையன.

அணு வெண்	மூலகம்	குறியீடு	அணுநிறை	முதலோரிட மூலகங்கள் திணிவெண்கள்
1	ஐதரசன்	H	1·0080	1, 2, (3)
	தூத்தேரியம்	D	2 0142	—
	திரைத்தியம்	T	—	—
2	ஈலியம்	He	4·003	4, 3, (6)
3	இலிதியம்	Li	6·940	7, 6
4	பெரிலியம்*	Be	9 02	9, 10, 7
5	போரன்	B	10·82	11, 10
6	காபன்	C	12·011	12, 13
7	நைதரசன்	N	14·008	14, 15
8	ஒட்சிசன்	O	16 0000	16, 18, (17)
9	புளோரீன்	F	19·00	19
10	நேயன்	Ne	20·183	20, 22, (21)
11	சோடியம்	Na	22·994	23
12	மகனீசியம்	Mg	24·32	24, 25, 26
13	அலுமினியம்	Al	26·97	27
14	சிலிக்கன்	Si	28 06	28, 29, 30
15	பொசுபரசு	P	30·98	31
16	கந்தகம்	S	32·06	32, 34, 33
17	குளோரீன்	Cl	35·457	35, 37
18	ஆகன்	A	39·944	40, 36, (38)
19	பொற்றாசியம்	K	39·096	39, 41
20	கல்சியம்	Ca	40·08	40, 44, 42, (48), (43)
21	காந்தியம்	Sc	45·10	45
22	தைத்தேனியம்	Ti	47·90	48, 46, 47, 49, 50
23	வனேடியம்	V	50 95	51
24	குரோமியம்	Cr	52·01	52, 53, 50, 54
25	மங்கனீசு	Mn	54·93	55
26	இரும்பு	Fe	55·85	56, 54, 57
27	கோபாற்று	Co	58·94	59
28	நிக்கல்	Ni	58·69	58, 60, 62
29	செம்பு	Cu	63·57	63, 65
30	நாகம்	Zn	65·38	64, 66, 68, 67, 70
31	கல்லியம்	Ga	69·72	69, 71
32	சேமானியம்	Ge	72 60	74, 72, 70, 73, 76
33	ஆசனிக்கு	As	74 91	75
34	செலனியம்	Se	78·96	80, 78, 76, 82, 77, 74
35	புரோமீன்	Br	79·916	79, 81
36	கிரித்தன்	Kr	83·7	84, 86, 82, 83, 80, 78
37	உருபிடியம்	Rb	85·48	85, 87
38	துரந்தியம்	Sr	87·63	88, 86, 87
39	இத்திரியம்	Y	88·92	89

*அல்லது குளுசினம் (Gl).

மூலகங்களின் அணுவெண்களும் அணுநிறைகளும்

ஓரிடமூலகங்கள் ஒரே கருவேற்றத்தையும், ஆனால் வெவ்வேறு அணுநிறைகளையும் உடையன.

அணு வெண்	மூலகம்	குறியீடு	அணுநிறை	முதலோரிட மூலகங்கள் திணிவெண்கள்
40	சேக்கோனியம்	Zr	91·22	90, 94, 92, 91, 96
41	நியோபியம்*	Nb	92·91	93
42	மொலித்தனம்	Mo	95·95	98, 96, 95, 92, 94, 100, 97
43	மசூரியம்	Ma	—	—
44	உருதேனியம்	Ru	101·7	102, 101, 104, 100, 99, 96, 98
45	உரோடியம்	Rh	102·91	103
46	பலேடியம்	Pd	106·7	106, 108, 105, 110, 104
47	வெள்ளி	Ag	107·880	107, 109
48	கடமியம்	Cd	112·41	114, 112, 110, 111, 113, 116
49	இந்தியம்	In	114·76	115, 113
50	வெள்ளீயம்	Sn	118·70	120, 118, 116, 119, 117, 124, 122, 121, 112, 114, 115
51	அந்திமனி	Sb	121·76	121, 123
52	தெலூரியம்	Te	127·61	130, 128, 126, 125, 124, 122, 123, (127)
53	அயடீன்	I	126·915	127
54	செனன்	Xe	131·3	129, 132, 131, 134, 136, 130, 128, 126, 124
55	சீசியம்	Cs	132·91	133
56	பேரியம்	Ba	137·36	138, 137, 136, 135, 134
57	இலந்தனம்	La	138·92	139
58	சீரியம்	Ce	140·13	140, 142
59	பிரசியோதிமியம்	Pr	140·92	141
60	நெயோதிமியம்	Nd	144·27	142, 144, 146, 143, 145, 148
61	இலினியம்	Il	—	—
62	சமேரியம்	Sm	150·43	152, 154, 147, 149, 148
63	ஐரோப்பியம்	Eu	152·0	153, 151
64	கடோலினியம்	Gd	156·9	158, 160, 156, 157, 157
65	தேபியம்	Tb	159·2	159
66	திசுபுரோசியம்	Dy	162·46	164, 163, 162, 161
67	ஒலிமியம்	Ho	164·94	165
68	எபியம்	Er	167·2	166, 168, 167, 170
69	தூலியம்	Tm	169·4	169
70	இத்தேபியம்	Yb	173·04	174, 172, 173, 171, 176
71	உலுற்றீசியம்	Lu	174·99	175, 176
72	அபினியம்	Ha	178·6	180, 178, 177, 179, 176
73	தாந்தலம்	Ta	180·88	181

*அல்லது கொலம்பியம் (cb).

மூலகங்களின் அணுவெண்களும் அணுநிறைகளும்

ஓரிடமூலகங்கள் ஒரே கருவேற்றத்தையும், ஆனால் வெவ்வேறு அணுநிறைகளையும் உடையன.

அணு வெண்	மூலகம்	குறியீடு	அணுநிறை	முதலோரிட மூலகங்கள் திணிவெண்கள்
74	தங்கிதன்	W	183·91	184, 183, 182
75	இரேனியம்	Re	186·31	187, 185
76	ஒசுமியம்	Os	190·2	192, 190, 189, 188, 187, 186
77	இரிடியம்	Ir	193·1	193, 191
78	பிளாற்றினம்	Pt	195·23	195, 194, 196, 198, (192)
79	பொன்	Au	197·2	197
80	இரசம்	Hg	200·61	202, 200, 199, 201, 198, 204, 196, 197, 203
81	தல்லியம்	Tl	204·39	205, 203
82	ஈயம்	Pb	207·22	208, 206, 207, 204, 209, 210, 203, 205
83	பிசுமது	Bi	209·00	209
84	பொலோனியம்	Po	210	—
85	—	—	—	—
86	இரேடன்*	Rn	222	—
87	—	—	—	—
88	இரேடியம்	Ra	226·05	—
89	அத்தினியம்	Ac	226·7	—
90	தோரியம்	Th	232·12	232
91	உரேனியம் x_2	Ux_2	234	—
91	புரோதோவத்தினியம்	Pa	—	—
92	உரேனியம்	U	238·07	238, 235, 234, 239
93	நெத்தூனியம்	Np	(239)	237, 239
94	புளூத்தோனியம்	Pu	(239)	239
95	அமெரிக்கியம்	Am	—	241
96	கூரியம்	Cm	—	240, 242

* அல்லது நைத்தன் (Nt), இரேடியச்சுரப்பு.

[843 ம் பக்க அட்டவணையின் விபரங்கள்]

கிடை விசை H இனதும் நிலைக்குத்து விசை V இனதும் பெறுமானங்களில், 1γ ஆனது 1×10^{-5} ச.கி.செ. அலகிற்கு ஒத்தது. இறுதியெண் நம்பத்தகுந்ததல்ல.

பெரிய நகரங்களில் மின் புகைவண்டிப் பாதைகள், மின்வலு ஆகியவற்றின் உபயோகம் அதிகரித்துவருகின்றது. இதன் விளைவாக, சிறினிச்சிற்காக இங்கிலாந்தில் வட இடேவி எனுமிடத்துள்ள ஆட்டுலாந்து போயின்ரிலும், கொத்துலாந்தில் எசுத்தலிமூயரிலும், பொற்சுதமிற்காக நீமெக்கிலும், வல் உயோக்சு (பாரிசு) இற்காக சம்பன்லா போறேயிலும் நிறுவியதுபோலத் தேசமாவட்டங்களில் காந்த அவதான நிலையங்கள் நிறுவுவதன் அவசியம் எற்பட்டது.

