இடைநிலைப் பௌதிகவியல்

சிமித்

மூன்றும் பாகம்

ஒளியியல்

அரசகரும மொழித் திணைக்கள வெளியீட்டுப் பிரிவுப் பிரசாரம்

ஒளியியல்

கணிதம் அறியாதவன் வேறு விஞ்ஞானம் எதனையும் அறிதல் இயலாது. அன்றியும் தன்னுளிருக்கும் அறியாமையைக் கண்டுணரவோ, அதற்குத் தகுந்த நிவாரணம் தேடவோ அவனுல் இயலாது.

உரோசர் பேக்கன்.

இடைநிலைப் பௌதிகவியல்

ஆக்கியவர்

C. J. சிமிது

Ph. D., M.Sc., A. R. C. S., F. Inst. P.

இலண்டன் பல்கலைக்கழகத்து உரோயல் ஒலோவேய்க் கல்லூரிப் பௌதிக ஆய்கூடப் பணிப்பாளரும், முதுபெரும் பௌதிக விரிவுரையாளரும்

பாகம் III

ஒளியியல்

அரசகரும மொழித் திணைக்கள வெளியீட்டுப் பிரிவினருக்காக இலங்கை அரசாங்க அச்சகத்திற் பதிப்பிக்கப்பட்டது.

தமிழாக்கம்

முதற் பதிப்பு 1964

பதிப்புரிமை பெற்றது

INTERMEDIATE PHYSICS

by

C. J. SMITH

Part III—Acoustics

Copyright by

Edward Arnold (Publishers) Ltd.

Translated and Published in Ceylon

by arrangement with

Messrs. Edward Arnold (Publishers) Ltd., London.

லண்டன் வரைவுற்ற எட்வேட் ஆணல்ட் (பிரசுரிப்பாளர்) இசைவுடன் அரசகரும மொழித் தினைக்கள வெளியீட்டுப் பிரிவினரால் வெளியிடப்பெற்றது.

நூன்முகம்

இடைநிலைப் பௌதிகவியற் பாடத்திட்டத்தைத் தழுவி, சிமிதால் எழுதப் பட்ட இந்நூலானது அவரால் ஐந்து பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அந்த ஐந்து பாகங்களுள் இது மூன்றும் பாகத்தைக் கொண்டுள்ளதாகும். இப்பாகம் ஒளியின் இயல்புகளை எடுத்துக் கூறுவதாகும். சகல பாகங் களும் ஒன்று சேர்க்கப்பட்டு அச்சிடப்படின் இப்புத்தகம் மாணவர்களுக்கும் ஆசிரியர்களுக்கும் வெகு சிரமத்தைக் கொடுக்குமென நினைத்து இம்மாதிரி யான சிறிய பாகங்களாக இதனை அச்சிட்டு வெளியிடுகிறோம்.

தமிழ் மூலம் பல்கலைக்கழகப் புகுமுகத் தேர்வுக்குத் தோற்றும் மாண வருக்கும் பல்கலைக்கழக இடைநிலை வகுப்பு மாணவருக்கும் இந்நூல் பெரிதும் பயன்படும்.

நந்ததேவ விசயசேகர,
ஆணையாளர்.

அரசகரும மொழித் திணைக்களம்,
(வெளியீட்டுப் பிரிவு)
த. பெ. 520,
5, த பொன்சேகா வீதி
கொழும்பு 5.

DEPARTMENTAL PREFACE

This book which has been written by Mr. C. J. Smith covering the syllabus of the Intermediate Examination has been divided by him into five parts. This book which contains the third of those five parts deals with light. If all the five parts are printed into one volume, it is feared that the book would be too bulky and unwiedly for the students and teachers.

It is felt that this book would be very useful to those students preparing for the University Entrance Examination and the Intermediate Examinations of the University.

N. D. WIJESEKERA,
Commissioner.

5, De Fonseka Road,
Colombo 5.

முகவுரை

பற்பல பல்கலைக் கழகங்களின் இடைநிலை, உயர்நிலை, புலமைப்பரிசில் தேர்வுகட்குமுரிய பௌதிகவியற் பாடத்திட்டப் பகுதிகள் முழுவதையும் கொண்டுள்ள தொரு நூலாக இதனை ஆக்க முயற்சி செய்யப்பட்டுள்ளது. அதே சமயத்தில், இலண்டன் பி. எசு. சி. (பொதுத்) தேர்வில் பௌதிகவியல் மூன்றும் பகுதிக்குத் தேவையானவை யாவும் இந்நூலில் ஏறத்தாழ அடங்கியிருக்கின்றன. நூலாசிரியருக்கு நல்லதென்று தெரிந்தவையே இந்நூலில் இடம்பெறுகின்றன; எனவே சில ஆசிரியர்களுக்கு இதையிட்டுக் கருத்து வேற்றுமைகள் இருக்கலாம். எனினும் ஆரம்பப் பௌதிகவியலின் முக்கிய கோட்பாடுகள் இந்நூலின்கண் பொதிந்திருத்தலால், மாணவர் இந்நூலின் துணைகொண்டு இத்துறையிலும் மற்றத்துறைகளிலும் விரிவான அறிவைப் பெறுவார்களென்பதிற் சந்தேகமில்லை. மாணவர் பெற்றிருக்கும் கணிதவறிவிற்கேற்ப அவர்கட்கு அறிவு புகட்டி, எடுத்துக் கொண்ட பொருளை நிறைவுறச் செய்வதற்காகவே நூலாசிரியர் நுண்கணிதக் குறியீட்டையும் ஓரிரு சந்தர்ப்பங்களில் நுண்கணிதத்தின் திறனையான, வடிவான முறைகளையும் நூலில் இடமுள்ள வரைக்கும் தயங்காது கையாண்டுள்ளார். இவ்வாறுக, மாணவர்தம் வாழ்க்கையின் முற்பகுதியில், பௌதிகவியற் குறிக்கோள்களை நன்கு மதித்தற்கும் பௌதிகவியலிற் பட்டக் கல்வி பயிலுமுன்புந் தேவையான அறிவைப் பெறுவார்களென எண்ணப்படுகிறது. பாடத்தின் உயர்தரப் பகுதிகளைக் கடுமுயற்சியின்றிப் பயிலும் மாணவர்கள் இத்தகைய அறிவை ஆரம்பத்திலேயே பெற்றிருத்தல் வேண்டுமென்பது ஆசிரியரின் திடமான நம்பிக்கையாகும்.

நூலாசிரியர் இம்மூன்றும் பதிப்பை வெளியிடும்போது பின்வரும் மூன்று குறிக்கோள்களையும் மனத்திற் கொண்டுள்ளார். அவையாவன, (அ) பாடத்தின் கூடியவளவு ஆரம்பப் பகுதிகளையும் வழக்கமாக முதன் முறை பயிலுமிடத்துக் கடினமாகத் தோற்றும் பகுதிகளையும் விவரமாக விளக்குதல்; (ஆ) புலமைப் பரிசிற்றேர்விற்குத் தோற்றுபவர்க்கும் இத்துறையில் ஆழ்ந்த அறிவு பெற விரும்புவோர்க்குமுரிய பௌதிகவியற் பகுதிபற்றி விளக்கங் கொடுத்தல்; (இ) பரிமாணப்படி திருத்தமான சமன்பாடுகளைக் கையாளவும் வரைவிலக்கணங் கூறவும் முயலுதல். உயர்நிலைத் திட்டத்திற்கு அப்பாற்பட்ட இந்நூற் பகுதிகள் சிற்றச்செழுத்துக்களாக அச்சிடப்பெற்றுள்ளன. இவற்றை முதல் வாசிப்பின்போது தவிர்க்கவேண்டும்.

முதலாம் பகுதியில் சடப்பொருளின தன்மைகள் பற்றிப் பொதுவாகக் கூறப்பெற்றுளது. அதில் திரவத்தினுள்ளே மூலக்கூறுகளின் நிகழ்ச்சிகள் பற்றிய கருத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு மேற்பரப்பிழுவிசைபற்றிய

பாடம் கையாளப்பெற்றுளது. பரப்புச் சத்தியும் இக்கருத்தையே அடிப் படையாகக் கொண்டது. டரவல், சவ்வூடுபரவல், மீள்சத்தி பற்றி விவர மாகக் கையாளப்பெற்றுளது. பரிமாணக் கொள்கையும் அதன் பிரயோகம் பற்றிய உதாரணங்களும் பற்றிய சிறு விளக்கமுஞ் சேர்க்கப்பெற்றுளது.

இரண்டாம் பகுதியில் வெப்பவியலின் ஆரம்பப் பகுதிகளே விளக்கப் பெற்றுள்ளன. இதன்கண், வெப்பவியக்கவிசையிற் குறிப்புகளைப் பெறுதற் குரிய செம்மையான தற்கால முறைகள் பற்றிச் சுருக்கமாக விளக்கப் பெற்றுளது. குறிப்பாக, உறுதிப்பாய்ச்சற் கலோரியளவியலின் அடிப்படைத் தத்துவங்களை விரிவுபடுத்தி, கலோரியளவியல் முறைகளைக் கொண்டு ஆவியாக்கலின் மறைவெப்பமும் வெப்பங்கடத்துதிறனும் தீர்மானிக்கப் பெறும். நூலின் பகுதிகள் யாவற்றிலும் ஒருதன்மையைப் பேணுதற் பொருட்டு, தன் வெப்பம் பற்றிக் கூறுமுன் வெப்பக் கொள்ளளவு பற்றிக் கூறப்பெற்றுளது. எனவே தன்வெப்பமானது அலகுத் திணிவின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவாகு மென்பது புலப்படுகின்றது. அ–து அலகுத் தொகுதியொன்றின் பரிமாணம் கலோரி. கி.–1. பாகை –1 C ஆகும். வெப்பவியலிலுள்ள சமன்பாடுகள் யாவற்றின் பரிமாணங்களும் திருத்தமாக விருக்குமாதலால் இது விரும்பப்படுகின்றது. வெப்பங் கடத்துதிறன் பற்றிய அத்தியாயம் விரிவாகவுள்ளது. எனவே, வெவ் வேறு நிபந்தனைகளின் கீழ் வெப்பஞ் செல்லும் சட்டங்களில் வெப்பநிலைப் பரம்பல் பற்றிய குறிப்பு ஈண்டு நோக்கத்தக்கது. தற்காலக் காவல் முறைகளும் திரவங்களுக்கு இவற்றின் பிரயோகங்களும் பற்றி சுருக்கமாகக் கூறப்பெற்றுளது. முதலாம் வெப்பவியக்கவிசை விதி பற்றிய அத்தியா யத்தில் அதன் வரலாற்றுமுறை வளர்ச்சி பற்றிக் கூறுமிடத்தில் இயக்கப் பண்புக் கொள்கை பற்றிய அத்தியாயமொன்று புதிதாகச் சேர்க்கப் பெற்றுளது. தற்காலத்தில் கதிர்வசல் பற்றிய துறையில் தர்க்க ரீதியாக நல்ல முன்னேற்றம் ஏற்பட்டுள்ளமையால் இத்துறை பற்றிய அத்தியாயத் தின் சில பகுதிகள் மீளவெழுதப்பெற்றுள்ளன. வீசுகதிர்ச்சத்தி உறிஞ்சலிலோ காலலிலோ மட்டுந் தங்கிய முறைகளையும் ஒருங்கே கதிர்வீசல், கடத்தல், உடன்காவுகை என்பவற்றுடன் சம்பந்தப்பட்ட முறை களையும் தெளிவாகப் பிரித்தறிய முயற்சி செய்யப்பட்டுள்ளது. தூண்டிய, இயல்பான மேற்காவுகைகளையும் உயர்வெப்பநிலை அளவீட்டு முறைகளையும் பற்றி விவரமாக கலந்தாயப் பெற்றுளது. மேலும், நியூற்றனின் குளிரல் விதியின் உறுதிப்பாட்டிலே குளிரல் முறை தங்கியிருக்கவில்லை யாதலின் வழக்கமாகக் குளிரல் விதியின் பின்னே கூறப்பெறுகின்ற, தன்வெப்பத்தைத் தீர்மானித்தல் பற்றிய விளக்கம் கலோரியளவியல் அத்தியாயத்திற் கூறப்பெற்றுளது.

மூன்றும் பகுதியில் ஒளியியல் பற்றிக் கூறப்பெற்றுளது. இதன் கண் ஒளியியற்றொகுதியொன்றினூடாகக் கதிர்வறைதல்பற்றிய கோட்பாடு கள் தெளிவாக விளக்கப்பெற்றுள. ஏனெனில், இவற்றைக் கவனமாக வரைந்தே ஒளியியற்கருவிகள் பற்றிய ஆரம்பக் கோட்பாடுகளை முழுமையாக

அறியலாம். உருப்பெருக்கம் பற்றி ஆராய்கையில், உருப்பெருக்கம் பற்றிய எந்தச் சூத்திரமும் நேர்க் கருத்தையே கொண்டிருக்குமாறு இது ஓர் எண்கணியமாகக் கருதப்பெற்றது. இவை வழக்கமாக X போன்றனவற்றுற் குறிக்கப்பெறும். மாணவருக்கு இத்தகைய முறையே கடினம் குறைந்த தாகத் தோற்றுகிறது. ஒளியியற் கருவிகள் பற்றிய அத்தியாயத்தில் மாற்றமேதும் ஏற்படுத்தப்பெறவில்லையாயினும் ஒளியியல் விம்பக் குற்றங் கள் பற்றிய ஓர் அத்தியாயம் சேர்க்கப்பெற்றுளது. ஒளியளவியலிற் கென்றே ஓர் அத்தியாயமுள்ளது. அதன்கண் ஒளிமின்கலத்தின் சில பிரயோகங்கள் விளக்கப்பெற்றுள்ளன. தலையீடு, கோணல், முனைவாக்கம் என்பன பற்றி மேலும் விவரமாகக் கூறப்பெற்றுளது. இவற்றின் கொள்கைகள் இரண்டு புள்ளிகட்கிடையேயுள்ள அலையெண்ணிக்கையின் மீதன்றி அவற்றிற்கிடையேயான கடப்பு நேரமீது சம்பந்தப்பட்ட கருத்துக் களிலே தங்குமாறு ஆராயப்பெற்றுள.

நான்காம் பகுதியில் ஒளியியல் பற்றி நன்கு ஆயப்பெற்றுளது. இப் பிரிவு தற்காலத்திற்கேற்ப தர்க்கரீதியாகக் கையாளப்பெற்று ஆறு அத்தி யாயங்களாக மீளவெழுதப்பெற்றுளது. இப்பகுதியில் வாயிலாற்பேணப் படும் இசைக் கலவையையும் எதிர்மின்வாய்க்கதிரலைவுகாட்டியின் பயனையும் பற்றிய சிறு குறிப்புக்கள் சேர்க்கப்பெற்றுள்ளன.

ஐந்தாம் பகுதியில் காந்தவியல், மின்னியல் என்பன பற்றி விரிவாகக் கூறப்பெற்றுளது. நிலைமின்னியல்பற்றிய குறிப்புடன் ஆரம்பிக்கும் இப்பகுதியில், சமவியல்புள்ள மின்கோடுபுகுவூடங்கள் பற்றிய அத்தியாய மொன்றும் சேர்க்கப்பெற்றுளது. இதில் "மின்பெயர்ச்சி" பற்றிய கருத்து விரிவுபடுத்தப்பெற்றுளது. இதனைத் தொடர்ந்து வாயுக்களின் தன் கொள்ளளவுத்திறன் பற்றிய நியைபின் ஆராய்ச்சி பற்றிச் சிறு குறிப்பொன்றுளது. பின்பு கோசின் தோற்றமும் அதன் பிரயோகமும் ஆயப்பெற்றுள்ளன. தற்காலத்திற்கேற்ப நிலைமின்கருவிகள் முழுமையாக விளக்கப்பெற்றுள்ளன. இவற்றைத் தொடர்ந்து காந்தவியல் பற்றிய பிரிவுள்ளது. இங்கு, நிலைமின்னியலிற்போல, "மண்டலச் செறிவு" என்பதிலும் பார்க்க "மண்டலத்திறன்" எனும் சொற்றொடர் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றது. இப்போது – எனுங் குறியீடு காந்தப்புலத் திறனைக் குறிப்பதலால் புவிக்காந்தப்புலக் கிடைக் கூற்றைக் குறிக்க –, போன்ற வேறு குறியீட்டைத் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும். இப்பிரிவில், சுசுத்தரின் காந்தமானியினது தொடக்கவமைப்பையும் காந்த மூலகங்களில் ஏற்படும் மாறல்களைத் தொடர்ச்சியாகப் பதியக் கையாளப்பெறும் கருவி களையும் பற்றிச் சுருக்கமாகக் குறிப்பிடப்பெற்றுளது. ஓட்டமின்னியல் பற்றிய முதல் அத்தியாயத்தின் தொடக்கவுரையில், உராய்வினால் உண்டாக்கப்பெறும் மின்னிற்கும் உவோற்றுமின்னிற்கும் இடையேயான தொடர்பு ஆராயப்பெற்றுளது. எதிர்வரும் அத்தியாயங்களில், பல மாற்றங்கள் செய்யப்பெற்றுள்ளன. அவற்றில், ஓட்டம், தடை என்பன

வற்றை அளத்தற்குரிய திருத்தமான முறைகள் நன்கு விளக்கப் பெற்றுள்ளன. இவ்வடிப்படைக் கருத்துக்களைக் கொண்டு, சிறுதடைகளையும் சிற்றழுத்த வித்தியாசங்களையும் தீர்மானிக்கலாம். மின்னளவீட்டுக் கருவி அமைப்புக் கோட்பாடுகள் பற்றி மேற்கொண்டுங் கூடிய சிரத்தை எடுக்கப்பெற்றுளது. இரும்பினதும் உருக்கினதும் இயல்புகள் பற்றிய அத்தியாயம் பெருப்பிக்கப்பெற்று, பரகாந்த, அபரகாந்தப் பொருட்களைப் பற்றிய சுருக்கக் குறிப்பொன்றும் சேர்க்கப்பெற்றுள்ளது. மின் காந்தத் தூண்டல் பற்றிய அத்தியாயம் முழுமையாக மீளவர்யப்பெற்றுளது. இங்கு, நூலின் ஏனைய பகுதிகளைப் போல, பரடேயின் தொடக்க ஆராய்ச்சியைப் படிப்படியாகப் பின்பற்றி வரலாற்று மெய்மைகள் வற்புறுத்தப் பெற்றுளன. (அ) தொடக்க மண்டலம், (ஆ) தூண்டிய வோட்டம் என்பவைற்றின் காரணமாகவுள்ள காந்தத்தூண்டற் கோடுகளைக் காட்டும் புதிய விளக்கப்படங்கள் பல தரப்பெற்றுள்ளன. இறுதி அத்தியாயத்தில் அணுவின் கதை பற்றிய தற்கால ஆராய்ச்சி பற்றிக் குறிப்பிடப்பெற்றுளது. தேர்வின் தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்யும் வண்ணமும் இலத்திரன்களின் முக்கியத்துவத்தையும் தினசரி வாழ்வில் அணுச் சத்தியின் பயன்களையும் விளக்கும் வண்ணமும் இவ்வத்தியாயம் பெருப்பித்து மீளவெழுதப் பெற்றுள்ளது. அனேகமாக எல்லாவிடங்களிலும் ஏற்றங்கள் நீலமின் னலகுகளிலும் காந்தப்புலங்கள் மின்காந்த வலகுகளிலுங் கூறப்பெற்றுளமையால், வேண்டிய மாற்றற் காரணி பலசமன்பாடுகளிலே தென்படுகிறது. பிரச்சினைகளைத் தீர்க்குமிடத்து அலகுகளைச் சரியாகத் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டுமென்பதை இது நினைவுபடுத்துகின்றது. கடந்த சிலகாலமாக, எளிதாக விளங்கிக் கொள்ளக்கூடியதெனக் கொள்ளப்படும் அலகுத் தொகுதியொன்றையே கையாள நாடுகின்றனர். கற்பிப்பதற்கு இத்தகைய தொகுதி உகந்ததன்றென நூலாசிரியரும் வேறு சிலரும் நீலநாட்டி வந்துள்ளனர். இத்தொகுதியை நாடிய பலர் இப்போது இதன்குறைபாடுகளை அறிந்துள்ளனர். இறுதியாக, அணுப் பௌதிகவியல் பற்றிக் கூறுமிடத்து, இது எவ்வளவு முக்கியம்வாய்ந்த தெனினும் இது இந் நிலையில், பௌதிகவியலின் அடிப்படைப் பகுதியிலிருந்து மாணவரின் கவனத்தைத் திருப்பாதென எண்ணப்படுகிறது.

கையாண்ட முறை முதற் பதிப்புக்களிற் போல, பரிசோதனை வாயிலானது இந்நூலிலுள்ள பல வரைப்படங்களும் எண் பயிற்சிகளும் அனுபவ வாயிலானவை. எனினும் கடினமான, பரிசோதனைகளைத் தவிர்ந்த ஏனைய விடங்களில், மாணவர் தாமாகவே செய்யவேண்டிய பரிசோதனைகளின் செய்முறை விவரங்கள் பற்றிக் குறிப்பிட முயற்சி செய்யப்படவில்லை. பல விடங்களில், பரிசோதனைவாயிலான அனுபவங்களை விளக்கும் வரைப்பட முறைகள் தெரிவிக்கப்பெற்றுள்ளன ; இத்தகைய முறைகள் விரும்பத்தக்கவை.

அப்பியாசங்களின் எண்ணிக்கை கணிசமான அளவு கூட்டப்பெற்றும், மிகவுந் தொடக்க நிலையிலான சுவையற்ற பல அப்பியாசங்கள் நீக்கப் பெற்றுமுள்ளன. பௌதிகவியலின் எத்துறையிலும் எண் தீர்வுகளைத் தீர்க்கும் முறை மாணவர்க்குக் கட்டாயம் தெரிந்திருக்க வேண்டும். இதில் இவர்கட்குதவ விடைகள் தரப்பெற்றுள்ளன. எவ்வளவுதான் கவனமாக விருப்பினும் ஆசிரியனுக்குத் தெரியாமலே பிழைகள் நூலில் நுழைந்து விடுகின்றன என்பதைப் பலகால அனுபவவாயிலாக ஆசிரியர் அறிவார் எனினும் குறிப்பிட்ட இச்சந்தர்ப்பத்தில் அத்தகைய பிழைகள் சிலதான் இருக்கமுடியுமென ஆசிரியர் துணிகிறார். இது எண் தரவுகளைச் சூத்திரத்திற் பிரதியிட்டு விடையை மட்டும் காண்பதையே நோக்கமாகக் கொண்ட மாணவர்க்குப் பெரும் ஏமாற்றமாகும்.

நூலின் பகுதிகள் யாவற்றிலும் விளக்கப்படங்கள் பலவுள்ளன. இவை பொதுவாக வெட்டுமுகவடிவிலுள்ளன. இவை நூலின் பொருளை நன்கு விளங்கவைக்குமென்பதிற் சந்தேகமில்லை. தேவையான இடங்களில் மீளப் பதித்தற்கு இவை உகந்தவை. மூலப்படங்களிற் பல என் சகோதரரான படைப்பகுதித் தலைவர் L. G. சிமித்து, C. B. E., என்பவரின் பரும்படிப் படங்களிலிருந்து ஆக்கப்பெற்றவை. அவருக்கு என் மனமார்ந்த நன்றி உரித்தாகும். மதிப்புவாய்ந்த கருத்துக்கள் தெரிவித்துவரும் D. ஒசன் உவுட்டு, M.Sc., J. நிக்கல், B.A., B.Sc., என்போர்க்கு நூலாசிரியரின் நன்றி உரித்தாகும். இந்நூலின்கண் உள்ள பிழைகளையும் தவறுகளையும் வெளிப்படுத்தியவர்களில் திருவாளர்கள் பேராசிரியர் K. L. நரசிம்மன், A. D. மசிடொனல்டு, M. A., W. E. பேட்சு, M. A., என்போர் குறிப்பிடத்தக்கோராவர். இவர்கட்கும் பேராசிரியர் சேர் சாலிசு, V. போயிசு, F.R.S., பேராசிரியர் A. பேகசன், D.Sc., பேராசிரியர் L. F. கேற்சு, D.Sc., கலாநிதி J. H. பிறிங்கேத்து, கலாநிதி H.J.T. எலின்கம் ஆகியோர்க்கும், தலையீட்டு விளிம்புகளின் இடங்காணல் பற்றி ஆராய்ந்துதவிய தொலன்சிகி, F.R.S, அவர்கட்கும், முன்னைய பதிப்புக்கள் பற்றிக் கருத்துக்கள் தெரிவித்தும் அறிவுரை பகர்ந்துமுதவிய கலாநிதி D. ஓவின், செல்வி J. திலென், M.A., J. W. இறீட்டு, M.Sc., செல்வி U அந்துருசு, Phd., கலாநிதி E. G. சுவாட்டு, தோமசு மக்கியூ என்போர்க்கும் என் நன்றி உரித்தாகும். இறுதியாக, இப்பதிப்பை விரைவாக வெளியிட பற்பலவழிகளிலும் உதவிய நூலாசிரியரின் மனைவிக்கும் (செல்வி H.F. தேலர்) ஆசிரியர்தம் நன்றி உரித்தாகும்.

உரோயல் உலோவேய்க் கல்லூரி,
எங்கிள்பீல்டு கிறீன், சறே,
எப்பிரல் 1957.

நன்றியறிவிப்பு

பொருத்தமான நூற்பகுதிகளையும் விளக்கப்படங்களையும் பயன்படுத்த அனுமதியளித்த பின்வரும் விஞ்ஞானக் கழகங்களுக்கும் வெளியிடுவோர்க்கும் இந்நூலாசிரியர் தம் நன்றியைத் தெரிவித்துக் கொள்கிறார் :—

பௌதிகக் கழகம்—உருவம் 4.18.

இரசாயனப் பொறியியல் வல்லுநர் நிலையம்—உருவம் 16.09.

உலோன்மன்சு, கிறீன் வரைவுற்ற கம்பனி—உருவம் 12.05.

வெப்பவியலில் 'கரும் பொருட் கதிர்வீசல்' பற்றிய பந்தி பேராசிரியர் அந்திரோட்டு F. R. S. என்பார் எழுதிய "இயற்கையின் பொறி நுட்பம்" எனும் நூலிலுள்ளது. இதனை மீளவெளியிட இப்பேராசிரியரும்—G. பெல் மக்கள் (வரைவுற்ற குழுவினர்) என்னும் வெளியீட்டாளரும் அனுமதியளித்துள்ளனர்.

வெப்பவியலிலுள்ள ஈரவுலர்குமிழ்மானி அட்டவணை சைலிடு என்பாரின் "பௌதிக் மாறிலிகள்" எனும் நூலிலுள்ளது. இதனை மீளவெளியிட மெதியூன் வரைவுற்ற கம்பனி அனுமதியளித்துளது.

நியமத்தடைச் சுருள்கள் பற்றிக் கேம்பிரல் சகோதரர்கள் வரைவுற்ற கம்பனி குறிப்புகள் தந்துள்ளது.

பதிகுற்றிகளைத் தந்துதவிய பின்வருவோர்க்கும் ஆசிரியரின் நன்றி உரித்தாகும் :—

பெட்டு தத்லொக்கார் வரைவுற்ற குழுவினர்—உருவம் 2.07.

சீமன் மின்விளக்கு விநியோகக் கம்பனி (வரைவுள்ளது) உருவம் 46.07 ஐ மீளவெளியிட அனுமதித்தது.

நெகிரெற்றி சம்பிரார் குழுவினர் 51.18 ஆம், 51.19 ஆம் உருவங்களையும் அவற்றைப் பற்றிய விபரங்களையும் தந்துள்ளனர்.

"முன்னேற்றம்—யூனிலிவர் சஞ்சிகையின்" ஆசிரியர் அச்சஞ்சிகையில் வெளியிடப்பெற்ற, கலாநிதி R. தோமசு என்பாரின் "புளோரொளிர்வு வெளுப்பிக்குங் கருவிகள்" பற்றிய கட்டுரையிலிருந்து குறிப்புகள் திரட்ட அனுமதித்துள்ளார். திரட்டிய இப்பகுதிகளை கலாநிதி தோமசு அவர்களே மீளவாய்ந்துள்ளார்.

E. S. கோணேல், M.Sc., அவர்களின் "செந்நிறக்கீழ்க் கதிர்வீசல் வரலாறு" பற்றிய ஆராய்ச்சிக் கட்டுரையிலிருந்து குறிப்புகள் திரட்ட கோணேல் அவர்களும், இலண்டன் பல்கலைக்கழக ஆட்சிக்குழுவினரும் அனுமதித்துள்ளனர்.

தம் தேர்வுகளில் விஞ்ஞவப்பெற்ற விஞ்க்களைக் கையாள அனுமதியளித்த பின்வருந் தேர்வுச் சபைகட்கும் நூலாசிரியரின் நன்றி உரித்தாகும் :—

இலண்டன் பல்கலைக்கழக ஆட்சிக்குழு (L)

பிரித்தல் பல்கலைக்கழகம் (B)

மஞ்செசுத்தர், இலிவர்ப்பூல், இலீட்சு, செபீல்சு, பேமிங்காம் பல்கலைக் கழகங்களின் கூட்டுப் பல்கலைக்கழகப் புகுமுகத் தேர்வுச் சபை (N)

(L, B, N. என்ற எழுத்துக்கள் அப்பியாசங்களில் விஞ்ஞவின் தோற்றிடத்தைக் குறிக்கப் பயன்படுத்தப்பெற்றுள்ளன. அன்றியும், இடைநிலையை I உம், பொ. க. சா. தேர்வில் உயர்நிலையை A, உம், புலமைப் பரிசிற்றரத்தை S உம் குறிக்கின்றன).

பொருளடக்கம்

பாகம் III

ஒளியியல்

அத்தியாயம்		பக்கம்
18	பொது முன்னுரையும் தளப்பரப்புகளிலே ஒளித்தெறிப்பும்	1
19	கோளப்பரப்பிலே ஒளித்தெறிப்பு	16
20	தளப்பரப்புகளிலே முறிவு	29
21	வளைவான பரப்புகளிலே ஒளி முறிவு–மெல்லிய வில்லைகள்	65
22	ஆடிகளினதும் வில்லைகளினதும் ஒளியியல் ஒருமைகளின் செய்முறைத் தீர்மானம்	90
23	திருசியங்களும் தொடர்பான தோற்றப்பாடுகளும் ..	114
24	அச்சயலில்லாக் கதிர்களும் கற்றைகளும். ஒளியியல் விம்பங்களிற் சில குறைகள்	168
25	உடற்கூற்றொளியியல்	198
26	எளிய ஒளியியற்கருவிகளின் ஆரம்பக் கொள்கை ..	225
27	ஒளியளவியல்	271
28	ஒளியின் வேகம்	308
29	ஒளியின் காலற்கொள்கையும் அலைக்கொள்கையும் ..	320
30	ஒளியலைகளின் தலையீடும் கோணலும் ..	333
31	முனைவாக்கிய ஒளி	381
	அப்பியாசங்கட்கு விடைகள் ..	411
	அட்டவணை	415

மூன்றும் பாகம்

ஒளியியல்

அத்தியாயம் 18

பொது முன்னுரை—தளப்பரப்புக்களிலே ஒளியின் தெறிப்பு

ஒளியின் இயல்பையும் பண்பையும் பற்றிய ஆராய்ச்சிகளை முதலிற் செய்தவர்கள் முற்காலத்து எகிப்தியரென்றே ஊகிக்கப்படுகின்றது. இவர்களுடைய வேலையைக் கிரேக்கர் தொடர்ந்து செய்தனர். கி.மு. 580 ஆம் ஆண்டிலே **பைதகரசும்** (Pythagcras) அவருடைய சீடர்களுமாகிய முன்னூட் பௌதிக அறிஞர்கள் கண்ணானது அட்டபாதமொன்றைத் தூண்டியதெனக் கருதினர். கண்ணிலிருந்து எறியப்படுவனவாகக் கருதப்பட்ட இப்பரிசக் கொம்புகள் ஒரு பொருளைப்பிடித்து ஒளிரச்செய்தன. கி.மு. 510 ஆம் ஆண்டிலே **திமோக்கிறித்தசு** (Democritus) என்பவர் இதற்கு நேர்மாறான எண்ணத்தை வைத்திருந்தார். அவருடைய எண்ணத்தின்படி கண்ணின் விழித்திரையில் உண்டாக்கப்பட்ட படிவங்கள் பொருளிலிருந்து காலப்பட்ட ஏதாவதொன்றிலிருந்து எழுந்தனவாம். கி.மு. 430 ஆம் ஆண்டிலே **பிளேற்றோ**வென்பவர் (Plato) இரு கொள்கைகளையுஞ் சேர்க்கத் தெண்டித்தார். கண்ணிலிருந்தும் பொருளிலிருந்துஞ் சுரப்பனவற்றின் மோதுகையினலுண்டாக்கப்பட்ட ஒரு தோற்றப்பாடென ஒளியை இவர் கருதினர். **பிளேற்றோ**வும் அவருடைய சீடர்களும் ஒளியின் அடிப்படைவிதிகளைக் கூறினரெனத் நம்பப்படுகின்றது. அவையாவன, ஒளியானது நேர்க்கோடுகளிலே செல்லுகின்றதென்பதும், ஆடியொன்றிலிருந்து தெறிக்கும்போது படுகோணம் தெறிகோணத்திற்குச் சமமென்பதுமேயாம். கி.மு. ஏறத்தாழ 287 ஆம் ஆண்டிலே வாழ்ந்தவரும் " பௌதிகத்தின் பிதா " என அழைக்கப்படுபவருமான **ஆக்கிமிடி**சென்பவர் திறமையுடன் பரிசோதனைகள் செய்தவராவர். கி.மு. 212 இலே **உரோமர் சிறக்கூசைத்** தாக்கியபோது நங்கூரமிட்டுநின்ற எதிரிகளின் கப்பல்களை எரிப்பதற்காக இப்பண்டைக்காலத் தத்துவஞானி பாரியவாடிகளை அமைத்தாரென்று சொல்லப்படுகின்றது. கி.பி. 100 ஆம் ஆண்டுவரையில் ஒளிபுகவிடும் ஊடகங்களின் எல்லையில் ஒளியானது செல்லும்போது வளைவதைப்பற்றிய அறிவு **தொலமி**யென்பவருக்கு (Ptolemy) இருந்தது. அதிலிருந்து இவ்வறிவின் வளர்ச்சி குறைவாகவே இருந்தது. எனினும், 1214 இலே இங்கிலாந்து தேசத்தவராகிய **உரோசர் பேக்கன்** (Roger Bacon) என்பவர் ஒளியியலிற் சிரத்தை உடையராயிருந்தாரென்பதையும், எரிகண்ணாடிகளாகிய வில்லைகளினதும் ஆடிகளினதும் அவருடைய அறிவு தெளிவாயிருந்ததென்பதையும் அறிய

எமக்கு ஆவலாயிருத்தல்கூடும். இதன்பின் 1473 இலே **கோப்பேணிக்கசும்** (Copernicus), 1564 இலே **கலிலியோவும்** (Galileo), 1571 இலே **கெப்பிளரும்** (Kepler) தோற்றினர்கள். இவர்களிடையே ஒளியின் இயல்பு தெளிவாகத் தொடங்கியது. **கலிலியோ** தொலேநோக்கியைக் கண்டுபிடித்ததுடன் ஒளியியலறிவுக்குரிய பல உதவிகளையுஞ் செய்தார்.

சேர் ஐசாக்கு நியூற்றன் (1642 – 1727) ஒளியியலேப்பற்றிய பல ஆராய்ச்சிகளேச் செய்தார். வெள்ளொளியானது பல்லினமானதென வெகுசீக்கிரத்திலேயே இவர் காட்டியுள்ளார். ஒளிக்கற்றையொன்றைச் சிறுதுணிக்கைகளின் சுவடாக இவர் கருதினர். இது விழித்திரையிற் பட்டதும் பார்வையென்று சொல்லப்படும் உணர்ச்சியைத் தூண்டியது. சடப்பொருளேக்கொண்ட எல்லாப் பொருள்களும் ஒன்றையொன்று கவருகின்றனவென்று **நியூற்றன்** காட்டியுள்ளார். எனவே, ஒளியின் இச்சிறுதுணிக்கைகள் ஒளிபுகவிடும் ஊடகமொன்றினூற் கவரப்பட்டனவென்று அவர் கருதியது இயல்பேயாம். இக்கவர்ச்சியே முறிவின் காரணமெனவுங் கருதப்பட்டது. ஒளியின் தெறிப்பை விளக்குதற்காக "வலிப்புக்கொள்கை" எனப்படும் அவருடைய கொள்கையை உருவாக்கினர். இக்கொள்கையின்படி சிறுதுணிக்கைகளிற்சில ஊடகத்தினூற் கவரப்பட்டும் சில தள்ளப்பட்டுமுள்ளன.

பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்திலே **யங்கும், பிரசினெலும்** (Young and Fresnel) ஒளியின் அலேக்கொள்கையை அறிமுகஞ்செய்தனர். இக்கொள்கையானது உண்மைப் பரிசோதனையினூல் நிலேநாட்டப்பட்டது. இவர்கள் ஒளியானது மூலேகளில் மடங்குமெனக் காட்டி, ஒளியானது அலேகளைக் கொண்டதாயின் இதனே விளக்கமுடியுமென்றுங்காட்டினர். இதற்குப்பின் **மாட்சுவெல், கெல்வின்** ஆகியோரும் இன்னும் பலரும் அலேக்கொள்கையை உருவாக்கினர். அலேக்கொள்கைதானு ஒளியின் இயல்பைப்பற்றிய கடைசியான உண்மையென்பதைப்பற்றி இன்னுந் தெரியாது. இப்போது பல கொள்கைகளுள்ளன. ஆயின் அவற்றைப்பற்றி இந்நூலிலே ஆராய முடியாது.

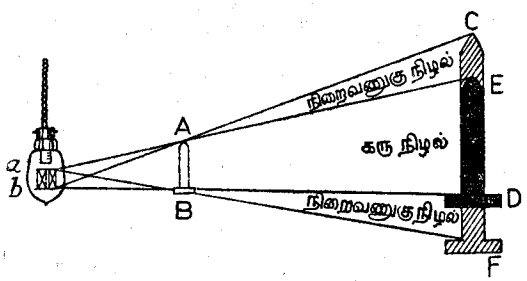
ஈதரும் ஒளியலேகளும்.—ஒளியின் அலேக்கொள்கையிலே காணப்படும் பொருளானது ஒளியலேகளின் முதலிடமாகும். இவ்வலேகளேச் செலுத்த ஏதாவது ஊடகந்தேவையெனக் கருதப்படுகின்றது. வளியானது செலுத்தற் கருவியன்றென்பது வெளிப்படை. எனெனில், விண்மீன்களுக்கிடையே சடப்பொருளில்லேயெனக்கருதப் போதிய நியாயமிருப்பினும் அவை எமது கண்களுக்குப் புலனுகின்றனவன்றே ! எங்கும்நிறைந்த ஊடகமாகிய ஈதர் என்பது ஒளிருஞ்சத்தியைக் காவும் பொறுப்பை உடையதென **யங்கென்பவர்** கருதினர். ஒளியலேகள், குளமொன்றிற் கல்லொன்று எறியப்பட்டவுடன் பரப்பிற் பரவுகின்ற அலேகளேப் போன்றனவாம். அலேகள் செல்லும் போது நீரிலே மிதந்திருக்குஞ் சிறியபொருள்கள் மேலுங்கீழும் மட்டும் இயங்குகின்றன. அலேகள் முன்னேக்கிச் சென்றபோதிலும் பொருள்கள் முன்னேக்கிக் கொண்டுசெல்லப் படுவதில்லே.

எந்தச் சிறிய பொருளின்மேலும் ஒளியலேகள் படும்போது ஒளி சிதறுகின்றது. இருட்டறையிலே ஏதாவது சிறிய தூளேயொன்றினூடு செல்லுகின்ற சூரியவொளிக்கற்றையொன்று அதன் பாதையிலுள்ள சிறிய துணிக்கைகளின்மேற் கட்புலனுகாது. இத்தூசித்துணிக்கைகளின்மேல் விழுகின்ற ஒளி சிதறுவதனுல் அவை கட்புலனுகி ஒளிக்கற்றையின் பாதையைக்குறிக்கின்றன. துருவுவிளக்கொன்றிலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றையானது கட்புலனுகாதபோதிலும், ஆகாயவிமானம் அல்லதுதூரக்கப்பல் போன்ற பொருளொன்று கற்றையினுள்ளே வரும்போது அப்பொருள் துலக்கமாக ஒளிரப்படுகின்றது. ஏதாவதொரு பொருளிற்பட்டாலன்றி ஒளிக்கற்றையொன்று கட்புலனுகாதென்று இவ்வகையான தோற்றப்பாடுகள் காட்டுகின்றன.

ஒளிக்கதிர்களும் கதிர்க்கற்றைகளும்.—ஒளிச்சத்தி செல்லுகின்ற வழியே, **கதிர்** எனப்படும். ஒளியானது மிகச்சிறிய அலேகளேக் கொண்டுள்ளதாதலின், உண்மையான பௌதிகநிலே கதிர்களுக்கில்லே. ஆயினும், எமது கணித்தல்களே இலகுவாக்குகின்றதாதலின் கதிரைப்பற்றிய இக்கொள்கை உபயோகமானதே. கதிர்களேப்பற்றிய இப்பாடத்தின்பகுதி **கேத்திரகணிதவொளியியல்** எனப்படும். அலேயியக்கம் கருதப்படுகின்ற **பௌதிகவொளியிய**லிலிருந்து இது வேறு படுத்தப்படும். ஆயினும், கேத்திரகணிதவொளியியலின்படி பெறப்பட்ட ஒரு பேறு உண்மையாய் இருக்கவேண்டியது அவசியமன்று என்பதைக் கவனத்துடன் குறித்துக் கொள்ளல்வேண்டும். அதே பேறு பௌதிகவொளியியலிலிருந்து பெறப்பட்டாலன்றி அப்பேறு சந்தேகத்துக்குரியதாகவே கருதப்படல் வேண்டும். கதிர்களின் கட்டொன்று முதலிடத்திலிருந்து புறப்பட்டுக் குறித்த திசையொன்றிற் செல்லுமாயின் அக்கட்டானது பொதுவாக **ஒளிக்கற்றை** எனப்படும். முதலிடத்திலிருந்து புறப்பட்டு ஒளிக்கதிர்கள் விரிந்து செல்ல முயலுமாயின் அக்கற்றை **விரிகற்றை** எனப்படும். கதிர்கள் ஒரு புள்ளியினூடு செல்ல முயலுமாயின் அது **ஒருங்குகற்றை** எனப்படும். கதிர்கள் சமாந்தரமாகவேயிருப்பின் அக்கற்றை **சமாந்தரக்கற்றை** எனப்படும்.

ஒளியினது நேர்கோட்டுச் செலுத்துகை.—ஒருதன்மைத்தான ஊடகமொன்றிலே ஒளிக்கதிர்கள் நேர்கோட்டிற் செல்லுகின்றன என்பதே கேத்திரகணிதவொளியியலறிவின் அத்திவாரமாகும். ஒளியானது நேர்கோட்டிற்செல்லுகின்றது என்பதைக் காட்டப் பின்வரும் பரிசோதனே செய்யப்படலாம். (உலோகத் தாள்களாகிய) மூன்று திரைகள் ஒவ்வொன்றிலும் சிறிய தூளேயொன்றிடப்பட்டு ஒளியின் முதலிடத்துக்கும் கண்ணுக்குமிடையே வைக்கப்பட்டால், தூளேகளெல்லாம் ஒரே நேர்கோட்டிலிருக்கும் போதே முதலிடங் கட்புலனுகின்றது. திரைகளுள் ஏதாவதொன்று சிறிது இடம்பெயர முதலிடங் கட்புலனுகாது. ஒளியலேகள் "மூலேகளேச்சுற்றி வளேகின்றனவென்று" பின்பு படிப்போம். ஆனுல், அலேநீளங்கள் மிகக் குறுகியனவாதலின் வளேவினளவு சிறிதாகவே, ஏறத்தாழப் பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் முடிவுமட்டும் இவ்வினேவுகள் அவதானிக்கப்படவில்லே.

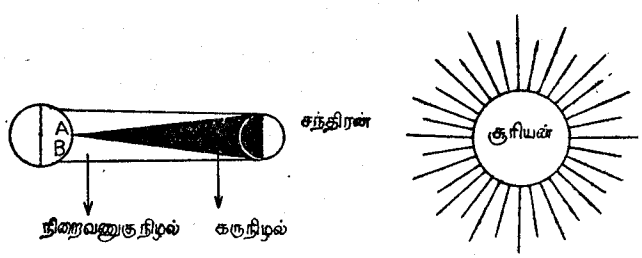
நிழல்கள்.— நிழல்களினமைவு ஒளியானது நேர்கோடுகளிற் செல்லுகின்றன என்ற உண்மையின் இயல்பான விளைவேயாகும். பொயின்றலேற்று விளக்கொன்று பல அங்குல விட்டமுள்ள நிலைக்குத்தான பித்தளைக் குழாயிலிருந்து சிறிது தூரத்துக்கப்பால் வைக்கப்பட்டால், இக்குழாயிலிருந்து சிறிது தூரத்துக்கப்பால் வைக்கப்பட்ட திரையொன்றிலே தெளிவான நிழலொன்றைக் காணலாம். ஒளியின் இவ்வகையான பல புள்ளிமுதலிடங்கள் உபயோகிக்கப்பட்டால் ஒவ்வொன்றுந் தெளிவான நிழலொன்றைப் படியவிடும். பொயின்றலேற்று விளக்கானது சாதாரண உலோகவிழை விளக்கினாற் பிரதியிடப்பட்டால், உருவம் 18.01 இல் *ab*, இழையிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் ஒரு நிழலைப் படியவைக்கின்றது. இதன் பயனாகப் பொருளின் பல நிழல்கள் உண்டாகின்றன.



உருவம் 18.01.—நிழலுண்டாதல்.

இவை ஒன்றின்மேலொன்று பொருந்துதலுங் கூடும். நேராக ஒளியெதும்படாத கறுப்புப்பாகமாகிய ED, **கருநிழல்** எனப்படும். **நிறைவணுகுநிழல்** உண்டாகும் இடத்திலே முதலிடத்தின் சில பாகங்களிலிருந்து திரையானது ஒளியை ஏற்றுக்கொள்வதினால் இப்பாகங்களாகிய CE, FD குறையாக ஒளிரப்படுகின்றன. நிறைவணுகுநிழலுக்கப்பாலுள்ள பாகத்திலே திரையானது முழுவதும் ஒளிரப்படுகின்றது.

கிரகணங்கள்.—சந்திரன் அல்லது பூமியினால் நிழலுண்டாவதன் விளைவுகளே சூரிய, சந்திர கிரகணங்களாம். இவற்றிற்குரிய ஒளியின் முதலிடம் சூரியனாகும். வெளியினூடு அதன் பயணத்தின்போது சந்திரனானது சூரியனுக்கும் பூமிக்குமிடையே ஒரு நிலையிலியங்கும்போது சூரியனிலிருந்து



உருவம் 18.02.—சூரியகிரகணம்.

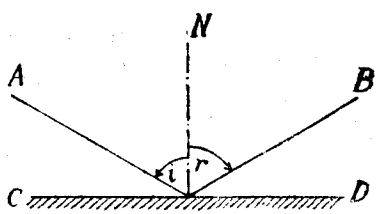
பூமியில் விழும் சூரியவொளியின் பாகமொன்று தடைப்படுவதனாற் சூரிய கிரகணம் உண்டாகின்றது. சூரிய கிரகணத்தின்போது உள்ள நிலைபரத்தை 18.02 ஆம் உருவம் காட்டுகின்றது. அவதானிப்பவர் கருநிழலாகிய A இலிருக்கும்போது முழுக்கிரகணத்தைக் காணுகின்றார். நிறைவணுகுநிழல் B இலிருக்கும்போது குறைக்கிரகணமொன்றின் தோற்றப்பாடு காணப்படும்.

சந்திரனே ஒளிரச்செய்கின்ற சூரியவொளியைத் தடுக்கும் நிலையிலே பூமியானது வரும்போது சந்திர கிரகணம் உண்டாகின்றது.

ஒளியின் தெறிப்பு.—ஒளியானது எதாவது பொருளொன்றிற் பட்டபின்பு அதன் சரித்திரம் பொருளினதும் பரப்பினதும் இயல்பிலே தங்கியிருக்கின்றது. ஒளியினொருபகுதி, முன்பாகவே அது சென்றுகொண்டிருந்த ஊடகத்தினுட் திருப்பி அனுப்பப்படுகின்றது. அதாவது, அது **தெறிக்கப்படுகின்றது.** மிச்சப்பாகம் பொருளினுள்ளேயே சென்று அப்பொருள் **ஒளிபுகாததாயிருப்பின்** அதனாலுறிஞ்சப்படுகின்றது. அப்பொருள் **ஒளிபுகவிடுகின்றதாயின்** ஒளியின் இப்பாகம் அதனூடு செலுத்தப்படுகின்றது. பொருளானது அதனூடு ஒளியைச்செலுத்தக்கூடியதாய், ஆனால் அதனூடு தெளிவாய்க் காணப்பட முடியாதிருப்பின், அப்பொருள் **ஒளிக்கசிவு** உடையதெனப்படும்.

தெறித்தவொளி செலுத்தப்படுந் திசையானது தெறிப்புவிதிகளினாற் தீர்மானிக்கப்படும். பரப்பானது சிறிய பல பட்டங்களைக் கொண்டதாயின் ஒவ்வொரு பட்டத்திலும் விழும் ஒளியானது இவ்விதிகளுக்கமையத் தெறிக்கின்றது. பட்டங்கள் சுயாதீனமாகப் பல திசைகளிலும் இருக்கக்கூடுமாதலின் தெறித்த கதிர்கள் எல்லாத் திசைகளிலுஞ்சென்று தெளிவான விம்பத்தைக் கொடுப்பதில்லை. இதன் தொடர்பிலே **உவுடென்** பவர் கவர்ச்சிக்குரிய பரிசோதனையொன்றை விவரித்துள்ளார். சுவாலை ஒன்றின்மேல் விரைவாகச் செலுத்தப்பட்டுப் புகைபடியவிடப்பட்ட தளவாடித்துண்டொன்று ஒளியை நன்குருத் தெறிக்காது. ஆயினும், ஒளி, கண்ணாடி, கண், இவைமூன்றும் ஏறத்தாழ ஒரேதளத்தில் இருக்குமாறு ஒளிமுதலிடத்துக்கும் கண்ணுக்குமிடையே கண்ணாடி வைக்கப்பட்டால், அப்போது முதலிடத்தின் செவ்விம்பமொன்று காணப்படும். இந்நிலை எவ்வளவுக்கு அண்மையாக அடையப்படுகின்றதோ, அவ்வளவுக்கு விம்பமானது கூடிய துலக்கமாகவும் வெண்மையாகவும் காணப்படும்.

தெறிப்பு விதிகள்.— CD என்பது துலக்கியவுலோகத்தின் தளத்தாளொன்றைக் குறிக்கின்றதெனக் கொள்க, உருவம் 18.03. [வெள்ளிப் பூச்சிடப்பட்ட ஆடியிலே கண்ணாடியின் தடிப்பு சிக்கலான ஒளியல்பாதலின், இது கண்ணாடியிலுஞ் சிறந்ததாகும்].



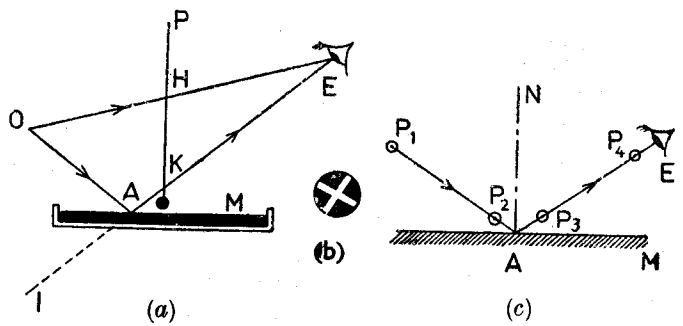
உருவம் 18.03. தளப்பரப்பிலே ஒளியின் தெறிப்பு.

AO என்பது ஆடிநோக்கிச்செல்லும் ஒளிக்கதிரெனவும், OB ஆனது தெறித்த கதிரெனவுங் கொள்க. எனின், AO படுகதிராகும். OB தெறித்த கதிராகும். ON என்பது O இலே CD இற்குச் செங்குத்துக்கோடு (அதாவது பரப்புக்குச் செங்குத்தான கோடு) எனக் கொள்க. எனின், $\hat{AON}$ படுகோணமெனவும், $\hat{NOB}$ தெறிகோணமெனவுஞ் சொல்லப்படும். தெறிப்பு விதிகளாவன .—

(அ) படுகதிர் தெறிகதிர், படுபுள்ளியில் ஆடிக்குச் செங்குத்துக்கோடு என்பன ஒரே தளத்திலுள்ளன.

(ஆ) படுகோணமும் தெறிகோணமும் ஒன்றுக்கொன்று சமம்.

ஒளிக்கதிர்களின் தெறிப்புவிதிகளைப் பரிசோதனைமூலஞ் சரிபார்த்தல்.— 18.04 (*a*) உருவத்தில் வரிப்படமூலங் காட்டப்பட்டுள்ள ஆய்கருவியைக் கொண்டு தெறிப்பின் முதலாவது விதியைச் சரிபார்க்கலாம். M என்பது



உருவம் 18.04.—ஒளியின் தெறிப்புவிதிகளைப் பரிசோதனைமூலஞ் சரிபார்த்தல்.

இரசத்தின் அல்லது கறுப்புமையின் ஒரு தட்டைக் குழியாகும். இது உண்மையான கிடைத்தளத்தில் வைக்கப்பட்டு ஆடியாகத் தொழிற்படுகின்றது. PHK என்பது காட்டியபடி தொங்கவிடப்பட்ட ஒரு குண்டு நூலாகும். ஒய்ந்திருக்கும்போது இது நிலைக்குத்தாகக் கீழ்நோக்கித் தொங்கிக்கொண்டிருக்கும். O என்பது ஆடியின் மட்டத்திற்கு மேலேயுள்ள சிறியவொரு பொருள். பொருளானது வெள்ளைக் காகிதமட்டையிலே கறுப்புக்கோடுகளிரண்டின் வெட்டுப்புள்ளியாகவேனும், ஒளிபுகா அடியொன்றிலே துலக்கமான சிலுவையடையாளத்தின் மத்தியபுள்ளியாகவேனும் இருக்கலாம். சிலுவையடையாளம் பொருத்தமான வகையில் ஒளிரப்படுதல்வேண்டும். உருவம் 18.04 (*b*) ஐப் பார்க்க. தெறிப்பினாலுண்டான விம்பம் I ஆனது கண்ணையுங் குண்டுநூலையுங்கொண்ட

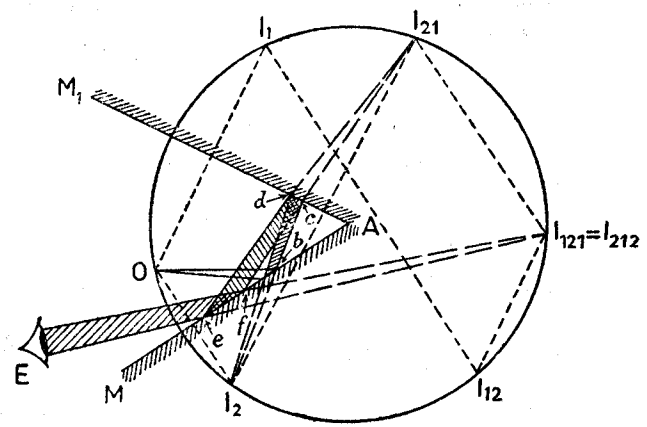
நிலைக்களத்திலிருக்குமாறு கண் E வைக்கப்படும். O உம் இதேதளத்திலிருக்கக் காணப்படும். எனவே, முதலாவது விதி சரியெனப்பார்த்தாய்விட்டது. [குண்டுநூலிலிருந்து ஆகக்குறைந்தது மூன்றடிதூரத்தில் அவதானிப்பவர் இருக்கவேண்டுமென்பதும், O என்பது இக்கோட்டினண்மையிலிருந்து கோடும், O, I புள்ளிகளும் ஒரேநேரத்தில் அவதானிப்பவராற் குவித்துப் பார்க்கப்படவேண்டுமென்பதும், அவதானிக்கப்பட வேண்டியதாகும்.]

ஆடி M ஆனது,—நன்முகத் துலக்கிய உலோகத்துண்டொன்று விரும்பத்தகுந்தது—அது நிற்குங் காகிதத்துண்டிற்குச் செங்குத்தான தளத்திலே வைக்கப்பட்டு, தெறித்தலின் இரண்டாவது விதி சரிபார்க்கப்படலாம். உருவம் 18.04 (*c*) ஐப்பார்க்க. கதிரொன்றை வரையறுப்பதற்காகக் குண்டூசிகள் P_1, P_2 வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வகையான குண்டூசிகளின் சோடிகளெல்லாம் ஒன்றுக்கொன்று ஆகக்குறைந்தது 10 ச.மீ. தூரத்திலிருத்தல்வேண்டும். ஒவ்வொரு சோடியிலும் ஒரூசி, தெறித்தல் பரப்பின் அண்மையில் இருத்தல்வேண்டும். இவ்வாறிருந்தாற்றான் கதிரானது திருத்தமாய்க் குறிக்கப்படலாம். தெறித்தலினாலுண்டாக்கப்படும் இக்குண்டூசிகளின் விம்பங்கள் அவதானிக்கப்பட்டு நான்கு குண்டூசிகளும் ஒரே நேர்கோட்டிற் காணப்படக்கூடியதாகக் குண்டூசிகள் P_3, P_4 வைக்கப்படுதல்வேண்டும். இதன்பின்பு P_1P_2, P_3P_4 கதிர்கள் வரையப்படும். இக்கதிர்கள் ஆடியின் பரப்பிலே வெட்டக் காணப்படும். இப்புள்ளியிலே ஆடிக்குச் செங்குத்துக்கோடு வரையப்பட்டால் படுகோணத்தையுந் தெறிகோணத்தையும் அளந்து $(i-r)$ இற்குரிய பெறுமானமொன்று கணிக்கப்படலாம். கதிர்ச்சோடிகள் பலவற்றிற்கு இது செய்யப்பட்டால் $\Sigma(i-r)\to 0$ எனக் காணப்படும். அதாவது பரிசோதனைக்குரிய வழுக்களுக்கு இடம்விட்டு $i=r$ என நிலைநாட்டப்பட்டது.

சாயாடிகள்.— தளவாடிகளிரண்டு ஒன்றுக்கொன்று சாய்ந்திருக்கும்போது அவற்றினிடையே வைக்கப்பட்ட பொருளொன்று இரண்டு ஆடிகளிலும் விம்பங்களை உண்டாக்குகின்றது. இவ்விம்பங்கள் வேறு விம்பங்களை உண்டாக்குதல் கூடும். திருப்பித் தெறித்ததன் பயனான புதிய விம்பங்களின் தொகை ஆடிகளினிடையேயுள்ள கோணத்திலே தங்கியிருக்கின்றது. ஒரு சந்தர்ப்பத்தைமட்டும் இங்கு கருதுவோம்.

ஒன்றுக்கொன்று 60° இற் சாய்ந்துள்ள தளவாடிகளிரண்டை 18.05 ஆம் உருவங் காட்டுகின்றது. I_1, I_2 உருவங்கள் ஒவ்வோராடியிலும் ஒரு தெறிப்பினால் முறையே உண்டாக்கப்பட்ட விம்பங்கள். இவ்விம்பங்களிலிருந்து வரும் ஒளியானது மீண்டும் இரண்டு விம்பங்களை உண்டாக்கு

கின்றது. இவை I_{12}, I_{21} என்பனவாம். ஒளியானது திரும்பவும் ஆடிகளிலிருந்து தெறிக்கப்படுவதினால் கடைசியாக உண்டாக்கப்படும் விம்பங்களாகிய I_{121}, I_{212} ஒன்றோடொன்று பொருந்திவிடுகின்றன.



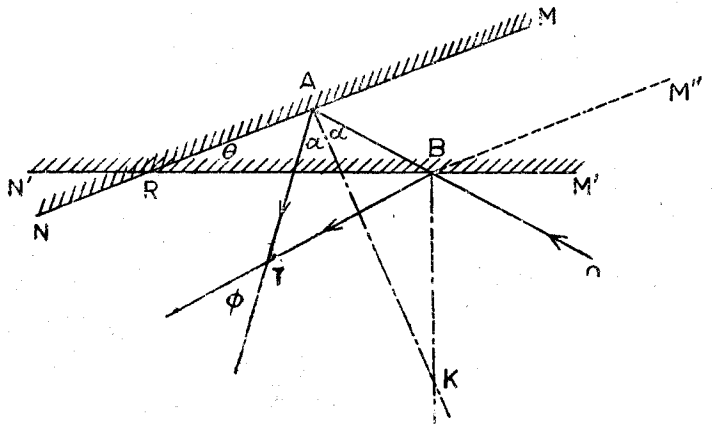
உருவம் 18.05.—60° இற் சாய்ந்துள்ள ஆடிகளினால் உண்டாக்கப்படும் பல விம்பங்கள்.

I_{212} என்று சொல்லப்படும் உருவத்தை உண்டாக்குவதற்கான கதிர்களின் கூம்பை வரைவதற்குக் கண்ணானது வசதியான ஒரு நிலையில் வைக்கப்படுதல்வேண்டும். விம்பத்திலிருந்து விரிகின்ற ஒளிக்கதிர்கள் உண்மையிற் கண்ணையடையும்போதே விம்பத்தை நாங்காணக்கூடியதாயிருக்கின்றது என்பதை மறந்துவிடக்கூடாது. எனவே, கூம்பு I_{212} E வரையப்படும். இது M_2 ஐ முறையே *e* இலும் *f* இலும் வெட்டும். எனவே, M_2 இலே தெறித்தபின்பு கண்ணையடையுங் கதிர்களே **Eef** குறிக்கின்றது. விம்பம் I_{212} ஆனது M_2 இலே I_{21} இன் தெறிப்பினால் எழுகின்றது. எனவே, கூம்பு *ed* I_{21}*cf* வரையப்பட்டதும் *cdef* பாகமானது M_2 இலே தெறித்தலின்பின் கடைசியாக I_{212} ஐ உண்டாக்குங் கதிர்களைக் குறிக்கின்றது. இப்போது I_{21} என்பது I_2 இன் விம்பமாகும். எனவே, மேலே கூறியதுபோல ***abcd*** கற்றையிலுள்ள கதிர்களே கடைசியாக I_{212} ஐ உண்டாக்குவனவாம். *a*, *b*, புள்ளிகளே **O** இனூடு இணைத்துக்கதிர்களின் முழுக்கூம்பையும் பெறமுடியும்.

ஆடிகளின் வெட்டுப்புள்ளியாகிய **A** ஐ மையமாகக்கொண்ட வட்டமொன்றிலே விம்பங்களெல்லாம் உள்ளனவென்பது அவதானிக்கப்படல் வேண்டும். இத்துடன், இரண்டு ஆடிகளினதும் பிற்புறத்தில் இருக்கக் கூடியதாக விம்பம் அமைந்தபின்பு மீண்டுந் தெறித்தல் நிகழாதென்பதும் அவதானிக்கப்படல் வேண்டும்.

தளவாடியொன்றின் சுழற்சியினால் கதிரொன்றின் தெறிப்பு.—ஒளியியலமைப்பொன்றைக்கொண்டு சிறிய சுழற்சியொன்றை அளக்கவேண்டுமாயின், ஆடியொன்று θ கோணத்தினூடு சுழற்றப்பட்டால், தெறிகதிர் 2θ கோணத்தினூடு சுழற்றப்படும் என்ற உண்மை உபயோகிக்கப்படும். இதன் தொடர்பிற் படுகதிர் ஆடியின் சுழற்சியின் முன்பும் பின்பும் ஒரே பாதையிற் செல்லல்வேண்டும்.

OA என்பது, உருவம் 18.06, **A** இலே தளவாடி **MN** இன்மேற் படும் ஒளிக்கதிரெனக் கொள்க. தெறிகதிரை **AT** எனக்கொள்க. **M′N′** நிலைக்கு ஆடியானது கோணம் θ இனூடு சுழற்றப்பட்டதெனவுங் கொள்க.



உருவம் 18.06.—சுழலுந் தளவாடியிலிருந்து தெறிப்பு.

இப்போது படுகதிர் ஆடியை **B** இற் சந்திக்கத் தெறிகதிர் **BT** ஆகின்றது. **AK** உம் **BK** உம் முறையே **A** இலும் **B** இலுமுள்ள நிலைக்குத்துக் கோடுகளெனக் கொள்க. **B** இனூடு **BM″** ஐ **NM** இற்குச் சமாந்தரமாக வரைக. இப்போது,

$$\hat{M'BO} = \hat{M''BO} - \hat{M''BM'} = \hat{MAO} - \hat{M''BM'}$$
$$= (90° - \alpha) - \theta.$$

இங்கு α உம் θ உம் குறிக்கப்பட்ட கோணங்களாம். எனவே, படுகோண முந் தெறிகோணமுஞ் சமமாதலின்,

$$\hat{N'BT} = 90° - \alpha - \theta.$$

இத்துடன் $$\hat{ABR} = \hat{M'BO}.$$

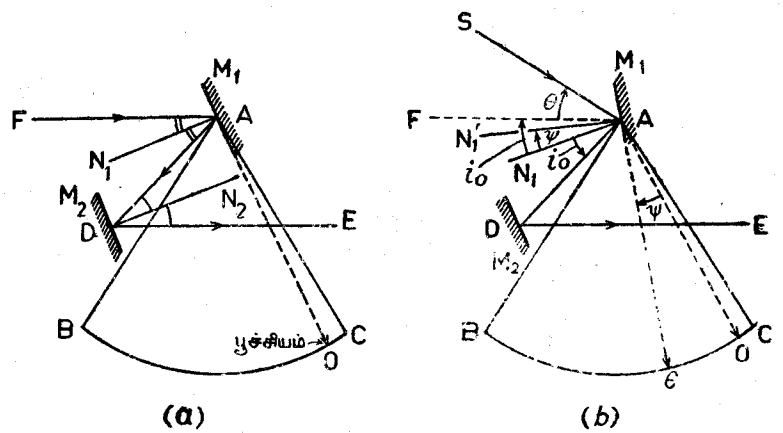
ஒளிக்கற்றை சுழலுங்கோணத்தை ϕ எனக்கொள்க. இப்போது, ஒரு முக்கோணத்தின் கோணங்களின் கூட்டுத்தொகை 180° ஆதலின்,

$$\phi = 180° - \alpha - \alpha - (90° - \alpha - \theta) - (90° - \alpha - \theta)$$
$$= 2\theta.$$

எனவே, கதிர் சுழலுங்கோணம் ஆடி சுழலுங்கோணத்தின் இருமடங்காகும்.

இத்தொடர்பைப் பரிசோதனைமூலஞ் சரிபார்க்கவேண்டுமாயின், ϕ இற்கும் θ இற்குமுரிய ஒத்த பெறுமானங்களைத் தொடர்ச்சியாய்ப் பெற்று ஒவ்வொரு சோடிப் பெறுமானத்திற்கும் $\phi - 2\theta$ கணிக்கப்படல் வேண்டும். $\Sigma(\phi - 2\theta) \to 0$ ஆயின், பரிசோதனை வழுக்களின் எல்லைகளுக்கமைய, $\phi = 2\theta$ என்ற முடிவுக்கு வரலாம்.

சட்டிமம்.—குறித்தவொரு நேரத்திலே விண்மீனொன்றின் உயரக் கோணத்தை அளந்து மாலுமிகள் தமது அகலக்கோட்டை அறிந்து கொள்வதற்காக, 1731 இலே அட்டிலியென்பவரினால் (Hadley) இக் கருவி உருவாக்கப்பட்டது. பொருள்களின் இயக்கம் அல்லது சாதாரண கருவிகளிலே உறுதியற்ற நிலையை உண்டாக்கும் எந்தச் சந்தர்ப்பமும், அவதானங்களைச் சிக்கலாக்க அல்லது உறுதியற்றனவாக்க முயலும்போது உபயோகிப்பதற்காகவே இக்கருவி அமைக்கப்பட்டதென அவர் எழுதியுள்ளார். அளவையிலே இது தியோடலைற்றின் இடத்தை எடுக்கின்றது. கோணப்பிரிவு அளக்கப்பட வேண்டிய புள்ளிகளிரண்டின் விம்பங்களும் ஒரே நேரத்திற் பார்வை மண்டலத்திலுள்ளனவென்பதே இக்கருவியின் விசேட அம்சமாகும். சட்டிமமொன்றை விவரிக்கமுன்பு மற்றொன்றைக் கருதுவோமாக.



உருவம் 18.07.—சட்டிமமொன்றின் தத்துவம்.

ABC என்பது, உருவம் 18.07(*a*), $\hat{BAC} = 60°$ ஆயிருக்குமொரு சட்டமெனக் கொள்க. M_1 என்பது அதன் முகம் வரிப்படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான ஒரு தளவாடியாகும். அதன் மத்தியபுள்ளி A

இனூடு ABC இற்குச் செங்குத்தான அச்சொன்றைச்சுற்றி இவ்வாடி சுழலக்கூடியதாயிருக்கின்றது. M_2 என்பது அதன் முகமும் வரிப்படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாயிருக்கும் இரண்டாவது ஆடியாகும். அதன் மத்தியபுள்ளி D ஆனது AB இலே இருக்கவேண்டியதில்லை. ஆனால், அதன் சுவடானது AD இன் நீளப்பாட்டுக்குச் செல்கின்ற கதிரொன்று, BC நேர்கோட்டுக்குச் சமாந்தரமான DE இன் நீளப்பாட்டுக்குத் தெறிக்கக் கூடியதாய் அமைந்துள்ளது. D இலே அதன் செங்குத்தாகிய DN_2 கோணம் ADE ஐ இருசமமாக வெட்டவேண்டுமென்ற பண்பைக்கொண்டு M_2 இன் சாய்வு தீர்மானிக்கப்படும். DE இற்குச் சமாந்தரமான கதிர் FA ஆனது M_1 இனால் தெறிக்கப்பட்டு FA ஆனது FADE பாதையிற் செல்லுதல்வேண்டுமென்ற நிபந்தனைக்கிணங்க M_1 இன் பூச்சியநிலை, தீர்மானிக்கப்படும். AN_1 என்பது A இலே M_1 இற்குச் செங்குத்தாயிருப்பின் மேலே கூறிய நிபந்தனை சரியாயமைந்தபோது,

$$\hat{FAN_1} = \hat{N_1AD}\,;\ \hat{ADN_2} = \hat{N_2DE}.$$

ஆனால், $$\hat{FAD} = \hat{ADE}.$$

எனவே, $$\hat{N_1AD} = \hat{ADN_2},$$

அல்லது, M_1 இனூடு விறைப்பாய் இணைக்கப்பட்டுள்ள காடியொன்று "பூச்சியத்தைக்" குறிக்கும்போது ஆடிகள் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாயிருத்தல்வேண்டும்.

இப்போது, M_2 நிலையானதாக்கப்பட்டிருத்தலின் DE இடைத்தளத்தில் இருப்பதினால், ஒரு கதிர் SA, உருவம் 18.07 (*b*), M_1 இலே தெறித்தபின்பு AD இன் நீளப்பாட்டிற்குச் சென்று அதன்பின் DE இன் நீளப்பாட்டிற்குச் செல்லக்கூடியதாய் இருக்கவேண்டுமானால், M_1 சுழற்றப்படவேண்டிய கோணத்தை அறியவேண்டியது அவசியமாகின்றது. $\theta = \hat{SAF}$ எனவும், ψ தேவையான சுழற்சிக் கோணமெனவும் கொள்க. ஆடியின் புதிய நிலையில் A இலே M_1 இற்குச் செங்குத்துக்கோடு AN_1' ஆயின்

$\hat{N_1AN_1'} = \psi$. $i_0 = \hat{FAN_1} = \hat{N_1AD}$ எனக்கொள்க. எனின்,

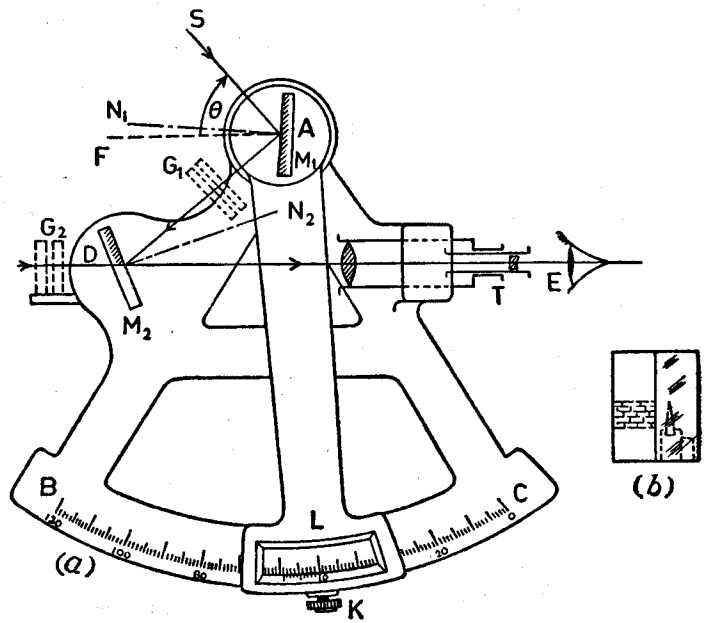
$$\hat{SAN_1'} = \hat{N_1'AD},$$

அல்லது $$\theta + i_0 - \psi = i_0 + \psi.$$

$$\therefore \psi = \tfrac{1}{2}\theta.$$

ஆகவே, M_1 இனூடு இணைக்கப்பட்டுள்ள காட்டியானது BC இலுள்ள வட்டவளவுச்சட்டத்தின்மேல் இயங்கும். அதிலுள்ள அளவீடுகள் உண்மைப் பெறுமானத்தின் இருமடங்கான பெயரளவுப் பெறுமானங்களையுடையனவாம். இதன்பயனாக, தேவையான உயர்வுக்கோணங்கள் நேராகவே அளவீடு செய்யப்படலாம்.

மேலே குறிப்பிடப்பட்டதைப்போன்ற தளவாடிகளின் ஒழுங்கே உருவம் 18.08 (*a*) இற் காட்டப்பட்டிருக்கும் இக்காலச் சட்டிமத்தில் உபயோகிக்கப் படுகின்றது. ABC உலோகச் சட்டமாகும். கோணம் BAC 60° இற்குச்



உருவம் 18.08.—சட்டிமம்.

சமமாகும். [**அட்டிலி**யின் முதற்கருவியிலே இக்கோணம் 45° ஆயிருந்தது.] M_1, M_2 என்பன அவற்றின் தெறிக்கும் முகங்கள் ABC தளத்திற்குச் செங்குத்தாயிருக்குமாறு ஏற்றப்பட்டுள்ள தளவாடிகளாம். M_2 என்பது சட்டத்திலே நிலையாய்ப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. M_1 என்பது வரிப்படத் தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக A இனூடு செல்லும் அச்சைச்சுற்றிச் சுழலக்கூடிய புயம் L இனூடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. புயம் L ஆனது வேணியரொன்றைக் காவுகின்றது. வில் BC முந்தியதைப்போலவே அளவு கோடிடப்பட்டுள்ளது. முன்னரே காட்டியதுபோலவே, வேணியர்ச்சட்டத்தி லுள்ள பூச்சியக்குறி BC இலுள்ள பூச்சியக்குறியோடு பொருந்தும் போது M_1 ஆனது M_2 இற்குச் சமாந்தரமாயிருக்கும். M_1 இன் தள மானது AC இன் நீளப்பாட்டிலிருக்கும்போது DE இற்குச் சமாந்தரமான கதிர் FA ஆனது FADE பாதையிற்செல்லும். θ கோணம் SAF இற்குச் சமமாயின், இரு சந்தர்ப்பங்களிலும் M_1 இருந்த நிலைகளுக்கிடையேயுள்ள

கோணம் $\frac{1}{2}\theta$ ஆகும். M_1 இனூடு தொடுக்கப்பட்டு BC இலுள்ள கோணவளவிடையின்மேல் இயங்குகின்ற காட்டியொன்று M_1 இன் நிலையைக் குறிக்கும்.

T என்பது ஒரு நிமிர்த்துந் தொலைகாட்டி. [**கலிலியன்**வகை— 248 ஆம் பக்கத்தை ஒப்பிடுக]. M_2 ஐ D இல் வெட்டுமிதனச்சு BC இற்குச் சமாந்தரமாயுள்ளது. M_2 இன் சாய்வு மேலேயுள்ளமாதிரித் தீர்மானிக்கப் படும். அதாவது, அதன் முகம், கோணம் ADE இன் இருகூருக்கி யாகிய DN_2 இற்குச் செங்குத்தாயிருக்கும்.

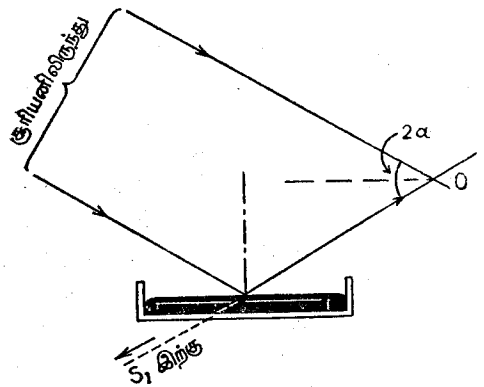
கோபுரச் சிகரமொன்றின் முடியினது கோணவுயரத்தை அதன் நேர் கீழேயுள்ள சுவரொன்றின் தொடர்பிலே காண்பதற்காக இக்கருவியானது உபயோகிக்கப்படுகின்றதெனக் கொள்க. தொலைகாட்டி T ஆனது சுவரின் உச்சியைநோக்கி வைக்கப்படும். M_2 இன் ஒரு பாதிமட்டுமே வெள்ளிப் பூச்சிடப்பட்டதினால் அதனூடே பார்க்கமுடிகின்றது. M_1 இலும் M_2 இலும் தெறித்துக் காணப்படும் சுவருச்சியின் விம்பமானது நேராகப் பார்த்துக் காணப்படும் விம்பத்தோடு பொருந்துவதாகத் தோற்றுமட்டும் புயம் L சுழற்றப்படும். புயம் L ஆனது திருகாணி K இனூற் கவ்விப்பிடிக்கப்படும். வேணியரின் அளவீடு குறிக்கப்படும். M_1 இலும் M_2 இலுந் தெறித் துண்டாகிய சிகரவுச்சியினது விம்பமானது நேராகக் காணப்படுஞ் சுவருச்சி யின் விம்பத்தோடு பொருந்துவதாகத் தோற்றுமட்டும் புயம் L ஆனது சுழற்றப்படும். உருவம் 18.08 (*b*) ஐப் பார்க்க. திரும்பவும் வேணியரள வீடு குறிக்கப்படும். இவ்வளவீடுகளின் வித்தியாசமே தேவையான கோண வுயரத்தைக் கொடுக்கின்றது.

G_1 உம் G_2 உம் துலக்கங்கூடிய முதலிடத்திலிருந்துவரும் வெவ்வேறு ஒளிக்கதிர்களின் பாதையிலே வைக்கப்படவேண்டிய நிறக்கண்ணுடித் துண்டு களாம். சூரியனின் உயரத்தை அளக்க எப்போதாவது எத்தனிக்கும்போது இவற்றைக் கட்டாயமாக உபயோகித்தல்வேண்டும்.

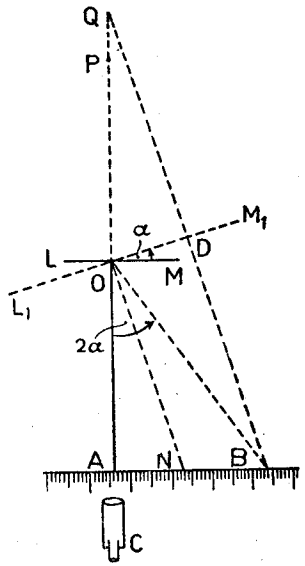
தொலைகாட்டியின் பார்வைத்துண்டிலே குறுக்குக் கம்பிகளில்லை என்பதை அவதானித்துக் கொள்ளல் வேண்டும். இரண்டு விம்பங்கள் பொருந்து வதை ஆராய்வதற்கே இத்தொலைகாட்டி உபயோகிக்கப்படுகின்றதாதலின் இக்குறுக்குக் கம்பிகள் தேவையற்றன.

சூரியனின் உயரத்தை அறிய.—இரசத்தைக்கொண்டுள்ள பெரிய தாழி யொன்று வசதியான இடத்தில் வைக்கப்பட்டு, இரசத்திலே சூரியனின் விம்பம் S_1, உருவம் 18.09, அவதானிக்கப்படும். (கறுப்புக் கண்ணுடிகள் உபயோகிக்கப்படவேண்டும்). [தளவாடியொன்று உபயோகிக்கப்பட்டால், அது கவனமாக மட்டமாக்கப்படுதல் வேண்டும்]. சட்டிமம் O இல் இருக்கின்ற தெனக் கொள்க. கருவியின் பூச்சியவழுவை அறிய, M_1 இலும் M_2 இலுந் தெறிக்கப்பட்டுண்டான S_1 இன் விம்பம் M_2 இன் தெளிவான பாகத்தினூடு காணப்படும் S_1 இன் விம்பத்தினூடு பொருந்தவிடப்படல்

வேண்டும். வேணியரின் அளவீட்டை θ_1 எனக் கொள்க. M_1 இலும் M_2 இலுந் தெறித்துண்டான சூரியனின் விம்பமானது S_1 இலேடு பொருந்துமட்டும் ஆடி M_1 சுழற்றப்படுதல்வேண்டும். வேணியரளவீட்டை θ_2 எனக்கொள்க. சூரியனினுயரம் α ஆயின், $2\alpha = \theta_2 - \theta_1$.



உருவம் 18.09.—செயற்கைக் கிடைத்தளம்: சூரியனினுயரத்தை அறிதல்.



உருவம் 18.10.—சிறிய கோணத் திரும்பல்களை அளத்தல்.

சிறிய திரும்பல்களை அளத்தல்.— நிலைக்குத்தான அச்சொன்றைச் சுற்றிச் சிறிய கோணமொன்றினூடு பொருளொன்று சுழலுமாயின், அக்கோணம் **பொகன்டோபின்** முறையினால் அளக்கப்படலாம். தொலைகாட்டி, C ஆனது உருவம் 18.10, இயங்குந் தொகுதியோடு விறைப்பாய் இணைக்கப்பட்டுள்ள சிறிய தளவாடி யொன்றிற்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. சதம மீற்றர் முதலானவற்றிலே அளவுகோடிடப்பட்ட அளவிடையொன்று தொலைநோக்கியினண்மையிலே, ஆடியின் ஒய்வுநிலையாகிய LM இற்குச் சமாந்தரமாய் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அளவிடையிலுள்ள புள்ளி A இன் விம்பம் தொலைநோக்கியினூற் பார்க்கப்படும். விம்பத்தின் நிலை P இலிருக்கும். அப்போது OA = OP. ஆடியானது L_1M_1 நிலைக்கு இயங்கியதும், அளவிடையிலுள்ள இன்னுமொரு புள்ளி B இனது விம்பம் Q இற் காணப்படும். அப்போது BD = DQ ஆகும். BD என்பது L_1M_1 இற்குச் செங்குத்தாயிருக்கும். ஆடி திரும்பிய கோணத்தை α எனக் கொள்க. எனின், $\angle AOB$ 2α இற்குச் சமமாகும். அத்துடன், தான் $2\alpha = \frac{AB}{OA}$. சிறிய கோணங்களுக்கு தான் $2\alpha = 2\alpha$, எனவே $\alpha = \frac{AB}{2.OA}$ ஆகின்றது.