அட்டவணை

கரிய எழுத்துக்களில் பெயர்கள்

அ. அ. அந்திரோம் அலகு, 364
அ. இ. செ. அலகுகள்
அச்சயற்கசிர்கள்
அஞ்சலகப் பெட்டி, 625
அடர்த்தி, 51, 59, 271, 400
சார்வடர்த்தி, 59
வெப்பநிலையும், 406
அடி–இறுத்தல்–செக்கன் அலகுகள்
அடி, நேரம், 510
அடிப்படைப் பௌதிகத் தொடுகைகள்
அடிப்புக்கள், 259, 273, 701, 806
அடிவானக் கண்ணாடி, 286
அடி–மெழுகுதிரி, 368
அடுக்குக்குறி விதி, 111, 441
அடைப்புச் சுருள், 778
அட்டைப்பலகையின் வெப்பங் கடத்துதிறன், 454
அணு, 539
அணுச்சத்தி, 539
அணுக்கரு, 539
அணுநிறை, 539
அணுவெண், 539
அதிகமான அப்பியாசங்கள், மின்னியல், 809
ஒளி, 386
காந்தம், 534
சடப்பொருளுடைமைகள், 236
வெப்பம், 480
அதிரி, 701
அதிரிச் சுவடுகள், 180, 255–8
அதிர்வுகள், 35–8, 158, 182, 186
இசைவதிர்வுகள், 261
இழையினதிர்வுகள், 266
கட்டில்லாவதிர்வுகள், 247
குறுக்கதிர்வுகள், 266
நிலையானவதிர்வுகள், 248, 266
நீளப்பக்கவதிர்வுகள், 249
பரிவதிர்வுகள், 753–4
மின்காந்தவதிர்வுகள், 671, 739–44, 751–5, 800–8
வலிந்தவதிர்வுகள், 248
அதிர்வுச் சுவடுகள், 180
அதிர்வெண், 182, 242–3, 244–6, 251, 253, 259, 262, 691, 701, 753
அத்துவூட்டுப் பொறி, 161
தூண் வகை, 161
நாடா வகை, 165
அத்துவூட்டு, யோட்சு, 162
அந்திரோமலகு (அ. அ.), 364
அப்பியாசங்கள், ஒளி, 275
அமுக்கம், 62, 259, 260
அமுக்க அலகுகள், 62
அமுக்கத்திற்குக் கொதிநிலைத் திருத்தம், 394–7
அமுக்கத்தின் வரைவிலக்கணம், 62
ஆவியமுக்கம், 571
சவர்க்காரக் குமிழியில் அமுக்கம், 227
திரவ நிரலமுக்கம், 72
நீராவியமுக்கம், 471, 792
வளிமண்டலவமுக்கம், 73, 204, 391
வாயுக்களின் அமுக்கம், 203, 204, 505, 214, 222
அம்பிலர், 42
அம்பர், 541
அம்பியர் (அல்லது அம்.), 568, 572, 647, 658
அம்பியர்மானி, 572, 721
அம்பியர்மானிக்குரிய திருப்பி, 721
அம்பியர்மானியின் அலவு கோடிடல், 574
அம்பியர்மானியின் திருத்தக் காரணி, 577
இயங்கு சுருளம்பியர்மானி, 573, 723
கவர்ச்சி இரும்பு அம்பியர்மானி, 144, 573, 722
சூடான கம்பி அம்பியர்மானி, 573, 722
அம்பியர்மானியின் அளவுகோடு திருத்தம், 574, 721–3
நிறமாலைமானி, 363
பரப்புமானி, 47
வில், 143
வெப்பமானி, 396
அம்பியர்மானியின் திருத்தக்காரணி, 577
கதிர்வீசலுக்குரிய திருத்தக் காரணி, 430
கொதிநீராவிப் புள்ளிக்குரிய திருத்தக் காரணி, 392
அயன்கள், 646, 766
அயின்சுதன், 377, 539

அரிய்த் கோணத்தின் அளவீடு, 295, 358
இழிவு விலகற கோணம், 294, 295, 358
அரியம், 292, 355, 356
அரை-அலைச் சீராக்கல், 746
அலெக்சாண்டர் உலூட், 242
அலை, 242, 243, 244, 248
அலைக்கொள்கை, 314, 377, 380
அலைத்தொடர்கள், 745–7
அலைநீளம், 243, 246, 380, 383, 675
அலைநீள அட்டவணை
அலையம், 801–6
அலையியக்கக் கொள்கை, 377
அலைவடிவம், 242
அலைவுகாட்டி, 763
உயர் மின் அதிர்வெண் அலைவுகாட்டி, 671, 739–44, 751–5, 800–8
உயர்மின்னதிர்விலிருந்து புறப்பாடு, 745, 750
அலைவுவாயில், 745
இருமின்வாய் வாயில், 758
மும்மின்வாய் வாயில், 759, 763
வெப்பவயன் வாயில், 756
அல்டேன் கீ, W.W., 565, 605
அவகாதரோவின் மாறிலி
அழுத்தமானி, 596, 606–7
அழுத்தம், 548
அழுத்தவித்தியாசம், 551, 801
பிரிகருவி, 607, 696
அளவியல்

ஆ. ஓ. ஆடலோட்டத்தைப் பார்க்க
ஆ. ஓ. இற்கு வலுவழங்கல், 778
ஆ. ஓ. சீராக்கம், 679, 745
அலைவுகளின் பதிவுகள், 743–52, 775–7
ஆக்கிமிடீசின் தத்துவம், 63
ஆடலோட்டம், 676–9, 680, 691, 693–4
மி. இ. வி., 676–9
ஆடியின் துவாரம், வில்லையின் துவாரம், 305, 313
ஆட்டினிலைகள், 724
ஆட்டிசு, 674, 741
ஆமேச்சர், 684
ஆவர்த்தனவியக்கம், 182–187, 242, 243, 253, 265, 377
ஆவியமுக்கம், 471
நீராவியமுக்கம், 471, 478
ஆவியாக்கலின் மறைவெப்பம், 435
ஆவி, 573, 729–31
ஆளும் மண்டலம், 713
ஆள் காந்தம், 714
ஆன்சு கிறித்தியன் எசட்டு, 674

இக்கின் எறியியற்றராசு, 151
இசை, 242
இசைக்கருவி, 264
இசைக்கவரின் அதிர்வெண், 251, 252, 255
இசைச் சுரத்தின் சுருதி, 242, 244–6, 271–3
திருகாணிப்புரியிடைத்தூரம், 29, 123–6
இசையதிர்வுகள், 261
இசையிடை, 246
இசைவரிசை, 244
இசைவாக்கம் பற்றிய குறிப்புக்கள், 273
இசைவுபெற்ற மின் சுற்றுக்கள், 751–5, 800–5, 806–8
இடத்தொகுதி
இடப்பெயர்ச்சி, 169
இடமாறுதோற்றம், 23, 281, 391, 502, 543
இடவேற்றம், 759
இடுக்கிமானி, உள்ளும் புறமும், 27
வேணியர், 27
இணைக்கம்பி, 694
இணைப்பு அல்லது இழைப்பல்கோணம், 103
விசைப் பல்கோணம், 79, 103
இணைப்புப் பல்கோணம், 103
இபேட்டின் காந்தத் தராசு, 516
இயக்கப் பண்புச்சத்தி, 147, 153, 166, 169
இயக்கவிசையியல், 149
இயக்கவிசையுராய்வு, 107–9
இயக்கவுராய்வு, 107
இரசத் தொடுகைக் கோணம், 233
மயிர்த்துளைத் தன்மை, 206, 224, 225, 226
இரசாயனச் சமவலு, 646
நீர், 422
மின்னிரசாயனத்திற்குரிய, 647
வெப்பத்தின் பொறிச்சமவலு, 390, 459, 470
இரஞ்சதன் வட்டம், 343
இரண்டாம் இடை ஞாயிற்றின், 13, 14, 35
இரண்டாஞ் சுருள், 665–670
இரதபேட்டு பிரபு, 539
இரப்பரின் வெப்பங்கடத்துதிறன், 456
இரம்கோவின் சுருள், 671
கறங்கல், 677
இரம்போட்டின் ஒளிமானி, 370
இரிச்சேட்சன், L. F., 180
இருகுறுமேற்றுக் கலம், 554
இரு-மின்வாய் வாயில், 758, 773
இருமையின் சிறப்பியல்பு வளைகோடுகள், 774
மும்மை வாயில், 780, 788
இருமைவாயில், 758, 773, 774, 775
இரேடியேர், 742
இரேலியின அழுத்தப் பிரிகருவி, 608
இரேனே, H. V., 393
இரேனேவின் தன்வெப்பக் கருவி, 426–9
இரேனேவின் ஈரமானி, 472
இலக்கிளாஞ்சிக் கலம், 554
இலட்சு, 367
இலத்திரன், 377, 539, 543, 671, 756
இலத்திரன் உவோற்று
இலத்திரன்களின் காலல், 756
இலூட்டு, 674
இலன்சின் விதி, 678
இலீசசூ, J. A., 261, 264
இலீசசூவின் உருவங்கள், 261, 264, 764
இலீசு, C. H., 453
இலுமன், 367
இலேடன்சாடி, 673, 740
இழிவெண்ணிக்கை, 24
இழை, 759
இழைசலின் அதிர்வுகள், 266, 701
இழைப் பல்கோணம், 103
இருத்தலி
இருத்தல்
இறையோதற்று. தடை, தடையுபகரணம், என்பவற்றின் கீழ்ப் பார்க்க
இறெனது விதி

ஈரப்பதனியல், 471, 477–8
ஈரப்பதன், 471
ஈரமில் கலம், 554
ஈரவுலர்குமிழ்மானி, 476
ஈர்ப்பினலான வேகவளர்ச்சி, 113, 156, 159, 165, 192, 193–6, 199–200
ஈர்ப்பு மையம், 94, 97
சுர்ப்பு மையம், 94, 97
அலைமையம், 197
ஒளியியன்மையம், 313
சடத்துவ மையம், 94, 97
தொங்கன் மையம், 197

உட்புகவிடுமியல்பு, 670
உணர்கருவியாக மும்மையை உபயோகித்தல், 794
உணர்தன்மை, 7
உதைப்பு, 62–4, 106–107
உயரதிர்வெண்ணலைவுகள் (மின்), 672, 739–44, 751–5, 800
உயரமானி, 393–4
உயரவளவீடு, பாரமானியால், 210, சட்டிமத்தால், 288
உரப்பு, 242
உராய்வு, 253, 462
உராய்வுக்குரிய திருத்தம், 159, 163, 173
உலோகக் கூம்புகட்கிடையே உராய்வு, 462
கப்பிமீது கயிற்றினுராய்வு, 110
கலண்டரின் ஆயகருவியில் உராய்வு, 464
உராய்வு மின், 541
உருகன் மறைவெப்பம், 433
உருகு நிலை, 399, 419, 443
உருக்கிய படிகம், 543
உரேனியம், 539
உலோஞ்சன் கதிர்கள், 674
உரொபின்சனின் கதிர்ச் சுவட்டுக் கருவி, 279
உலும புரோதமர் ஒளிமானி, 375
உவிம்மேசப்பொறி, 546
உவிச்சன், W., 356
உவீத்தன் திசைமாற்றி, 733
உவீத்தன்பாலம், 8, 614, 705, 715
இயைபோதற்று, 733
உவெசுத்தன் கலம், 554
உவேபர், 670
உவொசு, 546
உவொசின் அலகுகள், 75
உவோற்றுமானி, 646
உவோற்றுவின் கலம், 553, 589, 658
உவோற்று (V அல்லது ஏ), 554, 579
உவோற்றுமானி, 602, 724
உவோற்றுமானி கொண்டு உட்டடையைக் காணல், 602
உவோற்றுமானியின் தடை, 725–6
உறிஞ்சற் கோடுகள், 364
உறிஞ்சியொளிவீசல், 674–6
உரேபேட்டு ஊக்கு, 128, 377
உறைநிலை அல்லது பனிக்கட்டி நிலை, 391, 393
ஊக்கின் விதி, 128, 131, 142–3
ஊதாக் கடந்த நிறவொளி, 674

எசட்டு, 488
எச்சரிப்புக்கருவி, 253
எடிசன், 758
எட்சுக் கதிர்கள், 674
எளிய கணித மாறிலிகள்
பௌதிக மாறிலிகள்

எண்ணளவுகள், 76
எதிரயன், 646
எதிரொளிர்வு, 673
எதிர்த்தாக்கச் சுருள், 801
எதிர்த்தாக்குதிறன், 692-3
எதிர்மின்வாய, 646, 759
எதிர்மின்வாய்க்கதிரலைவு பதிகருவி, 264, 763
எதிர்மின்வாயக் கதிர் அலைவுகாட்டி, 264, 763
குழாய, 763
எதிர்மினவாய்க் கதிர்கள், 673
உரொஞ்சன் கதிர்கள், 674
எட்சுக் கதிர்கள், 674
எபனேற்று, 541
எம்மோற்சு கல்வனோமானி, 657, 709-12
எரிநிலை மேற்பரப்புக்கூர், 301, 302, 303
எரிநிலை வளைகோடு, 367
எறியலுக்குரிய தராசு, 151
கல்வனோமானி, 676, 704, 717
எறியியற் கல்வனோமானி, 676, 717
எம்மோற்சுக் கல்வனோமானி, 657
கல்வனோமானிக் காரணி, 571, 579
கல்வனோமானிக்குரிய திருப்பி, 490, 627
கல்வனோமானித் தடை, 585, 623, 630
கல்வனோமானி மாறலி, 570-1, 712
கல்வனோமானியின் உணர்திறன், 712, 719
கல்வனோமானியின் தணிதலலைவுகள், 720
கல்வனோமானியின் மாற்றுக்காரணி, 570, 580
தாழ் தடைக் கல்வனோமானி, 716
தான்சன் கல்வனோமானி, 566, 568, 570, 571, 709
தொங்கிய சுருட் கல்வனோமானி, 717
தொங்கியலூசிக் கல்வனோமானி, 712
பினனடியாவடிப்புக் கல்வனோமானி, 720
எற்றரோதைதன் அடிப்புக்கள், 806-9
எனறி (அலகு), 670
எக்கு, 113, 145
எச்சின் (H) தீர்மானம், 526
என்றி (அலகு) 670
கிடைக் காந்த மண்டலம், 492
வயரின் ஆய்கருவி, 73

ஐகன், 741
ஐதரசனின மின்னிரசாயனச் சமவலு, 648
ஐதரசன் உவோற்றுமானி, 649, 652
செப்புவோற்றுமானி, 654
ஒடுக்கியிறக்கம், அலைவியல்பு, 739
ஒடுக்கியின் கொள்ளளவு, 548, 704
ஒமேகா அல்லது "ஓம்" என்றதின் கீழ்ப் பார்க்க

ஒரிடமூலகங்கள், 539
ஒரு கம்பியைத் திருகுதல், 139-43
ஒரு மின்சுற்றை இணைத்தல், 555
ஒரு விசையின் திருப்புதிறன், 88, 89
சடத்துவத் திருப்புதிறன், 100, 166, 169-70, 528
திணிவுவேகத் திருப்புதிறன், 166
ஒலி, 242-76
ஒலிப்பண்பு, 242
ஒலியியல், 242
ஒளி, 367, 374
ஒளிகாலி, துலக்கம், மங்கல், 759
ஒளிக்கதிர், 279
ஒளிப்பட திறந்த வைப்பு, 376
ஒளிப்படவியல், 354, 375, 489, 674
ஒளிப்பாயம், 365
காந்தப்பாயம், 665, 670
ஒளிமானி, 368
இரம்போட்டின் ஒளிமானி, 370
உலுமபுரோதமர் ஒளிமானி, 374
சிமிட்டொளிமானி, 369
சுவோனின் ஒளிமானி, 373
சொல்லியின் ஒளிமானி, 373
பன்சனது ஒளிமானி, 371
ஒளிமின்னியல், 376
ஒளிமுதல்கள், 332, 353, 356, 357, 364, 369-70
ஒளிமுதற் கருவிகள், 735
ஒளியளவியல், 279, 367, 374, 376
ஒளியியலளவுச்சட்டம், 331
ஒளியியற் கருவிகள், 339
ஒளியியற் கண்ணாடிவிளக்கு, 350
ஒளியியலெறியம், 350
ஒளியியற் கண்ணாடி விளக்கு, 350
ஒளியியற் சூத்திரங்களிற் குறியீடுகள், 279, 305, 311
ஒளியியன் மையம், 313
ஒளியியன் விம்பம், 279, 281, 284
மாயவிம்பம், 279, 311, 316
மெய்விம்பம், 279, 308, 309, 315