அப்பியாசம் 18

1.—(அ) ஒளிக்கதிரொன்று தளவாடியிலிருந்து தெறிக்கும்போது கூடிய அளவு குறுகிய பாதையிலேயே அது செல்கின்றதெனக் காட்டுக.

(ஆ) இரண்டு ஆடிகள் ஒன்றையொன்று செங்குத்தாக வெட்டுகின்றன. ஒளிக்கதிரொன்று இரண்டு ஆடிகளிலுமிருந்து தெறிக்குமாயின், வெளிப்படு கதிரானது முந்திய திசைக்குச் சமாந்தரமாயிருக்குமென நிறுவுக.

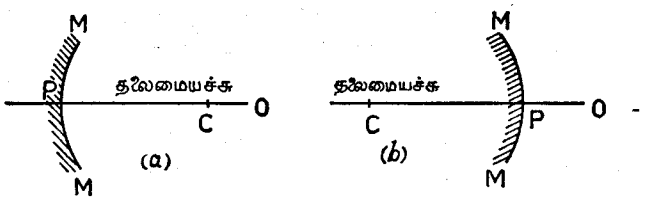
2.—ஒளியின் தெறிப்புவிதிகளைக் கூறுக. 60° கோணத்திற் சாய்ந்திருக்கும் தளவாடிகளிரண்டினிடையே சிறிய பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. உண்டாக்கப்பட்ட விம்பங்களின் தொகையை வரிப்படமூலங் காண்க. இரண்டு தெறிப்புகளினூல் உண்டாக்கப்படும் விம்பமொன்று அவதானிக்கப்படும்போது கதிர்களின் பாதையைக் குறிக்க.

3.—ஒளியின் தெறிப்புவிதிகளைக் கூறுக. இரண்டு தளவாடிகள் நிலைத்த கோணமொன்றில் ஒன்றுக்கொன்று சாய்ந்துள்ளன. அவற்றின் வெட்டுக் கோட்டை அச்சாகக்கொண்டு இச் சேர்க்கை சுழற்றப்படலாம். ஒளிக்கதிரொன்று முதலில் ஓராடியிற்றெறிக்கப்பட்டு, பின்பு மற்றதில் அச்சுக்குச் செங்குத்தான தளத்திலே தெறிக்குமாயின், ஆடிகளின் சுழற்சியினூல் கதிரின் விலகல் மாறுதெனக் காட்டுக.

அத்தியாயம் 19

கோளப்பரப்புக்களிலே ஒளியின் தெறிப்பு

ஆரம்ப வரைவிலக்கணங்கள்.—கோளப்பாகத்தின் உருவத்திலுள்ள துலக்கப்பட்ட பரப்பு கோளவாடி எனப்படும். ஆடியின் வளைவுமையம் கோளத்தின் மையமாகிய C ஆகும், உருவம் 19.01. கோளமூடியின் உட்பாகம் ஆடியாகத் தொழிற்படுமாயின் தெறிக்கும் பரப்பு **குழிவானது** எனப்படும். புறப்பக்கமே தெறிக்குமாயின் அது **குவிவாடி** எனப்படும். O என்பது ஒளியின் ஒரு புள்ளிமுதலிடமென்றும், O இனூடும் C இனூடுஞ் செல்லும் நேர்கோடு (தேவையாயின் **நீட்டப்பட**) ஆடியின் மேற்பரப்பை P இல் வெட்டுகின்றதெனவுங் கொள்க. எனின், P என்பது **ஆடியின் முனைவு** எனப்படும். CP என்னும் நேர்கோடானது **தலைமையச்சு** எனப்படும். ஆடியொன்றின் எல்லை, அல்லது சுற்று, வட்டமாயிருப்பது வழக்கம். இவ்வட்டத்தின் விட்டத்தினது நீளம் **துவாரம்** எனப்படும். கோளவாடியொன்றின் வளைவாரை என்பது, ஆடி ஒரு பாகமாயுள்ள கோளத்தின் ஆரையாகும்.



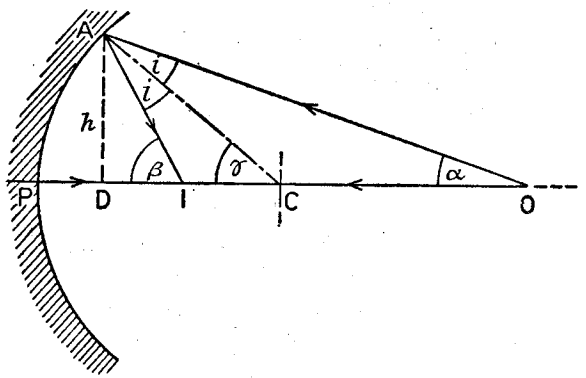
குழிவான கோளத் தெறிக்கும் பரப்பு. குவிவான கோளத் தெறிக்கும் பரப்பு.
உருவம் 19.01.

சில ஒளியியல் வழக்குகள்.—ஆடியின் முனைவாகிய P இலிருந்து அச்சின் நீளப்பாட்டிற்குத் தூரங்கள் அளக்கப்படும். இந்நூலிலே P இன் வலப் புறமாக அளக்கப்பட்ட தூரங்கள் நேரானவையெனவும், இடப்புறமாக அளக்கப்பட்ட தூரங்கள் மறையானவையெனவுங் கருதப்படுகின்றன. ஒளி செல்லுந் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் அளக்கப்படுந் தூரங்களை நேராகவும், இதற்கெதிர்த்திசையில் அளக்கப்படுந் தூரங்களை மறையாகவும் கொள்ளச் சிலர் விரும்புவதால், ஆடியின், அல்லது வில்லையின், வலப்பக்கத்திலே எப்போதும் பொருள்களை வைப்போம். இதனால், இதனை வாசிப்போர் எந்த வழக்கையும் உபயோகிக்கக்கூடியதாயிருக்கும்.

குழிவான கோளப்பரப்பிலே தெறிப்பு.—குழிவான கோளப்பரப்பொன்றின தலைமைவெட்டு 19.02 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. O என்பது தெறிக்குங் குழிவான இந்தப் பரப்பின், அல்லது ஆடியின்,

அச்சிலே ஒளிருகின்ற ஒரு புள்ளியெனக் கொள்க. OA என்பது A இற் படுகின்ற கதிரெனவுங்கொள்க. எனின், ஆரையாகிய CA, கோடு A இலே பரப்பிற்குச் செங்குத்தாகின்றது. ஆகவே, தெறி கதிர் AI ஆகும்.

இங்கு $\hat{IAC} = \hat{OAC}$ ஆகும். இப்போது OC என்பது ஆரையொன்றின் நீளப்பாட்டிலே செல்லுகின்ற ஒளிக்கதிராகும். ஆகவே, அது இந்த ஆரையின் நீளப்பாட்டிலேயே எதிர்த்திசையிற் தெறிக்கப்படுகின்றது. தெறித்த ஒளிக்கதிர்களிரண்டும் I இற் சந்திக்கின்றன. தெறித்த எல்லாக் கதிர்களும் இந்தப் புள்ளியினூடேயே செல்லுகின்றனவென்று காட்ட முடியுமானால், இதுவே O இன் விம்பமாகும். ஆயின், ஒளிக்கதிர்கள் அதனூடு **உண்மையாகச்** செல்லுகின்றனவாதலின் விம்பம் **உண்மையானது** ஆகும். அதாவது, அதனை ஒரு திரையிற் பிடிக்கலாம்.



உருவம் 19.02.—குழிவான கோளப்பரப்பிலே தெறிப்பு.

P இலிருந்து O இனதும் I இனதுந் தூரங்களை முறையே u, v எனவும், ஆரை PC ஐ r எனவும் கொள்க. A இற் படுகோணத்தை i எனவுங்கொள்க. ஆகவே, தெறிகோணத்தினளவும் இதுவேயாகும். α, β, γ என்பன படத்திற் குறிக்கப்பட்ட கோணங்களையே குறிக்கின்றன எனவுங் கொள்க. முக்கோணியொன்றின் புறக்கோணம் உள்ளெதிர்க் கோணங்களிரண்டினதுங் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமமாதலின்,

$$\gamma = i + \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(i)}$$

$$\beta = 2i + \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(ii)}$$

ஆகின்றது. இச்சமன்பாடுகளிலிருந்து i ஐ நீக்க, (i) ஐ 2 ஆற்பெருக்கிக் கழிக்கும்போது,

$$2\gamma - \beta = \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(iii)}$$

எனப் பெறுகின்றோம். இப்போது α, β, γ சிறியனவென ஒப்புக் கொள்ளப்படும். எனவே, அவற்றின் வட்டவளைவு, தான்சன்களினூற் குறிக்கப்படும். அதாவது, இங்கு உருவாக்கப்படுங் கொள்கையானது ஒளியியற் தொகுதியொன்றின் தலைமையச்சினண்மையிலுள்ள **அச்சயற்கதிர்களுக்கு** மட்டுமே பிரயோகிக்கக்கூடியதாகும். AD ஐ OP இற்குச் செங்குத்தாக வரைந்து அதன் நீளத்தை h எனக் கொள்க.

எனின், $\alpha = \dfrac{h}{DO} = \dfrac{h}{PO} = \dfrac{h}{u}$. ∵ A உம் P உம் அண்மையிலிருப்பதனால், DO ≃ PO.

இதனைப்போலவே, $\beta = \dfrac{h}{v}$. அத்துடன் $\gamma = \dfrac{h}{r}$.

(iii) இலே இப்பெறுமானங்களைப் பிரதியிட்டு, முழுவதையும் h இனால் வகுக்க,

$$\frac{2}{r} - \frac{1}{v} = \frac{1}{u}$$ எனப் பெறுகின்றோம்.

அல்லது
$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(iv)}$$

இச்சமன்பாடு α இலே தங்கவில்லை ஆதலின் O இலிருந்து வரும் அச்சயற்கதிர்களெல்லாம் I இனூடு செல்கின்றன. அதாவது, புள்ளி O இன் விம்பம் I ஆகும்.

இப்போது பொருளானது ஆடியிலிருந்து முடிவில்தூரத்தில் இருக்கின்றதெனக் கொள்க. அப்போது விம்பம் உண்டாகுஞ் சிறப்பான புள்ளி ஆடியின் **குவியம்** எனப்படும். P இலிருந்து இப்புள்ளியின் தூரம் ஆடியின் **குவியத்தூரம்** (f) எனப்படும். அதாவது, $f = [v]_{u\to\infty}$, இங்கு இக்குறியீடு, $u \to \infty$ ஆகும்போது, வீம்பத்தூரத்தின் சிறப்பான பெறுமானத்தைக் குறிக்கின்றது. எனவே, (iv) இற் பிரதியிட,

$$\frac{1}{[v]_{u\to\infty}} + \frac{1}{\infty} = \frac{2}{r}; \text{ அல்லது } \frac{1}{[v]_{u\to\infty}} = \frac{2}{r},$$

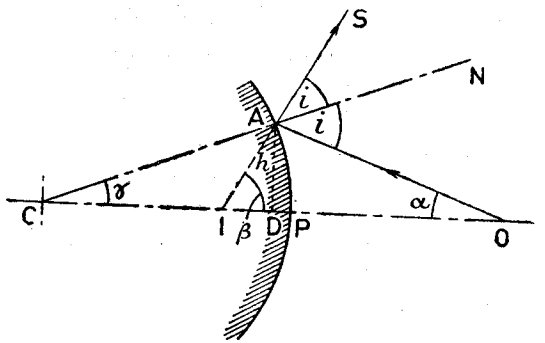
அதாவது
$$[v]_{u\to\infty} = f = \tfrac{1}{2}r.$$

அதாவது, ஆடியின் குவியத்தூரம் வீம்பவாரையின் அரைவாசியாகும். ஆகவே (iv) ஆவது சூத்திரம் பின்வருமாறு எழுதப்படலாம்.

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(v)}$$

குவிவான கோளப்பரப்பிலே தெறிப்பு.—குவிவான கோளப்பரப்பொன்றின் தலைமைவெட்டானது 19.03 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளது.

புள்ளிப்பொருள் O இலிருந்துவரும் கதிர் OA ஆனது A இற் பட்டு AS இன் நீளப்பாட்டிற்குத் தெறிக்கின்றது. CAN என்பது A இலுள்ள செங்குத்துக்கோடு.



உருவம் 19.03.—குவிவான கோளப்பரப்பொன்றிலே தெறிப்பு.

α, β, γ, i, என்ற கோணங்களைக் காட்டியவாறு கொள்க. எனின், முந்தியதைப் போலவே,

$$2i = \alpha + \beta \quad \ldots\ldots\ldots \text{(vi)}$$

$$i = \gamma + \alpha \quad \ldots\ldots\ldots \text{(vii)}$$

ஆகின்றன, எனவே, $0 = (\alpha + \beta) - (2\gamma + 2\alpha)$

$$= \beta - 2\gamma - \alpha$$

அல்லது
$$\alpha - \beta = -2\gamma \quad \ldots\ldots\ldots \text{(viii)}$$

இக்கோணங்கள் சிறியனவாயின், முந்தியதைப்போலவே,

$$\alpha = \frac{h}{u}, \quad \beta = -\frac{h}{v}, \quad \gamma = -\frac{h}{r}$$

எனப் பெறுகின்றோம். β, γ கோணங்களுக்கு நேரான பெறுமானங்களைப் பெறுதற்காகவே எதிர்க்குறி முன்னுற் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த நிபந்தனைகளுடன்,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{r} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(ix)}$$

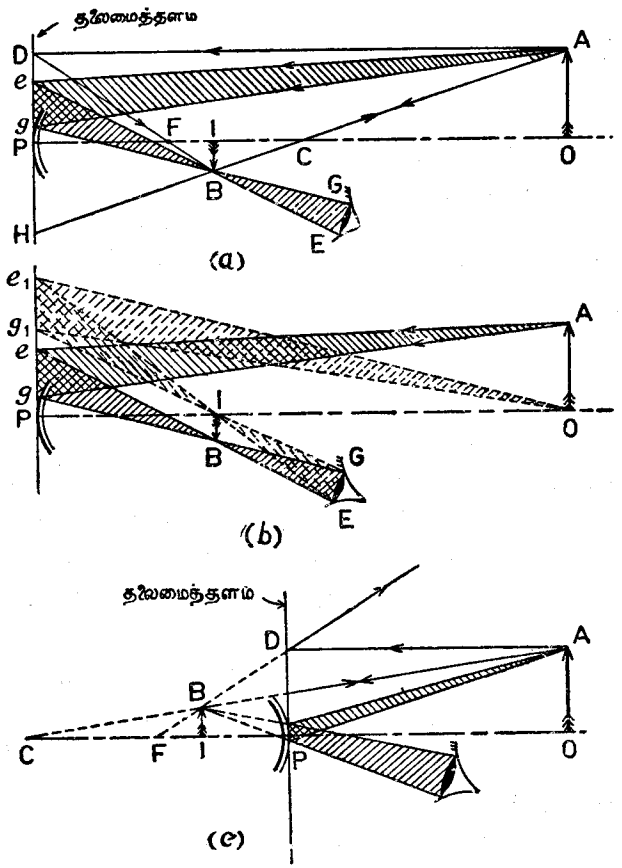
ஆகின்றது.

இச்சந்தர்ப்பத்திலே விம்பமானது **மாயவிம்பமாக** இருக்கும். ஒளிக்கதிர்கள் உண்மையாக I இனூடு செல்வனவன்றுதலின் இவ்வாறு பெயரிடப்பட்டது. அதாவது, I இலே வைக்கப்பட்ட திரையொன்றிலே விம்பத்தைப் பெறமுடியாது. இன்னும், $u = \infty$ ஆகும்போது v இன் பெறுமானம் f ஆயின், $f = [v]_{u\to\infty} = \tfrac{1}{2}r$. எனவே

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(x)}$$

ஆகின்றது. குறிகள் சரியாய்க் கருதப்படும்போது, கோளத்தின் தெறிக்கும் பரப்புகளின் இரு வகைகளுக்கும் இதுவே **அடிப்படையான அச்சயற் சமன்பாடு** ஆகும்.

வரையறையான அளவுகளையுடைய பொருள்.—இதுகாறும் பொருளானது ஒளிரும் புள்ளியாகக் கருதப்பட்டது. இனிமேற் பொருளானது வரையறையானதாய் (ஆயினுங் குறிப்பிடப்பட்ட நிபந்தனைகளுக்கிணங்கக்கூடியவளவுக்குச் சிறியதாய்) இருக்கும்போது விம்பத்தின் இயல்பை அறியவேண்டியது அவசியமாகின்றது. இதனை வரைப்படமூலம் நன்குணரச் செய்யலாம். OA என்பது, உருவம் 19.04 (*a*), முனைவு P இலுள்ள குழிவாடியொன்றின் தலைமையச்சிற்குச் செங்குத்தாக முற்பக்கத்தில் வைக்கப்பட்ட சிறிய பொருளெனக் கொள்க. P இன் அண்மையிலுள்ள தெறிக்கும் பரப்



உருவம் 19.04.—கோளவாடிகளிலே விம்பங்கள் உண்டாதல்.

பின் சிறிய மூலகமொன்றைப் பெரிய அளவிற் குறிப்பதற்காக, PO இற்குச் செங்குத்தாக P இனூடு PD ஐ வரைக. PD என்பது வரிப்படத்தின் தளத்திலே ஆடியின் **தலைமைத்தளத்தினது** சுவடாகும். ஆடியானது குழிவானதென்பதை நினைவூட்டுவதற்காக, உருவத்திற் காட்டியுள்ளமாதிரி வட்டங்களின் இரு விற்கள் வரையப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். துலக்கப்பட்ட பரப்புத் தடித்த கோட்டினாற் குறிக்கப்படும்[1]. OP இற்குச் சமாந்தரமான கதிர் AD ஆனது தெறிப்பின்பின் தலைமைக் குவியம் F இனூடு செல்கின்றது. ஆடியின் வளைவுமையத்தினூடு செல்லுங் கதிர் AC ஆனது ஆடியின் செங்குத்துக் கோட்டில் செல்கின்றது. ஆகவே, தெறித்தபின்பு அதேபாதையில் திரும்பிச் செல்கின்றது. இவ்விரு கதிர்களும் வரையப்பட்டால் அவை B இலே வெட்டுகின்றன. இதுவே A இன் விம்பத்தைக் குறிக்கின்றது. PO இற்குச் செங்குத்தாக BI வரையப்பட்டால், IB என்பது விம்பத்தைக் குறிக்கும்.

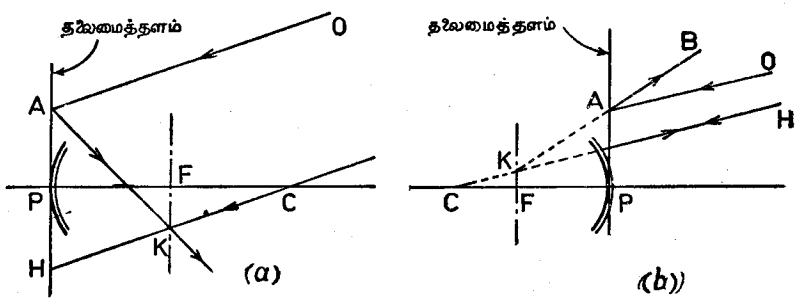
தலைமையச்சின் அண்மையில் வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணொன்று விம்பத்தைப் பார்க்கவுதவுங் கதிர்களை வரைய வேண்டுமாயின், EG என்பது கண்ணின் மணியெனக் கொள்க. எனின், B இலிருந்து கண்ணுக்குச் செல்லுங் கதிர்களெல்லாம் BGE கற்றையிலே இருத்தல்வேண்டும். ஆடியை முறையே *g* இலும் *e* இலுஞ் சந்திக்குமாறு GB உம் EB உம் நீட்டப்பட்டு, இப்புள்ளிகள் A இனூடு இணைக்கப்பட்டால், விம்பத்திலுள்ள புள்ளி B ஐப் பார்க்கவுதவுங் கற்றையின் எல்லைக்கதிர்களைப் பெறுகின்றோம்.

வரிப்படமானது அதிகஞ் சிக்கலாயிருப்பதைத் தடுப்பதற்காக உருவம் 19.04(*b*) இலே விம்பத்தினதும் பொருளினதும் நிலைகள் திருப்பி வரையப்பட்டுள்ளன. இதன்பின்பு AeE, AgG கதிர்கள் மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது போல வரையப்படும். விம்பத்திலுள்ள புள்ளி I ஐப் பார்க்க உதவுங் கதிர்க்கற்றையின் எல்லைகளைத் தீர்மானிக்க, ஆடியை g_1 இலும் e_1 இலும் வெட்டுமாறு GI, EI கோடுகள் நீட்டப்படல் வேண்டும். இதன்பின் இப்புள்ளிகள் O இனூடு இணைக்கப்படும்.

குவிவான பரப்பொன்றில் ஒளியின் தெறித்தலினாலுண்டாகும் விம்பத்தின் நிலையையும் இயல்பையும் அறியும் முறையானது 19.04 (*c*) உருவத்திற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. இச்சந்தர்ப்பத்திலே பரப்பின் பின்புறத்திலே விம்பம் உண்டாவதனால், இப்பாகத்திற் கதிர்களின் வழித் தோற்றங்களைக் காட்டக் குற்றிடப்பட்ட கோடுகள் உபயோகிக்கப்பட்டுள்ளன. விம்பத்திற் புள்ளி B ஐப் பார்க்க உதவுங் கற்றையின் எல்லைக்கதிர்களின் வழிகள் முந்தியதைப் போலவே பெறப்படும். O இலிருந்து கண்ணுக்குச் செல்லுங் கதிர்களை வரைவதை மாணவருக்கு ஒரப்பியாசமாக விடுகின்றோம்.

[1]குறிப்பு.—ஒளியியலில் உத்திக்கணக்குகளைச் செய்யவும், ஒளியியற்றொகுதிகளுக்கேற்ற வரிப்படங்களை வரையவும் சந்தர்ப்பமுண்டாகும்போது, மாணவர் எப்போதும் தாம் உபயோகிக்குங் குறிவழக்கையும், வளைவான ஆடி அல்லது வில்லையை வரிப்படத்திற் குறிக்கும் வகையையுங் கூறுதல் நன்று.

கோளப்பரப்பொன்றிலே தெறிக்கப்பட்டபின் எந்தவொளிக்கதிரினதுஞ் சுவட்டைக் காண்டல்.—OA என்பது, உருவம் 19.05(*a*), உருவத்திற் காட்டியவாறு, முனைவு, குவியம், வளைவுமையம் என்பனவற்றைக் கொண்ட குழிவாடியிற் படுகின்ற ஒரொழிக்கதிரெனக் கொள்க. F இனூடு செல்வதும் ஆடியின் தலைமையச்சுக்குச் செங்குத்தாயுள்ளதுமான தளமொன்று **ஆடியின் குவியத்தளம்** எனப்படும். OA இற்குச் சமாந்தரமாகக் குவியத்தளத்தை K இல் வெட்டுமாறு CH ஐ C இனூடு வரைக. எனின், OAHC என்பது ஆடியில் விழுகின்ற சமாந்தரவொளிக் கற்றையெனக் கருதப்படலாம். இது குவியத்தளத்திலே குவிக்கப்படும். கற்றையின் ஒரு கதிராகிய CH விலகலின்றித் தெறிக்கப்பட்டுக் குவியத்தளத்தை K இல் வெட்டுவதனால், கருதப்பட்ட சமாந்தரக் கற்றைக்குக் குவியம் K என்பது பெறப்படும். எனவே, பரப்பிலே தெறித்தபின்பு கதிர் OA இன் பாதை AK ஆயிருத்தல்வேண்டும்.



உருவம் 19.05.—கோளப்பரப்புக்களிலே தெறித்த ஒளிக்கதிர்களின் சுவடுகாண்டல்.

ஆடியானது குவிவாயிருக்கும்போது 19.05(*b*) உருவத்திலிருப்பதுபோல் அமைக்கப்படும். வரிப்படத்திலுள்ள எழுத்துப்பெயர்களிலிருந்து மேலேயுள்ள விளக்கம் இதற்கும் பிரயோகிக்கப்படலாமென உடனே காணப்படுமாதலின், முறையானது இங்கு விளக்கப்படவில்லை. எனினும், KA என்பது "மாயக்கதிர்" என்பதை மறந்து விடுதல் கூடாது.

உருப்பெருக்கம்.—பொருளும், ஆதலின் விம்பமும், கருவியின் தலைமையச்சுக்குச் செங்குத்தாயிருக்கும்போது அவ்வொளியியற் கருவியினூலுண்டாக்கப்படும் நேர்கோட்டுருப்பெருக்கமாகிய m, விம்பத்தின் நேர்கோட்டளவுகளோடு பொருளினளவுகளின் விகிதமென வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. பெரும்பாலுந் தலைமையச்சுக்கு மேலே அளக்கப்படுந் தூரங்கள் நேரானவையாயும், கீழேயளக்கப்படுவன எதிரானவையாயுங் கொள்ளப்படும். எனவே, உருப்பெருக்கத்தின் குறியானது விம்பம் நேரானதா, தலைகீழானதா என்பதிலே தங்கியிருக்கின்றது. இதன்பின்பு, விம்பம் உண்மையானதா, மாயமானதா

அல்லது நேரானதா, தலைகீழானதா என்பதைப் போன்ற விம்பத்தின் இயல்பைக்காண விதிகள் கொடுக்கப்படுகின்றன. திருத்தமாக வரையப்பட்டுள்ள வரிப்படமொன்றிலிருந்து இவ்வறிவுகளெல்லாவற்றையும் பெறக்கூடுமாதலினூலும், உத்திக் கணக்கொன்றைச் செய்யும்போது இவ்வகையான வரிப்படத்தை வரையவேண்டியது எப்போதும் அவசியமாதலினூலும், அச்சின் மேலே இருந்தாலுஞ்சரி, கீழேயிருந்தாலுஞ்சரி, எல்லாத்தூரங்களையும் நேராகவே கருதுவோம். அதாவது, உருப்பெருக்கம் எப்போதும் நேராகவே கருதப்படும். இதனை உறுதிப்படுத்துவதற்கு P இன் வலமேனும் இடமேனுமுள்ள தூரங்கள் நேராகவே கருதப்படுதல்வேண்டும். அதாவது, உருப்பெருக்கத்தின் தொடர்பிலே எல்லாத் தூரங்களும் அவற்றின் எண்ணளவான அளவுகளிலேயே அளக்கப்படும்.

எனவே, 19.04 ஆம் உருவத்திலே உருப்பெருக்கம் பின்வருங் கோவையினூற் கொடுக்கப்படும்.

$$m = \frac{\text{விம்பத்தின் பருமன்}}{\text{பொருளின் பருமன்}} = \frac{\mathrm{IB}}{\mathrm{OA}}.$$

ஆனால், தான் $\hat{\mathrm{OPA}} = \frac{\mathrm{OA}}{\mathrm{PO}}$. அத்துடன் தான் $\hat{\mathrm{IPB}} = \frac{\mathrm{IB}}{\mathrm{PI}}$. இக்கோணங்கள் சமமாதலின்,

$$\frac{\mathrm{OA}}{\mathrm{PO}} = \frac{\mathrm{IB}}{\mathrm{PI}}; \text{ அல்லது } \frac{\mathrm{IB}}{\mathrm{OA}} = \frac{\mathrm{PI}}{\mathrm{PO}},$$

அதாவது,
$$m = \frac{|v|}{|u|}.$$

இங்கு, $|v|$, $|u|$ என்ற குறியீடுகள் முறையே v இனதும் u இனதும் எண்ணளவுப் பெறுமானங்களைக்குறிக்கின்றன.

வளைவுமையத்திலிருந்து தூரங்கள் அளக்கப்படும்போது கோளவாடிகளுக்குரிய அடிப்படையான அச்சயற்சமன்பாடு.—கோளவாடியொன்றின் தொடர்பிலே புள்ளிகள் P, F, C, O, I என்பனவற்றையுடைய எந்த வரிப்படத்தையுங் கருதும்போது, கணியங்களெல்லாம் அட்சரகணித முறையின்படி கொள்ளப்பட்டால்,

$\mathrm{PI} + \mathrm{IC} = \mathrm{PC}$ எனவும், $\mathrm{PC} + \mathrm{CO} = \mathrm{PO}$ எனவும் பெறுகின்றோம்.

C இலிருந்து அளக்கப்படுந் தூரங்களை C இன் வலப்புறத்தில் நேரகவும், இடப்புறத்தில் மறையாகவுங்கொண்டு,

$\mathrm{CO} = \mathrm{U}$ எனவும், $\mathrm{CI} = \mathrm{V}$ எனவும், $\mathrm{CP} = \mathrm{R}$ எனவும் எழுதினோமாயின், மேலேயுள்ள சமன்பாடுகள்

$v - \mathrm{V} = r = -\mathrm{R}$ எனவும்

$-\mathrm{R} + \mathrm{U} = u$ எனவும் ஆகின்றன.

எனவே, அச்சயற்சமன்பாடாகிய

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{2}{r},$$

$$\frac{1}{V-R}+\frac{1}{U-R}=-\frac{2}{R}$$ ஆகின்றது.

அல்லது, $$R[U-R+V-R]=-2(V-R)(U-R).$$

இதனைச் சுருக்க

$$\frac{1}{V}+\frac{1}{U}=\frac{2}{R}$$ ஆகின்றது.

மாதிரி அப்பியாசங்கள்:

குழிவாடியொன்றின் வளைவாரை 10 ச.மீ. கண்ணொன்று அதன் விம்பத்தையே நான்குமடங்கு உருப்பெருத்துக் காணவேண்டுமாயின், ஆடி எங்கே வைக்கப்படுதல் வேண்டும் ?

$|m|=4$ ஆதலின் , $|v|=|4u|$ ஆகின்றது.

$v=4u$ என்பதை உபயோகித்துப் பார்ப்போமாக. அதாவது u நேரான தாதலின், v உம் நேரானதேயாம்.

எனின், $\frac{1}{4u}+\frac{1}{u}=\frac{2}{10}$. $\therefore u=6{\cdot}25$ ச.மீ. $v=25{\cdot}0$ ச.மீ.

கடைசி விம்பம் கண்ணுக்குப் பின்னுலேயே உண்டாகவேண்டுமாதலின், இத்தீர்வு ஒவ்வாததாகும்.

இப்போது $-v=4u$ என்பதை உபயோகிப்போமாக, அதாவது u நேரானதினால், v மறையானதாகும்.

எனின், $-\frac{1}{4u}+\frac{1}{u}=\frac{2}{10}$. $\therefore u=3{\cdot}75$ ச.மீ. $v=-15{\cdot}0$ ச.மீ.

விம்பமானது கண்ணுக்குப் புலனுகின்றதாதலின், இதுவே தேவையான தீர்வாகும்.

(ii) ஒருவன் தன்னுடைய கண்ணுக்கும் குவிவான கோளவாடியொன்றுக்குமிடையில் மத்திய தூரத்திலே, கண்ணிலிருந்து 5 அடி தூரத்திலே நேராகவும் ஆடியிலிருந்து தெறித்தபின்பும் பார்க்கக்கூடியதாக, நுண்ணிய சமாந்தரக் கம்பிகள் இரண்டைப் பிடிக்கிறான். நேராகப் பார்க்கப்படும்போது கம்பிகளினிடைத்தோற்றம், தெறித்தபின் பார்க்கப் படுவதின் ஐந்து மடங்காயின், ஆடியின் வளைவாரைக்குரிய பெறுமானமொன்றைக் கணக்கிடுக.

பொருள் அல்லது விம்பமொன்றினது பருமனின் தோற்றம், பார்ப்பவரின் கண்ணிலே அது எதிர் அமைக்குங் கோணத்தினுல் அளக்கப்படும்.

x உம் y உம் முறையே பொருளினதும் விம்பத்தினதும் பருமன்களெனக் கொள்க. அடி நீளவலகாக எடுக்கப்படும். எனின், வழக்கமான குறியீட்டின் படி,

$$\frac{|x|}{2{\cdot}5}\div\frac{|y|}{5+|v|}=5, \quad \text{(i)}$$

$$\frac{1}{|v|}+\frac{2}{5}=-\frac{2}{|r|}, \quad \text{(ii)}$$

$$\frac{|x|}{|y|}=\frac{2{\cdot}5}{|v|} \quad \text{(iii)}$$

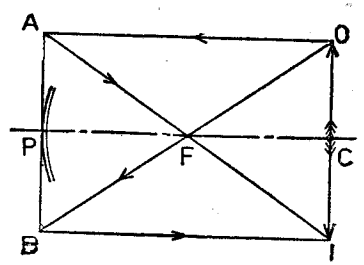
(i) இலும் (iii) இலுமிருந்து $|x|$ ஐயும் $|y|$ ஐயும் நீக்க

$$\frac{2{\cdot}5}{|v|}\times\frac{5+|v|}{2{\cdot}5}=5,$$ அதாவது $|v|=\frac{5}{4}$ அடி, ஆகின்றது.

எனவே, (ii) இலிருந்து

$|r|=5$ அடி.

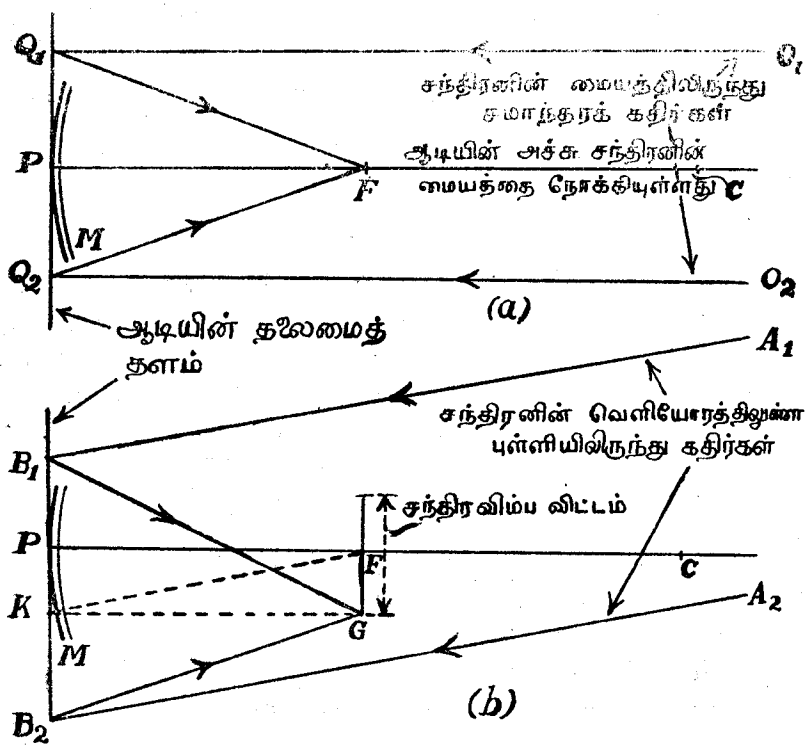
குழிவான பரப்பொன்றிலே தெறித்தலின் சிறப்பான ஒருதாரணம். பொருளானது ஆடியின் வளைவு மையத்திலிருக்கும்போதே இது நிகழ்கின்றது. பொருளைக் கொண்டுள்ள தளலானது, ஆடியினச்சுக்குச் செங்குத்தெனவும், பொருளிலுள்ள எதாவதொரு புள்ளி வளைவுமையத்தினூடு செல்லுகின்றதெனவுமே இதனுற் கருதபபடுகின்றது விம்பத்தின்நிலையை அறிய,அச்சு CP இற்குச் சமாந்தரமான கதிர் OA ஆனது, உருவம் 19.06, தெறித்தபின் F இனூடு செல்கின்றதெனவும், கதிர் OF ஆனது தெறித்தபின் PC இற்குச் சமாந்தரமாகுமெனவுங் குறித்துக்கொள்க. உருப்பெருக்கம் ஒன்றெனவும் விம்பந் தலைகீழானதெனவும் வரிப்படங் காட்டுகின்றது.



உருவம் 19.06.—குழிவாடியொன்றின் வளைவாரையின் நேரான தீர்மானம்.

குழிவாடியொன்றின் குவியத்தளத்திலே சந்திரனின் விம்பத்தைப்பற்றியது.—தலைமையச்சு PF ஆனது சந்திரனின் மையத்தை நோக்கி வைக்கப்பட்ட குழிவாடி M இன் தலைமைக்குவியத்தை F எனக்கொள்க, உருவம் 19.07(*a*). எனின், சந்திரனின் மையத்திலிருந்துவரும் O_1Q_1, O_2Q_2 ஐப்போன்ற சமாந்தரக் கதிர்கள் M இலே தெறித்தபின் F இற்குவியும். இப்போது A_1B_1, A_2B_2, என்பன, உருவம் 19.07 (*b*), வரிப்படத்தின் தளத்திலே, சந்திரனின் வெளியோரத்திலுள்ள புள்ளி

ஒன்றிலிருந்து வரும் இரண்டு சமாந்தரக் கதிர்களெனக் கொள்க. ஆடியிலே தெறித்தபின்பு இக்கதிர்களின் பாதையையறிய A_1B_1 இற்குச் சமாந்தரமாக FK ஐ வரைக. எனின், FK ஆனது PF இற்குச் சமாந்தரமாய் KG இன் நீளப்பாட்டிற்குத் தெறித்துக் குவியத்தளத்தை G இல் வெட்டுகின்றது. எனவே, ஆடியின் குவியத்தளத்திலே FK இற்குச் சமாந்தரமான கதிர்களெல்லாம் G என்னும் புள்ளியிற் குவிகின்றன. ஆகவே, B_1G, B_2G தேவைப்பட்ட தெறித்த கதிர்களாம்.



உருவம் 19.07.—குழியாடியொன்றிலே தெறித்தலினாற் சந்திரனின் விம்பமுண்டாதல்.

FG என்பது சந்திர விம்பத்தின் ஆரையாகும். விம்பத்தின் பருமன் ஆடியினது குவியத்தூரத்தினால் தீர்மானிக்கப்படுமென வரிப்படங் காட்டுகின்றது. இது துவாரத்திலே தங்கியிருக்கவில்லை. ஆனால், துவாரம் எவ்வளவு பெரிதோ, அவ்வளவுக்கு விம்பமானது துலக்கமாயிருக்கும். ஏனெனில், ஆடியினாற் பிடிக்கப்பட்ட கற்றைகளின் அகலங் கூடுதலாயிருக்கும்.

அப்பியாசம் 19

1.—குழிவாடியொன்றின் முன்பு 24 ச.மீ. தூரத்திலே பொருளொன்று வைக்கப்பட்ட போது, ஆடியிலிருந்து 8 ச.மீ. தூரத்தில் ஒரு விம்பமுண்டானது. ஆடியின் வளைவாரையைக் கணிக்க. வரைந்து சரிபார்க்க.

2.—14·6 ச.மீ. குவியத்தூரத்தையுடைய குவிவாடியொன்றின்முன்பு 50·3 ச.மீ. தூரத்திலே மெழுகுதிரியொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. விம்பமெங்கே? உருப்பெருக்கு யாது? ஆடியிலிருந்து மெழுகுதிரியின்தூரம் அரைவாசியாக்கப்பட்டால், உருப்பெருக்கம் அதேவிதத்தில் மாற்றப்படவில்லையெனக் காட்டுக.

3.—ஒன்று குவிவானதும் மற்றது குழிவானதுமான இரண்டு ஆடிகளொவ்வொன்றினதும் குவியத்தூரம் 5 அங். இற்குச் சமமாகும். அவற்றின் மூலைவுகள் 18 அங். தூரத்திலுள்ளன. குழிவாடியிலிருந்து 1 அடி தூரத்திற் பொருளொன்று வைக்கப்பட்டால், குழிவாடியிலே முதலாவது தெறித்துண்டான விம்பத்தின் நிலையையும், பின்பு குவிவாடியிலே தெறித்துண்டான விம்பத்தின் நிலையையும் காண்க. வரிப்படத்தினாற் சரிபார்க்க.

4.—குவிவான கோளவாடியொன்றுக்கு $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ என்ற கோவையை நிலைநாட்டுக. வளைவாரை 6 அங். கொண்ட இவ்வகையான ஆடியொன்றின் முன்பு 8 அங். தூரத்திலே சிறிய பொருளொன்று இருக்கின்றது. விம்பத்தின் நிலையைக் கணிக்க. திருத்தமாக வரையப்பட்ட படமொன்றிலே, ஆடியின் அச்சுக்கண்மையில் வைக்கப்பட்ட கண்ணொன்று, ஒரு விம்பத்தைப் பார்க்கவுதவுங் கதிர்களின் பாதைகளைக் காட்டுக.

5.—3 ச.மீ. உயரமான பொருளொன்று, 8 ச.மீ. குவியத்தூரத்தையுடைய குவிவாடியொன்றின் தலைமையச்சுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளானது ஆடியிலிருந்து 15 ச.மீ. தூரத்திலிருக்குமாறு, விம்பத்தின் நிலையைக் கணிக்க. விம்பத்தைப் பார்க்க உதவும் கதிர்களின் பாதைகளை வரிப்படமொன்றிற் காட்டுக.

6.—குவிவாடியொன்றின் பரப்பிலிருந்து 30 ச.மீ. தூரத்திலே களி ஒளிரும்பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. தளவாடியொன்று, ஆடிரண்டிலும் உண்டாக்கப்பட்ட விம்பங்கள் ஒரே தளத்திற் பக்கத்துக்குப் பக்கமாய் இருக்கக்கூடியதாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. அப்போது தளவாடியானது பொருளிலிருந்து 22 ச.மீ. தூரத்திலிருக்குமாயின், குவிவாடியின் வளைவாரை என்ன? [N.H.S.C. '29.]

7.—ஒருவன் தனது கண்ணுக்குங் குவிவான கோளவாடியொன்றுக்கும் நடுவிலே, கண்ணிலிருந்து 4 அடி தூரத்திலே, நுண்ணிய சமாந்தரக் கம்பிகளிரண்டை, நேராகவும் ஆடியிலிருந்து தெறித்துங் காணப்படக்

கூடியதாய்ப் பிடிக்கிறான். நேராகப் பார்க்கப்படுங் கம்பிகளின் இடைத் தூரத் தோற்றமானது தெறிப்பின்பின் காணப்படுவதின் ஆறுமடங்காயின் ஆடியின் வளைவாரைக்குரிய பெறுமானமொன்றைக் கணிக்க.

பிரமாணத்துக்கு வரையப்பட்ட வரிப்படமொன்றிலே, ஆடியின் தலைமையச்சுக்கண்மையிலே வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணொன்று, ஒரு கம்பியின் விம்பத்தைப் பார்க்க உதவும் ஒளிக்கதிர்களின் பாதைகளைக் காட்டுக.

8.—குழிவாடியொன்றின் குவியத்தூரத்துக்கும் வளைவாரைக்குமிடையேயுள்ள தொடர்பை முதற்றத்துவங்களைக் கொண்டு நிலைநாட்டுக.

குழிவாடியொன்றின் தலைமைக்குவியத்தின் வலதுபுறத்திலே z குவியத் தூரங்களிற் பொருளிருப்பின், விம்பமானது குவியத்தின் வலதுபுறத்திலே குவியத்தூரத்தின் $\frac{1}{z}$ ஆவது பங்களவு தூரத்திலிருக்குமெனக் காட்டுக. உருப்பெருக்கம் $\frac{1}{z}$ எனவுங் காட்டுக.

2 அங். குவியத்தூரத்தையுடைய குழிவாடியொன்றின் தலைமையச்சிலே, அதன் முனைவிலிருந்து 8 அங். தூரத்திலே, சிறிய பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருத்தமான படங்கீறி விம்பத்தின் நிலைமையும் உருப்பெருக்கத்தையுங் காண்க.

[உம்முடைய வரிப்படத்திலே ஆடியின் வலதுபக்கத்திலே பொருளை வைக்க.]

9.—குழிவாடியொன்றின் அச்சுக்குச் சமாந்தரமான திசையிலே ஒளிக்கதிரொன்று சென்று ஆடியிலொரு புள்ளியிலே θ கோணத்திற் படுகின்றது. a என்பது ஆடியின் கதிராயின், தெறிகதிரானது அச்சை முனைவிலிருந்து $a[-\frac{1}{2}\text{செக்}\,\theta]$ தூரத்தில் வெட்டுமென நிறுவுக. இதிலிருந்து குவியத்தூரம் வளைவாரையின் அரைவாசியெனக் காட்டுக.

அத்தியாயம் 20

தளப்பரப்புக்களிலே முறிவு

ஒளியின் முறிவு.—ஒருசீரான ஊடகமொன்றிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு ஒளிக்கதிரொன்று செல்லும்போது பொதுவாக முந்திச்சென்ற திசையிலும் வேறான திசையிற் செலுத்தப்படுகின்றது. கலமொன்றின் அடியிலே வைக்கப்பட்ட மோதிரமொன்று நீரில்லாதபோது பார்க்கமுடியாதிருந்த போதிலும் கலத்திலே நீர்நிறைத்தபோது பார்க்கக்கூடியதாயிருந்ததென **இயூக்கிளிட்டென்பவர்** (Euclid) அவதானித்தார். பொருளிலிருந்து வரும் ஒளியானது திரவத்தின் பரப்பிலே முறிந்ததென்பதை ஒப்புக்கொண்டே இத்தோற்றப்பாட்டை அவர் விளக்கினர்.

சமவியல்பான ஊடகங்களுக்குரிய முறிவு விதிகள்.—எத்தனையோ கீர்த்தி வாய்ந்த விஞ்ஞானிகள் இவ்விதிகளைக்காண முயற்சித்தனரெனினும், 1621 ஆம் ஆண்டில் **உவில்லியம் சினேலென்**பவரே (William Snell) முதலில் இவ்விதிகளைக் கூறியுள்ளார்.

(அ) ஒருசீரான ஊடகமொன்றிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு ஒளிக்கதிரொன்று செல்லும்போது படுகதிர், முறிகதிர், ஊடகங்களிரண்டையும் பிரிக்கும் பரப்பிற் படுபுள்ளியிலுள்ள செங்குத்துக்கோடு என்பன, ஒரே தளத்திலுள்ளன. படுகதிரும் முறிகதிருஞ் செங்குத்துக்கோட்டின் எதிர்ப்புறத்திலுள்ளன.

(ஆ) படுகோணத்தை i எனவும், படுபுள்ளியிலுள்ள செங்குத்துக் கோட்டுக்கும் முறிகதிருக்குமிடையேயுள்ள கோணமாகிய முறிகோணத்தை r எனவுங் கொண்டால்,

$$\frac{\text{சைன்}\ i}{\text{சைன்}\ r} = \text{ஒருமை (குறித்தவொரு நிறவொளிக்கு).}$$

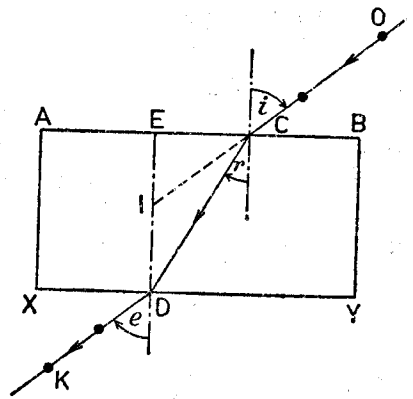
தொடக்கத்திலே ஒளி செல்லுகின்ற ஊடகம் வெற்றிடம் எனக்கொண்டு, இவ்வொருமையானது இரண்டாவது ஊடகத்தின் **தனி முறிவுக்குணகம்** எனப்படும். இதனை μ எனக் குறித்தால்,

$$\mu = \frac{\text{சைன்}\ i}{\text{சைன்}\ r}.$$

ஒளியானது வளியிலிருந்து கண்ணாடிக்குச் செல்லுகின்றதென்பதைக் காட்ட விரும்பினால், முறிவுக்குணகத்தை ${}_a\mu_g$ என்ற குறியீட்டினாற் குறிக்கலாம். பொதுவாக, ஒளியானது ஊடகம் (1) இலிருந்து ஊடகம் (2) இற்குச் செல்லுமாயின், முதலாவதின்சார்பாக இரண்டாவது ஊடகத்தின் முறிவுக்குணகத்தை ${}_1\mu_2$ எனக் குறிக்கலாம். பெரும்பாலான தேவைகளுக்கு $\mu = {}_a\mu_g$ என்பனவற்றைப்போலக் கொள்ளப்படலாம்.

ஊடகமொன்றின் தனி முறிவுக்குணகம் μ ஆனால், $(\mu-1)$ என்ற கணியம் அதன் **முறிவுத்திறன்** எனப்படும்.

கண்ணாடித் தட்டொன்றிற்குரிய μ ஐப் பரிசோதனைமூலந் தீர்மானித்தல்.—AB உம் XY உம் கண்ணாடிக்குற்றியொன்றின் சமாந்தரமுகங்களிரண்டெனவும், உருவம் 20.01, படுகதிர் OC ஐச் சிறியகறுப்பு வட்டங்களினாற் குறிக்கப்பட்டிருக்கும் இரண்டு குண்டூசிகள் குறிக்கின்றனவென்றுங் கொள்க. கண்ணாடியினூடாகச் சென்றதன் பின்பு கதிரின் நிலை KD திசையிற் பார்த்துக் கண்டறியப்படும். இன்னுமிரண்டு குண்டூசிகளை, நான்கு குண்டூசிகளும் ஒரே நேர்கோட்டிலே தோற்றக் கூடியதாய் வைத்து, இத்திசை குறிக்கப்படும். [திருத்தமான பேறுகளைப் பெறவேண்டுமாயின் ஒளிக்கதிரைக் குறிக்கும் ஒவ்வொரு சோடிக் குண்டூசிகளுங் குறைந்தது 10 ச.மீ. தூரத்தில் இருத்தல்வேண்டும்.] இப்போது குற்றியானது அகற்றப்பட்டு C, D புள்ளிகள் ஒரு நேர்கோட்டினாற் றொடுக்கப்பட்டால், OCDK ஒளிக்கதிரின் பாதையைப் பூரணமாக அக்கோடு வரையறுக்கும். C இற் படுகோணமும் முறிகோணமும் முறையே i, r எனக் கொள்க. இக்கோணங்களை அளந்து திரிகோணகணித அட்டவணைகளை உபயோகித்து μ கணிக்கப்படலாம். XY முகத்துக்கு DE செங்குத்தானால், $\widehat{EDC}$ ஆனது r இற்குச் சமமாகும். D இலே வெளிப்பாட்டுக்கோணத்தை e எனக்கொள்க. எனின்,



உருவம் 20.01.—சமாந்தரத் தட்டொன்றினூடாக ஒளிக்கதிரொன்றின் பாதை.

$$\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = {}_a\mu_g \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(i)}$$

ஆனால், ஒளிக்கதிர் KD ஆனது KDCO பாதையிலே ஊடகத்தினூடாகச் செல்லும். இதனை OC இன் நேரே பார்த்தால் விளங்கும். எனவே,

$$\frac{\text{சைன் } e}{\text{சைன் } r} = {}_a\mu_g \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(ii)}$$

பின்னங்கள் (i) உம் (ii) உம் சமமாயிருத்தல்வேண்டும். எனவே,

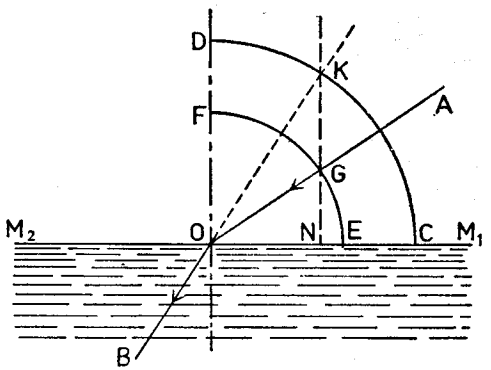
$$e = i.$$

μ இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்க இரண்டாவது முறை.—கோணங்கள் i ஐயும் r ஐயும் அளந்து அவற்றின் சைன்களின் விகிதத்திலிருந்து μ ஐத் தீர்மானிப்பதற்குப் பதிலாக, OC கதிரானது DE ஐ I இல் வெட்டுமாறு நீட்டப்படுதல் சிறந்ததாகும். எனின், $\widehat{EIC} = i$; எனவே,

$${}_a\mu_g = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{\text{சைன் } \widehat{EIC}}{\text{சைன் } \widehat{EDC}} = \frac{EC}{CI} \div \frac{EC}{CD} = \frac{CD}{CI}.$$

எனவே, CD, CI நீளங்களின் விகிதம் ${}_a\mu_g$ ஆகும். கோணங்களை அளப்பதிலும்பார்க்க நீளங்களை அளப்பது இலகுவாகவும் வசதியாகவுமிருக்கும்.

முறிகதிருக்குரிய கேத்திரகணிதவமைப்பு.—படுகோணங் கொடுக்கப்பட, கருதப்படும் ஊடகத்தின் முறிவுக்குணகமாகிய μ அறியப்பட்டால், முறிகதிரைக் கண்டுபிடிப்பது இலகுவாகும். உதாரணமாக, AO என்பது,



உருவம் 20.02.—முறிகதிருக்குரிய கேத்திரகணிதவமைப்பு.

உருவம் 20.02, எல்லைத்தளப்பரப்பு M_1M_2 இலேயுள்ள புள்ளி O இலே வளியிலிருந்து படுங்கதிரெனக் கொள்க. O ஐ மையமாக எந்த வாரையையுங் கொண்டு வரையப்படும் வட்டவில் EF ஆனது கதிரை G இல் வெட்டுகின்றது. O ஐ மையமாகவும், $OC = \mu OE$ என்பதற் கிணங்க, OC ஐ ஆரையாகவுங்கொண்டு இரண்டாவது வில் CD ஐ வரைக. G இனூடு மேற்பரப்புக்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் GN என்பது CD ஐ K இல் வெட்டுகின்றது. KO ஐ B இற்கு நீட்ட OB முறிகதிராகும்.

இப்போது $\mu = \dfrac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \dfrac{\text{சைன் } \widehat{OGN}}{\text{சைன் } r}$ $[\because \widehat{OGN} = \widehat{AOD} = i]$

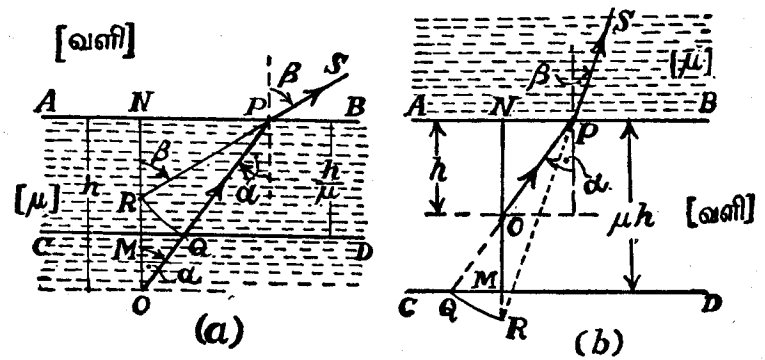
இங்கு r என்பது கண்டுபிடிக்கப்படவேண்டிய முறிவுக்கோணமாகும். எனவே,

$$\text{சைன் } r = \frac{\text{சைன் } \hat{OGN}}{\mu} = \frac{\frac{ON}{OG}}{\mu} = \frac{ON}{OK} \quad [\because \mu OG = \text{ஆரை } OK].$$

$\therefore$ r என்பதே $\hat{OKN}$ ஆகும்.

$\therefore$ KO இன் நீட்சியாகிய OB என்பதே முறிகதிராகும்.

இரண்டாவது முறை பின்வருமாறு. AB என்பது, உருவம் 20.03(a), ஒய்ந்திருக்குந் திரவமொன்றின் பரப்பெனவும், அத்திரவத்தின் முறிவுக் குணகம் μ எனவுங்கொள்க. AB இலேயுள்ள N இலிருந்து h ச.மீ.



உருவம் 20.03.—முறிகதிருக்குரிய கேத்திரகணிதவமைப்பு.

கீழேயுள்ள ஒளிரும் புள்ளியை O எனக்கொள்க. CD என்பது AB இற்குச் சமாந்தரமாகவும் அதிலிருந்து $\frac{h}{\mu}$ ச.மீ. கீழேயுள்ளதுமான நேர்கோடெனக் கொள்க. OP என்பது O இலிருந்து வந்து AB இலே P இற் பட்டு CD ஐ Q இல் வெட்டுகின்ற ஒளிக்கதிராயின், P ஐ மையமாகவும் PQ ஐ ஆரையாகவுங்கொண்டு ON ஐ R இல் வெட்டுமாறு வட்டவில் QR வரையப்பட்டுள்ளது. எனின், RP இன் நீட்சியாகிய PS என்பது OP ஒடொத்த வெளிப்படுகதிரின் திசையாகும்.

இதனை நிறுவ, α உம் β உம் குறிக்கப்பட்ட கோணங்களெனக் கொள்க. எனின்,

$$\frac{\text{சைன் } \beta}{\text{சைன் } \alpha} = \frac{NP}{PR} \div \frac{NP}{OP} = \frac{OP}{PQ} = \frac{ON}{MN} = \mu.$$

அதாவது, படுகதிராகிய OP ஒடொத்த வெளிப்படுகதிர் PS ஆகும்.

புள்ளி O வளியிலிருக்கும்போது CD என்பது AB இலிருந்து $h \div \left(\frac{1}{\mu}\right)$, அதாவது μh தூரத்தில் வரையப்படும். இதனை உருவம் 20.03 (b) காட்டுகின்றது. இதன்பின் வெளிப்படுகதிரைக் காண்பதற்குரிய முறை முந்தியதைப் போலவேயாம்.

இடைப்பரப்புகள் சமாந்தரமாயிருக்கும் பலவூடகங்களினூடு முறிவு.— 20.04 ஆம் உருவத்திலே குறிக்கப்பட்டுள்ள ஊடகங்கள் இரண்டும் நீருங் கண்ணாடியுமெனக் கொள்க. இன்னும், இவ்வூடகங்களைச்சுற்றிப் பொதுவாயுள்ள ஊடகம் வளியெனவுங் கொள்க. எனின், காட்டியவாறு குறித்துக்கொண்டு,

$$_a\mu_w = \frac{\text{சைன் } i_1}{\text{சைன் } r_1},\ _w\mu_g = \frac{\text{சைன் } r_1}{\text{சைன் } r_2},\ _g\mu_a = \frac{\text{சைன் } r_2}{\text{சைன் } r_3},$$

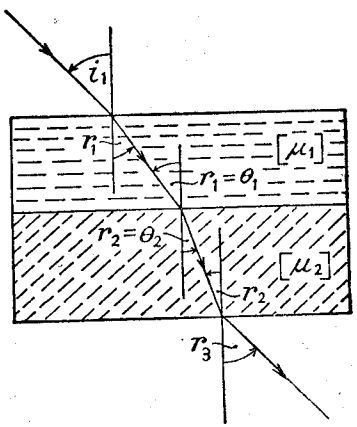
அதாவது, $$_a\mu_w \cdot {}_w\mu_g \cdot {}_g\mu_a = 1.$$

இடைப்பரப்புக்கள் சமாந்தரமாயிருக்கும்போது $i_1 = r_3$ என்ற உண்மை பரிசோதனைமூலம் பெறப்பட்டதாதலின் இச்சமன்பாடு அமைந்துள்ளது.

ஆனால் $$_g\mu_a = \frac{I}{{}_a\mu_g}$$

எனவே, $$_w\mu_g = \frac{I}{{}_a\mu_w \times {}_g\mu_a} = \frac{{}_a\mu_g}{{}_a\mu_w}.$$

அதாவது, இரண்டாவது ஊடகத்தின் தொடர்பான மூன்றுவதின் முறிவுக்குணகம், வளியின் தொடர்பான மூன்றுவதின் முறிவுக் குணகத்தை வளியின்தொடர்பான இரண்டாவதின் முறிவுக் குணகத்தினால் வகுத்துப் பெற்றதற்குச் சமமாகும். நீர்-கண்ணாடி இடைப்பரப்பில் நிகழும் முறிவிற்கு



உருவம் 20.04.—பலவூடகங்களினூடு முறிவு.

$$_w\mu_g = \frac{\text{சைன் } r_1}{\text{சைன் } r_2} \quad \text{எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

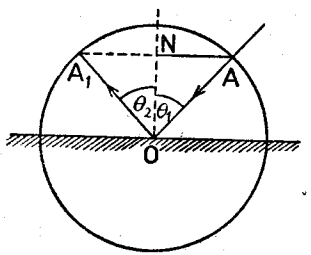
$_w\mu_g = \frac{{}_a\mu_g}{{}_a\mu_w}$ ஆதலின், மேலேயுள்ள சமன்பாடு

$_a\mu_w$ சைன் $r_1 = {}_a\mu_g$ சைன் r_2 ஆகின்றது.

${}_a\mu_w = \mu_1$ எனவும், ${}_a\mu_g = \mu_2$ எனவும் பிரதியிடுவோமானால், இச் சமன்பாடு எளிதில் மனனஞ்செய்யக் கூடிய வகையில் அமைந்திருக்கும். இன்னும் r_1 ஐயும் r_2, ஐயும் முறையே θ_1, θ_2 இனற் பிரதியிட்டால், சமன்பாடு

$$\mu_1 \text{ சைன் } \theta_1 = \mu_2 \text{ சைன் } \theta_2 \text{ ஆகின்றது.}$$

ஒளியானது முறியும்போது μ சைன் θ ஒருமையென்று இது காட்டுகின்றது. இந்த ஒருமை **ஒளியியல்மாற்றமிலி** எனப்படும்.



உருவம் 20.05.—தெறிப்பின் இரண்டாவது விதி.

மேலேயுள்ள சமன்பாடு கேத்திரகணித ஒளியியலின் அடிப்படையான சமன்பாடு எனக் கருதப்படும். ஆகப்பொதுவான வகையிலே இது முறிவின் இரண்டாவது விதியைக் கொடுக்கின்றது. இன்னும் $\mu_1 = -\mu_2$ என எழுதுவோமாயின் (இது கணிதவியற் றெழிற் பாடெனக் கருதப்படல் வேண்டும்) சைன் $\theta_1 = -$ சைன் θ_2 எனப் பெறுகின்றோம். அதாவது, $\theta_1 = -\theta_2$. இதுவே, தெறிப்பின் இரண்டாவது விதியாகும். எனெனில், AO என்பது, உருவம் 20.05, ஒளியின் கதிரொன்றெனவும், O என்பது தெறிக்கும் பரப்பில் ஒரு புள்ளியெனவும், ON என்பது அப்புள்ளியிற் செங்குத்துக்கோடெனவுங் கொள்ளப்பட்டால், வழக்கம்போல,

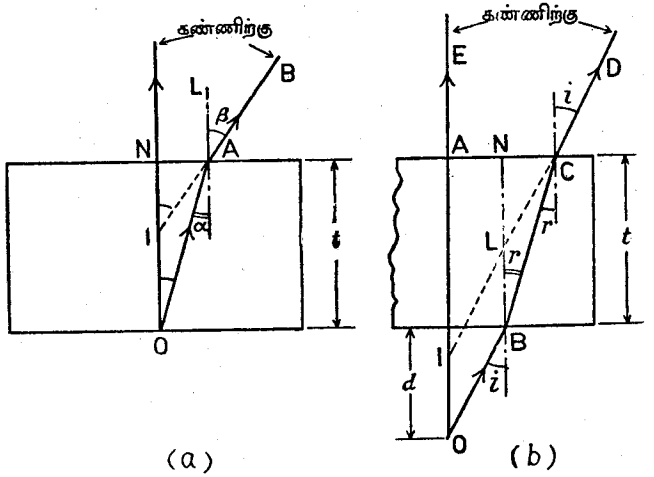
$$\text{சைன் } \theta_1 = \frac{\text{NA}}{\text{OA}} \text{ எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

எனின்,
$$\text{சைன் } \theta_2 = -\frac{\text{NA}}{\text{OA}} = \frac{\text{NA}_1}{\text{OA}_1} \text{ ஆகும்.}$$

இங்கு $|\text{NA}_1| = \text{NA}$. எனவே, θ_2 என்பது வரிப்படத்திற் காட்டப்பட்டுள்ள கோணமாகும்.

தளப்பரப்பிலே முறிவினால் உண்டாக்கப்படும் விம்பம்.—O என்பது, உருவம் 20.06 (*a*), எந்த ஊடகத்திலும் ஒரு சிறிய பொருளென்றும், ON என்பது இரண்டு ஊடகத்துக்கும் இடைப்பரப்பிற்கு O இனூடு வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடெனவுங் கொள்க. NO இன் நேரே செலுத்தப்பட்ட பார்வையையுடைய கண்ணுக்குத் தோற்றும் O இன் விம்பத்தின் நிலையைத் தீர்மானித்தல் வேண்டும். ON இன் நீட்சியானது O இலிருந்து செல்லுங் கதிரின் பாதையாதலின், விம்பமானது ON இலே அல்லது அதன்

நீட்சியிலே இருத்தல் வேண்டும். கீழேயுள்ள ஊடகம் கண்ணுடியெனவும் மேலேயுள்ளது வளியெனவுங்கொள்க. மேன்முகத்திலே α கோணத்திற் படும் கதிர் OA ஆனது A இலே செங்குத்துக்கோட்டிலிருந்து அகல முறி



உருவம் 20.06.—தளப்பரப்பிலே முறிவினால் விம்பமுண்டாதல்.

கின்றது. அதாவது, முறிகதிர் AB ஆகும். BA இன் நீட்சி ON ஐ I இற் சந்திக்கின்றதெனக் கொள்க. இடைப்பரப்பிலே N இலும் A இலு முள்ள செங்குத்துக்கோடுகள் சமாந்தரமாயிருத்தலின்,

$${}_g\mu_a = \frac{\text{சைன் } \alpha}{\text{சைன் } \beta} = \frac{\text{சைன் AON}}{\text{சைன் AIN}} = \frac{\text{IA}}{\text{OA}} \text{ [31 ஆம் பக்கத்திற்போல].}$$

இப்போது, கண்மணி சிறிதாயிருத்தலின், கதிர் AB ஆனது கண்ணை அடையவேண்டுமெனின், கதிர் OA ஆனது ON இற்கு ஏறத்தாழச் சமாந்தரமாகவுஞ் சமமாகவுமிருத்தல் வேண்டும். அத்துடன் IA ஆனது IN இற்கு ஏறத்தாழச் சமமாயிருக்கும். இந்த நிபந்தனைகளில்,

$${}_g\mu_a = \frac{\text{சைன் } \alpha}{\text{சைன் } \beta} = \frac{\text{IN}}{\text{ON}},$$

அல்லது, ${}_a\mu_g = \dfrac{\text{ON}}{\text{IN}} = \dfrac{\text{குற்றியின் உண்மையான தடிப்பு}}{\text{தோற்றத் தடிப்பு}} = \mu$(எனக்கொள்க).

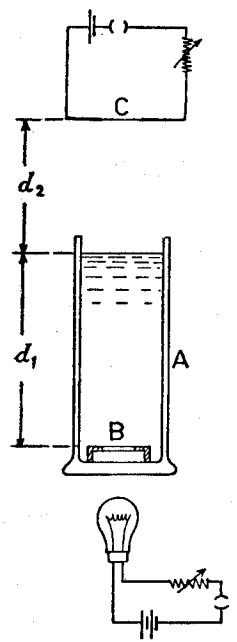
எனவே, α சிறியதாயிருக்குமெனின், I இன் நிலை α இலே தங்கியிருக்கவில்லை. அதாவது, I என்பது O இன் விம்பமாகும்.

உண்மையான நிலையிலிருந்து பொருளானது இடம்பெயர்ந்து தோற்று மளவு

$$OI = (ON - NI) = ON\left[1 - \frac{NJ}{NO}\right]$$

$$= ON\left[1 - \frac{1}{\mu}\right].$$

பெருந்தொகையாய்ப் பெறப்படக்கூடிய திரவமொன்றின் முறிவுக் குணகத்தைத் தீர்மானிக்கும் முறை.—திரவமானது நீரெனக் கொள்க. உயர்ந்த கண்ணுடிக்கலம் A ஆனது உருவம் 20.07, நீரினுல் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. B என்பது தலைகீழாக்கப்பட்ட உருளையான உலோகப் பெட்டி. இதனடியிலே நீண்ட பிளவொன்றுண்டு. கிடைத்தளத்திலுள்ள இப்பிளவானது மின்னிளக் கொன்றினுல் ஒளிரச்செய்யப்படும். இப்பிளவுக்கு நேர்மேலே, அதற்குச் சமாந்தரமாக, மின்னேட்டத் தினுற் செந்தழலாக வெப்பமாக்கப்பட்ட நிக்கற் கம்பி C உளது. நீரின் பரப்பிலே தெறிப்பினுல் உண்டாகும் கம்பியின் விம்பமானது அதே பரப்பிலே முறிவினுல் உண்டாகும் பிளவின் விம்பத்தோடு பொருந்துமாறு கம்பியின் நிலை செப்பஞ் செய்யப்படும். d_1 உம் d_2 உம் குறிக்கப்பட்ட தூரங்களாயின், மேலேயிருந்து நேராகப் பார்க்கும் போது d_2 என்பது தோற்றவாழத்துக்குச் சமமாகும். எனவே,



உருவம் 20.07.—தொகையாய்ப் பெறக்கூடிய திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தைத் தோற்றவாழ முறையினுற் காண்டல்.

$$\mu = \frac{d_1}{d_2}.$$

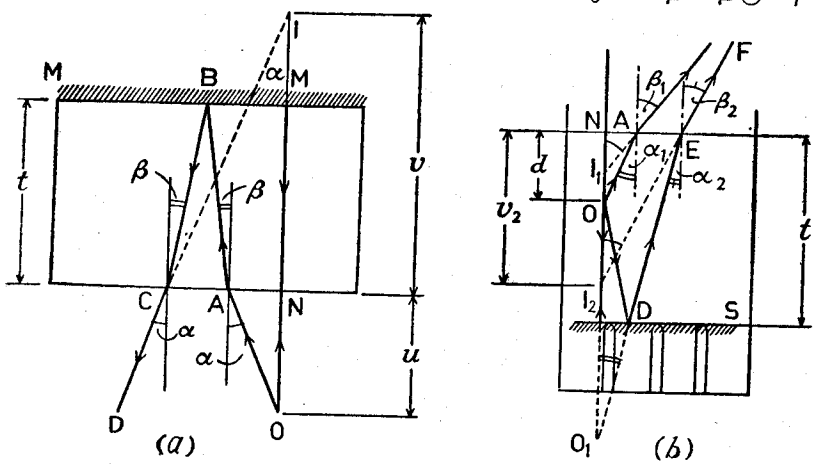
விளக்குத் திரியிடப்பட்டு மின்கலவடுக்கின் சுற்றிலே தடையொன்றுவைத்து ஒளியின் அடர்த்தியானது ஓரளவுக்குக் குறைக்கப்பட்டால், பரிசோதனை இலகுவிற் சித்தியாகும்.

μ இன் தீர்மானத்திற்குரிய நுணுக்குக்காட்டி முறை.—ஒன்று தொடக்கம் மூன்று அங்குலந் தொழிற்படு தூரத்தையுடைய பொருள்வில்லையைக் கொண்ட நுணுக்குக்காட்டியொன்று தேவை. [பொருளொன்றிலிருந்து இந்தத்தூரத்திலே நுணுக்குக்காட்டியின் பொருள்வில்லை இருக்கும்போது தெளிவான விம்பமொன்று காணப்படுமென்பதே இதன் கருத்தாகும்.] தாங்கியொன்றிற் தொடுக்கப்பட்டுள்ள நிலைக்குத்தான அளவிடையே இது இயங்கக்கூடியதாயிருத்தல்வேண்டும். அத்துடன் இதன் நிலையை வேணியரொன்று

அளக்கக் கூடியதாயிருத்தல் வேண்டும். காகிதத்துண்டொன்றிலே பென்சிலடையாளமொன்றிட்டு அதனை வாங்கின்மேல் ஒட்டுக. அச்சை நிலைக்குத்தாயுடைய நுணுக்குக்காட்டியை இக்குறியிற் குவித்து வேணியரை வாசிக்க. காகிதப்பாரத்தைப் போன்ற தடிப்பான கண்ணுடிக் குற்றியொன்றைக் காகிதத்தின்மேல் வைக்க. இப்போது குறியானது தூரம் OI உயர்ந்து தோற்றுவதனுல், உருவம் 20.06 (*a*), அது குவியத்திலிராது. குறியானது தெளிவாகத் தோற்றுமட்டும் நுணுக்குக்காட்டியை அளவிடையில் இயக்கி மீண்டும் வேணியரை வாசிக்க. கடைசியாகக் குற்றியின் பரப்பிலே சிறிது வெண்கட்டித்தூளைத் தெளித்து நுணுக்குக்காட்டியை இவற்றிற் குவித்து மீண்டும் அதன் நிலையை அவதானிக்க. இப்போது O, I, N என்பவற்றுடொத்த புள்ளிகளில், உருவம் 20.06 (*a*), கருவியானது அடுத்தடுத்துக் குவிக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, முதலளவீட்டுக்குங் கடைசி அளவீட்டுக்குமிடையேயுள்ள வித்தியாசம் ON தூரத்தையும், இரண்டாவதற்கும் மூன்றுவதற்குமிடையேயுள்ள வித்தியாசம் IN தூரத்தையுங் கொடுக்கின்றன. எனவே, ${}_a\mu_g$ காணப்படலாம். திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தைக்காண இதேமுறையானது பிரயோகிக்கப்படலாம். கீறிடப்பட்ட ஈயத்துண்டொன்று மூகவை யொன்றினுள்ளே வைக்கப்பட்டு நுணுக்குக்காட்டியானது முந்தியதைப்போலவே கீற்றிற் குவிக்கப்படும். ஈயத்தை இயக்காது திரவமூற்றப்பட்டு நுணுக்குக்காட்டியானது குறியிலும், திரவத்தில் மிதந்திருக்கும் வெண்கட்டித்தூளிலும் மாறிமாறிக் குவிக்கப்படும். கணித்தல் முந்திய உதாரணத்திற்போலவே செய்யப்படும்.

சாதாரணமாகக் கண்ணுடித்தட்டொன்றினூடு பார்க்கப்படும் பொருளின் இடப்பெயர்ச்சியையறிதல்.—O என்பது, உருவம் 20.06 (*b*), கண்ணுடி இணைகரத்திண்மமொன்றின் கிட்டிய பரப்பிலிருந்து *d* தூரத்திலுள்ள ஒரு சிறிய பொருளெனக் கொள்க. E என்பது செங்குத்துக்கோடு OAE இன் நேரிலே பொருளைப் பார்க்கும் ஒரு கண்ணெனவுங் கொள்க. தெளிவான உருவொன்றை அமைப்பதற்காக வரிப்படத்திலே கண்ணின் பருமன் பெருப்பித்துக் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. OBCD என்பது கண்ணுடியினூடு செல்லும் ஒரொளிக்கதிரெனக் கொள்க. 35 ஆம் பக்கத்திற் செய்தது போல, OA ஐ I இற் சந்திக்குமாறு DC ஐ நீட்டி விம்பத்தின் நிலையைக் காணலாம். OA உம் O இலிருந்துவரும் ஒரு கதிராதலின், I என்பதே விம்பமாகும். இடப்பெயர்ச்சி OI இன் அளவைக் கணிக்கவேண்டுமாயின், CI என்பது B இற் செங்குத்துக்கோடாகிய BN ஐ L இற் சந்திக்கின்றதென்பதைக் கருதல் வேண்டும். இப்போது பொருள் B இன் விம்பம் L ஆகின்றது. $BL = t\left[1 - \frac{1}{\mu}\right]$ என முன்னரே கண்டோம். [36 ஆம் பக்கம் பார்க்க] இங்கு t என்பது கண்ணுடியின் தடிப்பாகும். ஆனுல், OBLI ஓர் இணைகரமாதலின் $BL = OI$ ஆகும். ஆகவே இடப்பெயர்ச்சி $t\left[1 - \frac{1}{\mu}\right]$ ஆகும். இது குற்றியிலிருந்து பொருளின்தூரத்திலே தங்கியிருக்கவில்லை.

தடிப்பான ஆடியொன்றின் பதார்த்தத்தினது முறிவுக்குணகத்தின் தீர்மானம்.—MM என்பது, உருவம் 20.08 (*a*), தடிப்பு *t* ஐயும் முறிவுக் குணகம் μ ஐயுங்கொண்ட கண்ணுடியாடியொன்றின் வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்ட பரப்பெனக் கொள்க. O என்பது O இனூடு ஆடிக்குச் செங்குத்துக் கோடான ON இல் வைக்கப்பட்ட நிலைக்குத்தான ஊசியாகிய பொருளெனக் கொள்க. OA என்பது ON ஐ மிகவண்டியுள்ள ஒளிக்கதிராயின், முறிகதிர் AB ஆனது பின்பரப்பிலிருந்து கதிர் BC ஆகத் தெறித்துக் குற்றியிலிருந்து CD கதிராக வெளிப் படுகின்றது. இன்னும், கதிர் ON ஆனது பரப்பு MM இலே தெறித்து NO வழியாய்த் திரும்பும்.



உருவம் 20.08.—தடிப்பான ஆடியொன்றின் திரவியத்தினது முறிவுக்குணகம்.

அதாவது, விம்பமானது ON இல் அல்லது அதன் நீட்சியில் இருத்தல் வேண்டும். CD, NO கதிர்கள் பார்ப்பவரொருவரின் கண்ணை அடையுமாயின் ஊசியின் விம்பமானது I இலே தோற்றும். கண்ணானது பக்கத்துக்குப் பக்கம் இடம்பெயர்ந்த போதிலும் I இனூடு பொருந்தித் தோற்றுகின்ற நிலையிலே ஆடிக்குப்பின்னல் இரண்டாவது ஊசியொன்றை வைத்து விம்பத்தின் இடத்தைக்குறிக்கலாம். அப்போது ஊசிக்கும் விம்பம் I இற்கு மிடையே **இடமாறுதோற்றமில்லையென்று** சொல்லப்படும். α உம் β உம் குறிக்கப்பட்டகோணங்களெனவும், *u* உம் *v* உம் முறையே ஆடியின் வெள்ளிப்பூச்சிடாப் பரப்பிலிருந்து முன்னேயுள்ள பொருளின் தூரமும் பின்னேயுள்ள விம்பத்தின் தூரமுமெனவும் கொள்க. எனின்,

$$CN = CA + AN,$$

அதாவது, $$v \text{ தான் } \alpha = 2t \text{ தான் } \beta + u \text{ தான் } \alpha.$$

α உம் β உம் சிறியனவாதலின், $\text{தான் } \alpha \div \text{ தான் } \beta = \mu.$

எனவே, $$\mu v = 2t + \mu u.$$

ஆகவே, *u*, *v*, *t* தெரிந்திருக்கும்போது μ கணிக்கப்படலாம்.

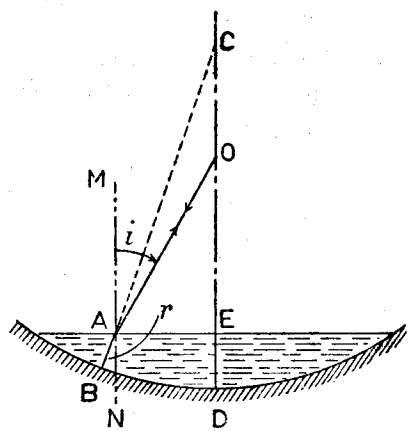
உதாரணம்.—O என்பது, உருவம் 20.08 (*b*), μ முறிவுக்குணகத்தையுடைய திரவமொன்றின் பரப்பிலிருந்து *d* தூரம் கீழேயுள்ள ஒளிரும்புள்ளியெனக் கொள்க. திரவத்திலே ஆழம் *t* இலே கிடைத்தளத்தில் வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்ட பரப்பு S ஆனது வைக்கப்பட்டுள்ளது. செங்குத்துக்கோடு NO இற்கு நேரே பார்க்கும் ஒருவரினூற் காணப்படும் விம்பங்களின் நிலைகளைக் காணவேண்டும். திரவப்பரப்பில் முறிந்து I_1 இலிருந்து வருவதாகத் தோற்றும் OA ஐப்போன்ற ஒளிக்கதிர்களினூல் முதலாவது விம்பம் உண்டாக்கப்படும். இவ்விம்பத்தின் நிலையை நாம் முன்னரே கண்டுள்ளோம், [35 ஆம் பக்கம் பார்க்க].

ஆடியிலிருந்து DE இலே தெறித்துத் திரவத்தின் சுயாதீனமான பரப்பில் EF இலே முறிந்து கடைசியாக வெளிப்படும் OD ஐப்போன்ற ஒளிக்கதிர்களினூல் இரண்டாவது விம்பமாகிய I_2 உண்டாக்கப்படும். இவ்விம்பத்தின் நிலையைக் கணிக்கவேண்டுமாயின், வெள்ளிப்பூச்சிட்ட பரப்பிலே O இன் விம்பமாகிய O_1 இலிருந்து கதிர் DE ஆனது வருவதாகத் தோற்றுகின்றதென்பதை நாம் குறித்துக்கொள்ளல் வேண்டும். எனவே,

$$\mu NI_2 = NO_1,$$

அதாவது, $$v_2 = NI_2 = \frac{NO_1}{\mu} = \frac{2t - d}{\mu}.$$

திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகம்.—குழிவாடியொன்றைக்கொண்டு திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகம் தீர்மானிக்கப்படலாம். அதன் வளைவுமையம் C ஆனது, உருவம் 20.09, முதலிலே ஒளியியல் முறையொன்றினூற் காணப்பட்டபின் ஆடியின் குழிவுக்குள்ளே சிறிதளவு திரவம் விடப்படும். கிடைத்தளநிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ள குண்டூசியொன்று, ஆடியிலிருந்து அதன் விம்பமானது இருக்குந் தூரத்தில் இருக்குமாறு மேலுங்கீழும் இயக்கப்படும். இதனை செப்பஞ்செய்யும் போது விம்பத்தின் மற்றமுனையிலே திரிவுண்டாகின்றதாதலின் ஊசியின் கூரைக்கொண்டு வேலைசெய்வது சிறந்ததாகும். ஆடிச்சுற்றினண்மையிலே திரவத்தின் வளைவான பரப்பினூலேயே இத்திரிவுண்டானது. மேலேயுள்ள நிபந்தனை சரியானதும் ஊசிக்கூரின் நிலையை O எனக் கொள்க. O இலுள்ள விம்பமானது திரவப்பரப்பிலே முறிந்தபின்பு ஆடிப்பரப்பிற்குச் செங்



உருவம் 20.09.—குழிவாடியொன்றைக்கொண்டு திரவமொன்றின் முறிவுக் குணகம்.