ஒளிர்செறிவு, 367
ஒலிச்செறிவு, 242
ஒளிசெறிவு, 367
காந்தச்செறிவு, 487, 758
காந்தமாக்கற் செறிவு, 530-1
முதலின் செறிவு, 367
ஒற்றை நாண்கருவி, 267
ஒனைத்தி, 741
ஒன்றையொன்று தூண்டல்

ஓமின் விதி, 579, 613
ஓம், 579
சுருள் அமைப்பு, 636

கடத்தலிலி, 541
கடத்துதிறன், 579, 585, 613
கடமியக் கலம், 554
கடிகாரங்கள், 35, 38
கணக்கிடுதல், வரைப்படமுறைகள், 5, 11, 97, 103
கணக்கீடுகள், 7
கணித வாய்பாடுகள்-பின்னிணைப்பு
கணு, 248, 258
கண் காதுகளின் மதிப்பிடுகை, 36
கண்ணுடியின் மீது மின்னேற்றம், 541-3
கண்ணுடியின் வெப்பங் கடத்துதிறன், 457
கண்ணின்றன்னமைவு, 348
கண்வலையம், 343
கண்வில்லைகள், 32, 34, 340-2, 345
கதிர்வீசல், 377
கதிர்வீசற்றிருத்தம், 430
கதிர் வீசும் சுற்றுகள், 751-5
கமகமூட்டியவலை, 748, 807
கருப்பிளவு, 540
கலங்களின் கவனிப்பு, 555
காந்தங்கள், 500
நிறைகள், 18
வெப்பமானிகள், 391, 401
கலண்டரின் ஆயகருவி, 459
கலத்தில் இரசாயனத் தாக்கம், 553, 589
சமவலு, 646
மின்பகுப்பு, 646
கலோரி, 390
கலோரிபர், 430
கலோரிமானி, 423
கலோரியளவியல், 422
கதிர்வீசலுக்குரிய திருத்தம், 430
கலோறிக், 390, 459
கிராம் அல்லது சிறியது, 422
கில்லோகிராம் அல்லது பெரியது, 423, 658-60
கல்வனோமானிக் காரணி, 570, 580
கல்வனோமானித் தடைக்குரிய கெல்வினின் முறை, 616, 623, 630
கல்வனோமானி, மாறிலி, 570-1, 711-12
கல்வனோமானியின் உணர்திறன், 712
கல்வனோமானியின் தகுதியொப்பெண், 716
கனவளவையளத்தல், 10, 51, 68, 120
கிராமூலக்கூறின் கனவளவு
வாயுவின் கனவளவு, 412, 651, 652
காது கண்களால் மதிப்பிடுகை, 36
காந்தக்கல், 485
காந்தச் சரிவு, 541
காந்தச் சாய்வு, 526, 530, 680
காந்தத்தின் அலைவுகள், 189, 517, 526-28, 560
ஒரு திரவியப்பொருளின் அலைவுகள், 35-8
ஒரு படிகப் பளிங்கின் அலைவுகள், 38
காந்தத்தின் இழுப்புவிசை, 499
காந்தத் திருப்புதிறன்கள், 494-6, 523
திருப்புதிறன்களின் ஒப்பீடு, 507-8, 511
காந்த மண்டலங்களின் ஒப்பீடு, 504-5, 506-12, 517-19
தடைகள், 641
காந்தமண்டலங்களைக் குறித்தல், 489, 557, 564
காந்த மண்டலம், 487, 488, 503
ஒட்ட மண்டலம், 556, 557, 563
சட்டக் காந்தத்தின் மண்டலம், 492, 495, 506
தனி முனைவின் மண்டலம், 492, 505, 520
புவி மண்டலம், 491, 526, 529
வட்டச் சுருளின் மண்டலம், 564
வரிச்சுருளின் மண்டலம், 556
காந்தமுனைவு, 485-6, 487, 519-23
கலத்தின் முனைவு, 551-2, 557, 646, 735-38
காந்தம், 485
அலைவு, 189, 517, 527, 560
குண்டு-முனைக் காந்தம், 487, 492
சட்டம், 487, 494, 499

காந்திவச்சு, 487, 497
காந்த வானேக்கு நிலேயங்கள்
காந்தவிசை, 488,
இழுப்பு விசை, 499, 568
காந்தவிசைக் கோடுகள், 489, 556-7
தூண்டல், 489, 665
காந்தவுச்ச நெருங்கோடு, 487, 497, 526, 570
காலம், 182, 185-92, 196-201, 261, 267
அலேயுங் காந்தத்தின் காலம், 189, 517
காவலி, 541
காவிகள், 76
காவிப் பிரிப்பு, 83
கிடைக் கூறு, 526
கிடைத்தூரம், 11
கிராம், 13, 113
கிராம்-மூலக்கூறு, 419
கிரிசோவின் விதிகள், 588, 617, 645
கில்லோ உவாற்று, 658-9
கில்லோகிராம், 13, 156
கிளர்பின்வீசல், 772
கிளாக்ருக கலன், 554
கிறித்தவ ஐகன், 377
குணகம், வெப்பநிலே, தடையின், 637
குண்டின் சூழாய், 257
குத்துயரம், 288
குருக்கின சுழாய், 673
குரோவுக் கலம், 554
குவியக் கோடு, 313, 345
குவிய வலு, 313
குவியத்தின செப்பஞ் செய்கை, 33
இரேனக் குவியங்கள், 309, 317
தலேமைக் குவியம், 305, 312, 313, 325
குழப்பி, 671-3
சூழாய்த் துலேயினளவீடு, 226, 396
(U) சூழாய பாரமானி, 206
குழிவாடியின் குவியத்தூரம், 305-7, 311, 324, 333
குவிவாடி, 305-7, 311, 320-3
குவி வில்லேகள், 315, 325, 335, 337
குழிவில்லேகள், 315, 318, 325, 337
வில்லேகள், 312, 313, 324, 325, 328, 394, 430
குளிரல் விடு, 440
குளிரல வரைகோடு, 431, 442, 443
தன வெப்பத்துக்குரிய குளிரல் முறை, 445
குளிரல் வீதம், 441
சூறிகாட்டிக் கண்ணுடி, 286
குறிப்புப் புத்தகம், 4
குழிவழக்கு, 279, 310
குறுக்காகச் சுற்றுதல், 555

கூட்டுச் சுற்றல், 687
கூட்டுசல், 188, 196
தனிச் சமவலுவுசல், 197
முறுக்கலுசல், 189, 201
கூலோம், 499

கெயிக்ஞுட்டு டிலா தூர், 253
கெல்வின், 420, 616, 642
கெல்வினின் இரட்டைப பாலம், 642
கெல்வின் அல்லது வெப்பநிலேயின் தனியளவுத் திட்டம், 420
கெல்வின் கி. உவாற்று மணி, 658
கேத்திர கணிதவொளியியல், 279, 280, 281
பின்னிணேப்பு,
கேரிபொசுத்தர்ப் பாலம், 632
உலீத்தனின் பாலம், , 613, 617
கேரி பொசுத்தர் முறை, 632, 635, 637
கேற்றரினூசல், 199
கொதி நீராவி நிலே, 391-5
கொதி நீராவியின் மறைவெப்பம், 435
கொதி புள்ளி அல்லது கொதி நீராவிப் புள்ளி, 391, 394, 401
தூய திரவம், கரைசல், 400, 401
கொள்ளளவம், 693, 704
கொளளளவு கருவி, 696, 704
கொள்ளளவுகளின் ஒப்பீடு, 704
மினனியக்க விசைகள், 591, 598

கோகெயின், 710
கோசு, 488
கோக-C.ாகான், K. E., 526
கோசைன் அட்டவணே
கோணத்திற்குரிய, அளவைத்திட்டமும் வேனியரும், 25
தனியிசையியக்கம், 185
கோலல், அளியடைப்பு, 381
கோலல் விளிர்ப்பு, 381
கோணியக்கத்திலேதும் நேர்கோட்டியக்கத்தினதும் ஒப்பீடு, 166, 169
கோணியக்கம், 166, 169
நேர்கோட்டியக்கம், 169

கோளமானி, 52-8, 308-10, 328, 403
கோளம், 52-8, 305-308

ச. இ. செ. அலகுகள், 14, 113, 157
சடத்துவத் திருப்புதிறன், 101, 166, 169, 527
சட்டிமம், 286
சதமமீற்றர், 113
சத்திக் காப்பு, 10, 14, 115, 144-7, 153-5
அழுத்தச் சத்தி, 147, 153
இயக்கப் பண்புச சத்தி, 147, 153-5, 166, 169
சத்தியலகுகள், 113, 145, 658
பரப்புச் சத்தி, 223
விகாரப்பட்ட பொருளின் சத்தி, 145, 147
வெப்பச் சத்தி, 459-70, 658
சத்திச் செப்பு, 377
சத்தியின் ஒரு வகையான வெப்பம், 390
மறைவெப்பம், 432, 435
வெப்பக் கனியம், 390, 422
வெப்பத்தின் பொதிமுறைச் சமவலு, 390, 459, 470, 658
வெப்பவலகு, 422-4, 459
சமச்சீர்ப் புள்ளிகள், 335, 351
சமநிலே, 76, 88
சமநிலேயீடு, 77
சமவெப்பக் கோடுகள், 420
சமாந்தரத் தடைகள், 584-5
சம்மட்டிப் பிளவு, 671
சராசரி வர்க்கமூலம், 693
சவர்க்காரக் கரைசல், 229
சவர்க்காரக் கரைசலின் மேற்பரப்பிழுவிசை, 229, 230
சாய்தளம், 84-6, 109-110
சாய்தளத்தின்மீது உருளுந் திண்மம், 176
சாயலவு ; சாய்வினேப் பார்க்க
சார்ச்சி, 539
சார்ல்சின் விதி, 413, 420, 509

சிஞ்சனின் விதிகள், 41
சிமிட்டொளிமானி, 368
சிலிக்கா, 543
சில்லுமச்சானியும், 121
சாய்தளத்தின் மீது சில்லு, 176
சிறுதுணிக்கைக் கொள்கை, 377
சிற்றுயரமானி, 226

சிபெக்கு, L, 253

சுரமானி, 267
சுவாது பல்போர், 566
சுவாலே நிறமாலேகள், 364
சுவோனின் ஒளிமானி, 373
சுழலிடம், 89
சுழலிணே அல்லது முறுக்குதிறன், 169
சுழல் மேசை
சுழற்சியச்சுக்கள், 166-9, 175-7, 323

சூலின் சமவலு, 390, 459, 470
சூலின் விதி, 658
சூல் (அலகு), 14, 114, 390, 459, 658, 659
சூல், J. P., 390, 459, 470, 658, 660

செம்பின் மின்னிரசாயனச் சமவலு, 654
செயற்கை அடிவானம், 288

சேமிப்புக் கலன், 553, 554, 555
சேர் அம்பறோசு பிளெமிங்கு, 684, 745, 759
சேர் யோசப்பு தொம்சன், 675
சேர் வில்லியம் தொம்சன், "கெல்வின்" என்பவரின் கீழ்ப் பார்க்க
சேலின் அலேயுமூசி, 518
முறுக்கற்றராசு, 231

சைன் வாய்பாடு

சொல்லி, 144

சொல்லியின் ஒளிமானி, 373

சோட்டுசல், 38

த. இ. இ. "தனியிசையியக்கம்" என்பதன் கீழ்ப் பார்க்க
தகனம், 539
தகைப்பு, 128
தடங்கல், 692-5
வாயிலின் தடங்கல், 782
தடை, 571, 579, 613
தடைப்பெட்டி, 574, 732
தடை, காபன், 734
உயர்தடை, 643
உலீத்தனின் தடை, 734
ஒரு கலத்தின் தடை, 589, 591, 617, 623, 631

ஒரு சுற்றின் தடை, 579
கம்பியின் தடை, 621, 622, 628
கலத்தின் உட்டடை, 591, 600, 604, 605, 617, 623, 632
கல்வனோமானியின் தடை, 616, 623, 630
தடைச்சட்டம், 734
தடைச்சுருள், 636, 735
தடைநெய்யரி, 735
தடையலகு. "ஓம்" என்பதன் கீழ்ப்பார்க்க
தடையின் வெப்பநிலைக்குணகம், 638
தடைவிளக்கு, 735
தற்றடை. "தடைத்திறன்" என்பதன் கீழ்ப் பார்க்க
தாழ்தடை, 642
தடைத்திறன், 621, 622, 731–33
தடைப்பெட்டி, 574, 732
தடையுபகரணம், 571, 579, 613, 731
தட்டின் சடத்துவத் திருபுதிறன், 179
தணித்த அலைத்தொடர்கள், 745–7
தண்டின் திறந்தவைப்பின் விளைவு, 392
தராசினுணர்திறன், 21
தராசின் தடுப்புக்கருவி, 15, 21
தராசின் புயங்கள், 15
இணைப்புயங்கள், விசிதப்புயங்கள், 116, 625
உலீத்தன் பாலத்தின் புயங்கள், 614
தராசு, 15–22
உலீத்தன் பாலம், 614, 622, 629
எறியியற்றராசு, 151
காந்தத் தராசு, 515
சூனியமுறை, 6–7
சொல்லியின் தராசு, 144
நீர்நிலையியற்றராசு, 64–6
புயங்கள், 15
விற்றராசு, 143
தலைமைத்தளம், 313
தளமேற்பரப்பில் தெறிப்பு, 282
தெறிப்பால்வரும் எரிநிலைமேற்பரப்பு, 302
தெறிப்பு விதிகள், 282
முழுவுட்டெறிப்பு, 296
வில்லைமுகத்திலிருந்து தெறிப்பு, 337
தளமேற்பரப்பில் முறிவு, 289
அரியத்தினூடாய் முறிவு, 292
கண்ணுடித்துண்டினூடாக முறிவு, 290
முறிவால்வரும் எரிநிலைமேற்பரப்பு, 302
முறிவுக்குணகம், 289, 292, 294, 295 297, 298, 304, 326, 328
முறிவு விதிகள், 289
தளவாடி, 282
ஆடியின் சுழற்சி, 285, 502
குவிவாடி, 305, 311, 321
குழிவாடி, 305, 308, 311, 332
குழிவாடியின் மீது கோளம், 194
தற்றடை, 620
தற்றடை அட்டவணை
தற்தூண்டுகை, 665, 672
தனிக் கருவி, 568, 711
தனியிசையியக்கம், 182
தனியூசல், 35, 187, 191, 192
தனிவெப்பநிலை, 420
வெப்பநிலைச் சாய்வுவிகிதம், 450
வெப்பநிலை மாறல் விகிதம், 450
வெப்பநிலையளத்தில், 390, 391
வெப்பநிலையளவுத்திட்டம், 390, 391
வெப்பநிலையும் அமுக்கமும், 413, 421
வெப்பநிலையும் ஒலிவேகமும், 243
வெப்பநிலையும் தடையும், 637
வெப்பநிலையும் பாரமானி உயரமும், 211
தன்வெப்பத்தின் வரைவிலக்கணம், 422
தன்வெப்ப அட்டவணை
திண்மத்தின் தன்வெப்பம், 424
திரவத்தின் தன்வெப்பம், 428, 445
தன்வெப்பம், 432, 435
தன்னீர்ப்பு, அல்லது சாரடர்த்தி, 59
ஆக்கிமிடீசின் தத்துவத்தினால் தன்னீர்ப் பைக் காணல், 65–72
போத்தல், 59
தன்னீர்ப்பை U-குழாய் முறையாற் காணல், 73–4.