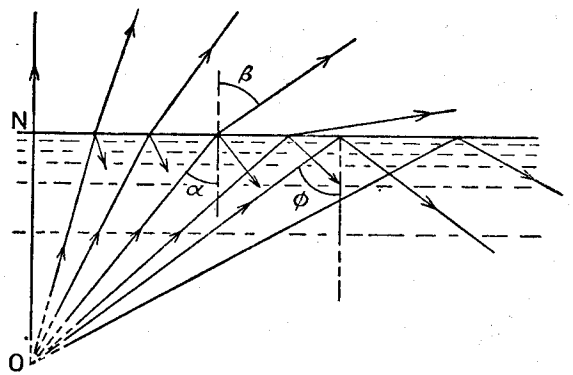
குத்துக்கோடான AB இன் நேரே செல்லுகின்ற OA ஐப்போன்ற கதிர்களினுல்டானதாகும். இவ்வகையான கதிர்கள் அவற்றின் முந்தியபாதையின் நேரே தெறிக்கப்பட்டு O இலே விம்பத்தை உண்டாக்குகின்றன. i உம் r உம் முறையே A இலுள்ள படுகோணமும் முறிகோணமுமாயின்,

$$\mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{AE}{AO} \div \frac{AE}{AC} = \frac{AC}{AO}.$$

ஆடியானது பெரிய வளைவாரையைக் கொண்டதாயின் திரவத்தின் ஆழஞ் சிறிதாகும். எனவே, $OA = OE = OD$ எனவும், $AC = EC = DC$ எனவுங் கொள்ளலாம்.

ஆகவே,
$$\mu = \frac{CD}{OD}.$$

முழுவுட்டெறிப்பு.—அடர்ந்தவூடகமொன்றிலிருந்து அருமூடகமொன்றிற்கு ஒளியானது செல்லும்போது என்ன நிகழுகின்றதென்பதை இப்போது கருதுவோமாக. O என்பது, உருவம் 20.10, ஒன்றிலுங் கூடுதலான தனிமுறிவுக்குணகத்தையுடைய நீரைப்போன்ற ஊடகமொன்றிலே ஒளி



உருவம் 20.10.—முழுவுட்டெறிப்பு; அவதிக்கோணம்.

ரும் ஒரு புள்ளியெனவும், ON என்பது O இனூடு செல்லும் பரப்புக்குச் செங்குத்துக்கோடெனவுங் கொள்க. குறிப்பிட்டபடி கோணங்கள் α உம் β உம் ஆயின், வழக்கமான குறியீட்டின்படி,

$$_{w}\mu_{a} = \frac{\text{சைன் } \alpha}{\text{சைன் } \beta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(i)}$$

அல்லது,
$$_{a}\mu_{w} = \frac{\text{சைன் } \beta}{\text{சைன் } \alpha} = \mu \text{ (எனக்கொள்க)} \quad \ldots\ldots \text{(ii)}$$

பின்னைய இப்பின்னமானது ஒன்றிலுங் கூடியதாம். சைன் $90° = 1$ ஆதலின்

$$\frac{1}{\text{சைன் } \alpha} = \mu, \text{ அல்லது சைன் } \alpha = \frac{1}{\mu} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(iii)}$$

ஆகும்போதே பரப்பின்நேரே வெளிப்படுகதிரானது செல்லுமென்பது பெறப்படும்.

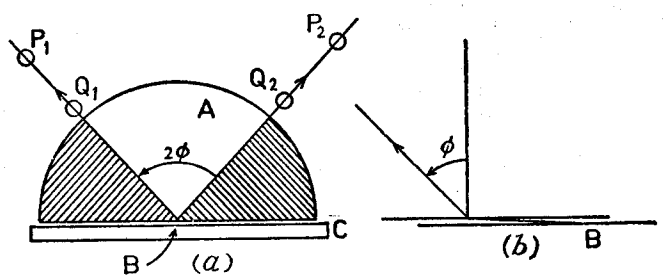
O இலிருந்து புறப்பட்டு (iii) இனூற் கொடுக்கப்பட்டதிலும் பெரிதான படுகோணத்தில் பரப்பிற் படுகின்ற ஒளிக்கதிர்களெல்லாம் வளியினுள்ளே செல்லமுடியாது. அவை **முழுவதும் உள்ளே தெறித்து** வழக்கமான தெறிப்புவிதிகளுக்கமைகின்றன. (iii) இனூற் கொடுக்கப்பட்ட சிறப்பான படுகோணம் நீரினூடு சென்று நீர்-வளி இடைமுகத்திற் படுகின்ற கதிர்களுக்குரிய **அவதிக்கோணம்** எனப்படும். இதனை ϕ இனூற் குறித்தால்,

$$\mu \text{ சைன் } \phi = 1, \text{ அல்லது கோசீ } \phi = \mu \quad \ldots\ldots\ldots \text{(iv)}$$

பொதுவான சந்தர்ப்பத்திலே இரண்டாவது ஊடகமொன்றின் தொடர் பிலே முறிவுக்குணகமானது ஒன்றினுங் கூடுதலாயுள்ள ஊடகமொன்றிற் சென்று, அவ்விரு ஊடகங்களுக்குமிடை பரப்பிற் படுகின்ற கதிர்களுக்கே **அவதிக்கோண**மென்பது கருதப்படுகின்றது. ஊடகமானது உயர்வுகூடிய தனிமுறிவுக் குணகத்தைப் பெற்றுள்ள இடைமுகத்தின் பக்கத்திலேயே முழுவுட்டெறிப்பு முடியுமென்பதைக் கருதுதல்வேண்டும்.

படுகோணமானது அவதிக்கோணத்திலும் பெரிதாயிருக்கும்போதே முழு வுட்டெறிப்பு நிகழுமெனினும், அவதிக் கோணங்களிலுங் குறைவான படுகோணங்களுக்குங்கூட ஒளியினூருபாகந் தெறிக்கப்பட்டு மிகுதியே முறிந்ததென்பதைத் தெளிவாய் உணர்ந்து கொள்ளுதல் வேண்டும்.—வரிப்படத்தைப் பார்க்க.

கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகத்தைப் பரிசோதனைமூலந் தீர்மானித்தல்.—A என்பது, உருவம் 20.11 (*a*) கண்ணுடியின் ஓரையுருளைக் குற்றியெனவும், B என்பது தேய்த்த கண்ணுடித்துண்டு C இல் வரையப்பட்ட கறுப்பு நேர்கோடெனவுங் கொள்க. B ஆனது A இன் அச்சின் நேரே ஏறத்தாழத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கின்றதெனக் கொள்க. கண்ணுடியின் வளைவான பரப்பினூடு கோடு B ஐப்பார்த்து A இன் வளைவான பரப்பி



உருவம் 20.11.—கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகமாகிய $_{a}\mu_{g}$ ஐத் தீர்மானித்தற்குரிய மாறுநிலைக்கோண முறை.

லிருந்து வெளிப்படு கதிர்த்தொடரொன்றின் திசைகளைக் குறிக்கலாம். பார்வைமண்டலத்துக்கு வரையறையான எல்லைகளுண்டெனவும், அவ் வெல்லைகளுக்கப்பாற் கோடு B ஐப்பார்க்க முடியாதெனவுங் காணப்படும். குண்டூசிகள் P_1Q_1 உம் P_2Q_2 உம் இவ்வெல்லைகளை வரையறுக்கின்றனவெனக் கொள்க. இக் கதிர்களைப் பிற்பக்கமாய் நீட்டினால் அவை B இல் வெட்டும். கண்ணுடி-வளி இடைமுகமொன்றிலே படுங்கதிர்களுக்குரிய அவதிக்கோணம் ϕ ஆனால், இக்கதிர்களினிடைக் கோணம் 2ϕ ஆகும்.

இதற்குரிய காரணத்தைக் காணவேண்டுமானால், உருவம் 20.11 (*b*) ஐக் கருதுக. இது B இன் அண்மையிலுள்ள பாகத்தின் மிகப் பெருப்பிக்கப்பட்ட வரிப்படமாகும். இது B இலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிரொன்று A இன் தட்டையான ஓரத்திற் படிந்தாற்போலப் படுவதைக் காட்டுகின்றது. அப்போது முறிகதிரானது படுபுள்ளியிற் செங்குத்துக்கோட்டினோடு ஏறத்தாழ ϕ இற்குச் சமமான கோணத்தை உண்டாக்குகின்றது. படிந்தாற் போலவுள்ள கோணம் பூச்சியமாயின் முறிகோணம் ϕ ஆகும். எனின்,

$$\text{கோசீ}\ \phi = {}_a\mu_g.$$

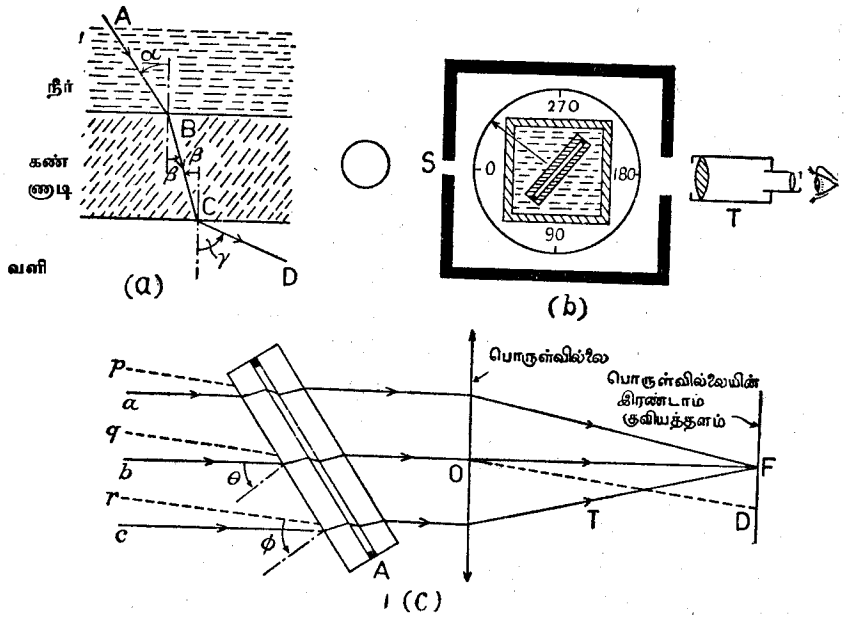
அவதிக்கோண முறையைக்கொண்டு நீரின் முறிவுக் குணகத்தைத் தீர்மானித்தல்.—ABCD என்பது, உருவம் 20.12 (*a*), இருபக்கங்களில் முறையே நீரையும் வளியையுங்கொண்ட கண்ணுடிச் செவ்வகக் குற்றியினூடு செல்லுகின்ற ஓர் ஒளிக்கதிரெனக் கொள்க. α, β, γ குறிக்கப்பட்ட கோணங்களெனக் கொள்க. எனின்,

$_a\mu_w$ சைன் $\alpha = {}_a\mu_g$ சைன் β, அத்துடன் $_a\mu_g$ சைன் $\beta =$ சைன் γ

அதாவது, $_a\mu_w$ சைன் $\alpha =$ சைன் γ.

α அதிகரித்துக்கொண்டு போகக் கடைசியாக $\frac{\pi}{2}$ பெறுமானத்தை γ பெறுகின்றது. அப்போது கதிர் BC முழுவதும் C இல் உள்ளே தெறிக்கப் படுகின்றது. இது நிகழும்போது α இன் பெறுமானம் ϕ ஆயின், $_a\mu_w$ சைன் $\phi = 1$. அதாவது ϕ என்பது நீர்-வளிக்குரிய அவதிக்கோணமாகும். எனவே, ϕ தெரியப்பட்டால் $_a\mu_w$ கணிக்கப்படலாம். தேவையான ஆய்கருவி உருவம் 20.12. (*b*) இலே காட்டப்பட்டிருக்கிறது. A எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ள கண்ணுடியின் சிறிய தட்டுகளிரண்டு, அவற்றினிடையே ஒரேயளவு தடிப்பான வளிப்படலம் இருக்குமாறு ஓரங்களிலே முத்திரையிடு மெழுகினூற் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இது, வட்டவளவிடையின்மேல் இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் காட்டியொன்றினோடு பொருத்தப்பட்டுளது. மரப்பெட்டியொன்றின் ஒரு பக்கத்திலுள்ள 1 ச.மீ. × 0·1 ச.மீ. அளவான செவ்வகப் பிளவொன்று சோடியஞ் சுவாலை L இனால் ஒளிரப்படும். கூட்டுத்தட்டினூடு செல்லுகின்ற ஒளிக்கதிர்கள் தொலைகாட்டி T இனால் ஏற்கப்பட்டுச் சமாந்தர ஒளியாய்க் குவிக்கப்பட்டு முறிவுக்குணகந் தேவைப்படும் திரவத்தைக் கொண்டுள்ள கண்ணுடிக்கலம் B இன் சார்பாக நிலையாக்கப்படும்.

வளிப்படலத்தினூடு தொலைகாட்டியின் பொருள்வில்லையினது இரண்டாவது குவியத்தளத்திற்கு *a*, *b*, *c* ஆகிய மூன்றுகதிர்களின் பாதைகளை உருவம் 20.12 (*c*) காட்டுகின்றது. இக்கதிர்களொவ்வொன்றும் அவதிக்



உருவம் 20.12.—திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகம்.

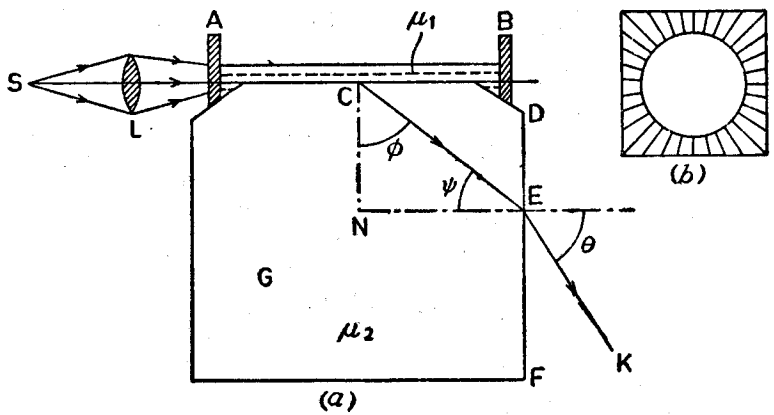
கோணம் ϕ இலுஞ் சிறிது குறைவான கோணம் θ இலே தட்டிற் படுகின்றது. பொருளவில்லையின் இரண்டாவது குவியமாகிய F இலே குவியுமாறு இக்கதிர்கள் தெரிந்தெடுக்கப்பட்டுள்ளன.

p, *q*, *r* என்னும் வேறு மூன்று கதிர்கள் ஒவ்வொன்றும் ϕ கோணத்திலே படுகின்றது. O இனூடு இக்கதிர்களுக்குச் சமாந்தரமான நேர்கோடு OD வரையப்பட்டால், வளிப்படலமில்லாவிடத்துக் குவியத்தளத்திலே இக்கதிர்கள் கொண்டுவரப்படும் இடம் D ஐப் பெறுகின்றோம். ϕ இலும் பெரிதான படுகோணங்களையுடைய கதிர்கள் முதலாவது கண்ணுடி-வளி இடைமுகத்திலே முழுவதும் உள்ளே தெறிக்கப்படுகினறன. இக் காரணத்தினால் D இன் கீழேயுள்ள பார்வைமண்டலம் இருட்டாயும் மேலேயுள்ளது துலக்கமாயுமிருக்கும். எல்லைக்கோடு தொலைகாட்டியின் குறுக்குக்கம்பியில் வருமட்டும் கலமானது சுழற்றப்படும். முதலிடம் L ஆனது அகன்ற தாயிருப்பதற்காக வளிப்படலத்திலே அவதிக்கோணத்திற் படுகின்ற கதிர்களையே இக்கருவி தெறிக்கின்றது. இம்முதலிடம் முடிவில் தூரத்திலிருக்கவேண்டியதில்லையாயினும் தொலைகாட்டி சமாந்தரவொளிக்காகக் குவிக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

காட்டியின் கோணநிலை குறிக்கப்பட்டு விம்பமானது திரும்பவுந் தோற்று மடடும் கூட்டுத்தட்டுச் சுழற்றப்படும். P இன் புதியநிலை குறிக்கப்பட்டதும், மீண்டும் இருளாகுமட்டுந் தொடர்ந்து சுழற்றப்படும். இவ்வகையாக A ஆனது 360° சுற்றுமட்டுஞ் சுழற்றப்படும். ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் காட்டியின் நிலையைக் குறித்து மண்டலமானது துலக்கமாகத் தட்டு இயக்கப்படவேண்டிய கோணத்தின் சராசரிப் பெறுமானம் அனுமானிக்கப்படும். இக்கோணத்தின் அரைவாசியே அவதிக்கோணமாகிய ϕ ஆகும். $_a\mu_w$ சைன் $\phi = 1$ என ஏற்கனவே காட்டியுள்ளோம்.

[முழுவுட்டெறிப்பு நிகழ்ந்தபோது தட்டுகளிடையேயுள்ள வெளி, நீரிலும் நிரம்பியிருக்குமாயின், தொலைகாட்டியிலே S இன் விம்பம் உடனே தோற்றும்.]

புல்பிரிச்சு (Pulfrich) முறிவுமானியின் தத்துவம்.—புல்பிரிச்சின் முறிவுமானியென்பது திரவங்கள், எண்ணெய்கள், கொழுப்புகள், சிறிது திருத்தத்துடன் ஒளிபுகவிடுந் திண்மங்கள் என்பனவற்றின் முறிவுக்குணகங்களைத் தீர்மானித்தற்குரிய ஒரு கருவியாகும். இதன் முக்கியவொளியியற் பாகமானது தெரிந்த முறிவுக்குணகம் μ_2 ஐயுடைய கண்ணுடிக்கனம் G



உருவம் 20.13.—புல்பிரிச்சு முறிவுமானி.

ஐக் கொண்டதாகும், உருவம் 20.13 (*a*). இக்கனத்தின் மேற்பாகம் குறையாகத் தேய்க்கப்பட்டதனால் முடிவெட்டிய கூம்பெனத் தோற்றமளிக்கும்.—உருவம் 20.13 (*b*) ஐப் பார்க்க. AB என்பது இவ்வாறு செய்யப்பட்ட கனத்தின் மேன்முகத்தில் ஒட்டப்பட்ட தட்டையான கண்ணுடிக்கலமாகும். இக் கலமானது முறிவுக்குணகம் μ_1 ஐத் தீர்மானிக்கவேண்டிய திரவத்தைக் கொண்டதாகும். முன்னைய கனத்தின் மேன்முகத்திற் படுமாறு ஒருநிறவொளியானது ஒருங்குவில்லை L இனால் முதலிடம் S இலிருந்து செலுத்தப்படும். [114 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க]. கண்ணுடியிலிருந்து வந்து கண்ணுடி-திரவ இடைப்பரப்பிற் படுகின்ற ஒளிக் கதிர்களுக்குரிய அவதிக்கோணமாகிய ϕ ஆனது முறிவுகோணமாயிருக்குமாறு C இற் கனத்தினுட் செல்லுகின்ற கதிரொன்றைக் கருதுக. கனத்தினுள்ளே இக் கதிரின் பாதை CE ஆயின், இதனோடொத்த வெளிப்படுகதிர் EK எனவும் வெளிப்படுகோணம் θ எனவுங் கொள்க. இக்கோணம் அளக்கப்படக்கூடிய தெனவுங் கொள்க. திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தைக் கணிப்பதற்குரிய சமன்பாட்டைப் பெறுதற்கு μ_1 சைன் $\theta_1 = \mu_2$ சைன் θ_2 என்ற பொதுவுருவத்திலே முறிவின் இரண்டாவது விதியானது உபயோகிக்கப்படும். [34 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க].

μ_1 உம் μ_2 உம் முறையே திரவத்தினதுங் கண்ணுடியினதுந் தனிமுறிவுக்குணகமாதலின் C இல் ஒளியின் முறிவுக்கு $\theta_1 = \frac{1}{2}\pi, \theta_2 = \phi$, ஆகும். இங்கு ϕ என்பது கண்ணுடியினூடு சென்று கண்ணுடித்திரவ இடைமுகத்திலே படுகின்ற கதிர்களுக்குரிய அவதிக்கோணமாகும். எனவே, μ_1 சைன் $\frac{1}{2}\pi = \mu_2$ சைன் ϕ,

அதாவது, $$\mu_1 = \mu_2 \text{ சைன் } \phi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{(i)}$$

வெளிப்படுகோணம் θ இனோடொத்த படுகோணமானது

$$\hat{\text{CEN}} = \psi = (\tfrac{1}{2}\pi - \phi) \text{ ஆகின்றது.}$$

இச்சந்தர்ப்பத்திலே முறிவின் பொது விதியானது,

$$\mu_2 . \text{ சைன் } (\tfrac{1}{2}\pi - \phi) = 1 . \text{ சைன் } \theta \text{ எனக் கொடுக்கின்றது.}$$

அல்லது, $$\mu_2 . \text{கோசை } \phi = \text{சைன் } \theta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{(ii)}$$

சமன்பாடுகள் (i), (ii) இலிருந்து ϕ ஐ நீக்கச் சைன் ϕ இற்கும் கோசை ϕ இற்குமுரிய கோவைகளை வர்க்கித்துக்கூட்ட, சைன்$^2\phi$ + கோசை $^2\phi = 1$ ஆதலின்,

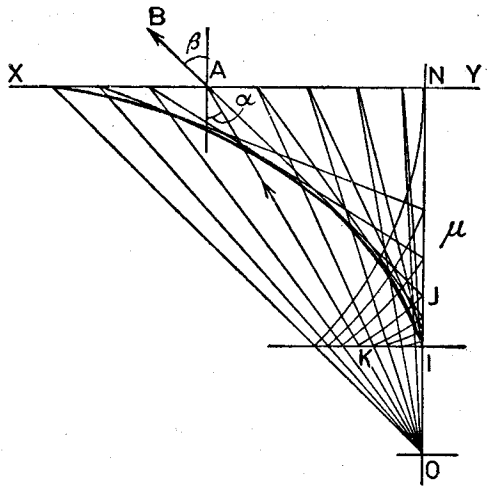
$$\left(\frac{\mu_1}{\mu_2}\right)^2 + \left(\frac{\text{சைன் } \theta}{\mu_2}\right)^2 = 1,$$

அல்லது $$\mu^2{}_1 = \mu_2{}^2 - \text{சைன்}^2\theta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{(iii)}$$

ϕ ஆனது மெய்யானதாயிருக்க μ_1 என்பது μ_2 என்பதிலிருந்து குறைவாயிருக்கவேண்டுமென்று (iii) ஆவது சமன்பாடு காட்டுகின்றது. அதாவது, திரவத்தின் முறிவுக்குணகமானது கனவடிவான கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகத்திலுஞ் சிறிதாயிருத்தல் வேண்டும். இன்னும், ϕ இன் எல்லைப்

பெறுமானங்கள் $0 \rightarrow \frac{1}{2}^{2}$ ஆயிருப்பதால், ஆராயப்படுந் திரவமானது $\sqrt{\mu_2^2 - 1} \rightarrow \mu_2$ என்ற வீச்சிலே முறிவுக்குணகத்தை உடையதாயிருத்தல் வேண்டும்.

தளப்பரப்பிலிருந்து முறிவினூல் எரிநிலேவளேகோடு.— XY என்பது, உருவம் 20.14, ஊடகங்கள் இரண்டினுக்கிடையே தளவிடைப்பரப்பின் ஒரு சுவடெனவும், மேலேயுள்ள ஊடகத்தின் சார்பாகக் கீழேயுள்ளதன் முறிவுக்குணகம் μ எனவுங்கொள்க. ஒளிரும்புள்ளி O இலிருந்து காலப்படும் OA ஐப்போன்ற எந்த ஒளிக்கதிரும் இடைப்பரப்பில் முறிந்து



உருவம் 20.14.—தளப்பரப்பிலே முறிவினூல் எரிநிலே வளேகோடு.

AB திசையிலே செல்லுகின்றது. BA இன் நீட்சி நிலேக்குத்துக் கோடு NO ஐ J இல் வெட்டுகின்றதெனக் கொள்க. A ஆனது N இலிருந்து அப்பாற்செல்லச்செல்லப் புள்ளி J ஆனது N ஐ நோக்கி இயங்குகின்றது. A இன் வெவ்வேறு நிலேகளுக்குரிய இவ்வகையான பல பாதைகள் அமைக்கப்பட்டால், AJ ஆனது குறித்தவொரு வளேகோட்டுக்கு எப்போதுந் தொடலியாயமைந்திருக்கக் காணலாம். இவ்வளேகோடானது தளப்பரப்பிலே முறிதலினூலுண்டான எரிநிலேவளேகோடு எனப்படும். இவ்வளேகோடானது AJ ஐப்போன்ற கோடுகளெல்லாவற்றினதுஞ் சூழி எனப்படும்.

சிறப்பாக இந்த எரிநிலேவளேகோடானது இவ்வகுவாக அமைக்கப்படலாம். $ON = \mu . IN$ ஆகுமாறு ON இலே ஒரு புள்ளி I ஐ எடுத்து, I இனூடு XY இற்குச் சமாந்தரமாக நேர்கோடு IK ஐ வரைக. ஒளிரும்புள்ளி O இலிருந்து புறப்படும் எந்தக்கதிர் OA உம், XY ஐ A இலும், IK ஐ K இலும் வெட்டுமாறு வரைக. A ஐ மையமாகவும் AK ஐ ஆரையாகவுங்

கொண்டு ON ஐ J இல் வெட்டுமாறு வில்லொன்றிடுக. JA ஐத் தொடுத்து B இற்கு நீட்டுக. எனின், AB எ முறிகதிராகும். எனெனின்,

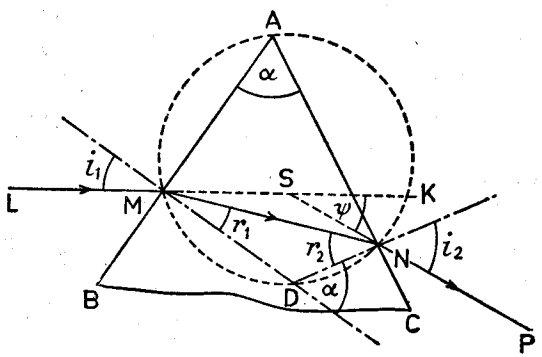
$$\mu = \frac{ON}{IN} = \frac{OA}{AK} = \frac{OA}{AJ} = \frac{OA}{AN} \cdot \frac{AN}{AJ}$$

$$= \frac{AN}{AJ} \div \frac{AN}{OA} = \frac{\text{சைன்}\ \beta}{\text{சைன்}\ \alpha}.$$

இங்கு α உம் β உம் A இற படுகோணமும் முறிகோணமுமாகும்.

AJ ஐப்போன்ற போதியவளவு கோடுகள் அமைக்கப்பட்டால் அவற்றின் சூழியே தேவையான எரிநிலே வளேகோடாகும்.

அரியமொன்றினூடு முறிவு.—சமாந்தர நேர்கோடுகளிலே வெட்டுகின்ற அழுத்தமான தளப்பரப்புக்களினூற் சூழப்பட்ட ஒளிபுகவிடும் பொருளொன்றையே **அரியம்** என்று ஒளியியல் கருதுகின்றது. முறிக்குமரியமொன்றிற்கு ஆக இரண்டு தளப்பரப்புக்களே தேவை. இவை முறிக்கும் பரப்புக்கள் எனப்படும். ஒளியானது முதலாவது பரப்பிற் புகுந்து இரண்டாவதிலிருந்து வெளிப்படும். முறிக்கும் பரப்புக்களினிடையேயுள்ள உச்சிக் கோணமெனப்படும் இக்கோணம் **முறிகோணம்**[1] எனவும், அவை வெட்டும்



உருவம் 20.15.—அரியமொன்றினூடு முறிவு.

நேர்கோடானது **முறிவோரம்** எனவும் பெயர்பெறும். அதனேரங்களுக்குச் செங்குத்தாக எந்தத் தளத்தினூலும் உண்டாக்கப்படும் வெட்டும் அரியத்தின் **தலேமைத்தளம்** எனப்படும். ABC என்பது, உருவம் 20.15, அரியமொன்றினூடான தலேமைவெட்டெனக் கொள்க. இங்குள்ள பிரச்சினேயிலே அடியானது எவ்வித பங்கும் எடுக்கவில்லே எனபதைக்காட்டவே அது வரிப்படத்திலுள்ளவாறு வரையப்பட்டுள்ளது. $\hat{BAC}$ என்பது அரியத்தின் கோணம் α எனப்படும். LM என்பது படுகதிரெனவும், i_1 என்பது படுகோணமெனவுங் கொள்க. MN என்பது அரியத்தினுள்ளே கதிரின்

[1] சிலவேளேகளில சிகரக்கோணம் எனப்படும்.

பாதையெனவும், NP வெளிப்படுகதிரெனவும், i_2 வெளிப்படுகோண மெனவுங் கொள்க. LM இன் நீட்சியை S இற்சந்திக்குமாறு PN ஐ நீட்டுக. LS ஐ NP இன் திசையிலேயே கொண்டுவருதற்கு அதனை $\hat{KSP}$ இனூடாகச் சுழற்றுதல் வேண்டும். விலகற் கோணம் எனப்படும் இக் கோணம் ψ இனூற் குறிக்கப்படும்.

MD உம் ND உம், M இலும் N இலும் அரியத்தின் முகங்களுக்குச் செங்கோடுகளெனக் கொள்க. எனின், A, M, D, N என்பனவற்றினூடு ஒரு வட்டம் வரையப்படலாம். எனவே $\hat{MDN} = 180° - \alpha$ என்பது பெறப் படுகின்றது.

இன்னும், முக்கோணியொன்றின் புறக்கோணமானது அகவெதிர்க் கோணங்களிரண்டினதுங் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாதலின்,

$$\alpha = r_1 + r_2$$

அத்துடன்

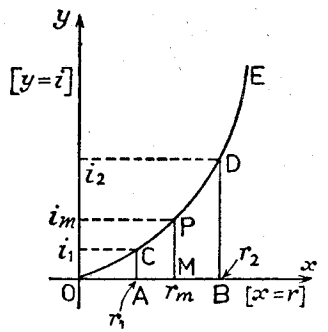
$$\psi = \hat{SMN} + \hat{SNM}$$
$$= (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2) = (i_1 + i_2 - \alpha).$$

பரிசோதனை.—35° இற்குக்குறையாத படுகோணங்களிலிருந்து தொடங்கி ஏறத்தாழ 70° மட்டும் 5° இடைகளினூல் அவற்றை அதிகரிப்பித்து ஓரியத் தினூடு ஒளிக்கதிர்களின் பாதைகளை வரைக. படுகோணங்களையும் அவற்றி னூடொத்த விலகற்கோணங்களையும் அளக்க. படுகோணம் i_2 ஆயிருப் பின் விலகற்கோணம் ψ இற்குச் சமமாகவேயிருக்குமாதலின் ஒவ்வொரு நீலைக்கும் இரண்டு பேறுகள் பெறப்படுகின்றன.

i என்பது அதிகரித்துக்கொண்டு போக ψ என்பது குறைந்து பின்பு அதிகரிக்கக்காணப்படும். அதாவது, ψ இற்கு இழிவுப்பெறுமானமொன் றுண்டு. **இழிவுவிலகற்கோணம்** எனப்படும் இக்கோணம் γ என்ற எழுத்தி னூற் குறிக்கப்படும், அதாவது, $\psi_{\text{இழிவு}} = \gamma$. i_1, i_2 ஆகிய படுகோணமும் இழிவு வெளிப்படுகோணமும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாயிருக்கும்போதே விலகல் இழிவாயிருக்குமெனக் காணப்படும். அதாவது, இந்த நீலையிலே கதிரொன்று அரியத்தினூடு சமச்சீராகச் செல்லும்.

$r_1 = r_2$ ஆகுமாறு அரியமொன்றினூடு ஒரொளிக்கதிர் செல்லும்போதே கதிரின் விலகல் இழிவானதென்பதைக் காட்ட.—பரப்பொன்றிலே ஒரு கதிர் முறியும்போது, படுகோணம் i ஆனது முறிகோணம் r இனூடு எவ்வகையாக மாறுகின்றதென்பதைக்காட்ட வரைப்படமொன்று பெறப் படுமானூல், அதனுருவம் 20.16 ஆம் உருவத்திலே காட்டப்பட்டவாறி ருக்கும். μ சைன் $r = 1$ ஆகும்போதே r இற்குரிய ஆகவுயர்ந்த பெறு மானம் பெறப்படுமாதலின் வளைகோட்டின் எல்லை வரையறுக்கப்பட் தாக வேயிருக்கும். O இலே வளைகோட்டின் சாய்வுவிகிதம் μ எனவும் E இலே முடிவிலியெனவும் நுண்ணிதத்தைக்கொண்டு காட்டமுடியும். அத்துடன், வளைகோடானது உயர்வு இழிவு யாதேனுமின்றித் தொடர்ச்சியானதென

வுங்காட்டலாம். இப்பொழுது, கண்ணுடியரியமொன்றினூடு ஒளிக்கதிர்கள் செல்லுவதைப்பற்றி ஆராய, வளைகோட்டின் உருவத்தினூற் பெறப்படக் கூடிய அறிவைப் பயன்படுத்துவதோடு நாம் திருப்தியடைதல் வேண்டும். வழக்கமான குறியீட்டை உபயோகித்துக் கொண்டு, கதிரானது அரியத்தினூடு சமச் சீராகச் செல்லும்போது r இன் பெறு மானத்தை r_m எனக்கொள்க. வளைகோட்டை P இல் வெட்டுகின்ற ஒத்த நிலைத்தூரத்தை PM எனக்கொள்க. முதலாவது பரப் பிலே இன்னொரு கதிரின் முறிவுக்கோணம் r_1 ஆயின், இரண்டாவது பரப்பிலே அதன் படுகோணத்தை r_2 எனக்கொள்க. வரிப் படத்திலே இக்கோணங்கள் முறையே A, B புள்ளிகளினூறு குறிக்கப்படுகின்றன வெனவுங் கொள்க. $r_1 + r_2$ என்பது அரியத் தின் உச்சிக்கோணமாகிய α இற்குச்சமமாத லின், புள்ளிகள் A, B எனபன M இலிருந்து சமதூரங்களிலுள்ளன. A இனூடும் B இனூடுஞ் சென்று வளைகோட்டை C இலும் D இலும் வெட்டுகின்ற நிலைத்தூரங்கள் ஒத்த பெறுமானங்கள் i_1, i_2 என்பவற்றைக் கொடுக்கின்றன. வளைகோட்டின் உருவத்திலிருந்து

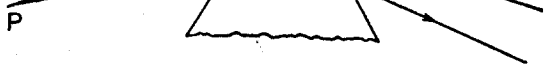


உருவம் 20.16. அரியமொன்றின் பயனை இழிவுவிலகல்.

$$i_2 - i_m > i_m - i_1, \quad \text{அல்லது} \quad i_1 + i_2 > 2i_m$$

என்பது பெறப்படும். விலகற்கோணம் $\psi = i_1 + i_2 - \alpha$ என்பதனூற் கொடுக் கப்படும். இது, $r_1 = r_2$ ஆகும்போதுள்ள விலகற்கோணமாகிய $2i_m - \alpha$ இலும்பார்க்கப் பெரிதானதாகும். எனவே, $r_1 = r_2$ ஆகும்போதே வில கல் இழிவானதாகும்.

அரியமொன்றினூல் உண்டாக்கப்படும் விம்பம்.— P என்பது, உருவம் 20.17, ஒளிரும் புள்ளியொன்றெனவும், PQ என்பது முறிவின்பின் அரியத்தினூடு இழிவுவிலகலோடு செல்லுகின்ற கதிரெனவுங் கொள்க.

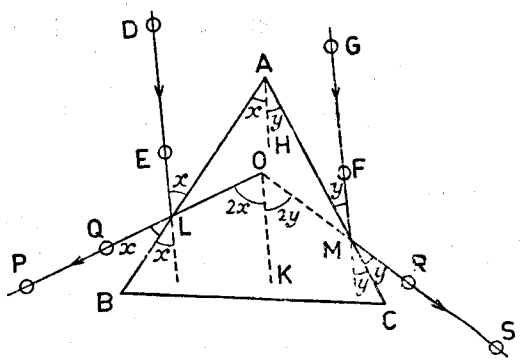


உருவம் 20.17.—அரியமொன்றினூல் உண்டாக்கப்படும் விம்பம்.

PR, PS என்பன சிறிது வித்தியாசமான கோணங்களிரண்டிற் படுகின்ற வேறு கதிர்களாயின், வளைகோட்டின் இழிவுநிலைக்கண்மையிலே படுகோணத் திணைடு மிகச்சிறிதளவே விலகல் மாறுகின்றதாதலின், இக்கதிர்களின் விலகல் எறத்தாழ PQ இன் விலகலேயாமென 48 ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப் பட்டுள்ள பரிசோதனையிலிருந்து பெறப்பட்ட வரைப்படத்தைப் பார்த்தால் விளங்கும். எனவே, அரியத்தினூடு இக்கதிர்களின் செல்லுகை அவை விரியும் அளவை மாற்றுவதில்லை. அதாவது, வெளிப்படுகதிர்கள் பொதுப் புள்ளி P′ இலிருந்து வருவதாகத் தோற்றுகின்றன. அரியத்திலிருந்து P இன் தூரத்தோடு ஒப்பிடப்படும்போது அரியத்தின் தடிப்பு தவிர்க்கப் படக்கூடியதாயின், P, P′ புள்ளிகள் அரியத்திலிருந்து சமதூரத்திலுள் ளன. P′ என்பது P இன் மாயவிம்பமாகும். அரியமானது இழிவுவிலகல் நிலையிலில்லாதிருப்பின் அதிலிருந்து வெளிப்படுங் கதிர்கள் பொதுப் புள்ளியில் வெட்டமாட்டா. அதாவது, மெய்யான விப்பம் உண்டாகமாட் டாது.

ஊசியொன்றைப் பொருளாக உபயோகித்து இரண்டாவது ஊசி யொன்றை அதற்கும் P′ இற்குமிடையே இடமாறு தோற்ற மில்லாதவாறு வைத்து P′ இன் நிலையைப் பரிசோதனைமூலங் காணலாம். [அரியத்தின் முடியின் மேலே காணப்படக்கூடியதாய் இரண்டாவது ஊசியானது போதிய அளவு நீளமாயிருத்தல் வேண்டும்.]

அரியத்தின் கோணத்தை அளத்தல்.— AB உம் AC உம் அவற்றி னிடையே கோணம் அளக்கப்படவேண்டிய அரியமொன்றின் இரு முகங் களெனக் கொள்க, உருவம் 20.18. காகிதத்தாளொன்றிலே சமாந்தர



உருவம் 20.18.—அரியமொன்றின் உச்சிக்கோணத்தினது தீர்மானம்.

நேர் கோடுகள் வரையப்பட்டபின் D, E, F, G என்னும் புள்ளிகளிலே குண்டூசிகள் வைக்கப்பட்டு இரண்டு சமாந்தரக் கதிர்கள் வரையறுக்கப்பட் டுள்ளன. இக்கதிர்கள் அரியத்தின் முகங்களிலிருந்து தெறிக்கப்பட்டுத்

தெறித்த கதிர்கள் P, Q, R, S குண்டூசிகளினூல் வரையறுக்கப் பட்டுள்ளன. L, M என்பன கதிர்களின் படுபுள்ளிகளெனக் கொள்க. PQ ஐயும் SR ஐயும் O இற் சந்திக்குமாறு நீட்டி, AH ஐயும் OK ஐயும் படுகதிர்கள் DE இற்கும் GF இற்குஞ் சமாந்தரமாக வரைக.

இப்போது x எனக் குறிக்கப்பட்ட கோணங்களெல்லாம் சமம். ஆகவே, OK ஆனது DE இன் நீட்சிக்குச் சமாந்தரமாதலின் $\hat{\text{LOK}}$, $2x$ இற்குச் சமமாகும். இதனைப்போலவே, y என்பது குறிக்கப்பட்ட கோணமாகும் போது $\hat{\text{MOK}}$, $2y$ இற்குச் சமமாகும். ஆகவே, கூட்டல் முறையாக $\hat{\text{LOM}}$ அரியக்கோணத்தின் இருமடங்காகும். இவ்வரியக்கோணம் $x+y$ இற்குச் சமமாகும்.

அரியமொன்றின் பதார்த்தத்தினது முறிவுக்குணகத் தீர்மானம்.— முதலாவது முறை.—இழிவுவிலகற்கோணமாகிய γ இனோடொத்த படுகோ ணம் i காணப்பட்டதும், μ கணிக்கப்படலாம். பரிசோதனை 48, III ஆம் பக்கத்திலே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஏனெனின், இச்சந்தர்ப்பத்திலே, $i_1 = i_2 = i$, $r_1 = r_2 = r$ (என்க் கொள்க).

எனவே, $\alpha = 2r$ அல்லது $r = \frac{\alpha}{2}$,

அத்துடன், $\gamma = 2(i - r)$,

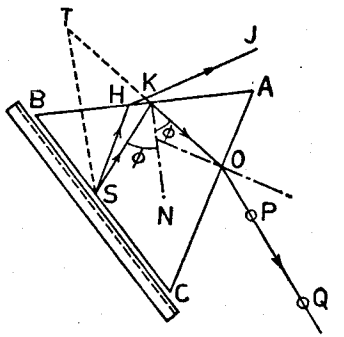
அல்லது $2i = \gamma + \alpha$, அதாவது, $i = \frac{\alpha + \gamma}{2}$.

$$\therefore \mu = \frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{\text{சைன் } \frac{1}{2}(\alpha+\gamma)}{\text{சைன் } \frac{1}{2}\alpha}.$$

இச்சமன்பாடு அரியத்தின் கோணமாகிய α ஐக்கொண்டதாகும். எனவே, முறிவுக்குணகம் கணிக்கப்படமுன்பு இக்கணியம் அறியப்படவேண்டும்.

இரண்டாவது முறை.—தேய்த்த கண்ணுடித் துண்டொன்று அரியம் ABC இன் அடி BC இனோடு இந்தியரப்பர்நாடாவொன்றினூல் இணைக் கப்பட்டுள்ளது, உருவம் 20·19. எனின், அடியிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளி யும் எல்லாத் திசைகளிலும் ஒளியைச்செலுத்துகின்ற ஒளியின் ஒரு முத லிடமாகும். S என்பது இவ்வகையான ஒரு புள்ளியெனக்கொள்க. அரியத் தின் தலைமைத்தளத்திலே S இனூற் காலப்படும் SH, SK ஆகிய இரண்டு கதிர்களைக் கருதுக. SH என்பது பொருத்தமான மாறுகோணமாகிய ϕ அலுங்குறைந்த கோணத்திலே AB முகத்திற் படுமாயின் HJ ஆகிய முறி கதிரொன்றுண்டு. ஆனால், SK ஆனது அவதிக்கோணம் ϕ இலே படுமாயின் அது முகம் AB இலிருந்து முழுவதுந் தெறித்து முகம் AC இற் பட்டு PQ திசையில் வெளிப்படும். இதனைப்போலவே, S இலிருந்து புறப்பட்டு

ϕ இலும் பெரிதான கோணங்களில் AB இற் படுகின்ற கதிர்கள் AC முகத்திலிருந்து முறிந்து அரியத்தைவிட்டு வெளியேறுகின்றன. ஆகவே, ஒருவர் AC முகத்தினுள்ளே பார்ப்பாரேயானால் பார்வைப்புலமானது ஒன்று மற்றதிலும் இருட்டுக்கூடியதான இரு பாகங்களாகப் பிரிக்கப்படும். புறவொளியும், அவதிக் கோணத்தையடையமுன் BA இலிருந்து தெறித்த ஒளியுமே, புலத்தை முழுவதும் இருட்டாக்காது தடுத்துக்கொள்கின்றது, 40, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க. அவதானிக்கப்பட்ட சிறப்பான எல்லைக்கோட்டிணேடொத்த வெவ்வேறு புள்ளிகளே BC இலிருப்பதனால், இரண்டு பாகங்களுக்குமிடையேயுள்ள எல்லைக்கோடானது பார்ப்பவரின் நிலையோடு மாறுகின்றது. வசதியான ஒரு நிலைக்குரிய எல்லைக்கோடு P,Q குண்டூசிகளினூற் குறிக்கப்படலாம். கதிர் PQ ஆனது புறப்படுகின்ற புள்ளி S ஐத்தீர்மானிக்கவேண்டுமாயின், தேய்த்த கண்ணுடியின் பரப்பிலே நிலைக்குத்தான கோடொன்று வரையப்பட்டபின் அது திரும்பவும் வைக்கப்படும். அதிலுள்ள கோடானது அரியத்தின் முறிவோரத்திற்கு எப்போதும் சமாந்தரமாயிருக்குமாறு, K இலே தெறிப்பாலும AC முகத்திலே முறிவாலும் உண்டான கோட்டின் விம்பம் QP இன் நீட்சியிலே தோற்று மட்டும், கண்ணுடியானது இயக்கப்படும். AB இலுண்டான S இன் விம்பம் T ஆயின் TO ஐ ஒரு நேர்கோட்டினூற்றெடுத்து K ஐப் பெறுகின்றேம். K இலே AB இற்குச் செவ்வன் KN ஆயின், $\hat{SKN}$ என்பது தேவையான அவதிக் கோணமாகிய ϕ ஆகும். μ சைன் $\phi = 1$ ஆதலின் μ ஐ அறியலாம்.



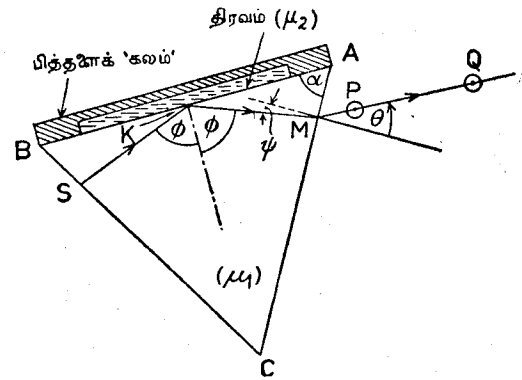
உருவம் 20.19. – மாறுநிலைக் கோண முறையொன்றில் அரியப் பதார்த்தத்திற்குரிய μ.

திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தைத் தீர்மானித்தற்குரிய அவதிக் கோண முறை.—திரவமொன்றின் முறிவுக்குணத்தைத் தீர்மானித்தற்காக மேலேயுள்ள பரிசோதனை இலகுவாகத் திருத்தியமைக்கப்படலாம். முதலிலே அரியத்தின் பக்கம் AB இற் பொருந்துமாறு பித்தளைத் துண்டொன்று செய்யப்படும், உருவம் 20.20 ஐப்பார்க்க. ஏறத்தாழ 1 மி.மீ. ஆழத்திற்குப் பித்தளைத்துண்டின் மத்தியபாகம் அகற்றப்படுதல் வேண்டும். ஆராயப்படுந் திரவத்தின் சிறிய கணியமொன்று பித்தளையிலுள்ள பகுதியிலே விடப்பட்டு அரியமானது திரவத்தையும் அதன் கலத்தையும் மூடவைக்கப்படும். முந்திய பரிசோதனையிற் செய்ததுபோலவே புள்ளி S

இணேடொத்த எல்லைக்கோடு காணப்படும். கண்ணுடியிற் சென்று கண்ணுடி-திரவ இடைப்பரப்பிற் படுகின்ற ஒளிக்கதிர்களுக்குரிய அவதிக் கோணம் ϕ ஆயின்

$$\mu_1 \text{ சைன் } \phi = \mu_2 \text{ சைன் } \frac{\pi}{2}$$

எனப் பெறுகின்றேம், 34, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க. இங்கு μ_1 உம் μ_2 உம் முறையே கண்ணுடியினதும் திரவத்தினதும் முறிவுக்குணகங்களாம். எனவே, μ_1 தெரிந்து ϕ அளக்கப்பட்டால், μ_2 இலகுவிற் கணிக்கப்படலாம்.



உருவம் 20.20.—திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தைத் தீர்மானித்தற்குரிய அவதிக் கோணமுறை.

ஆயினும், கோணம் α தெரியப்பட்டு வெளிப்படுகோணம் θ அளக்கப்படுமாறால், இப்போது நிலைநாட்டப்பட்ட சூத்திரத்திலிருந்து μ_2 கணிக்கப்படலாம. இப்போது,

$$\mu_1 \text{ சைன் } \phi = \mu_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(i)}$$

எனப் பெறுகின்றேம். M இலே படுகோணத்தை ψ எனக்கொண்டால்,

$$\mu_1 \text{ சைன் } \psi = \text{சைன் } \theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(ii)}$$

அத்துடன், முக்கோணி AKM இலிருந்து

$$\alpha + (\tfrac{1}{2}\pi + \psi) + (\tfrac{1}{2}\pi - \phi) = \pi$$

$$\therefore \phi = \alpha + \psi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(iii)}$$

(i) இலிருந்து

$$\mu_2 = \mu_1 \text{ சைன் } (\alpha + \psi)$$

$$= \mu_1 \text{ சைன் } \alpha \text{ கோசை } \psi + \mu_1 \text{ கோசை } \alpha \text{ சைன் } \psi$$

$$= \mu_1 \text{ சைன் } \alpha \sqrt{1 - \frac{\text{சைன்}^2\,\theta}{\mu_1^2}} + \text{கோசை } \alpha \text{ சைன் } \theta$$

$$= \text{சைன் } \alpha \sqrt{\mu_1^2 - \text{சைன்}^2\,\theta} + \text{கோசை } \alpha \text{ சைன் } \theta.$$

எனவே, μ_1, α, ϕ தெரியப்பட்டால், μ_2 கணிக்கப்படலாம். சில சமயங்களிலே θ ஆனது செவ்வனின் குறிக்கப்பட்ட பக்கத்திலும் வேருன பக்கத்தில் இருக்குமென்பதை அவதானிக்கவேண்டும். அப்போது θ மறை யானதாகும். எனவே,

$\mu_2 =$ சைன் $\alpha\sqrt{\mu_1^2 -$ சைன்$^2\theta}$ – கோசை α சைன் θ

எனப் பெறுகின்றோம்.

சிறிய முறிகோணங்களையுடைய அரியங்கள்.—அரியத்தின் முறிகோண மாகிய α சிறிதெனவும், படுகதிரும் வெளிப்படுகதிரும் அவற்றின் பரப்புக்கு ஏறத்தாழச் செங்குத்தெனவுங் கொள்க. எனின், 48, III ஆம் பக்கத்திற் பெறப்பட்டவைபோன்று,

$$\psi = (i_1 + i_2) - (r_1 + r_2) \text{ எனவும்,}$$

$$r_1 + r_2 = \alpha \text{ எனவும் பெறுகின்றோம்.}$$

i_1 உம் i_2 உம் சிறிதாயிருத்தலின் r_1 உம் r_2 உம் சிறிதாயிருக்கும். எனவே, பொதுச்சமன்பாடாகிய சைன் $i = \mu$ சைன் r என்பதற்குப் பதிலாக $i = \mu r$ எனவெழுதலாம். அதாவது $i_1 = \mu r_1$, $i_2 = \mu r_2$.

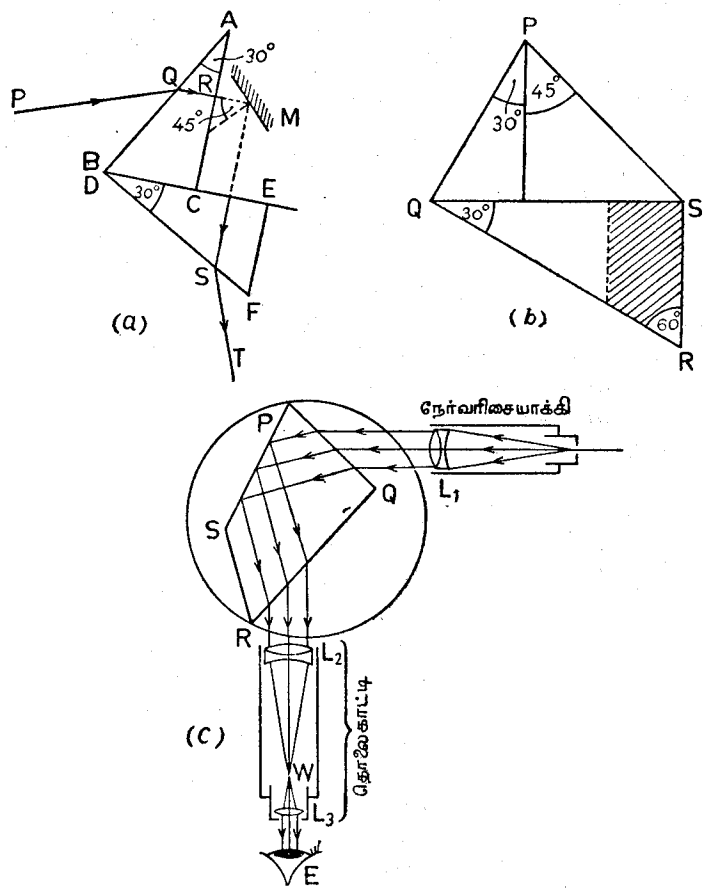
எனவே, $$\psi = (\mu - 1)(r_1 + r_2) = (\mu - 1)\alpha.$$

நிறந்தராவரியங்களின் தொடர்பிலே மேலேயுள்ள சமன்பாடு உபயோ கிக்கப்படும், [131, III ஆம் பக்கம் பார்க்க.]

எனினும், படுகோணம் பெரிதாயிருக்கும்போது முறிவுக்கோணஞ் சிறிதா யுள்ள அரியத்தினூடு முறிவினால் உண்டாக்கப்படும் விலகல் மேலே யுள்ள எளிய சூத்திரத்தினாற் கொடுக்கப்படமாட்டாது. உதாரணமாக, $\alpha = 3°$ எனவும், $i_1 = 60°$ எனவும், $\mu = 1{\cdot}523$ எனவுங்கொள்க. எனின், அவ்வகையான நிபந்தனைகளில் $r_1 - r_2 = \alpha$, $\psi = i_1 - i_2 - (r_1 - r_2)$ $= i_1 - i_2 - \alpha$. இப்போது $r_1 = 34° 40'$; $r_2 = 31° 40'$ எனக் கணித்தல் காட்டுகின்றது. எனவே, $i_2 = 53° 4'$. எனின், $\psi = 3° 56'$. அதாவது, விலகல் இன்னுஞ் சிறிதாயிருக்கின்றது. ஆயினும், மேலேயுள்ள மெல் லியவரியத்திலே முதன்மேற்பரப்பிற் படுகோணஞ் சிறிதாயிருக்கும் போதுள்ள விலகற்கோணமாகிய $(\mu - 1)\alpha$ அல்லது $1° 34'$ இற்கு இது சமமன்று.

மாருவிலகல் திருசியமானி.—ABC என்பது, உருவம் 20.21 (*a*), $60°$ கண்ணுடியரியமொன்றின் ஒரு பாதியெனவும், PQ என்பது முறி கதிர் BC இற்குச் சமாந்தரமாயிருக்கக்கூடியதாக θ_1 கோணத்திலே படுகின்ற ஒரொளிக்கதிரெனவுங் கொள்க. DEF என்பது காட்டியுள்ளது போல வைக்கப்பட்ட அரியத்தின் மற்றப்பாகமெனவுங் கொள்க. கதிர் QR ஆனது திசைமாறாது வெளிப்படும். படுகோணம் $45°$ ஆயிருக்கக் கூடியதாய் வைக்கப்பட்டுள்ள தளவாடி M இலே இது படுகின்றதெனக் கொள்க. தெறிகதிரானது அரியம் DEF இல் BE இற்குச் செங்குத் தான திசையில், ஆதலின் EF இற்குச் சமாந்தரமான திசையில்,

உட்செல்லுகின்றது. வெளிப்படுகதிர் ST ஆகவும், வெளிப்படு கோணம் θ_1 ஆகவும் இருக்கும். எனவே, ஒளிக்கதிரானது இழிவுவிலகல்நிலையிலிருந்த முந்திய $60°$ அரியத்தினூடு சென்றது போலவே அரியத்தையும் ஆடியையுங் கொண்ட கூட்டொழுங்கினூடுஞ் செல்லும், எனினும் ST என்பது PQ இற்குச் செங்குத்தாயிருக்கின்ற தென்பதே வித்தியாசமாகும். [இதன் நிறுவல் ஓரப்பியாசமாக விடப்படுகிறது.]



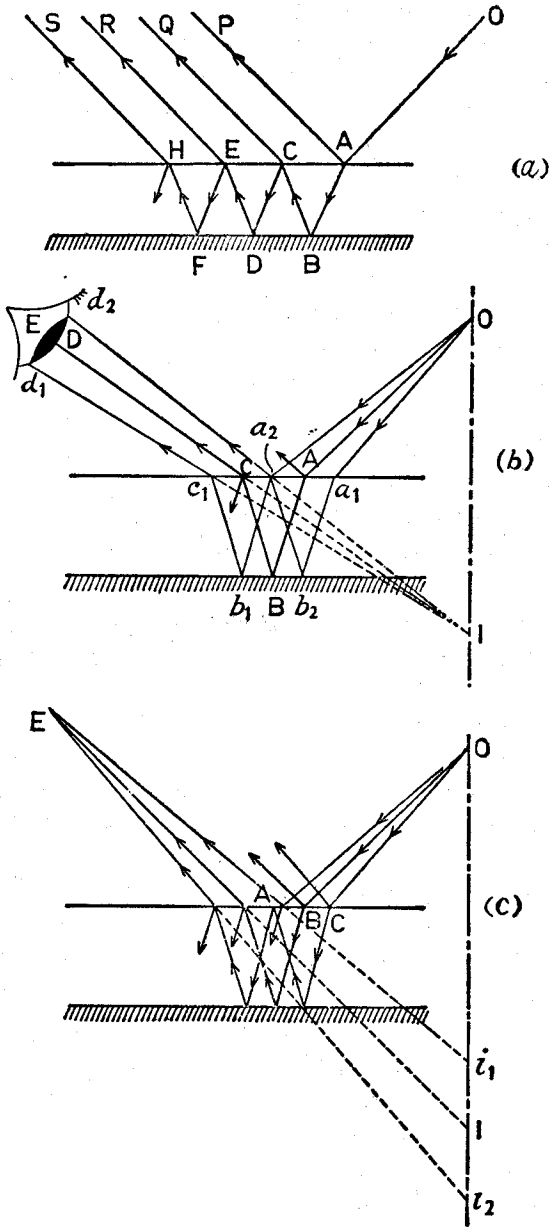
உருவம் 20.21.—மாருவிலகல் திருசியமானி.

தளவாடியொன்றிற்குப் பதிலாக உருவம் 20.21 (*b*) இற் காட்டப் பட்டிருப்பதுபோல $45°$ அரியமொன்று வைக்கப்பட்டால், அதேவிளைவு உண்டாக்கப்படும். கோடிடப்பட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ள பாகமுஞ் சேர்க்கப்பட்ட அரியமானது ஒரு பொருளாகச் செய்யப்படலாம்.

உருவம் 20.21 (*c*) இற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோல நேர்வரிசையாக்கி யொன்றும் தொலைகாட்டியொன்றும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளதெனக் கொள்க. எனின் ஒருநிறவொளியானது உபயோகிக்கப்பட்டால் மேலே கூறியதுபோல அமைக்கப்பட்ட அரியம் PQRS ஆனது, திருசியக்கோடாகிய விம்பம் தொலைகாட்டியின் குறுக்குக்கம்பிகள் W இல் எப்போதும் விழும்படியான நிலையில், வைக்கப்படலாம். அரியம் நிற்கின்ற மேசையானது அவ்வரியத்தைத் தேவையான நிலைக்குக் கொண்டு வருமாறு பிளவுக்குச் சமாந்தரமான அச்சொன்றைச் சுற்றிச் சுழற்றப்படும். பல்லினமான ஒளியானது உபயோகிக்கப்படும்போது மேசையானது சுழற்றப்பட திருசியத்திலுள்ள ஒவ்வொரு கோடும் முறையாகக் குறுக்குக்கம்பிகளிலே அவதானிக்கப்படும். மேசையிலிருந்து புறப்பட்டுநிற்கும் புயமொன்றுக்கெதிரே தள்ளிக்கொண்டிருக்குங் கூரையுடைய மெல்லிய உருக்குத் திருகொன்றைக்கொண்டு மேசையானது சுழற்றப்படும். இத்திருகின் தலையானது, அவதானிக்கப்படுங் கோட்டின் அலைநீளம் நேராகவாசிக்கப்படக்கூடியதாக, அளவுகோடிடப்பட்ட முரசொன்றின் உருவத்திலுள்ளது. தெரிந்த அலைநீளங்களையுடைய கோடுகளை உபயோகித்து அளவிடை நியமமாக்கப்படும். இரசம், செம்பு விற்களிலுள்ளன மிக்க வசதியானவையாம். சாதாரண திருசியமானியிலும் அளவுகோடிடப்படலாம். ஆனால், தொலைகாட்டியின் வைப்பிடங்களிலிருந்து அலைநீளங்களான இடப்பெயர்ச்சி சிக்கலானதாம். மாறுவிலகல் திருசியமானியானது நேரமெடுக்கும் இந்த நிகழ்ச்சியைத் தவிர்க்கின்றது. அரியமானது இடம் பெயரின், ஒன்று அல்லது பல தெரிந்த திருசியக் கோடுகளைக்கொண்டு அதுபிரதியிடப்படலாம். சோடியம் D கோடுகளிரண்டினுள் ஒன்று திருசியக் கோடுகளின் உதாரணமாகும்.

தடித்த ஆடியொன்றில் விம்பங்கள்.—தடித்தவாடியொன்றின் முன்பு மெழுகுதிரியொன்று பிடிக்கப்படும்போது பல விம்பங்கள் உண்டாவதை விளக்கவேண்டுமாயின் ஒளிரும்புள்ளி O இனால் வெளிவிடப்பட்ட தனிக்கதிர் OA இற்கு நிகழ்வதைக் கருதுவோமாக, உருவம் 20.22 (*a*). ஆடியின் முன்பரப்பிலுள்ள புள்ளி A இலே ஒளிச்சத்தியிலுருபாகந் தெறிக்கப்பட்டுக் கதிர் AP உண்டாகின்றது. இரண்டாவது பாகம் முறிந்து கதிர் AB உண்டாகின்றது. ஆடியின் பின்னாலுள்ள புள்ளி B இலே தெறிப்புண்டாகி BC கதிரைப் பெறுகின்றோம். இது முன்பரப்பை அடைந்தும் அங்கே AB இற்குச் சமாந்தரமான தெறிகதிர் CD உம், AP இற்குச் சமாந்தரமான முறிகதிர் CQ உம் உண்டாகின்றன. மேலும் ஒளிக்கதிரினாலெடுக்கப்பட்ட பாதை குறிக்கப்பட்டுள்ளது. சமாந்தரக் கதிர்களின் தொகுதியொன்று ஆடியிலிருந்து வெளிப்படுகின்றதென வரிப்படங் காட்டுகின்றது. ஆனால், தடித்தவாடியொன்றிற் காணப்படும் பல விம்பங்களை இத்தொகுதி உண்டாக்கவில்லை. விம்பமொன்று காணப்படவேண்டுமாயின் பொருளிலிருந்து புறப்பட்டுப் பார்ப்பவரின் கண்ணையடையும் ஒளிக்கற்றையொன்றிருத்தல் வேண்டும். OA ஐ மத்திய கதிராகவும்,

Oa_1, Oa_2, ஆகியவற்றை எல்லைக்கதிர்களாகவுங் கொண்ட கதிர்களின் கற்றையொன்றைக் கருதுவோமாக, உருவம் 20.22 (*b*). இக்கதிர்கள் முதலாவது பரப்பிலே குறையாகத் தெறிக்கின்றன. ஆயினும் இக்கதிர்கள் E இலுள்ள கண்ணையடையவில்லையெனக் கொள்வோம். எனினும், மத்திய கதிரானது AB இன் நேரே முறிந்து B இலே BC இன்நேரே தெறித்து C இலே முறிகதிர் CD ஆகச் செல்கின்றதெனக் கொள்வோம். CD ஐ மத்திய கதிராகக் கொண்ட முறிகற்றை $a_2\ d_2\ d_1\ c_1$ ஆனது கண் F ஐ அடையுமெனின், I இலே விம்பமொன்றுண்டாகும். கண்ணனது செவ்வனுக்கண்மையிலிருப்பின் இப்புள்ளியானது O இலே ஆடிக்குச் செவ்வனிலே மட்டுமிருக்கும். [உண்மையிலே கண் E ஆனது O இனூடு செல்லுஞ் செவ்வனண்மையில் இருப்பதாகக்



உருவம் 20.22.—தடித்தவாடியொன்றின் விம்பங்கள்.

கருதப்பட்டாலும், தெளிவுக்காக வரிப்படத்திலே E இற்கும் மேலேயுள்ள செவ்வனுக்குமிடையேயுள்ள தூரம் பெரிதாகக் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது].

பலவிம்பங்களைப்பற்றி விளக்குதற்கு O இலிருந்து செல்லும் வெவ்வேறு கற்றைகளின் மத்திய கதிர்களை மட்டும் வரைந்துள்ள 20.22 (c) ஆம் உருவத்தைக் கருதுவோமாக. கற்றை OA ஆனது A இலே தெறித்த பின்பு கண் E ஐ அடையுமாயின் i_1 இலே ஒரு விம்பம் காணப்படும். கண்ணுடிக்குட்செல்லும் இக்கற்றைக்குரிய கதிர்கள் கண்ணை அடைய முடியாத பாதையிற் செல்லுகின்றன. இதனைப்போலவே, கற்றை OB ஆனது முன்பரப்பிலே தெறிகற்றையொன்றைக் கொடுக்கின்றது. ஆனால், இவை கண்ணின் மணியை அடைவனவன்று. எனினும், வெள்ளிப்பூச் சிடப்பட்ட பரப்பிலிருந்து ஒரு தெறிப்பின்பின்பு வெளிப்படுங் கதிர்கள் கண்ணை அடைகின்றனவெனக் கொள்வோமாக. எனின், இரண்டாவது விம்பமொன்று I இற் காணப்படும். வெள்ளிப் பூச்சிடப்பட்ட பரப்பிலிருந்து ஒரு தெறித்தலைப்பெற்ற கற்றைகளிலேயே அதிகமான சத்தியுண்டாதலின், I இற் காணப்படும் இவ்விம்பமே பொதுவாகத் துலக்கங் கூடியதாயிருக்கும். இதனைப்போலவே, OC கற்றையிலுள்ள கதிர்கள் பின்பரப்பில் இரண்டு தெறித்தல்களின்பின்பு E ஐ அடைந்தால், மூன்றாவது விம்பமொன்று i_2 இல் உண்டாக்கப்படும். மற்றும் பல்விம்பங்களின் உண்டாதலை இவ்வகையாகவே விளக்கலாம். செய்முறையிலே ஆறு விம்பங்களுக்குக் கூடுதலாகக் காணப்படுவது மிக்கவரிது. ஏனெனில், கண்ணுடியில் உறிஞ்சலின் பயனாக, இரண்டாவதன்பின் அடுத்தடுத்து வெளிப்படுகதிர்களிலே சத்தியானது விரைவாகக் குறைந்து கொண்டுபோகின்றது.

படுகோணம் அதிகரித்துக்கொண்டு போகும்போது முதலாவது பரப்பிலிருந்து தெறிக்கப்படுஞ் சத்தியும் அதிகரித்துக்கொண்டு போய்க் கடைசியாக முதலாவது விம்பம் ஆகக்கூடிய துலக்கமுடையதாகின்றது என்பதை அவதானிப்பது கவர்ச்சிக்குரியதாகும்.

ஒரேவிம்பம் மட்டும் அவதானிக்கப்படும்போது, தடித்தவாடியொன்றிலே சந்திரனைப் பார்ப்பது இப்பரிசோதனையின் அறிவுக்குரிய ஒரு மாற்றமாகும். ஏனெனின், ஆடியிற்படுங் கற்றைகளெல்லாம் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாதலின், கதிர்களின் பல முறிவுகளுக்குந் தெறிப்புகளுக்கும் பதிலாக, ஆடியிலிருந்து வெளிப்படு கதிர்களெல்லாம் ஒரு சமாந்தரத் தொகுதியாக அமைகின்றன. இவ்வகையான தொகுதியொன்றிற்குரிய கதிர்கள் கண்ணினுட் செல்லும்போது ஒருவிம்பம் மட்டுமே காணப்படுகின்றது. தூரவுள்ள மெழுகுதிரியொன்று இவ்வகையாக அவதானிக்கப்படும்போது பல விம்பங்கள் காணப்படின், ஆடியின் முகங்களிரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாயிருக்க முடியாது.

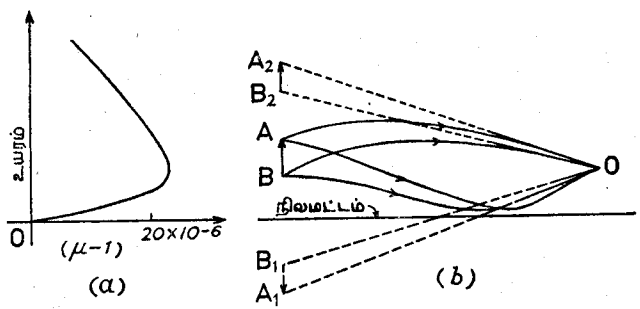
கானனீர்.—வளியின் முறிவுக்குணகம் μ ஆயின் அதன் முறிவுத்திறனிய $\mu-1$ அடர்த்தி ρ இலுடு நேரான விகிதசமமாகும், அதாவது $\frac{\mu-1}{\rho}$ = ஒரு ஒருமை.

ஆனால், குறியீடுகளின் வழக்கமான கருத்துக்களோடு $\frac{1}{\rho} = v = \frac{\mathcal{R}T}{p}$.

எனவே,

$$(\mu - 1)\frac{\mathcal{R}T}{p} = \text{ஒருமை}.$$

எனவே, வளியின் முறிவுக்குணகமானது வெப்பநிலையேற்றத்தோடு குறைகின்றது. அத்துடன் அமுக்கம் அதிகரிப்பினோடு அதிகரிக்கின்றது. அமுக்கத்தோடு வளியின் முறிவுக்குணகத்தினது மாறலானது வெப்பநிலை மாறல்களினுற் பெரும்பாலும் குழப்பப்பட்டு கானனீரின் தோற்றப்பாட்டை உண்டாக்கக்கூடும். நிலத்தினண்மையிலே வளியின் முறிவுத்திறன் அசாதாரணமாகக் குறையுமாறு நிலம் சூரியனினுற் பெலமாக வெப்பமாக்கப்படும்போதே இவ்வாறு நிகழுகின்றது. நாம் உயரச்செல்லச் செல்ல முறிவுத்திறன் அதிகரித்து அதன்பின் வழக்கமான விதியின்படி ஆறுதலாகக் குறைகின்றது. நிகழக்கூடிய சந்தர்ப்பமொன்றை 20.23 (a) ஆம் உருவங் காட்டுகின்றது.



உருவம் 20.23.—கானனீர்கள்.

AB என்பது, உருவம் 20 23 (b), நிலமட்டத்திலுஞ் சிறிதுமேலேயுள்ள ஒரு பொருளெனவும், அதேமட்டத்தில், ஆனால் சிறிது தூரத்தில், O என்பவரினுல் அது பார்க்கப்படுகின்றதெனவுங் கொள்க A இலும் B இலுமிருந்து செல்லுங்கதிர்கள் நேராக O ஐ நோக்கிச் செல்லமாட்டா. கீழே செலுத்தப்பட்ட சில கதிர்கள் தொடக்கத்திலே மேலேநோக்கிக் குழிவான பாதைகளிற் செல்லுகின்றன. இங்கே ஆராயப்படுவதற்கு அதிகஞ் சிக்கலான கதிர்ச்சுவடுபிடிக்கும் முறைகள், O ஐ அடையுமுன்பே இரண்டு கதிர்கள் ஒன்றையொன்று வெட்டுகின்றனவெனக் காட்டுகின்றன.

நிலமட்டத்திலே அல்லது அதனண்மையிலே இக்கதிர்கள் தெறிப்பனவாகத்தோற்றி A_1B_1 இலே தலைகீழான விம்பமொன்று காணப்படும். எனினும், உண்மையான தெறித்தல் நிகழ்வதில்லை. இன்னும், வளி மண்டலத்தின் மேற்பாகத்திலே செல்லுங்கதிர்கள் மேலேநோக்கிக் குவிந்து O ஐயடைய முன் வெட்டமாட்டா. விம்பம் நேரானதாகவும் பெரிதானதாகவும் தோற்றுகின்றது. பரந்த நீர்ப்பாகங்களைப் பார்க்கும்போது பெரும்பாலும் இவ்வகையான விம்பங்கள் காணப்படுகின்றன. எனவே, தூரத்திலுள்ள கப்பலொன்று வானத்திலிருப்பதாகத் தோற்றலாம். இத்தோற்றப்பாட்டின் காரணத்தினால் அடிவானத்தின் கீழேயுள்ள கப்பல்களைச் சிலசமயங்களிற் காணமுடியும்.

சமவடர்த்தியையுடைய வளியின் படலங்கள் கிடைமட்டமாயிருக்கவேண்டியதில்லையாதலின், மேலே குறிப்பிடப்பட்ட விம்பங்கள் ஒரு நிலைக்குத்தான தளத்தில் இருக்கவேண்டிய அவசியமில்லை. O இன் கீழேயுள்ள பாகத்திலுள்ள வெப்பமான வளியானது எழுந்து செல்கின்றதாதலின், கீழேயுள்ள விம்பமாகிய A_1B_1 எப்போதும் மினுங்கிக்கொண்டு உறுதியற்றதாயிருக்கும். ஆனால், அடர்த்திகூடிய படலங்கள் அடர்த்தி குறைந்தவற்றின் மேலேயிருக்கும் இயல்பு வளிசகுண்டாதலின், மேலேயுள்ள விம்பமாகிய A_2B_2 தோற்றப்படும்போது உறுதியானதாயுந் தெளிவானதாயும் இருக்கும்.

அப்பியாசம் 20

1.—கண்ணுடிச்குற்றியொன்றின் தடிப்பு 5 ச.மீ. அதன் முன்பரப்புக்குச் சமாந்தரமான பின்பரப்பிலே வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்டுள்ளது. ஒளிக்கதிரொன்று 46° கோணத்திற் படுகின்றது. முறிவுக்குணகம் 1·52 ஐயுடைய குற்றியிலிருந்து முதலிலே வெளிப்படுங் கதிரின் சுவட்டையறிக. வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்ட பரப்பிலே கதிரானது படுகின்ற கோணமென்ன?

2.—கண்ணுடிக்குற்றியொன்றின் முன்பு 20 ச.மீ. தூரத்திலே சிறிய பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் பிற்பக்கம் வெள்ளிப் பூச்சிடப்பட்டுள்ளது. பொருளினூடாகச் செல்லும், குற்றியின் முன்பரப்புக்குச் செங்குத்தான கோட்டின்நேரே பார்க்கும்போது விம்பத்தின் நிலையைத் தீர்மானிக்க. கண்ணுடியின் தடிப்பு 10 ச.மீ.; அதன் முறிவுக் குணகம் 1·52.

3.—அரியமொன்றின் கோணம் 61° 30′. இதிவிலகற்கோணம் 48° 45′ ஆயின், அரியப்பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகத்தைக் கணிக்க. இவ்வகையான பதார்த்தமொன்றிலிருந்து வளிக்குச்செல்லும் ஒளிக்குரிய அவதிக்கோணம் என்ன?

4.—கண்ணுடிக்குற்றியொன்றின் தடிப்பு 5·872 ச.மீ. அதன் ஆகக்கீழ்ப் பரப்பிலுள்ள அழுக்குத் துணிக்கையொன்று மேலேயிருந்து பார்க்கப்படுகின்றது. அது 2·031 ச.மீ. அண்மைகூடியதாய்த் தோற்றுகின்றது. இக்

கண்ணுடிக்குரிய முறிவுக்குணகத்தையும், இவ்வகையான கண்ணுடியினாற் செய்யப்பட்ட அரியமொன்றின் இதிவுவிலகற் கோணத்தையுங் கணிக்க. அரியத்தின் கோணம் 60°.

5.—**முறிவுக்குணகம், அவதிக்கோணம்** என்பவற்றிற்கு வரைவிலக்கணங்கூறுக. இதிலிருந்து குறித்த எந்த ஊடகங்களிரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பை அனுமானிக்க. உலோகத்தொட்டியொன்று 1·6 சராசரி முறிவுக்குணகத்தையுடைய திரவமொன்றினால் முழுவதும் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. மெல்லிய வட்டமான தக்கைப் பாயொன்று, திரவமட்டத்தின் 6 ச.மீ. கீழே ஒளிருகின்ற புள்ளிக்குமேலே மையமாக மிதக்கவிடப்பட்டுளது. தொட்டியின் வெளியேயுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்து ஒளிரும்புள்ளியைப் பார்க்கவிடாது தடுப்பதற்குப்போதிய பாயின் ஆகக்குறைந்த ஆரையைக் கணிக்க.

6.—**முழுவுட்டெறிப்பு** என்றாலென்ன? இதனைக்கொண்டு திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தை எவ்வாறு தீர்மானிக்கலாமென விவரித்து விளக்குக.

நீரினதும் பரவினெண்ணெயினதும் முறிவுக்குணகங்கள் முறையே 1.33, 1·48 ஆயின், திரவங்களிரண்டினதும் இடைப்பரப்பிலே அவதிக் கோணமென்ன? இரண்டு திரவங்களும் உட்குழிவான கண்ணுடிக்கலமொன்றிற் கொள்ளப்பட்டிருக்கும்போது இப்பரப்பிலே அவதிக்கதிரை வரைக. [பரவினெண்ணெய் நீரில் மிதக்கின்றது.]

7.—சோடியச் சுவாலையொன்றிலிருந்து காலப்படும் மஞ்சளொளிக்குரிய நீரின் முறிவுக்குணகத்தைக் காண்பதற்கு, படிந்து படுதல் அல்லது முழுவுட்டெறிப்பை அடிப்படையாகக்கொண்ட முறையொன்றை விவரிக்க. செவ்வொளிக்குக் காபனீர்சல்பைட்டின் முறிவுக்குணகம் 1·634 ஆகும். காபனீர்சல்பைட்டு—வளியின் இடைப்பரப்பிலே செவ்வொளிக்கும் நீலவொளிக்குமிடையேயுள்ள அவதிக்கோணங்களின் வித்தியாசம் 0° 56′ ஆகும். காபனீர்சல்பைட்டின் நீலவொளிக்குரிய முறிக்குணகம் யாது?

8.—பொருள்வில்லையிலிருந்து குறுகிய தூரத்திலுள்ள சிறிய பொருளொன்று ஒரு நுணுக்குக்காட்டியினூற் குவிக்கப்பட்டுள்ளது. 0·6 ச.மீ. தடிப்பானதும் 1·52 முறிவுக்குணகத்தையுடையதுமான கண்ணுடித்தட்டொன்றின் துண்டொன்று நுணுக்குக்காட்டியின் அச்சுக்குச் செங்குத்தான தளத்திலே இடையிலே வைக்கப்பட்டால் விம்பம் குவியத்திலில்லை. விம்பத்தைக் குவியத்திற்குக் கொண்டுவரத் தேவையான நுணுக்குக்காட்டியின் இடப் பெயர்ச்சியினது திசையையும அளவையுந் தீர்மானிக்க.

9.—முறிவுக்குணகம் 1·48 ஐயுடைய பரவினெண்ணெய், முறிவுக்குணகம் 1·33 ஐயுடைய நீரிலே மிதக்கின்றது. திரவங்களிரண்டும் உலோகத்தொட்டியொன்றில் ஒய்ந்திருக்கின்றன. எண்ணெய் நீர் இடைப்பரப்பிலே

அவதிக்கோணம் யாது? ஒளிக்கதிரொன்று தொகுதியினுட்சென்று இடைபரப்பிலே முழுவுட்டெறிப்பைப்பெற முடியாதெனக் காட்டுக. தொட்டியின் சுவர்கள் ஒளிபுகவிடுவனவாயின் இவ்வாறு முடியாதிருக்கத்தேவையில்லையெனக் காட்டுக.

10.—**முழுவுட்டெறிப்பு** என்பதனால் என்ன கருதப்படுகின்றது? என்ன நிபந்தனையில் அது நிகழுகின்றதெனக்கூறுக.

முழுவுட்டெறிப்பை அலலது படிந்து படுகலைக்கொண்டு திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தைத் தீர்மானிக்கும் பரிசோதனையொன்றை விவரிக்க.

ஒளிக்கதிர்கள் 90° இனூடு திருப்புவதற்காகச் செங்கோணவரியமொன்று உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும். அரியப் பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகத்திற்குரிய ஆகக்குறைந்த பெறுமானத்தைக் கணிக்க.

$2a$ விட்டத்தையுடைய அரைக்கோள உலோகத்தாழி ஒன்றினுள்ளே வட்டநாணயமொன்று இடைத்தளமாக ஓய்ந்திருக்கின்றது. தாழியின் விளிம்பு இடைத்தளமாயிருக்கின்றது. ஓரத்தின்மேலே பார்க்குங் கண்ணொன்றுக்கு அப்பொழுதுதான் நாணயம் காணப்படாது மறைந்திருக்கின்றது. முறிவுக்குணகம் μ ஐயுடைய ஒளிபுகவிடுந் திரவமொன்றினால் தாழியானது நிரப்பப்பட, முந்தியநிலையிலுள்ள கண்ணுக்கு நாணயம் அப்போதுதான் கட்புலனாயது. நாணயத்தின் விட்டம்

$$2a\left[\frac{\mu^2-1}{\mu^2+1}\right]$$

என நிறுவுக.

11.—ஒளியின் ஒருநிறக்கதிரொன்று ஓரரியத்தினூடு செல்லும்போது உண்டாகும் விலகற்கோணத்திற்குரிய கோவையொன்றைப் பெறுக.

வளியிலிருந்து முறிவுக்குணகம் 1·5 ஐயுடைய கண்ணுடிக்கு ஒளியின் கதிர்கள் செல்லும்போது முறிவுக்கோணம் r என்பது படுகோணத்தோடு எவ்வாறு மாறுகின்றதென்பதைக்காட்ட வரைப்படமொன்று வரைக. [r இன் பெறுமானங்களை x அச்சின்நேரே குறிக்க.]

குறித்தவொரு படுகோணத்திற்கு கண்ணுடியரியத்தினூடு செல்லுகின்ற கதிரொன்றின் விலகலுக்கு ஆகக்குறைந்த பெறுமானமுண்டு என்பதைக் காட்ட இவ்வரைப்படத்தை உபயோகிக்க.

12.—செவ்வகக் கண்ணுடிக்குற்றியொன்றினூடு கதிர்களின் சுவடுகாணப்பட்டுப் பின்வரும் அவதானங்களெடுக்கப்பட்டன —

i	10°	20°	40°	45°	60°	80°
r	6° 30′	13°0′	25°0′	27°40′	34°40′	40°20′

r இனூடு $(i-r)$ எவ்வாறு மாறுகின்றதென்பதைக் காட்ட வரைப்படமொன்று வரைக. $(60-r)$ இனூடு $(i-r)$ எவ்வாறு மாறுகின்றதென்பதைக் காட்ட அதே தாளிலே இன்னுமொரு வரைப்படம் வரைக.

60° கண்ணுடியரியமொன்றினூடு செல்லும் ஒளிக்கதிர்களின் தொடர்பிலே இழிவுவிலகற்கோணத்திற்குரிய பெறுமானமொன்றை இரண்டு வரைபடங்களிலுமிருந்து அனுமானிக்க. இதிலிருந்து கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகத்திற்குரிய பெறுமானமொன்றையும் அனுமானிக்க.

13.—வளி – கண்ணுடி – பரப்பிலே படுகின்ற ஒருநிறவொளிக் கதிரொன்றின் விலகற்கோணமானது முறிவுக்கோணத்திற்கெதிரே நிலைத்தூரமாகக் குறிக்கப்படின், வளைகோடானது அச்சைநோக்கிக் குழிவாயிருக்குமென்ற உண்மையை உபயோகித்து, கதிரொன்று சமச்சீராக அரியத்தினூடு செல்லும்போதே அரியத்தினூடு முறிந்த கதிரொன்றின் முழுவிலகலும் இழிவுப்பெறுமானத்தைக் கொண்டதெனக் காட்டுக.

இழிவுவிலகற்கோணம், அரியத்தின்கோணம், அதன்பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகம் என்பவற்றிற்கிடையே தொடர்பொன்றை அனுமானிக்க. அரியக்கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகத்தைத் தீர்மானிக்க இத்தொடர்பு எவ்வாறு பிரயோகிக்கப்படலாமென விவரிக்க.

14.—அரியமொன்றின் பதார்த்தத்தினது முறிவுக்குணகத்துக்குரியதும், அதன் முறிவுக்கோணத்தையும் வேறெருகோணத்தைக்கொண்டதுமான சூத்திரமொன்றை நிலைநாட்டுக.

கண்ணுடியரியமொன்றினூடு கதிர்களின் சுவட்டுத்தொடரொன்று குண்டூசிவைத்துப் பார்த்து எடுக்கப்பட்டது. ஒரு வைப்பின்போது படுகோணம் i உம், வெளிப்படுகோணம் e உம், விலகற்கோணம் ϕ உமாகும். x எனக்கொள்ளப்பட்ட $(i+e)$ ஆனது y எனக்கொள்ளப்பட்ட ϕ இற்கெதிராகக் குறிக்கப்பட்டால், விளைவான வரைப்படமானது நேர்கோடெனக் காட்டுக. இவ்வரைப்படத்திலிருந்து அரியத்தின் முறிவுக்கோணத்திற்குரிய பெறுமானமொன்றைப் பெறமுடியுமென்றுங் காட்டுக.

முறிவுக்கோணம் 40° ஐயுடைய அரியமொன்றினூடு செல்லும் ஒளிக்கதிரொன்றின் இழிவுவிலகற்கோணமானது 27° 24′ ஆகும். அரியப் பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகத்தைக் கணிக்க. படுகோணம் 25° ஆயிருக்கும்போதும் விலகற்கோணத்தைக் காண்க.

15.—சோடியமொளிக்கு முறிவுக்குணகம் 1.652 ஐயுடைய கண்ணுடியொன்று, அவ்வொளிக்குரிய இழிவு விலகற்கோணம் அரியக்கோணத்திற்குச் சமமாயிருக்குமாறுள்ள, அரியமொன்றை ஆக்க உபயோகிக்கப்படுகின்றது. அரியத்தின் கோணமென்ன?

16.—அரியமொன்றின் முதலாவது முகத்திலே படிந்துபட்டு உட்செல்லும் ஒளிக்கதிரொன்று இரண்டாவது முகத்திலே முழுவுட்டெறிப்பைப் பெறுவது அரிதினுமரிதெனக் காட்டுக. முறிவுக்கோணத்தைக் கொண்டுள்ள முகங்களுளொன்றிற் படும் எந்தக் கதிரும் மற்ற முகத்திலிருந்து வெளிப்படாதிருக்குமாறு, முறிவுக்குணகம் $\frac{2}{1}$ ஐ உடைய கண்ணுடியிலிருந்து செய்யப்படும் அரியமொன்றின் முறிவுக்கோணத்தினது ஆகக்குறைந்த பெறுமானத்தைக்காண்க.

17.—அரியத்திணைரத்திற்குச் செங்குத்தான தளமொன்றிலே அவ்வரியத்தினூடு செல்லுகின்ற ஒளிக்கதிரொன்றின் படுகோணமும் வெளிபடுகோணமும் முறையே ϕ_1 உம் ϕ_2 உம் ஆயின்,

$$\text{சைன்}^2\ \alpha\ \tfrac{2}{2}\ (\alpha-\psi) = \text{சைன்}^2\ \tfrac{1}{2}\alpha + \frac{(\mu^2-1)\ \text{சைன்}^2\ \frac{1}{2}\alpha}{1-\text{சைன்}^2\ \frac{1}{2}(\phi_1-\phi_2)\ \text{சே}^2\ \frac{1}{2}\alpha}$$

எனக் காட்டுக. இங்கு μ என்பது அரியப்பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகமெனவும், α என்பது அரியக்கோணமெனவும், ψ என்பது கதிரின் விலகற்கோணமெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. $\phi_1 = \phi_2$ ஆகும்போதே விலகல் இழிவானதெனக்காட்ட மேலேயுள்ள சமன்பாட்டை உபயோகிக்க.

18.—மூன்று கதிர்களுக்குரிய ஒரு பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகங்கள் முறையே μ_1, μ_2, μ_3 ஆகும். அதே பதார்த்தத்தின் அரியமொன்றிற்குரிய ஒத்த இழிவுவிலகற் கோணங்கள் முறையே γ_1, γ_2, γ_3 ஆயின், இவை கூட்டல்விருத்தியிலிருக்கும்போது,

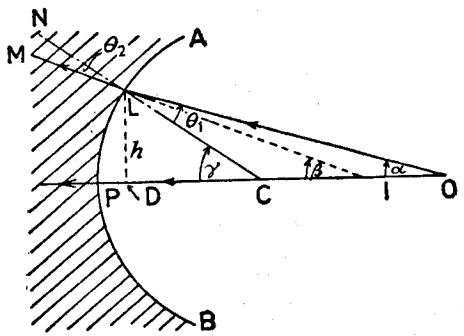
$$\frac{\text{சைன்}\ \frac{1}{2}\gamma_2}{\mu_2} = \frac{\text{சைன்}\ \frac{1}{2}\gamma_1 + \text{சைன்}\ \frac{1}{2}\gamma_3}{\mu_1+\mu_3}$$

என நிறுவுக.

அத்தியாயம் 21

வளைவான பரப்புக்களிலே ஒளியின் முறிவு —மெல்லிய வில்லைகள்

குழிவான கோளப்பரப்பிலே முறிவினாலுண்டாகும் விம்பம்.— APB என்பது, உருவம் 21.01, முறிவுக்குணகம் μ ஐயுடைய ஊடகமொன்றின் எல்லையாயமைந்த குழிவான பரபொன்றின் தலைமைவெட்டு எனக் கொள்க. வளைவுமையத்தை C எனவும் அச்சிலுள்ள ஒளிரும்புள்ளியொன்றை O எனவுங்கொள்க.



உருவம் 21.01.—குழிவான கோளப்பரப்பொன்றிலே அச்சயற்கதிர்களின் முறிவு.

OL என்பது AB இலே படுகின்ற ஒரொளிக்கதிராயின் LM இன் நேரே அது முறியும். அதாவது செவ்வன் CLN ஐ நோக்கி அது மடியும். ML இன் நீட்சி அச்சை I இல் வெட்டுகின்றதெனக் கொள்க. அச்சின் வழியே இன்னுமொரு கதிர் செல்லுமாதலின், முறிகதிர்களெல்லாம் I இனூடு செல்லுகின்றனவெனக் காட்ட முடியுமானால், I என்பது O இன் விம்பமாகும். படுகோணம் θ_1 எனவும், CLI இற்குச் சமமாயிருக்கும் முறிகோணம் θ_2 எனவுங்கொள்க. α, β, γ என்பன குறிக்கப்பட்டன போன்ற கோணங்கள் எனவுங் கொள்க. P இணைமையிலுள்ள சிறியபாகம்மட்டும் கருதப்பட்டால், அதாவது, படுகோணமும் முறிகோணமுஞ் சிறிதாயிருப்பின், சிறிய கோணங்களின் சைன்கள் அவற்றின் வட்டவளைவுக்குச் சமமாதலின், $\theta_1 = \mu\theta_2$ என எழுதலாம். அத்துடன் வரிப்படத்திலிருந்து,

$\theta_1 = \gamma - \alpha$ எனவும், $\theta_2 = \gamma - \beta$ எனவும் பெறுகின்றோம்.

$$\therefore\ \gamma - \alpha = \mu(\gamma - \beta).$$

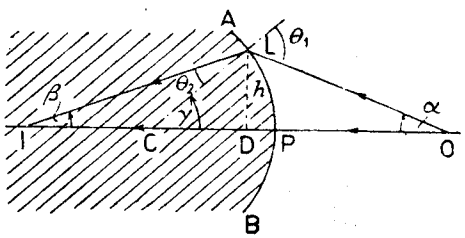
இன்னும் α, β, γ என்ற கோணங்கள் சிறிதாயிருத்தலின் அவற்றை அவற்றின் தான்சன்களினுற் பிரதியிடலாம். இவை எறத்தாழ $\frac{h}{PO}, \frac{h}{PI}, \frac{h}{PC}$, இற்கு, அல்லது $\frac{h}{u}, \frac{h}{v}, \frac{h}{r}$, இற்கு முறையே சமமாகும். இங்கு h என்பது PO இலிருந்து L இன் செங்குத்துத் தூரமெனவும், u உம் v உம் P இலிருந்து முறையே பொருளினதும் விம்பத்தினதுந் தூரங்களெனவும் r என்பது பரப்புவளிவினுரையெனவுங் கொள்ளப்பட்டது.

எனின், $$\frac{1}{r} - \frac{1}{u} = \frac{\mu}{r} - \frac{\mu}{v},$$

அல்லது $$\frac{\mu}{v} - \frac{1}{u} = \frac{\mu - 1}{r}.$$

குவிவான கோளப்பரப்பிலே முறிவினுலுண்டாகும் விம்பம்.—குவிவான பரப்பிலே முறிந்த கதிரின் பாதை 21.02 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. முந்தியதைப் போன்ற குறியீட்டுடன் $\theta_1 = \alpha + \gamma$ எனவும், $\theta_2 = \gamma - \beta$ எனவும் பெறுகின்றேம்.

ஆகவே, $$\alpha + \gamma = \mu(\gamma - \beta).$$



உருவம் 21.02—குவிவான கோளப்பரப்பொன்றிலே அச்சயற்கதிர்களின் முறிவு.

α, β, γ, என்பன சிறிதாயிருப்பின் அவற்றை அவற்றின் தான்சன்களினுற் பிரதியிடலாம். v உம் r உம் மறையானவையென்பதை மனதிற் வைத்துக்கொண்டு

$$\frac{1}{u} - \frac{1}{r} = \mu\left(-\frac{1}{r} + \frac{1}{v}\right),$$

அதாவது, $$\frac{\mu}{v} - \frac{1}{u} = \frac{\mu - 1}{r}.$$

கோளப்பரப்பிலே முறிவுக்குரிய சமன்பாட்டின் பொதுவுருவம்.—வளிவாரை r ஐயுடைய கோளப்பரப்பின் இருபக்கங்களிலுமுள்ள ஊடகங்களின் முறிவுக்குணகங்கள் μ_1, μ_2, எனக்கொள்க. எனின், 20.01 ஆம் உருவத்

திலிருந்து, L இலே முறிவுக்கு μ_1 சைன் $\theta_1 = \mu_2$ சைன் θ_2 எனப் பெறுகின்றேம். θ_1, θ_2, சிறியனவாதலின் இச்சமன்பாடு $\mu_1\theta_1 = \mu_2\theta_2$ என்ற உருவத்தைப் பெறுகின்றது. ஆனுல் $\theta_1 = \gamma - \alpha$, $\theta_2 = \gamma - \beta$ எனவே,

$$\mu_1(\gamma - \alpha) = \mu_2(\gamma - \beta).$$

முந்தியதைப்போன்ற கட்டுப்பாடுகளுடன் இது

$$\mu_1\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{u}\right) = \mu_2\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{v}\right).$$

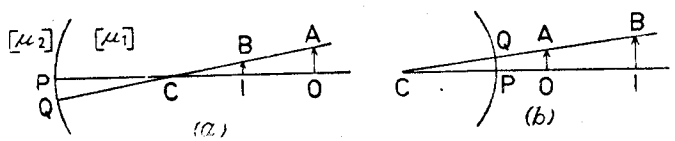
இதுவே தேவையான சமன்பாடாகும். மேலேயுள்ள உருவத்தில் இதனை இலகுவில் மனனஞ்செய்துகொள்ளலாம். இது பரப்பொன்றிற்குரிய **அடிப்படையான அச்சயற்சமன்பாடு** எனப்படும்.

குவிவான கோளப்பரப்பிலே முறிவுக்குங்கூட இச்சமன்பாடு பொருத்தமானதாகும். அதன் நிறுவலைப் பயிற்சிக்காக விடுகின்றேம். பிரச்சினைகளைத் தீர்க்கும்போது பல சிக்கல்களைத் தவிர்க்கலாமென்பதே சமன்பாட்டை இப் பொதுவுருவத்தில் உபயோகிப்பதன் நயமாகும். இன்னும், $\mu_1 = -\mu_2$ என எழுதுவோமாயின் முறிவு தெறிப்பாகின்றது. [34, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க]. அப்போது,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{r}$$

எனப் பெறுகின்றேம். கோளப்பரப்பிலே ஒளிக்கதிர்களின் தெறிப்பினுல் விம்பமொன்றுண்டாகும்போது இது இணைக்குவியங்களைப்பற்றிய சமன்பாடென்பது எல்லோரும் அறிந்ததேயாம்.

கோளவிடைமுகத்திலே முறிவின்பயனுன நேர்கோட்டுருப்பெருக்கம்.—O என்பது ஒரு புள்ளிப்பொருளினது நிலையெனவும் I என்பது, உருவம் 21.03 (*a*) அல்லது (*b*), μ_1 ஐயும் μ_2 ஐயும் முறிவுக்குணகங்க



உருவம் 21.03.—கோளவிடைமுகமொன்றிலே முறிவின்பயனுன பக்கவுருப்பெருக்கம்.

ளாய்க் கொண்ட ஊடகங்களிரண்டைப் பிரிப்பதும், ஆரை r ஐயும் மையம் C ஐயுங்கொண்டதுமான கோளவிடைமுகத்திற்படுகின்ற அச்சயற்கதிர்களின் முறிவினுலுண்டான அப்பொருளின் விம்பமெனவுங் கொள்க. வரிப்படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக C இனூடு செல்லும் அச்சைக் கொண்டு சிறிய கோணத்தினூடு ஒவ்வொரு வரிப்படமுஞ் சுழலுமாயின், O என்பது A இற்கும், I என்பது B இற்கும் P என்பது Q இற்கும்

இயங்கும். O உம் I உம் C இற்கும் P இற்கும் என்ன தொடர்பிலிருக்கின்றனவோ, A உம் B உம் C இற்கும் Q இற்கும் அதேதொடர்பிலுள்ளன. எனவே, IB என்பது OA இன் விம்பமாகும். எனவே,

$$m = \frac{IB}{OA} = \frac{CI}{CO} = \frac{v-r}{u-r}.$$

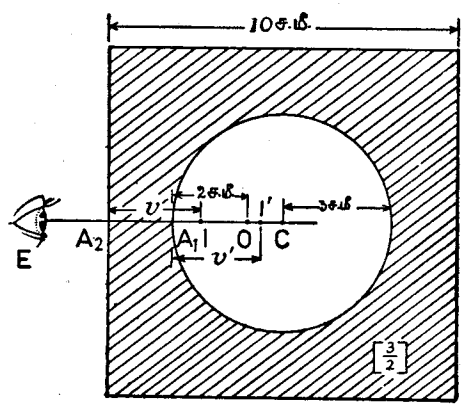
$$\mu_1\left[\frac{I}{r} - \frac{I}{u}\right] = \mu_2\left[\frac{I}{r} - \frac{I}{v}\right]$$

என்பதைக் கொண்டு மேலேயுள்ள சமன்பாட்டிலிருந்து r ஐ நீக்க,

$$m = \frac{v}{\mu_2} \div \frac{u}{\mu_1} = \frac{\text{“ஒடுக்கப்பட்ட” விம்பத்தின் தூரம்}}{\text{“ஒடுக்கப்பட்ட” பொருளின் தூரம்}}.$$

உதாரணம்.— 10 ச.மீ. ஓரத்தையும் 1·5 முறிவுக்குணகத்தையுங்கொண்ட கண்ணாடிக் கனத்தினுள்ளே 3 ச.மீ. ஆரையுடைய கோளவடிவான குகையொன்றுண்டு. கனத்தினதுங் குகையினதும் மையங்கள் பொருந்துகின்றன. இப்பொதுமையத்திலே சிறிய வொளிரும் பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுளது. பொருளினூடுசென்று கனத்தின் முகமொன்றுக்குச் செங்குத்தாயுள்ள கோட்டின்நேரே ஒருவர் பார்க்கும்போது விம்பம் எங்கேயிருக்கும்? பார்ப்பவருக்கு 1 ச.மீ. அண்மைகூடியதாகப் பொருள் இடம்பெயர்க்கப்பட்டால் விம்பம் எங்கே காணப்படும்?

இத்தொகுதி வெட்டாக 21.04 ஆம் உருவத்திலே காட்டப்பட்டுள்ளது. கனத்தினதும் கோளத்தினதும் பொதுமையம் C ஆகவும், பார்ப்பவரின்



உருவம் 21.04.

கண் E ஆகவுமிருப்பின், CE என்பது கோளத்தினதும் கனத்தினதும் பரப்புகளை முறையே A_1 இலும் A_2 இலும் வெட்டுகின்றனவெனக் கொள்க.

பொருள் C இலேயிருக்கும்போது கோளவிடைமுகத்திலே கதிர்கள் விலகமாட்டா. எனவே A_2 இலிருந்து

$$\frac{\text{‘உண்மையாழம்’}}{\text{‘தோற்றவாழம்’}} = \mu = 1{\cdot}5$$

என்ற சமன்பாட்டினூற் கொடுக்கப்படுந் தூரத்தில் விம்பமிருக்கும். இங்கு ‘உண்மையாழம்’ $A_2C = 5$ ச.மீ.

∴ விம்பம் A_2 இலிருந்து 3·33 சமீ. தூரத்திலிருக்கின்றது. [காட்டப்படவில்லை].

வளைந்த பரப்பிலிருந்து 2 சமீ. தூரமாகிய O இற் பொருளிருக்கும்போது இந்தப் பரப்பில் முறிவினாலுண்டான விம்பம் A_1 இலிருந்து v' தூரத்திலிருக்கின்றதெனக் கொள்க. எனின், அடிப்படையான அச்சயற் சமன்பாட்டை உபயோகிக்க,

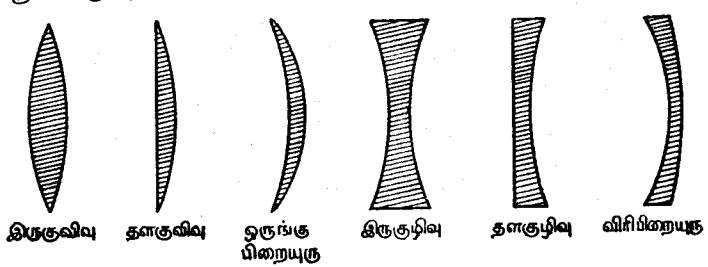
$$1\left[\frac{1}{3} - \frac{1}{2}\right] = \frac{3}{2}\left[\frac{1}{3} - \frac{1}{v'}\right] \text{ அல்லது } v' = 2{\cdot}25 \text{ ச.மீ.}$$

இவ்விம்பம் A_2 இலிருந்து $(2{\cdot}25 + 2)$ ச.மீ. தூரத்திலிருக்கின்றது. முறிவு நிகழும் மேற்பரப்பு தளமாதலின்,

$$\frac{3}{2}\left[\frac{1}{\infty} - \frac{4}{17}\right] = \left[\frac{1}{\infty} - \frac{1}{v}\right]$$

இங்கு கடைசிவிம்பம் I ஆனது A_2 இலிருந்து v தூரத்திலிருக்கின்றது. $v = 2\ 83$ ச.மீ., அதாவது, $A_2I = 2{\cdot}83$ ச.மீ. என இச்சமன்பாடு கொடுக்கின்றது.

வில்லையொன்றினூடு முறிவு.— பொதுவாகக் கோளமான அல்லது உருளையான பரப்புக்களிரண்டினுள்ளடங்கிய ஒளிபுகவிடும் முறிக்கு மூடகத்தின் ஒரு பாகமே வில்லையென வரையறுக்கப்படும். வில்லைகள் இரண்டு வகுப்புக்களாகப் பிரிக்கப்படும். சுற்றிலும்பார்க்க மையத்திலே தடிப்பானவை **ஒருங்குவில்லைகள்** எனவும், மையத்தில் மெல்லியவை **விரிவில்லைகள்** எனவும் பெயரிட்டழைக்கப்படும். வில்லைகளின் ஆகவெளிய வகைகள் 21.05 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன.



உருவம் 21.05.—மெல்லிய வில்லைகளின் வெவ்வேறு வகைகள்.

வளியின் சார்பாக வில்லையொன்றின் ஊடகத்தினது முறிவுக்குணகம் μ எனவும் ஆரை, r_1 ஐயுடைய வில்லையின் கிட்டிய பரப்பிலிருந்து ஒளிரும் பொருளொன்றின் தூரம் u எனவும் கொள்க. பொருளானது வில்லையின் ஒளியியலச்சிலே இருக்கின்றதெனக் கொள்ளப்படுகின்றது. இந்த மேற்பரப்பிலிருந்து விம்பமுண்டாக்கப்படுந் தூரம் v' ஆயின், இரண்டாவது முகம் இல்லாவிட்டால்,

$$\frac{\mu}{v'} - \frac{1}{u} = \frac{\mu - 1}{r_1} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(i)}$$

இரண்டாவது முகத்திலே முறிவு நிகழும்போது இவ்விம்பமானது பொருளாக அமைகின்றது. அதாவது, வில்லையின் தடிப்பு t ஆயின் இரண்டாவது முகத்திலிருந்து $(v' + t)$ தூரத்திலுள்ள பொருளொன்றை இப்போது நாம் கருதல்வேண்டும். இரண்டாவது முகத்தின் வளைவாரை r_2 ஆயின் இந்த முகத்திலிருந்து கடைசி விம்பத்தின்தூரம் v எனின்,

$$\frac{\frac{1}{\mu}}{v} - \frac{1}{(v' + t)} = \frac{\frac{1}{\mu} - 1}{r_2} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(ii)}$$

கண்ணுடியிலிருந்து வளிக்கு முறிவதனால் முறிவுக்குணகத்துக்காக $\frac{1}{\mu}$ உபயோகிக்கப்பட்டுள்ளது. தவிர்கப்படக்கூடிய அளவுக்கு t சிறிதாயிருப்பின், மேலேயுள்ள சமன்பாடு

$$\frac{1}{v} - \frac{\mu}{v'} = \frac{1 - \mu}{r_2} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(iii)}$$

[65, III ஆம் பக்கத்திலே கொடுக்கப்பட்ட அடிப்படை அச்சயற் சமன்பாட்டிலே $\mu_1 = \mu$, $\mu_2 = 1$, $r = r_2$ என்பவற்றை உபயோகித்து $\frac{1}{\mu}$ ஐ உபயோகிப்பதனாலுண்டாகக்கூடிய எவ்வித இடரையுந் தவிர்த்துக் கொள்ளலாம். எனவே,

$$\mu\left[\frac{1}{r_2} - \frac{1}{v' + t}\right] = 1\left[\frac{1}{r_2} - \frac{1}{v}\right].$$

இதுவும் (ii) ஆவது சமன்பாடும் ஒன்றேயாம்.]

v' ஐ நீக்குவதற்காக (i) ஐயும் (iii) யுங் கூட்ட,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = (\mu - 1)\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right]$$

விம்பமானது முடிவிலியில், அதாவது $v = \infty$ ஆயிருக்கக்கூடியதாக அச்சிலுள்ள புள்ளியொன்றிற் பொருள் இருக்கும்போது, அப்பொருளானது

வில்லையின் முதலாவது தலைமைக் குவியத்தில் இருக்கின்றதென்று சொல்லப்படும். வில்லையிலிருந்து இப்பொருளின் தூரம் f_1, அதன் **முதற்குவியத்தூரம்** எனப்படும். இது,

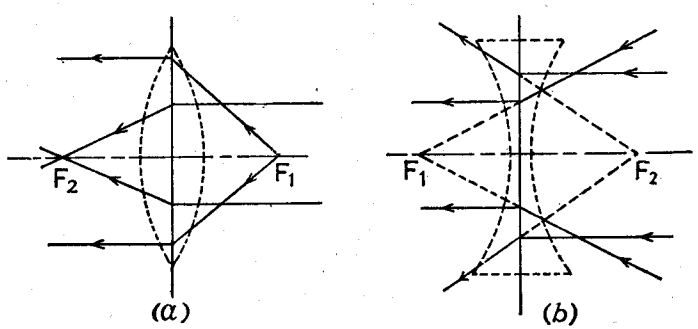
$$-\frac{1}{f_1} = (\mu - 1)\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right] \text{ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.}$$

வில்லையிலிருந்து பொருளானது முடிவிலிதூரத்திலிருக்குமாயின் $\frac{1}{u} = 0$. உண்டாக்கப்பட்ட விம்பம் f_2 தூரத்திலே இருக்கின்றது, இது,

$$\frac{1}{f_2} = (\mu - 1)\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right] \text{ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.}$$

f_2 இனாற் குறிக்கப்பட்டுள்ள இச்சிறப்பான தூரமானது வில்லையின் **இரண்டாவது குவியத்தூரம்** எனப்படும். அச்சிலே விம்பமுண்டாகும் புள்ளி வில்லையின் **இரண்டாவது தலைமைக்குவியம்** எனப்படும்.

இச்சமன்பாடுகளிலிருந்து மெல்லிய வில்லைகளுக்கு வில்லையொன்றின் குவியத்தூரங்களிரண்டும் எண்ணளவிற் சமமென்றும், ஆயினுந் தலைமைக் குவியங்களிரண்டும் வில்லையின் எதிர்ப்பக்கங்களில் இருக்குமென்றுங் காணப்படும். **பின்வருவனவற்றிலே வில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்தைப்பற்றிக் குறிப்பிடும்போது அதன் இரண்டாம் குவியத்தூரத்தையே எப்போதுங் கருதுவாம்.**

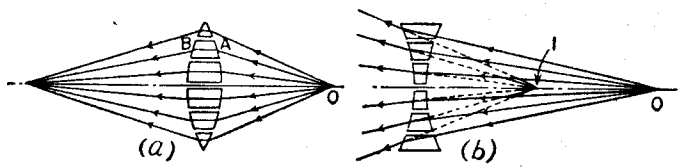


உருவம் 21.06. — (a) ஒருங்குவில்லையினதும், (b) விரிவில்லையினதும், குவியப்புள்ளிகள்
[21, III ஆம் பக்கத்திலே அடிக்குறிப்பைப் பார்க்க.]

ஒருங்கு வில்லையொன்றின் முதலாவது தலைமைக்குவியத்திலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர்களின் பாதைகளையும், இரண்டாவது குவியத்தை நோக்கிச் செல்லும் ஒளிக்கதிர்களின் பாதைகளையும் 21.06 (*a*) ஆம் உருவங்காட்டு

கின்றது. விரிவில்லையைப்பற்றி 21.06 (*b*) ஆம் உருவம் எடுத்தாளுகின்றது. இங்கு, கதிர்கள் குவியப்புள்ளிகளினூடு மெய்யாகச் செல்வனவல்லவென்பது அவதானிக்கத்தக்கது.

வில்லைகளின் தொழிற்பாடு.—வில்லைகளின் தொழிற்பாட்டை விளக்குதற்கு உருவம் 21.07 (*a*) ஐயும் (*b*) ஐயும் கருதுவோமாக. (*a*) இலே முடிவெட்டிய அரியங்களில் இரண்டு தொடர்கள் ஒரச்சைக்கொண்டு சமச்சீராகவும், அவற்றினடிகள் அவ்வச்சுக்குச் சமாந்தரமாகவும் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளன. O என்பது குறிப்பிட்ட அச்சிலே ஒரொளிரும் புள்ளியெனக் கருதுக.



உருவம் 21.07.—வில்லைகளின் தொழிற்பாடு.

எனின் OA ஐப்போன்ற ஒளிக்கதிரொன்று விழும் அரியத்திலுல் விலகச் செய்யப்படுகின்றது. அச்சிலிருந்து மிகத்தூரத்திலுள்ள அரியத்திலுலேயே ஆகக்கூடிய விலகல் உண்டாக்கப்படும். அரியங்களின் இவ்வகையான தொகுதியொன்று எல்லாக் கதிர்களையும் ஒருங்கச்செய்யமுயலுகின்றது. அரியங்களின் தொகை வரையறையின்றி அதிகரிக்கப்பட்டு, அவற்றினுயரங்கள் ஏற்றவாறு குறைக்கப்பட்டால் இத்தொகுதி அண்ணளவான இருகுவிவு வில்லையாகின்றது. இதனைப்போலவே, இருகுழிவுவில்லையென்பது உருவம் 21.07(*b*) இற் காட்டியிருப்பதுபோல, அச்சிலிருந்து அடிகள் அப்பாற் சுழற்றப்பட்ட இவ்வகையான கணக்கற்ற அரியங்களின் ஒரொருங்காகக் கருதப்படலாம். இவ்வகையான தொகுதியொன்றில் விழுகின்ற விரியும் எந்த வொளிக்கற்றையும் இன்னுங் கூடுதலாக விரிக்கப்பட்டு, வெளிப்படுகதிர்கள் பொருளுள்ள தொகுதியின் பக்கத்திலுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்து வருவதாகத் தோற்றுகின்றது.

வில்லையொன்றின் ஒளியியல்மையம்.—C_1, C_2 என்பன உருவம் 21.08(*a*), கோளவில்லையொன்றின் பரப்புக்களிரண்டினதும் மையங்களெனக்கொள்க. எனவே, C_1C_2 அதன் தலைமையச்சாகும். வில்லையின் பரப்புக்களை முறையே A_1 இலும் A_2 இலும் வெட்டக்கூடியதாக இரண்டு சமாந்தரவாரைகள் C_1A_1 ஐயும் C_2A_2 ஐயும் அமைக்க. A_2A_1 இன மீட்சி, தலைமையச்சை O இல் வெட்டுகின்றதெனக் கொள்க. A_1 இலும் A_2 இலுமுள்ள தொடுதளங்கள் சமாந்தரமாதலின், A_1A_2 இணைத்த படுகதிரும் வெளிப்படுகதிரும் சமாந்தரமாயிருத்தல் வேண்டும். முக்கோணிகள் OC_1A_1, OC_2A_2 ஒத்தவையாதலின்,

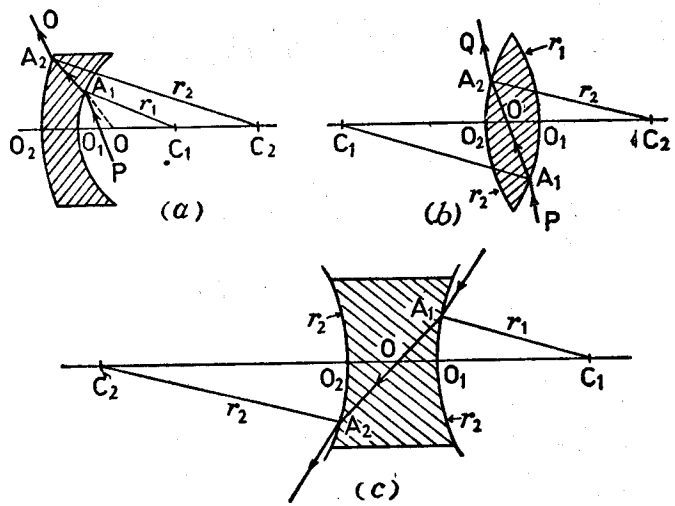
$$\frac{OC_1}{OC_2} = \frac{A_1C_1}{A_2C_2} = \frac{O_1C_1}{O_2C_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

$$= \frac{OC_1 - O_1C_1}{OC_2 - O_2C_2} \left[\because \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \text{ ஆயின், ஒவ்வொரு பின்னமும்.} \right.$$

$$= \frac{O_1O}{O_2O} \cdot \qquad \left. \frac{a-c}{b-d} \text{ ஆகும்.} \right]$$

எனவே $\frac{O_1O}{O_2O} = \frac{r_1}{r_2}$ குறித்தவொரு வில்லைக்கு இது மாறிலியாகும்.

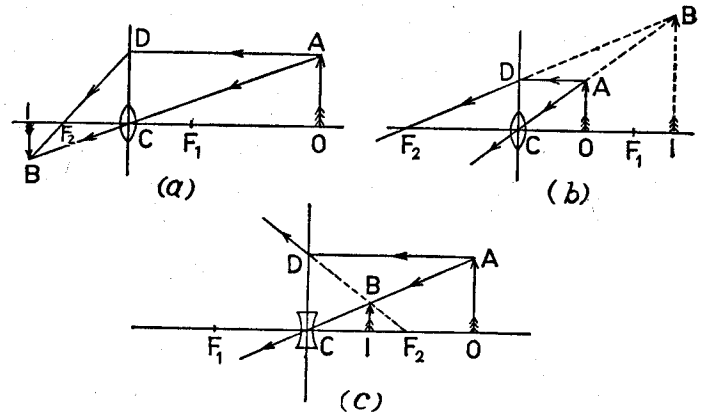
அதாவது, O என்பது நிலைத்த ஒரு புள்ளியாகும். வில்லையானது உருவம் 21.08(*b*) அல்லது (*c*) ஐப்போன்ற அமைப்பையுடையதாயின், மேலேயுள்ள நிறுவலானது இன்னும் உறுதியானதேயாம். புள்ளி O **வில்லையின் பார்வைமையம்** எனப்படும். இதனூடு செல்லுங் கதிர்களெல்லாம் முந்திய



உருவம் 21.08.—வில்லையொன்றின் பார்வைமையம்.

திசையிலேயே வில்லையை விட்டு வெளிப்படுகின்றன என்ற பண்பை இந்த மையங்கொண்டதாகும். இங்கு ஆராயப்பட்ட மெல்லிய வில்லைகளுக்கு பார்வைமையமானது வில்லையின் மத்தியபுள்ளியெனக் கொள்ளப்படலாம். எனவே, இப்புள்ளியினூடு செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் விலகா.

வில்லைகளினுலுண்டாக்கப்பட்ட வரையறையான பொருள்களின் விம்பங்களினது வரைப்படவமைப்பு.—OA என்பது, உருவம் 21.09(*a*), வில்லையொன்றின் தலைமையச்சிற்குச் செங்குத்தான ஒரு தளத்திலும், அவ்வில்லையிலிருந்து அதன் குவியத்தூரத்திலுங் கூடுதலான தூரத்திலுமுள்ள வரையறையான ஒரு சிறிய பொருளெனக் கொள்க. அச்சுக்குச் சமாந்தரமான கதிர் AD ஆனது முறிவின்பின் வில்லையின் இரண்டாவது தலைமைக் குவியமாகிய F_2 இனூடு செல்லும். வில்லையின் மையத்தினூடு செல்லும் கதிர் AC ஆனது விலகாது. எனவே, இவை வெட்டுமிடம் A இன் விம்பத்தினது நிலையைக் குறிக்கின்றது. கதிர் OC ஆனது வில்லையின் அச்சின்மேரே செல்வதனால், அச்சுக்கு BI ஐச் செங்குத்தாக வரைந்து OA இன் விம்பம் பெறப்படும்.



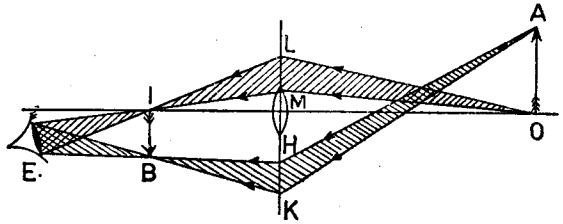
உருவம் 21.09.—வில்லைகளினுலுண்டாக்கப்படும் விம்பங்களின் வரைப்படவமைப்பு.

F_1 இலும்பார்க்க வில்லைக்கு அண்மையிற் பொருளிருக்கும் போது, உருவம் 21.09(*b*) இலே இவ்வகையான அமைப்புச் செய்யப்பட்டுள்ளது. இச்சந்தர்ப்பத்திலே முறிகதிர்களாகிய DF_2 உம் AC உம் மெய்யாக ஒரு போதும் வெட்டமாட்டா. ஆயினும், பொருளிருக்கும் வில்லையின் பக்கத்திலேயே ஒரு புள்ளி B இலிருந்து வருவனவாக இவை தோற்றுகின்றன. விம்பம் மாயமானதாகும்.

குழிவுவில்லையொன்றினூடு முறிவினுலுண்டாக்கப்பட்ட விம்பத்திற்குப் பொருத்தமான அமைப்பு உருவம் 21.09(*c*) இலே காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு, வில்லையின் பொருளுள்ள பக்கத்திலேயே F_2 இருக்கின்ற தென்பதும, விம்பம் மாயமானதென்பதும் அவதானிக்கப்படுதல் வேண்டும்.

வில்லையொன்றினூடு கதிர்க்கற்றைகளின் சுவடுகாண்டல்.— விம்பத்தின் பருமனும் நிலையும் தீர்மானிக்கப்பட்டபின், அச்சினண்மையில் வைக்கப்பட்ட கண்ணெனென்று விம்பத்தைப் பார்க்கவுதவும் கதிர்களின் வழியைப்

பின்வருமாறு காட்டலாம்:—பொருளினதும் முதலாவதாக உண்டாக்கப்பட்ட விம்பத்தினதும் மேலே ஆராயப்பட்ட நிலைகளும் பருமன்களும் 21.10 ஆம் உருவத்திலே திரும்பவும் வரையப்பட்டுள்ளது. E என்பது ஒரு கண்ணுயின், கண்மணியின் அந்தலைகளை B இனூடு தொடுத்து வில்லையின் தலைமைத்தளத்தை H இலும் K இலும் வெட்டுமாறு அக்கோடுகளை



உருவம் 21.10.—வில்லையொன்றினூடு கதிர்களின் சுவட்டையறியும் முறை.

நீட்டினுல், விம்பத்திலே புள்ளி B ஐக் கண்ணெனென்று அவதானிக்க உதவும் முறிந்தவொளிக்கற்றையின் எல்லைகளை நாம் பெறுகின்றேம். H உம் K உம் A இனூடு இணைக்கப்பட்டால் A இலிருந்து E இற்குச் செல்லும் முழுவொளிக்கற்றையையும் பெறுகின்றேம். இதேவிதமாக O இலிருந்து E இற்குச் செல்லும் ஒளிக்கற்றை அமைக்கப்படும்.

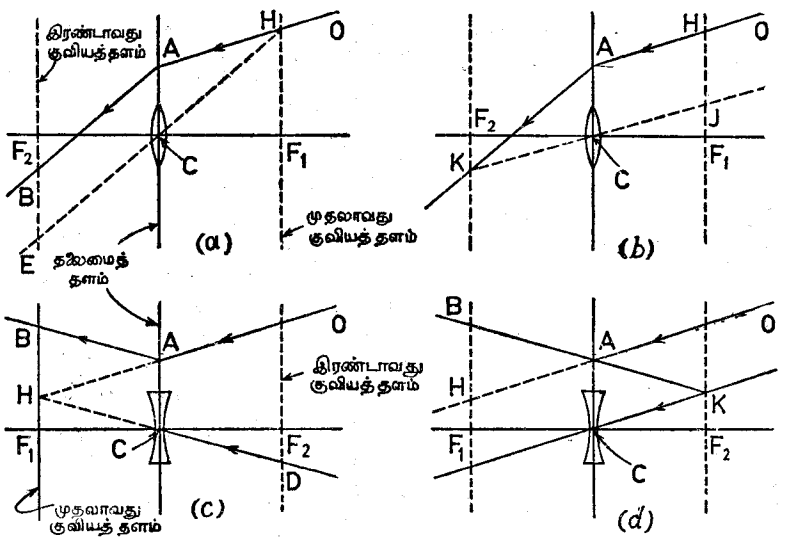
புணரிக்குவியங்கள்.—OA பொருளாயின் IB விம்பமென்றும், ஆயினும் IB பொருளாயின் OA விம்பமென்றும் உருவம் 21.09(*a*) இன் பரிசீலனை காட்டுகின்றது. புள்ளிகள் O, I **புணரிக்குவியங்கள்** எனப்படும்.

உருவம் 21.09(*b*) ஐயும் (*c*) ஐயுங் கருதுவோமாயின், வில்லையிலலாது IB இலே விம்பமொன்றை உண்டாக்கும் ஒளிக்கதிர்கள் வில்லையொன்றிலே C இற் படுமாயின் OA இலே மெய்யான விம்பமொன்று உண்டாக்கப்படும் என்ற கருத்திலே O உம் I உம் புணரிக்குவியங்களாம்.

குவியத்தளங்களும் துணையச்சுக்களும்.—வில்லையொன்றின் தலைமையச்சுக்குச் செங்குத்தாக அதன் தலைமைக் குவியங்களினூடு செல்லுமாறு வரையப்பட்டுள்ள தளங்கள் வில்லையின் **முதலாவது இரண்டாவது குவியத்தளங்கள்** எனப்படும். வில்லையின் மையமாகிய C இனூடு செல்லும் நேர்கோடொன்று வில்லையின் **துணையச்சு** எனப்படும்.

இதுவும் வில்லையொன்றினூடு கதிர்களின் சுவடுகளைக் காண்பதைப்பற்றியது.—OA என்பது, உருவம் 21.11(*a*), தலைமைக்குவியங்கள் F_1, F_2. ஐயுடைய ஒருங்கு வில்லையொன்றிற் படுகின்ற ஒரொளிக்கதிரெனக்கொள்க. எனின், வில்லையின் தலைமையச்சுக்குச் செங்குத்தாக இப்புள்ளிகளினூடு செல்லுந் தளங்கள் குவியத் தளங்களாகும். வில்லையினூடு முறிவின்பின் கதிர் OA இன் பாதை தேவைப்படுகின்றது. OA முதலாவது குவியத்தளத்தை H இலே வெட்டட்டும். C வில்லையின் மையமெனின், கதிர் HC விலகாது வில்லையினூடு செல்லும். இப்போது வில்லையின் முதலாவது

குவியத்தளத்திலுள்ள புள்ளி H இலிருந்து பிறக்கும் ஒளியின் விரிகற்றை AHC ஆனது, முறிவின்பின் சமாந்தர வொளிக்கற்றையாக வெளிப்படும். HC இன் நீட்சியாகிய HCE இச்சமாந்தரக் கற்றையின் ஒரு கதிராதலின், கதிர் OA ஆனது HCE இற்குச் சமாந்தரமாகிய AB இன் நேரே முறிந்து செல்லும். [HCE என்பது வில்லையின் **துணையச்சு** எனப்படும்.].



உருவம் 21.11—குவியப்புள்ளிகளினதும் குவியத்தளங்களினதும் முக்கிய வியல்புகள்.

ஒருங்குவில்லையொன்றின் முதலாவது குவியத்தளத்தினது விசேடவியல் பொன்றை மேலே உபயோகித்தோம். இரண்டாவது குவியத்தளத்தையும் இதற்குச் சமமாக உபயோகித்திருக்கலாம். எனவே, JC எனபது, உருவம் 21.11(*b*), நீட்டப்படும்போது இரண்டாவது குவியத்தளத்தை K இல் வெட்டும் OA இற்குச் சமாந்தரமான ஒரு கதிராயின், வில்லையில் விழுகின்ற ஒளியின் சமாந்தரக்கற்றை OACJ என்பது K இற் குவிக்கப்படும். ஆகவே, OA என்பது AK இன் நேரே முறிக்கப்படுதல் வேண்டும்.

விரிவில்லையாயின், OA என்பது, உருவம் 21.11(*c*), நீட்டப்படும்போது முதலாவது குவியத்தளத்தை H இல் வெட்டுகின்ற ஒரு படுகதிரெனக் கொள்க. இப்போது, C இற் பட்டு DCH திசையிற் செல்லுகின்ற கதிர் DC ஆனது வில்லையினூடு விலகாது செல்லுகின்றது. எனினும், H என்பது வில்லையின் முதலாவது குவியத்தளத்திலிருப்பதனால், H இல் ஒருங்குகின்ற ஒளிக்கூம்பு OHD சமாந்தரக்கற்றையாக வெளிப்படுகின்றது, இக் கற்றையிலே CH ஒரு கதிராதலின், OA இணைடொத்த முறிகதிரானது CH இற்குச் சமாந்தரமான AB ஆகும்.

வில்லையின் இரண்டாவது குவியத்தளம் உபயோகிக்கப்பட்டால் என்ன செய்ய வேண்டுமென்பதை உருவம் 21.11(*d*) காட்டுகின்றது.

வில்லைச்சேர்க்கையொன்றின் குவியத்தூரம்.—மெல்லிய வில்லைகளிரண்டைச் சேர்த்து வைக்குமபோது அவற்றை ஒருதனி வில்லையாகக் கருதலாம். f என்பது சேர்க்கையின் குவியத்தூரமெனவும், அதாவது, சேர்ந்திருக்கும் இரண்டு வில்லைகளுக்கும் சமமான ஒளியியல்புகளைக்கொண்ட தனி வில்லையொன்றின் குவியத்தூரமெனவும், f_1 உம் f_2 உம் தனித்தனி வில்லைகளின் குவியத்தூரங்களெனவுங் கொள்க. வில்லைகளின் சேர்க்கையிலிருந்து பொருளொன்றின் தூரம் u ஆயின்,

$$\frac{1}{v'} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1}$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்பட்ட v' இன் தூரத்திலே முதலாவது கூற்றினால் விம்பமொன்றுண்டாக்கப்படும். இந்த விம்பமானது இரண்டாவது வில்லையின் தொடர்பிலே பொருளாகக் கருதப்பட்டுத் தொகுதியிலிருந்து v தூரத்திலே விம்பமொன்றுண்டாகினறது. எனின்,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{v'} = \frac{1}{f_2}.$$

கூட்ட,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}.$$

இப்போது, இச்சேர்க்கையானது u தூரத்திலுள்ள பொருளொன்றின் விம்பத்தை v தூரத்திற் கொடுக்கின்ற வில்லையொன்றினாற் பிரதியிடப்பட்டால், இவ்வில்லையின் குவியத்தூரம் f ஆனது

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}.$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.

எனவே. $$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}.$$

அதாவது, சேர்க்கையின் **வலு** ஆனது தனிவில்லைகளின் வலுக்களினது கூட்டுத்தொகைக்குச் சமமாகும். [வில்லையொன்றின் **வலு** என்பது அதன் குவியத்தூரத்தினது தலைகீழ்க் கணியமென வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. குவியத்தூரம மீற்றரிற் குறிக்கப்பட்டால் வலுவின் அலகு **தையொத்தர்** எனப்படும்.]

நீட்டலுருப்பெருக்கம்.—வில்லையொன்றின் நீட்டலுருப்பெருக்கம் என்பது பொருளின் பருமனுக்கு விம்பத்தின் பருமனினது விகிதமென வரையறுக்கப்பட்டு எப்போதும் நேர்க்கணியமாகவே கருதப்படும். உருவம் 21.09 (*a*) ஐக் கருதுவோமாயின், முக்கோணிகள் AOC, BIC ஒத்தனவாதலின்,

$$m = \left|\frac{IB}{OA}\right| = \left|\frac{v}{u}\right|$$

எனப் பெறுகின்றோம்.

மேலேயுள்ள நிறுவலானது சிறப்பான ஒரு சந்தர்ப்பத்துக்கே பொருத்தமானதாகும். இதனைப் பொதுவாக்கவேண்டுமாயின், முதலாவது இடைப் பரப்பிலே முறிவினாலுண்டான உருப்பெருக்கத்தை m_1 எனக்கொள்க. எனின், 68, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க,

$$m_1 = \frac{v'}{\mu} \div \frac{u}{1}.$$

இதனைப்போலவே, இரண்டாவது பரப்பிலே,

$$m_2 = \frac{v}{1} \div \frac{v' + t}{\mu}.$$

எனவே, $t \to 0$ ஆகும்போது, $m = m_1 m_2 = \frac{v}{u}$

பொருளுக்கும் விம்பத்துக்குமிடையேயுள்ள இழிவான தூரம்.—**ஒருங்கு வில்லை.**—திரையொன்றிலே மெய்யான விம்பமொன்றை உண்டாக்கக் குவிவுவில்லையொன்றை ஒழுங்குசெய்ய எத்தனிக்கும்போது, பொருளுந் திரையும் குறித்த இழிவுப்பெறுமானமொன்றிலும் கூடுதலான தூரத்திலிருந்தால் ஒழியத் திரையில் விம்பத்தைப் பெறமுடியாது என்னுமுண்மையை உணராததினால், அதிகநேரம் பெரும்பாலும் வீணுகச் செலவாகின்றது. வில்லையின் குவியத்தூரத்தின் சார்பாக இவ்விழிவுத் தூரத்தைக் கணிக்க வேண்டுமேயானால், u, v, f கணியங்களின் எண்ணளவுப் பெறுமானங்களே முறையே, U, V, F, எனக் கொள்க. எனின் மெல்லிய ஒருங்குவில்லை யொன்றிற்கு,

$$\frac{1}{V} + \frac{1}{U} = \frac{1}{F}$$

ஆகின்றது. இந்த நிபந்தனைக்கமைய, அதாவது, $UV = (U+V)F$ என்பதற்கமைய, $(U+V)$ இன் இழிவுப் பெறுமானத்தை நாம் அறிதல் வேண்டும்.

எனவே, $U^2V^2 = (U^2 + 2UV + V^2)F^2$,

அத்துடன், $UV(UV - 4F^2) = (U^2 - 2UV + V^2)F^2 = a$ + ஒரு நேர்க்கணியம்.

$\therefore UV - 4F^2 \geqslant 0$ [$\because UV$ நேரானதினால்],

$$(U+V)F - 4F^2 \geqslant 0$$

$$(U+V) \geqslant 4F.$$

எனவே, இழிவுத்தூரம் 4F ஆகும்.

வேறு நிறுவல். $Y = U + V$ எனக்கொள்க. எனின், $\frac{1}{V} + \frac{1}{U} = \frac{1}{F}$ என்ற நிபந்தனைக்கமைய Y இன் இழிவுப் பொறுமானத்தைத் தீர்மானித்தல் வேண்டும். இச்சமன்பாடுகளிலிருந்து V ஐ நீக்க.

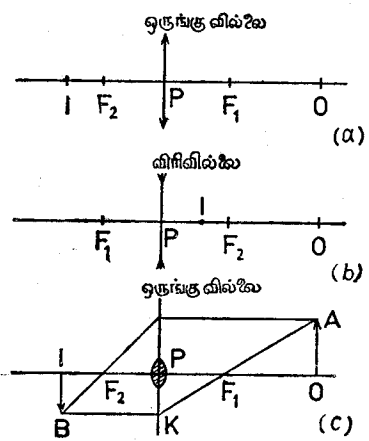
$$Y = U + \frac{UF}{U - F}. \text{ எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

எனவே, $$\frac{dY}{dU} = 1 + \frac{F(U-F) - UF}{(U-F)^2} = \frac{U(U-2F)}{(U-F)^2}.$$

இழிவு அல்லது உயர்வு நீலையிலே $\frac{dY}{dU} = 0$. எனவே, $U = 0$ அல்லது $U = 2F$. $U = 0$ என்ற தீர்வு பௌதிகவியல் முக்கியத்துவமற்றது. ஏனெனிற் பொருளானது வில்லையோடு சேர்ந்திருக்கவேண்டுமென அது கருதுகின்றது.

இரண்டாவது வகையீடு $\frac{d^2Y}{dU^2} = \frac{2F^2}{(U-F)^3}$ எனக் கொடுக்கின்றது. $U = 2F$ ஆகும்போது இது நேர்க்கணியமாகிய $\frac{2}{F}$ ஆகும். எனவே, Y இழிவுநீலையிலிருக்கின்றது. $U = 2F$ ஆகும்போது $U = V$ ஆதலின், தேவையான இழிவுத்தூரம் 4F ஆகும்.

$pq = -f^2$ என்ற சமன்பாடு.— P என்பது, உருவம் 21.12 (*a*) அல்லது (*b*), முறையே தலைமைக்குவியங்கள், F_1, F_2 ஐயுடைய வில்லை யொன்றின் மைய மெனக்கொள்க. O, I என்பன மேலே குறிக்கப்பட்ட வில்லையின் தலைமையச்சிலுள்ள இரண்டு இணைப்புள்ளிகளெனக் கொள்க. எனின், வழக்கமான அட்சரகணிதக் குறியீட்டைப் பற்றிய வழக்கிலே, $u = PO$; இத்துடன் $v = PI = -IP$.



உருவம் 21.12. – நியூற்றனின் சமன்பாடு $pq = -f^2$.

இன்னும், வழக்கம்போல, f என்பது வில்லையின் இரண்டாவது குவியத் தூரமெனின்,

$$f = PF_2 = -F_2P = -PF_1.$$

ஆகவே, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ என்ற சூத்திரம் $\frac{1}{PI} - \frac{1}{PO} = \frac{1}{PF_2}$ அல்லது,

$-\frac{1}{IP} - \frac{1}{PO} = -\frac{1}{F_2P}$ என எழுதப்படலாம். அதாவது,

$$-\frac{1}{IF_2+F_2P} - \frac{1}{PF_1+F_1O} = -\frac{1}{F_2P},$$

$p = F_1O$ எனவும் $q = F_2I$ எனவுங்கொள்க.

எனின், $$-\frac{1}{(-q-f)} - \frac{1}{(-f+p)} = +\frac{1}{f}.$$

இதிலிருந்து $pq = -f^2$ என்பது பெறப்படும்.

நியூற்றன் இதனை முதலிற் பெற்றதினால், சில சமயங்களில் இது **நியூற்றனின் சமன்பாடு** எனப்படும்.

மேலேயுள்ள பகுப்புமுறையான நிறுவலில் இடர்ப்படும் மாணவருக்குப் பின்வரும் ஒருங்குவில்லைக்குரிய கேத்திரகணித நிறுவல் உதவியாயிருக்கும். உருவம் 21.12 (c) இற் காட்டப்பட்டிருக்கும் வரிப்படம் வில்லையினால் மெய்யான விம்பமுண்டாதலைக் காட்டுகின்றது. தூரங்களெல்லாம் எண்ணளவாகக் கருதப்படும். ஆயின், IBF_2, F_2HP ஒத்த முக்கோணிகளிலே

$$\frac{IF_2}{IB} = \frac{F_2P}{HP} \quad \text{எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

இதனைப்போலவே, $$\frac{F_1O}{OA} = \frac{PF_1}{PK}.$$

ஆகவே, $$F_1O.IF_2 = F_2P.\ PF_1,$$

அதாவது, $$|pq| = |f|^2.$$

மாதிரி அப்பியாசங்கள்.— (i) ஒருங்குவில்லையொன்றின் முகங்களினது வளைவாரைகள் முறையே 20 ச.மீ. 12 ச.மீ. ஆயின், 15 ச.மீ. குவியத்தூரத்தையுடைய அவ்வில்லைப் பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகத்தைக் கணிக்க.

குவியத்தூரம் மறையானது. 20. ச.மீ. முகமானது பொருளினண்மையில் இருக்கின்றதெனக் கொள்வோம். எனின், r_1 மறையானது; r_2 நேரானது.

$$\frac{1}{f} = (\mu-1)\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right] \quad \text{ஆதலின்,}$$

$$-\frac{1}{15} = (\mu-1)\left[-\frac{1}{20} - \frac{1}{12}\right],$$

$$\therefore\ \mu = 1{\cdot}50.$$

(ii) 25 ச.மீ. குவியத்தூரத்தையுடைய விரிவில்லையொன்றினூடு என்ன வில்லை வைக்கப்பட்டால், வில்லைச் சேர்க்கையானது அதிலிருந்து 20 ச.மீ. தூரத்திலுள்ள பொருளொன்றின் மூன்றுமடங்கு உருப்பெருத்த மெய்யான விம்பமொன்றை உண்டாக்கும்?

வில்லைச்சேர்க்கையிலிருந்து விம்பத்தின் தூரத்தை v எனக்கொள்க. விம்பம் மெய்யானதாதலின், v மறையானது. $m = \left|\frac{v}{u}\right|$. ஆதலின். $v = -3u$. எனவே,

$$v = -60 \text{ ச.மீ.}$$

$$\therefore\ \frac{1}{f} = -\frac{1}{60} - \frac{1}{20} = -\frac{1}{15}.$$

ஆனால், $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$. இங்கு f_1, 25 ச.மீ. ஆகும். f_2 ஐக் காணவேண்டும்.

$$\therefore -\frac{1}{15} = +\frac{1}{25} + \frac{1}{f_2}, \qquad \therefore\ f_2 = -9{\cdot}4 \text{ ச.மீ.}$$

9·4 ச.மீ. குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங்குவில்லையொன்று தேவைப்படும்.

(iii) 100 ச.மீ. குவியத்தூரத்தையுடைய சமச்சீரான இரு குவிவுவில்லையொன்றின் அச்சிலுள்ள ஒளிரும்புள்ளியானது வில்லையினூடு பார்க்கப்படும்போது அதனிரண்டாவது முகத்தின் வளைவுமையத்திற் காணப்படுகின்றது. பொருளானது வில்லையிலிருந்து 55 ச.மீ. தூரத்திலிருக்குமாயின், அதன் பதார்த்தத்தினது முறிவுக் குணகத்தைக்கணிக்க.

இங்கு $f = -100$ ச.மீ. $u = +55$ ச.மீ. v என்ன?

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{55} = -\frac{1}{100} \quad \text{எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

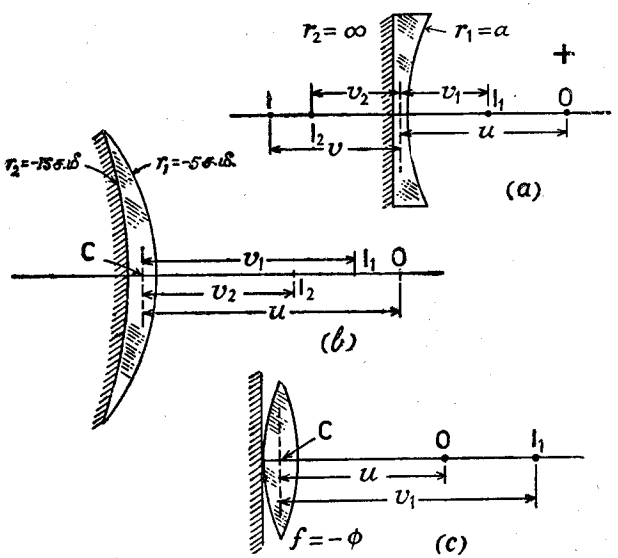
$$\therefore\ v = \frac{5{,}500}{45} \text{ ச.மீ.} \quad \text{இது } r_2 \text{ ஆகும். எனவே, } r_1 = -\frac{5500}{45} \text{ ச.மீ.}$$

$$\therefore -\frac{1}{100} = (\mu-1)\left[-\frac{45}{5500} - \frac{45}{5500}\right].$$

$$\therefore\ \mu = 1{\cdot}61.$$

(iv) மெல்லிய தளக்குழிவுவில்லையொன்றின் தளப்பரப்பு வெள்ளிப் பூச்சிடப்பட்டுள்ளது. இத்தொகுதி குவிவாடியாகத் தொழிற்படுகின்றதெனக் காட்டி அதன் குவியத்தூரத்தைக் காண்க.

O என்பது, உருவம் 21.13 (*a*), தொகுதியின் தலைமையச்சிலுள்ள ஒரு புள்ளிப் பொருளென்றும், *a* என்பது வில்லையின் வளைவுப்பரப்பினது வளைவாரையென்றுங் கொள்க. வில்லையின் வளைவுப்பரப்பிலே கதிர்



உருவம் 21.13.—வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்ட வில்லையொன்றினால் உண்டாகும் விம்பம்.

களின் முறிவினாலுண்டான விம்பம் I_1 இன் தூரம் v_1 ஆயின், μ என்பது அதன் பதார்த்தத்தினது முறிவுக் குணகமெனக்கொண்டு

$$\frac{\mu}{v_1} - \frac{1}{u} = \frac{\mu - 1}{a}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(i)}$$

எனப் பெறுகின்றோம். தளப்பரப்பிலே தெறிப்பினாலுண்டான I_1 இன் விம்பம் I_2 இற்கு,

$$v_2 = -v_1, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(ii)}$$

இப்போது ஒளிக்கற்றைகளின் திசை நேர்மாறுக்கப்பட்டுள்ளது. ஆள் கூறுகளின் தொகுதிகளும் நேர்மாறுக்கப்படுதல்வேண்டும். அதாவது, வில்லையின் இடதுபக்கத்துக்கு அளக்குந் தூரங்கள் நேரானவையாம். பொதுவாக இத்தொகுதியிலே V என்பது ஒரு தூரத்தைக் குறிக்கின்றதெனக்கொள்க. எனின், $v_2 = -V_2$ (எனக்கொள்க), இப்போது வளைவாரை $-a$ ஐயுடைய வளைவுப்பரப்பிலே முறிவினாலுண்டாகும் விம்பம் I_2 இற்கு,

$$\mu\left(-\frac{1}{a} - \frac{1}{V_2}\right) = 1\left(-\frac{1}{a} - \frac{1}{V_3}\right), \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{(iii)}$$

எனப்பெறுகின்றோம். இங்கு V_3 என்பது வில்லையிலிருந்து கடைசி விம்பத்தின் தூரமாகும்.

$v = -V_3$ ஆதலின்,

$$\frac{1}{v} = \mu\left(-\frac{1}{a} - \frac{1}{v_1}\right) + \frac{1}{a} \quad \text{எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

$$= -\frac{\mu - 1}{a} - \frac{1}{u} - \frac{\mu - 1}{a}.$$

$$\therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2(1-\mu)}{a}.$$

எனவே, சமமான ஆடியின் குவியத்தூரம் $\frac{a}{2(1-\mu)}$ ஆகும். $\mu > 1$ ஆதலின் குவியத்தூரம் எதிரானதாகும். அதாவது, இத்தொகுதி குவிவாடியாகத் தொழிலாற்றுகின்றது.

(v) குவியத்தூரம் 15 ச.மீ. ஐயுடைய ஒருங்குபிறையுரு வில்லையொன்று, வளைவாரை 5 ச.மீ. ஐக்கொண்ட குவிவான பரப்பொன்றையும், வளைவாரை 15 ச.மீ. ஐக்கொண்ட குழிவான பரப்பொன்றையுங் கொண்டது. குழிவான பரப்பில் வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்டுள்ளது. குவிவான பரப்பிலே ஒளி படும்போது பொருளானது வில்லையிலிருந்து எவ்வளவுதூரம் முன்னேயிருக்கின்றதோ, விம்பமானது அவ்வளவு தூரம் பின்னேயிருக்குமென்று காட்டுக.

வில்லைப்பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகத்தை μ எனக் கொள்க. எனின்

$$-\frac{1}{15} = (\mu - 1)\left(-\frac{1}{5} + \frac{1}{15}\right),$$

அதாவது, $\mu = 1{\cdot}5$

பொருளின்தூரம் u ஆயிருக்கும்போது வில்லையின் முன் பரப்பிலிருந்து முறிவினாலுண்டாக்கப்படும் விம்பத்தின் தூரம், v_1 எனக்கொள்க. உருவம் 21.13 (*b*) ஐப்பார்க்க. எனின்,

$$\frac{3}{2}\left[-\frac{1}{5} - \frac{1}{v_1}\right] = 1\left[-\frac{1}{5} - \frac{1}{u}\right],$$

அதாவது, $$-\frac{1}{10} - \frac{3}{2v_1} = -\frac{1}{u} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(i)}$$

வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்ட பரப்பிலே தெறிப்பினாலுண்டான விம்பத்திற்கு, விம்பத்தூரம் v_2 ஆயின்,

$$\frac{1}{v_2} + \frac{1}{v_1} = -\frac{2}{15} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(ii)}$$

இப்போது ஒளிசெல்லுந் திசையானது நேர்மாறுக்கப்பட்டுள்ளது. அத்துடன் முன்பரப்பிலே இரண்டாவது முறிவு நிகழுகின்றது. ஆள்கூறுகளின் தொகுதி நேர்மாறுக்கப்படுதல் வேண்டும். அதாவது, $r_1 = +5$ ச.மீ. எனின், $V_2 = -v_2$; இத்தொகுதியிலே கடைசிவிம்பத்தின் நிலை V ஆயின்,

$$\frac{3}{2}\left[\frac{1}{5} - \frac{1}{V_2}\right] = 1\left[\frac{1}{5} - \frac{1}{V}\right]$$

என்பதனால் V அறியப்படும். பழைய தொகுதியிலே $v = -V$, அதாவது,

$$\frac{1}{5} + \frac{1}{v} = \frac{3}{2}\left[\frac{1}{5} + \frac{1}{v_2}\right] = \frac{3}{2}\left[\frac{1}{5} + \left(-\frac{2}{15} - \frac{1}{v_1}\right)\right]$$

$$= \frac{3}{2}\left[\frac{1}{15} - \frac{2}{3}\left(-\frac{1}{10} + \frac{1}{u}\right)\right].$$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{1}{10} - \frac{1}{u} + \frac{1}{10} - \frac{1}{5} = -\frac{1}{u}.$$

$$\therefore v = -u.$$

(vi) மெல்லிய இரு குவிவுவில்லையொன்று எண்ணளவாக ϕ குவியத்தூரத்தைக் கொண்டது. வில்லையின் தலைமையச்சுக்குச் செங்குத்தான தளவாடி ஒன்று அதன்முகமொன்றிற் படுமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. u உம் v உம் வில்லையிலிருந்து ஒளியின் புள்ளிமுதலிடமொன்றினதும் அதன் விம்பத்தினதுந் தூரங்களாயின், ஆடியிலே ஒரு தெறிப்புமட்டும் நிகழ்கின்றதெனக் கொண்டு $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{\phi}$ என நிறுவுக.

வில்லையினூடு முறிவினாலுண்டாக்கப்பட்ட விம்பம் I_1 எனவும், வில்லையிலிருந்து அதன் தூரம் v_1 எனவுங் கொள்ளப்பட்டால், உருவம் 21.13 (c) ஐப்பார்க்க,

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{\phi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(i)}$$

எனப் பெறுகின்றோம்.

தளவாடியிலே தெறிப்பினாலுண்டான I_1 இன் விம்பம் I_2 இற்கு, $v_2 = -v_1$ ஆகும்.

ஒளியின்திசை இப்போது நேர்மாறுக்கப்படும். எனவே, முந்தியவிரண்டு அப்பியாசங்களிற்போல, $V_2 = -v_2$; கடைசிவிம்பத்தின் நிலை

$$\frac{1}{V} - \frac{1}{V_2} = -\frac{1}{\phi} \quad \text{என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.}$$

அதாவது, $$-\frac{1}{v} - \frac{1}{v_1} = -\frac{1}{\phi}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{(ii)}$$

சமன்பாடுகள் (i) உம் (ii) உம்

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{\phi} \quad \text{எனக் கொடுக்கின்றன.}$$

அதாவது, வில்லையின் குவியத்தூரத்தினது எண்ணளவுப் பெறுமானத்திற்குச் சமமான வளைவாரையையுடைய குழிவாடியாக இத்தொகுதி தொழிலாற்றுகின்றது.

அப்பியாசம் 21

1.—ஆரை r ஐயுடைய குழிவான கோளப்பரப்பொன்று μ_1, μ_2 முறிவுக்குணகங்களையுடைய ஊடகங்களிரண்டைப் பிரிக்கின்றது. முதலாவது ஊடகத்திலுள்ள பொருளொன்றின் நிலைக்கும், வளைவான பரப்பிலே தொகுதியின் அச்சிற்கூடு சிறிய கோணங்களை ஆக்குங் கதிர்களின் முறிவினாலுண்டாகும் விம்பத்தின் நிலைக்குமுள்ள தொடர்பைக்காட்டச் சமன்பாடொன்றை நிலைநாட்டுக.

6 ச.மீ. ஓரத்தையும் $\frac{3}{2}$ முறிவுக்குணகத்தையுங்கொண்ட கண்ணுடிக்கனமொனறு, 2 ச.மீ. ஆரையையுடைய கோளக்குகையொன்றை அதனுள்ளடக்கியுள்ளது. இக்குகையினதுங் கோளத்தினதும் மையங்கள் பொருந்தியுள்ளன. சிறிய ஒளிரும்பொருளொன்று இப்பொதுமையத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கனத்தின முகமொன்றுக்குச் செங்குத்தாகப் பொருளினூடு செல்லும் நேர்கோட்டின் நேரே பார்க்கும் ஒருவரினால் இப்பொருளின் விம்பம் எங்கே காணப்படும். பொருளானது பார்ப்பவரைநோக்கி 1 ச.மீ. இடம்பெயர்க்கப்பட்டால், அப்போது விம்பம் எங்கே காணப்படும்?

2.—கண்ணுடிக்கோளமொன்றின் விட்டம் 10 ச.மீ. கோளத்தினுள்ளேயுள்ள வளிக்குமிழியொன்று, அதனூடுங் கோளமையத்தினூடுஞ் செல்லுகின்ற நேர்கோட்டின் நேரே பார்க்கும்போது, கிட்டிய பரப்பிலிருந்து 2 ச.மீ. தூரத்திற் காணப்படுகின்றது. கோளப்பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகம் 1·5 ஆனால், குமிழியின் மெய்யான நிலையாது?

3.—**ஒளியின் முறிவுவிதிகளைக் கூறுக.**

0·5 ச.மீ³. இலுங்குறைந்த **சிறிய** கணியமாகமட்டும் பெறப்படக்கூடிய ஒளிபுகவிடுந் திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தை நீர் எவ்வாறு அளப்பீரென விளக்குக.

முறிவுக்குணகம் μ ஐயுடைய பதார்த்தத்தைக் கொண்ட கோளமொன்றினூடு செல்லும் ஒளிக்கதிரானது, ஒன்றோடொன்று α கோணத்திலிருக்கும் ஆரைகளிரண்டின் அந்தலைகளினூடு செல்லுமாறு, முறிகின்றது. கோளத்தினூடு சென்றதனாற் கதிரின் விலகற்கோணம் γ ஆயின்,
கோசை $\frac{1}{2}(\alpha - \gamma) = \mu$ கோசை $\frac{1}{2}\alpha$ என நிறுவுக.

[L. I.]

4.—(அ) 6 ச.மீ. ஆரையையும், 1·50 முறிவுக்குணகத்தையுங் கொண்ட கண்ணாடியின் அரைக்கோளக் குற்றியொன்றினது, (i) தட்டைமுகம், (ii) வளைவானமுகம், பொருளிற்படுமாறு சிறிய பொருளொன்றின்மேல் மையமாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலேயிருந்து நேராகப் பார்க்கும்போது பார்ப்பவரின் அண்மையிலுள்ள பரப்பின் சார்பிலே ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் விம்பத்தின் நிலையைக் காண்க.

(ஆ) அரைக்கோளமானது தட்டைப்பக்கங் கீழேயிருக்குமாறு தளவாடியொன்றிலே வைக்கப்பட்டு, சிறிய ஒளிரும் பொருளொன்று அரைக்கோளவாடியின் மையத்திலிருந்து நிலைக்குத்தாக நேர்மேலே வைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலேயிருந்து நேர்கீழே பொருளைப்பார்த்துக் குற்றியின் மத்திய பாகத்தைமட்டும் உபயோகித்து, அதன் விம்பத்திலைடு ஒரேதளத்திலிருக்குமாறு பொருளின் நிலையானது செப்பஞ்செய்யப்பட்டது. தளவாடியின் மேலே பொருளின் தூரமென்ன? நீர் உபயோகிக்கும் எந்தச்சூத்திரத்தையும் நிறுவுக.

5.—முறிவுக்குணகம் 1·50 ஐயுடைய கண்ணாடியினாற் செய்யப்பட்டதும், முகங்களின் வளைவாரைகள் முறையே 40 ச.மீ., 20 ச.மீ. கொண்டதுமான இருகுவிவுவில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்திற்குரிய பெறுமானமொன்றைக் கணிக்க.

$\mu = 1{\cdot}33$ ஆன நீரிலே வில்லையானது அமிழ்த்தப்பட்டால், அதன் பயன்படு குவியத்தூரத்தைக் காண்க.

6.—(அ) ஒருங்குவில்லைகளிரண்டினுள் ஒவ்வொன்றினதுங் குவியத்தூரம் 15 ச.மீ. அவற்றினிடைத்தூரம் 30 ச.மீ. பொருளொன்று முதலாவது வில்லையிலிருந்து 10 ச.மீ. முன்னே வைக்கப்பட்டுள்ளது. இரண்டாவது வில்லையினூடாக விம்பம் எங்கே காணப்படும்? அதனுருப்பெருக்கம் யாது?

(ஆ) 20 ச.மீ. குவியத்தூரத்தையுடைய மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்று பொருளின் ஐந்துமடங்கு பெரிதான விம்பமொன்றைத் திரையொன்றில் உண்டாக்க உபயோகிக்கப்படுகின்றது. பொருளிலிருந்து திரையின் தூரத்தைக் காண்க.

(இ) மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றின் அச்சிலே புள்ளிமுதலிடமொன்றிருக்கும்போது, வில்லையிலிருந்து 30 ச.மீ. தூரத்திலே மெய்யான விம்பமொன்றுண்டானது. இ ண்டாவது வில்லையொன்று முதலாவதோடு சேர்த்து வைக்கப்பட்டால், சேர்க்கையிலிருந்து 40 ச.மீ. தூரத்திலே விம்பமுண்டானது. இரண்டாவது வில்லையின் குவியத்தூரத்தைக் காண்க.

7.—(அ) ஒரு மெழுகுதிரி திரையொன்றிலிருந்து 76·3 ச.மீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. திரையிலே மெழுகுதிரியின் விம்பம னது தோற்றுமாறு ஒருங்குவில்லையொன்று வைக்கப்படக்கூடிய நிலைகளிரண்டுள. இந்த நிலைகள் 20·5 சமீ தூரத்திலுள்ளன. வில்லையின் குவியத்தூரமென்ன?

(ஆ) 90 ச.மீ. தூரத்திலுள்ள மெழுகுதிரியொன்றுக்கும் நிலைக்குத்தான திரையொன்றுக்குமிடையே மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்று இயக்கப்படுகின்றது. ஒன்று மற்றதிலும் நான்குமடங்கு பெரிதான மெய்யான விம்பங்களிரண்டு திரையிலே பெறப்படுகின்றன. வில்லையின் குவியத்தூர மென்ன?

8.—ஒருங்குவில்லையொன்றின் குவியத்தூரம் 8·2 ச.மீ. 5·4 ச.மீ. வளைவாரையையுடைய குழிவாடியின் முன்னே 12·1 ச.மீ. தூரத்திலே இவ்வில்லை வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லையின்முன்பு 3·7 ச.மீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள 3 சமீ. உயரமான பொருளொன்றின் விம்பத்தினது பருமனையும் நிலையையுங் காண்க. வில்லையினூடு முறிவினாலும் அதன்பின் குழிவாடியிற் றெறிப்பினாலும் விம்பமுண்டானது. வரிப்படமொன்றைக் கொண்டு சரிபார்க்க.

9.—(அ) பொருளோடு பொருந்தி, (i) நேராகவும், (ii) தலைகீழாகவும், உள்ள குண்டூசியொன்றின் விம்பத்தைப்பெறுமாறு, ஒருங்குவில்லையொன்றையுந் தளவாடியொன்றையும் எவ்வாறு சேர்ப்பீர்? ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் விம்பமுண்டாவதைக் காட்ட வரிப்படமொன்றை வரைந்து, வில்லையின் குவியத்தூரத்தைத் தீர்மானிக்க இப்பரிசோதனை எவ்வாறு உதவுகின்றதென விளக்குக.

(ஆ) ஒருங்குவில்லையொன்றிலிருந்து a தூரத்திற் குண்டூசியொன்று வைக்கப்படும்போது, வில்லையிலிருந்து b தூரத்தில் விம்பம் பெறப்படுகின்றது. மாயவிம்பங்களுக்கும் மெய்யான விம்பங்களுக்கும், a இன் வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்குரிய a இற்கும் $a+b$ இற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பைக்காட்டப் பருமட்டான வரைப் படமொன்று வரைக. வரைப்படத்திலிருந்து வில்லையின் குவியத்தூரம் எவ்வாறு அனுமானிக்கப்படலாமெனக் காட்டுக.

10.—மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்று இரசத்திலே மிதக்கின்றது. குண்டூசியொன்று வில்லையிலிருந்து 10·3 ச.மீ. தூரத்திலிருக்கும்போது அதன் விம்பத்தோடு குண்டூசி பொருந்தித் தோற்றுகின்றது. வில்லையின் குவியத்தூரம் 10·6 ச.மீ. ஆயின் இரசத்திலைடு படிந்திருக்கும் வில்லைப் பரப்பினது வளைவாரை யாது?

11.—22·5 ச.மீ. குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங்குபிறையுரு வில்லையொன்று ஒளிரப்படுகின்ற குறுக்குக்கம்பிகளுக்கு முன்பு பிடிக்கப்படுகின்றது. கம்பிகளிலிருந்து வில்லையானது 7·8 ச.மீ., 3·9 ச.மீ. தூரங்களிலிருக்கும்போது குறுக்குக்கம்பிகளின் பக்கத்திலே விம்பங்கள் முறையாகத் தோற்றுகின்றன. வில்லைப்பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகத்தைக் கணிக்க.

12. A, B, ஆகிய ஒத்த குவிவுவில்லைகளிரண்டு ஒவ்வொன்றும் 3 ச.மீ. குவியத்தூரத்தைக்கொண்டன. இவை 12 ச.மீ. தூரத்திலே ஒரேயச்சில் வைக்கப்பட்டு, A இலிருந்து 6 ச.மீ. முன்னே வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளொன்றின் விம்பத்தை உண்டாக்க உபயோகிக்கப்படுகின்றன. A ஐ நோக்கி B ஐ இயக்க விம்பத்தின் இயல்பு மாறுமாற்றைப் பொருத்தமான வரிப்படங்களுடன் விளக்குக.

(அ) தொடக்க நிபந்தனைகளிலும், (ஆ) வில்லைகள் முட்டிக்கொண்டிருக்கும்போதும், விம்பத்தின் நிலையைக் கணிக்க. [L. S.]

13. வளியிலுள்ள மெல்லிய வில்லையொன்று அதன்முன்பு 40 ச.மீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள 5·0 ச.மீ. உயரமான பொருளொன்றின், 2·0 ச.மீ. உயரமுள்ள மெய்யான விம்பமொன்றை உண்டாக்குகின்றது. வில்லையின் முகங்கள் சமவளைவையுடையனவெனக் கொண்டு, கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகம் 1·52 ஆயின், பொதுவான வளைவாரையைக் காண்க.

14. ஒருங்குபிறையுருவில்லையொன்று அதன்பின்னுள்ள தளவாடியொன்றினோடு சேர்த்து, ஆடிக்குச் செங்குத்தாக வில்லையினச்சு இருக்குமாறு, வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளிருஞ் சிறிய தூவாரமொன்றையுடைய வெள்ளீத்திரையொன்று வில்லையின்முன்பு சிறிது தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுப் படிப்படியாக அதனைநோக்கி இயக்கப்படும். வில்லையிலிருந்து துவாரமானது 35 ச.மீ., 25 ச.மீ. 8 ச.மீ தூரங்களில் இருக்கும்போது அதன் விம்பங்கள் திரையிற் குவியக் காணப்பட்டன. 35 ச.மீ. இலுள்ள விம்பங்களின் பருமனது ஆடியகற்றப்படும்போது மறைகின்றது. குவியத்தூரம், பரப்புக்களின் வளைவாரைகள், வில்லைப்பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகம் என்பனவற்றைக் கணிக்க.

15. 50 ச.மீ. குவியத்தூரத்தையுடைய மெல்லிய விரிவில்லையொன்று 1·5 முறிவுக்குணகத்தையுடைய கண்ணாடியினாற் செய்யப்பட்டது. ஒருமுகம் 25 ச.மீ. வளைவாரையைக் கொண்டது. மற்றமுகத்தின் வளைவாரைக்குரிய பெறுமானமொன்றைக் கணிக்க.

16. குவிவாடியொன்றுக்கும் அதன் தலைமைக்குவியத்துக்குமிடையேயுள்ள மாயப்பொருளொன்றின் விம்பம் எப்போதும் மெய்யானது, நேரானது, உருப்பெருத்தது, பொருளிலும் பார்க்க ஆடியிலிருந்து கூடியதூரத்திலுள்ளதெனப் பகுப்புமுறையாக நிறுவுக.

17. 20 ச.மீ. குவியத்தூரத்தையுடைய மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றின் அச்சிலே அதற்குச் செங்குத்தாக 3·5 ச.மீ. நீளமான பொருளொன்று நிருக்கின்றது. பொருளானது வில்லையிலிருந்து 70 ச.மீ. தூரத்தில் இருக்குமாயின், விம்பத்தின் நிலை, பருமன், இயல்பு என்பனவற்றைக் காண்க. [(அ) வில்லைச்சமன்பாட்டை உபயோகித்தும், (ஆ) வில்லைச்சமன்பாட்டின் நியூற்றனின் வகையை உபயோகித்தும், இரு வழிகளிலே இப் பிரச்சினை தீர்க்கப்படலாம்.]

18. குழிவான கோளப்பரப்பொன்று ஒளிபுகவிடும் ஊடகங்களிரண்டைப் பிரிக்கின்றது. பொருளினதும் விம்பத்தினதுந் தூரங்களைத் தொடர்புறுத்துஞ் சூத்திரமொன்றைப் பெறுக.

பொருளின் குறித்த நிலையொன்றிற்குத் தொகுதியின் பக்கவருப்பெருக்கத்திற்குரிய கோவையொன்றையும் பெறுக. மெல்லிய வில்லையொன்றின் பயனை பக்கவருப்பெருக்கத்தைத் தீர்மானிக்க இக்கோவையை உபயோகிக்க.

f_1 குவியத்தூரத்தையுடைய மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்று ஒளிருஞ் சிறிய பொருளொன்றிலிருந்து அதன் குவியத்தூரத்துக்கு அளவான தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லையினூடுசெல்லும் ஒளியானது, முதலாவது வில்லையின் அச்சைக்கொண்டதும் f_2 குவியத்தூரத்தையுடையதுமான மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றினால் ஏற்கப்படுகின்றது. இதன்பயனான விம்பம் ஒரு திரையில் ஏற்கப்படுகின்றது. இத்தொகுதியின் பயனான பக்கவருப்பெருக்கம் வில்லைகளிரண்டினுக்குமிடையேயுள்ள தூரத்திலே தங்கியிருக்கவில்லையெனக் காட்டி, அதற்குரிய கோவையொன்றைப் பெறுக.

19. ஒரேயளவான இரண்டு மெல்லிய தளக்குவிவுவில்லைகள் இருகுவிவு வில்லையொன்றை அமைக்குமாறு சேர்த்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. a என்பது வளைவுமுகம் ஒவ்வொன்றினதும் வளைவாரையெனவும், μ_1, μ_2 என்பன வில்லைகளிரண்டினதும் பதார்த்தங்களினது முறிவுக்குணகங்களெனவுங் கொள்ளப்பட்டால், குவியத்தூரம் $\dfrac{a}{2-(\mu_1+\mu_2)}$ எனக் காட்டுக.