தானியலின் ஈரமானி, 472
தானியல், J. F., 472, 554
தானியல், அல்பிரேட்டு, 261
தானியற் கலம், 554
தான்சன் கல்வனோமானி, 568, 709
தான்சன் வாய்பாடு

திசைகாட்டி, வளை, 24
ஊசி, 488
திசைமாற்றி, 571, 574, 678, 726
திசைவில், 288
திணிவளவீடு, 6, 7, 15
திணிவலகு, 13, 14
திணிவு சத்திகளின் சமவலுவியல்பு, 539
திணிவுவேகக் காப்பு, 150
திணிவு வேகம், 149
கோணத் திணிவு வேகம், 167, 169
திணிவுவேகக் காப்பு, 150
மின்திணிவு வேகம், 739
திணிவெண், 539
திணிவும் நிறையும் 15, 127, 157
திரவமில் பாரமானி, 209
திருகாணி, 123
திருகு நுண்மானி, 29–30
திரும்பற் காந்தமானி, 502, 560, 565, 566, 569–71.
அலவு, 528
ஆடி, 502
திரும்பன் முறைகள், 6
திவாரின் வெற்றுக் கலன் அல்லது குப்பி, 424, 439

தீப்பொறி, 671–2
தீப்பொறிச் செலுத்தி, 671
தீப்பொறி நிறமாலை, 364
செலுத்தி, 671

துடித்தல், 183, 261, 691
துணைக்கலம், அல்லது சேமிப்புக்கலன், 551, 554, 604, 737
துணைப்பொறிச் சில்லு, 125
துலக்கவொளி காலி வாயில், 759
துவக்கு, இலத்திரன், 764

தூண்டலுக்குரிய சுருள்கள், 665
தூண்டி, 696
புவித்தூண்டி, 680
தூண்டியவோட்டம், 665
தூண்டுதிறன், 667
தூரம்–துண்டு, 331

தெபனின் விதி, 440
தெயிற்று, P. G., 203
தெளிவுப் பார்வையினிழிவுத்தூரம், 339, 348

தையொத்தர், 56, 306, 314
தைனமோக்கள், 684–90
தைனமோமானி, 464–6
தைன், 113, 156

தொடருகின்ற அலைத்தொடர்கள், 744–750, 801
அலைத் தொடர்களின் உணர்வு, 794–808
தொடர்நிலை, சமாந்தரத் தடை, 584
தடையொப்பீடு, 642
தொடர்நிலைச் சுற்றுகை, 687
தொடர்நிலைத் தடைகள், 584
தொடுகைக் கோணம், 233
தொலைகாட்டி, 324, 345, 355–7
தொலைகாட்டியின் உருப்பெருக்கவலு, 345
தொழிற்பாட்டலகு, 113, 116, 127, 660–1
தொழிற்பாட்டலகு (அல்லது W) உவாற்று, 113, 159–60

தோமசு யங்கு, 377
தோரமல்லி
தோற்றத் தடிப்பு, 298, 299, 304

நடுநிலைப் புள்ளி, 491, 492, 493, 559
நப்பீரியன் மடக்கைகள், 111

நிக்கல்சனின் நீரடர்த்திமானி, 70
நிக்ரோம், 731–2
நியம மெழுகுதிரி, 367
நியூத்திரன், 539
நியூமன், 665, 684
நியூற்றனின் இயக்க விதிகள், 149–57
நியூற்றனின் ஒளியியலியல்பு பற்றிய கருத்துக்கள், 377
நியூற்றனின் குளிரல் விதி, 440
நியூற்றன் வளையங்கள், 379
நியூற்றனின் வளையங்கள், 379
நியூற்றன், சேர் ஐசாக்கு, 353, 377
நியூற்றன், 156
நிரம்பலாவியமுக்கம், 471
நிலைக்குத்துக் காந்தவிசை
நிலைச்சார்தளம், 84
குவியத்தளம், 313
தலைமைத்தளம், 315
நிலைத்தூரம், 11
நிலைமாற்றம், 432, 435
நிலைமின்னியல், 541
நிலைமை, 182
நிலையியலுராய்வு, 108
நிலையியல், 76
நிலையில்லாச் சேர்க்கை, 713
நிழலொளிமானி, 370
நிறமாலை, 353
நிறமாலைப் படம், 363

நிறமாலைகாட்டி, 355
நிறமாலைமானி, 355, 363
நிறம், 353, 364, 369
மெல்லிய படலங்களின் நிறம், 378
நிறுத்தல், 15, 21, 106, 272
நிறைகளைப் பற்றிய கலனம், 20
நிறைவெப்பமானி, 411
நிறையும், திணிவும், 15, 127, 156
நிலைறவேற்றம், 739

நீட்டல் விரிவுக் குணகம், 402
கனவளவு விரிவுக் குணகம், 407–9
தோற்றக் குணகம், 412 ; வாயுக்களின் குணகம், 413, 419–20
உராயவுக் குணகம், 135
நுன்றையொன்று தூண்டலின் குணகம், 670
வெப்பங் கடத்துதிறனின் குணகம், 450, 451–8
நீரடர்த்திமானி, 69–72
நீராவி, 471
ஒரு இலீற்றருகுரிய நீராவியின் திணிவு, 478
நீரின் மறைவெப்பம், 432
நீர்ச்சமவலு, 422, 439
நீராவி, 471, 478
நீர்நிலையியற்றராசு, 64–66
நீளவளவீடு, 6, 7, 13, 14, 22, 27, 34, 69
நீளவலகு, 6, 7
நீளகோட்டுருப்பெருக்கம், 350
நீள்வளையத்தின் பரப்பு, 51

நுணுக்குக் காட்டி, 32, 301, 340
நகருநுணுக்குக் காட்டி அல்லது வேணியர்
நுணுகருக் காட்டி, 33, 225, 396, 403
மைக்ரோ மானி, 32
நுணுக்குமானித் திருகாணிமானி, 30

நெம்புகோல், 89–93
நெயப்பொட்டொளிமானி, 371

நே. ஓ., நேரோட்டம், 677–9, 687
நேயன் விளக்கு, 365
நேயன் சூழாய், 768
நேயன் நேரவடி, 770
நேரமளத்தல், 6, 7, 13, 35, 192
நேரவலகு, 14
நேரயன், 646
நேரவடி, 764
நேரோட்டம், 557
நேர்கோட்டுருவம், 39
நேர்கோட்டுச் செலுத்துகை, 281
நேர்கோட்டு விரிவு, 132, 402
கனவளவு விரிவு, 407–8
திரவங்களின் விரிவு, 405
தோற்ற விரிவு, 412
வாயுக்களின் விரிவு, 412
நேர் நிரல், 673
நேர்மின்வாய், 646
நேர்வரிசையாக்கி, 356, 357, 362
நேர்வரிசையாக்கியின் செப்பஞ் செய்கை, 357, 362
நோக்கல்களின் திருத்தம், 6, 390
நோக்கு, G. R., 279

ப-பரட்டைப் பார்க்க.
பக்கவழி சுற்றிய கல்வனோமானி, 490, 627
பக்கவழி சுற்றிய மோட்டர், 691
பக்கவழி சுற்றுதல், 687
பரடே, 647
பரடேயின் பனிக்கட்டிக் குவளை, 546
பரடேயின் வளையமாற்றி, 676
பரடேயின் விதி, 665, 684
பரட்டு, 704
பரபின் மெழுகொளிமானி, 373
பரப்பளவீடு, 39
பரப்புமானி, 41
பரப்புமானிப் பூச்சியவட்டம், 46
பூச்சியவழு, 27, 31, 394
பரிவலு-தொழிற்பாட்டைப் பார்க்க
பரிவு, 246, 751
பரிவுக் குழாய், 248
பருமன் குணகம், 131
மீள்சத்திக் குணகம், 128
யங்கின் குணகம், 129, 130, 135, 136, 258
விறைப்புக் குணகம், 130, 139, 201
பல் மின்வாய் வாயில்கள், 762
பனிங்குணர்கருவி, 747–50, 754–5
பனிக்கட்டி நிலை, 391
பனிக்கட்டியின் உருகன் மறைவெப்பம், 433
பனிபடு நிலை, 471
பன்சன் சுடரடுப்பு, 435
பன்சன் ஒளிமானி, 371
பன்சன கலம், 554

பாட்டன், E. H, 246, 261
பாரமானி, 206
U-குழாய் பாரமானி, 206
திரவமில் பாரமானி, 209
போட்டின் பாரமானி 207
பாரமானி, வெப்பநிலைக்குரிய திருத்தம், 211
பார், அமுக்கவலகு, 206
சட்டவூசல், 200