20. மெல்லிய கண்ணாடிவில்லையொன்று ($\mu=\frac{3}{2}$) படப்பெட்டியொன்றிற் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. குவிவாயுள்ள அதன் முன்பரப்பின் வளைவாரை 6 ச.மீ. வளியிலே வில்லையின்முன்பு 80 ச.மீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளொன்று வில்லையிலிருந்து 20 ச.மீ. தூரத்திலுள்ள படலமொன்றிலே தெளிவான விம்பத்தை உண்டாக்குகின்றது. வில்லையின் பின் பரப்பினது ஆரையும் இயல்புமென்ன?

படப்பெட்டி நீரின்மேலே ($\mu=\frac{4}{3}$) உபயோகிக்கப்படும்போது பொருளினதும் விம்பத்தினதும் முந்திய தூரங்களே பிரயோகப்படுகின்றதாயின், முன் பரப்பின் ஆரை என்னவாயிருக்கவேண்டும்?

21. ஒவ்வொன்றினதும் வளைவாரை a உம் முறிவுக்குணகம் 1·5 உமுடைய முறிக்குங் குழிவான பரப்புகளிரண்டு ஒரேயச்சையும் மையத்தையுமுடையனவாய் ஒன்றையொன்று நோக்கி ஒழுங்கு செய்யப்பட்டுள்ளன. வலதுபுறபரப்பின் முனையிலிருந்து $0{\cdot}5a$ தூரத்திலே புள்ளிப்பொருளொன்று இருக்கின்றது. ஒவ்வொரு பரப்பிலும் ஒரு முறிவினாலுண்டான விம்பங்களின் பிரிவைத் தீர்மானிக்க. விம்பங்களிரண்டும் பொருந்தியிருப்பின் இடப்பக்கக்கூற்றின் பதார்த்தத்தினது முறிவுக்குணகத்தையுந் தீர்மானிக்க.

22. ஆரைகளின் எண்ணளவுப்பெறுமானங்கள் முறையே a_1, a_2, ஆயுள்ள பரப்புக்களையுடைய மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்று இரசத்தில் மிதக்கின்றது. இரசத்தோடு முட்டிக்கொண்டிருக்கும் பரப்பின் ஆரை a_2 ஆயின், இணைக்குவியங்களின் நிலைகள்,

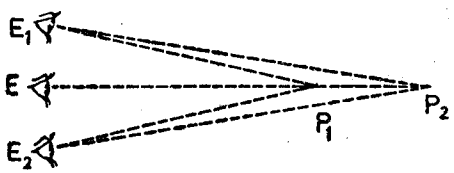
$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=2\left(\frac{\mu-1}{a_1}+\frac{\mu}{a_2}\right)$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படுகின்றதென நிறுவுக. u, v, μ குறியீடுகள் வழக்கமான கருத்துக்களைக் கொண்டன.

அத்தியாயம் 22

ஆடிகளினதும் வில்லைகளினதும் ஒளியியல் மாறிலிகளின் செய்முறைத் தீர்மானம்

விம்பங்களின் இடங்கண்டுபிடித்தல்.—ஒளியியற் கருவி ஒன்றினுல் உண்டாக்கப்பட்ட குண்டூசியொன்றினது விம்பத்தின் நிலை இடமாறு தோற்ற முறையொன்றினுற் காணப்படலாம். இந்தமுறையை விளக்க, **E** என்பது, உருவம் 22.01, P_1, P_2 குண்டூசிகளை இணைக்கும நேர் கோட்டிற்கு நேரே பார்ப்பவரொருவரின் கண்ணெனக் கொள்க. விழித் திரையிலே இரண்டு விம்பங் களும் ஒன்றின்மேலொன் றுகப் படுகின்றனவாதலின், பொதுவாக, எது அண்மையி லுள்ளதென்று சொல்லமுடி யாமலிருக்கும். இந்த உண் மையை அறியவேண்டுமா யின், கண்ணனது ஒரு பக்கத் துக்கு E_1 அல்லது E_2 நிலைக்கு இலேசாக இயக்கப்படும். அப்



உருவம் 22.01.—விம்பமொன்றின் இடங்கண்டு பிடித்தல். [விம்பத்திலிருந்து குறைந்தது 25 ச.மீ. தூரத்தில் அவதானிப்பவர் இருத்தல் வேண்டும்.]

போது விழித்திரையிலே விம்பங்கள் பொருந்தமாட்டா. தூரங்கூடியபொரு ளாகிய P_2 பார்ப்பவர் இயங்கும் P_1 இன் பக்கத்துக்கே இயங்குவதாகத் தோற்றும். இப்போது இரண்டு குண்டூசிகளுக்குமிடையே **இடமாறுதோற் றம்** உண்டென்று சொல்வது வழக்கம்.

P_1 ஒரு குண்டூசியாகவும் P_2 வேறொரு குண்டூசியின் விம்பமாகவும் இருப்பினும் இதே விவாதம் பிரயோகிக்கப்படலாம். எனவே, அவற்றிற் கிடையே இடமாறு தோற்றமில்லாதிருப்பின் P_1 உம் P_2 உம் பொருந்து மென்பது பெறப்படும்.

ஒளியியலளவுச்சட்டம்.—ஒளியியலளவுச்சட்டமென்பது ஒளியியற் பரிசோ தனைகள் பலவற்றில் உபயோகிக்கப்படும் வசதியான ஆய்கருவியாகும். இது, ச.மீ. முதலியவற்றில் அளவுகோடிடப்பட்ட, நேரானதும் விறைப் பானதுமாகிய நீண்ட சட்டமொன்றைக் கொண்டதாகும். ஆய்கருவியின் பல்வேறு பகுதிகளைப் பிடிக்கக்கூடிய தாங்கிகள் பல இச்சட்டத்திலே இயக்கப் படலாம். கம்பிவலைத் துண்டொன்று வைக்கப்பட்ட துளையொன்றையுடைய காகிதமட்டைத்துண்டொன்றை ஒரு தாங்கி காவுகின்றது. இது விளக் கொன்றினுல் ஒளிரப்படப் பொருளாகத் தொழிற்படுகின்றது. வில்லை, ஆடி, மெய்யான விம்பத்தை ஏற்குந்திரை என்பனவற்றை மற்றத் தாங்கி கள் காவுகின்றன. ஒளியியலளவுச்சட்டத்தைக் கொண்டு எதாவது வேலை

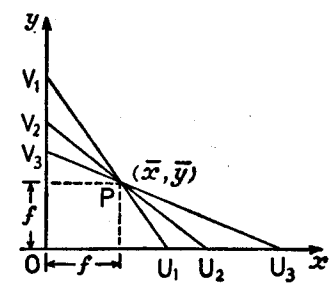
யைத் தொடங்கமுன்பு, மையங்கள் ஒரேயச்சிலிருக்குமாறு ஆய்கருவி யின் எல்லாப் பகுதிகளுஞ் செப்பஞ் செய்யப்படுதல் வேண்டும். எந்தவிரு தாங்கிகளினுங் காவப்படும் ஆய்கருவி மையங்களிடையேயுள்ள தூரமானது ஒரு தாங்கியிற் கிடைத்தளமாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள அளவுகோலைக் கொண்டு தீர்மானிக்கப்படும். இயலுமாயின், இக்கோலின் ஒரே முனை யானது தூரந்தேவையான பொருள்களின் மையங்களோடு முறையாகப் பொருந்தவிடப்படும். கோலைக் காவுகின்ற தாங்கியிற் பொருத்தப்பட்டுள்ள காட்டியினுற் குறிக்கப்படும் அளவீடுகளிரண்டினதும் வித்தியாசமே தேவை யான தூரமாகும். கோலின் எதிர்முனைகளைப் பொருள்களிரண்டினுலும் பொருந்த விடுவது பெரும்பாலும் வசதியாயிருக்கும். இவ்வாறிருக்கும் போது, கோலைக் காவுகின்ற தாங்கியின் இடப்பெயர்ச்சியோடு அதன் நீளத் தைக்கூட்டித் தேவையான தூரத்தைப் பெறுகின்றோம்.

குழிவான கோளப்பரப்புக்களின் வளைவாரைகளுங் குவியத்தூரங்களும்.—முதலாவது முறை.—குழிவான பரப்பொன்றின் வளைவுமையத்தினூடு செல் வதும் அதனச்சுகுச் செங்குத்தாயுள்ளதுமான தளமொன்றிலுள்ள ஒரு பொருளின் விம்பம் அத்தளத்திலேயே இருக்கின்றதென்றும், பொருளின் பருமனுக்குச் சமமாய்த் தலை கீழானதென்றும் முன்னரே கண்டோம். ஆகவே, ஒளிருங் கம்பிவலைத் துண்டொன்றின்முன்பு குழிவாடியொன்று வைக்கப்பட்டு, கம்பிவலைக்கு நேர்கீழே துலக்கமான விம்பமொன்றுண்டாகு மாறு இயக்கப்படுமெனின் ஆடிக்கும் வலைக்குமிடையேயுள்ள தூரம் ஆடியின் வளைவாரைக்குச் சமமாகும்.

இரண்டாவது முறை.—ஒளிருங்கம்பிவலையானது ஆடியின் அச்சுக்குச் சிறிதுமேலே வைக்கப்பட்டு, அதனுல் அச்சுக்குச் சிறிதுகீழே உண்டாக்கப்படும் விம்பமானது வெள்ளைத் திரையொன்றிற் பெறப்படும். u உம் v உம் அளக்கப்பட்டு f கணிக்கப்படும். அவதானங்கள் தொடர்ச்சியாய் எடுக்கப்பட்டு f இன் சராசரிப் பெறுமானம் அனுமானிக் கப்படும்.

சராசரிப் பெறுமானம் வரைப்படமூலம் பின்வருமாறும் அனுமானிக்கப்படலாம்:— $OU = u$, $OV = v$ ஆகுமாறு செவ்வகவச் சுக்கள் Ox, Oy களில் U, V புள்ளிகள் குறிக்கப்பட்டு அவற்றினூடு நேர்கோடொன்று வரையப்படும். (இதனைச் செய்யும்போது குறிகளை அவதானித்துக்கொள்ளுதல் வேண் டும்.) நேர் கோட்டின் சமன்பாடு,

$$\frac{x}{u} + \frac{y}{v} = 1$$



உருவம் 22.02.

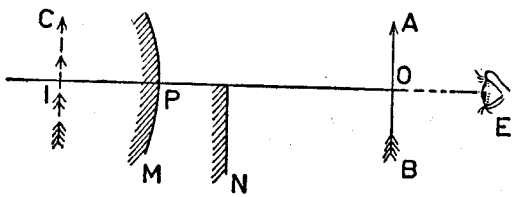
ஆகும். 22.02 ஆம் உருவத்திலே u இனதும் v இனதும் ஒத்த பெறு மானங்களுக்குரிய இவ்வகையான கோடுகள் தொடர்ச்சியாய் வரையப்

பட்டுள்ளன. இக்கோடுகளுள் எதனாலும் அச்சுக்களிரண்டிலும் உண்டாக்கப்படும் வெட்டுத்துண்டுகளின் சிறப்பான பெறுமானங்கள்

$$\frac{f}{v}+\frac{f}{u}=1$$

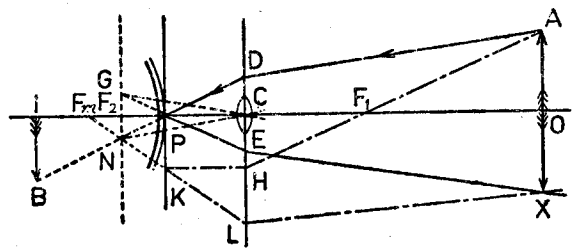
என்ற சமன்பாட்டினாற் தொடர்புறுத்தப்பட்டுள்ளன. ஆள்கூறுகள் ($\bar{x}=f$, $\bar{y}=f$) ஆயுள்ள புள்ளி இந்தக் கோட்டிலே இருக்கின்றதென்று மேலேயுள்ள சமன்பாடுகளிரண்டுங் காட்டுகின்றன. இக்கோடுகளுக்குரிய பொதுச் சமன்பாட்டை நாங்கருதினோமாதலின், P இற் காட்டப்பட்டுள்ள (f, f) புள்ளியினூடு இவையெல்லாஞ் செல்கின்றனவென்பது பெறப்படும்.

குவிவான கோளப்பரப்புக்களின் குவியத்தூரங்களும் வளைவாரைகளும்.—முதலாவது முறை.—நீண்ட ஊசி AB, உருவம் 22.03, குவிவாடி M இற்கும் தளவாடி N இற்கும் முன்பு வைக்கப்பட்டு, பார்ப்பவரின் கண் E அச்சின் திசைநோக்கி வைக்கப்பட்டுள்ளது. இரண்டு விம்பங்கள் I உம் C உம் காணப்படும். குவிவாடியிலிருந்து தெறிப்பினாலுண்டாவது ஊசியின் மேற்பாகத்தினது உருச்சிறுத்த மாயவிம்பமாகும். தளவாடியினாலுண்டாக்கப்படுவது ஊசியின் கீழ்ப்பாகத்தினது மாயவிம்பமாகும். இதன் உருப்பெருக்கம் ஒன்று. ஆடி N இற்கு முன்னே பொருளானது எவ்வளவு தூரத்திலிருக்கின்றதோ, அவ்வளவு தூரத்திலே ஆடியின்பின் இவ்விம்பமிருக்கும். இரண்டு விம்பங்களுக்குமிடையே இடமாறுதோற்ற மில்லாதிருக்குமட்டும் ஆடி N இயக்கப்படும். ஆய்கருவியின் பல்வேறு பாகங்களின் நிலைகளிலிருந்து u இனதும் v இனதும் ஏற்ற பெறுமானங்கள் தீர்மானிக்கப்படலாம். அவதானங்களின் தொடர்ச்சியிலே ஒவ்வொரு சோடியைக் கொண்டும் வேலை செய்வதிலும்பார்க்க, மேலே உள்ளதைப் போன்ற வரைப்படமுறையொன்று உபயோகிக்கப்படலாம். ($\bar{x}$, $\bar{y}$) என்பது மூன்றாவது கால்வட்டத்திலிருக்கக் காணப்படும். அதாவது, ஆள்கூறொவ்வொன்றும் மறையானதாகும்.



உருவம் 22·03.—குவிவான கோளப்பரப்பின் குவியத்தூரம்.

இரண்டாவது முறை.—இந்த முறையிலே சிறிய பொருளொன்றின் மெய்யான விம்பமொன்றை உண்டாக்கத் துணை ஒருங்குவில்லையொன்று உபயோகிக்கப்படும். குவிவுப்பரப்பு வில்லையின் பின்பு வைக்கப்பட்டுப் பொருளின் பக்கத்திலே விம்பமுண்டாகுமட்டும் இயக்கப்படும். இவ்விம்பந் தலைகீழானது. குவிவாடியின் முனைவுக்கும், விம்பம் IB பெறப்படும் திரைக்குமிடையேயுள்ள தூரம், ஆடியின் வளைவாரைக்குச் சமமாகும்போது இவ்விம்பம் உண்டாக்கப்படும். விம்பந் தலைகீழானது என்பதைக் காட்டத் திருத்தமான வரிப்பட மொன்று வரைந்து பகுப்பு முறையான நிறுவலைத் தவிர்த்துக்கொள்ளலாம்.



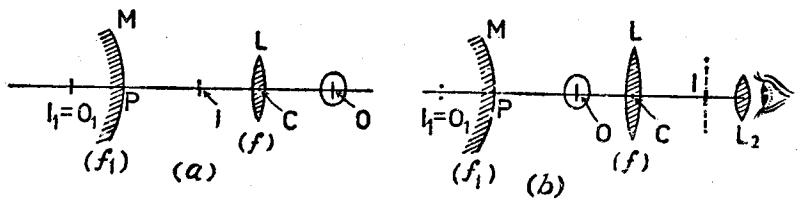
உருவம் 22.04.—குவிவான கோளப்பரப்பின் குவியத்தூரம்.

OA என்பது, உருவம் 22.04, பொருளெனவும், C என்பது F_1, F_2 தலைமைக்குவியங்களையுடைய மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றின் மையமெனவுங்கொள்க. குவிவாடி இல்லாதிருப்பின் மெய்யான விம்பம் IB உண்டாக்கப்படுகின்றது. (உபயோகிக்கப்பட்ட அமைப்புக்கோடுகள் காட்டப்படவில்லை.) வளைவாரை PI ஐயுடைய குவிவாடியின் முனைவை P எனக்கொள்க. வில்லையினூடு முறிவின்பின்பு DPB திசையிலே, அதாவது, ஆடியின் முனைவைநோக்கி, செல்லுகின்ற கதிர் AD ஐக்கருதுக. இது PE இன் நேரே தெறிக்கப்படும். அங்கு $\hat{DPC}=\hat{EPC}$ ஆகும். வில்லையினூடு சென்றதன்பின் கதிரின் பாதையைத் தீர்மானிக்க, வில்லையின் இரண்டாவது குவியத்தளத்தை G இல் வெட்டுமாறு EP ஐ நீட்டித் துணையச்சு GC ஐ வரைதல் வேண்டும். எனின், முறிகதிர் EX ஆகும். இங்கு EX ஆனது GC இற்குச் சமாந்தரமாகும். தொகுதியினச்சுக்குச் சமாந்தரமான திசையிலே ஆடியை நோக்கிச் செல்லுகின்ற கதிர் HK ஐயுங் கருதுக. தெறித்ததின்பின் இது KL இன் நேரே செல்லுகின்றது. இங்கு, LK இன் நீட்சி ஆடியின் குவியமாகிய F_m இனூடு செல்லும், இக்கோடானது இரண்டாவது குவியத்தளத்தை N இல் வெட்டுமாயின், துணையச்சு NC இற்குச் சமாந்தரமான LX என்பதே முறிகதிராகும். இந்த முறிகதிர்களிரண்டும் X இல் வெட்டுவதனாலும், கதிர் OC ஆனது CO இன் நேரிலே திரும்பித் தெறிப்பதனாலும், விம்பம் OX ஆகவே இருத்தல் வேண்டும்.

[22.04 உருவத்தைப்போன்ற வரிப்படங்களிலே பார்வையச்சுக்குச் செங்குத்தான திசையிலே அளவுப் பிரமாணம் மிகப்பெரிதென்பதை அவதானித்துக் கொள்ளுதல் வேண்டும். எனவே, கதிர் AD ஆனது வில்லையினூடு மெய்யாகச் செல்லுவதாகத் தோற்றுவதில்லை. அத்துடன்,

வரிப்படத்திலுள்ள வில்லையானது எவ்வகையான வில்லை உபயோகிக்கப்படுகின்றதென்பதை நினைப்பூட்டவேயன்றி வரிப்படத்திலுள்ள வனையவற்றின் அளவுப் பிரமாணத்திலே அது வில்லையைக் குறிக்கவில்லையென்பதும் அவதானிக்கப்படுதல் வேண்டும்.]

மூன்றாவது முறை.—மெய்யான பொருளொன்று உபயோகிக்கப்படும் போது குவிவாடியொன்றிலே தெறிப்பினாலுண்டாகும் விம்பம் மாயமானதாகும். மாயமான பொருள் மெய்யான விம்பத்தை உண்டாக்கும். குவிவாடியின் குவியத்தூரத்தைக் காண்பதற்குரிய இம்முறையின் நோக்கம், இவ்வகையான மாயப்பொருளொன்று எவ்வாறு உண்டாக்கப்பட்டு உபயோகிக்கப்படலாமென்பதைக் காட்டுவதேயாம்.



உருவம் 22.05.

குவியத்தூரம் f ஐயுடைய மெல்லிய ஒருங்குவில்லை **L** ஆனது தீர்மானிக்கப்படவேண்டிய குவியத்தூரம் f_1 ஐயுடைய குவிவாடி **M** இனோடு ஒரேயச்சில் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளன, உருவம் 22.05 (*a*) ஐப் பார்க்க. **M** இல்லாவிட்டால் மெய்யான விம்பம் I_1 உண்டாக்கப்படுகின்ற தெனக் கொள்வோம். **M** நிலையிலிருக்கும் போது I_1 ஆனது மாயப்பொருள் O_1 ஆகத் தொழிற்பட்டு, O_1 இன் மெய்யான விம்பம் **I** இல் உண்டாக்கப்படும். வில்லைக்கும் ஆடிக்குமிடையே வைக்கப்பட்டுள்ள சிறிய திரையொன்றிலே இது பிடிக்கப்படலாம். எனின், ஆடிக்கு $\mu = PO_1$ (மறைக்கணியம்), $v = PI$ (நேர்க்கணியம்). எனவே f_1 இற்குரிய பெறுமான மொன்று கணிக்கப்படலாம்.

மேலேயுள்ள நிகழ்ச்சியிற் சிறிது மாற்றஞ்செய்தாற் பரிசோதனை செய்வதை இலகுவாக்கும். இழையானது **O** இலும் தொகுதியினச்சுக்குச் செங்குத்தாகவுமுள்ள சிறிய மின்விளக்கொன்று, 22.05 (*b*) உருவத்திலுள்ளதுபோல, வில்லை **L** இற்கும் குவிவாடி **M** இற்குமிடையே வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லையினூல் மெய்யான விம்பமானது நேராக உண்டாகாதவகையிலே இழையானது **L** இன் குவியத்தூரத்தினுள்ளே இருத்தல் வேண்டும். இப்போது **M** இலே தெறித்த கதிர்களினூற் இழையின் மாயவிம்பமொன்று I_1 இலே, அதாவது O_1 இலே, உண்டாக்கப்படும். இந்த மாயவிம்பம் **L** இற்குப் பொருளாக அமைந்து, தூரம் O_1O ஆனது வில்லையின் குவியத்தூரத்தின் எண்ணளவுப் பெறுமானத்திலும் அதிகரித்திருப்பின், **I** இலே மெய்யான விம்பமொன்று உண்டாக்கப்படும். இது தேய்த்த கண்ணாடித் திரையொன்றிலே பிடிக்கப்பட்டு, அதன் துலக்கம்

குறைந்த வலுவையுடைய வில்லை L_2 இனூல் ஆராயப்படவேண்டும். f இன் தெரிந்த பெறுமானத்திலிருந்து, **CI** அறியப்பட்டதும், தூரம் **O C** கணிக்கப்படலாம். எனவே, $PI_1 = PO_1 = v$ என்பதற்குரிய பெறுமானமொன்று உடனே பெறப்படுகின்றது. இதுவே $PO = u$ என்பதோடொத்த, ஆடியிலிருந்து விம்பத்தின் தூரமாகும். ஆடியின் குவியத்தூரமாகிய f_1 இன் பெறுமானமொன்று இதன்பின் கணிக்கப்படலாம்.

மெல்லிய ஒருங்குவில்லைகளின் குவியத்தூரங்கள்.–முதலாவது முறை.— ஒளிருங்கம்பிவலைத் துண்டொன்றின் மெய்யான விம்பமொன்றை உண்டாக்க வில்லை ஒழுங்குசெய்யப்பட்டு u, v தூரங்கள் அளக்கப்படும். இதன்பின் குவியத்தூரத்தின் பெறுமானங் கணிக்கப்படும். ஆடிகளுக்கு விவரிக்கப்பட்டுள்ளதைப் போன்ற வரைப்பட முறையொன்றும் உபயோகிக்கப்படலாம். u உம் v உம் அச்சுக்கள் **OX** இலும் **OY** இலும் நேர்கோடொன்றினூல் உண்டாக்கப்படும் வெட்டுத்துண்டுகளாயின், அந்த நேர்கோட்டின் சமன்பாடு

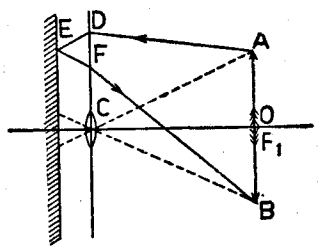
$$\frac{x}{u} + \frac{y}{v} = 1 \quad \text{ஆகும்.}$$

u, v , f என்பன

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

என்ற சமன்பாட்டினூற் தொடர்புறுத்தப்பட்டதாதலின், எதாவது ஒரு வில்லைக்குப் புள்ளி $(-f, f)$ இவ்வகையான கோடுகளெல்லாவற்றிலும் இருக்கின்றது என்பது பெறப்படும். ஒருங்குவில்லை யொன்றிற்கு f எதிரானதாதலின், புள்ளி $(-f, f)$ நான்காவது காற்வட்டத்திலிருக்கின்றது என்பது பெறப்படும்.

இரண்டாவது முறை.— தானுகநேர்வரிசையாக்கும் முறை எனப்படும் இந்த முறையிலே, ஒருங்குவில்லையொன்றின் முதலாவது குவியத்தளத்திலுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்து பிறக்கின்ற ஒளிக்கதிர்கள் வில்லையினூடு முறிவின் பின் சமாந்தரக்கற்றையாகின்றன எனுமுண்மை உபயோகிக்கப்படுகின்றது. இக்கற்றையின் திசையானது ஒளிரும்புள்ளியினூடும் வில்லையின் மையத்தினூடுஞ் செல்லுகின்ற துணையச்சுக்குச் சமாந்தரமாகும். இவ்வகையான கற்றையொன்று தளவாடியொன்றின்மேல் விழுமாயின் அது சமாந்தர ஒளிக்கற்றையாகவே தெறிக்கும். இது வில்லையினூடு செல்லுமாயின் பொருளைக்கொண்டுள்ள தளத்திலே விம்பமொன்றுண்டாக்கப்படும். இப்போது விம்பமானது பொருளுக்குப் பருமனிற் சமமென்றும் ஆயின் தலைகீழானதென்றும் நாம் காட்டுதல் வேண்டும்.

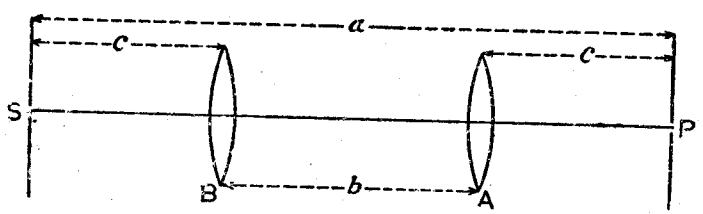


உருவம் 22.06.—மெல்லிய ஒருங்கு வில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்தின் நிர்மானத்திற்குரிய தானுக நேர்வரிசையாக்கும் முறை.

OA என்பது, உருவம் 22.06 C மையமான ஒருங்குவில்லையொன்றின் முதலாவது குவியத்தளத்திலே ஒளிருங்கம்பிவில்லையைப் போன்ற சிறிய பொருளெனக் கொள்க. AD என்பது முறிவின்பின் DE இன் நேராகச் செல்லும் ஒரு கதிரெனக் கொள்க. இங்கு DE துணையச்சு AC இற்குச் சமாந்தரமாகும். இக்கதிர் EF இன் நேரே தெறிக்கப்படும். அப்போது DE உம் EF உம் E இலே தளவாடிக்குச் செங்குத்திணேடு சமகோணங்களை ஆக்கும். EF இற்குச் சமாந்தரமான துணையச்சு CB அமைக்கப்பட்டால், தெறிப்பின்பின்பு கதிர் EF ஆனது FB இன் நேரே செல்லும். இங்கு B என்பது O இனூடுசெல்லுங் குவியத்தளத்தை CB வெட்டும் புள்ளியாகும். கதிர் OC ஆனது வில்லையின் தலைமையச்சின் நேரே தெறிக்கப்படுமாதலின் விம்பம் OB ஆகும். இங்கு OB என்பது OC இற்குச் செங்குத்தாகும். முக்கோணிகள் OAC, OBC ஒருங்கிசையுமாதலின் OA=OB.

மெல்லிய ஒருங்குவில்லைகளெல்லாவற்றிற்கும் உபயோகிக்கப்படலாமாத லின் இது விசேடமிக்க முறையாகும். உதாரணமாக, குவியத்தூரங்கள் ஒன்று, இரண்டு அல்லது பல மீற்றர்களாயிருக்கும் வில்லைகளுக்குக்கூட இம்முறை பிரயோகிக்கப்படலாம்.

மூன்றுவது முறை.—இது **இடப்பெயர்ச்சிமுறை** எனப்படும். ஒருங்கு வில்லையானது, உருவம் 22.07, ஒளிரப்படும் எதாவது குறுக்குக்கம்பி கள் P இன் மெய்யான விம்பமொன்றைத் திரை S இலுண்டாக்கு மாறு A இல் ஒழுங்கு செய்யப்பட்டுள்ளது. [ஆகவே, P இற்கும் S இற்குமிடைத்தூரம் $|4f|$ இலும் பெரிதாயிருத்தல் வேண்டும்.— 79 ஆம்



உருவம் 22.07.—இடப்பெயர்ச்சி முறையினல் மெல்லிய ஒருங்குவில்லை ஒன்றின் குவியத்தூரம்.

பக்கம் பார்க்க.] கம்பிகளுந் திரையும் நிலையிலிருக்கத் திரையிலே மீண்டும் மெய்யான விம்பமொன்றுண்டாகுமட்டும் வில்லையானது B இற்கு இயக்கப் படும். இப்போது முதலாவது சந்தர்ப்பத்திலே P இலுள்ள கம்பிகளி லிருந்து வில்லையின் தூரம் இரண்டாவது சந்தர்ப்பத்திலே திரை S இலிருந்து வில்லையின் தூரத்திற்குச் சமமாகும். எனவே, குறிப்பிட்ட

தூரங்களின் எண்ணளவுப் பெறுமானங்களை a, b, c என்பவற்றினுற் குறித்துக்கொண்டு, முதலாவது சந்தர்ப்பத்திலே $|u| = c$ எனவும் $|v| = b + c$ எனவும் பெறுகின்றேம். எனவே,

$$-\frac{1}{(b+c)} - \frac{1}{c} = -\frac{1}{|f|}.$$

ஆனல், $a = b + 2c$, எனவே

$$|f| = \frac{(a^2 - b^2)}{4a} \quad \text{ஆகும்.}$$

வில்லையின் பெயர்ச்சியை நாம் அளக்கவேண்டியிருத்தலினல், இந்த முறையானது ஆராயப்படும் வில்லையின் பார்வைமையத்தின் நிலையினது குறையான அறிவினலுண்டான வழுவையுடையதல்ல என்பதே இம்முறை யின் பெரிய நயமாகும்.

நான்காவது முறை.—நீட்டலுருப்பெருக்கமேனும், v அல்லது u எனும் அறியப்பட்டால் ஒருங்குவில்லையின் குவியத்தூரம் தீர்மானிக்கப்படலாம். சரியாக 1 ச.மீ. நீளமான பிளவொன்று பொருளாக உபயோகிக்கப்பட்டு, மி.மீ. அளவிடையொன்று வரையப்பட்டுள்ள தேய்த்த கண்ணுடித் திரையொன்றிலே விம்பமானது குவிக்கப்படும். இதனல் உருப்பெருக்கம் உடனே வாசிக்கப்படலாம். உருப்பெருக்கம் ஒன்றுயிருக்குமாறு வில்லை கள் முதலியன முதலில் ஒழுங்கு செய்யப்படுதல் வேண்டும். வில்லையை நிலையாய் வைத்துக்கொண்டு, உருப்பெருக்கம் 2, 3, 4 முதலிய அளவு களாகுமட்டும் பிளவும் அளவிடையும் இயக்கப்படும். ஒவ்வொரு சந் தர்ப்பத்திலும் அளவிடை இயக்கப்படுந்தூரம், அதாவது, உருப்பெருக் கம் ஒன்றினல் மாறும் போது இயக்கப்படுந் தூரம், வில்லையின் குவியத் தூரத்திற்கு எண்ணளவிற் சமமாகும். உருப்பெருக்கம் 1, 2 ஆன போது விம்பத்தூரங்கள் முறையே v_1, v_2 எனக்கொள்க. எனின், மெய் யான விம்பமொன்று உண்டாக்கப்படுவதினல்,

$$-\frac{1}{|v|} - \frac{1}{|u|} = -\frac{1}{|f|}$$

எனப் பெறுகின்றேம். உருப்பெருக்கம் m இற்கு,

$$m = \frac{|v|}{|u|} = \frac{|v|}{|f|} - 1$$

எனப் பெறுகின்றேம். m முறையே 1, 2 ஆகும்போது,

$1 = \frac{|v_1|}{|f|} - 1$ எனவும், $2 = \frac{|v_2|}{|f|} - 1$ எனவும் பெறுகின்றேம்.

எனவே, $|f| = v_2| - |v_1|$.

$|v_2| - |v_1|$ என்ற கோவையானது, வில்லை நிலையாயிருக்க, விம்பத்தை ஏற்கும் திரையின் இடப் பெயர்ச்சியை அளக்கின்றது. இதனைப் போலவே, $|f| = |v_3| - |v_2|$ முதலியனவுமாம்.

[தடிப்பான வில்லையொன்றின் அல்லது வில்லைத்தொகுதியொன்றின் குவியத்தூரத்தைத் தீர்மானிக்க இந்த முறையானது உபயோகிக்கப்படலாமென அவதானிப்பது கவர்ச்சிக்குரியதாகும்.]

வேறு முறை—m இன் முழுவெண் பெறுமானங்களினூடு வேலை செய்வதற்குப் பதிலாக, v இற்கும் m இற்குமுரிய ஒத்த பெறுமானங்களின் தொடரொன்றைத் தீர்மானிக்கலாம்.

$$m = \frac{|v|}{|f|} - 1 \text{ ஆதலின்,}$$

$$y = \frac{1}{|f|}x - 1 \quad \text{எனவெழுதலாம். எனவே, } \frac{1}{|f|} \text{என்பது,}$$

$y = m$, $x = |v|$ எனக்குறிக்கப்பெற்ற நேர்கோட்டின் சாய்வு விகிதமாகும்.

குவியத்தூரந் தேவையான வில்லையானது சிலசமயங்களிலே பெறமுடியாததாயிருத்தல்கூடும். அதாவது, அது குழாயில் மறைந்திருக்கலாம்; அன்றேல், கண்ணுடிமூடிகளினுல் மூடப்பட்டிருக்கலாம். இவ்வாறான சந்தர்ப்பத்திலே, மிக அண்மையிலுள்ள கண்ணுடி மூடியின் மையம் போன்ற வசதியான புள்ளியொன்றிலிருந்து விம்பத்தூரம் அளக்கப்படலாம். இத்தூரத்தை $|V|$ எனக்கொள்க. எனின், $|v| = |V| + |a|$, இங்கு $|a|$ என்பது தெரியாத ஒரு ஒருமையாகும். மேலேயுள்ள சமன்பாடு பின்வருமாறு அமைகின்றது—

$$m = \frac{|V| + |a|}{|f|} - 1$$

$$= \frac{|V|}{|f|} + \text{ஒருமை.}$$

$m = y$, $|V| = x$ ஆயின், மேலேயுள்ள சமன்பாடு

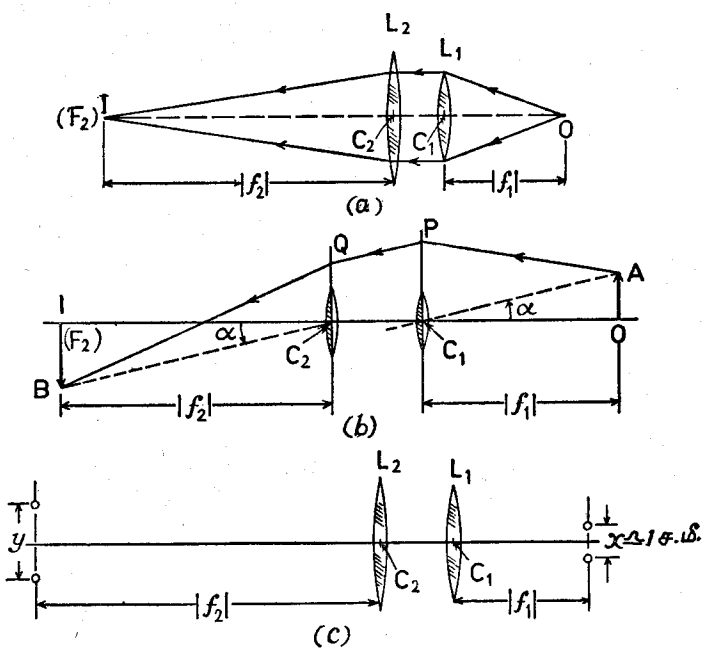
$$y = \frac{1}{|f|}x + \text{ஒருமை, ஆகின்றது.}$$

சாய்வுவிகிதம் $\frac{1}{|f|}$ ஐயுடைய நேர்கோடொன்றை இது குறிக்கின்றது.

m ஐயும் ஒத்த $|V|$ இன் பெறுமானங்களையும்பற்றிய அவதானங்களின் தொடரொன்று $|f|$ ஐக்காண உதவும்.

ஐந்தாவது முறை.—தூரவுள்ள பொருளொன்றின் துலக்கமான விம்பமொன்றைப் பெறத் தொலைகாட்டியொன்று செப்பஞ் செய்யப்படும். குவியத்தூரந் தேவைப்படும் ஒருங்குவில்லையானது தொலைகாட்டியின் முன்பு அதனச்சிலேயே வைக்கப்பட்டு அச்சடித்த தாளின் துண்டொன்று வில்லையிலிருந்து சிறிது தூரத்திலே பிடிக்கப்படும். காகிதத்தின் தளம் வில்லையினதுந் தொலைகாட்டியினதும் பொதுவச்சிற்குச் செங்குத்தாயிருத்தல் வேண்டும். தொலைகாட்டியினூடு அச்சின் துலக்கமான விம்பமொன்று காணப்படுமட்டும் காகிதத்தின் தூரம் மாற்றப்படும். தொலைகாட்டியானது சமாந்தரவொளிக்குச் செப்பஞ் செய்யப்பட்டிருத்தலால், அச்சுத்தாள் வில்லையின் முதலாவது குவியத்தளத்திலிருக்கின்றதென்பது பெறப்படும். ஆகவே, வில்லைக்குங் காகிதத்திற்கு மிடையேயுள்ள தூரம் $|f|$ ஆகும்.

ஆருவது முறை.—மெல்லிய ஒருங்குவில்லை எதனினும் குவியத்தூரத்தைத் தீர்மானிக்க இந்த முறையானது உபயோகிக்கப்படலாம். எனினும், நீண்ட குவியத்தூரங்களையுடைய வில்லைகளின் தொடர்பிலே இந்தமுறை



உருவம் 22.08.—மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றின் குவியத்தூரம்.

சிறப்பாக உபயோகிக்கப்படலாம். இது பின்வருமாறு:—O என்பது, உருவம் 22.08 (*a*) தெரிந்த குவியத்தூரம் f_1 ஐயுடைய மெல்லிய ஒருங்கு வில்லை L_1இன் அச்சில், அதன் முதலாவது குவியத்தளத்திலுள்ள ஒரு புள்ளிப்பொருளெனக் கொள்க. O இன் சார்பாக இந்த நிலையிலே

வில்லையை வைப்பதற்குத் தாளுக நேர்வரிசையாக்கும்முறை உபயோகிக்கப் படலாம், 95 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க. L_1 இலிருந்து வெளிப்படு மொளியானது குவியத்தூரந் தீர்மானிக்கப்படவேண்டிய வில்லை L_2 இனுல் ஏற்கப்படும். இந்த வில்லையானது சமாந்தரவொளிக்கற்றையொன்றை ஏற் கின்றதாதலின், L_2 இன் இரண்டாவது குவியத்தளத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியாகிய I இலே விம்பமொன்றுண்டாக்கப்படும்.

பொருளானது, உருவம் 22.08 (*b*) இலிருப்பதுபோல, வரையறையான தெனின் உண்டாக்கப்படும் விம்பம் IB ஆகும். புள்ளி B பின்வருமாறு காணப்படும். P இலே L_1 இற்படுங்கதிர் AP ஆனது, L_1 இலே முறிந்த பின்பு, AC_1 இற்குச் சமாந்தாமாக வெளிப்படும். C_1 என்பது L_1 இன் டார்வை மையமாகும். A ஆனது L_1 இன் முதலாவது குவியத்தளத் திலேயுள்ள ஒரு புள்ளியாதலின் இவ்வாறு நிகழ்கின்றது. PQ என்பது படுகதிர் AP இனுடொத்த L_1 இலிருந்து வெளிப்படுங் கதிரெனக் கொள்க. L_2 இன் பார்வைமையமாகிய C_2 இனூடு L_2 இன் இரண்டாவது குவியத்தளத்தை B இல் வெட்டுமாறு நேர்கோடு C_2B அமைக்கப்பட்டால், AP ஆனது இரண்டு வில்லைகளினூடுந் தெறித்தபின்பு கதிர் QB ஆகின் றது. α என்பது குறிக்கப்பட்ட கோணமெனின், முக்கோணிகள் IBC_2, OAC_1 ஒத்தனவென்று உடனே காணப்படும். எனவே, உருப்பெருக்கம் m ஆயின்,

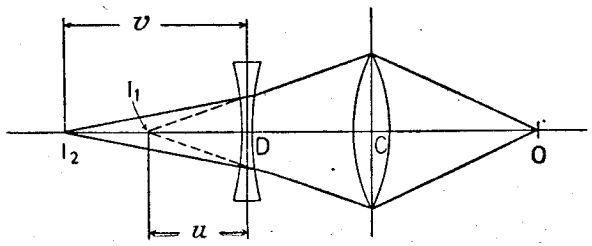
$$|m| = \frac{|IB|}{|OA|} = \frac{|IC_2|}{|C_1O|} = \frac{|f_2|}{|f_1|}$$

ஆகவே, $|m|$ அளக்கப்பட்டால், $|f_1|$ தெரிந்திருக்க, $|f_2|$ தீர்மானிக்கப் படலாம். L_2 ஐப் பெறுதிருக்கும் போதும இந்த முறையானது உபயோக முள்ளதாகும். உருப்பெருக்கம் வில்லைகளின் பிரிவிலே தங்கியிருக்கவில்லை என்பதை அவதானித்தல்வேண்டும்.

இப்பரிசோதனையைச் செய்வதற்குப் பொருளானது ஏறத்தாழ 1 *சமீ* தூரத்திலுள்ள மெல்லிய சமாந்தரக்கம்பிகளிரண்டைக் கொண்டதாயிருத் தல் வேண்டும், உருவம் 22·08 (*c*). விம்பம் தேய்த்த கண்ணுடித் திரை யொன்றில் ஏற்கப்படுதல்வேண்டும். விம்பந் துலக்கமாயிருக்குமாறு திரை யின் நிலையானது செப்பஞ்செய்யப்படும். துலக்கத்தை மதிப்பிடுதற்குதவி யாக, திரைக்குப்பின்னுற் கண்ணுக்கண்மையிற் பிடிக்கப்பட்ட உருப்பெருக் குங் கண்ணுடியைக் கொண்டு விம்பத்தைப் பார்ப்பது புத்தியாகும். எனின், வரிப்படத்திற் குறிப்பிட்ட குறியீடுகளுடன்,

$$|m| = \frac{|y|}{|x|} = \frac{|f_2|}{|f_1|}.$$

மெல்லிய விரிவில்லைகளின் குவியத்தூரங்கள்.—முதலாவது முறை :— வில்லையானது தெரிந்த குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங்குவில்லையொன்றி னேடு சேர்த்து வைக்கப்படுதல் வேண்டும். இவ்வொருங்கு வில்லையானது, சேர்க்கை ஒரொருங்குவில்லைக்குச் சமமாயிருக்கக்கூடிய வலுக்கொண்ட தாயிருத்தல்வேண்டும். சேர்க்கையின் குவியத்தூரந் தீர்மானிக்கப்படும். இதனை f எனக் கொள்க. இப்போது f_1, f_2 ஒருங்குவில்லையினதும் விரி வில்லையினதும் இரண்டாவது குவியத்தூரங்களுக்கு முறையே சமமாயிருப் பின், $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$ ஆகும். எனவே f_2 கணிக்கப்படலாம்

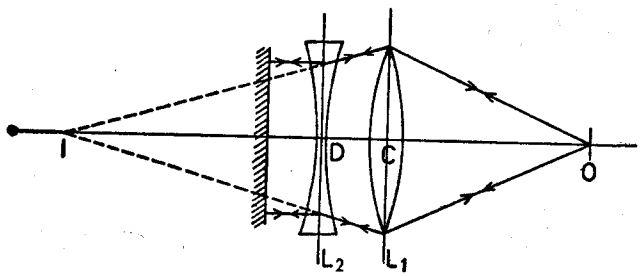


உருவம் 22.09.—மெல்லிய விரிவில்லையொன்றின் குவியத்தூரம்.

இரண்டாவது முறை.—பெறப்படக்கூடிய ஒருங்கு வில்லை C ஆனது விரி வில்லை D இனேடு சேர்த்து வைக்கப்படும்போது, சேர்க்கையானது குவிக்கும் வலுப் போதாதிருப்பின், வில்லை C ஆனது பொருள் O இன் மெய்யான விம்பம் I_1 ஐப் பெறுமாறு ஒழுங்குசெய்யப்படும், உருவம் 22.09 இதன்பின் விரிவில்லை யானது ஒருங்குவில்லைக்கும் I_1 இற்குமிடையே வைக்கப்பட்டு மெய்யான விம்பம் I_2 உண்டாக்கப்படும். எனின், I_1 என்பது மெய்யான விம்பம் I_2 ஐக்கொடுக்கும் மாயப்பொருளாகத் தொழிற்படுகின்றது. u உம் v உம் விரிவில்லையின் மையத்திலிருந்து முறையே பொருள் I_1 இனதும் விம்பம் I_2 இனதும் தூரங்களாயின், அதன் குவியத்தூரங் கணிக்கப்படலாம். u இனதும் v இனதும் ஒத்த பெறுமானங்களின் தொடரொன்று பெறப் பட்டால், 91 ஆம் பக்கத்தில் உபயோகிக்கப்பட்ட வரைப்பட முறையொன்று பிரயோகிக்கப்படலாம். f நேரானதாதலின், இரண்டாவது கால்வட்டத்தி லுள்ள புள்ளி $(-f, f)$ இலே கோடுகள் வெட்டுகின்றனவென்பதைக்காட்டு வதை மாணவனுக்கு ஓரப்பியாசமாக விடுகின்றேம்.

மூன்றுவது முறை.—ஒருங்குவில்லை L_1 ஆனது உருவம் 22.10, வில்லையி னச்சு CO இலுள்ள புள்ளிமுதலிடம் O இன் மெய்யான விம்பம் I ஐயுண் டாக்குமாறு ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளது. இதன்பின்பு, விரிவில்லை L_2 உம் ஒரு தளவாடியும் வில்லை L_1 இன் பின்னல் வைக்கப்பட்டுப் பொருளின்

பக்கத்திலே அதன் விம்பமுண்டாகக்கூடிய நிலைக்கு இயக்கப்படும். O இலிருந்து பிறக்குங் கதிர்களெல்லாம் வில்லைகளிரண்டினூடாகவும் முறிந்த பின்பு தளவாடியிலே செங்குத்தாக விழும்போதே இது நிகழ



உருவம் 22.10.—மெல்லிய விரிவில்லையொன்றின் குவியத்தூரம்.

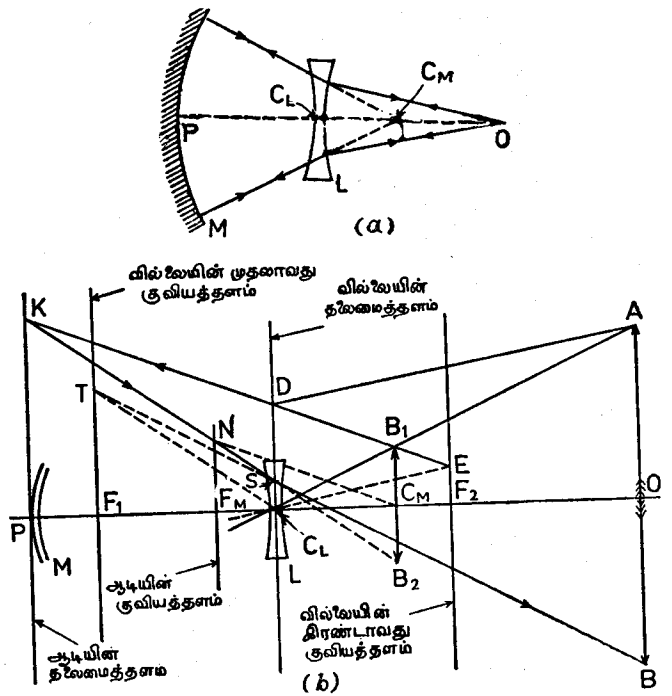
முடியும். அதாவது, O இலிருந்து வருங்கதிர்கள் விரிவில்லையினூடு முறிவினபின்பு அச்சு CD இற்குச் சமாந்தரமாயிருத்தல்வேண்டும். ஆகவே, தூரம் DI ஆனது L_2 வில்லையின் குவியத்தூரங்களுக்கு எண்ணளவிற் சமமாகும்.

நான்காவது முறை.—மெல்லிய விரிவில்லை L ஆனது, உருவம் 22.11 (*a*), ஒளிரும்பொருள் O இன் முன்பு வைக்கப்பட்டு, தெரிந்த வளைவாரையை உடைய குழிவாடியொன்று வில்லையினூடுசெல்லும் ஒளியையேற்குமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. புள்ளி O இலிருந்து பிறக்குங் கதிர்கள் ஆடியிற் செங்குத்தாக விழுந்து, முந்திய பாதைகளிலேயே திரும்பவுஞ் சென்று O இல் மெய்யான விம்பத்தைக் கொடுக்குமாறு ஆடியின் நிலை செப்பஞ் செயயப்படும். வில்லையிலிருந்து வெளிப்பட்டு M இற் செங்குத்தாக விழுங் கதிர்கள் ஆடியின் தெரிந்த வளைவுமையத்திலிருக்கும் புள்ளிவிம்பம் I இலிருந்து வருவதாகவே தோற்றவேண்டும். வில்லையிலிருந்து இவ்விரண்டு புள்ளிகள் O, I களின் தூரங்கள் அறியப்பட்டபின் அதன் குவியத்தூரங் காணப்படலாம்.

பொருள் வரையறையானதாயிருக்கும்போது அப்பொருளிலிருந்து பிறக்குங் கதிர்களெல்லாம் முந்திய பாதைகளிலேயே M இற் தெறித்த பின்பு திரும்பவுஞ் செல்லமாட்டா. கடைசி விம்பந் தலைகீழானதும் பொருளுக்குப் பருமனிற் சமனானதும் என்பதைக்காட்ட உருவம் 22.11 (*b*) அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

இந்தவமைப்பைச் செய்யவேண்டுமாயின், OA வரையறையான பொருளெனவும் AD என்பது A இலிருந்து வில்லை L இற் படுகின்ற ஒரு கதியெனவுங் கொள்க. மையம் C_L ஐயுடைய வில்லையினூடு முறிவின்பின் இக்கதிரின் பாதையைக் காணவேண்டுமாயின், DA இற்குச் சமாந்தரமான துணையச்சு C_LE ஆனது வில்லையின் இரண்டாவது குவியத்தளத்தை E இல்

வெட்டுமாறு வரையப்படும். எனின், ED இன் நீட்சி தேவையான கதிர் DK ஐக கொடுக்கின்றது. கதிர் AC_L ஐ ED ஆனது B_1 இல் வெட்டுமாயின், B_1 என்பது வில்லையினூடு முறிவினுண்டான A இன் விம்பமாகும். குழிவாடி M இன் வளைவுமையம் C_M ஆயின், C_MB_1 என்பது OA இன் விம்பமாகும். DK ஆனது ஆடியிலே தெறித்ததினுண்டான கதிர் KS ஆனது, KD இற்குச் சமாந்தரமாக ஆடியின் குவியத்தளத்தை N இல் வெட்டுமாறு C_MN ஐ வரைந்து காணப்படும். எனின், தேவையான கதிர் KNS ஆகும். வில்லை அகற்றப்பட்டால் C_MB_1 இன் விம்பம்



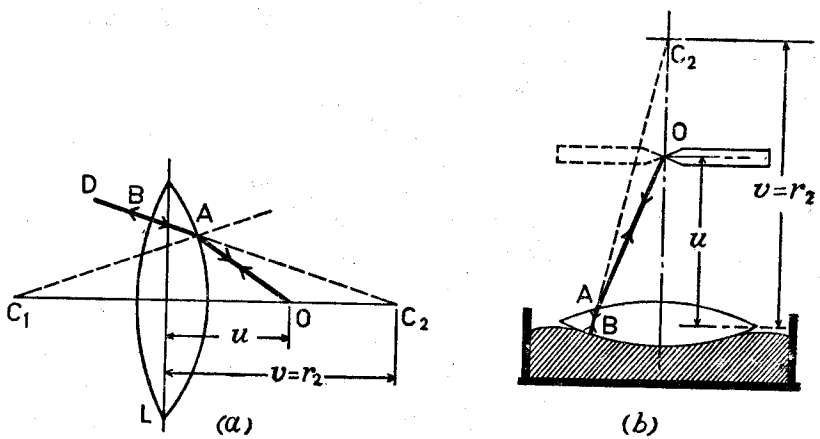
உருவம் 22.11. விரிவில்லையொன்றின் குவியத்தூரம்.

C_MB_2 ஆகும். [KS ஐக் காண்பதற்கு K ஐ B_2 இனூடிணைத்து வரும் C_MB_2 ஐ C_MB_1 இற்குச் சமமாக்கலாம்]. வில்லையினூடு முறிவின் பின் கதிர் KS இன் பாதையைத் தீர்மானிக்கவேண்டுமாயின், C_LT என்பது KS இற்குச் சமாந்தரமாக F_1 இனூடு செல்லுங் குவியத்தளத்தை T இல் வெட்டுமாறு வரையப்படுதல் வேண்டும். TS இன் நீட்சி தேவையான கதிர் SB ஐக்கொடுக்கின்றது. O இன் விம்பம் O இலேயே இருப்பதனால் கடைசிவிம்பம் OB ஆகும்.

வில்லைப்பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகம்.—வில்லையொன்றின் குவியத் தூரம் அதன் முகங்களிரண்டினதும் வளைவாரைகளினூடு

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right]$$

என்ற சூத்திரத்தினூற் றொடர்புறுத்தப்பட்டுள்ளதென முன்னரே காட்டியுள்ளோம். இதிற் குறியீடுகள் வழக்கமான கருத்துக்களையுடையன. உபயோகிக்கப்படும் வில்லை இருகுழிவானதாயின், 91, III ஆம் பக்கத்திற் காட்டப்பட்டுள்ள முறையினால் இரு முகங்களினதும் வளைவாரைகள் உடனே காணப்படலாம். பரப்புகளுள் ஒன்று அல்லது இரண்டுங் குவிவானதாயின் முறையானது அவ்வளவு நேரானதன்று. இதற்குரிய முறை **பொயிசின** தாகும்.



உருவம் 22.12.—மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றின் குவிவான பரப்பினது வளைவாரையைத் தீர்மானிப்பதற்குரிய பொயிசின்முறை.

L என்பது, உருவம் 22·12 (*a*), ஒரிருகுவிவுவில்லையெனக் கொள்க. இதன் முகங்களின் மையங்கள் C_1, C_2 எனவும், ஒத்த வளைவாரைகள் முறையே r_1, r_2 எனவுங் கொள்க. வில்லையின் இரண்டாவது பரப்பிற்கு B இற் செவ்வனை AB இன் நேரே முறிகதிர் செல்லுமாறு வைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளிப் பொருள் O இலிருந்து பிறக்குங் கதிர் OA ஐக்கருதுக. இப் புள்ளியிலே படுமொளியானது குறையாகத் தெறிக்கப்பட்டுங் குறையாக ஊடுசெலுத்தப்பட்டுமுள்ளது. [படுகோணம் அதற்குரிய அவதிக்கோணத்திலும் பார்க்கப் பெரிதாயிருந்தாலன்றி ஊடகங்களிரண்டைப் பிரிக்கும் எல்லையில் ஒளியானது படும்போது எல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் இவ்வாறே நிகழுகின்றது.] எனினும், இச்சந்தர்ப்பத்திலே தெறித்த பாகம BAO

பாதையின்நேரே திரும்பி O இன் சார்பாக விரும்பிய நிலையில் வில்லையை வைக்க உபயோகமாகின்றது. ஊடு செலுத்தப்பட்ட சத்தியின் பாகம் C_2 இலிருந்து வருவதாகத் தோற்றுகின்றது. வில்லையின் முதலாவது பரப்பில் முறிந்தபின்பு இரண்டாவது பரப்பிலே செவ்வனுக விழுகின்ற, O இலிருந்து பிறந்த, அச்சயற் கதிர்களெல்லாவற்றிற்கும் இக்கூற்றுக்கள் பிரயோகமானவையாம். ஆகவே, எவராவது வில்லையினூடு பார்க்கும்போது O இன் விம்பம் C_2 இலே தோற்றும். வில்லையின் குவியத் தூரமும், தூரம் u உம் தெரிந்தால், இந்த விம்பத்தின் நிலை **கணிக்கப்படலாம்.** இவ்வாறு பெறப்பட்ட v இன் சிறப்புப்பெறுமானம் r_2 ஆகும்.

மேலேயுள்ள நிபந்தனைகள் சரியாயிருப்பதற்காகப் பொருளும் வில்லையுந் திருத்தமாய் வைக்கப்பட்டிருப்பது எப்போதென்பதையறிய B இலிருந்து BA இன் நீளப்பாட்டிற்குத் தெறித்த சத்தியொளியின் பாகம் உபயோகிக்கப்படும். இது A இலே முறிந்தபின்பு வில்லையின் இரண்டாவது பரப்பிலிருந்து இவ்வகையாகத் தெறித்த மற்றுங் கதிர்களோடு சேர்ந்து O இலே விம்பமொன்றையுண்டாக்கும். இதன்பின் தூரம் u அளக்கப்பட்டு r_2 இற்குரிய பெறுமானமொன்று கணிக்கப்படும்.

வில்லையை நேர்மாறுக்கி மற்றப்பரப்பின் வளைவாரையும் இவ்வகையாகவே காணப்படலாம். இதன் பின்பு வில்லையின் பதார்த்தத்திற்குரிய μ இன் பெறுமானம் கணிக்கப்படலாம்.

ஒளிருங்குறுக்குக்கம்பிகள் முதலியவற்றைக்கொண்டு மேலேயுள்ள பரிசோதனை மிக்க இலகுவாகச் செய்யப்படலாம். ஆனால், சுத்தமான இச்சத்திலே வில்லையை மிதக்கவிட்டால், குண்டூசியைப் பொருளாகக் கொண்டும் இப்பரிசோதனை செய்யப்படலாம். ஊசியானது இடைத்தளமாக ஒழுங்கு செய்யப்பட்டு, ஊசிக்கும் அதன் விம்பத்திற்குமிடையே இடமாறுதோற்றமில்லாதவாறு அதன் நிலையானது செப்பஞ்செய்யப்படுதல்வேண்டும். உருவம் 22.12 (*b*) ஐப் பார்க்க. சிறப்பான இச்சந்தர்ப்பத்திலே ஏறத்தாழ ஒளிச்சத்தியெல்லாம் B இலே தெறிக்கப்படுகின்றது. ஆயினுங் கொள்கை முந்தியதைப் போலவேயாம்.

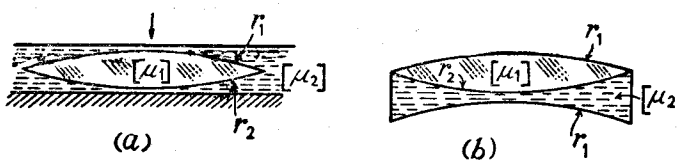
திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகம்.—இந்தத் தீர்மானத்திற்காகத் தானுக நேர்வரிசையாச்சும் முறையினால், 95, III ஆம் பக்கம் பார்க்க, குவியத் தூரம் முதலிலே தீர்மானிக்கப்பட்ட மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்று எமக்குத் தேவை. இடைத்தளமான ஊசியொன்று பொருளாக உபயோகிக்கப்படும். வசதிக்காக வில்லையானது இடைத்தளத்திலுள்ள ஆடியொன்றினூடு சேர்த்து வைக்கப்படுதல் வேண்டும். இதன்பின்பு, திரவத்தின் சிறிய கணியமொன்று திரவத்தளக்குழிவுவில்லையொன்றுண்டாகுமாறு வில்லைக்கும் ஆடிக்குமிடையே விடப்படும். இதன் பின் சேர்க்கையின் குவியத்தூரம்

தீர்மானிக்கப்படும். இது f ஆயின், கண்ணுடிவில்லையினதுந் திரவவில்லையினதுங் குவியத்தூரங்கள் முறையே f_1, f_2 ஆயிருக்கும்போது $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$ ஆகின்றது. எனவே, f_2 அனுமானிக்கப்படலாம். இப்போது திரவத்தின் குழிவுப்பரப்பினது வளைவாரையானது, அதனோடு சேர்ந்திருக்கும் ஒருங்கு வில்லையின் மேற்பரப்பினது வளைவாரைக்குச் சமமாதலின், r_2 இற்குச் சமமாகும். இது தெரிந்தால்,

$$\frac{1}{f_2} = (\mu - 1)\left[\frac{1}{r_2} - \frac{1}{\infty}\right]$$

ஆதலின், திரவத்தின் முறிவுக்குணகங் கணிக்கப்படலாம்.

முழுவில்லையையுந் திரவத்தினுல் மூடுவது இன்னொருமுறையாம். இதன் விளைவு, உருவம் 22.13 (*a*) இற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோல மெல்லிய வில்லைகள் மூன்று தொட்டுக்கொண்டிருப்பதேயாம். இத்தொகுதி உருவம் 22.13 (*b*) இற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோன்ற மெல்லிய வில்லைகளிரண்டிற்



உருவம் 22.13. திரவமொன்றின் முறிவுக்குணகம்.

குச் சமமாகும். திரவமானது கண்ணுடியிலும்பார்க்கக் குறைந்த முறிவுக் குணகத்தையுடைத்தாயின், குவியத்தூரம் f தீர்மானிக்கப்படக் கூடிய மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றுக்கு இத்தொகுதி சமமாகும். எனின், திரவவிரிவில்லையின் குவியத்தூரம் f_2 முந்தியதைப்போலவே கணிக்கப்படலாம். ஆனால், திரவத்தின் முறிவுக்குணகம் μ_2 ஆயின்,

$$\frac{1}{f_2} = (\mu_2 - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

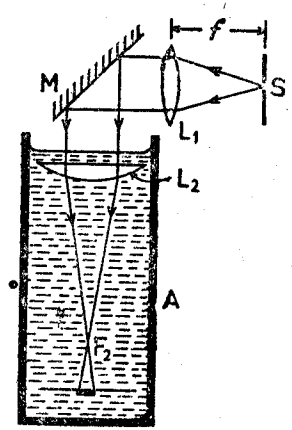
ஆகும். கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகம் μ_1 ஆகும்போது

$$\frac{1}{f_1} = (\mu_1 - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

ஆதலின், $\frac{f_1}{f_2} = -\left(\frac{\mu_1 - 1}{\mu_2 - 1}\right)$ எனப் பெறுகின்றோம்.

எனவே, கண்ணுடியினதுந் திரவத்தினதும் முறிவுத்திறன்கள் ஒப்பிடப்படலாம். அதாவது μ_1 தெரிந்திருந்தால், μ_2 இற்குரிய பெறுமானமொன்று பெறப்படலாம்.

பரிசோதனைமூலம் $_g\mu_w$ இன் தீர்மானம்.—வில்விளக்கொன்றிலிருந்து ஒளியானது துவாரம் S இலே குவிக்கப்படுகின்றது. உருவம் 22.14. L_1 என்பது, அதன் முதலாவது தலைமைக்குவியத்தில் S இருக்குமாறு ஒழுங்கு செய்யப்பட்ட ஒரொருங்குவில்லையாகும். L_1 இலிருந்து பிறக்குஞ் சமாந்தர வொளிக்கற்றையானது தளவாடி M இல் விழுந்து கீழ்நோக்கித் தெறித்து பியூசினுல் நிறமாக்கப்பட்ட நீரைக்கொண்டுள்ள ஆழமான கலம் A இனுள்ளே செல்லுகின்றது. தளக் குவிவுவில்லை L_2 ஆனது காட்டியவாறு தளப் பரப்பு மேலேயிருக்குமாறு தாங்கப்பட்டுள்ளது. இதன் விளைவாக வளைவான கண்ணுடி—நீர் இடைமுகத்தில் மட்டுமே முறிவுண்டாகின்றது. ஒளியானது F_2 இலே குவிக்கப்படும். v என்பது L_2 இன் வளைவான பரப்பினது முனைவின் கீழே F_2 இன் தூரமெனக்கொள்க. μ_1, μ_2 முறையே கண்ணுடியினதும் நீரினதும் முறிவுக் குணகங்களாயின், $_g\mu_w = \frac{\mu_2}{\mu_1}$. அடிப்படையான அச்சயற்சமன்பாடாகிய



உருவம் 22.14—$_g\mu_w$ஐத் தீர்மானிப்பதற்குரிய ஆய்கருவி.

$$\mu_1\left[\frac{1}{r} - \frac{1}{u}\right] = \mu_2\left[\frac{1}{r} - \frac{1}{v}\right]$$

என்பதைப் பிரயோகிக்க, $u = \infty$ என்பதை ஞாபகத்தில் வைத்துக்கொண்டு

$$\frac{\mu_2}{v} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{r}$$

எனப் பெறுகின்றோம். அல்லது தேவையான முறிவுக்குணகம் $\mu = \frac{\mu_2}{\mu_1}$ ஆயின்,

$$\frac{1}{v} = \left(1 - \frac{1}{\mu}\right)\frac{1}{r}.$$

எனவே, நேரான r உம் எதிரான v உம் அறியப்பட்டால், μ இற்குரிய பெறுமானமொன்று காணப்படலாம்.

[பியூசினைப் பெறமுடியாவிட்டால், கீழ்ப்பக்கத்தில் ஈயச்சன்னப் பாரமேற்றிய வெள்ளைக் காகிதமட்டைத் துண்டொன்றைத் திரவத்தினூடு விழவிட்டுக் குவியப்புள்ளி F_2 தீர்மானிக்கப்படலாம். காகிதமட்டை கீழ்நோக்கி F_2 ஐக்கடந்து செல்லும்போது துலக்கமான ஒளிப்பொட்டினுல் F_2 இன் நிலை தீர்மானிக்கப்படும். வரிப்படம் பார்க்க.]

அப்பியாசம் 22

1. கோளப்பரப்பொன்றின் வளைவு என்பதனால் என்ன கருதப்படுகின்றதென விளக்குக. (அ) குழிவான, (ஆ) குவிவான, கோளப்பரப்பொன்றின் வளைவைப் பரிசோதனைமூலமும், ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் ஒளியியல் முறையாகவும், எவ்வாறு தீர்மானிப்பீரென விளக்கி விவரிக்க.

கோளமானியொன்றின் நிலைத்த மூன்று கால்களின் முனைகளைக்கொண்டுள்ள வட்டவரை 3.00 சமீ. 50 சமீ. ஆரையையுடைய குழிவான கோளப்பரப்பின்மேல் இக்கருவியானது வைக்கப்பட்டுள்ளது. புறக்கால்களின் முனைகளைக்கொண்டுள்ள தளத்தின்கீழே மத்தியகால் எவ்வளவுக்குப் பதித்தாற் கால்கள் பரப்பில் முட்டிக்கொண்டிருக்கும்?

2. குழிவான கோளவாடியொன்றின் குவியத்தூரம் அதன் வளைவாரையின் அரைவாசியென்பதைக் காட்ட முதற்றத்துவங்களை உபயோகிக்க. (அ) குவிவானதும், (ஆ) குழிவானதுமாகிய தெறிக்குங் கோளப்பரப்பொன்றின் வளைவாரையை ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் ஒளியியல்முறையொன்றைக்கொண்டு பரிசோதனைமூலம் எவ்வாறு தீர்மானிப்பீரென விவரிக்க.

உம்முடைய கண்ணை 3 மடங்கு உருப்பெருத்துக்காண விரும்புவீராயின், உமக்குக் கொடுக்கப்பட்ட 24 சமீ. வளைவாரையையுடைய குழிவாடியொன்றை எங்கே வைப்பீர்? பிரமாணத்துக்கு வரையப்பட்ட வரிப்படமொன்றைக் கொண்டு உமது முடிபைச் சரிபார்க்க. [L.]

3. மெல்லிய வில்லையொன்றுக்கு, **ஒளியியலச்சு, ஒளியியல்மையம், குவியப்புள்ளி** என்ற சொற்களின் வரைவிலக்கணங்களைக் கூறுக. வில்லையிலிருந்து பொருளினதும், விம்பத்தினதும், குவியப்புள்ளியினதும் தூரங்களுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பொன்றை உய்த்துணர்க.

வில்லையிலிருந்து 30 சமீ. தூரத்திலுள்ள திரையொன்றிலே மெய்யான பொருளொன்றின் ஒரு துலக்கமான விம்பம் மெல்லிய வில்லையொன்றினால் உண்டாக்கப்படுகின்றது. திரையை நோக்கி வில்லையானது 5 சமீ. இயக்கப்பட்டபின் அதேபொருளின் துலக்கமான விம்பமொன்றை மீண்டும் பெறுதற்கு, வில்லையை நோக்கித் திரையை 5 சமீ. இயக்க வேண்டியிருந்தது. வில்லையின் குவியத்தூரமென்ன?

4. முகங்களின் வளைவாரைகளினதும் கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகத்தினதும் அறிவைக்கொண்டு மெல்லிய கண்ணுடிவில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்தைக் கணிக்கவுதவும் சூத்திரமொன்றை நிலைநாட்டுக.

கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகம் $\frac{3}{2}$, நீரின் முறிவுக்குணகம் $\frac{4}{3}$ ஆயின், (அ) வளியிலே, (ஆ) நீரிலே, வளைவாரைகள் முறையே 20 சமீ. 30 சமீ. களையுடைய மெல்லிய இருகுவிவுவில்லையொன்றின் குவியத்தூரமென்ன?

5. ஒருங்குவில்லையொன்றின் பதார்த்தத்தினது முறிவுக்குணகத்தை எவ்வாறு தீர்மானிப்பீரென விரிவாகக் கூறுக. அவதானங்களிலிருந்து பேறு எவ்வாறு பெறப்படுமெனக் காட்டுக.

$\mu = \frac{3}{2}$ ஆயுள்ள கண்ணுடியிலிருந்து 20 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங்குவில்லையொன்று செய்யப்பட்டுள்ளது. இடைத்தளப்பரப்பில் ஒய்ந்திருக்கும் வில்லைமுழுவதும், முறிவுக்குணகம் $\frac{4}{3}$ ஐயுடைய திரவமொன்றிலே சரியாய் ஆழ்த்தப்பட்டுள்ளது. இடைத்தளத்தின் மேலேயுள்ள தொகுதியின் குவியத்தூரத்திற்குரிய பெறுமான மொன்றைப் பெறுக.

6. மெல்லிய வில்லையொன்றின் குவியப்புள்ளிகளை வரையறுத்து, மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றின் ஒளியியல்மையத்தினூற் கருதப்படுவதை விளக்குக. (அ) மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றின், (ஆ) மெல்லிய விரிவில்லையொன்றின், மையத்தின் தொடர்பாகக் குவியப்புள்ளிகளின் நிலைகளைக்காட்டும் வரிப்படங்கள் வரைக.

வலுவானது ஏறத்தாழ 0·5 தையொத்ததெனத் தெரிந்த ஒருங்குவில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்தைப் பரிசோதனைமூலம் எவ்வாறு தீர்மானிப்பீரென விளக்கி விவரிக்க.

தெரிந்த குவியத்தூரத்தையுடைய மெல்லிய விரிவில்லையொன்றிலே ஒளிக்கதிரொன்று படுகின்றது. வில்லையின் தலைமையச்சிலைக்கு சிறிது சாய்ந்துள்ள இக்கதிர் அதன் மையத்திற்குச் சிறிதுதூரம் மேலே வில்லையை வெட்டுகின்றது. வில்லையினூடு முறிந்தபின்பு கதிரின் பாதையை எவ்வாறு தீர்மானிக்கலாமென்று பொருத்தமான வரிப்படத்தைக் கொண்டு காட்டுக.

7. குவியத்தூரம் f ஐயுடைய ஒருங்குவில்லையொன்றின் குவியப்புள்ளிகளுளொன்றிலிருந்து x_1, தூரத்திலே பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. இப்பொருளின் விம்பம் இரண்டாவது குவியப்புள்ளியிலிருந்து x_2 தூரத்திலே உண்டாக்கப்படுகின்றது. எண்ணளவாக $x_1x_2 = f^2$ என்று வரையப்பட்ட அமைப்பொன்றினூற் காட்டுக. குவியத் தூரத்தின் செய்முறைத் தீர்மானத்திலே இச்சூத்திரப் பிரயோகத்தினது முக்கிய நயத்தைக் காட்டுக.

x_1, இனதும் x_2 இனதும் அளந்த தூரங்கள் முறையே 20.சமீ., 45 சமீ., எனக்கொண்டு, உண்டாக்கப்பட்ட உருப்பெருக்கத்தைக் கணிக்க.

8. (அ) சாதாரணக் கண்ணொன்று, (ஆ) படப்பெட்டியின் வில்லையொன்று மிகத்தூரத்திலுள்ள பொருள்களிலேனும், சிலவடிகள் தூரத்திலுள்ள பொருள்களிலேனும் எவ்வாறு குவிக்கப்படலாமென விளக்குக.

10 சமீ. குவியதூரத்தையுடைய மெல்லிய தனியொருங்குவில்லையொன்று ஒரு படப்பெட்டியில் உபயோகிக்கப்பட்டுள்ளது. படலத்துக்கும் வில்லைக்குமிடையே இருக்கக்கூடிய ஆகக்கூடிய தூரம் 12 சமீ. படலத்திலே விம்பமானது துலக்கமாகக் குவிக்கப்படக்கூடிய பொருளின் ஆகக்கூடிய நிலை

யென்ன ? வில்லையிலிருந்து 36 சமீ. தூரத்திலுள்ள பொருளொன்றிலே குவிக்கவிரும்பினால், படப்பெட்டி முழுவதும் விரித்திருக்கும்போது வில்லையோடு சேர்த்து வைக்கப்படவேண்டிய துணைவில்லையின் இயல்பைத் தீர்மானிக்க. [L.A.]

9. ஒருங்குவில்லையொன்றைக்கொண்டு ஒரு குவிவான பரப்பின் குவியத்தூரத்தை எவ்வாறு தீர்மானிப்பீர் என விரிவாகக் கூறுக. பிரயோகிகப்பட்ட முறையை விளக்கக் கதிர்வரிப்படமொன்று வரைந்து பேற்றை எவ்வாறு கணிப்பீரெனக் காட்டுக.

குவியத்தூரம் 12 சமீ. ஐயுடைய ஒருங்குவில்லையொன்று பிளவொன்றின் துலக்கமான விம்பத்தை ஒரு திரையிலே வீழ்த்துகின்றது. வில்லையானது பிளவிலிருந்து 15 சமீ. தூரத்திலுள்ளது. இதன்பின்பு, வில்லைக்குந் திரைக்குமிடையே கோளவாடியொன்று வைக்கப்படுகின்றது. ஆடியிலிருந்து தெறித்த வொளியானது வில்லைக்கும் ஆடிக்கும் நடுவில் வைக்கப்பட்டுள்ள சிறிய திரையொன்றிற் பிளவின் விம்பத்தை உண்டாக்குகின்றது. இப்போது விம்பமானது முந்திய நீளத்தின் அரைவாசியையுடையதாகும். (அ) வில்லையினதும் ஆடியினதும் பிரிவையும், (ஆ) ஆடியின் வளைவாரையையும் காண்க.

10. மெல்லிய ஒருங்குவில்லைகளிரண்டின் குவியத்தூரங்களினது எண்ணளவுப் பெறுமானங்கள் 2 சமீ., 10 சமீ. ஆகும். (அ) சந்திரன், (ஆ) ஒரு தபால்முத்திரை, என்பவற்றைப் பரிசோதிக்க இவற்றை எவ்வாறு உபயோகிப்பீரென விளக்குக. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் கடைசிவிம்பம் முடிவிலியிற் காணப்பட்டு, நுணுக்குக்காட்டிக்குரிய குழாயின் ஒளியியல் நீளம் 6 சமீ. ஆக எடுக்கப்பட்டால் உருப்பெருக்கவலுவுக்குரிய பெறுமானங்களைக் கணிக்க.

11. (அ) ஒருங்குவில்லையொன்றைக்கொண்டும், (ஆ) குழிவாடியொன்றைக்கொண்டும், விரிவில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்தை எவ்வாறு தீர்மானிப்பீரென விரிவாகக் கூறுக.

6 அங். குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங்குவில்லையொன்று வில்லையச்சுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்ட திரையொன்றிலிருந்து 10 அங். தூரத்திலே ஏற்றப்பட்டுள்ளது. இதன்பின்பு, 12 அங். குவியத்தூரத்தையுடைய விரிவில்லையொன்று, ஒருங்குவில்லையிலிருந்து 24 அங். தூரத்திலுள்ள பொருளொன்றின் விம்பமானது திரையிற் குவியக்கூடியதாக, திரைக்கும் ஒருங்குவில்லைக்குமிடையே ஒரேயச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லைகளிரண்டிற்கும் இடைத்தூரமென்ன ? கணிப்பைத் தொடங்கமுன்பு நீர் பிரயோகிக்குங் குறிவழக்கைக் கூறுக. [N.A.]

12. வில்லையொன்றின் குவியப்புள்ளிகளை வரையறுத்து, அதன் ஒளியியல்மையத்தின் கருத்தை விளக்குக.

மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்தை வழக்கமான முறையிலே தீர்மானிக்கத் தளவாடியொன்றுபயோகிக்கப்படும்போது விம்பமானது பொருளுக்குப் பருமனிற் சமமெனவும், ஆனால், தலைகீழானதென வும் வரிப்படமொன்றைக்கொண்டு காட்டுக.

மெல்லிய ஒருங்கு பிறையுரு வில்லையொன்று அதன்பின்னுள்ள தளவாடியொன்றினோடு, வில்லையினச்சு ஆடிக்குச் செங்குத்தாயிருக்குமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. சிறிய ஒளிருந் துவாரத்தையுடைய வெள்ளைத் திரையொன்று வில்லையின் குழிவான மேற்பரப்பின்முன்பு சிறிது தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுத் திரையானது வில்லையை நோக்கிப் படிப்படியாக இயக்கப்பட்டது. வில்லையிலிருந்து 72 சமீ., 24 சமீ., 8 சமீ., தூரங்களிலே திரையிருக்கும்போது துவாரத்தின் விம்பங்கள் அத்திரையிற் குவியக்காணப்பட்டன. தளவாடி அகற்றப்படும்போது 24 சமீ., தூரத்திலுள்ள விம்பம் மறைகின்றது. வில்லையின் குவியத்தூரம், அதன் முகங்களின் வளைவாரைகள், அதன் பதார்த்தத்தின் அறிவுக்குணகம் என்பவற்றிற்குரிய பெறுமானங்களைப் பெறுக. [L.I.]

13. மெல்லிய குழிவுவில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்தை, அவ்வில்லையோடு சேர்த்துவைக்கப்படாத துணைக்குவிவுவில்லையொன்றைக்கொண்டு, காணும் முறையொன்றை விவரிக்க.

முறிவுக்குணகம் 1·50 சமீ. ஐயுடைய மெல்லிய சமக்குவிவுவில்லையொன்று கிடைத்தளவாடியொன்றின் மேல் வைக்கப்பட்டு, வில்லைக்கு 15·0 சமீ. மேலே பொருத்தப்பட்டுள்ள ஊசியொன்று அதன் விம்பத்தோடு பொருந்தக் காணப்படுகின்றது. இப்போது வில்லைக்கும் ஆடிக்குமிடையேயுள்ள வெளி திரவமொன்றினால் நிரப்பப்பட, விம்பமும் பொருளும் பொருந்துவதற்கு வில்லையின்மேலே ஊசியின் தூரம் 27·0 சமீ. ஆக அதிகரிக்கப்பட்டது. திரவத்தின் முறிவுக்குணகத்தைக் காண்க. [N.A.]

14. ஒருங்குவில்லையொன்றின் உதவியோடு குவிவாடியொன்றின் குவியத்தூரத்தை எவ்வாறு தீர்மானிப்பீரென விரிவாகக் கூறுக. பிரயோகிக்கும் முறையைக்காட்டக் கதிர்வரிப்படமொன்று வரைந்து, பேற்றைக் கணிக்கும் முறையை விளக்குக.

ஒருங்குவில்லையொன்றிலிருந்து 50 சமீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள திரையொன்றிலே பிளவொன்றின் துலக்கமான விம்பம் வில்லையினால் வீழ்த்தப்படுகின்றது. இதன்பின்பு, வில்லைக்குந் திரைக்குமிடையே குவிவாடியொன்று வைக்கப்படுகின்றது. வில்லைக்கும் ஆடிக்கும் மத்தியில் வைக்கப்பட்டுள்ள சிறிய திரையொன்றிலே பிளவின் விம்பமொன்று ஆடியிலிருந்து தெறிக்கும் ஒளியினால் உண்டாக்கப்படுகின்றது. இப்போது இவ்விம்பம் முந்திய நீளத்தின் இருமடங்காயிருந்தது. (அ) வில்லைக்கும் ஆடிக்குமுள்ள பிரிவையும், (ஆ) ஆடியின் வளைவாரையையும் காண்க. [N.A.]

15. 15 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய கோளக்குவிவாடியொன்றின் தலைமையச்சிலே, ஆடியின் முனைவிலிருந்து 12 சமீ. தூரத்திலே சிறிய பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளிலிருந்து பிறக்கும் கதிர்கள் ஆடியிலே தெறித்தபின்பு, ஆடியிலிருந்து 30 சமீ. தூரத்திலிருப்பதும், 20 சமீ. குவியத்தூரத்தை யுடையதுமான ஒருங்குவில்லையொன்றில் விழுகின்றது. ஆடியிலிருந்து கடைசிவிம்பத்தின் தூரத்தையும், பொருளோடு ஒப்பிடப்படும் போது இவ்விம்பத்தின் நீட்டலளவுகளையும் காண்க.

16. 12·5 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங்குவில்லையொன்று குவிவாடியொன்றின்முன்பு 20·0 சமீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. சிறிய துவாரங்களையுடைய வில்லையும் ஆடியும் பொதுவச்சைக் கொண்டன. வில்லைக்கும் ஆடிக்கும் நடுவிலே அச்சினண்மையில் ஒளிருஞ் சிறிய பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லையிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்திலும் ஆடிக்கு எதிர்புறத்திலும் மெய்யான விம்பமொன்று உண்டானது. குவிவாடியின் வளைவாரைக்குரிய பெறுமானமொன்றைக் கணிக்க.

17. முறிவுக்குணகம் μ ஐயுடைய பதார்த்தத்தைக்கொண்ட மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்று, ஒரு பக்கத்தில் முறிவுக்குணகம் μ_1 ஐயுடைய ஒளிபுகவிடும் ஊடகமொன்றினாலும், மற்றப்பக்கத்தில் முறிவுக்குணகம் μ_2 ஐயுடைய ஒளிபுகவிடும் ஊடகமொன்றினாலுஞ் சூழப்பட்டுள்ளது. ஊடகம் μ_1 இலுள்ள சிறிய பொருளொன்று, ஊடகம் μ_2 இலே மெய்யான விம்பமொன்றைக் கொடுக்கின்றது. பொருளினதும் விம்பத்தினதுந் தூரங்கள், வில்லைமேற்பரப்புக்களின் வளைவாரைகள், கருதப்பட்ட ஊடகங்கள் மூன்றினதும் முறிவுக்குணகங்கள், என்பனவற்றைத் தொடர்புறுத்துங் கோவையொன்றை முதற்றத்துவங்களிலிருந்து பெறுக.

வளியிலே தூரப்பொருள்களின் படங்களைப் பிடிக்க அமைக்கப்பட்ட எளிய படப்பெட்டியொன்று 12 சமீ. நீளமான பெட்டியொன்றைக் கொண்டது. இப்பெட்டியின் ஒரு முனையிலே படம்பிடிபடலமொன்றும் மற்ற முனையிலே சமச்சீரான இருகுவிவுவில்லை ($\mu = 1{\cdot}5$) யொன்றும் இருக்கின்றது. நீரின் ($\mu = \frac{4}{3}$) கீழே தூரப்பொருள்களைப் படம்பிடிப்பதற்குப் படப்பெட்டி உதவுவதற்காக, ஒரு மேற்பரப்பு இருகுவிவுவில்லையோடும் மற்றது நீரிலேதொட்டுக்கொண்டிருக்குமாறு வைக்கப்படவேண்டிய அதேவகையான கண்ணாடியிற் செய்யப்பட்டுள்ள மெல்லிய வில்லையின் இயல்பைத் தீர்மானிக்க.

18. B செங்கோணமான 90°, 45°, 45°, கண்ணாடியரியம் ABC இன் முகம் BC இடைத்தளமாக மேசைக்குச் சிறிதுமேலே தாங்கப்பட்டுள்ளது. அதன் கீழ்ப்பரப்பிலே திரவத்தின் சிறிய துளியொன்று இருக்கின்றது. பரந்த முதலிடமொன்றிலிருந்து ஒளியானது AC இலே விழுந்து BC இலே தெறித்தபின்பு AB இனூடு வெளியேறித் தொலைகாட்டியொன்றினால் எற்கப்படுகின்றது. நீலைக்குத்துக் கோட்டினூடே 46° அல்லது கூடிய கோணத்தைத் தொலைகாட்டியின் அச்சானது ஆக்கும்போது திரவத்துளி மறைகின்றது.

AB இற்பட்டு AC இனூடாக வெளியேறுங் கதிரொன்றின் விலகல் படுகோணம் 35° ஆயிருக்கும் போதே இழிவானதென்று இன்னுமொரு பரிசோதனை காட்டுகின்றது. கண்ணாடியினதும் திரவத்தினதும் முறிவுக்குணகத்தைக் காண்க.

மெல்லிய குவிவுவில்லையொன்றின் கண்ணாடியினது முறிவுக்குணகத்தைத் தீர்மானித்தற்குப் பின்வரும் ஒழுங்கு உபயோகிக்கப்பட்டது. A, B ஆகிய குவிவுவில்லைகளிரண்டு 10 சமீ. தூரத்திலே ஒரேயச்சில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. A இன் குவியப்புள்ளியிலுள்ள ஒளியின் சிறிய முதலிடமொன்று கொடுக்குஞ் சமாந்தரக் கற்றையானது B இனூடு சென்றபின்பு திரையொன்றிலே குவிகின்றது. பரிசோதிக்கப்படவேண்டியவில்லை C ஆனது, சமாந்தரப்பக்கங்களையுடைய சிறிய கண்ணாடிக்கலமொன்றிற் கொள்ளப்பட்டு A இற்கும் B இற்கும் நடுவிலே வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒன்று C இலுஞ்சிறிய முறிவுக்குணகத்தையும் மற்றது C இலும் பெரிய முறிவுக்குணகத்தையுமுடைய கலக்கப்படக்கூடிய ஒளிபுகவிடுந் திரவங்களிரண்டு கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. C இன் முறிவுக்குணகத்தை எவ்வாறு தீர்மானிப்பீரென விவரிக்க. [N.S.]

19. மெல்லிய வில்லையொன்றின் பதார்த்தத்தினது முறிவுக்குணகத்தின் சார்பிலும், அதன் முகங்களினது வளைவாரைகளின் சார்பிலும் அவ்வில்லையின் குவியத்தூரத்துக்குரிய கோவையொன்றை முதற்றத்துவங்களிலிருந்து பெறுக. அதாவது, உபயோகிக்கப்படும் குறியானது நீர்கையாளுங் குறிவழக்கிலே தங்கியிருக்கும்போது

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2}\right)$$

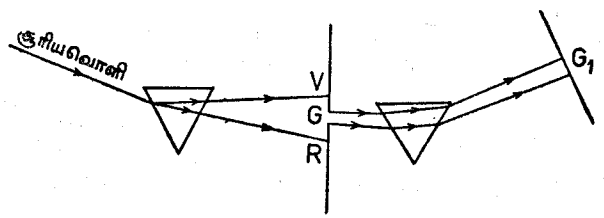
என நிறுவுக.

மெல்லிய இருகுவிவுவில்லையொன்றின் முகங்களினது வளைவாரைகள் 12 சமீ., 20 சமீ., ஆகும். வில்லையின் தலைமையச்சுக்குச் செவ்வனுகத்தளவாடியொன்று ஒரு முகத்தோடு சேர்த்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லையிலிருந்து 8 சமீ. தூரத்திலுள்ள ஒளியின் புள்ளிமுதலிடமொன்று, அவ்வில்லையிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்திலே மெய்யான விம்பமொன்றைக் கொடுக்கின்றது. வில்லைப்பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகத்திற்குரிய பெறுமானமொன்றைப் பெறுக.

அத்தியாயம் 23

திருசியங்களும் (Spectrums) தொடர்பான தோற்றப்பாடுகளும்

வெள்ளொளியின் சேர்க்கையியல்பு.—தானமைத்த வில்லைகளினூடு சில பரிசோதனைகள் செய்ய எத்தனித்தபோது **நியூற்றன்** தெளிவற்றனவுந் துலக்கமற்றனவுமான விம்பங்களே அவதானித்தார். ஆனால், வளைவாடிகளினாலுண்டாக்கப்பட்ட விம்பங்கள் துலக்கங்கூடியனவாயிருந்தன. துலக்கும் வேலைகளில் மிக்க கவனமெடுத்துக்கொண்டு வேறும் வில்லைகளே **நியூற்றன்** செய்தார். ஆனால், சிக்கல் இன்னும் நீலத்தேயிருந்தது. வழுவானது வில்லையிலிருக்கவில்லையென்றும், முறிவுவிதிகளில் அல்லது ஒளியினியல்பிலிருந்திருக்கலாமென்றும் அவர் ஊகித்தார். சூரியவொளியையே இப்பரிசோதனைகளுக்குச் சேர் ஈசாக்கு (Sir Isaac) உபயோகித்தார். பின்வரும் பரிசோதனைகளைச் செய்தார். மூன்றிலொரு அங்குல விட்டமுள்ள வட்டமான துளையொன்றினூடு இருட்டறையினுள்ளே சூரிய வொளி விடப்பட்டு, 15 அடி தூரத்திலுள்ள திரையொன்றிலே சூரியனின் விம்பம் பெறப்பட்டது. அதன் பின்பு, கதிர்களின் பாதையிலே



உருவம் 23.01.—திருசியமொன்றுண்டாதலைப்பற்றிய நியூற்றனின் பரிசோதனை.

கண்ணாடியரியமொன்று வைக்கப்பட்டுக் கதிர்கள் மேற்பக்கமாக விலக்கப்பட்டன. திரையிலே நீண்ட விம்பமொன்றுண்டானதையும் அது மூன்று களிலே நிறமாயிருந்ததையும் **நியூற்றன்** அவதானித்தார். இதன்பின்பு ஒடுக்கங்கூடிய பிளவொன்றுபயோகிக்கப்பட்டு வேறு பரிசோதனைகள் செய்யப்பட்டன. விம்பத்தின் முழுநீளமும் நிறமாயிருந்ததை **நியூற்றன்** அவதானித்தார். சிவப்பு, செம்மஞ்சள், மஞ்சள், பச்சை, நீலம், கருநீலம், ஊதா என்ற ஏழு வெவ்வேறான நிறங்களே **நியூற்றன்** வேறுபடுத்திக் கண்டார். எனினும், நிறங்கள் படிப்படியாக ஒன்றையொன்று கடந்து செல்வதனால், நிறங்களின் உண்மையான தொகை முடிவிலியாகும். மேலேயுள்ளதைப்போன்ற பரிசோதனைகளில் உண்டாக்கப்படும் **விம்பம் திருசியம்** எனப்படும்.

இன்னொரு பிளவினூடு செல்லவிட்டு மேலேயுள்ள நிறங்களில் ஒன்றை **நியூற்றன்** தெரிந்தெடுத்தார். அதன் பின், அதன் பாதையிலே இரண்டாவது அரியமொன்றை வைத்தார், உருவம் 23.01 ஐப் பார்க்க. கதிர் இன்னுங் கூடுதலாக விலக்கப்பட்டதேயன்றிப் புதிய நிறங்கள் உண்டாக்கப்படவில்லை. முதலாவது அரியத்தின் முறிவோரத்திற்கு எதிரான திசையிலே இரண்டாவது அரியத்தின் முறிவோரம் இருக்குமாறு வைத்து முழுதிருசியதையும் அதில்விழ **நியூற்றன்** விட்டார். வெள்ளை விம்பம் பெறப்பட்டது. எனினும், முதலாவது விம்பத்திலிருந்து ஒருநிறமகற்றப்பட்ட பின் எஞ்சிய நிறங்கள் திரும்பவுஞ்சேர வெள்ளொளி உண்டாகவில்லை.

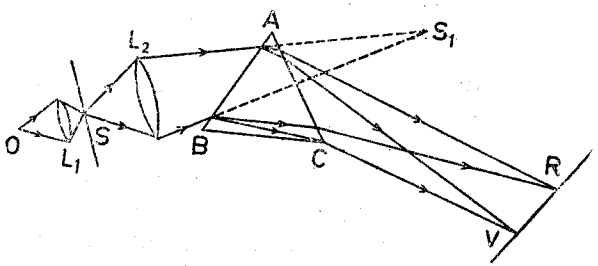
அரியத்தின்முன்பு சிவப்புக்கண்ணாடியின் துண்டொன்று வைக்கப்பட்டபோது திருசியத்தின் சிவப்புப்பாகம் மட்டும் பெறப்பட்டது. சிவப்புக்கண்ணாடியை நீலத்துண்டொன்றினூற் பிரதியிட்டால் திருசியத்தின் நீலமுனை மட்டும் அவதானிக்கப்பட்டது.

இவற்றிலிருந்தும் வேறு பரிசோதனைகளிலிருந்தும், சூரியவொளி அல்லது பொதுவாகக் கருதப்படுவது போல, வெள்ளொளி, பல நிறங்களின் கலவையெனவும், அரியமானது நிறங்களின் கூறுகளைப் பிரிக்கமட்டும் உதவியதெனவும் **நியூற்றன்** முடிவுசெய்தார். வெள்ளொளியானது **பிரிக்கப்பட்டது** எனப்படும்.

நிறப்பிரிக்கை.—எற்கனவே காட்டியுள்ள வகையினால் திருசியமொன்றினமைவு, வெள்ளொளியிலிருக்கின்ற நிறக்கூறுகள் அரியப்பதார்த்தத்தினூற் பிரிக்கப்பட்டன என்ற உண்மையின் பயனனதாம். இவ்வரியமானது அதன் மேற்படுகின்ற பல்படித்தான ஒளியைப் **பிரிக்கின்றது** என்று சொல்லப்படும். வெவ்வேறு பதார்த்தங்களையுடைய அரியங்களைக் கொண்டு பதார்த்தத்திலேயே பிரிக்கை தங்கியிருக்கின்றது என்பதைக் காட்டுவது இலகுவாகும்.

ஒளியின் முதலிடம் **ஒருநிறமுடையதாயின்,** திருசியம் தனிக்கோட்டைக் கொண்டதாகும். அதனூடு செல்லும் ஒளிக்கதிர்களை அரியமானது ஆகவிலக்குகின்றது. இவ்வகையான முதலிடமொன்றையும், உபயோகிக்கப்படுஞ் சிறப்பான ஒளிக்குரிய இழிவுவிலகல் நிலையில் ஒவ்வொன்றும் வைக்கப்பட்ட வெவ்வேறு அரியங்களையும் உபயோகித்து, அரியத்தின் பதார்த்தத்திலே விலகல் தங்கியிருக்கின்றதெனக் காட்டப்படும். இப்போது, கதிர்களின் ஒரு கூட்டத்திற்குரிய இழிவுவிலகல் நிலையில் வைக்கப்பட்ட அரியமொன்று எல்லா நிறங்களுக்கும் இழிவுவிலகல் நிலையிலிருக்க ஒரு போதுங் காணப்படுவதில்லை. செய்முறையிலே, திருசியத்தின் கட்புலனுபாகம் ஆராயப்படும்போது சோடியத்திலிருந்து பிறக்கும் மஞ்சட்கதிர்களுக்குரிய இழிவுவிலகல் நிலையிலே அரியம் வைக்கப்படும்.

திரையொன்றிலே ஒரு திருசியத்தின் எறியம்.—ஒருங்குவில்லை L_1 ஆனது, உருவம் 23.02, ஒளியின் வலுவுள்ள முதலிடம் O இன் விம்ப மொன்றைப் பிளவு S இலே குவிக்கின்றது. பிளவின் விம்பமொன்றை S_1 இலே உண்டாக்குவதற்கு வேறொரு குவிவுவில்லை L_2 உபயோகிக்கப் படும். இதன்பின்பு முறிவோரம் பிளவின் நீளத்துக்குச் சமாந்தரமா

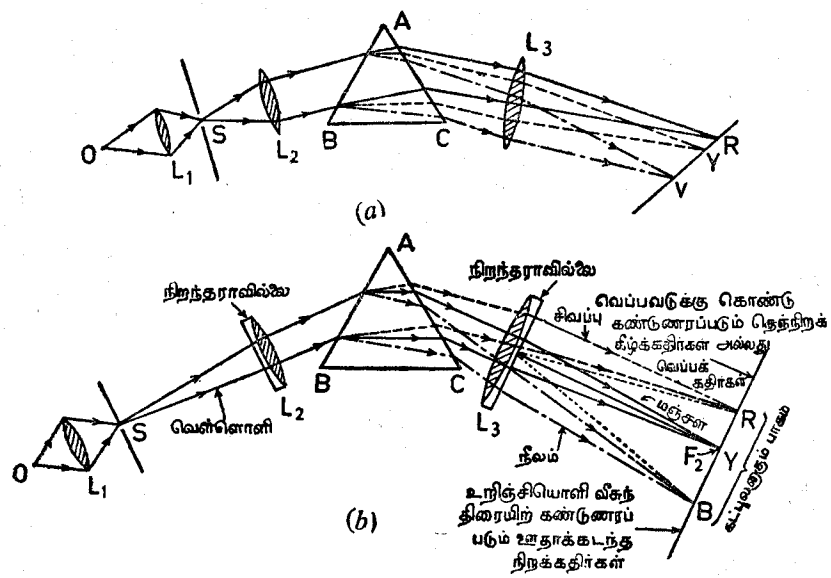


உருவம் 23.02.—திரையொன்றிலே ஒரு திருசியத்தின் எறியம்.

யிருக்குமாறு அரியம் ABC செலுத்தப்பட, S_1 இலே விம்பத்திற்குப் பதி லாக VR இன் அண்மையிலே திருசியமொன்று தோற்றுகின்றது. இழிவு விலகல் நிலையில்வருமட்டும் அரியஞ் சுழற்றப்பட்டால், விம்பத்தின் வரை யறையானது மிக்க திருத்தமானதாகும். பிளவையொடுக்கி L_2 ஐச் சிறிது செப்பஞ்செய்வதனாலும் இதனைத் திருத்தலாம். பெறப்பட்ட திருசியம் எறத்தாழத் தூயதாயிருக்கும்.

இப்பரிசோதனையின் தொடர்பிலே பிளவின் வடிவானது திருசியத்தின் தூய்மையைத் தாக்குகின்றது என்பதை உணருவது முக்கியமானதாகும். ஒளியியலொழுங்கானது பிளவின் விம்பங்களினது தொடரொன்றை உண் டாக்குகின்றது—ஒவ்வொரு நிறக்கூற்றுக்கும் ஒவ்வொரு விம்பத்தை உண் டாக்குகின்றது—என்பதை ஞாபகத்திலே வைத்துக்கொள்ளுதல்வேண்டும். ஆகவே, பிளவானது அகலமாயிருப்பின் வெவ்வேறு விம்பங்கள் ஒன்றின் மேலொன்று விழுந்து திருசியத் தூயதாயிராது. உதாரணமாக, பிள வானது வட்டத்தூனியொன்றினூற் பிரதியிடப்பட்டால் தூனியின் நிறவிம்பங் களின் தொடரொன்று திரையிலே உண்டாக்கப்படும். முழுவிம்பத்தினதும் புறவோரங்களே நிறமுடையனவாய்த் தோற்றும். ஒருமூனையிற் சிவப்பும் மற்றதில் நீலமுங் காணப்படும். நடுப்பாகத்திலே நிறங்களெல்லாந் திரும் பவுஞ் சேர்ந்து வெள்ளொளி உண்டாயிருத்தலினால், இந்த நடுப்பாகம் வெண்மையாய்த் தோற்றும். இதனைப்போலவே, பிளவானது வேறெந்த வுருவத்திலும் பிரதியிடப்பட்டால், திருசியத்தின் தனிப்பாகங்கள் பிளவின் புதியவுருவத்தைப் பெறும்.

தூயதிருசியம்.— திருசியமொன்றிலுள்ள அடுத்தடுத்த நிறங்கள் ஒன் றின்மேலொன்று வீழாதிருப்பின், அந்தத் திருசியம் தூயது எனப்படும். அரியம், வில்லைகள், பிளவு என்பனவற்றின் மேலே கூறிய ஒழுங்கினு லுண்டான திருசியம் ஓரளவுக்குத் தூயதாகும். அதாவது, அதன் தூய்மை குறையாகவேயுள்ளது. எனெனில், அரியத்தினூடுசெல்லும் எந்தவொரு நிறத்தின் கதிர்களும் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமில்லா திருத்தலின், அவையெல்லாம் அதனூடு இழிவுவிலகல்நிலையிற் செல்லக் கூடியதாக அரியத்தை ஒழுங்குசெய்ய முடியாது. அரியத்திற் படுங்கதிர்கள் சமாந்தரமற்றிருக்கும்போது தூயநிறமாலையொன்றுண்டாவதற்கு இழிவு விலகல்நிலையில் அரியத்தை வைப்பதே தேவையான ஒரு நிபந்தனை யாகும். படுமொளியானது சமாந்தரமாயிருப்பது பெரும்பாலும் வழக்க மாகும். உருவம் 23.03 (*a*) இற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோல, ஒருங்குவில்லை L_2 இன் முதலாவது குவியத்தளத்திலே பிளவு S ஐ வைத்து இந்த நிலைமை பெறப்படலாம். தோற்றுமிடம் ஒரு நிறமுடையதாயில்லாவிட்டால் ஒவ்வொருநிறமும் அரியத்தினுள்ளே ஒளியின் சமாந்தரக்கற்றையொன்றை உண்டாக்கி, அரியத்தினூடு முறிவின் பின்பும் சமாந்தரக்கற்றையாகவே வெளிப்படுகின்றது. மூன்றுவது குவிவுவில்லை L_3 ஆனது வெளிப்படு சமாந் தரக்கற்றைகளெல்லாவற்றையுஞ் சேர்த்து ஒவ்வொன்றையுங் குவித்துத்



உருவம் 23.03.—தூயதிருசியமொன்றுண்டாதல்.

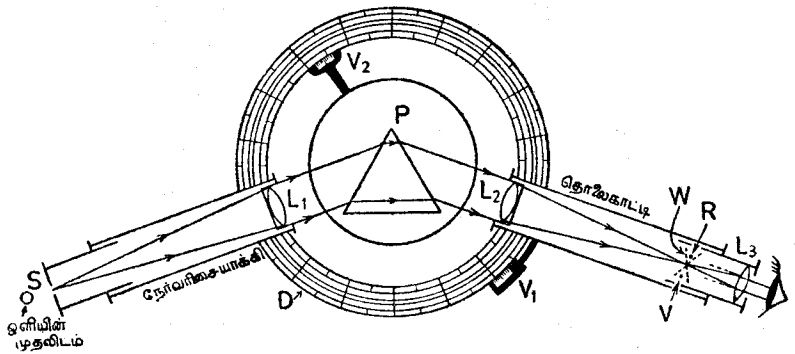
துலக்கமிக்க விம்பம் VR ஐ உண்டாக்குகின்றது. அளவுகள் எடுக்கப்பட வேண்டுமாயின், சோடிய மஞ்சளொளிக்குரிய இழிவுவிலகல் நிலையிலிருக்குமாறு அரியம் செப்பஞ்செய்யப்படுவது வழக்கம். ஆயினும் இது திருசியத்தின் தூய்மையைத் தாக்குவதில்லை.

திருசியமானது திரையொன்றிலே உண்டாக்கப்படலாம். அதாவது, பொருள் நோக்குக்குரிய வகையில் அவதானிக்கப்படலாம். அன்றேல், திருசியத்தின் உருப்பெருத்த மாயவிம்பமொன்று உண்டாகுமாறு வைக்கப்பட்ட பொருத்தமான குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங்குவில்லையொன்றைக்கொண்டு ஆராயப்படலாம். 228, III ஆம் பக்கத்தைப்பார்க்க. அப்போது திருசியம், பொருளிழைக்காய் ஆராயப்பட்டது என்று சொல்லப்படும். VR என்பது L_3 இன் அச்சுக்குச் செங்குத்தல்ல என்பது அவதானிக்கப்படல்வேண்டும். வில்லையின் குவியத்தூரமானது செங்கதிர்களிலும்பார்க்க ஊதாக்கதிர்களுக்குக் கூடிய குறுக்கியதாதலின் இவ்வாறுகின்றது. எனினும், L_3 என்பது நிறந்தரா ஒரு வில்லையாயின், 190, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க, VR என்பது வில்லையினச்சுக்குச் செங்குத்தாகும்.

திருத்தமாய்ப்பார்க்கும்போது உருவம் 23.03 (*a*) ஒரண்ணளவாகவே கருதப்படல்வேண்டும். எனெனில், R, Y, V, புள்ளிகளின் நிலைகளைக் குறிக்கும்முறை காட்டப்படவில்லை. தூயதிருசியம் உண்டாதலை முதலில் ஆராயும்போது வரிப்படஞ் சிக்கலாயிருத்தல் கூடாது என்பதே இதற்குக் காரணமாகும். இக்குறையைத் தவிர்ப்பதற்கு L_3 ஐ, செவ்வொளி, மஞ்சளொளி, ஊதாவொளி என்பவற்றிற்கு ஒரே குவியத்தூரத்தையுடைய ஒரு வில்லையெனக் கருதுவது அவசியமாகின்றது. நிறந்தரா வில்லையொன்று, 190, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க, இரண்டு வெவ்வேறு நிறங்களையுடைய ஒளிக்கு ஒரே குவியத்தூரத்தைக் கொண்டதாகும். ஆயினும், இங்கு தேவைப்படுந் திருத்தத்தின் படிக்கு நிறந்தரா வில்லையொன்றைக் குவியத்தூரம் ஒளியின் நிறத்திலே தங்கியிராத வில்லையெனக் கருதலாம்.

உருவம் 23.03 (*b*) இலே அரியத்தின் முகம் AC இலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியின் மூன்று சமாந்தரக் கற்றைகள் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன. L_3 வில்லை என்பது மஞ்சளொளிக் கதிர்கள் அதன்மேற் செங்குத்தாக விழும் நிலையிலிருக்கின்றதெனக் கொள்க. அதாவது, மஞ்சட்கதிர்கள் வில்லையின் இரண்டாவது தலைமைக் குவியமாகிய F_2 இலே குவிக்கப்படுகின்றன. செங்கதிர்களின் குவியத்தைப் பெறவேண்டுமாயின், வில்லையின் ஒளியியல்மையத்தினூடு படுஞ்செங்கதிருக்குச் சமாந்தரமான நேர்கோடொன்றை வரைவது அவசியமாகின்றது. எனின், இக்கோடானது இரண்டாவது குவியத்தளத்தை R இல் வெட்டுமாயின். செங்கதிரின் குவியம் R ஆகும். இதனைப்போலவே நீலக்கதிர்களின் குவியம் பெறப்படலாம்.

திருசியமானி.—வெவ்வேறு திருசியங்களை ஆராய்தற்கென அமைக்கப்பட்ட இக்கருவியின் சாதாரணமான வகையொன்று உருவம் 23.04 இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. அரியம் P ஆனது மேசையொன்றின்மேலே உறுதியாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த மேசையானது பிரிவுகோடிடப்



உருவம் 23.04.—திருசியமானி.

பட்ட வட்டம் D இன் மையத்தினூடாகச் செல்லும் அச்சொன்றைச்சுற்றிச் சுழற்றப்படக்கூடியதாயிருக்கும். அகலமானது செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய ஒடுங்கிய பிளவு S, ஒளியின் முதலிடமொன்றினால் ஒளிரப்படும். இப் பிளவானது நிறந்தரா வொருங்குவில்லை L_1 இன் குவியத்தில் வைக்கப்பட்டு, அரியத்தின் முகமொன்றில் சமாந்தர வொளிக்கற்றையொன்று படவிடப்படும். பிளவு, வில்லை L_1 இவையேற்றப்பட்டுள்ள குழாய் இம் மூன்றும் சேர்ந்து **நேர்வரிசையாக்கி** எனப்படும். திருசியமானியானது வெப்பத்தைக் கூடுதலாகப்பெற்றுப் பழுதடையாமலும், ஆயினும், வில்லை முழுவதும் ஒளியினால் நிரம்பியிருக்கவுங்கூடியதாய் முதலிடத்திலிருந்து S இன் தூரம் அமைந்திருத்தல் வேண்டும். படுங்கற்றையானது ஒரு நிறமாயிருந்தாலன்றி, அரியத்தினூடு முறிந்த பின்பு வெவ்வேறுநிறக் கற்றைகள் பலவற்றை ஒளியானது கொண்டதாயிருக்கும். முறிந்த இவ் வொளியானது தொலைகாட்டி T இனுள்ளே சென்று கற்றையின் ஒவ்வொரு கூறும் தொலைகாட்டியின் முன்வில்லையாகிய L_2 இனூற் குவிக்கப்படும். இந்த வில்லை L_1, ஐப்போன்றதாகும். பார்வைத்துண்டு L_3 ஆனது திருசியத்தின் உருப்பெருத்த விம்பத்தை உண்டாக்குகின்றது :—இருபத்தாறும் அத்தியாயத்தைப் பார்க்க. நிறங்களைத் துலக்கமாகப் பார்க்க இது உதவுகின்றது. கண் ஓய்வுநிலையிலிருக்கும்போது திருசியமாகிய விம்பம் முடிவிலியிற் காணப்படும். சோடியவொளிக்குரிய இழிவுவிலகல் நிலையிலேயே வரிப்படத்தில் அரியம் வரையப்பட்டுள்ளது. மஞ்சட்கதிர்களின் பாதைகள் மட்டுமே வரிப்படத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளன. எனினும், செங்கதிர்களும் ஊதாக்கதிர்களும் குவிக்கப்படும் புள்ளிகள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

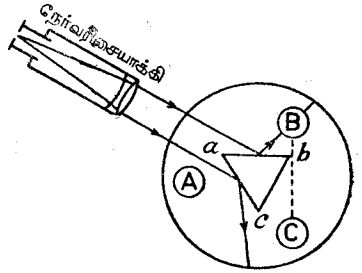
நிறந்தராவில்லையொன்றின் குவியத்தளத்தினது நிலை உபயோகிக்கப்படும் ஒளியின் அலைநீளத்திலே தங்கியிருக்கவில்லையாதலின், திருசியம் VR ஆனது தொலைகாட்டியினச்சுக்குச் செங்குத்தாகுமென அவதானிக்கலாம்.

முறையே தொலைகாட்டியோடும் மேசையோடும் உறுதியாய்த் தொடுக்கப்பட்டுள்ள வேணியர்கள் V_1, V_2, முழுக்கருவியின் இப்பகுதிகளினமைப்பைத் திருத்தத்துடன் அறிய உதவுகின்றன. உண்மையாகச் செய்முறையிலே, ஒவ்வொரு சோடி வேணியர்களையும் வாசித்து மையமாக்குவதற்குரிய வழுக்களைத் தவிர்ப்பதற்காக, நம்பத்தகுந்த எல்லாக் கருவிகளிலும் வேணியர்களின் தொகை இரட்டிக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வகையான வேணியர்களின் சோடிகள் வரிப்படத்திற் காட்டப்படவில்லை.

திருசியமானியொன்றின் செப்பஞ்செய்கை.—அவதானிக்குந் தொலைகாட்டி T இல் வைக்கப்பட்டுள்ள குறுக்குக்கம்பிகள் துலக்கமாகக் கட்புலனாகுமட்டும் பார்வைத்துண்டு முன்னும் பின்னும் இயக்கப்படும். இதன்பின்பு தொலைகாட்டியினூடாகத் தூரப்பொருளொன்று பார்க்கப்படும். பார்வைத்துண்டையுங் குறுக்குக்கம்பிகளையுங் காவுகின்ற குழாயானது, தூரப்பொருளின் துலக்கமான விம்பமொன்று கம்பிகளோடு பொருந்துமாறு இயக்கப்படும். கண்ணைப் பக்கத்துக்கு அசைத்து இப்பொருந்துதலின் சரிபிழை அறியப்படும். குறுக்குக் கம்பிகளின் சார்பாக விம்பம் இயங்கக் காணப்படாதிருப்பின், செப்பஞ்செய்கை பூரணமாய்விட்டது. இச்செப்பஞ்செய்கையின்பின் பார்வைத்துண்டைக் குழப்புதல் கூடாது. இதன்பின் சோடியவொளியைக் கொண்டு நேர்வரிசையாக்கியின் பிளவை ஒளிரச் செய்து தொலைநோக்கி அதனைநோக்கி வைக்கப்படும். குறுக்குக்கம்பிகளிலே துலக்கமான விம்பமொன்றுண்டாகுமட்டும் பிளவானது இங்குமங்கும் இயக்கப்படும். குறுக்குக்கம்பிகளிலே சமாந்தரக் கதிர்கள் குவிக்கப்படுமாறு தொலைநோக்கி செப்பஞ்செய்யப் பட்டபின், ஒருங்குவில்லை L_1 இன் முதலாவது குவியத்தளத்திலே பிளவிருக்கின்றதென்பது பெறப்படும். எனவே, அரியத்திலே சமாந்தரவொளிக் கற்றையொன்று படுகின்றது. திருத்தமான அளவுகள் எடுக்கப்படவேண்டுமாயின் பிளவு ஒடுக்கப்படுதல்வேண்டும். அரியத்தை மட்டமாக்கத் தேவையானால், பின்வரும் நிகழ்ச்சி பயனுள்ளதாகும் :—

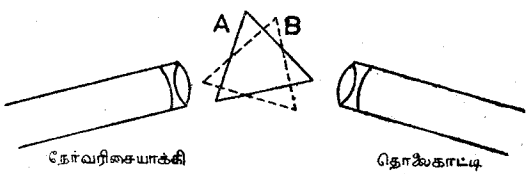
"அரியத்தை மட்டமாக்குதல்" என்ற சொற்றொடரின் கருத்து ஓரளவுக்குச் சிலேடையானதாகும். அரியத்தின் முறிவோரமானது மேசையின் சுழற்சியச்சுக்குச் சமாந்தரமாயிருக்கவேண்டும் மென்பதே உண்மையிற் கருதப்படுகின்றது. A, B, C, என்ற மூன்று திருகாணிகள் மேசையை உயர்த்தவோ தாழ்த்தவோ உதவுகின்றன. B, C, திருகாணிகளிரண்டைத் தொடுக்கின்ற கற்பனையான கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக அரியத்தின் ஓரம் *ab* செங்குத்தாக வைக்கப்படும். *ab*, *ac*, முகங்களிரண்டும் ஒளியைப் பெறுமாறு நேர்வரிசையாக்கி வைக்கப்படும். *ab* இலிருந்து தெறித்த ஒளியைத் தொலைநோக்கி ஏற்கும்போது விம்பமானது புலத்தின் மையத்திலிருக்குமாறு B, C திருகாணிகள் செப்பஞ்செய்யப்படும். திருகாணி A இனைச் செய்யப்படும் பின்னை செப்பஞ் செய்கை எதுவும் கிடைத்தளக்கோடு BC

ஐச்சுற்றி மேசையை மட்டுஞ் சுற்றுமாதலின் *ab* முகத்தைத் தன்தளத்திலேயே சுழற்றும். எனினும், திருகாணி A இன் செப்பஞ்செய்கையினால் *ac* ஐ நிலைக்குத்தாக்க முடியும். ஆகவே, *ac* இலிருந்து ஒளியைப்பெறுமாறு தொலைநோக்கி சுற்றப்பட்டு, விம்பமானது திரும்பவும் புலமையத்திலிருக்குமட்டும் திருகாணி A செப்பஞ்செய்யப்படும். இப்போது அரியமானது பூரணமாகச் செப்பஞ்செய்யப்பட்டுள்ளது.



உருவம் 23.05—திருசியமானிமேசையொன்றின்மேல் அரியத்தை மட்டமாக்குதல்.

தூரப்பொருளொன்றும் பெறப்படமுடியாவிடத்து **சுசுத்தரின்** (Schuster) பின்வரும் முறையானது கையாளப்படும் :—நேர்வரிசையாக்கியோடுந் தொலைகாட்டியோடும் ஒரே கோட்டிலிருக்குமாறு அரியம் மேசையின்மேலே வைக்கப்பட்ட பின்பு, தெளிவற்ற விம்பமொன்று காணப்படுமட்டும் தொலைகாட்டி சுழற்றப்படும். இதன்பின்பு மேசை இயக்கப்பட, அதேநேரத்தில் தொலைகாட்டியானது எப்போதும் விம்பத்தை ஏற்றுக்கொண்டிருக்குமாறு அது சுழற்றப்படும். ஏற்ற திசையிலே மேசை சுழற்றப்பட்டால், விம்பானது விரைவிலே இழிவுவிலகல் நிலையைக் கடக்கும். தொலைகாட்டியானது சிலபாகைகள் பின்புறமாக இயக்கப்பட்டால், அரியமானது இரண்டு நிலைகளிலே ஒளியை ஏற்று விம்பத்தை உண்டாக்குமென்பது பெறப்படும். 23.06 ஆம் உருவத்தில் A ஐயுங் குற்றிட்ட B ஐயும் பார்க்க. B

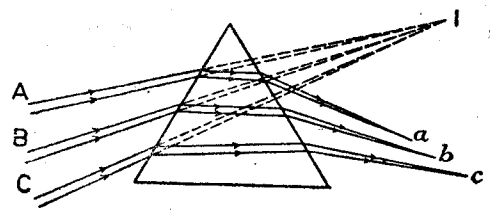


உருவம் 23.06.—திருசியமானியொன்றைச் செப்பஞ்செய்தற்குரிய சுசுத்தரின் முறை.

நிலையில் வருமாறு அரியமானது சுழற்றப்படும். அதாவது, அரியமானது இழிவுவிலகல் நிலையிலிருக்கும் போதிலும்பார்க்கச் சாய்வாக ஒளியானது அரியத்திலே விழுகின்றது. இதன்பின், விம்பமானது துலக்கமாகவும் குறுக்குக்கம்பிகளிலே இடமாறுதோற்றமில்லாமலும் இருக்குமட்டும் தொலைகாட்டியானது குவிக்கப்படும். அரியம் A நிலைக்குச் சுழற்றப்பட்டதும் விம்பம் தெளிவற்றதாயிருக்கும். ஆனால், நேர்வரிசையாக்கியின் பிளவை

இயக்கி மீண்டும் அதனைக் குவிக்கலாம். இதன்பின்பு, அரியமானது நிலை B யில் வைக்கப்பட்டுத் தொலைகாட்டியின் பார்வைத்துண்டைச் செப்பஞ்செய்து துலக்கமான விம்பமொன்று உண்டாக்கப்படலாம். விம்பமானது எப்போதுந் துலக்கமாகவும் குறுக்குக்கம்பிகளிலே இடமாறு தோற்றமில்லாதும் இருக்கும் வரை இது தொடர்ந்து செய்யப்படும். இது செய்யப்பட்டதும், தொலை காட்டியின் குறுக்குக் கம்பியிலே குவிக்கப்படும் சமாந்தரவொளிக் கற்றை யொன்று நேர்வரிசையாக்கியினூல் உண்டாக்கப்படுகின்றது.

இங்கு உபயோகப்படுந் தத்துவத்தை விளங்குதற்கு 23.07 ஆம் உருவத் தைக் கருதுவோமாக. A, B, C என்பன, முறையே இழிவுவிலகல் நிலையினுஞ் சிறிதானதும், சமமானதும் பெரிதானதுமான படுகோணங்களோடு அரிய மொன்றிற் படுகின்ற ஒருங்குமொளிக்கற்றையொன்றின் வெவ்வேருன மூன்று நிலைகளெனக்கொள்க. உண்டாக்கப்படும் விம்பங்களே *a*, *b*, *c* என வுங்கொள்க. குறைந்த சாய்வுள்ள கற்றை A ஆனது முறிவின்பின் சமாந்



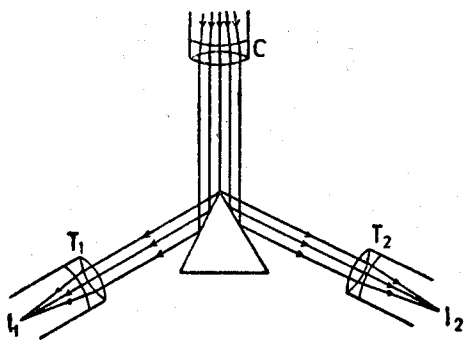
உருவம் 23.07.

தரங் குறைந்ததாகவும், கூடிய சாய்வுடையது சமாந்தரங் கூடியதாகவும் இருக்கும். அரியமானது நிலை B யிலிருக்கும் போது, உருவம் 23.06, கதிர்கள் C இலிருக்கின்றன, உருவம் 23.07. ஆகவே, தொலைகாட்டியானது இழிவுவிலகல் நிலையிலிருந்த போதிலும் பார்க்கச் சமாந்தரங்கூடிய நிலை யிலே அவை தொலைகாட்டியின் உட்செல்லுகின்றன. ஆகவே, விம்பத்தின் வரையறையைத் திருத்துவதற்குத் தொலைகாட்டியைச் செப்பஞ்செய்யவேண் டியது அவசியமாகின்றது. அரியமானது நிலை A யிலிருக்கும்போது, உருவம் 23.06, தொலைகாட்டியுட் செல்லும் ஒளியானது மிதமிஞ்சி ஒருங்கியதாயி ருக்கும். ஆயினும், நேர்வரிசையாக்கியைச் செப்பஞ்செய்து இதனைக் கூடிய சமாந்தரமாக்கலாம்.

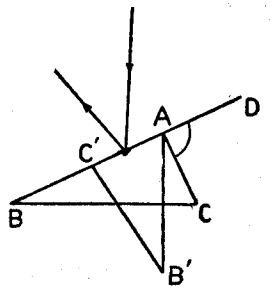
அரியமொன்றின் ஒளியியல் ஒருமைகளைத் தீர்மானிக்க.—அரியமொன்றின் கோணத்தையும் அதன் இழிவுவிலகற்கோணத்தையுமறிந்து அரியப்பதார்த் தத்தினது முறிவுக்குணகத்தைத் தீர்மானித்தற்குரிய திருத்தமான முறை யொன்றை திருசியமானியொன்று கொடுக்கின்றது. அரியமொன்றினூல் உண்டாக்கப்படும் விலகல் ஒளியின் நிறத்திலே தங்கியிருக்கின்றதெனக் காட்டப்பட்டது. எனவே, ஒரு தனிநிறத்தையுடைய ஒருநிறவொளியொன்று உபயோகிக்கப்படுதல்வேண்டும். வாயுச்சுவாலையின் முடியொன்றிற்குரிய தாங்கியானது செந்தழலாக வெப்பமாக்கப்பட்டு வெண்காரத்தினதுஞ் சோடி

யங்குளோரைட்டினதும் கலவையொன்றிலே தோய்க்கப்படும். இக்கலவை யானது பன்சன்சுவாலையடுப்பொன்றிலே உருக்கப்படும்போது முழுச்சுவாலை யும் மஞ்சள் நிறமாகும். நிறமாலைமானியின் பிளவுக்குரிய வசதியானதும் ஏறத்தாழ ஒரு நிறமானதுமான ஒளிவீசுபொருளாய் இது அமைகின்றது.

(அ) அரியத்தின் கோணம்.—நேர்வரிசையாக்கி C இலிருந்து ஒரே நேரத் தில் இரண்டு முகங்களிலும் ஒளிபடுமாறு, 23.08 ஆம் உருவத்திற் காட்டப் பட்டிருப்பதுபோல, அரியம் ஒழுங்கு செய்யப்பட்டுள்ளது. விம்பம் I_1 ஆனது தொலைகாட்டியின் குறுக்குக்கம்பிகளிலே குவிக்கப்பட்டுத் தொலைகாட்டியின் நிலை அவதானிக்கப்படும். பின்னர் தொலைகாட்டியானது அதன் குறுக்குக் கம்பிகளிலே விம்பம் I_2 ஐப் பெறுமாறு நகர்த்தப்பட்டு, அதன் நிலை திரும் பவும் அவதானிக்கப்படும். தொலைகாட்டி சுழற்றப்பட்டகோணம் அரியக் கோணத்தின் இருமடங்காகும். 51, III ஆம் பக்கம் பார்க்க.



உருவம் 23.08. — அரியமொன்றின் முறிவுக் கோணத்தினளவு.



உருவம் 23.09. — அரியமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தினளவு.

அரியக்கோணத்தின் தீர்மானத்திற்குரிய இரண்டாவது முறையொன்று 23.09 ஆம் உருவத்திலிருந்து விளங்கும். முகம் AB இலிருந்துவரும் விம்ப மானது தொலைகாட்டியிற் பார்க்கப்படும்போது தொலைகாட்டி இந்த நிலையி லேயே வைக்கப்பட்டு, அரியமானது ஓரம் AC ஆனது AB இற்குச் சமாந்தர மாய் அல்லது பொருந்தக்கூடியதாய் வருமாறு சுழற்றப்படும். இவ்வாறு நிகழும்போது அரியமானது $\hat{DAC}$ இனூடு சுழற்றப்படவேண்டும். $\pi - \hat{DAC}$ அரியத்தின் கோணமாகுமென்பது உடனே தெளிவாகும்.

(ஆ) இழிவுவிலகற்கோணமும் அரியப்பதார்த்தத்திற்குரிய முறிவுக்குண கமும்.—முறிவினூலுண்டாக்கப்படும் பிளவின் விம்பமானது தொலைகாட்டி யில் அவதானிக்கப்பட்டு, இவ்வாறு தொலைகாட்டியிற்றொடர்ந்து அவதானித் துக்கொண்டே, விம்பம் நிலையாகத் தோற்றுமட்டும் அரியஞ் சுழற்றப்படும். அப்போது, சோடியச்சுவாலையின் இயல்பான நிறக்கதிர்களுக்குரிய இழிவு விலகல் நிலையிலே அரியம் இருக்கின்றது. அரியத்தை இன்னுஞ் சுழற்ற

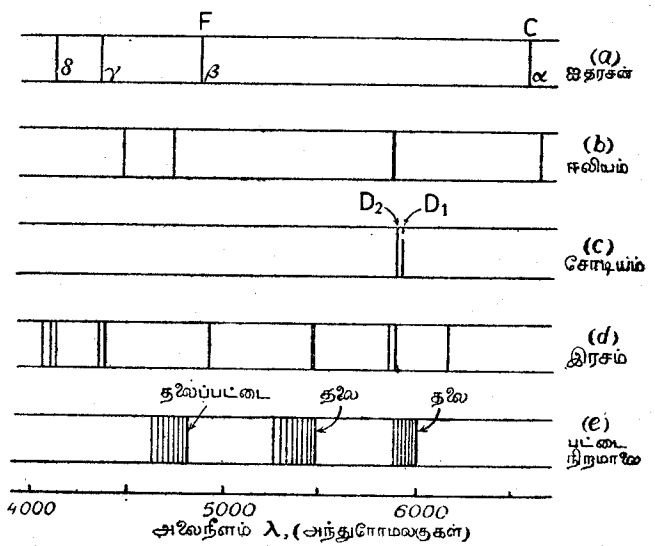
விம்பம் பின்னடையும். இதன்பின் அரியஞ் சுழற்றப்பட்டுத் "தீக்கோட்டின்" மற்றப்பக்கத்திலே இழிவுவிலகல் நிலையானது காணப்படும். தொலைகாட்டி சுழற்றப்பட்ட கோணத்தின் அரைவாசியே இழிவுவிலகற் கோணமாகிய γ ஆகும்.

எனின், அரியக்கோணம் α ஆயின்,

$$\mu = \frac{\text{சைன்}\ \frac{1}{2}(\alpha + \gamma)}{\text{சைன்}\ \frac{1}{2}\alpha}.$$

திருசியப்பகுப்பு— (அ) கோட்டுநிறமாலைகள்.— திருசியமானி மேசையிலே அரியமிருக்கும்போது சோடியச்சுவாலை அகற்றப்பட்டு, இலிதியம், பொற்ருசியம் முதலான உப்புக்கள் ஊட்டப்பட்ட பன்சன்சுவாலையொன்று பிரதியிடப்பட்டால், பிளவின் நிறவிம்பங்கள் தொலைகாட்டியில் அவதானிக்கப்படும். ஒவ்வொரு விம்பமும் பதார்த்தத்தின் ஆவியிலிருந்து காலப்படும் ஒளியின் வரையறையான நிறமொன்றேடொத்ததாகும். ஒவ்வொரு விம்பமும் திருசியத்தில் ஒரு கோடாகக் கருதப்படும்.

சில எதுக்களைக்கொண்டு திருசியத்தில் ஒவ்வொரு கோட்டினூடும் ஒத்த ஒளியின் அலைநீளத்தைத் தீர்மானிக்கமுடியும். இந்த எதுக்களிற் சில பின்பு ஆராயப்படும். உதாரணமாக, சோடியமுப்பானது பன்சன்சுவாலையில் வெப்பமாக்கப்பட்டால் இச்சுவாலையானது துலக்கமான மஞ்சள் நிறமொன்றைப் பெறுகின்றது. இதன் திருசியம் கட்புலனை பாகத்திலே மஞ்சட்பாகத்திற் றுலக்கமான கோடுகளிரண்டைக் கொண்டதாகும். இக் கோடுகள் உருவம் 23.10 (c) இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன. இவை ஒன்றுக்



உருவம் 23.10.—அடையாளமான சில திருசியங்கள்.

கொன்று மிக்கவண்மையிலுள்ளன. இவையிரண்டுஞ்சேர்ந்து திருசியத்தின் D_1, D_2 கோடுகளாயமைகின்றன. இவற்றின் அலைநீளங்கள் முறையே 5896, 5890 அந்துரோமலகுகளாம். 1 அ எனவெழுதப்படும் அந்துரோமல கொன்று 10^{-8} சமீ. இற்குச் சமமாகும்.

உலோக மின்வாய்களினிடையே மின்வில்லொன்றுண்டாக்கப்படும்போது அல்லது அவற்றினிடையே மின்பொறியொன்று செலுத்தப்படும்போது கோட்டுத்திருசியங்கள் உண்டாக்கப்படும். ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் ஒளியானது திருசியங்காட்டியொன்றினூல் ஆராயப்படும்.

வெவ்வேறு வாயுக்களின் திருசியங்கள், ஐதான நிலையிலே சிறப்பான வாயுவைக்கொண்டுள்ள குழாயொன்றினூடு மின்னிறக்கமொன்று செலுத்தப்படும்போது, பெறப்படுகின்றன. ஒளியானது திருசியங்காட்டியின் மூலம் ஆராயப்படும். ஐதரசன், ஈலியம், இரசம் என்பனவற்றின் கோட்டுதிருசியங்கள் உருவம் 23.10 (a), (b), (d) களிற் காட்டப்பட்டுள்ளன.

திருசியப்பகுப்பு எனப்படும் ஆராய்ச்சியின் அகன்ற இத்துறையிலே முதலில் ஆராய்ந்தவர்கள் **பன்சனும் கேச்சோவுமாகும்.** அவர்கள் கண்டுபிடித்தவற்றுள் மிக்க விசேடமானது யாதெனின், **கொடுக்கப்பட்ட நிபந்தனைகளில் ஒவ்வொரு மூலகமும் அதற்குமட்டுமுரிய இயல்பைக்கொண்ட வரையறையான திருசியமொன்றை உண்டாக்கும் ஒளியைக்காலுகின்றது,** என்பதாம். இதனைக்கண்டு பிடித்தபின்பு விசேடமான சில உடுக்களிலிருந்து வந்தவொளியை முறையாக ஆராய்ந்தனர். திருசியத்திலே அவையுண்டாக்கிய கோடுகளிலிருந்து அவ்வுடுக்களிலுள்ள பல மூலகங்களைப்பற்றி உறுதியாக நிலைநாட்டினர். பின்பு, சூரியவொளியின் திருசியம் காட்டியைக் கொண்ட ஆராய்ச்சியானது, பூமியில் அப்போது தெரிந்திராத மூலகமொன்று சூரியனில் இருக்கும் உண்மையை வெளிப்படுத்தியது. இதுவே **ஈலியம்** எனப்படும். வளிமண்டலத்தில் இவ்வாயு இருக்கின்றது என இப்போது தெரியும்.

இந்த நூற்றாண்டிலே மூலகங்களின் திருசியத்தைப்பற்றிய விரிவான ஆராய்ச்சி சடப்பொருளின் அமைப்பைப் பற்றிய நுண்ணறிவை நாம்பெற உதவியுள்ளது.

வாயுநிலையிலுள்ள குறித்தவொரு பதார்த்தத்தினூற் காலப்படும் ஒளியின் திருசியத்தினது ஆராய்ச்சி பண்பறிதற்குரிய முறையிலே அதன் சேர்க்கையைக்காண உதவுமென்பது மேலேயுள்ள குறிப்புகளிலிருந்து தோற்றும். மிக்கவண்மையிலே, திருசியத்திற் குறித்தகோடுகளிற் சிறப்பாகக் கவனஞ்செலுத்திக் கலவையொன்றின் உண்மையான சேர்க்கை நூற்றுவீதத்தை மதிப்பிடக்கூடியதாயிருக்கின்றது.

உலோக மின்வாய்களுக்கிடையே உண்டாக்கப்படும் வில்லிலிருந்து பிறக்கும் ஒளியின்திருசியமானது வழக்கமாக அவ்வுலோகத்தினியல்பைக்காட்டும் கோட்டுதிருசியமாகும். இது **வில் திருசியம்** எனப்படும். ஒத்தநிறங்கள் அணுவொன்றினூற் காலப்படுங் கதிர்வீசலின் பயனனவையென இப்போது தெரிகின்றது.

தீப்பொறித்திருசியமொன்று, அதாவது, உலோகமின்வாய்களுக்கிடையே உண்டாகும் பொறியிலிருந்து பிறக்குமொளியினுற் கொடுக்கப்படும் **திருசியம்,** ஆராயப்படும்போது, அதே மின்வாய்களுக்கிடையே உண்டான வில்லினொளியை அவதானித்தபோது காணப்பட்ட அதேநிலைகளிலே கோடுகளில்லை. தீப்பொறித் திருசியமானது இலத்திரனென்றையிழந்த அணுக்களிலிருந்து கதிர்வீசலினால் உண்டானதாகும். இவ்வாறு இலத்திரனென்றையிழந்த அணுக்கள் அயனுக்கப்பட்டவணுக்கள், அல்லது, மின்னின் நேரேற்றத்தைக் காவுமணுக்கள் என்று சொல்லப்படும்.

(ஆ) தொடர்ந்த திருசியம்.—மின்விளக்கின் இழையைப்போன்ற வெண் வெப்பமான பொருளொன்றிலிருந்து பிறக்கும் ஒளியானது தொலைகாட்டி யொன்றைக்கொண்டு ஆராயப்பட்டால், **திருசியம்** தொடர்ந்ததாயிருக்கக் காணலாம். அதாவது, அவ்வகையான பொருளொன்றிலிருந்து பிறக்கும் ஒளியின் **திருசியத்திலே** கட்புலனுகும் பாகத்திலுள்ள கோடுகளெல்லாந் தோற்றுகின்றன. இதற்குக் காரணம் யாதெனின், அணுக்கள் கதிர்வீசலைக் காலக்கூடியநிலையிலிருந்தும், ஆவிநிலையிலிருக்கும்போது கான்றதுபோலக் காலமுடியாமையேயாம். ஆகவே, எல்லா அலைநீளங்களையுமுடைய ஒளி காலப்படுகின்றது. இதனால் திருசியம் தொடர்ச்சியாகக் காணப்படுகின்றது.

(இ) பட்டைத்திருசியங்கள்.—காலல்த்திருசியமொன்றிலே சிலசமயங்களிற் கோடுகள் சிலபாகங்களிலே நெருங்கித்தோற்றுகின்றன. சாதாரணத் தொலை காட்டியொன்றைக்கொண்டு இவை ஆராயப்படும்போது தொடர்ந்தகுழாய் களாய் அல்லது பட்டைகளாய்த் தோற்றப்படுகின்றன. இவ்வகையான பட்டை யொன்றின் கோட்டமைப்பானது உயர்ந்த பிரிவலுவையுடைய தொலைகாட்டி யினால்மட்டும் காட்டப்படும். அதாவது, அந்துரோமலகொன்றின் சிறிய பின்னத்தினால்மட்டும் வேறுபடுங் கோடுகளை அவைபிரிக்கமுடியும். கோட்டுத் திருசியங்கள் அணுக்களின் பயனுனவையென்றும் பட்டைநிறமாலைகள் மூலக்கூறுகளின் பயனுனவையென்றும் இப்போது எமக்குத்தெரியும். இவ்வகையான திருசியங்கள் பெரும்பாலும் செந்நிறக்கீழ்ப் பாகத்திலே தோற்றுகின்றன. 145 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க.

பட்டைத்திருசியங்கள் எல்லாவற்றிலும், உருவம் 23.10 (e) இற் காட்டப்பட்டி ருப்பதுபோல, பட்டையின்தலையென்படும் பாகத்திலிருந்து காணக்கூடிய ஒரமற்ற மற்றப்பாகமட்டும் செறிவு படிப்படியாகக் குறைந்து கொண்டு போவதைக் காணலாம். தலையானது முறிதன்மை குறைந்த பக்கத்தில் இருக்கலாம். அப்போது பட்டையானது குறுகிய அலைநீளங்களையுடைய பாகத் தைநோக்கிப் படிகுறைந்து செல்கின்றது என்று சொல்லப்படும். அன்றேல், முறிதன்மை கூடிய பக்கத்திலிருந்து அலைநீளங்கள்கூடிய பாகத்தை நோக் கிப் படிகுறையலாம்.

வாயுக்கள் பலவற்றின் திருசியங்களிலுள்ள பட்டைகள் நுண்ணிய கோடுகள் பலவற்றைக் கொண்டுள்ளனவென்று உயர்ந்த பிரிவலுவை யுடைய கருவிகள் காட்டுகின்றன. பட்டையின் தலையிலே இவை நெருங்கி

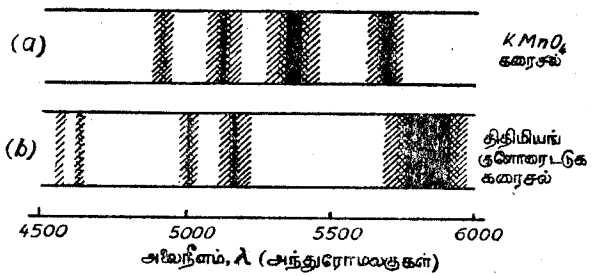
யிருந்து, தலையிலிருந்து அவற்றின் தூரம் அதிகரித்துக்கொண்டு போகப் படிப்படியாக அகன்று வலுக்குறைந்தன ஆகின்றன. ஒரு பட்டையிலுள்ள கோடுகள் மற்றொன்றி லுள்ளவற்றின்மேல் விழுதல்கூடும்.

உள்ளுறிஞ்சல் திருசியம்.—மின்கொளமொன்றின் அல்லது வெள்ளொளி யின்வேறு முதலிடமொன்றின் தங்குதனிழையிலிருந்து பிறக்குமொளியா னது திருசியமானியொன்றின் பிளவிற் குவிக்கப்படும்போது தொலைகாட்டி யிலே தொடர்ந்த திருசியமொன்று காணப்படும். பிளவின்முன்பு சிவப்புக் கண்ணுடித் துண்டொன்று வைக்கப்பட்டால் விம்பஞ் செந்நிறமாய்க்காணப் படும். வெள்ளொளியின் சில கூறுகளைக் கண்ணுடி கவர்ந்து கொண்டதனால் எஞ்சியுள்ள நிறங்களே தொலைகாட்டியினுற் பகுத்தறியப்படும். இப்போது பெறப்படுஞ் சிவப்பு விம்பமானது சிவப்புக்கண்ணுடியின் **உள்ளுறிஞ்சல் திருசியமெனக்** குறிப்பிடப்படும். வெப்பமாயிருக்கும்போது துலக்கமான கோடுகளைக்காலுகின்ற ஆவியொன்றின் உள்ளுறிஞ்சல் திருசியமானது, காலல் திருசியத்திலே துலக்கக்கோடுகளிருந்த அதேநிலைகளிலேயே இருண்ட கோடுகளினுற் குறுக்கிடப்பட்ட தொடர்ந்த திருசிய மொன்றைக் கொடுக்கக் காணப்படுகின்றது. குளிர்ந்த ஆவியானது வெப்பநிலை போதியவளவு உயர் வாயிருக்கும்போது அது காலுகின்ற நிறங்களையே முக்கியமாக உளுள்றிஞ்சு கின்றதென இது காட்டுகின்றது. பின்வரும் பரிசோதனையைக்கொண்டு இதனை இன்னுந் தெளிவாக விளக்கலாம் :— மின்வில்லின் திருசியமொன்று திரையொன்றிலே விழும்படி செய்யப்படும். 116, III ஆம் பக்கத்தில் விவரிக் கப்பட்டுள்ள ஆய்கருவியைப்பார்க்க. சோடியத்தினால் நிறமாக்கப்பட்ட பன்சன் சுவாலையொன்று ஒளிரப்படும் பிளவின்பின்னால் வைக்கப்படும். திருசிய மானது மஞ்சட்பாகத்திலே கறுப்புக்கோடொன்றினுற் குறுக்கிடப்பட்டுள்ளது. இதன் நிலை சோடியநிற மாலையின் D—கோடு எனப்படுங்கோட்டினுடொத் ததாகும். உண்மையிலே இரண்டு D—கோடுகள் மிக்கவண்மையிற் சேர்ந் திருக்கின்றன. ஆனுற் பெரிய அரியமொன்றும் ஒடுங்கிய பிளவொன்றும் உபயோகிக்கப்பட்டாலன்றி அவை ஒன்றின்மேலொன்று பொருந்தி ஒன்றுகத் தோற்றுகின்றன. அரியமானது சோடியக்கோடுகளைப் பிரிக்கத்தவறிவிட்டது என்றுசொல்வது வழக்கம். மின்வில்லினுள்ளே சிறிதளவுசோடியமுப்பைச் செலுத்தினால், முன்னரேயுள்ள கறுப்புக்கோட்டிற்குப்பதிலாக துலக்க மான மஞ்சட்கோடொன்று தோற்றுகின்றது. அது காலுகின்ற அலைகளையே சோடியச்சுவாலை உள்ளுறிஞ்சுகின்றதென இது நிறுவுகின்றது. வெள் ளொளி முதலிடத்தின் முன்பாக ஒளிபுகவிடாத் திரையொன்று வைக்கப் பட்டால் துலக்கமான சோடியக்கோடுகள் தோற்றுகின்றன.

பொற்றுசியம்பரமங்கனேற்றின் நீர்க்கரைசலினது உள்ளுறிஞ்சல் திருசியம் பின்வருமாறு ஆராயப்படலாம் :— வில்விளக்கொளியின் திருசியம் திரை யொன்றில் உண்டாக்கப்பட்டு நீரைக்கொண்டுள்ள கண்ணுடிக்கலமொன்று கற்றையின் பாதையிலே வசதியான ஒரு நிலையில்வைக்கப்படும். பரமங்க னேற்றின் செறிவான கரைசலொன்றினுள்ளே கண்ணுடிக்கோலொன்றைத் தோய்த்து நீரினுள்ளே கழுவி நீரின்செறிவு படிப்படியாக மாற்றப்படலாம்.

பச்சையிலொன்றும் நீலத்திலொன்றுமாக ஆகக்குறைந்தது இரண்டு கறுப்புப்பட்டைகள் தோற்றுவதை உடனே அவதானிக்கலாம். செறிவு அதிகரிக்கப்பட்டைகள் அகன்று கடைசியாக ஒன்றுசேர்ந்துவிடும். கடைசியாக கட்புலனை திருசியம் முழுவதும் மறைந்துவிடுகின்றது. பொற்றுசியம் பரமங்கனேற்றின் செறிவான நீர்க்கரைசலானது கட்புலனை கதிர்வீசல்களெவற்றையும் உட்புகவிடாதென இது காட்டுகின்றது.

திதிமியங்குளோரைட்டின் ஐதான கரைசலொன்றினது உள்ளுறிஞ்சல் திருசியம் ஐந்து அல்லது ஆறுபட்டைகளைக்கொண்டதாதலின் மிக்க கவர்ச்சிக்குரியதாகும். சிறிய நிறைக்குப்பியொன்றிலே கரைசலானது கொள்ளப்பட்டு மின்விளக்கொன்றின் நிலைக்குத்தான இழையின் விம்பத்தைத் திருசியங்



உருவம் 23.11.—உள்ளுறிஞ்சல் திருசியங்கள்.

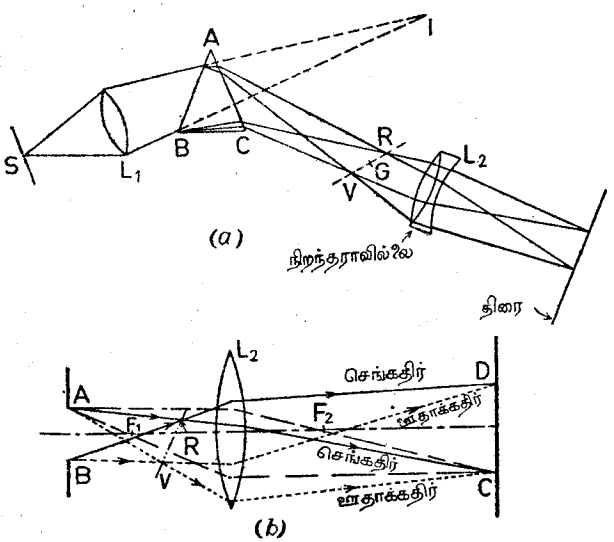
காட்டியின் பிளவிலே செறியச்செய்வதற்கு உபயோகிக்கப்படும். இதன்பின் வழக்கமான முறையிலே திருசியம் ஆராயப்படும். பொற்றுசியம் பரமங்கனேற்றின் நீர்க்கரைசலோடு சம்பந்தப்பட்ட உள்ளுறிஞ்சல் திருசியத்தை உருவம் 23.11 (*a*) காட்டுகின்றது. திதிமியத்திற்குரியதை (*b*) உருவங் காட்டுகின்றது.

கண்ணுடியரியத்திலும்பார்க்கக் காபனீர்சல்பைட்டினால் நிரப்பப்பட்டுள்ள உள்ளீடற்ற அரியத்தின் நிறப்பிரிக்கைவலு கூடியதாதலின் இதனை உபயோகித்து இப்பரிசோதனைகளிற் கூடிய சித்தியைப்பெறமுடியும்.

ஞாயிற்றுதிருசியம்.— திருசியமொன்றின் பிளவிற்படுமாறு சூரிய வொளிக்கற்றையொன்றைத் தெறிக்கச்செய்து அதன் திருசியமானது தொடர்ச்சியான பின்னணியிலே குறுக்கிடப்பட்ட பல கறுப்புக்கோடுகளைக் கொண்டதாகக் காணப்படும். இவற்றைக்கண்டுபிடித்தவரின் ஞாபகத்திற்காக இவை **பிரௌனேவர்க்கோடுகள்** எனப்படும். புவிமூலகங்களுக்குரிய காலல் திருசியத்தின் துலக்கக்கோடுகள் சிலவற்றின் நிலையிலேயே இவையுள்ளனவென்று **பன்சனும் கேச்சோவும்** காட்டியுள்ளனர். இந்த மூலகங்கள் சூரியனில் உள்ளனவென்று அவர்கள் முடிவுசெய்தனர். சூரியனைச் சூழ்ந்துள்ள **நிறப்புடலம்** எனப்படும் குளிர்கூடிய சூழியினூடு செல்லும்போது சூரியனின் மத்திய பாகங்களினாலுங் குளிர்கூடிய பாகங்

களினாலும் காலப்படுகின்ற வெள்ளொளியிற் சிறிதளவு உள்ளுறிஞ்சப்படுவதனால் இக்கறுப்புக்கோடுகள் உண்டாயினவென்று இப்போது தெரியப்படுகின்றது.

திருசியநிறங்கள் மீளச்சேரல்.—முழுத் திருசியவிசிறியின் நிறங்களும் மீளச்சேர்ந்து வெள்ளொளி உண்டாகின்றதென்பதைக்காட்ட, **நியூற்றன்** இரண்டாவது அரியமொன்றை முதலாவது அரியத்தினூடைத்தின் எதிர்த்திசையிலே ஒரமிருக்குமாறு வைத்து உபயோகித்தாரென்பதைப்பற்றி முன்னரே குறிப்பிடப்பட்டது, பக்கம் 115, III இதனையும் வேறு உண்மைகளையும் நிலைநாட்ட உதவும் நிறக்கலவையாய்கருவி எனப்படும் வேறுரொழுங்கு பின்வருமாறு. பிளவு S ஆனது, உருவம் 23.12 (*a*), வில்வினைக்



உருவம் 23.12.—திருசியநிறங்கள் மீளச்சேர்ந்து வெள்ளொளி உண்டாதல்.

கொன்றிலிருந்து பிறக்குமொளியினால் ஒளிரப்படும். அரியம் ABC இல்லாதபோது I இலே பிளவின் மெய்யான விம்பமொன்று உண்டாகுமாறு ஒருங்குவில்லை L_1 வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அரியமானது—காபனீர்சல்பைட்டினால் நிரப்பப்பட்ட உள்ளீடற்றது விரும்பத்தக்கது—இதன்பின் நிலையில் வைக்கப்பட்டு RV இலே தூயதிருசியமொன்றுண்டாக்கப்படும். L_2 என்பது அரியத்தின் முகம் AB இன் விம்பமொன்றைத் தூரவுள்ள திரையொன்றிற் படுமாறு ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ள ஒருங்குவில்லை. செப்பஞ்செய்கையானது சரியாகநிகழ்த்தப்பட்டால் இக்கடைசிவிம்பம் வெள்ளொளியாகத் தோற்றும்.

இந்த வெள்ளை விம்பம் உண்டாதலை விளக்குதற்கு AB என்பது, உருவம் 23.12 (*b*), திரையொன்றிலுள்ள ஒரு துவாரமெனக்கொள்க. இது அரியத்தின் முகம் AB இனுடொத்ததாகும். L_2 என்பது AB இன் தலைகீழானவிம்பம் CD ஐயுண்டாக்கும் நிறந்தராவிலலையைக் குறிக்கின்ற தெனவுங் கொள்க. அமைப்புக்கோடுகள் மெல்லியனவாய்க் காட்டப் பட்டுள்ளன. இப்போது ARB உம் AVB உம் முறையே சிவப்பொளிக் கற்றையும் ஊதாவொளிக்கற்றையுமெனக் கொள்க. (*a*) இலுள்ள சரியானவொழுங்கிலே ஒளியானது அரியத்தினூடு சென்றபின்பு இவை உண்டாக்கப்படுகின்றன. ஆயினும் வரிப்படத்தை இலகுவாக்குதற்காக (*b*) இன் இடப்பக்கத்திலுள்ள வெவ்வேறான முதலிடங்களிரண்டிலிருந்துவருங் கதிர்களினால் இவை உண்டாயினவெனக் கொள்ளலாம். C என்பது A இன் விம்பமாதலின் கதிர் AR ஆனது L_2 இனூடு முறிவின்பின்பு C ஐ நோக்கிச் செல்லவேண்டுமென்பது பெறப்படும். இதனைப்போலவே, துவாரத் தின் அடியிலிருந்துவருஞ் செங்கதிராகிய BR என்பது D ஐ நோக்கிச் செல்லுகின்றது. எனவே, CD என்பது செவ்வொளியினால் மூடப்பட்டுள்ளது. இதனைப்போலவே இது ஊதாவொளியினாலும் திருசிய நிறங்கள் எல்லா வற்றினாலும் மூடப்பட்டுள்ளது. ஒன்றின் மேலொன்று பொருந்திய இந்த நிறங்களெல்லாம் வெள்ளொளியை உண்டாக்குகின்றன.

நிறக்கலவையும் நிரப்புநிறங்களும்.— S இலுள்ள பிளவுக்குச் சமாந்தர மான பிளவொன்றையுடைய திரையொன்று RV இன் நேரே வைக்கப்பட் டால் தூயதிருசியம் நிறமொன்று CD இலே உண்டாக்கப்படும். எனினும், நீலப்பச்சைக் கதிர்களைத் தடுக்கக்கூடியதாகப் பென்சிலொன்று G இல் வைக்கப்பட்டால், திரையில் விளைவான நிறமானது நிறமாலையிலுள்ள மற்றக்கதிர்களின் பயனனதாகும். இந்த நிறம் சிவப்பு. இதனைப்போலவே, நீலநிறக்கதிர்கள் தடுக்கப்பட்டால் நிறம் செம்மஞ்சளாகும். இந்த நிபந் தனைகளில் திரையில் உண்டாக்கப்படும் நிறங்கள் **கலவைநிறங்கள்** எனப் படும்.

சிக்கலான ஒளியூக்கியொன்று மனிதனுடைய கண்ணினால் அதன் திருசியக்கூறுகளாகப் பகுக்கப்பட முடியாதென்று மேலேயுள்ள பரிசோத னைகள் காட்டுகின்றன. கண்ணானது இந்த வகையிலே செவியிலிருந்து வேறுபடுகின்றது. இசைச்சுரமொன்றை அதன் கூறுகளாகப் பகுக்க, அதா வது, ஒரு கூட்டுச்சுரத்தை மற்றொன்றிலிருந்து வேறுபடுத்த, செவியினால் முடியும். இன்னும், ஒளியியலிலே, ஒத்தவுணர்ச்சிகள் ஒத்த காரணங் களினால் உண்டாக்கப்படுகின்றன. ஆனால், ஒளியுணர்ச்சியின் தொடர்பிலே இது உண்மையன்று. உதாரணமாக பொற்றாசியமிருகுரோமேற்றின் நீர்க் கரைசலானது செலுத்தப்பட்ட ஒளியைக்கொண்டு பார்க்கும்போது இருண்ட செம்மஞ்சணிற முடையதாய்க் காணப்படுகின்றது. **அபினி** முதலிற் காட்டியது போல, இந்தவொளியானது திருசியம்காட்டியின்மூலம் ஆராயப்பட்டால் பல கூறுகளைக் கொண்டதாய்க் காணப்படுகின்றது. உண்மையிலே, நீலக்க திர்களும் ஊதாக்கதிர்களும் முழுவதும் அகற்றப்பட்டதும் பச்சைக்கதிர்கள்

குறையாயகற்றப்பட்டதுமான ஒரு திருசியம் உண்டாக்கப்படுகின்றது. அன்றியும், CD இலுள்ள பொட்டின்நிறமானது இருகுரோமேற்றுக்கரைசலினூற் செலுத்தப்படும் ஒளியின்நிறமாகச் சரியாயிருக்குமாறு திருசியம் VR இலே சிறிய பாகமொன்றைத் தெரிந்தெடுக்கமுடியும்.

முதனிறங்கள்.—இரண்டு அல்லது பல நிறங்களின் கலவையினால் உண்டாக்கப்படமுடியாத நிறமே முதனிறமென்று **அபினி** வரையறுத் துள்ளார். நிறத்தோற்றப்பாடுகளைப்பற்றி முதலில் ஆராய்ந்தவர்கள் சித்திரக்காரரேயாம். சிவப்பையோ மஞ்சளையோ நீலத்தையோ உண்டாக்க அவர்களின் மைப்பலகையிலுள்ள நிறங்கள் கலக்கப்படமுடியாதென இவர்கள் கண்டனர். இவற்றை முதனிறங்களென இவர்கள் குறிப்பிட்டனர். பௌதிகவறிஞர் இவ்விடயத்திற் கவனமெடுத்தபோது மஞ்சளானது சிவப் பையும் பச்சையையுங் கலந்து பெறப்படலாமாதலின் அது முதனிறமன் றெனக் கண்டனர். எனினும் பச்சையானது முதனிறமெனக் காட்டப்பட்டது. உருவம 23.12 (*a*) இலுள்ள ஆய்கருவியைக்கொண்டு இவ்வுண்மைகளின் சரிபிழையை இலகுவாக ஆராயமுடியும். உதாரணமாக, செங்கதிர்களும் பச்சைக்கதிர்களும்மட்டும் செலுத்தப்படக்கூடியதாக VR இலே பிளவுகள் வைக்கப்பட்டால், CD இலுள்ள பொட்டின் நிறம் மஞ்சளாயிருக்கும்.

இக்காலத்து ஆராய்ச்சி ஊதாவே முதனிறமென்றும் நீலமன்றென்றுங் காட்டுகின்றது.

நிரப்புநிறங்கள்.—இரண்டு நிறங்களினால் வெள்ளொளியுணர்ச்சி உண்டா னால், அந்த நிறங்கள் ஒன்றுக்கொன்று நிரப்புநிறங்களெனப்படும். மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ள நிறக்கலவையாய்கருவி நிரப்புநிறங்களைப்பெற உபயோகிக் கப்படலாம். VR இலே உண்டாக்கப்பட்ட நிறங்களுளொன்று ஒளிபுகவிடாத கோலொன்றினூற்றடுக்கப்பட்டு எஞ்சிய நிறங்கள் வில்லை L_2 இனூற் CD இலே விம்பமொன்றுண்டாகுமாறு சேர்க்கப்படுகின்றது. தொகுவிளைவான நிறம் அகற்றப்பட்டதின் நிரப்புநிறமாகும். முதனிறங்கள்மூன்றுஞ் சரியான விகிதத்தில் எடுக்கப்பட்டால் வெள்ளொளி உண்டாவதனால், ஒன்று அகற் றப்பட மற்றவையிரண்டுஞ் சேர்ந்து அகற்றப்பட்டதின் நிரப்புநிறமாதும்.

நிரப்புநிறங்கள் சிலவற்றின் அட்டவணை

சிவப்பு	செம் மஞ்சள்	மஞ்சள்	பச்சை	நீலப் பச்சை	நீலம்	ஊதா	கோலினால் நிறம் தடுக்கப்பட்டது.
நீலப் பச்சை	நீலம்	கருநீலம்	செவ்வூதா	சிவப்பு	செம் மஞ்சள்	பச்சை மஞ்சள்	விளைவான நிறக்கலவை

மேலேயுள்ள அட்டவணையிற் கீழேயுள்ள கோட்டிலுள்ள நிறங்கள் மேற்கோட்டிலுள்ள நிறத்தின் ஒத்தநிரப்புநிறமாகும். நிறக்கலவையாய் கருவியைக்கொண்டு இந்த நிறங்களிருப்பதை எவ்வாறு சரிபிழை பார்க்க லாமெனக் கடைசிநிரலிலுள்ள குறிப்புகள் காட்டுகின்றன.

நிரப்புநிறங்களின் தொடர்பிலே தூய நிரப்புநிறங்கள் இரண்டின் சேர்க்கையாலுண்டாகும் வெள்ளொளியானது சூரியவொளியிலுள்ள பௌதிகமுறையில் ஒத்ததன்றென்பதை வற்புறுத்துதல்வேண்டும். நிரப்பு நிறங்களிரண்டின் மேற்பொருந்துகையின் பயனை வெண்பதிவுகண்ணின் விசேடவியல்பொன்றிலுலானது, 220, III ஆம் பக்கம் பார்க்க. இவ்வகையான ஒளியொன்று ஒரு திருசியகாட்டியிலுற் பகுக்கப்பட்டால் முழு திருசிய விசிறியையும் பெறமுடியாது. அப்போது காணப்பட்ட நிறங்கள் நிரப்புநிறங்களேயாம்.

கோணநிறப்பிரிக்கையும் நிறப்பிரிக்கைவலுவும்.—ஞாயிற்று திருசியமானது பிளவின் நீளத்துக்குச் சமாந்தரமான கறுப்புக்கோடுகள் பலவற்றிலுற் குறுக்கிடப்பட்டதென நாம் படித்தோம். துலக்கங்கூடியவற்றிலுடொத்த நிறங்கள் A, B, C, D, E, F, G, H என்ற எழுத்துக்களிலுற் குறிக்கப்படும். திருசியத்திலே முதல்மூன்றுஞ் செம்பாகத்திலும், D மஞ்சட்பாகத்திலும், E பச்சைப்பாகத்திலும், F உம் G உம் நீலப்பாகத்திலும், H ஊதாப் பாகத்திலுமுள்ளன. C, F கோடுகள் ஐதரசனிலுலுண்டானவை. 1 மிமீ. இரசத்திலுங்குறைந்த அமுக்கத்திலுள்ளவாயுவை அல்லது நீராவியைக் கொண்டுள்ள கண்ணுடிக்குழாயொன்றைத் தூண்டற்சுருளொன்றின் துணை முடிவிடங்களோடு தொடுத்து இவற்றை உண்டாக்கலாம். மின்னிறக்கமானது நீரின் மூலக்கூற்றைப் பிரிக்கின்றதாதலின் நீராவியை உபயோகிக்க ஐதரசன் கோடுகள் தோற்றுகின்றன.

சமாந்தர வெள்ளொளிக்கற்றையொன்று ஓரியத்தினூடு செல்லும்போது ஒரேநிறக்கதிர்கள் சமாந்தரமாயிருந்த போதிலும் வெவ்வேறுநிறக்கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று சாய்வுடையனவாய் இருக்கின்றன. எந்த நிறங்களிரண்டினிடையேயுள்ள கோணமும், சிறப்பான படுகோணத்திலே அவ்விரு நிறங்களைப்பற்றி அரியத்திலுலுண்டான **கோணப்பிரிவு** எனப்படும். μ_b உம் μ_r உம் (அல்லது μ_F, μ_C) ஒரு பதார்த்தத்தின் நீலக்கதிர்களுக்கும் செங்கதிர்களுக்குமுரிய முறிவுக்குணகங்களெனவும், μ (அல்லது μ_D) சோடிய வொளிக்குரிய குணகமெனவுங் கொள்ளப்பட்டால்,

$$\frac{\mu_b - \mu_r}{\mu - 1}\left(\text{அல்லது } \frac{\mu_F - \mu_C}{\mu_D - 1}\right)$$

என்பது தெரியப்பட்ட அலைநீளங்கள் மூன்றினதுந் தொடர்பிலே பதார்த்தத்தின் **நிறப்பிரிக்கைவலு** ω எனப்படும். பதார்த்தமானது சிறிய முறிவுக் கோணத்தைக்கொண்ட ஓரியத்தின் உருவத்திலிருப்பின், சராசரிக் கதிரின் விலகலுக்கு வெவ்வேறு நிறங்களையுடைய கதிர்களிரண்டிற்குரிய கோணப் பிரிவின் விகிதம் அப்பதார்த்தத்தின் **நிறப்பிரிக்கைவலுவுக்குச்** சமமாகுமெனக் காட்டப்படலாம். எனெனில், பொதுவாக, μ என்பது பதார்த்தத்

தின் முறிவுக்குணகமும், ψ என்பது முறிவுக்கோணம் α சிறிதாயுள்ள அரியத்தின் விலகலெனவுங் கொள்ளப்பட்டால், 47, III ஆம் பக்கத்திலுள்ள குறியீட்டின்படி,

$$\psi = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2) = (\mu - 1)(r_1 + r_2)$$

எனப் பெறுகின்றோம். எனெனில், இப்போது நாம் கொள்வதுபோல, படுகோணங்கள் சிறிதானவையாயின் $i_1 = \mu r_1$; $i_2 = \mu r_2$. —65, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க. ஆனால், $r_1 + r_2 = \alpha$. எனவே, $\psi = (\mu - 1)\alpha$. சோடியவொளிக்குரிய பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகம் μ ஆயின்,

$$\psi_b = (\mu_b - 1)\alpha = \frac{\mu_b - 1}{\mu - 1}.(\mu - 1)\alpha = \frac{(\mu_b - 1)}{\mu - 1}.\psi.$$

இதனைப்போலவே, ψ_r இற்குரிய கோவை பெறப்படலாம். இவ்விரண்டு கோவைகளிலுமிருந்து,

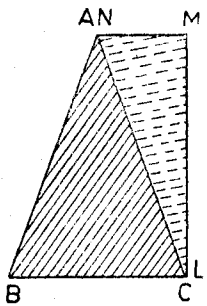
$$\psi_b - \psi_r = \frac{(\mu_b - \mu_r)}{\mu - 1}\psi,$$

எனப் பெறுகின்றோம். இது தேற்றத்தை நிலைநாட்டுகின்றது.

நுண்கணிதக் குறியீட்டிற் குறிக்கப்பட்டால் நிறப்பிரிக்கைவலுவானது $\omega = \dfrac{\delta\mu}{\mu - 1}$ என்பதனுற் கொடுக்கப்படும். இங்கு ஒளியின் $\delta\mu$ என்பது அலைநீளம் λ இலிருந்து $\lambda + \delta\lambda$ இற்கு மாறும்போது பதார்த்தத்திற்குரிய முறிவுக்குணகத்தினது மாற்றமாகும். μ_D இற்குப் பதிலாக இப்போது μ எழுதப்படும். ஆயினும், பதார்த்த மொன்றின் நிறப்பிரிக்கைவலுவினது பரிசோதனைத் தீர்மானங்களிலே மேலேயுள்ள சமன்பாட்டிலுள்ள தொகுதியெண் அளக்கமுடியாத அவ்வளவு நுண்ணிய எண் $\delta\mu$ அல்லவென்பதும் வரையறையால் சிறிய கணியம் $\Delta\mu$ என்பதும் அவதானிக்கத்தக்கது. எனவே, ω என்பது அளக்கப்பட்டபடி சிறப்பான நிறத்திற்கு அல்லது அலைநீளத்திற் உரிய உண்மையான நிறப்பிரிக்கைவலுவாக ஒருபோதுமிருப்பதில்லையென்பதும், அலைநீளங்களின் வீச்சொன்றிலே சராசரி நிறப்பிரிக்கைவலுவே யென்பதும் அவதானிக்கவேண்டியதாகும். எனினும் கணக்கீடுகளிலே $\delta\mu$ குறியீட்டின் பிரயோகம் பொருத்தமானதேயாம். எனெனில், திருசியத்தின் கட்புலனாகும் பாகத்திலே முறிவுக்குணகத்தின் மாற்றப்பின்னம் இரண்டு நூற்றுவீதத்திலும் அதிகரித்திருப்பது மிக்கவரிது.