பிணையிகள், 741, 742
பிரதியீட்டு முறை, 21, 34, 582–4
பிரித்தானிய அளவுகள்
நியமக் கம்பி நெய்யரி
பிரேனல், 377
பிரௌனுவர் கோடுகள், 365
பிளாக்குபேன், H, 263
பிளாக்குப்பேணினூசல், 263
பிளாங்கின் மாறிலி, 377
பிளாத்திக்குகள்
பிளெச்சினது துரொல்லி, 157
பிளெச்சரின் துரொல்லி ஆய்கருவி, 157
பிளெச்சர், W.C., 157
பிளெமிங்கின் விதிகள், 686
பிரன்லி, E, 741
பிற்ருக்கச் சுருள், 801
பின் மி. இ. வி., 650
பின்னிடைவு, 694, 765

புரோத்தன், 377, 539
புவிக் காந்த மண்டலம், 526
புவித் தூண்டி, 680

பூச்சிய முறைகள், 6

பெந்தேன் விளக்கு, 448
பெயர்ச்சி, ஒரு காவி, 76
த. இ. இ. இற் பெயர்ச்சி, 182
பயனபடு பெயர்ச்சி, 87
பெரின், 674
பெருக்கி, 786, 790

பேக்கலேற்று, 543
பேட்சு, இரேமண், T.

பொதுச் செப்பஞ் செய்கை, 345
நிறமாலைமானியின் செப்பஞ் செய்கை, 357, 362
பொய்ப் பூச்சியம், 17
பொருட் கண்ணுடி அல்லது பொருள் வில்லை, 341, 345, 346
பொறி, 115
பொறிகள், 115, 161
மின், 546
பொறிமுறை நயம், 116–7
வலுக்கள் (பொறிகளைப் பார்க்க)
வெப்பச் சமவலு, 390, 450, 459, 470
பொன்னிலை மின்காட்டி, 343, 548

போட்டன், 377
போட்டின் பாரமானி, 206
போயிலின் விதி, 203, 215, 222, 420
போயில், உருபேட்டு, 128, 215
போர், N, 539
போலின் திசைமாற்றி

பௌதிகப் பரிமாணங்கள், 57
பௌதிகமாறிலிகள்

மகினற்றைற்று, 485
மனெற்றே தைனமோ, 689
பொறி, 687
மோட்டர், 690
மங்கலொளிகாலி, வாயில்கள், 759
மடக்கைகள், 13
மடக்கை விதி, 111, 442
அட்டவணைகள், 8–10
மட்டமாக்கும் வடி, 778
மயிர்த்துளைத் தன்மை, 224

மாக்கோனி, 744
மாட்சுவெல், 670
மாட்சுவெல் இளக்கு, 6, 377, 487, 741
மாறிகள், 11
மாறியற்று, 203
மாறுநிலைக் கோணம், 296
மாற்றி, 607, 676
மாற்றியிணைப்பு, 793
மான்சின் முறை, 617, 624, 632

மிகைக் குளிர்தல், 444
மில்லியம்பியர்மானி, 572, 577
மின், 541, 542, 543
கண்ணுடி, (+), 541
குங்கிலியம், (—), 541

மின்கடத்தி, 541
மின் கடத்துகை, 545
மின் கடத்துதிறன், 620
வாயுவின் கடத்துதிறன், 675
வெப்பங் கடத்துதிறன், 450
மின்கணியம், 546
இயக்கக் கணியம், 149
மின்கலம், 375, 551, 553
தடை
துணையான, 554, 604, 737
மி. இ. வி ; மின்னியக்க விசையைப் பார்க்க
முதலான, 553
மூனைவுத்தன்மை, 551, 557, 646, 735-8
மின்கலவடுக்கு—கலனைப் பார்க்க
மின்காட்டி, 542
ஒடுக்கு மின்காட்டி, 551
மின்காந்தக் கதிர்வீசல்களைக் கண்டுபிடித்தல், 744-52, 806
மின்காந்தத் தூண்டல், 665, 668
கதிர்வீசல், 741
கொள்ளளவலகு, 704
ஓட்டம், 568
அழுத்த வித்தியாசம், 658-660, 684
தடை, 579
பொறிகள், 683
மின்காந்தம், 556-7
மின்காந்தவலைகள், 674
குறுக்கலை, 255, 701
மின் கொள்ளளவு, 549-51, 704
மின்சாவிகள், 730
மின்நிலைத்தூண்டல், 545, 547
ஒன்றையொன்று தூண்டல், 669
தற்றூண்டல், 665, 672
தூண்டற் சுருள், 670
தூண்டல், விதிகள், 665-9
மின் காந்தத் தூண்டல், 665
மின்பகு தொட்டி, கலம் அல்லது பெரும் பாத்திரம், 646
மின்பகுபொருள், 646
மின்பகுப்பு, 646
மின்வாய்கள், 646, 673
மின்விளக்கு, 367, 370
பெந்தேன்-'ஒளியளவியலைப்' பார்க்க.
மின்றூண்டி, 545
மின்னலைக் கம்பி, 743, 747, 753
மின்னலைவுகளின் பிறப்பாக்கம், 800
மின்னியக்க விசை, 554, 579, 589, 665, 670, 678, 685
ஆடல் மி.இ.வி, 672
விசைகளின் ஒப்பீடு, 592
பின் விசைகளின் ஒப்பீடு, 649
மின்னியலில் கலவை முறை, 707
வெப்பக் கலவை, 422
மின்னிரசாயனச் சமவலு, 646
ஐதரசனின் மி. இ. ச., 648
செம்பின் மி.இ.ச., 654
வெள்ளியின் மி.இ.ச., 646
மின்னேற்றம், 541-3, 548
மின்னழுத்தம், 548
மின்னோட்டம், 543, 568
வெளி, 756
மின்னொடுக்கி, 551, 549-52, 778
ஒளியியலொடுக்கி, 670-2, 696, 739
மின்பகுப்பியலொடுக்கி, 778
மின்னோட்டத்தின் காந்தத் தாக்கம், 555
அச்சு, 487, 497
உச்ச நெடுங்கோடு, 487, 497
உணர்கருவி, 743
தராசு, 515
பாயம், 665
மண்டலம், 487, 488, 557
மூனைவு, 487, 492, 505
மூலகங்கள்
வாளுக்கு நிலையங்கள்
மின்னோட்டத்தின் வெப்பவிளைவு, 658-663
மின்னோட்ட அளவீடு, 568, 608, 709
மின்னோட்டம், 553
தனி மின்னோட்டம், 711
தூண்டியவோட்டம், 665
நிரம்பலோட்டம், 758
நேர்கோட்டு மின்மண்டலம், 557
வட்ட மின்மண்டலம், 563, 568

மீ. இ. செ. அலகுகள், 14, 114, 157
மீள்சத்தி, 128, 243
மீள்சத்தியெல்லை, 128, 129
மீற்றரளவைகள், 14, 33

முடிபுகளின் பதிவுகள், 4
முதல், வழி அலகுகள், 13, 75
அலகுத்தொகுதிகள், 13
இயக்கவிசையியல் அலகுகள், 113
ஈர்ப்பலகுகள், 113
மூதற் கலம், 553, 554
மூதற் சுருள், 665-72
மும்மின்வாய் வாயில், 759, 780, 800, 803
மூரண் எதிர்மின்வாய், 675
மூரண் கணு, 248, 258
மூரண் மடக்கை அட்டவணை 759
மூறுக்குதிறன்.. " இணை " என்றதின் கீழ்ப் பார்க்க
மூனைவாக்கம், 553, 592, 721
மூனைவுத்தன்மையைச் சோதித்தல், 552, 557, 646, 719-37
மூனைவுப்போலி

மூலக அட்டவணை
மூலக்கூறு, 224, 648
மூலக்கூற்று நிறை, 420
மூவாய், 759, 772, 780, 786, 800

மெல்டியின் பரிசோதனை, 273, 701
மெழுகுதிரி-வலு, 367
மென்வாயில், 763, 765-7, 772

மேயர், J. R., 390
மேலுதைப்பு, 63-65
மேற்பரப்பிழுவிசை, 69, 73, 206, 223
மோட்டர்கள், 630-90