நிறந்தராவரியங்கள்.—வெள்ளொளியானது அரியமொன்றினூடு செல்லும்போது நிறம்பிரிக்கப்பட்டும் விலக்கப்பட்டுமிருக்கும். வெவ்வேறு கண்ணுடிகளே, ஆகவே வெவ்வேறு நிறப்பிரிக்கை வலுக்களையுடைய அரியங்களைச்சேர்த்து, நிறப்பிரிக்கை அதிகமில்லாது விலகலையேமட்டும் உண்டாக்குஞ் சேர்க்கையரியமொன்றைச் செய்யமுடியும். இவ்வகையான சேர்க்கையே **நிறந்தராவரியம்** எனப்படும். ஒன்றின்பயனை நிறப்பிரிக்கையானது இரண்டாவதிலுல் எதிரீடுசெய்யப்படக்கூடியதாய், அதாவது,

வெளிப்படுகதிர் நிறமற்றிருக்கக்கூடியதாய் முறிவுக்கோணங்களைச் செப்பஞ்செய்து இதனை நிறைவேற்றமுடியும். இரண்டு அரியங்களின் சேர்க்கை உதாரணமாக C, F கதிர்களுக்குத் திருத்தப்பட்டபின்பும் நிறவியைவு சிறிதளவு இருப்பதன் காரணம், வெவ்வேறு அரியங்களினுலுண்டாக்கப்படும் திருசியங்கள் கேத்திரகணிதப்படி ஒத்தனவன் ருதலின் மற்றக்கதிர்கள் சிறிதளவு நிறம்பிரிக்கப்படுகின்றன என்பதேயாம். மெய்யான செய்முறையிலே, சார்பாக நோக்குமிடத்து மங்கலான மிகைச்செங்கதிர்களையும் மிகையூதாக்கதிர்களையும் சேர்க்காது, நிறவித்தியாசத்தை மிகக்கூடுதலாகக் காட்டுகின்றனவும் வெள்ளொளியின் திருசியத்திலே வலுக்கூடிய நிறங்களெனக் கொள்ளப்படுவனவுமான செம்மஞ்சளையும் நீலப்பச்சையையுஞ் சேர்ப்பது சிறந்ததாகும்.



உருவம் 23.13. நிறந்தராவரியம்.

ABC, LMN, என்பன முறையே இரவுண்கண்ணுடியினலும் தீக்கற்கண்ணுடியினலுஞ் செய்யப்பட்ட அரியங்களெனவும், உருவம் 23.13, α', α'' என்பன அவற்றின்சிறிய முறிவுக்கோணங்களெனவும், μ', μ'' முறிவுக்குணகங்களெனவும், ψ', ψ'' எதாவது கதிரினது விலகற்கோணங்களெனவுங் கொள்ளப்பட்டு, அநுபந்தங்கள் நிறங்களைக்குறிப்பனவாயின், முதலாவது அரியத்தினது கோணப்பிரிக்கை

$$\psi_b' - \psi_r' = (\mu_b' - \mu_r')\alpha',$$

ஆகின்றது. இரண்டாவதினது,

$$\psi_b'' - \psi_r'' = (\mu_b'' - \mu_r'')\alpha''. \quad \text{ஆகின்றது.}$$

சேர்க்கையானது செங்கதிர்களுக்கும் நீலக்கதிர்களுக்கும் நிறந்தராதிருக்குமாறு அமையவேண்டுமாயின்,

$$\psi_b' - \psi_r' = \psi_b'' - \psi_r'',$$

அதாவது,
$$(\mu_b' - \mu_r')\alpha' = (\mu_b'' - \mu_r'')\alpha''.$$

முதலாவது அரியத்தின் கோணம் தெரிந்திருக்க இரண்டாவதின்கோணத்தைக் கணிக்க இச்சமன்பாடு உதவும்.

வேறு முறை.—முறிவுக்குணம் α சிறிதாயிருக்கும் இவ்வரியத்தினூடு செல்லும் அதிரொன்றின் விலகற்கோணமானது,

$$\psi = (\mu - 1)\alpha.$$

என்பதனுற் கொடுக்கப்படுமென முன்னரே கண்டோம்.

இது சோடியக்கதிருச்குப் பிரயோகிக்கப்பட்டது எள்போம். நீலக்கதிருக்குஞ் செங்கதிருக்குமிடைக்கோணமான, $\Delta\psi$,

$$\Delta\psi = (\mu_B - \mu_R)\alpha = \Delta\mu.\alpha \quad \text{(எனக்கொள்க).}$$

இப்போது α_1, α_2 கோணங்களையுடையனவும் முறிவோரங்கள் எதிர்த்திசையிலுள்ளனவுமான மெல்லிய அரியங்களிரண்டு உள்ளனவெனக் கொள்க. அரியங்கள் தொட்டுக்கொண்டிருக்கவேண்டிய அவசியமில்லை. சேர்க்கையினூடு சென்றபின்பு செங்கதிருக்கும் நீலக்கதிருக்குமிடைக்கோணம் $\Delta\psi$ ஆயின்,

$$\Delta\psi = [\Delta\psi]_1 - [\Delta\psi]_2 = [\Delta\mu]_1\alpha_1 - [\Delta\mu]_2\alpha_2,$$

ஆகின்றது. இங்கு அநுபந்தங்கள் அடைப்பினுள்ளேயிருக்குங் கணியம் மதிப்பிடப்படவேண்டிய அரியத்தைக் குறிக்கின்றன. தொகுதி நிறந்தராத தாயிருக்கவேண்டுமாயின்,

$$[\Delta\mu]_1\alpha_1 - [\Delta\mu]_2\alpha_2 = 0$$

இதுவே முன்பே காணப்பட்ட நிபந்தனையாகும். ஆனல் சோடியக்கதிரின் விலகற்கோணம்.

$$\psi = (\mu_1 - 1)\alpha_1 - (\mu_2 - 1)\alpha_2$$

$$= \frac{[\Delta\mu]_1\alpha_1}{\omega_1} - \frac{[\Delta\mu]_2\alpha_2}{\omega_2}$$

என்பதனுற் கொடுக்கப்படுகின்றது. இங்கு ω_1, ω_2 என்பன நிறப்பிரிக்கை வலுக்களாம். தொகுதி நிறந்தராததாயிருப்பின் $[\Delta\mu]_1\alpha_1 = [\Delta\mu]_2\alpha_2$. எனவே,

$$\alpha_1 = \frac{\psi}{[\Delta\mu]_1\left[\frac{1}{\omega_1} - \frac{1}{\omega_2}\right]}$$

ஆகின்றது. α_2 இற்கும் இதனைப்போன்ற கோவையொன்றைப் பெறலாம். ஆகவே, தொகுதி நிறந்தராததாயிருப்பதற்குரிய அரியங்களின் கோணங்கள் கணிக்கப்படலாம். சராசரிக்கதிரின் விலகற்கோணம் குறித்த பெறுமானம் ψ ஐயுடையதாயிருக்கின்றது.

அப்பியாசம்.—சிறியகோணவரியங்களின் சேர்க்கையொன்று ஐதரசன் நிறமாலையின் $H\alpha$ அல்லது C கோடுகளின் சார்பிலும், $H\beta$ அல்லது F கோடுகளின் சார்பிலும் நிறந்தராததாக்கப்படுதல் வேண்டும். உபயோகிக்கப்பட்ட கண்ணுடிகள் பின்வரும் முறிவுக்குணகங்களையுடையன.

$H\alpha$ ($\lambda = 6563$)	D ($\lambda = 5893$)	$H\beta$ ($\lambda = 4861$)
1.5136	1.5160	1.5262
1.6415 ..	1.6469 ..	1.6724

சராசரிக்கதிரின் விலகற்கோணம் 2° ஆயின் அரியங்களின் கோணங்களைக் காண்க.

$$\omega_1 = \frac{0.0126}{0.5160} = 0.0244, \quad \therefore \quad \omega_1^{-1} = 40.98.$$

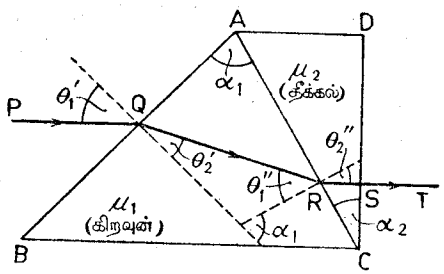
$$\omega_2 = \frac{0.0309}{0.6469} = 0.0478, \quad \therefore \quad \omega_2^{-1} = 20.92$$

$$\therefore \quad \alpha_1 = \frac{2}{0.0126 \times 20} = \frac{1}{0.126} = 7.94°$$

அத்துடன் $\alpha_2 = \dfrac{2}{0.0309 \times 20} = \dfrac{1}{0.309} = 3.24°.$

[குறிப்பு.—ψ என்பது பாகைகளில் அல்லது ஆரையன்களிற் கொடுக்கப் படுவதைப்போன்றே α_1 ஐயும் α_2 ஐயுங் கொடுக்கின்ற சமன்பாடுகள் கோணங்களையும் பாகைகளில் அல்லது ஆரையன்களிற் கொடுக்கும்.)

அமிக்கியின் (Amici) அரியம்.—உருவம் 23.14 இற் காட்டப்பட்டுள்ள மாதிரி இது ஓரிரட்டை அரியமாகும். 1860 ஆம் ஆண்டிலே **அமிக்கியினால்** இது அறிமுகஞ்செய்யப்பட்டது. ADC என்பது D இற் செங்கோணத்தை யுடைய தீக்கற்கண்ணடி அரியமாகும். இதன் முடிவுக்கோணம் α_2 தெரிந்ததாகக் கொள்ளப்படும். ABC என்பது AC இன் நேரே ADC இனோடு கனடாமரப்பிசினின் மெல்லிய படையொன்றினால் ஒட்டப்பட்ட கிரவுன்கண்ணடி அரியமாகும். சோடிய வொளியைப்போன்ற ஏதாவது நியமக்கதிருக்கு முறையே அரியங்கள் ABC, ADC களுக்குரிய முறிவுக்குணகங்கள் μ_1, μ_2 என்பன தெரிந்துள்ளனவெனக்கொள்ளப்பட்டது. AD இற்குச் சமாந்தரமான திசையொன்றிலே AB இற்படுகின்றகதிர் PQ ஆனது, அதற்கே சமாந்தரமாக, அதாவது, முகம் CD இற்குச் செங்குத்தாக வெளிப்படக்கூடியதான கோணம் α_1 ஐக் கணிப்பதே பிரச்சினையாகும். எனவே, இக்கதிருக்குரிய விலகற்கோணம் பூச்சியமாகும்.



உருவம் 23.14. அமிக்கியின் அரியம்.

PQRST என்பது இவ்வகையான கதிரொன்றின் பாதையெனவும் பல்வேறு இடைமுகங்களிலுள்ள படுகோணங்களும் முறிவுக்கோணங்களும் வரிப்படத்திற் குறிப்பிட்டமாதிரியெனவுங் கொள்க. எனின்,

$$\text{சைன்}\ \theta_1' = \mu_1'\ \text{சைன்}\ \theta_2' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(i)}$$

$$\mu_1\ \text{சைன்}\ \theta_1'' = \mu_2\ \text{சைன்}\ \theta_2'' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(ii)}$$

அத்துடன், இத்தொகுதியின் கேத்திரகணிதப் பண்பின்படி, $\theta_2'' = \alpha_2$ ஆகும். இன்னும்,

$$\theta_1' - \theta_2' = \theta_1'' - \theta_2'', \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(iii)}$$

எனெனின், ST என்பது PQ இற்குச் சமாந்தரமாயிருக்க வேண்டுமெனின், AB, AC இடைமுகங்களிலுள்ள விலகற்கோணங்கள் ஒன்றுக் கொன்று சமமாகவும் எதிராகவும் இருக்கும். பின்னே சமன்பாடு,

$$\theta_1' = \theta_1'' + \theta_2 - \alpha_2$$
$$= \alpha_1 - \alpha_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(iv)}$$

எனவே, α_1 ஐத் தீர்மானிப்பதற்காக θ_1', ஐக்கணித்தாற் போதுமானது. சமன்பாடு (i),

$$\text{சைன்}\ (\alpha_1 - \alpha_2) = \mu_1\ \text{சைன்}\ (\alpha_1 - \theta_1'')\ \text{எனக்கொடுக்கின்றது.}$$

$\therefore$ சைன் α_1 கோசை α_2 − கோசை α_1 சைன் $\alpha_2 = \mu_1$ [சைன் α_1 கோசை θ_1'' − கோசை α_1 சைன் θ_1''].

$\therefore$ சைன் α_1 [கோசை $\alpha_2 - \mu_1$ கோசை θ_1''] = கோசை α_1 [சைன் $\alpha_2 - \mu_1$ சைன் θ_1'']

$$\therefore \text{ தான்}\ \alpha_1 = \frac{\mu_1\ \text{சைன்}\ \theta_1'' - \text{சைன்}\ \alpha_2}{\mu_1\ \text{கோசை}\ \theta_1'' - \text{கோசை}\ \alpha_2}$$

θ_1'' ஐ நீக்க, μ_1 சைன் $\theta_1'' = \mu_2$ சைன் α_2 ஐ உபயோகித்தால்,

$$\text{கோசை}\ \theta_1'' = +\sqrt{1 - \left(\frac{\mu_2}{\mu_1}\ \text{சைன்}\ \alpha_2\right)^2}.$$

$$\therefore \text{ தான்}\ \alpha_1 = \frac{(\mu_2 - 1)\ \text{சைன்}\ \alpha_2}{+\sqrt{\mu_1^2 - \mu_2^2\ \text{சைன்}^2\ \alpha_2} - \text{கோசை}\ \alpha_2}$$

எண்ணளவான அப்பியாசம்.—$\alpha_2 = 45°$, $\mu_1 = 1.517$, $\mu_2 = 1.650$ எனக்கொள்க. α_1 ஐக்காண மேலே பெறப்பட்ட சமன்பாட்டை உபயோகிக்கத் தேவையில்லை. நேரானதும் இலகுவானதுமான முறையிலே இதனைப் பின்வருமாறு செய்யலாம்.

$$1.517\ \text{சைன்}\ \theta_1'' = 1.650\ \text{சைன்}\ 45°\ \text{ஆகின்றது.}$$
$$\therefore\ \theta_1'' = 50°17'$$

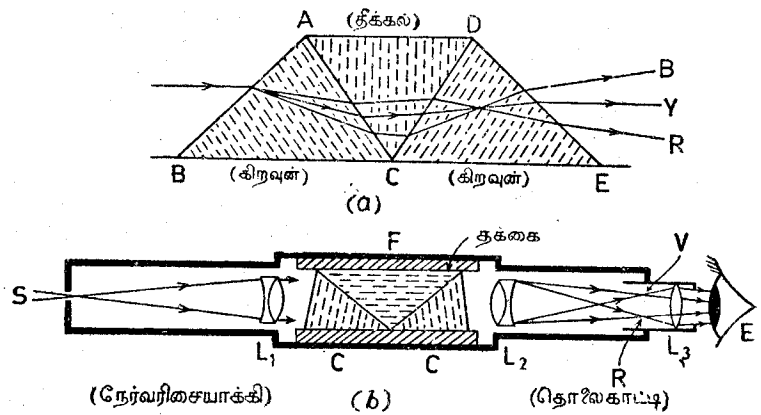
$$\therefore \text{ தான்}\ \alpha_1 = \frac{1.517\ \text{சைன்}\ 50°\ 17' - \text{சைன்}\ 45°}{1.517\ \text{கோசை}\ 50°\ 17' - \text{கோசை}\ 45°} = \frac{460}{263}$$

$$\therefore\ \alpha_1 = 60°\ 20',$$

இத்துடன் AB இற் படுகோணம் θ_1' 15° 20′ ஆகின்றது.

அமிக்கியின் அரியத்திற்குரிய கோணப்பிரிக்கை.—பொதுவாகச் சோடியக்கதிரைப்போன்ற குறித்தவொரு திசையிற்செல்லும் கதிரொன்று அரியத்தினூடு சென்றதன்பின்பும் விலகல் வீச்சுவின்றியிருக்குமாறு அமிக்கியினரியமொன்றின் கூற்றரியங்களின் கோணங்கள் தெரியப்படும். மேலே குறிப்பிட்ட திசைக்கு அதாவது, இரண்டாவது அரியத்தின் அடி AD இற்குச் சமாந்தரமான வெள்ளொளிக்கற்றையொன்று அரியத்தில் விழுந்து அதனூடு செல்லும் போது மஞ்சட்கதிர்கள் AD இற்குச் சமாந்தரமாகவும் மற்றக்கதிர்கள் விலகியும் வெளிப்படும். அதாவது வெள்ளொளி பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். வெளிப்படுகற்றைகள் ஒருங்குவில்லையொன்றில் விழுந்தால், கதிர்களின் ஒவ்வொரு தொகுதியுங் குவிக்கப்பட்டுக் குறித்த கதிரொன்றின் விலகற்கோணம் பூச்சியமாயுள்ள திருசியமொன்று உண்டாக்கப்படும். எனவே, நேர்ப்பார்வை திருசியம்காட்டியின் எளிய வகையொன்றைப் பெற்றுவிட்டோம்.

செய்முறையிலே நேர்ப்பார்வை திருசியம்காட்டி.—மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ள இக்கருவியின் சாதாரணவகையிலே பிரிக்கை சிறிதென்பதே குறையாகும். எனினும், ஒரு தன்மைத்தான அமிக்கியரியங்கள் பெறப்பட்டு அடுத்துத் தீக்கல்லரியங்கள் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டால், பிரிக்கை பெரிதாயுள்ள நேர்ப்பார்வை திருசியம்காட்டியொன்றைப் பெறமுடியும். அரியங்களின் இவ்வகையான ஒழுங்கொன்று உருவம் 23.15 (*a*) இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. வெவ்வேறான இரண்டு அரியங்களைச் செய்து அவற்றைச் சேர்ப்பதன் செலவைத் தவிர்ப்பதற்காக செய்முறையிலே ஒரே யோரரியமே உபயோகிக்கப்படும். சராசரி அல்லது நியமக்கதிரானது விலகிச் செல்லாது என்பது உடனே தெளிவாகும். ஆயினும் பிரிக்கை அதி



உருவம் 23.15.—நேர்ப்பார்வை திருசியங்காட்டி.

கரிக்கப்பட்டபோதிலும், ஒருவர் முதலிலே எதிர்பார்க்கக் கூடியதுபோல இரட்டிப்பதில்லை. அரியங்களின் தொகையைக்கூட்டி இதனை அதிகரிக்கச் செய்யலாம். இவ்வாறு செய்யும்போது தொகுதியானது கிரவுண் கண்ணாடியரியத்திலே தொடங்கி அவ்விதவரியத்திலேயே முடிகின்றதெனக் கவனித்துக்கொள்ளுதல் வேண்டும். செங்கதிர், மஞ்சட்கதிர், நீலக்கதிர்களின் பாதைகள் வரிப்படத்திலே காட்டப்பட்டுள்ளன. இரண்டாவது கிரவுண் கண்ணாடியரியத்திலே கதிர்கள் ஒன்றையொன்று வெட்டுவதை அவதானித்தல் வேண்டும். குறித்தவொரு சந்தர்ப்பத்திலே எண்ணளவான கணித்தலினால் இதன் சரிபிழையை அறியலாம்.

நேர்ப்பார்வை திருசியங்காட்டியொன்றின் முக்கியமான ஒளியியலியல் புகளை உருவம் 23.15 (*b*) காட்டுகின்றது. அரியங்கள் மூன்றும் பித்தளைக் குழாயொன்றில் ஏற்றப்பட்டுத் தக்கைத்துண்டுகளினால் நிலையாய் வைக்கப்பட்டுள்ளன. S என்பது கூட்டரியங்களின் முறிவோரங்களுக்குச் சமாந்தரமாயுள்ள ஓர் ஒடுங்கிய பிளவாகும். நிறந்தராவொருங்குவில்லை L_1 இன் முதலாவது குவியத்தளத்திலே இது இருக்கின்றது. எனவே, வெள்ளொளியின் சமாந்தரக் கற்றையொன்று தொகுதியில் விழுகின்றது. வெளிப்படு சமாந்தரக்கற்றைகளின் தொகுதிகள் இன்னுமொரு நிறந்தரா வொருங்குவில்லை L_2 இல் விழுந்து அதன் இரண்டாவது குவியத்தளத்தில் குவிக்கப்பட்டு திருசியம் VR உண்டாகின்றது. எளிய உருப்பெருக்கிக் கண்ணாடியாகத் தொழிலாற்றும் வில்லை L_3 இனால் இது ஆராயப்படும். எனவே, திருசியம் அவதானிக்கப்படலாம். கருவி உபயோகிக்கப்படுமுன்பு நேர்வரிசையாக்கியும் தொலைகாட்டியும் வழக்கம்போலக் குவிக்கப்படல் வேண்டும். இக்கருவியானது சுவாலைதிருசியத்தை ஆராய்வதற்கு வசதியானதாகும். எனினும், இதன் பிரிக்கும்வலு மிகச் சிறிது. அதாவது, மிக்கவண்மையிலுள்ள கோடுகள் பிரிபடமாட்டா.

உள்ளுறிஞ்சலின் பயனை நிறம்.—இயற்கைப் பொருள்களின் நிறத்தைத் தீர்மானிக்க உள்ளுறிஞ்சலானது மிகமுக்கிய பங்கை எடுத்துக்கொள்ளுகின்றது. வெள்ளொளி பொருளொன்றினூடு செல்லும்போது வெளிப்படுமொளியாது நிறமூடையதென முன்னரே கண்டோம். பொருளினூடு செல்லும் போது வெள்ளொளியின் சில கூறுகள் உள்ளுறிஞ்சப்படுவதினாலேயே இவ்வாறு நிகழுகின்றது. எனவே, செலுத்தப்பட்ட ஒளியினால் அவதானிக்கப்படும் பொருளொன்றின் நிறமானது அப்பொருளினால் உள்ளுறிஞ்சப்படாத எல்லா நிறங்களுஞ் சேர்ந்த விளைவாகும்.

தெறித்தவொளியினாற் காணப்படும் பொருளொன்றின் நிறமானது அப்பொருளிலிருந்து சிதறிக் கண்ணினால் ஏற்கப்படும் ஒளியின் இயல்பினால் தீர்மானிக்கப்படும். மூலக்கூறுகளே சிதறிய இவ்வொளிக்குக் காரணமாயுள்ளனவென்று கருதப்படுகின்றது. இச்சிதறற்றொழிலிற் பங்கெடுத்துக் கொள்வன பரப்பினுள்ள மூலக்கூறுகள்மட்டுமன்றி பொருளினுள்ளேயுள்ளவற்றிற் சிலவுமேயாம். பொருளினுள்ளே உள்ளுறிஞ்சல் நிகழுமாயின் இவற்றினாற் சிதறப்படும் ஒளியானது அதன் கூறுகளிற் சிலவற்றை

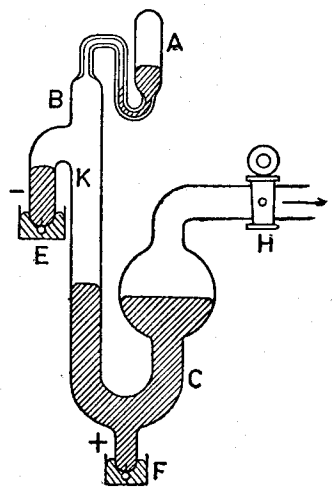
இழந்திருக்கும். எனவே, பொருளின் நிறம் மீண்டும் தொகுவிளையே யாகும். பெருந்துண்டுகளாயிருக்கும்போது நிறங்கொண்டவையாய்த் தோற் றும் பல பதார்த்தங்கள் நுண்ணியதூள்களாக நெரிக்கப்பட்டதும் வெண் மையாய்த் தோற்றுகின்றன என்பதை அவதானிப்பது கவர்ச்சிக்குரிய தாகும். பதார்த்தமானது தூளாக்கப்பட்டபின்புங்கூடப் பதார்த்தத்தின் படிகவியல்பு அற்றுப்போகாது அங்குள்ள கோடிக்கணக்கான சிறுமுகங்கள் அவற்றினுள்ளே போதியவளவு ஒளியைச் செல்லவிடாது தெறிக்கச் செய்வ தினுலேயே இவ்வாறு காணப்படுகின்றது. எனவே, பனிக்கட்டிப் பாளங் களின் மிகக்குறைவான தெறித்தல்வலுவின் காரணத்தினுல் அவை ஒளிபுகவிடுவனவாகத் தோற்றினும், நெரிக்கப்பட்ட பனிக்கட்டி வெண் மையாகத் தோற்றுகின்றது. இதனேப்போலவே, செங்கண்ணுடிகள், நீலக் கண்ணுடிகள், செப்புச்சல்பேற்றுப் படிகங்கள் முதலியன தூளாக்கப்பட்ட வுடன் வெண்மையாக முயலுகின்றன. பீயரைப்போன்ற (beer) பானங்கள் தொகையாய்ச் சேர்ந்திருக்கும்போது வரையறையான நிறத்தையுடையன வாய்த் தோற்றினும் அவற்றின் நுரை வெண்மையாயிருக்கின்றது. நுரை யினுள்ள ஒவ்வொரு குமிழியையும் உண்டாக்கும் திரவப்படலமானது படுமொளியிற் பெரும்பாகத்தைத் தெறிக்கச்செய்வதினுலேயே வெண்மை யாகத் தோற்றுகின்றது. இவ்வகையான நுரையானது செவ்வொளியிலே னும் மஞ்சளொளியிலேனும் ஆராயப்பட்டால், அது ஆராயப்பட்ட ஒளியின் நிறத்தையடைகின்றது.

ஒருநிறவொளியினுல் ஒளிரப்படும் பொருள்களின் நிறங்களேப்பற்றிய ஆரா ய்ச்சி அறிவுக்குரியதாகும். வெள்ளேத்தாளின் துண்டொன்று செவ்வொளி யில் வைக்கப்படும்போது சிவப்பாகவும், பச்சையொளியிற் பச்சையாகவும், இதனேப்போலவே வேறு நிறவொளியினுந் தோற்றுவது கவனிக்கத்தக் கது. காகிதம் எல்லாநிறவொளியையுந் தெறிக்கச்செய்வதினுலேயே இவ் வாறு நிகழுகின்றது. ஆனுல், வெள்ளொளி அல்லது செவ்வொளியிற் பார்க்கப்படும்போதே சிவப்புப்பூவொன்று சிவப்பாகத் தோற்றும். இவ் வகையான பூவொன்று நீலவொளியில் ஆராயப்பட்டால் அது கறுப்பாகவே தோற்றும். எனெனில், அது செவ்வொளியைமட்டுமே தெறிக்கச்செய்யும்.

ஒருநிறவொளியாகிய மஞ்சளொளியின் முதலிடமான சோடியச்சுவாலே யொன்று, பார்ப்பவரின் கண்ணுக்கும் சோடியச்சுவாலேக்குமிடையே வைக்கப் கப்பட்டுள்ள குப்பிரசுக்குளோரைட்டின் அமோனியாக்கரைசலினூடு பார்க் கப்படும்போது சுவாலே கட்புலனுகாது. இதற்குக் காரணம், வெண்பொருள் கள் நீலநிறத்தோடு காணப்படுமெனினும் சுவாலேயின் மஞ்சளொளி நீலக்கரைசலினுல் முழுவதும் உள்ளுறிஞ்சப்படும். ஆகவே, மஞ்சள்மையை யும் நீலமையையுங் கலக்கும்போது கலவையின் நிறங் கறுப்பாயிருக்கு மென நாம் எதிர்பார்க்கக்கூடும். உண்மையில் இது பச்சையாயிருக்கின் றது. மைகளின் நிறங்கள் தூயதற்றதாய் அவை அதிகமாகத் தெறிக்கும் நிறத்தினேயொத்த வரையறையான நிறத்தைக்கொண்டதாய்த் தோற்று

கின்றனவாதலினுலேயே இவ்வாறு தோற்றுகின்றது. நீலம், சிவப்பு, செம்மஞ்சள், மஞ்சள் நிறக்கதிர்களே உறிஞ்சுகின்றது. ஆனுல், மஞ்சள் மையானது நீலத்தையும் ஊதாவையும் உறிஞ்சுகின்றது. இரண்டு நிற மையும் உள்ளுறிஞ்சாத நிறம் பச்சையேயாம். எனவே, வெள்ளொளியில் ஆராயப்படும்போது கலவையின்நிறம் பச்சையாகும்.

இரசவாவிவிளக்கு.—மேலேயுள்ளதைப்போன்ற பரிசோதனைகளில் உப யோகிக்கக்கூடிய வசதியான ஒருநிறவொளியின் முதலிடமொன்று தாழ்ந்த வமுக்க இரசவாவிவிளக்காகும். **வரன்** (Waran) கண்டுபிடித்த எளிய உருவமொன்று உருவம் 23.16 இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. ஆய்கருவியா னது பைரெட்சுக்கண்ணுடியினுற் செய்யப் பட்டு **E** இலும் **F** இலும் ஒட்டப்பட்டுள்ள தங்குதன் மின்வாய்களிரண்டைக் கொண் டுள்ளது. செப்பஞ்செய்யப்படக்கூடிய ஏறத் தாழ 80 ஓம் தடையினூடு 110 உவோற்று நேரோட்ட வழங்கலிடத்திலேடு இணேக் கப்படக்கூடியதாக மின்வாய்கள் இரசத்தை யுடைய குகைகளினுற் சூழப்பட்டுள்ளன. **A**, **B**, பாகங்களும் **C** பாகத்திலேரு பாகமும் இரசத்தினுல் நிரப்பப்பட்டு விளக்கு **H** இலே நீர்ப்பம்பியொன்றிலேடு தொடுக்கப்படும். ஆய்கருவியினுள்ள அமுக்கமானது போதியவளவுக்குக் குறைந் ததும் **B** இலுள்ள இரசம் இறங்கத் தொடங்கிக்கடைசியாக **K** இல் அறுந்து விடுகின்றது. மின்னேட்டம் நிறுத்தப்பட்ட வுடன் **K** இலுண்டாக்கப்படும் மின்பொறி யின் சத்தியானது சிறிதளவு இரசத்தை எளிதிலாவியாக்க, இவ்வாவியானது மின்னேட்டத்தைக் காவிச்சென்று விளக்கு, வலுவுள்ள பச்சையொளியைக் காலச்செய்கின்றது. ஒளியானது ஒருநிறமானதல்ல. எனெனில், பச்சை யோடுகூட மஞ்சள், நீலம், ஊதா கதிர்களேயும் அது கொண்டுள்ளது. பொற் றுசியமிருகுரோமேற்றைக் கொண்டுள்ள மலக்கைற்றுப்பச்சையின் நீர்க்கரைச லொன்றினூடு ஒளியைச்செலுத்தி இவற்றை அகற்றலாம். இப்பதார்த் தங்களின் அளவுகள் செய்துபார்த்துச் செப்பஞ்செய்யப்படுதல்வேண்டும். [A ஐப்பற்றியவிவரங்களுக்கு 143, I. ஆம் பக்கம் பார்க்க.]



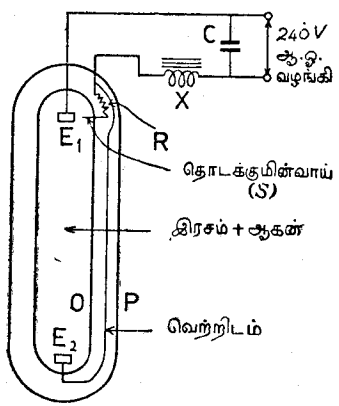
உருவம் 23.16.—தாழ்ந்தவமுக்க இரசவாவிவிளக்கு.

E ஆனது எதிர்மின்வாயாயிருப்பின் விளக்கு ஏறத்தாழ முடிவின்றித் தொழிற்பட்டுக்கொண்டிருக்கும். இரசத்தின் நேரயன்கள் நேர்மின்வாயை

விட்டு எற்றத்தை இழந்தபின்பு E இன்மேலே சேர்வதிலுலேயே இவ்வாறு நிகழ்கின்றது. E நேர்மின்வாயாயிருப்பின் E உறுப்பிலுள்ள இரசமானது மறைந்து விளக்குத் தொழிற்படாது விடுதல்கூடும்.

மேலே குறிப்பிட்ட கட்புலனை கதிர்களோடுகூட விளக்கும் ஊதாக் கீழ்க்கதிர்களின் ஒரு முதலிடமாகும். கலத்தின் சுவர்கள் சிலிக்காவினுற் செய்யப்பட்டனவாயின் இக்கதிர்கள் சுயாதீனமாகச் செலுத்தப்படும். விழித் திரையிலே ஊதாக்கீழொளியானது பட்டுச் சிறிதுநேரத்தின்பின் கண்களின் பிற்பக்கத்தில் அனுபவிக்கப்படும் நோவுணர்ச்சியின் காரணத்தினுல் இவ்வகையான விளக்குகளை நேராகப் பார்த்தல் கூடாது. இரசவிளக்குகளின் பரிசோதனைகளின்போது, பாதுகாப்புக்காக, புகையூட்டிய கண்ணுடிகள் அணியப்படுதல்வேண்டும். தீங்குள்ள கதிர்களை உறிஞ்சக் கண்ணுடிமட்டும் போதியதாகும். ஆனல், கட்புலனுகுங் கதிர்களின் செறிவைக் குறைப்பதற்காகவே கண்ணுடி இருட்டாக்கப்படுகின்றது.

இரசவாவிவிளக்கின் இக்காலவகையொன்றை இப்போது கருதுவோமாக. உயர்வமுக்க இரசவாவிவிளக்கொன்றின் தத்துவத்தை உருவம் 23.17 காட்டுகின்றது. முக்கியமாக விளக்கானது வெளிக்குமிழ் P ஐயும் உட்குமிழ் Q ஐயும் கொண்டுள்ளது. இவற்றினிடையேயுள்ள வெளி காற்றகற்றப்பட்டுள்ளது. சிறிதளவு இரசத்தையும் ஆகனேயுங் கொண்டுள்ள உட்குமிழானது E_1, E_2, ஆகிய தலைமின்வாய்கள் இரண்டுடன் தொடக்குமின்வாய் S ஐயுங் கொண்டுள்ளது. கீழேயுள்ள அல்லது கூடிய தூரத்திலுள்ள மின்வாய் E_2 இலுேடு எற்றத்தாழ 50,000 Ω உயர்தடை R இனுடாக இது இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தலைமின்வாய்கள் E_1, E_2, ஆகிய ஒவ்வொன்றும் தொழிற்படும் வெப்ப நிலையிலே கட்டற்று இலத்திரன்களைக் காலுகின்ற பேரியஞ்சேர்க்கையின் கோலொன்றையுடைய தங்குதன் கம்பிச்சுருளியொன்றைக் கொண்டதாகும். இம்மின்வாய்கள் மின்னிறக்கத்தினுல் வெப்பமாக்கப்படுகின்றனவேயன்றி தங்குதன் சுருளியினூடு மின்னுேட்டத்தைச் செலுத்துவதனுலன்று.



உருவம் 23.17.—இரசவாவிவிளக்கின் தொழின்முறைவகை.

விளக்கானது தலைமைமின்வாய்களோடு ஆளிபொருத்தப்பட்டவுடன் E_1 இற்கும் தொடக்குமின்வாய் S இற்குமிடையேயுள்ள சிறியவெளியில் உவோற்றளவு பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. E_1 இற்கும் S இற்குமிடையே அயனுதல் நிகழ்ந்து சில செக்கன்களின்பின்பு, E_2 இற்கும் S இற்குமிடையேயுள்ள ஆகனில் அயனுதல் நிகழுகின்றது. விளக்கிற் சூடேற இரசமானது படிப்படியாக ஆவியாகின்றது. விளக்கினுள்ளேயுள்ள அமுக்கமும் அதிகரிக்கின்றது. அதேநேரத்திலே தலைமைமின்வாய்கள் E_1, E_2 களின் குறுக்கேயுள்ள உவோற்றளவு 30 V இலிருந்து 160 V இற்கு எறுகின்றது. இந்நிகழ்ச்சி எறத்தாழ 5 நிமிடங்களெடுக்கும். இந்த நேரத்திலே குழாயினுள்ள பளிச்சீட்டின்நிறம் ஆகனின் சிவப்பிலிருந்து இரசத்தின் பச்சைகலந்தநீலமாக மாறுகின்றது.

மாறலோட்ட வழங்கலிடமொன்றிலிருந்து விளக்குத் தொழிற்படச் செய்யப்படும். விளக்கின் இணைக்கம்பிகளுலொன்றிலே செலுத்தப்பட்டுள்ள அடைப்பு X உறுதியாக்கியாகத் தொழிற்படுகின்றது. தொகுதியின் வலுக் காரணியை உயர்த்த உதவுதற்காக தலைமையின் வாய்களினூடு ஒரொடுக்கி C ஐ வைப்பது வழக்கம். அதாவது அதிகம் பெரிதான தலைமைமின்வாய்களின் உவோற்றளவின்றியே போதியவளவு பெரிய மின்னுேட்டம் பெறப்படுகின்றது.

விளக்கின் ஆளி நிறுத்தப்பட்டதும் திடீரென அதனைத் திரும்பவுந் தொடக்கமுடியாது. இரசம் ஒடுங்கியபின்பே தொடக்கும்மின்வாய் தொழிற்படும். இது எறத்தாழ 10 நிமிடங்களெடுக்கும்.

இரசவாவிவிளக்கொன்று தாழ்ந்தவமுக்கங்களிலே தொழிற் படுத்தப்பட்டால், பயனின் பெரும்பாகம் $2{\cdot}537 \times 10^{-5}$ சமீ. அலைநீளத்தையுடைய ஊதாக்கடந்தவொளியைக் கொண்டதாகும். இப்போது விவரிக்கப்பட்டுள்ள விளக்கிற்போல அமுக்கமானது ஒரு வளிமண்டலத்துக்கு உயர்த்தப்படும் போது கதிர்வீசலின் பெரும்பாகம் சூழ்ந்துள்ள இரசவாவியினுலுறிஞ்சப்பட்டுக் கட்புலனைவீச்சிலுள்ள ஒளியாக மீண்டுங்காலப்படும்.

திருசியத்தின் கட்புலனை பாகத்துக்கப்பாலுள்ள கதிர்வீசல்கள்.—ஒளியின் அலைக்கொள்கையின்படி ஒளியுணர்ச்சிகளெல்லாம் ஈதரிலே வெவ்வேறு ஆடல்களின் பயனைவையாம். வெவ்வேறுன ஒவ்வொராடலும் வரையறையான அலைநீளமொன்றினுல் குறிக்கப்படும். செவ்வலைகள் ஊதாவலைகளிலும் நீளமானவையென்பதும், திருசியத்தின் இடைநிறங்கள் சிவப்புக்கும் நீலத்துக்குமிடையேயுள்ள அலைநீளங்களோடு சம்பந்தப்பட்டவையென்பதும் இனிமேல் விவரிக்கப்படவிருக்கும் முறைகளினுல் அறியப்படும். திருசியத்திலே செம்மூனைக்கப்பால் வெப்பவினைவுகளினுல் அறியப்படும் கதிர்வீசல்களுள்ளனவென முன்னரே கண்டுள்ளோம். (268, II ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க.) இவை செந்நிறக்கீழ்க்கதிர்கள் எனப்படும். மின்விளக்கொன்றிலிருந்துவரும் கதிர்வீசல்களின் வெப்ப விளைவு அதன்கட்புலனை கதிர்களில்மட்டுந் தங்கியிருக்கவில்லையென்று காட்டும் எளிய முறையொன்று பின்வருமாறு. உணர்கல்வனுேமானியொன்றினுேடு இணைக்கப்பட்ட வெப்பவடுக்கொன்றிலே கதிர்வீசல் விழவிடப்பட்டு திரும்பல் குறிக்கப்படும். கண்ணுடித்தட்டொன்றின் துண்டொன்று முதலிடத்துக்கும் வெப்பவடுக்கிற்குமிடையே வைக்கப்பட்டதும் திரும்பல் அதிகமாகக் குறைக்கப்படுகின்றது. இப்போது கண்ணுடியினூடு செல்லுங் கட்புலனை ஒளி

யினளவானது அதன்மேற் படுவதிலிருந்து வேறுபடுவது மிகவும் அருமையாகும். ஆகவே, கண்ணுடியானது வெப்பவடுக்கின் மேற்பரப்பை வெப்பமாக்கிய கதிர்வீசல்களிற் சிறிதளவை உள்ளுறிஞ்சுதல் வேண்டும். அதாவது, முதலிடமானது செந்நிறக்கீழ்க் கதிர்களைக் காலுகின்றது.

பார்வையைத்தாக்குவதிலுங் குறைவான முறிவையுடைய கதிர்கள் ஞாயிற்று நிறமாலையிலிருப்பதை 1800 ஆம் ஆண்டிலே **சேர் உ. ஏசெல்** (Sir W. Herschell) என்பவர் நிலைநாட்டினர். இவற்றினால் வெப்பமாக்க முடியுமே யன்றிப் பொருள்களை ஒளிரமுடியாது. இதற்குமுன்பு இதனை அவதானிக்கத் தவறியதன் காரணம் இதனால் விளங்கும். இப்பரிசோதனைகளிலே வெப்பக்கதிர்களைக் கண்டுபிடிக்க கறுப்புப்பூசிய குமிழையுடைய வெப்பமானியொன்றை அவர் உபயோகித்தார். இக்கதிர்களை உள்ளுறிஞ்சியதனால் குமிழின் வெப்ப நிலை ஏறியது. கடைசியாகக் கட்புலனுக திருசியத்தின் வெவ்வேறு பாகங்களிலே வெப்ப வீனவை ஆராய்ந்தார். இவ்வீனவானது ஊதாமுனையில் ஆகக்குறைந்தும், சிவப்பைநோக்கிச் செல்லச் செல்லப் படிப்படியாக அதன் செறிவு அதிகரித்து செம்முனைக்கப்பாலுள்ள பாகத்திலே ஆகக்கூடியுமிருப்பதை அவர் கண்டார்.

ஏசெலின் (Herschell) பரிசோதனைகளினது திருத்தத்தை **இலெசிலி** (Leslie) ஏற்றுக்கொள்ளவில்லை. கட்புலனுக இவ்வெப்பக்கதிர்களிருப்பதை இவர் ஏற்றுக் கொள்ளவில்லை. **ஏசெலின்** பேறுகள் திருத்தமாயிருப்பின் எரிவில்லையொன்றின் வெப்பக்குவியம் அதன் ஒளிக்குவியத்திலிருந்து வேறுபடுதல் வேண்டுமென்றும், இது அனுபவத்திற்கு மாறுனதென்றும் **இலெசிலி** சாதித்தார். **இலெசிலி** பிழையென்பது இப்போது எமக்குத் தெரியும்.

ஒளியானது வெப்பத்திலிருந்து அதன் அலையியக்கங்கள் அல்லது அதிர்வுகளின் அதிர்வெண்களிலேயே வேறுபடுகின்றதென 1802 ஆம் ஆண்டிலே **யங்**கென்பவர் கூறியுள்ளார். அதிர்வெண்ணைப்பொறுத்தமட்டிலே குறித்தவெல்லைகளுக்குட்பட்டு ஒளியியல்நரம்பைத் தாக்கக்கூடியன ஒளியாகும். கீழேயுள்ளனவும் வலுக்கூடியனவும் வெப்பமாகும். இதன்பின்பு முறிவுகுறைந்த வெப்பக்கதிர்களை **ஏசெல்** கண்டுபிடித்ததைப்பற்றிக் குறிப்பிடும்போது **நியூற்றனின்** காலத்தின்பின் இதுவே அதிகம் பெருமைவாய்ந்ததெனக் கூறினர்.

பெராட்டென்பவர் (Berard) **ஏசெலின்** வேலையை உறுதிப்படுத்தினர். ஆனால், அந்தலைச்செங்கதிர்களின் பாகத்திலேயே உயர்ந்த வெப்பவீனவு இருக்கின்றதென அவருடைய பரிசோதனைகள் காட்டின. **ஏசெலின்** பரிசோதனைகளோ செந்நிறக்கீழ்ப் பாகத்திலேயே வெப்பவீனவு உயர்ந்ததாயுள்ளதெனக் காட்டின.

உயர்வுநிலையானது அரியப்பதார்த்தத்தின் இயல்பிலே தங்கியிருக்கின்றதென **சீபெக்கு** (Seebeck) காட்டினர். அவருடைய பேறுகளிற் சில கீழேயுள்ள அட்டவணையிற் காட்டப்பட்டுள்ளன.

உயர்வுநிலை	அரியவகை
மஞ்சள்	நீர்
செம்மஞ்சள்	அ. பெரிய பிரிக்கும்வலுவையுடைய நவச்சாரத்தினதும் அரிக்கும் பதங்கத்தினதும் தெளிந்த கரைசல். ஆ. செறிந்த சல்பூரிக்கமிலம்.
சிவப்பு	கிரவுண் கண்ணுடி.
சிவப்பின் எல்லையில் .	ஈயத்தைக்கொண்டு மஞ்சளாக்கப்பட்ட அரியம்.
சிவப்புக்கப்பால் . . .	தீக்கற்கண்ணுடி.

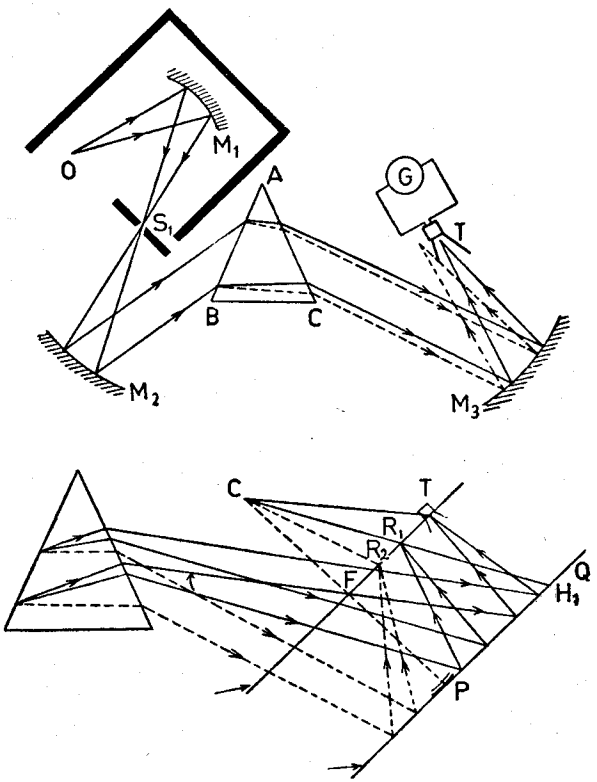
இதற்கு முந்திய ஆராய்ச்சியாளர் ஒருவருக்கொருவர் முரணுன பேறுகளைப் பெற்றதன் காரணத்தை இப்பரிசோதனைகள் விளக்குகின்றன.

1882 ஆம் ஆண்டு தொடக்கம் திருசியத்தியின் செந்நிறக் கீழ்ப்பாகம் மிக்க கவனமாய் ஆராயப்பட்டு கோடுகளின் அலைநீளங்கள் அளக்கப்பட்டன. கூடிய அலைநீளத்தையுடைய வெப்பக்கதிர்களைக் கண்ணுடி உட்புகவிடாததலின் பாறையுப்பினரியங்கள் உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டுமென்பதை அவதானித்தல் அவசியமாகும். இவையும் இன்னும் நீளங்கூடிய கதிர்களை உறிஞ்சுகின்றனவாதலின் பெக்குலவுலோகத்தில் வரையப்பட்ட கோணலளியடைப்புகள் உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும். (344, II ஆம் பக்கம் பார்க்க). செந்நிறக்கீழ்ப்பாகத்தின் அந்தலையிலுள்ள உள்ளுறிஞ்சற்பட்டைகளைப்பற்றிய படிப்பு மிக முக்கியமானதென இக்காலவாராய்ச்சி காட்டியுள்ளது. ஏனெனில், உள்ளுறிஞ்சும் பதார்த்தத்தின் மூலக்கூற்றினது அமைப்பைப்பற்றிய குறிப்பொன்றை இது கொடுக்கின்றது.

செந்நிறக் கீழ்ப்பாகத்தை ஆராய்தற்குப் பொருத்தமான ஆய்கருவியொன்று உருவம் 23·18 (*a*) இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. முதலிடம் **O** இலிருந்துவரும் ஒளியானது குழிவாடி $\mathbf{M_1}$ இனால் பிளவு $\mathbf{S_1}$ இற் குவிக்கப்படும். $\mathbf{S_1}$ என்பது குழிவாடி $\mathbf{M_2}$ இன் குவியத்தளமாகும். எனவே, ஒளியானது இந்த ஆடியிலிருந்து சமாந்தரக் கற்றையாக தெறிக்கப்பட்டு வெப்பக்கதிர்களை ஊடுசெல்லவிடும் பதார்த்தமாகிய பாறையுப்பினாற் செய்யப்பட்ட அரியம் ABC இல் விழுகின்றது. முறிகற்றைகள் குழிவாடி $\mathbf{M_3}$ இல் விழுகின்றன. இதன் குவியத்தளத்திலே உணர்கல்வனோமானி **G** இணைத்திணைக்கப்பட்ட கறுப்புப்பூசிய வெப்பவடுக்கு **T** வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆடி $\mathbf{M_3}$ ஆனது செங்குத்தான அச்சைக்கொண்டு சுற்றப்பட திருசியத்திலுள்ள வெவ்வேறு கோடுகள் **T** இலே விழுந்து கல்வனோமானி திரும்பலைப் பெறுகின்றது. திரும்பல் எவ்வளவுக்குக் கூடுதலாயிருக்கின்றதோ அவ்வளவுக்குக் கோட்டின் செறிவுங் கூடுதலாயிருக்கும்.

[இவ்வகையான வேலைகளிலே வெப்பவடுக்கின் வெப்பக்கொள்ளளவு சிறிதாயிருந்து சந்திகளின் வெப்பநிலையேற்றம் பெரிதாயிருத்தல் வேண்டும்.

இன்னும், திருசியத்திலுள்ள ஒரு கோடுமட்டுமே ஒரே நேரத்திற் சந்திகளில் விழுமாறு, உண்மையான சந்திகள் ஒரே நேர்கோட்டிலிருத்தல் வேண்டும். [264, II ஆம் பக்கம் பார்க்க.]

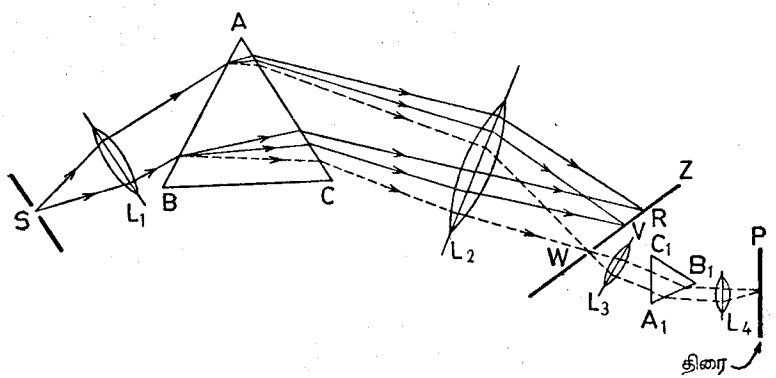


உருவம் 23·18.—திருசியத்தின் செந்நிறக்கீழ்ப் பாகத்தை ஆராய்தற்குரிய ஆய்கருவி.

உருவம் 23·18 (*a*) இலே ஆடி M_3 இலே தெறிக்கப்படும் கதிர்களின் சுவடுகாணும் முறையானது காட்டப்படவில்லே. இக்குறையைத் தீர்ப்பதற்காக M_3 இலே விழுவதாகக் காட்டப்பட்டிருக்கும் சமாந்தரக் கற்றைகளையுடைய உருவம் 23·18 (*b*) ஐக் கருதுவோமாக. λ_1 உம் λ_2 உம் இவற்றின் அலேநீளங்களெனக் கொள்க, $\lambda_1 < \lambda_2$. C உம் F உம் முறையே M_3 இன் வளேவுமையமெனவும் தலேமைக்குவியமெனவுங் கொள்க. வழக்கம்போல, PQ என்பது P இலே ஆடியின் தொடுதளமெனக் கொள்க. ஆயின் இதுவே, ஆடியின் தலேமைத்தளமாகும். குவியத்தளமானது வரையப்பட்டுள்ளதெனக் கொள்க. எனின், λ_1—கற்றைக்குச் சமாந்தரமாக C இனூடு வரையப்படும் நேர்கோடு தலேமைத்தளத்தை

H_1 இலே வெட்டுமாயின், H_1C என்பது இதனேடொத்த தெறிகதிராகும். இது குவியத்தளத்தை R_1 இலே வெட்டுமாயின், R_1 என்பது λ_1 கற்றையிலுள்ள கதிர்களெல்லாங் குவிக்கப்படும் புள்ளியாகும். இதனேப்போலவே, λ_2—கற்றையானது R_2 இலே குவிக்கப்படும். ஆகவே, நேர்கோட்டு வெப்பவடுக்கொன்று R_1 இன் பிற்பக்கத்தில் வைக்கப்பட்டால், அப்பாகத்திலுள்ள நிறமாலே ஆராயப்படலாம்.

திருசியத்தின் ஊதாமுனேக்கப்பால் ஊதாக்கடந்த கதிர்களுள்ளன. வில் விளக்கொன்றிலிருந்து வரும் ஒளியின் திருசியத்தை பேரியம் பிளற்றினே சயனேட்டுத் திரையொன்றில் விழவிட்டு இதனேக் காணலாம். அப்போது திரையானது ஊதாக்கடந்த கதிர்கள் படுமிடத்திலே பச்சையொளியோடு ஒளிரும். குறுகிய ஊதாக்கடந்த கதிர்களேக் கண்ணுடி உள்ளுறிஞ்சுவதினுல் படிகவரியமொன்றை உபயோகிப்பதனுல் பயன் அதிகரிக்கப்படும். கட்புலனை திருசியத்திலிருந்து கதிர்கள் அப்பாற் செல்லச்செல்ல அவற்றின் அலே நீளங்களினளவு குறைந்து கொண்டு போகின்றது. படமெடுக்கும்போது இக் கதிர்கள் பெரும்பாலுங் காணப்படுகின்றன. எனெனில், படத்தட்டொன்று இக்கதிர்களுக்குத் திறந்துவைக்கப்பட்டுப் பின்பு உருத்துலக்கப்படும்போது அது இருளடையும் இயல்பையுடையதாகும். ஊதாக்கடந்த கதிர்கள் உண்டாக்கும் ஒளிமின்விளேவைக்கொண்டும் அவற்றைக் கண்டுபிடிக்கலாம். (V ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க.)



உருவம் 23·19.—கட்புலனை திருசியத்தின் ஊதாமுனேக்கப்பாலுள்ள ஊதாக்கடந்தவொளியைக் காண்டல்.

வில்விளக்கைப்போன்ற முதலிடமொன்றிலிருந்து வருமொளியின் திருசியத்திலுள்ள ஊதாக்கடந்தவொளியைப் பின்வருமாறு தெளிவாய்க் காட்டலாம். RV என்பது, உருவம் 23·19, வழக்கம்போல உண்டாக்கப்பட்ட கட்புலனை திருசியமெனக் கொள்க. Z என்பது, W இற் பிளவொன்றையுடைய திரையெனவுங்கொள்க. A_1 B_1 C_1 என்பது

காட்டியபடி வைக்கப்பட்ட இன்னுமோரரியமெனவும், P என்பது பேரியம் பிளற்றினைச் சயனேட்டுத் திரையெனவுங் கொள்க. ஆய்கருவியின் கூற்றுப்பகுதிகளெல்லாஞ் சரியாகச் செப்பஞ்செய்யப்பட்டால் P இலே ஒளிப்பொட்டொன்று தோற்றும். V இற்கு அப்பால் கதிர்வீசல்களிருப்பதையும், இன்னுமோரரியத்திற் படும்போது அவை இன்னுங் கூடுதலாக முறிகின்றனவென்றும் இது காட்டுகின்றது. படிகவரியங்களும் வில்லைகளும் உபயோகிக்கப்பட்டால் V இலிருந்து இன்னுந்தூரத்திற் கதிர்வீசல்களிருப்பதைக் காட்டலாம்.

செந்தழலான இரும்புப்பந்தொன்றினதும் இரும்புவில்லொன்றினதும் துருசியங்களை ஒப்பிடுதல்.—வெப்பப் பந்தின் திருசியமானது O நிலையில் வைக்கப்பட்டுப் பெறப்படலாம், உருவம் 23.03 (*a*), பக்கம் 117, III திருசியத்தின் செம்மூனையானது கூடிய செறிவுடையதாய்க் காணப்படும். செந்நிறக்கீழ்ப்பாகத்திலே ஏதாவது கதிர்வீசலைக் கணடுபிடிக்கவேண்டுமாயின், உணர்கல்வனோமானியொனறினோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள வெப்பவடுக்கொன்றின் மேற்பரப்பிலே திருசியம் விழவிடப்படுதல்வேண்டும். திருசியத்தின் ஒடுங்கிய பாகமொன்று மட்டும் ஒரேநேரத்தில் ஆராயப்படுதற்காக, வெப்பவடுக்கின்முன்பு பிளவொன்றை வைப்பது புத்தியானதாகும். திருசியத்தின் பல்வேறுபாகங்களும் மாறிமாறி ஆராயப்படும்போது, கல்வனோமானியின் திரும்பல் மஞ்சட்பாகத்திலே முதலில் அளக்கக்கூடியதாகி, செம்பாகத்திலிருந்து செந்நிறக்கீழ்ப்பாகத்திற்குச் செல்லும்போது உயர்வுப் பெறுமானத்தைப்பெற்று அதன்பின் குறைவதைக் காணலாம். வெப்பவடுக்குக்குப் பதிலாகப் பேரியம்பிளற்றினோ சயனேட்டுத் திரையொன்று வைக்கப்பட்டால் ஊதாக்கடந்த கதிர்களைக் காணமுடியாது.

காபன்மின்வாய்களுக்குப் பதிலாக இரும்பைவைத்து இரும்புவில்லைக் கொண்டு மேலேயுள்ள பரிசோதனை திரும்பவுஞ்செய்யப்பட்டால் கட்புலனாய்ச்சியின்போது மஞ்சட்பாகமும் பச்சைப்பாகமுஞ் செறிவுகூடியதாயிருக்கும். செந்நிறக்கீழ்க்கதிர்களின் செறிவு அதிகரித்துள்ளதெனவும், உயர்வான வெப்பவளவு திருசியத்தின் நீலமூனையயண்டியுள்ளதெனவும் வெப்பவடுக்கொன்று காட்டும். மற்றமூனையிலே திருசியமானது ஊதாக்கடந்தவொளியை அதிகமாகக்கொண்டுள்ளது என்பதை உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசுகின்ற திரையொன்று காட்டும். இந்த வில்லை நேராகப் பார்ப்பது புத்தியன்று. எனெனில், இந்தக் கதிர்களின் தொழிற்பாடு மிக்க துன்பத்தைக் கொடுக்கும். இதன் விளைவை உடனே அவதானிக்க முடியாதிருந்தபோதிலும், இவ்வாறு தாக்கப்பட்ட ஒருவர் உடலின்சத்தி ஆகக் குறைந்திருக்கும் நோயாகிய பின்னிவு 2 மணிநேரத்தில் கண்களின் பிற்பாகத்தில் வேதனையை அனுபவிப்பார். ஊதாக்கடந்த கதிர்கள்மட்டுமே இவ்விளைவை எப்போதும் உண்டாக்குவனவெனினும், செந்நிறக்கீழ்க் கதிர்களுங்கூட இவ்விளைவிற் பங்கெடுத்திருக்கக்கூடுமெனப் பலர் அபிப்பிராயப்படுகின்றனர்.

செந்தழற்பந்திலிருந்துபிறக்கும் ஒளியினுலுண்டான திருசியம் தொடர்ச்சியாயுள்ளது. ஆனால், இரும்புவில்லிலிருந்துபிறக்கும் ஒளியானது தொடர்ச்சியான மங்கற்பின்னணியிலே தூலக்கமான கோடுகள் பலவற்றைக்கொண்ட திருசியமொன்றைக் கொடுக்கின்றது. இதுவே இங்கு ஆராயப்படும் திருசியங்களிரண்டிற்குமிடையேயுள்ள வித்தியாசமாகும்.

பரிசோதனை.—இருட்டறையிலுள்ள படவச்சுத்தாளொன்றிலே வில்லொளி திருசியமொன்றை எறிக. சிறிதுநேரத்தின்பின் தாளானது இருளடையும். ஆனாலும் ஒரேசீராயிருளடைவதில்லை. ஊதா அல்லது ஊதாக் கடந்த மூனையிலே கூடுதலாக இருளடைந்திருக்கும். ஆனால், செங்கதிர்களும் மஞ்சட்கதிர்களும் எவ்வித விளைவையும் உண்டாக்கா. எனவே, அச்சுத்தாளையடையமுன்பு சிவப்புக்கண்ணுடித் துண்டொன்றினூடு ஒளியானது செலுத்தப்பட்டால் இருளடைதல் நிகழாது. பூரணமான இருள் தேவைப்படும்போது, தட்டுகள் பலநிறவுணர்வுடையனவாயிருந்தாலன்றி, படத்தட்டுகளுங் காகிதங்களுஞ் செவ்வொளியிலே தொழிற்படுவது பாதுகாப்புக்குரியதாகும்.

திண்டலின் (Tyndall) பரிசோதனை.—ஒருடகத்திலிருந்து மற்றொன்றுக்குச் செல்லும்போது செங்குத்தாகப் பட்டாலன்றிச் செந்நிறக்கீழ்க் கதிர்கள் முறிவனவாதலின், வில்லையொன்றினுல் அவற்றைக் குவிக்க முடியும். கட்புலனை கதிர்வீசல்கள் ஊடுசெல்லாததும் செந்நிறக்கீழ்க் கதிர்கள் சுயாதீனமின்றிச் செலுத்தப்படக்கூடியதுமான, காபனீர்ச்சல்பைட்டில் அயடீன் கரைசலினூடு சூரியவொளி செலுத்தப்படும். கறுப்புப்பூசிய பிளாற்றினத்தாளின் துளையொன்றில் பாறையுப்பின் வில்லையொன்றைக் கொண்டு வெளிப்படுமொளி குவிக்கப்படும். இது விரைவாகச் செந்தழலாகின்றது.

நோய்தீர் மருந்துப்பிரயோகவியலிலே ஊதாக்கடந்தவொளியின் உபயோகம் - சூரியனே ஊதாக்கடந்த கதிர்வீசலின் இயற்கையான மூதலிடமாகும். ஆயினும் சிறப்பான ஒரிடத்தையடையும் ஊதாக்கடந்தவொளியினளவு வேறு காரணங்களுடன் சூரியனினுயரத்திலும் வளிமண்டலத்திலுள்ள அழுக்கினளவிலுந் தங்கியிருக்கின்றது. உயரம் எவ்வளவுக்குக் கூடுகின்றதோ, சூரியனின் கதிர்கள் வளிமண்டலத்தினூடு செல்லுந் தூரம் அவ்வளவுக்குக் குறைகின்றது. எனவே, கதிர்கள் குறைவாகவே உள்ளுறிஞ்சப்படுகின்றன. களங்கமற்றவொரு நாளில் ஏறத்தாழப் பிற்பகல் 1 மணிக்கு ஊதாக்கடந்தவொளியின் செறிவு உயர்வுடையதாயிருக்கும். பெரிய தொழிற்பட்டினத்தினண்மையிலே பூமியின் மேற்பரப்பைக் கடைசியிலையும்கதிர்களிலுள்ள இவ்வகையான கதிர்வீசலினளவு ஏறத்தாழப் பூச்சியமாகும். ஊதாக்கடந்தகதிர்வீசல் சமூகத்தின் நன்மைக்கு அவசியமென்று இக்காலவாராய்ச்சி காட்டுகின்றது. எனவே, போதியவளவு ஊதாக்கடந்த கதிர்வீசலைச் சூரியனிலிருந்து பெறமுடியாவிடத்துச் செயற்கை மூதலிடங்கள் உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும். செயற்கைச் சூரியவொளியெனப்படும் இவ்

வகையான முதலிடங்களிற் பிரதானமானவை இரசவாவிவிளக்கும் தங்குதன்வில்விளக்குமாகும். இரசவாவிவிளக்கின் சுவர்கள் ஊதாக்கடந்தவொளியை ஊடேசெல்லவிடக்கூடிய சிலிக்காவினுற் செய்யப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். தங்குதன்விளக்கிலே தங்குதன் முனைவுகளுக்கிடையே மின்வில்லொன்றுண்டாக்கப்படும். இவ்வில்லானது இவ்வகையான கதிர்வீசலின் மிக்க வலுவுள்ள முதலிடமாகும். இந்த விளக்குகள் உபயோகிக்கப்படும்போது கண்களைப் பாதுகாத்துக்கொள்வதற்காக நோயாளி இருண்ட கண்ணுடிகளை அணிந்துகொள்ளுதல் வேண்டும். கண்கள் இவ்வகையாகப் பாதுகாக்கப் படாவிட்டால் நிலையான குருடே விளைவாகலாம்.

வீட்டிலே ஊதாக்கடந்த கதிர்களின் முதலிடங்களினது உபயோகத்தின் போது அதன் மிதமிஞ்சிய அளவிலிருந்து மக்கள் தம்மைப் பாதுகாத்துக் கொள்ளுதல் வேண்டும். **செரதேமா பிக்குமென்ரேசம்** என்பதே ஒளி நோய்களில் மிகத் தீமையானதாகும். தோலிலே நிறப்பொட்டுகள் தோற்றி வாலிபப்பருவத்தின் முற்பகுதியிலேயே உயிருக்கு அபாயமுண்டாகக்கூடும். உண்மையிலே, ஊதாக்கடந்த விளக்குகள் அதிகமாக உபயோகிக்கப்படுதல் கூடாது. வைத்தியரின் புத்திமதியைப் பெறுவது சிறந்ததாகும்.

பொருத்தமான கட்டுப்பாடுகளுடன் ஊதாக்கடந்தகதிர்கள் மிக்க நன்மை பயக்கக்கூடியனவாய்க் காணப்படுகின்றன. **எகத்தரல்** எனப்படும் சேதன வுறுப்புச் சேர்க்கையொன்று ஊதாக்கடந்த கதிர்வீசலிலே திறந்து வைக்கப் பட்டால் விற்றமின் D உண்டாக்கப்படும். எகத்தரல் பளிங்குருவத்தை இழந்து பசையுள்ளதாகின்றது. கணநோயைச் சுகப்படுத்தவேண்டுமாயின் இந்த விற்றமின் அவசியமாகும். பற்சூத்தை என்பது குழந்தைப்பருவத்திலே இந்த விற்றமினின் குறைவினுலேயே பெரும்பாலும் உண்டாகின்றது என்று காட்டப்பட்டுள்ளது. செயற்கை ஞாயிற்றினொளி எனப்படும் ஊதாக்கடந்த கதிர்வீசலுக்கு ஆளாகும்போது கேசரங்களும் பசுப்பாலும் திருந்துகின்றனவென்று காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ்வகையான வைத்தியத்தின்பின் கோழிகள் நன்றாக முட்டையிடுகின்றனவென்றும் இந்த முட்டைகள் நோயற்ற குஞ்சுகளைப் பொரிக்கின்றனவென்றுங் காணப்பட்டது.

நின்றவொளிவீசலும் உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசலும்.—பொருளொன்றிலே கதிர்வீசல்விழுந்து ஊடுசெலுத்தப்பட்டதும் தெறிக்கப்பட்டதுமான சத்தியின் கூட்டுத்தொகை படுங்கதிர்வீசலின் சத்திக்குச் சமமாயில்லாதிருப்பின், வித்தியாசம் வேறு வகையான சத்தியாக மாற்றப்பட்டிருத்தல்வேண்டுமென்பது பெறப்படும். பொதுவாக, பொருள் வெப்பமாக்கப்பட்டிருக்கும். எனினும், சிலவேளைகளிலே வெப்பநிலையேற்றம் சிறிதாயிருக்கும். ஆயினும், பொருளானது படுமொளியினும் வேறுபடுகின்ற அலைநீளத்தையுடைய கட்புலனுங் கதிர்வீசலைக் காலுகின்றது. தூண்டற்கருவி அகற்றப்பட்டதும் நூதனமான இக்காலல் திடீரென நிற்கக்கூடும். அப்போது பொருளானது உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசுகின்றது என்று சொல்லப்படும். இத்தோற்றப்பாடு **உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசல்** எனப்படும். எனினும், காலல் சிறிதுநேரந் தொடர்ந்து

நிகழுமாயின் **நின்றவொளிவீசல்** என்னுந் தோற்றப்பாட்டைப் பெறுகின்ரோம். இவ்விரு தோற்றப்பாடுகளுக்கும் வரையறையான எல்லைக் கோடு இல்லையென்றே நம்பவேண்டும்.

பல்மேனின் (Balmain) ஒளிரும்மையெனப்படும் கல்சியஞ்சல்பைட்டும் நாகச்சல்பைட்டும் சூரியவொளியிலேனும் வில்விளக்கொன்றினொளியிலேனுந் திறந்துவைக்கப்பட்டபின் இருட்டறைக்குக் கொண்டுசெல்லப்பட முறையே நீல வொளியுடனும் பச்சையொளியுடனும் ஒளிரக்காணப்படுகின்றன. அதாவது, அவை நின்றவொளிவீசுகின்றன. எனினும், பன்சன்சுவாலையிலே மையானது சிறிது சூடாக்கப்பட்டால் நின்றவொளிவீசலொளியின் காலல்வீதம் சிறிதுநேரத்துக்கு மிகுதியாக அதிகரித்துப் பின்பு நின்றுவிடுகின்றது. மீண்டும் மையானது சூரியவொளியினுல் ஆளப்பட்டால், நின்றவொளிவீசலொளி திரும்பவுங் காலப்படும். இதனைப்போலவே கல்சியங்காபனேற்று எனப்படும் கல்சைற்று எதிர்மின்வாய்க்கதிர்களின் செறிந்த கற்றையொன்றிலே திறந்துவைக்கப்பட்டால் வலுவான செவ்வொளியுடன் நின்றவொளி வீசுகின்றது.

உள்ளுறிஞ்சலொளிவீசலின் உதாரணமாக குவினீன் சல்பேற்றின் நீர்க்கரைசலொன்றை உதாரணமாய்க் கூறலாம். சூரியவொளியிலே திறந்துவைக்கப்படும்போது எல்லாத்திசைகளிலும் இது நீலவொளியைக்காலுவதைப் **பிருத்தர்** என்பவர் (Brewster) கண்டார். இன்னும், இருட்டறையிலே பியூசினின் மதுசாரக்கரைசலொன்றிற் சிலதுளிகள் விடப்பட்ட நீரினூடு ஒளிக்கற்றையொன்று செலுத்தப்பட்டால், கற்றையின் பாதையை உறிஞ்சியொளிவீசும்பச்சைநிறவொளியொன்று காட்டுகின்றது.

தோக்கின்விதி. (Stokes).—மெல்லிய வெப்பப்பிரயோகத்தினுல் சிறிதளவு பல்மனின் மையினது நின்றவொளிவீசல் கெட்டுவிட்டதென்றும், இவ்வாறு கெட்ட மையானது காகிதக்கீலமொன்றிலே இருட்டறையிற் பரப்பி வைக்கப்பட்டிருக்கின்றதென்றுங் கொள்க. மீண்டும் மையைத் தூண்டுவதற்காக, பலநிமிடங்களுக்கு வில்விளக்கின் திருசியமொன்று அதன்மேல் விழவிடப்பட்டுள்ளதெனவுங் கொள்க. வில்விளக்கையகற்ற, மையானது ஊதாக்கதிர்களையும் ஊதாக்கடந்த கதிர்களையும் பெற்றவிடங்களிலேயே உயர்வான நின்றவொளிவீசல் நிகழ்கின்றதெனவும், செங்கதிர்கள் எவ்வித விளைவையும் உண்டாக்கவில்லையென்றுங் காணப்படும். முறிவுகூடிய கதிர்களே, அதாவது, குறுகிய அலைநீளங்களையுடைய கதிர்களே, நின்றவொளிவீசலைத் தூண்டியனவென இப் பரிசோதனை காட்டுகின்றது. அத்துடன், தூண்டுங்கதிர்கள் ஊதாவும் ஊதாக்கடந்ததுமாயிருந்தபோதிலும் காலுமொளியின் நிறம் நீலப்பச்சையாகும். இது, **தோக்கினுற்** கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பொதுவிதியின் சிறப்பான ஒருதாரணமாகும். உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசல் அல்லது நின்றவொளிவீசற் கதிர்வீசலின் அலைநீளமானது தூண்டலொளி

யினதிலும் பார்க்க எப்போதுங்கூடியதென இவ்விதி கூறுகின்றது. நிற மாற்றத்தைப் பின்வருமாறு காட்டலாம் :—வில்விளக்கொன்றிலிருந்து வருங் கதிர்கள் உரேனியமொட்சைட்டைக்கொண்டுள்ள கனரிக்கண்ணுடித் துண்டொன்றிற் செறிய விடப்பட்டுச் செம்மஞ்சட்கதிர்களும் பச்சைக்கதிர் களும் அடர்ந்த கோபாற்றுக்கண்ணுடித் துண்டொன்றினூல் தடுக்கப்படும். தூண்டற் கதிர்கள் நீலமும் ஊதாவுமாயிருந்தபோதிலும் கனரிக்கண்ணுடி தெளிவான பச்சையொளியோடு துலங்குகின்றது.

நீலக்கண்ணுடியானது பேமிங்காமிலுள்ள சான்சுக்கம்பனியாரினுற் செய் யப்பட்ட ஊதாக்கடந்த கண்ணுடித் துண்டொன்றினுற் பிரதியிடப்பட்டால் மேலேயுள்ள பரிசோதனை மனதிற்பதியக் கூடியதாயிருக்கும். இக்கண்ணுடி கட்புலனை கதிர்கள்முழுவதையும் ஏறத்தாழ உள்ளுறிஞ்சி ஊதாக்கடந்த கதிர்களைமட்டும் ஊடுசெல்லவிடுகின்ற விசேட பண்பையுடையதாகும். இக் கதிர்கள் உள்ளுறிஞ்சலொளிவீசலுக்குக் கனரிக்கண்ணுடியைத் தூண்டு கின்றன.

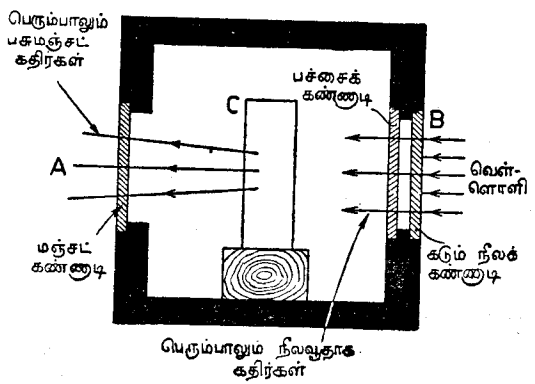
இதனைப்போலவே, காபனீரொட்சைட்டுத் திண்மத்தினதும் ஈதரினதுங் கலவையைக்கொண்டேனும் திரவவளியைக்கொண்டேனும் —100° C வெப்ப நிலைக்குக்கீழே குளிரப்பட்ட முட்டையோடுகள் ஊதாக்கடந்த வொளியின் கற்றையிலே வைக்கப்பட்டால், அவை உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசுகின்றன.

எயோசின் என்னும் மதுசாரக்கரைசலினது சில துளிகள் விடப்பட்ட நீரானது வில்விளக்கொன்றிலிருந்துவரும் ஒளியின் பாதையிலே வைக்கப் பட்டால், உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசும் ஒளியானது கற்றையின் பாதையைக் காட்டும். கரைசலிற் கூடுதலாகச் சேர்க்கப்பட்டால், கரைசலினுள்ளே கதிர் கள் செல்லுமிடத்தில் உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசல் துலக்கங்கூடியதாகின்றது. ஊதாக்கதிர்களின் தூண்டற்கதிர்வீசல் குறுகிய தூரத்தினுள்ளே படிப்படி யாக உள்ளுறிஞ்சப்பட்டு மீண்டும் உள்ளுறிஞ்சியொளிவீச ஒன்றுமில்லாத தினூலேயே இவ்வாறு நிகழ்கின்றது. செலுத்தப்பட்டவொளியை திருசியங் காட்டியைக்கொண்டு ஆராய்ந்தால், வில்லொளியில் முந்தியிருந்த ஊதா வொளிமறைந்திருப்பதைக் காணலாம்.

எல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசுமொளியானது தூண்டலொளியிலும் பார்க்கக் குறைவாக முறிகின்றது. அண்மைக்காலத் திலே இவ்விதிக்குப் புறநடைகள் தோற்றியுள்ளனவென்க் கூறப்பட்டனவெனி னும் அப்புறநடைகள் உண்மையானவையல்லவென நிறுவப்பட்டுள்ளன.

உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசலையும் நின்றவொளிவீசலையுங் காணும்முறை கள்.—(அ) உள்ளுறிஞ்சியொளிவீசலைக் காண்டற்குரிய தோற்றமுறை.— உறிஞ்சியொளிவீசல் வலுக்குறைந்திருக்கும்போது தூண்டற்கற்றையின் விளைவினல் அது மறைக்கப்படுதல்கூடும். இதனைத்தவிர்ப்பதற்குத் தோக் கென்பவர்தனது பெயரினல் வழங்கப்படும் விதியிலுள்ள உண்மை ளை உபயோகித்தார். ஆராயப்படும்பதார்த்தமானது உட்பக்கங் கறுப்புப்பூசிய

பெட்டியினுள்ளே C இல் வைக்கப்பட்டுள்ளது, உருவம் 23·20. A உம் B உம் பெட்டியிலுள்ள இரு துவாரங்களாம். ஒன்று பச்சையும் மற்றது இருண்ட நீலமுமான இரண்டு கண்ணுடித்தட்டுகள் B ஐ மூடி வைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே வெள்ளொளி முதலிடமொன்று B இற்குச சிறிதுவெளியே வைக்கப்பட்டால், எல்லாச் செம்மஞ்சட்கதிர்களுஞ் செங்கதிர்களுந் தடுக்கப் பட்டிருக்கும். ஆனல், நீலவூதாக் கதிர்களைதனையும் முழுவதும் உறிஞ் சுகின்ற மஞ்சட் கண்ணுடித்துண்டொன்றினூல் A மூடப்பட்டுள்ளது. எனவே, A இனூடு பார்க்கும்போது பார்வைப்புலம் இருண்டிருக்கும். பெட்டியி

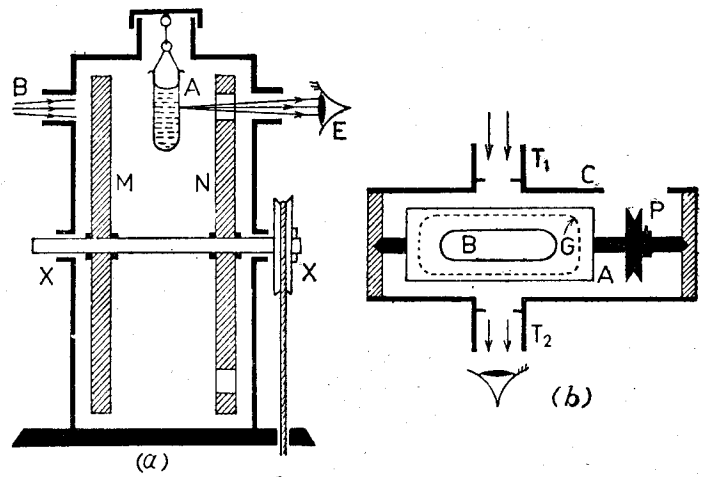


உருவம் 23·20. உறிஞ்சியொளிவீசலைக் காட்டுதற்குரிய தோக்கின்முறை.

னுள்ளே C இலே உறிஞ்சியொளிவீசாத பொருளொன்று செலுத்தப் பட்டபோதும் அவ்வாறேயிருக்கும். எனினும், உறிஞ்சியொளிவீசல் தூண்டப் பட்டால், C இலுள்ள பொருள் பச்சையொளியைக்காலும். மஞ்சட்டிரை யினூல் இது செலுத்தப்பட்டதினூல் பொருளானது கட்புலனைனது.

(ஆ) பெக்கரலின் (Becquerel) நின்றவொளிவீசற்காட்டி.—உறிஞ்சி யொளிவீசும் பொருளொன்றிலிருந்து வருமொளியானது தூண்டலொளி அகற்றப்பட்டதும் செக்கனென்றின் பின்னபாகத்திலேயே மறைந்துவிடு கின்றது என்னும் இடரைத் தவிர்ப்பதற்காக, **பெக்கரல்** என்பவர் உருவம் 23·21 (*a*) இல் வரிப்படமூலங் காட்டப்பட்டுள்ள நின்றவொளிவீசற்காட்டியை அமைத்தார். ஒளிபுகவிடும் பதார்த்தங்களோடுமட்டுமே உபயோகிப்பதற்கு இது ஏற்றது. ஆராயப்படும் பதார்த்தமானது திரவமானியின் குழா யொன்றிலே A இல் வைக்கப்பட்டு E இலுள்ள ஒருவரினூற் பார்க்கப் படும். தூண்டற்கதிர்வீசலானது B இலுள்ள துவாரத்தினூடு அறையினுட் செல்லும். M உம் N உம் பொதுவச்சு XX ஐக்கொண்டு விரைவாகச் சுழலக்கூடிய வட்டமான இரண்டு உலோகத்தட்டுகளாம். ஒவ்வொருதட்

டிலும் சுற்றிலே சமதூரங்களிற் சமவளவான துளைகளிடப்பட்டுள்ளன. M இலுள்ள துளையொன்று, அதனூடொத்த N இலுள்ள துளையானது A இற்கும் E இற்குமிடையே நேராகவருமுன்பு, A ஐ முழுவதுங் கடக்கக்கூடியதாக அமைந்துள்ளது. எனவே, இடையறவுபட்ட ஒளிக்கற்றையொன்றினால் A ஒளிரப்படுகின்றது. E இலிருந்து பார்க்கும்போது முதலிடத்திலிருந்து ஒளியைப் பெறுதலினால் நின்றவொளிவீசினால்மட்டுமே அதுகாணப்படும். M இலுள்ள துளையொன்றுக்கும் அதனூடொத்த N இலுள்ள



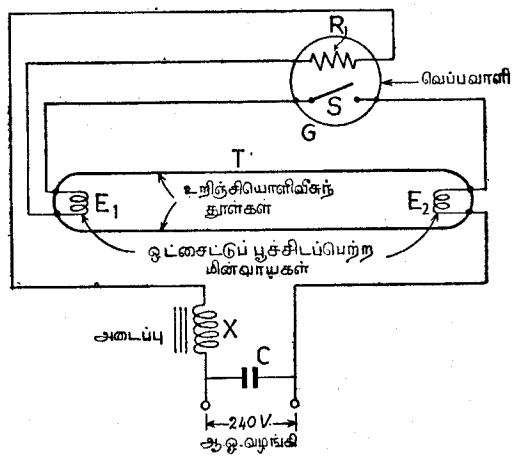
உருவம் 23.21. (அ) ஒளிபுகவிடும் பதார்த்தங்களுக்குரிய பெக்கரலின் நின்றவொளிவீசற் காட்டி. (ஆ) திண்மங்களுக்கும் தூள்களுக்குமுரிய லேனட்டின் (Lenard) உருளையான நின்றவொளிவீசற்காட்டி.