மைக்ரோபரட்டு, 704
மைக்ரோமானிக் கண்ணுண்டு, 32, 228, 396
திருகாணி, 29, 404
மைக்ரோ மில்லிமீற்றர் (10^{-6} மி.மீ.), 362
மைகேல் பரடே, 541, 646, 665, 686

யங்கின் குணகம், 129, 130, 131, 132, 135, 136-8
ஒரு கம்பிக்கு யங்கின் குணகம், 132
ஒரு கோலிற்கு யங்கின் குணகம், 258-9
ஒரு மூனைநெம்பிற்கு யங்கின் குணகம், 138
ஒரு வளையினது யங்கின் குணகம், 136

யார், 34

யோன் உரொபின்சன், 253

வட்டத்தின் பரப்பு, 41, 46
வட்டம், 532
வட்டவோட்டம், 563, 568
வணிகச் சங்கலவகுகள், 658
வரிச்சுருள், 556-7, 665
வருங்கதிர், 313
வெளியே, 312
வரைப்படங்கள், 11, 193, 200, 362, 395, 431, 441-3
வரைப்பட முறைகள், 5, 11, 97, 104, 291, 295, 334, 394
நிலையியல், 104
வலு. " தொழிற்பாடு " என்பதன் கீழ்ப் பார்க்க
ஒளிவீசல் வலு, 374
வலு, நிறை, 127
வலுவளவு, 646-8
வலுவேலையின் இணைப்புயங்கள், 616
குவியங்கள், 309, 317, 334-6
வழுக்கிக் கம்பிப்பாலம், 618, 623
வழுக்கிச்சட்டம், 10
வளிமண்டலம், 203
தனியலகுகளில் வளிமண்டலவமுக்கம், 203-6, 213
நியம வளிமண்டலம், 206
வளிமண்டலத்தில் நீராவி, 471, 478
வளியின் விரிவு, 412
வளி வெப்பமானி, 415
வளைக்குரிய யங்கின் குணகம், 136
வளைவினுரை, 52, 54, 55, 305, 322, 323
ஆடி, 305
சூழிப்பாரை, 167
வளைவு, 57, 306, 308
அலைமுகத்தின் வளைவு, 313
வளைவளவீடு, 55, 306, 308, 311, 324
வளைவாரை, 52, 54, 305, 306, 307, 311, 312, 321, 323, 324, 332, 337
வற்கனேற்று, 541
வன், மென்வாயில், 763, 765-7, 772
வன் வாயில்கள், 763
வாங்கும் சுற்றுகள், 751-5
வாயிலின் நெய்யரி, 759
நெய்யரி இணைப்பொடுக்கி, 800-2
நெய்யரிச் சாருகை, 761-3
நெய்யரிச் சுற்று, 798
நெய்யரியழுத்தம், 761
நெய்யரியோட்டம், 761, 783

வாயில்களில் அயனுக்க விளைவுகள், 766
வாயுக்களில் அயனுக்கம், 766, 768
வாயுக்களின் விரிவியல்பு, 203
வாயுக்கள், 203, 413
வாயுக்களின் மின்கடத்துதிறன், 674
வாயுக்களின் விரிகை, 413, 420
வாயு மாறிலி, 420
வாயு மாறிலி, R, 420
வாளி, 741

விகாரச் சத்தி, 145
விகாரம், 128
விசை, 76, 79, 104, 113, 149
த. இ. இ. இல் விசை, 185
விசைத்திருப்புதிறன், 88
விசையலகு, 113, 150
விசை இணைகரம், 77, 82
காவியிணைகரம், 76
விசைகளின் சேர்க்கை, 76
இசையதிர்வுகளின் சேர்க்கை, 261
காவிகளின் சேர்க்கை, 76
விசைச் சேர்க்கை, 78–87
சமாந்தர விசைகள், 94
விசைமுக்கோணம், 78, 83
விசையாள், சில்லின் சடத்துவ திருப்புதிறன், 170–7
விசை விகிதம், 116
வேகவிகிதம், 116–8
விட்டவளவீடு, 69, 226
விம்பவெளி,
பொருள்
விரிவுக் குணகம், 405
விரிவுமானி, 412
விலகல், 292
இழிவுவிலகல், 293, 294, 353, 359, 442
வில்லளவுகோடிடல், 143
அலையும் வில், 190
விற்சத்தி, 145
விற்றராசு, 145
வில்லியம் சுவான், 374
வில்லின் அம்பு, 55, 524
வில்லைகளின் உருப்பெருக்க வலு, 339
நுணுக்குக் காட்டி, 32, 341
வில்லைகள், 312, 324, 409
ஒருங்கு வில்லைகள், 312, 334
விரிவில்லைகள் (குவிய நீளத்தை நோக்குக), 312
வில்லையின் முறிவுக் குணகம், 328
வில்லையெறியம், 350
விளைவு, 76
விளைவு முனைவுகள், 500
விறைத்த பொருளின் சுழற்சி, 88–9, 166, 169
ஆடியின் சுழற்சி, 285
விறைப்புக் குணகம், 129, 138, 139, 201
வினைத்திறன், 115, 117, 118
மின் விளக்கின் வினைத்திறன், 663
மோட்டரின் வினைத்திறன், 691

வீச்சம், 182, 185

வெட்டுத்தொடுவிசை, 130, 139
வெப்பக் கொள்ளளவு, 422
வெப்பங்கடத்துதிறன், 450
வெப்பத்தின் இயக்கவிசையியற்சமவலு, 390 460, 470
வெப்பநிலைச் சாய்வுவிகிதம், 450
வெப்பநிலை மாறல் விகிதம், 450
வெப்பநிலையளவுத்திட்டப் பூச்சியம், 393
தனிப்பூச்சியம், 420
வெப்பநிலையளவுத்திட்டம், 390–1, 420

வெப்பமானியியல், 390, 391, 392
வெப்பமானியின் அளவுகோடிடல், 396, 398
வெப்பமானியின் அளவுகோடு திருத்துகை, 396
இரசங்கொண்ட கண்ணாடி வெப்பமானி, 391
ஈரக்குமிழீரமில் குமிழ்வெப்பமானி, 476
எழுந்தமானமான அளவுத்திட்டமுள்ள வெப்பமானி, 398
ஐதரசன் வெப்பமானி, 391
கலவளவுமாறு வெப்பமானி, 391–415
நிறை வெப்பமானி, 411
பிளாற்றினம் வெப்பமானி, 775
வெப்பமானியின் நிலைத்த புள்ளிகள், 392
வெப்பமானியின் நிலையான புள்ளிகள், 393
வெப்பமின்னியல், 609
வெப்பவடக்கு, 609
வெப்பவயனியல், 756
வெப்பவயனேட்டம், 756
ஓட்டத்தின் வெப்பவிளைவு, 658
ஓட்டவலகு, 568, 647, 709
வெப்பவிணை, 609, 610, 611
வெளிப்படையுண்மை, 281
வெள்ளியின் மின்னிரசாயனச்சமவலு 647
வெற்றிடக்குழாய் 365, 673–6, 757–67
வெற்றிடவாக்கம், 38
வேகம், 149, 154, 155
ஒலிவேகம், 243, 246, 249, 252
ஒளிவேகம்
குறுக்கலைவேகம், 266
கோணவேகம், 167, 169, 172, 175
வேகவளர்ச்சி, 76, 113, 150, 154, 156, 158–60, 169
ஈர்ப்பினாலான வேகவளர்ச்சி, 113, 156, 158, 164, 192, 193–6, 199–201
கோண வேகவளர்ச்சி, 169
வேகவிகிதம், 116–8
வேனியரிடுக்கிமானி, 27
வேனியர் நுணுக்குக்காட்டி, 32
வேனியர் நுணுக்குக்காட்டியின் தத்துவம், 23
வேனியர், P, 23
வேலை அல்லது சத்தி, 10, 14, 86, 115, 144 459
இணையாற் செய்யப்பெறும் வேலை, 461–3
வேலையலகு, 14, 113, 144
வேலையும் வெப்பமும், 459
வேலையை அளத்தல், 86, 143–7, 166 –169, 658–60
வேலைசெய்யும் வீதம். "தொழிற்பாடு" என்பதன் கீழ்ப் பார்க்க
வேற்றுமைச் சில்லுமச்சாணியும், 121