துளையொன்றுக்குமிடையேயுள்ள கோணத்தூரமும் செக்கனென்றிலே தட்டுகளின் சுற்றல்களின் தொகையுந் தெரியுமாதலின், நின்றவொளிவீசல் நிலைக்கும் நேரந் தீர்மானிக்கப்படலாம். செக்கனென்றின் சில ஆயிரத்திலொருபங்கு நேரத்திற்கு நின்றவொளிவீசும் பதார்த்தங்களைப் **பெக்கரல்** கண்டுபிடித்தார். உறிஞ்சியொளிவீசுந் திரவங்களிலிருந்துவரும் ஒளியானது தூண்டற்காரணி அகற்றப்பட்டதும் மிகக்குறைந்த காலத்துக்கே நின்றதனால், தட்டுகள் எவ்வளவு விரைவாய்ச் சுழன்றபோதிலும் நிலைத்தநேரத்தை அவரால் அளக்கமுடியவில்லை.

(இ) லேனட்டின் உருளையான நின்றவொளிவீசற்காட்டி.—திண்மங்களிலிருந்து நின்றவொளிவீசலொளி நிலைக்கும் நேரத்தையளக்க 1888 ஆம் ஆண்டிலே இது விசேடமாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட கருவியாகும். A என்பது உருவம் 23·21 (*b*), இடைத்தளவச்சைக் கொண்டு சுழலும் பித்தளையுருளையாகும். கப்பி P ஆனது இதனைச்செய்ய உதவுகின்றது. G என்பது A இனுள்

ளேயுள்ள ஒரு கண்ணாடி அல்லது படிகக்கலமாகும். திண்மத்தைக் கொண்டுள்ள இக்கலமானது உருவத்திற் காட்டப்படாத இளக்கமான விற்களினால் நிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பக்கக்குழாய்கள் T_1, T_2 களைக் கொண்ட உலோகக்குழாய் C இனுள்ளே முழுவதுந் தாங்கப்பட்டுள்ளது. தூண்டுங்கதிர்வீசலானது T_1 இனூடாக உட்சென்று விளைவான எந்தக் கதிர்வீசலும் E இலே ஒருவரினாற் பார்க்கப்படும். உருளை A ஆனது நீள்வளையத்துவாரம் B ஐயுடையதாகும். எனவே, B ஆனது T_1 இற்கு எதிரேயிருக்கும்போது பாதார்த்தம் ஒளிரப்படும். B ஆனது T_2 இற்கு எதிரேயிருக்கும்போது நின்றவொளிவீசல் விளைவெதுவும் அவதானிக்கப்படலாம். அது நிலைக்கும் நேரம் உருளையின் சுழற்சிநேரத்தின் அரைவாசியாகும். வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளிலே உபயோகிப்பதற்கு இவ்வாய்கருவி பொருத்தமானதாகும்.

உறிஞ்சியொளிவீசல் இரச ஆவி விளக்கு.—உட்பக்கத்தில் உறிஞ்சியொளிவீசும் தூள்களின் கலவையினாற் பூசப்பட்ட நீண்ட கண்ணாடிக்குழாய் T ஐ இவ்விளக்குக்கொண்டதாகும் உருவம் 23·22. சிறிதளவு இரசத்



உருவம் 23·22.—உறிஞ்சியொளிவீசும் இரச ஆவி விளக்கு.

தையும் ஆகனையும் இக்குழாய் கொண்டதாகும். E_1, E_2 ஆகிய மின்வாய்களொவ்வொன்றும் பேரியமொட்சைட்டினதுந் துரந்திய மொட்சைட்டினதுங் கலவையொன்று பூசப்பட்ட தங்குதன் கம்பியொன்றைக் கொண்டதாகும். காற்றகற்றப்பட்ட கண்ணாடிக்குமிழ் G இலே கொள்ளப்பட்டுள்ள வெப்ப வாளி S ஐ உபயோகிப்பது விளக்கைப்பற்றவைக்கும் ஒரு முறையாகும். இந்தவாளியிலுள்ள கீலங்களுளொன்று இரண்டு உலோகத்தினாற்செய்யப்பட்டது. விளக்குத் தொழிற்படாதிருக்கும்போது கீலங்களிரண்டுந் தொட்டுக்

கொண்டிருக்கும். மாறலோட்ட வழங்கலிடமொன்றினூடு விளக்கானது இணைக்கப்பட்டதும் ஆளி S இனூடு மின்வாய்கள் E_1, E_2 களுக்கு மின்னோட்டம் பாய்கின்றது. ஒளவுக்குப் பெரிதான இந்த மின்னோட்டமானது மின்வாய்களை வெள்ளொளிர்வுடையனவாய் உயர்த்தும். அத்துடன், நிக்ரோம் தடை R ஐ இது வெப்பமாக்க ஈருலோகக்கீலம் வளைந்து கீலங்களுக்கிடையே தொடுகை அற்றுப் போகின்றது. மின்னோட்டத்தின் திடீர்மாற்றம் அடைப்பு X இலே ஏறத்தாழ 1000 V மி.இ.வி. ஐத் தூண்டுகின்றது. அத்துடன், இக்கிளம்பல் உறிஞ்சி யொளிவீசுங் குழாயிலுள்ள ஆகீன அயனுக்குகின்றது. குழாயானது ஒளிர்ந்து அதனுள்ளே உருவாகிய வெப்பமானது இரசத்தை ஆவியாக்குகின்றது. இதனமுக்கம் ஏறத்தாழ இரசத்தின் 0·01 மி.மீ. ஆகும். தொகுதியின் வலுக்காரணியைத் திருத்துவதற்காக ஒடுக்கி C சேர்க்கப்படும்.

தாழ்ந்தவமுக்க விளக்காதலின், அதிலிருந்துவருங் கதிர்வீசல் பெரும்பாலும் ஊதாக்கடந்த பாகத்திலுள்ளது. குழாய் T இன் உட்பாகம் உறிஞ்சியொளிவீசும் பதார்த்தங்களினூற் பூசப்பட்டுள்ளது. மகனீசியம் தங்குதேற்று ($Mg.WO_4$) மங்கலான நீலக் கதிர்வீசலையும், நாகச்சிலிக்கேற்று ($4ZnO.2SiO_2$) பச்சையையும், கடமியம்போரேற்று $Cd(BO_2)_2$ சிவப்பையுங் கொடுக்கின்றன. ஆனால், நாகப்பெரிலியச் சிலிக்கேற்று செம்மஞ்சட் கதிர்வீசலைக் கொடுக்கின்றது. மகனீசியந் தங்குதேற்றையும் நாகப்பெரிலியச் சிலிக்கேற்றையுஞ் சேர்த்து வெள்ளொளியைக்கொடுக்கக்கூடிய குழாயொன்றைப் பெறமுடியும். உறிஞ்சியொளிவீசுந் தூளின் சேர்க்கையை வேறுபடுத்தி ஏனைய நிறங்களை உண்டாக்கமுடியும்.

விளக்கு எரிந்துகொண்டிருக்கும்போது மின்னோட்டம் R இனூடு செல்லக்கூடியதாக மின்தொடுப்புகள் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளனவென்பது அவதானிக்கப்படுதல் வேண்டும். வெப்பவாளி S ஆனது திறந்தபின்பு R இனூடு மின்னோட்டஞ் சென்றுகொண்டிராவிட்டால், R குளிர்ந்து ஆளி மூடிவிடும். அதாவது, தலைமைக்குழாய் "குறுக்கப்படும்."

இரசவுறிஞ்சியொளிவீசும் விளக்கொன்றின் சராசரி வினைத்திறன் 30 இலுமன்.—உவாற்று$^{-1}$ ஆகும். இது இழைவிளக்கொன்றினதிலும் இருமடங்காகும். இன்னுமொரு நயமென்னவென்றால் இழைவிளக்கிலும் பார்க்க இருமடங்குகாலத்துக்கு இதனை உபயோகிக்கலாம். அன்றியும், உறிஞ்சியொளிவீசும் விளக்கு பெரிதாயிருப்பதினால் கண்கூசுமொளியும் இருண்ட நிழல்களும் ஏறத்தாழ நீக்கப்படும்.

உறிஞ்சியொளிவீசுந் திரவியங்களின் இன்னுங்கூடுதலான செய்முறைப் பிரயோகங்கள்.—ஏறத்தாழ 1930 ஆம் ஆண்டுமுதல் சலவைப்பொருள்கள் செய்யப்படுவதில் பெறப்பட்ட குறிப்பிடக்கூடிய முன்னேற்றம், புடவையைக் கழுவும் கரைசலிற் சிறிதளவாகச் செலுத்தப்பட்டுப் பின்பு இழைகளிற் றங்கி உலர்ந்தவுடன் வெண்மையாகத்தோற்றும் ஒருவகைப் பொருளின் பிரயோகமேயாம்.

சலவைசெய்த துணியொன்று மங்கலான மஞ்சட்கபில நிறத்தையுடைய தாயின், திருசியத்தின் நீலப்பச்சைமுனையிலுள்ள ஒளியில் மிகச்சிறிதளவே தெறிக்கின்றதென்பதே இதன் காரணமாகும். ஊதாக்கடந்த கதிர்கள் திரவியங்கள் சிலவற்றிலே உறிஞ்சியொளிவீசலை உண்டாக்குகின்றன. அதாவது, இப்பதார்த்தங்கள் ஊதாக்கடந்த கதிர்களை உறிஞ்சிக் கட்புலனை திருசியத்திலே நீளங்கூடிய அலைநீளத்தையுடைய கதிர்களாக அவற்றைத் திரும்பவுங் காலுகின்றன. இப்பதார்த்தங்களுளொன்று குதிரைச்சென்றுமரப் பட்டையிலிருந்து பெறப்பட்ட ஐசுக்குலினுகும். இது ஊதாக்கடந்தகதிரை உறிஞ்சி அதனிற் சிறிதளவை மங்கலான நீலவொளியாக மாற்றுகின்றது. எனவே, சலவைக்கரைசலொன்றினூடு ஐசுக்குலின் சேர்க்கப்பட்டாற் சலவைசெய்த பொருள் வெண்மைகூடியதாயிருக்கும். துரதிட்டவசமாக இச்சேர்க்கை செலவுகூடியதாயிருக்கும். ஒளிக்கும் வளிக்கும் இது திறந்துவைக்கப்படும்போது அதன் பயன் விரைவிற் குறைந்துவிடும். β—மீதைல் உம்பெல்லிபெரோனைப்போன்ற உறிஞ்சி யொளிவீசுகின்ற வெறுஞ் சேர்க்கைகள் இன்னுங்கூடியவளவுக்கு ஒளிக்கு நிலையாமை என்ற குறையினூற் பீடிக்கப்பட்டுள்ளது. எந்தச் சந்தர்ப்பத்திலும் பின்னைய சலவைகளிற் புடவையினுல் இவை வைக்கப்பட்டிரா.

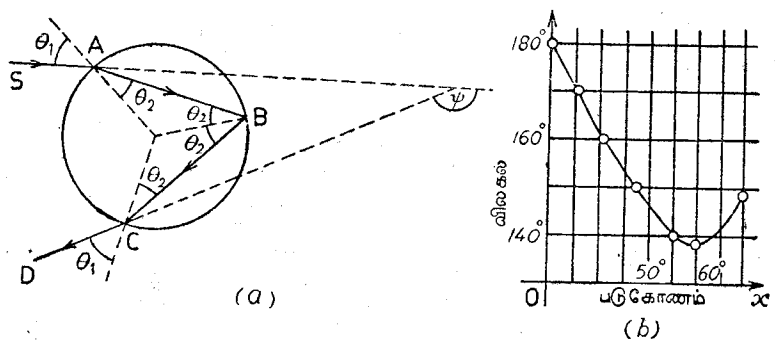
ஏறத்தாழ 1935 இலே பிரித்தானிய இரசாயன தொழிற்பகுதியார் ஒளிமாற்றும் இயல்பையுடைய புத்தம்புதுவகைச் சேர்க்கையொன்றைக் கண்டுபிடித்தனர். இது ஈரமிலைதில்பேன் இருசல்போனிக்கமிலத்தின் பெறுதியாகும். நாடகத்தேவைகளுக்காகப் புடவைகளிலே புதிய உறிஞ்சியொளிவீசும் விளைவுகளை இது உண்டாக்கியது. அத்துடன், வங்கிக்காசோலைகளிற் கள்ளக்கையொப்பத்தையும் இது தடுக்க உதவியது.

மேலே குறிப்பிட்ட சேர்க்கையின் அசற்றைலும் வேறு பெறுதிகளும் துப்புரவாக்கிகள் பலவற்றிலுள்ள ஒட்சியாக்குங் காரணிகளுக்கு உறுதிநிலையுண்டாக்க **யூனிலீவர்** கொம்பனியாரால் காணப்பட்டன. வெப்பங்கூடிய சுவாத்தியங்களில் ஒளிக்கும் வளிக்குங்கூட இவை உறுதிநிலை உண்டாக்கியன. பின்னைய இவ்வகைச்சேர்க்கையும் அதனூடு நெருங்கிய தொடர்புள்ளவையும் ஏறத்தாழ 1942 ஆம் ஆண்டு தொடங்கி உபயோகத்திலுள்ளன. இவ்வகைச் சேர்க்கைகள் காகிதத்தின் வெண்மையையுங் கூட்டுகின்றன. அத்துடன், கடைசியச்சைத் துலக்கமாக்குவதற்காக சில படத்தாள்களினுள்ளே இவை செலுத்தப்படுகின்றன.

வானவிற்கள்.—விழுகின்ற மழைத்துளிகளிலேனும் சிறுநீர்வீழ்ச்சி அல்லது நீரூற்றிலுள்ள நுரையிலேனும் சூரியவொளி நேராகப் பிரகாசிக்கும்போது வானவில்லொன்று அவதானிக்கப்படலாம். சில சமயங்களிலே ஒரேவில் மட்டுங் காணப்படும். ஆனாற் பெரும்பாலும் முதலாவதிலுஞ் சிறிது பெரிதான இரண்டாவது வில்லொன்று காணப்படும். முழுவான வில்லொன்று அவதானிக்கப்படுவது அரிதாகும். ஒவ்வொரு வில்லும் அல்லது வில்லின் பாகமும், பார்ப்பவரினூடுஞ் சூரியனினூடுஞ் செல்லுகின்ற நேர்கோட்டிலே பொதுமையத்தையுடைய ஒருமைய வட்டங்களிரண்டினுள்

ஒன்றின் பாகமாகும். பார்ப்பவர் சூரியனுக்கு முதுகைக்காட்டிக்கொண்டு நிற்கும் போதுமட்டுமே வானவிற்கள் காணப்படுகின்றன. வெகுகாலத்துக்கு முன்பே நீர்த்துளிகளிலே சூரியவொளிக்கதிர்களின் தெறிப்பினாலும் முறிவினாலும் இவை யுண்டாயின வென்று நம்பப்பட்டன. **தலைமைவில்** எனப்படும் உள்வில்லானது ஏறத்தாழ 41° கோணவாரையைக் கொண்டது. **துணைவில்** எனப்படும் வெளிவில்லானது ஏறத்தாழ 52° கோணவாரையைக் கொண்டதாகும். ஒவ்வொரு வில்லினுமுள்ள நிறங்கள் ஞாயிற்றின் திருசியத்தினதாம். ஆனால், தலைமைவில்லின் நிறங்கள் துலக்கங்கூடியன. இவற்றை வேறுபடுத்தும் இன்னுமோரியல்பு யாதெனின், தலைமைவில்லிலே சிவப்பு வெளியோரத்திலும், ஊதா உள்ளோரத்திலுங் காணப்படும். துணைவில்லிலோவெனின் நேர்மாறான ஒழுங்கில் நிறங்கள் காணப்படும். அதாவது, உள்ளோரத்திற் சிவப்பும் வெளியோரத்தில் ஊதாவுங் காணப்படும். இரண்டு விற்களுக்குமிடையேயுள்ள வெளியானது வானத்தின் மற்றப் பாகங்களிலும் இருளடைந்திருக்கும்.

வெவ்வேறு நிறங்களுக்குரிய ஊடகமொன்றின் முறிதன்மைகளிலுள்ள வித்தியாசங்களே **நியூற்றன்** கண்டுபிடித்த பின்பே வானவில்லொன்றின் பல்வேறு நிறங்கள் விளக்கப்படக்கூடியதாயின. பிரச்சினைக்குக் கேத்திர கணிதவொளியியலைப் பிரயோகித்து வானவில்லொன்றின் பூரணமான கொள்கையைப் பெறமுடியாது. அலைக்கொள்கையின் சார்பிலே இத்தோற்றப்பாட்டின் ஆராய்ச்சியையும் இங்கு செய்யமுடியாது.



உருவம் 23·23.—ஒருமுறை உட்டெறிப்பின்பின்பு கோளமொன்றினுல் கதிரொன்றின் விலகல்.

உட்டெறிப்புகள் பலவற்றின்பின்பு முறிகோளமொன்றிலிருந்து வெளிப்படுங் கதிரொன்றின் விலகல்.—வானவில்லின் கேத்திரகணிதக் கொள்கையை ஆராயமுன்பு, ஒளிபுகவிடுங் கோளமொன்றினூடு சமாந்தர வொளிக் கற்றையொன்று முறியும் விதத்தை விரிவாய் ஓரளவுக்கு ஆராய்தல் வேண்டும். இதனைச்செய்ய SA என்பது, உருவம் 23.23, முறிகோளம் ABC இல் விழுகின்ற ஒளிக்கதிரொன்றெனக் கொள்க. கோளத்தின் மையமாகிய O இனூடு செல்லுகின்ற தளமொன்றிலே கதிர் இருக்கின்றதெனக் கருதப்படும்.

A இலே படுகோணம் θ_1 எனவும் முறிகோணம் θ_2 எனவுங்கொள்க. எனவே, A இலே முறிவினாலுண்டானவிலகல் $\theta_1 - \theta_2$ ஆகும். A இலே முறிந்த கதிர் B இலே தெறித்துக்கடைசியாகச் சூழவுள்ள ஊடகத்தினுள்ளே C இலே செல்லுகின்றதெனக்கொள்க. எனின், $OA = OB = OC$ ஆதலின்,

$$\hat{ABO} = \hat{OBC} = \hat{OCB} = \theta_2$$

எனப் பெறப்படுகின்றது.

எனவே, B இல் உண்டாக்கப்பட்ட விலகல் $\pi - 2\theta_2$; ஆனால் C இலுண்டாக்கப்பட்ட விலகல் $\theta_1 - \theta_2$ ஆகும். ஒருட்டெறிப்பின்பின்பு கோளத்திலிருந்து வெளிப்படுங்கதிரின் முழுவிலகலும்

$$\psi = 2(\theta_1 - \theta_2) + (\pi - 2\theta_2)$$

ஆகின்றது. ஒவ்வோருட்டெறிப்பும் $(\pi - 2\theta_2)$ விலகலை உண்டாக்குமாதலின் n உட்டெறிப்புகளின்பின் வெளிப்படுகதிரொன்றுக்கு விலகல்

$$2(\theta_1 - \theta_2) + n(\pi - 2\theta_2)$$

ஆகின்றது.

இழிவுவிலகல்.—இப்போது ஒருட்டெறிப்பின்பின் வெளிப்படுங் கதிரைக் கருதுவோமாக. கோளத் திரவியத்தின் முறிவுக்குணகம் 1·33 ஆயிருக்கும்போது படுகோணத்தோடு விலகற்கோணம் மாறுவதை உருவம் 23.23 (b) காட்டுகின்றது. படுகோணம் ஏறத்தாழ 61° ஆயிருக்கும்போதே விலகல் இழிவானதென இது காட்டுகின்றது. அப்போதுள்ள விலகல் 138° அல்லது $\pi - 42°$. செங்கதிர்கள் மழைத்துளியில் விழுவதோடு இது ஏறத்தாழ ஒத்ததாகும். பிரச்சினையைப் பின்வருமாறு பொதுவாக ஆராய்வது வழக்கம் :—

$\psi = 2(\theta_1 - \theta_2) + (\pi - 2\theta_2)$ ஆதலின், உடனே

$$\delta\psi = 2\delta\theta_1 - 4\delta\theta_2$$

எனப் பெறுகின்றோம். நிலையான பெறுமானமொன்றிற்கு $\delta\psi = 0$. எனவே

$$\delta\theta_1 = 2\delta\theta_2 \quad \ldots\ldots\ldots\

விலகல் நிலையானதாயிருக்கும் படுகோணத்தை இச்சமன்பாடு தீர்மானிக்கின்றது. θ_1 இன் சார்பிலே ψ இனது இரண்டாவது வகையீடு

$$\frac{d^2\psi}{d\theta_1^2} = -4\frac{d^2\theta_2}{d\theta_1^2}$$

எனக் கொடுக்கின்றது. ஆனால்,

$$\frac{d\theta_2}{d\theta_1} = \frac{\text{கோசை } \theta_1}{\mu \text{ கோசை } \theta_2}, \quad \text{அத்துடன்,} \quad \left(\frac{d^2\theta_2}{d\theta_1^2}\right)_{\delta\psi = 0} = \frac{(1-\mu^2) \text{ சைன் } \theta_1}{\mu^3 \text{ கோசை}^3 \theta_2}.$$

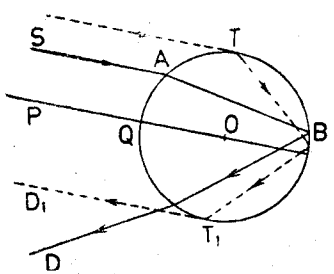
$\mu > 1$ ஆதலின், $\left(\frac{d^2\theta_2}{d\theta_1^2}\right)_{\delta\psi = 0}$ எதிரானதாகும். அதாவது, θ_1 இன் பெறப்படக்கூடிய பெறுமானங்களின் வீச்சினுள்ளே $\frac{d^2\psi}{d\theta_1^2}$ நேரானதாகும். அதாவது, ஒத்தபெறுமானம் இழிவானது. இது ψ இழிவு அல்லது γ ஆகும்.

[n உட்டெறிப்புகள் உள்ளபோது

$$\text{கோசை } \theta_1 = +\sqrt{\frac{\mu^2 - 1}{n^2 + 2n}}$$

ஆனால் விலகல் இழிவானது என்று காட்டுவதை வாசகருக்கு விடுகின்றோம்.]

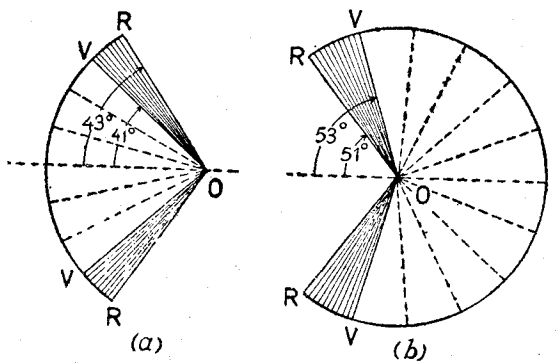
வெளிப்படுகதிர்கள்.—O என்பது, உருவம் 23.24, சிறிய மழைத்துளியொன்றின் மையமெனவும், PQO என்பது அத்துளியில் விழுகின்ற சூரியவொளியின் சமாந்தரக்கற்றையின் திசையெனவுங் கொள்க. SABCD என்பது இரண்டு முறிவினாலும் ஒருட்டெறிப்பினாலும் இழிவுநிலையை யடையுங் கதிரின் பாதையெனவுங் கொள்க. இழிவுப்பெறுமானத்தை யுடையபோது விலகல் நிலையாயிருக்கின்றதாதலின் CD திசையிலே எறத்தாழச் சமாந்தரக் கதிர்களின் கற்றையொன்றிருக்கின்றதெனவும், இந்தத்திசையிலேயே கூடிய ஒளிர்விருக்கின்றதெனவும் பெறப்படும். இப்போது கருதப்படும் எந்தக்கதிரும் A இற்கும் Q இற்குமிடையே படும்போது வில் CQ இலே எதாவதொரு புள்ளியிலிருந்து வெளிப்படும். இவ்வகையான ஒவ்வொரு கதிருக்கும் விலகலானது கதிர் CD இனதிலும் பார்க்க அதிகமாயிருக்கும். இதனைப்போலவே A இற்கும் T இற்குமிடையேயுள்ள படுகற்றையின் எந்தக்கதிரும்—தொடலி SA இற்குச்



உருவம் 23·24.—மழைத்துளியொன்றிலே ஒருட்டெறிப்பைப் பெறுகின்ற கதிர்கள்.

சமாந்தரமாகக் கோளத்திலுள்ள புள்ளி T ஆகும் — C இற்கும் T_1 இற்குமிடையேயுள்ள புள்ளியொன்றில் வெளிப்படும். விலகலானது CD இனதிலும் அதிகமாயிருத்தலால் வெளிப்படுகதிர், கதிர் CD ஐ வெட்டுகின்றது. வில் AT இலிருந்து வெளிப்படுங் கதிர்களெல்லாம் கோடுகள் OQ இற்கும் CD இற்குமிடையே உள்ளனவென்று மேலேயுள்ள விவாதத்திலிருந்து பெறப்படும். அதாவது, மழைத்துளியொன்றிலே ஒருட்டெறிப்பின்பின்பு வெளிப்படுமொளியானது எறத்தாழ 42° கூம்பினுள்ளேயிருக்கும். கூம்பின் எல்லைப்பரப்பானது இழிவுவிலகலடைந்த கதிர்களைக் கொண்டிருக்கும். கூம்பின் வெளியேநின்று பார்ப்பவர் துளியிலிருந்துவருமொளியைப் பெறமாட்டார். CD திசையிலே ஒளிர்வு செறிவு கூடியிருக்கும். ஆனால், கூம்பினுள்ளே கதிர்கள் விரிந்திருப்பதனால் ஒளிர்வு மங்கலாயிருக்கும்.

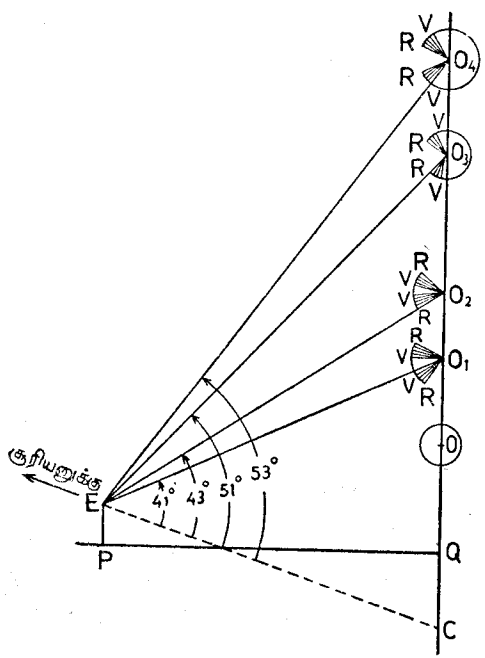
விற்களுண்டாதல்.—மழைத்துளியொன்றினுள்ளே (*a*) ஒருட்டெறிப்பையடைந்தபின்பும், (*b*) ஈருட்டெறிப்பையடைந்தபின்பும் அத்துளியிலிருந்து ஒளியைப்பெறும் பாகத்தினளவை உருவம் 23.25 (*a*) உம் (*b*) உம் காட்டுகின்றன. வானவில்லுண்டாதலைப் பொதுவாக விளக்குதற்கு இவை உதவியாயுள்ளன.



உருவம் 23.25—மழைத்துளியொன்றினுள்ளே ஒருட்டெறிப்பையடைந்த, கதிர்கள்.

O, O_1, O_2, O_3, O_4, என்பன, உருவம் 23.26, நிலைக்குத்துக் கோடொன்றிலுள்ள மழைத்துளிகளிலொரு தொடரெனவும், பார்ப்பவரின் கண் E இல் வைக்கப்பட்டுள்ளதெனவுங்கொள்க. EC என்பது மழைத்துளிகளிற்படும் சூரியவொளியினது சமாந்தரக்கற்றையின் திசையாயின், CE இன் நீட்சி சூரியனூடுசென்று வானவிற்களின் அச்சாக அமையும். ஒருட்டெறிப்பையடைந்த கதிர்களே முதலிற் கருதுவோமாக. அரையுச்சிக் கோணம் ஊதாவுக்கு எறத்தாழ 41° உம் செங்கதிர்களுக்கு 43° உமுடைய கூம்பொன்றின் மேற்பரப்பைச் சுற்றி ஒளி செறிந்துள்ளது.

முதலில் ஊதாவொளியைக் கருதி $\widehat{O_1EC} = \pi - \gamma_v$ ஆயிருக்குமாறு EO_1 ஐ வரைக. இங்கு γ_v என்பது ஊதாக்கதிர்களுக்குரிய இழிவு விலகலாகும். எனின், $\widehat{O_1EC} \simeq 41°$. துளி O_1 ஆனது ஆகக் குறைவாய் விலக்கப்பட்ட ஊதாக்கதிர்களை E இற்குச் செலுத்துவதினால் அதிகம் ஒளிர்வதாய்த் தோற்றும். O_1 இன் மேலேயுள்ள O ஐப் போன்ற துளியொன்றும் E இற்கு ஒளியைச் செலுத்தும். ஆனால், நாம் கருதுகின்ற கூம்பொன்றின் உட்பக்கத்திலிருந்து இது வருவதனால் விரிவாயிருக்கும். எனவே, ஒளிரல் மங்கலாயிருக்கும். எனினும், O_1 இன் மேலேயுள்ள துளிகள் E இற்கு எவ்வித வொளியையுஞ் செலுத்தா. ஏனெனில், இப்புள்ளியானது அவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் கூம்புகளுக்கு முழுவதும் வெளியேயிருக்கின்றது.



உருவம் 23·26. விற்களுண்டாதல். [பிரமாணத்துக்கு வரையப்படவில்லை.]

இப்போது EC அச்சாகக்கொண்டு வரிப்படத்தைச் சுழலவிட்டாற் புள்ளி O_1 ஒரு வட்டத்தையாக்கும். ஒவ்வொரு மழைத்துளியும் இழிவுவிலகல் நிலையையடைந்த ஊதாக்கதிர்களை E இற்குச் செலுத்தும். இந்த வட்டத்தினுள்ளேயுள்ள புள்ளிகள் மங்கலான ஒளிரலைச் செலுத்தும். வெளியேயுள்ளவை E இற்கு எவ்வித ஒளியையுஞ் செலுத்தமாட்டா. சூரியனின் வரையறையான விட்டத்தின் காரணத்தினால் துலக்கமான வட்டம் உணரக்கூடிய அகலத்தைக் கொண்டதாகும்.

செவ்வொளிக்கு ஒத்தகூம்பினது அரைச்சிக் கோணம் ஏறத்தாழ 43° ஆகும். எனவே, E இற்குச் செவ்வொளியைச் செலுத்துந் துளிகள், முதலில் விவரிக்கப்பட்டதுபோல, O_1 இலுஞ் சிறிது உயரத்திலுள்ளனவென்று பெறப்படும். செவ்வட்டத்தின் கோணவாரை ஏறத்தாழ 43° ஆகும். ஏனைய நிறங்கள் இடைநிலைகளிலுள்ள வட்டங்களிலுள்ளன. ஆகவே, புறவோரத்திற் சிவப்பும் உள்ளோரத்தில் ஊதாவுமுள்ளதும், 2° அகலமானதுமான திருசியப் பட்டியொன்றைப் பெறுகின்றோம்.

தனிநிறமொவ்வொன்றும் வரையறையான அகலத்தையுடைய பட்டியொன்றைக் கொடுப்பதனால், சூரியத்தட்டினது அளவின் காரணமாக, வானவில்லொன்றிலே வெவ்வேறு நிறங்கள் ஒன்றின்மேலொன்று அதிகமாகப் பொருந்தியுள்ளன என்பது பெறப்படும். நிறங்களின் சுவடு அழிந்து போகக்கூடிய அளவுக்கு இது நிகழுமாயின் **வெண்மைவானவில்** என்ற காட்சியைப் பார்க்கலாம். மெல்லிய முகிலொன்றினூடு கீழேயுள்ள மழைத்துளிகளில் சூரியவொளி பிரகாசிக்கும்போது சிலவேளைகளில் இது காணப்படும். இது சூரியவிட்டத்தை அதிகரித்துத் தோற்றச்செய்து ஒன்றின்மேலொன்று பொருந்தும் அளவையும் அதிகரிக்கச்செய்கின்றது.

இரண்டு உட்டெறிப்புகளின்பின் துளியொன்றிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியைப்பற்றி இப்போது கருதுவோமாக. படுகற்றைக்கும் இழிவுவிலகலைப் பெற்ற செங்கதிருக்குமிடையேயுள்ள கூர்ங்கோணம் ஏறத்தாழ 51° ஆகும். ஊதாக்கதிர்களுக்கு இது ஏறத்தாழ 54° ஆகும். எனவே, $\widehat{CEO_3} = 51°$ ஆயின், O_3 இலுள்ள நீர்த்துளியொன்று E இற்பார்ப்பவருக்குச் செறிவுகூடிய செவ்வொளியைச் செலுத்துகின்றது. O_3 இலும் மேலேயுள்ள துளிகள் வெவ்வேறு நிறங்களைச் செலுத்தும். எனவே, முதலாவதிலும் பார்க்க மங்கலானதும் அகலமானதுமான இரண்டாவது வில்லொன்று உண்டாக்கப்படும். இரண்டாவது தெறிப்பினாலுண்டான செறிவுக் குறைவும், துளியினுள்ளே நீண்ட பாதையின் காரணத்தினால் வெளிப்படுமிடத்திலே கதிர்களின் பெரிய நேர் கோட்டின் பிரிவுமே இவ்வியல்புகளின் காரணங்களாம். O_3 இன் கீழேயுள்ள துளிகள் E இற்கு இரண்டாவது படியொளியைச் செலுத்தமாட்டா. ஆயினும், O_3 இற்கு மேலேயுள்ளவை மிக மங்கலான கற்றையைமட்டுமே செலுத்துகின்றன. இந்தக் காரணத்தினால், விற்களிரண்டினுக்குமிடையேயுள்ள வெளியானது வானத்தின் மற்றப் பாகங்களிலும் இருட்டுக்கூடியதாயிருக்கின்றதென்பது பெறப்படும். துணைவில்லின் கோணவகலம் ஏறத்தாழ 3° ஆகும். இதன் உள்ளோரம் சிவப்பும் வெளியோரம் ஊதாவுமாயிருக்கும்.

இதனைப்போலவே, இக்கொள்கையைக்கொண்டு இதனிலும் உயரங்கூடிய படிகளிலுள்ள விற்களிருப்பதை முன்னதாகவே கூறமுடியும். ஆயினும், அவை அவ்வளவு பெலங்குறைந்திருப்பதினால் அவற்றைப் பார்க்கமுடியாது. அப்படிப் பார்த்தாலும் அரிதினும் அரிதேயாம்.

இழிவுவிலகற் கதிர்களை ஒரு புள்ளிக்குச் செலுத்தும் சிறுதுளிகளின் தொகுதியானது வேறெருபுள்ளிக்குச் செலுத்துந் தொகுதியாயிருக்கமுடியாதாதலின், இருவர் ஒரே வானவில்லைப் பார்க்கமுடியாதென்பது வெளிப்படை. அசைவற்ற நீரிலே தெறிப்பினாற் காணப்படும் வானவில்லானது வானத்தில் நேராகக் காணப்படுவதன் விம்பமல்லவென்பது குறிப்பிடத்

தக்கது. இது, பார்ப்பவர் நீரின்பரப்பிற்கு எவ்வளவு தூரம் மேலே இருக்கின்றாரோ அவ்வளவு தூரம் பரப்புக்குக் கீழேயுள்ள ஒருவரினுற் பார்க்கப்படும் வில்லின் விம்பமாகும்.

அப்பியாசம் 23

1. திருசியமானியொன்றின் ஒளியியல்முறையை விவரித்து நீரின் முறிவுக்குணகத்தைக்காண இதனை எவ்வாறு உபயோகிப்பீரெனக் கூறுக. நீர் உபயோகிக்கவேண்டிய ஆக முக்கியமான சூத்திரங்களை நிறுவுக.

இரும்புவில்லொன்றின் திருசியமானது கட்புலனை பாகத்தின் எல்லைக்கப்பாற் செல்லுமென்பதைக்காட்ட பரிசோதனைகள் விவரிக்க. கதிர் வீசலின் முதலிடமாகச் செந்தழலான இரும்புப்பந்தொன்று உபயோகிக்கப்பட்டால் விளைவுகள் எவ்வாறு மாறியமையுமென ஆராய்க.

2.—அரியதிருசியங்காட்டியொன்றின் முக்கியமான ஒளியியற் பாகங்களை விவரிக்க. திருசியங்காட்டி செப்பஞ் செய்யப்படும்போது திருசியம் உண்டாவதைக்காட்ட வரிப்படமொன்று வரைக.

(அ) வெள்ளொளிர்வான மின்விளக்கொன்றிலிருந்தும், (ஆ) சோடியச் சுவாலையொன்றிலிருந்தும், (இ) சூரியனிலிருந்தும் வருகின்ற ஒளியின் திருசியத்தினது தோற்றங்களை விவரிக்க. [L.]

3.—இரசவாவிவிளக்கொன்றிலிருந்துவரும் ஒளியினது தூயதிருசியமொன்றை வெள்ளைத் திரையொன்றில் உண்டாக்க, ஒடுங்கியபிளவொன்று, கண்ணுடியரியமொன்று, பொருத்தமான குவியத்தூரங்களையுடைய சில ஒருங்குவில்லைகள் என்பன எவ்வாறு ஒழுங்குசெய்யப்படலாமென வரிப்படமொன்றைக்கொண்டு விவரிக்க.

(அ) பொற்றாசியம் பரமங்கனேற்றின் ஐதான நீர்க்கரைசலொன்றினது உறிஞ்சு திருசியத்தையேனும், அல்லது (ஆ) 'சோடியக்கோடுகளின் நேர்மாறுதல்' என்ற தோற்றப்பாட்டினையேனும், விளக்கிக் காட்டுதற்குரிய பெயரிடப்பட்ட வரிப்படமொன்றைக் கொடுக்க.

4.—தூயதிருசியமொன்றை உண்டாக்க, ஒடுங்கிய பிளவொன்று, அரியமொன்று, ஒருங்குவில்லைகளிரண்டு எவ்வாறு ஒழுங்குசெய்யப்படலாமென விளக்குக. (அ) விலகலின்றிச் சராசரிக் கதிரின் நிறப்பிரிக்கையையும், (ஆ) நிறப்பிரிக்கையின்றி விலகலையும், உண்டாக்குவதற்கு இரண்டு அல்லது கூடிய அரியங்கள் எவ்வாறு ஒழுங்கு செய்யப்படலாமெனக் காட்டுக.

சிறிய முறிகோணத்தையுடைய கண்ணுடியரியமொன்று தூரத்திலுள்ள வெள்ளொளியின் புள்ளிமுதலிடமொன்றைப் பார்க்க உபயோகிக்கப்படுகின்றது. செவ்வொளிக்கும் நீலவொளிக்குமிடையேயுள்ள கோணப்பிரிவிற்குரிய எளிய சூத்திரமொன்றைப் பெறுக. செவ்வொளிக்கும் நீலவொளிக்கும் முறிவுக்குணகங்கள் முறையே 1·518 உம் 1·537 உம் ஆயின், முறிவுக்கோணம் 4° ஐயுடைய அரியமொன்றிற்குரிய செவ்வொளியினதும் நீலவொளியினதும் கோணப்பிரிவைக் கணிக்க.

5.—காலல் திருசியங்களுக்கும், உறிஞ்சதிருசியங்களுக்குமிடையேயுள்ள வித்தியாசங்களைக் கூறுக.

சூரியவொளியின் திருசியத்தை அவதானித்தற்குரிய முறையொன்றை விவரிக்க. ஞாயிற்றுதிருசியத்தின் முக்கியவியல்புகளை விவரித்து அவற்றைச் சுருக்கமாக விளக்குக. பிரௌனேவர் கோடுகள் உண்டாதலைவிளக்க பரிசோதனைச்சாலைப் பரிசோதனையொன்றை விவரிக்க. [L.A]

6.—திருசியமானியொன்றின் ஒளியியல்முறையினது வரிப்படமொன்றைக்கொடுத்து அதனை விவரிக்க. அரியக்கண்ணுடியின் சோடியவொளிக்குரிய முறிவுக்குணகத்தை அளக்கக் கருவியை எவ்வாறு உபயோகிப்பீர்? கண்ணுடியின் நிறப்பிரிக்கைவலுவைத் தீர்மானிக்க வேறு என்ன அவதானங்கள் தேவைப்படும்?

அரியமொன்றின் கண்ணுடியினது செவ்வொளிக்குரிய முறிவுக்குணகம் 1·514; நீலவொளிக்குரியது 1·523. வெற்றிடத்தினூடு ஒளியின்வேகம் செக்கனுக்கு 3×10^5 கிலோமீற்றராயின், அரியத்திலே செவ்வொளியினதும் நீலவொளியினதும் வேகங்களின் வித்தியாசத்தைக் கணிக்க. [N.A.]

7.—ஒருநிறக்கதிர்கள் அரியமொன்றிலே ஏறத்தாழச் செங்குத்தாக விழுகின்றன. அரியத்திரவியத்தின் இக்கதிர்களுக்குரிய முறிவுக்குணகம் μ எனவும், அரியக்கோணம் α எனவுங்கொண்டு இக்கதிர்களின் விலகல் $(\mu-1)\alpha$ எனக் காட்டுக.

கோணங்கள் 7°, 9° களையுடைய கண்ணுடியரியங்களிரண்டு சேர்த்து வைக்கப்பட்டு இச்சேர்க்கையில் ஏறத்தாழச் செங்குத்தாகப்படுகின்ற சோடியவொளியின் சமாந்தரக் கற்றையொன்று முந்தியதிசைக்குச் சமாந்தரமாக அதிலிருந்து வெளிப்படுகின்றது. முதலாவது அரியத்திரவியத்தின் முறிவுக்குணகம் 1·62 ஆயின், இரண்டாவது அரியத்தின் முறிவுக்குணகத்தைக் காண்க.

8.—அரியதிருசியமானியொன்றைச் செப்பஞ்செய்து சோடியவொளியின் இழிவுவிலகற் கோணத்தை அளக்க இதனை எவ்வாறு உபயோகிப்பீரென விவரிக்க. மஞ்சளொளிக்குப் பதிலாகச் செவ்வொளி உபயோகிக்கப்பட்டால் இவ்விழிவுவிலகற்கோணம் எவ்வாறு மாற்றமடையும்?

நீலவொளிக்குஞ் செவ்வொளிக்கும் நிறப்பிரிக்கையின்றி விலகலையுண்டாக்குமாறு முறிவுக்கோணம் 15° ஐயுடைய கிரவுண்கண்ணுடியரியமொன்றிலோடு சேர்க்கப்படவேண்டிய தீக்கற்கண்ணுடியரியத்தின் கோணத்தைக் கணிக்க. சேர்க்கையரியம் என்ன விலகற்கோணத்தை உண்டாக்கும்? கருதப்படும் எல்லாக் கோணங்களுக்கும் சைன் $\theta=\theta$ எனக்கொள்க.

[செவ்வொளிக்கும் நீலவொளிக்குமுரிய சிரவுண்கண்ணுடியின் முறிவுக் குணகப் பெறுமானங்கள் முறையே 1·5146, 1·5233. தீக்கற்கண்ணுடிக்கு ஒத்த பெறுமானங்கள் முறையே 1·6224, 1·6385]. [N.A.]

9.—அரியதிருசியங்காட்டியொன்று கொடுக்கப்பட்ட முதலிடமொன்றின் திருசியத்தைப் பண்புமுறையில் ஆராய உபயோகிக்கப்படவேண்டியிருக்கின்றது. ஆய்கருவியின் முக்கியபாகங்களின் ஒழுங்கையுந் தொழிற்பாட்டையும் பெயரிடப்பட்ட வரிப்படமொன்றைக்கொண்டு விளக்குக. இரண்டு அலை நீளங்களையுடைய ஒளிக்கதிர்களின் கருவியினூடுசெல்லும் பாதையை வரிப்படத்திற் காட்டுதல்வேண்டும்.

(அ) நீலக்கண்ணுடிவடியொன்று வெள்ளொளியின் முதலிடத்திற்கும் கருவியின் பிளவிற்குமிடையே வைக்கப்படும்போதும், (ஆ) இரண்டு வடிகளினூடுஞ் செல்லும் எந்தவொளியும் ஆராயப்படக்கூடியதாக மஞ்சள் வடியொன்று இடையில் வைக்கப்படும்போதும், (இ) இரசவாவிமுதலிடமொன்று அல்லது வாயுவிறக்கக்குழாய் பிளவை ஒளிரச்செய்யும்போதும், திருசியத்தின் தோற்றத்தை விளக்கி விவரிக்க. [N.A.]

10.—இரண்டு முறிவுகளுக்கும் ஒரு தெறிப்பிற்கும் பின்பு நீரின் கோளத் துளியொன்றிலே கோணம் i இற் படுகின்ற ஒருநிறவொளியின் கதிரினது விலகல் δ இற்குரிய கோவையொன்றைப் பெறுக.

இங்கு முறிவுக்குணகம் $\frac{4}{3}$ எனக்கொண்டு, இழிவுவிலகல் நீலக்குரிய படுகோணம் 60° எனக்காட்டி இழிவுவிலகற் கோணத்தின் பெறுமானத்தையுங் கணிக்க.

இதிலிருந்து வானவில்லொன்றின் தலைமைவில் உண்டாவதை விளக்குக. [N.S.]

11.—(அ) கானல்னீர், (ஆ) வானவில், உண்டாதலைப்பற்றி விளக்குக. உமது விடையை வரிப்படங்களைக் கொண்டு விளக்கிக்காட்டுக. உபயோகிக்கப்படும் பௌதிகத் தத்துவங்களிலே விசேட கவனஞ்செலுத்துக. [N.A.]

12.—PQR என்பது முறிவுக்குணகம் 1·5 ஐயுடைய கண்ணுடியினூற் செய்யப்பட்ட இருசமபுயச் செங்கோணமுக்கோணவரியமொன்றின் தலைமை வெட்டுமுகமாகும். $\hat{PQR} = 90°$. O என்பது முகம் PQ இற்குச் செங்குத்துக்கோடொன்றிலே வைக்கப்பட்டுள்ள ஒளிரும்புள்ளியாகும். இச்செங்குத்துக்கோடு, 12 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய மெல்லிய ஒருங்குவில்லை L இன் அச்சாகவுமுள்ளது. வில்லையின் துவாரம் 1 சமீ. ஆரையையுடையது. AB என்பது L இனூடு முறிவின்பின் உண்டான அந்தலைக் கதிராகும் இக்கதிர் B இல்முறிந்த பின்பு அரியத்தின் முகம் PR இற் படுகின்றது. முகம் PR இற் படுகின்ற எல்லாவொளியும் முழுவுட்டெறிப்பைப் பெற வேண்டுமாயின், L இலிருந்து O ஆனது இருக்கவேண்டிய ஆகக்கூடிய தூரமென்ன ? [குறிப்பு.—வில்லையினூல் உண்டாக்கப்பட்ட O இன் விம்பம் மாயமானதாகும்].

13.—தூண்டப்பட்ட ஐதரசன் குழாயிலிருந்துவரும் சமாந்தரவொளியானது முறிவுகோணம் 60° O′ ஐயுடைய கண்ணுடியரியமொன்றினூடு செலுத்தப்படுகின்றது. ஐதரசன் திருசியத்தின் செங்கோடு C இழிவுவிலகல் நிலையை அடையுமாறு அரியம் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஊடுசெலுத்தப்பட்ட ஒளியானது குவியத்தூரம் 40·0 சமீ. ஐயுடைய நிறந்தரா வில்லையொன்றினூல் படத்தட்டொன்றிற் குவிக்கப்பட்டுள்ளது. தட்டிலே திருசியத்தின் C கோட்டினதும் F கோட்டினதும் விம்பங்களின் நேர்கோட்டுப் பிரிவை மில்லி மீற்றரிற் காண்க. C கோட்டுக்கும் F கோட்டுக்குமுரிய கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகங்கள் முறையே 1·604, 1·620 எனக்கொள்க. [N. S. (பாகம்)]

அத்தியாயம் 24

அச்சயலில்லாக் கதிர்களும் கற்றைகளும். ஒளிவிம்பங்களிற் சில குறைகள்.

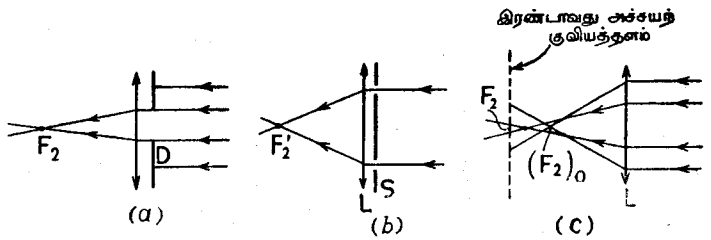
முன்னுரை.—பரப்பொன்றிலே ஒளிக்கதிர்களின் முறிவினால் அல்லது தெறிப்பினால் உண்டாக்கப்பட்ட விம்பமொன்றின் நிலையை ஆராயும் போது, கதிர்கள் தொகுதியின் ஒளியியலச்சிற்கு சிறியகோணங்களிற் சாய்ந்திருக்கின்றனவென்று கொள்ளப்பட்டது. இவ்வகையான சந்தர்ப்பங்களிலே ஒளியியற்கருவியொன்றின் அச்சிலுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்து விரிகின்ற ஒளிக்கற்றையொன்று முறிவினால் அல்லது தெறிப்பினால் மேலே குறிப்பிட்ட அச்சிலுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்து விரிகின்ற அல்லது அப்புள்ளியை நோக்கி ஒருங்குகின்ற ஒளிக்கற்றையொன்றுண்டாவதைக் காண்கின்றோம். இதனைப்போலவே, அச்சுக்குச் செங்குத்தானதளங்களிலுள்ள சிறிய பொருள்களின் விம்பங்கள் பொருளிற்கு கேத்திரகணித முறையில் ஒத்தனவென்று காணப்படும். இப்போது, பொதுவாக, ஒளியியற்றொகுதியொன்றினூடு செல்லுகின்ற ஒளிக்கதிர்கள்பல, மேலேயுள்ள நிபந்தனைகளுக்கமைந்து கட்புலனான விம்பமொன்று உண்டாக்கப்படும். அச்சயற்கதிர்களின் இயல்புகள் இவையேயாம். இவ்வத்தியாயத்திலே விம்பத்தில் அச்சயற்பாகத்துக்கப்பாலிருக்கும் கதிர்களின் விளைவைப் பண்புமுறையாகமட்டுமே பொதுவாக ஆராய்வோம். $\theta \to 0$ ஆகும்போது சைன் $\theta \to \theta$ என்ற காரணத்தைக்கொண்டு சைன் θ ஐ θ இனாற் பிரதியிடலாமென்ற கட்டுப்பாட்டை அடிப்படையாய்க்கொண்ட கொள்கையானது பெரும்பாலும் **முதற்படிக்கொள்கை** எனப்படும்.

இப்போது, பொதுவாக, வில்லையொன்றினூடு செல்வன அல்லது ஆடியொன்றிலிருந்து தெறிப்பனவாகிய ஒளிக்கற்றைகளின் கோணவளவுகள் வரையறையானவை. எனவே, விம்பமானது பொருளின் உண்மையான படமாகாது.

$$\text{சைன் } \theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!}$$

எனவெழுதி முதற்படிக்கொள்கையிலிருந்து வேறுபாட்டை ஆராயலாம். 1855 ஆம் ஆண்டிலே **வொன் சீடிளி** (Von Seidel) னால் உருவாக்கப்பட்ட **மூன்றும்படிக்கொள்கை** இதிலிருந்து எழுகின்றது. முதற்படிக்கொள்கையிலிருந்து வேறுபாடுகள் **பிறழ்ச்சிகள்** எனப்படும். **சீடிளின்படி,** கூடிய சாய்வுள்ள கதிர்கள் விம்பத்திலுண்டாக்கும் விளைவு ஐந்து திருத்தவுறுப்புகளினாற் குறிக்கப்படலாம். இவ்வகையான கதிர்கள் முதற்படிக்கொள்கையின்படி தொழிலாற்ற வேண்டுமாயின் இவ்வைந்துறுப்புகளாலொன்றும் பூச்சியமாயிருத்தல் வேண்டும். இவ்வுறுப்புகளுள் ஒன்றேனும்

பலவேனும் பூச்சியமாயில்லாவிட்டால், அச்சயற்பாகத்துக்கப்பாற்பட்ட கதிர்கள் முதற்படிக்கொள்கையின்படித் தொழிற்படவில்லையென்பதற்கும் பிறழ்ச்சியின் ஏதாவது வகையொன்றிருக்கின்றதென்பதற்கும் அறிகுறியாம். **கோளப்பிறழ்ச்சி, மங்கல், புள்ளிக்குவியமில்குறை, வளைவு, திரிவு** என்பனவே **சீடிளின்** ஐந்து நிபந்தனைகளோடு மொத்தம் ஐந்து பிறழ்ச்சிகளாம். ஒருநிறம் அல்லது அதிர்வெண்ணையுடைய ஒளியினூடு இவை நிகழலாமாதலின், ஒருநிறப்பிறழ்ச்சிகளென இவை குறிப்பிடப்படும். இந்தப்பிறழ்ச்சிகளோடுகூட ஒளியானது ஒரு நிறமாயிருக்கும்போது வில்லையொன்றினால் உண்டாக்கப்படும் விம்பமானது **நிறப்பிறழ்ச்சி** எனப்படும் மேலதிகமான குறையொன்றினாற் பீடிக்கப்படலாம். ஒளியின் அதிர்வெண்ணோடு வில்லைப் பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகமாறலே இதற்குக் காரணமாகும். இது முதற்படிக்கொள்கையைக்கொண்டு நிகழும்.



உருவம் 24.01.—வில்லையொன்றின் பயனான கோளப்பிறழ்ச்சி.

கோளப்பிறழ்ச்சி.—உருவம் 24.01 (*a*) இலிருப்பதுபோல, ஒளியின் அகன்ற சமாந்தரக் கற்றையொன்று மெல்லிய ஒருங்குவில்லை **L** இற் செங்குத்தாக விழுகின்றதெனக் கொள்க. **தடை** என்று சொல்லப்படுஞ் சிறிய துவார மொன்றையுடைய மென்றகடு **D** ஆனது அச்சினண்மையிலுள்ள கற்றையாகப் படுகதிர்களை ஒடுக்குமாயின், தூரவுள்ள பொருளின் விம்பமானது வில்லையின் இரண்டாவது தலைமைக்குவியமாகிய $\mathbf{F_2}$ இல் உண்டாகும். கங்கணத்தூவரத்தையுடைய திரை **S** ஆனது, உருவம் 24.01 (*b*) இலிருப்பதுபோல, வில்லையின்முன்பு வைக்கப்பட்டால், அதனூடுசெல்லுங்கதிர்கள் $\mathbf{F_2'}$ இலே குவிக்கப்படக் காணப்படும். இது $\mathbf{F_2}$ இலும்பார்க்க வில்லைக்கு அண்மையிலிருக்கும். தூரம் $\mathbf{F_2F_2'}$ என்பது கதிர்கள் ஊடுசெல்லுகின்ற வில்லையின் சிறப்பான பாகத்தின் **கோளப்பிறழ்ச்சி** எனப்படும்.

இதனைப்போலவே, வில்லையின் ஆகவெளியேயுள்ள பாகத்திலிருந்து வருங் கதிர்கள் வில்லைக்கு இன்னுங் கூடுதலாத அண்மையிலுள்ள புள்ளி $(\mathbf{F_2})_0$ இனூடு செல்லும், உருவம் 24.01 (*c*). எனவே, படுகற்றையானது வில்லைமுழுவதையும் நிரப்பியிருக்குமாயின், முறிகதிர்கள் வில்லையின் தலைமையச்சை $\mathbf{F_2}(\mathbf{F_2})_0$ தூரத்தினுள்ளே வெட்டுகின்றன. இத்தூரமானது **வில்லையின் நீளப்பக்கக் கோளப்பிறழ்ச்சி** எனப்படும்.

தனிமுறிவுப்பரப்பொன்றிலே விம்பமுண்டாதலைப்பற்றிய பிரச்சினையைக் கையாளும்போது $\mu_1\theta_1 = \mu_2\theta_2$ என்பது μ_1 சைன் $\theta_1 = \mu_2$ சைன் θ_2 என்ற சூத்திரத்தின் அண்ணளவெனக்கொண்டு, 65,III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க, அடிப்படையான அச்சயற்சமன்பாடு பெறப்பட்டது.

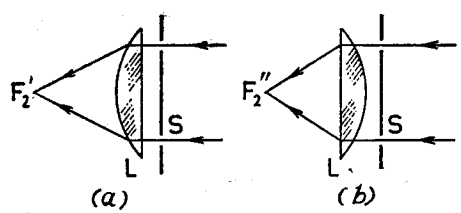
$$\text{சைன் } \theta = \theta - \frac{\theta^3}{6} + \frac{\theta^5}{120} \quad . \quad . \quad . \quad . \text{ ஆதலினால்}$$

$$\mu_1\left[\theta_1 - \frac{\theta_1^3}{6}\right] = \mu_2\left[\theta_2 - \frac{\theta_2^3}{6}\right]$$

எனவெழுதி அண்ணளவுகூடிய பெறுமானத்தைப் பெறலாம்.

படுகதிர்கள் வில்லையினச்சிலிருந்து அகலச் செல்லச்செல்ல, ஒளிபடும் முகத்தின் வளைவானது θ_1 இன், அதனோடு θ_2 இன், அடிப்படையான அச்சயற்சமன்பாடு பிரயோகிக்கப்படக்கூடாத அளவுக்குப் பெறுமானங்களை அதிகரிக்கச்செய்கின்றன. கணிதமுறைப்பகுப்பை இன்னுங் கூடுதலாய்க் கொண்டு செல்வது இந்நூலின் நோக்குக்கப்பாற்பட்டதாகும். ஒரு தனிக் கோளப்பரப்பிற்கு சைன் θ இற்குரிய சூத்திரத்தின் அண்ணளவற்ற தன்மை θ_1 இனோடும் θ_2 இனோடும் விரைவாக அதிகரிக்கின்றதென்பதை அறிந்துகொள்வது போதியதாகும். ஆகவே மிகவெளியேயுள்ள அல்லது எல்லையிலுள்ள கதிர்களின் படுகோணம் சிறிதாய் வைத்துக் கொள்ளப்படல் வேண்டும். மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றுக்கு கதிரின் விலகலானது இரண்டு மேற்பரப்புகளினூலும் ஏறத்தாழச் சமமாகப் பங்கிடப்படுதல் வேண்டும். படுமொளியானது சமாந்தரக்கற்றையாயிருக்கும்போது வில்லையின் குவிவான பக்கம் படுகற்றையை ஏற்குமாயின், ஒவ்வொரு பரப்பிலுஞ் சமமான விலகலதிகரிப்பைக் கதிரானது ஏற்கவேண்டுமென்ற நிபந்தனை பூரணமாகின்றது.

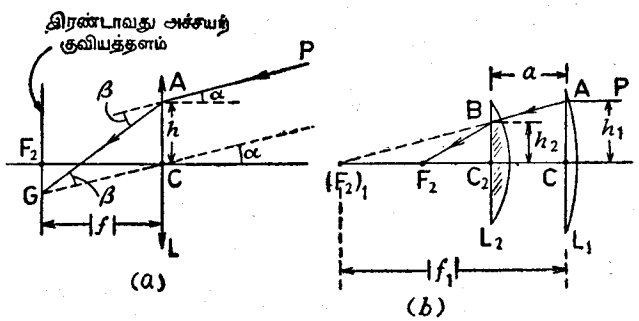
சிறப்பான உதாரணமாக, தளப்பரப்பானது படுகற்றையை நோக்கியிருக்கும் தளக்குவிவுவில்லை L ஐக்கருதுவோமாக, உருவம் 24.02 (a) எனின் கங்கணத்தடையொன்றை உபயோகித்துக் கதிர்கள் F'_2 இலே குவிக்கப்படுகின்றன. விலகலானது முழுவதும் வில்லையின் வளைவுபரப்பிலேயே உண்டாகின்றது. எனினும், உருவம் 24.02 (b) இலிருப்பதுபோல, வில்லையானது நேர்மாறுகவிருப்பின் இரண்டு பரப்புகளும் ஏறத்தாழச் சமமான விலகல்களை உண்டாக்குகின்றன.



உருவம் 24.02.—மெல்லிய தளக் குவிவுவில்லையின் பயனை கோளப்பிறழ்ச்சி.

குறுக்கு வில்லை.—கிரவுண் கண்ணாடி வில்லையொன்றிற்கு ($\mu = 1{\cdot}5$) கூடுதலாக வளைந்த பரப்பு முதலிற் படுகற்றையைப் பெறுமாயின், வில்லை இருகுவியாயும் அதன் பரப்புகளின் வளைவ ரைகளினது விகிதம் 1 : 6 ஆயுமிருக்கும்போதே கோளப்பிறழ்ச்சி இழிவு குமெனக் காட்டப்படலாம். இவ்வகையான வில்லையொன்று **குறுக்கு வில்லை** எனப்படும். இவ்வகையான வில்லையொன்றின் கோளப்பிறழ்ச்சி தளக்குவிவுவில்லையொன்றினதிலும் பார்க்க 2 அல்லது 3 நூற்றுவீதமே குறைந்ததாகும். எனவே செய்முறையிலே, இவ்வகைவில்லையே ஏறத்தாழ எப்போதும் உபயோகிக்கப்படும். தீக்கற்கண்ணாடிக்கு ($\mu = 1{\cdot}6$) செங்குத்தாக வெட்டும் வில்லை தளக்குவிவானதாகும்.

சிறிய கோளப்பிறழ்ச்சியையுடைய இரண்டு மெல்லிய வில்லைகள்.—கோளப்பிறழ்ச்சியைக் குறைப்பதற்காக மெல்லிய ஒருங்குவில்லைகளிரண்டு ஒரேயச்சில் ஒழுங்குசெய்யப்படலாம். தொகுதியினூடுசெல்லும் கதிரொன்றின் விலகலானது இரண்டுக்குப் பதிலாக நான்கு பரப்புகளிற் பரவப்படும். ஒவ்வொரு வில்லையினுமுள்ள விலகல் சமமாயிருக்கும்போது கோளப்பிறழ்ச்சி இழிவானதாகும் எனக் கொள்வது நீதியானதாகுமெனத் தோற்றுகின்றது.



உருவம் 24.03.—கோளப்பிறழ்ச்சி இழிவானதான இருவில்லைத் தொகுதி.

மெல்லிய ஒருங்குவில்லை L இனூடு செல்லுகின்ற, உருவம் 24.03 (a), கதிரொன்றின் விலகலைப்பற்றிய கோவையொன்றைப் பெறுதற்கு, PA என்பது வில்லையின் தலைமையச்சினோடு சிறியகோணம் α இலே சாய்ந்துள்ள, படுகற்றையெனக் கொள்க. ஒத்த வெளிப்படுகற்றையின் பாதை AG ஐப் பெறுதற்கு, வில்லையின் ஒளியியல்மையமாகிய C இனூடு துணையச்சு CG ஐ PA இற்குச் சமாந்தரமாக வில்லையின் இரண்டாவது அச்சயற்குவியத் தளத்தை G இல் வெட்டுமாறு வரைக. எனின், தேவையான கதிர் AG ஆகும். இக்கதிரின் விலகற்கோணம் β ஆகும். வரிப்படத்திலிருந்து

$$\widehat{CAG} = \pi - \left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) - \beta = \frac{\pi}{2} - (\alpha + \beta)$$

எனப் பெறுகின்றோம். எனவே, ΔCAG இலே $CA = h$ ஆயின், எல்லாக் கணியங்களும் எண்ணளவாகக் கருதப்படும்போது

$$\frac{h}{\text{சைன்}\,\beta} = \frac{CG}{\text{சைன்}\left(\frac{\pi}{2} - \overline{\alpha+\beta}\right)} = \frac{|f|}{\text{கோசை}\,\alpha.\ \text{கோசை}\,(\alpha+\beta)}$$

சைன் $\beta \to \beta$, கோசை $\alpha \to 1$ ஆதலின்,

$$\frac{h}{\beta} = \frac{|f|}{\text{கோசை}^2\alpha\ \ \text{கோசை}\,\beta - \text{சைன்}\,\alpha\ \ \text{கோசை}\,\alpha\ \ \text{சைன}\,\beta}$$

$$\simeq |f|.$$

$$\therefore \beta = \frac{h}{|f|}.$$

குவியத்தூரங்கள் முறையே $|f_1|$, $|f_2|$ களைக்கொண்ட ஒருங்குவில்லைகளிரண்டு, உருவம் 24.03 (*b*) இலிருப்பதுபோல, தூரம் a இலே ஒரேயச்சில் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளனவெனக்கொள்க. தூரப்பொருளொன்றிலிருந்து வருங் கதிர்களுக்குக் கோளப்பிறழ்ச்சி இழிவாயிருக்குமாறு a இன் பெறுமானமொன்றைப் பெற விரும்புகின்றோம். படுகதிர் PA ஆனது அச்சிலிருந்து h_1 தூரத்திலே முதலாவது வில்லையிற் படுமாயின், இவ்வில்லையினாலுண்டான விலகலானது $\frac{h_1}{|f_1|}$ ஆகும். முதல்வில்லையினூடு செல்லுங் கதிரானது இரண்டாவது வில்லையை B இலே, அச்சிலிருந்து h_2 தூரத்திற் படுமாயின், இவ்வில்லையினாலுண்டான விலகல் $\frac{h_2}{|f_2|}$ ஆகும். இவ்விலகல்கள் சமமாயின்,

$$\frac{h_1}{|f_1|} = \frac{h_2}{|f_2|} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(i)}$$

முதலாவது வில்லையின் இரண்டாவது குவியப்புள்ளி $(F_2)_1$ ஆயின், முக்கோணங்கள் $AC_1(F_2)_1$, $BC_2(F_2)_1$ ஒத்தனவாதலின்

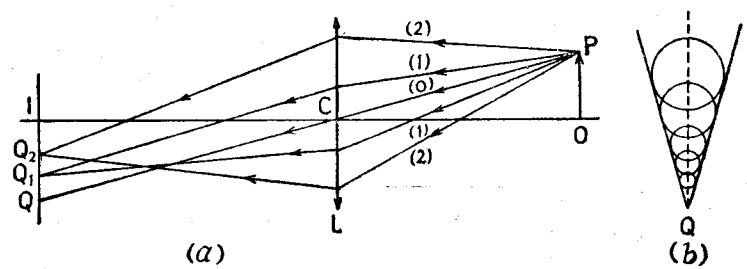
$$\frac{h_1}{|f_1|} = \frac{h_2}{|f_1| - a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(ii)}$$

சமன்பாடுகள் (i) உம் (ii) உம் $a = |f_1| - |f_2|$ எனக் கொடுக்கின்றன. நீளங்கூடிய குவியத்தூரத்தையுடைய வில்லையினூல் ஒளியானது முதலில் எற்கப்படக்கூடியதாயும், வில்லைகளினிடைத்தூரம் அவற்றின் குவியத்தூரங்களின் எண்ணளவுப் பெறுமானங்களின் வித்தியாசமாயிருக்கக்கூடியதாகவும், வில்லைகள் ஒழுங்குசெய்யப்படல்வேண்டுமென இது காட்டுகின்றது. ஐகனின் பார்வைத் துண்டொன்றில் $f_1 = -3\phi$, $f_2 = -\phi$, $a = 2\phi$ ஆகவிருந்தது. எனவே, இழிவுக்கோளப்பிறழ்ச்சிக்குரிய நிபந்தனை இதனூற் திருப்தியாக்கப்பட்டது.

மெல்லிய வில்லையொன்றின் கோளப்பிறழ்ச்சியைப்பற்றிய இன்னுஞ்சில குறிப்புகள்.—மெல்லிய தளக்குவிவு வில்லையொன்றின் அச்சுக்குச் சமாந்தரமான ஒளிக்கற்றையொன்று அவ்வில்லையினூடு செல்லும்போது இழிவுக் கோளப்பிறழ்ச்சியைப்பெற ஒளியானது முதலிலே வில்லையின் வளைவான பரப்பில் விழவேண்டுமென்று காட்டியுள்ளோம். பொதுவாக, கோளப்பிறழ்ச்சியினளவு வில்லையினூடு ஒளிசெல்லுந் திசையிலே தங்கியிருக்கின்றது. அன்றியும், சமாந்தரவொளிக்கற்றைகளைப்பற்றி மட்டுமே இதுவரை விவாதித்தோமென்பதை மறந்துவிடக்கூடாது. அதாவது, கோளப்பிறழ்ச்சியினளவு பொருளின் நிலையிலே தங்கியிருக்கின்றது.

உருவம் 24.02 (*a*) இலிருப்பதுபோலத் தளக்குவிவுவில்லையொன்று ஒழுங்கு செய்யப்படும்போது பொருளானது முடிவிலியிலிருக்கும்போதே கோளப்பிறழ்ச்சி பெரிதாயிருக்கின்றது. வில்லையின் வளைவான பரப்பிலே மட்டுமே விலகல் முழுவதும் நிகழுகின்றது. வில்லைக்கு இன்னும் அண்மையாகப் பொருளானது கொண்டுவரப்படும்போது முதலாவது பரப்பிலே விலகல் கூடுதலாகவும் இரண்டாவதிற் குறைவாகவும் நிகழுகின்றது. அதாவது, கோளப்பிறழ்ச்சி குறைவாகும். எனவே, பொதுவாக, வில்லையிலிருந்து அதன் குவியத்தூரத்தின் மூன்று அல்லது நான்கு மடங்கைப் போன்ற சார்பாகக் குறுகிய தூரத்திலே பொருளொன்றின் விம்பத்தையுண்டாக்கக் குறித்த தளக்குவிவுவில்லையொன்று உபயோகிக்கப்பட்டால், தளப்பரப்புப் பொருளை நோக்கியிருக்கும்போது ஒவ்வொரு பரப்பிலும் விலகலின் சமமான எற்றங்களைக் கதிரொன்று பெறுகின்றது எனக் கூறப்படலாம். எனினும், பொருளானது தூரத்திலிருக்கும்போது தளக்குவிவுவில்லையின் வளைவுமேற்பரப்பு பொருளைநோக்கியிருக்கும்போது கோளப்பிறழ்ச்சியானது மிகவுங் குறைகின்றது.

மங்கல்.—**மங்கல்** எனப்படும் பிறழ்ச்சி வில்லையின் அச்சிலில்லாப் புள்ளிகளிலிருந்துவருங் கதிர்களினூலுண்டாக்கப்பட்ட விம்பத்தின் குறையாகும். மங்கலினியல்பை விவாதிப்பதற்கு மற்றெந்தப் பிறழ்ச்சியுமில்லையெனக் கொள்ளப்படும். OP என்பது, உருவம் 24.04 (*a*), ஒளியியல்மையம் O ஐயுடைய மெல்லிய ஒருங்குவில்லை L இன் தலைமையச்சிலுள்ள புள்ளி O ஐக்கொண்ட சிறிய கோட்டுப்பொருளெனக் கொள்க.



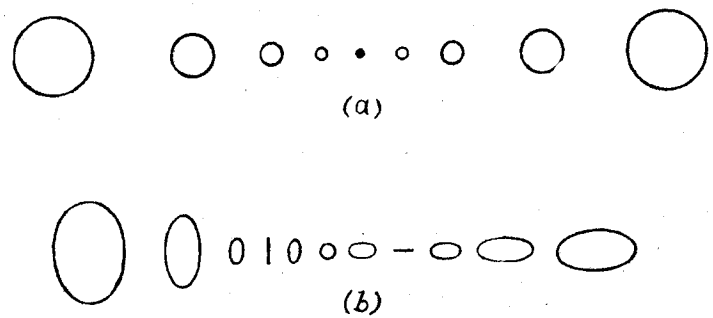
உருவம் 24.04.—உச்சநெடுங்கோட்டுத்தளத்திலே மங்கல்.

I என்பது O இன் அச்சயல்விம்பமெனவுங்கொள்க. மங்கலைத்தவிர்ந்த வேறெந்தப் பிறழ்ச்சியுமற்ற விம்பத்தை வில்லையானது கொடுக்கின்ற தெனக் கொள்ளப்படுவதினால், OP இன் ஒவ்வொரு புள்ளியினுமிருந்து வருங் கதிர்கள் விம்பத்தளம் IQ இற் குவிக்கப்படும். இங்கு PCQ ஒரு நேர்கோடாகும். அதாவது, (1, 1) அல்லது (2, 2) போன்ற கதிர்ச்சோடிகள் முறையே Q_1, Q_2 களிற் குவிக்கப்படுகின்றன. வில்லையின் வெவ்வேறு பாகங் களோடு சமமான குவியத்தூரம் மாறுகின்றதென இது காட்டுகின்றது. வில்லையானது வேறேதாவது நிபந்தனைக்கிணங்க அமைந்தாலன்றி P இன் புள்ளிவிம்பமொன்று உண்டாகாதென்று இதனாற் பெறப்படுகின்றது. பயன் படுபாகத்தின் வீட்டம் அதிகரிக்கப்பட்ட அதிலிருந்துவருங் கதிர்ச்சோடியோ டொத்த குவியங்கள் வில்லையின் அச்சைநோக்கி இயங்குகின்றன. வில்லை யின் தலைமையச்சையும் கோட்டுப்பொருளையுங்கொண்ட தளத்திலுள்ள கதிர் கள் சிலவற்றைமட்டும் வரிப்படங்காட்டுகின்றது. இந்தத்தளம் **உச்சநெடுங் கோட்டுத்தளம்** எனப்படும். P இலிருந்து வில்லையிலே படுகின்ற சரிவான கதிர்களுமுள்ளன. உச்சநெடுங்கோட்டுத்தளத்துக்குச் செங்குத்தானதும் P இனூடு செல்வதுமான தளமானது **அம்புருத்தளம்** எனப்படும். (2) ஐப் போன்ற பாகத்திலிருந்துவரும் சரிவான கதிர்கள் Q_2 இனூடு செல்லும் வட்டமொன்றின் பரிதியிலுள்ள புள்ளிகளிற் குவிக்கப்படுகின்றனவென்று காட்டப்படலாம். ஒவ்வொருபாகமும் அதனூடு தொடர்பாக **மங்கல்வட்டம்** எனப்படும் ஒத்த வட்டமொன்றையுடைய தாகும். இவ்வட்டத்தின் விட்ட மானது Q இலிருந்து I ஐ நோக்கிச் செல்லச்செல்ல அதிகரித்துக்கொண்டே போகும். உருவம் 24.04 (*b*) இலே இவ்வகையான வட்டங்களின் தொட ரொன்று வரையப்பட்டுள்ளது. அதாவது, விரிந்து மேற்பொருந்தும் வட்டங் களின் தொடரொன்றை வில்லை உண்டாக்குகின்றது. உச்சியிலே இதன் செறிவு ஆகக்கூடியதாயிருக்கும். மேலே போகப்போகச் செறிவுகுறைந்து முழுவதும் வால்வெள்ளியைப் போன்ற தோற்றத்தைக் கொடுக்கின்றது. எனவே, P என்பது ஒளிரும் ஊசித்துளை அல்லது உடுவாயிருப்பின் வசதி யாக வைக்கப்பட்டுள்ள திரையொன்றினுலுண்டாக்கப்படும் விம்பமானது வால் வெள்ளியொன்றை ஒத்திருக்கும்.

விம்பத்தையுண்டாக்குங் கதிர்கள் வில்லையின் சிறிய பாகங்களினூடுமட்டுஞ் செல்லக்கூடியதற்காகச் சிறிய தடையொன்றை வில்லையின் முன்புவைத்து மங்கலானது குறைக்கப்படலாம். இவ்வகையான தடையொன்று விம்பத் திலுள்ள மங்கற்குறையைக் குறைக்கும். அதாவது, புள்ளிப்பொருளொன் றின் விம்பமானது பக்கப்பாட்டிற்கு இழுபட முயல்வதைக் குறைக்கின் றது. நாம் முன்னரே காட்டியதுபோல, தடையானது கோளப்பிறழ்ச்சி யையுங் குறைக்கின்றது. இப்பிறழ்ச்சியிருக்குமெனின், அச்சிலுள்ள புள்ளிப் பொருளின் விம்பம் அச்சின் நேரே இழுபடமுயலும்.

மங்கலற்ற விம்பமொன்றைக்கொடுக்கும் வில்லைத்தொகுதிக்குரிய நிபந் தனையானது இங்கு ஆராயப்படுதற்கு மிக்க சிக்கலானதாகும். ஆனாற் பல வாண்டுகளுக்குமுன்பு **பிரௌனெவர்**, அதன் வரையறைக்குப் பேர் பெற்ற வானியற்றெலைகாட்டியொன்றை அமைத்தாரெனக் காணப்பட்டது. இதிலே மங்கலில்லாமைக்குரிய நிபந்தனை தற்செயலாகப் பெறப்பட்டது.

புள்ளிக்குவியமில்குறை.—ஒளிரும் முதலிடமொன்று ஒருபடித்தான சம வியல்பையுடைய ஊடகமொன்றிலிருப்பின் அதிலிருந்து விரிந்துசெல்லும் அலைமுகங்கள் கோளவடிவானவையாயிருக்கும். ஆகவே, அச்சைப்பற்றிச் சமச்சீரான ஒளியியற்கருவியொன்று அவ்வச்சு ஒளிரும்புள்ளியை வெட்டக் கூடியதாக வைக்கப்பட்டால், வெளிப்படும் அலைமுகங்களும் மேலேகுறிப் பிட்ட அச்சைப்பற்றிச் சமச்சீர்மையையுடையனவென சமச்சீர்மையிலிருந்து பெறப்படுகின்றது. கருவியின் அச்சுக்கண்மையிலுள்ள அலைமுகங்களின் பாகங்களேமட்டுங் கருதினுமேயானால் அவற்றைக் கோளங்களின் பாகங் களாகக் கருதலாம். எனவே, அச்சிலுள்ள புள்ளியொன்றைநோக்கி ஒருங்கி மெய்யான விம்பமொன்றைக் கொடுக்கலாம், அல்லது, அவ்வகையான புள்ளியொன்றிலிருந்து விரிவனவாகத்தோன்றி மாயவிம்பமொன்றைக் கொடுக்கலாம். முந்திய சந்தர்ப்பத்திலே மேலே குறிப்பிடப்பட்ட அச்சுக்குச் செங்குத்தான கற்றையின் வெட்டுமுகம் படிப்படியாகக்குறைந்து விம்பத் தின் நிலையிலே பூச்சியமாகி, மீண்டும் அதிகரிக்கும். வெட்டுமுகத்தினுருவம் எப்போதும் வட்டமாயிருக்கும், உருவம் 24.05 (*a*). இவ்வகையானகற்றை யொன்று ஒரேமையமுடையது எனப்படும்.



உருவம் 24.05.—(அ) ஒரேமையக்கற்றையொன்றினதும், (ஆ) புள்ளிக்குவியமில் கற்றை யொன்றினதும், அடுத்தடுத்த வெட்டுமுகங்கள்.

ஆயினும், முறிக்கும் அல்லது தெறிக்கும் பரப்பிலே சிறியஒளிக்கற் றையொன்று சாய்வாகப் படும்போது, வெவ்வேறு தளத்திலே வளைவானது வெவ்வேருயிருத்தலினால், பொதுவாக வெளிப்படு மலைமுகங்கள் கோளத் தன்மையை இழந்துவிடுகின்றன. இந்தச் சந்தர்ப்பங்களிலே வெளிப்படுகற் றையின் வெட்டுமுகங்கள் தனிப்புள்ளியாக ஒருபோதுஞ் சுருங்குவதில்லை,

ஆனால், முறையாக உருவம் 24.05 (*b*) இலே காட்டியிருப்பதுபோன்ற உருவங்களைப் பெறுகின்றன. வெட்டுமுகமானது முதலிலே குறுகிய கோடாகச் சுருக்கப்பட்டுப் பின்பு முந்தியதற்குச்செங்குத்தான கோடாகச் சுருக்கப்படும். இவை கற்றையின் **குவியக்கோடுகள்** எனப்படும். ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்தாயுள்ள குறுகியகோடுகளிரண்டிலிருந்து விரிகின்ற மெல்லிய ஒளிக்கற்றையொன்று **புள்ளிக்குவியமில்கற்றை** எனப்படும்.

புள்ளிக்குவியமில் கற்றைகளைப்பற்றிப் பரிசோதனைமூலம் ஆராய எத்தனிக்கு முன்பு முறிக்கும் மேற்பரப்பை அல்லது வில்லையொன்றின்வலுவைப் பற்றி விளக்குதல்வேண்டும்.

முறிக்கும் பரப்பொன்றின் அல்லது வில்லையொன்றின் வலு.— வில்லையொன்றின் குவியத்தூரம், f, இனது தலைகீழ்ப்பின்னம் அதன்வலு κ எனப்படும். எனவே, குவியத்தூரம் 20 சமீ. ஐயுடைய ஒருங்குவில்லையொன்றிற்கு $f = -20$ சமீ., வலு $\kappa = -0{\cdot}05$ சமீ.$^{-1}$ இச்சந்தர்ப்பங்களிலே வலுவினலகு சமீ.$^{-1}$ ஆகும். விழியியல் அறிஞரும் ஒளியியற் றொழிலாளரும் வலுவின் இவ்வலகை வசதியற்றதாகக்காண்கின்றனர். வில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்தை மீற்றரிலேயே இவர்கள் எப்போதும் அளக்கின்றனர். இத்துடன், இந்நூலடங்கலும் எடுத்தாளப்படும் குறிவழக்கின்படி, ஒருங்குவில்லையொன்றின் வலுவுக்கு நேர்ப்பெறுமானமொன்றைக் கொடுத்து இதனை இன்னும் மலைப்புக்குரியதாக்குகின்றனர். இவர்களின் வலுவினலகு மீற்றர்$^{-1}$ ஆகிய **தையொத்தர்** ஆகும். இரண்டு முறைகளையுந் தொடர்புறுத்தவேண்டுமாயின், தையொத்தரில் வில்லையின் வலுவை, சதம மீற்றரில் அதன் குவியத்தூரத்தின் தலைகீழ்ப்பின்னத்தை -100 இனாற் பெருக்கிவருவதென வரையறுப்பது போதுமானது. எனவே, மேலேயுள்ள வில்லையின் வலு $-0{\cdot}05 \times (-100) = +5$D. இதனைப்போலவே 25 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய விரிவில்லையொன்றுக்கு $f = +25$ சமீ., அதாவது, $\kappa = +0{\cdot}04$ சமீ.$^{-1}$ அதாவது, அதன் வலு $0{\cdot}04 \times (-100) = -4$D ஆகும்.

குறியீடுகளுக்கு வழக்கமான கருத்துகளுடன் வில்லையொன்றின் குவியத்தூரம் பொதுவாக,

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = \frac{\mu - 1}{r_1} + \frac{1 - \mu}{r_2},$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படுமாதலின்,

$$\kappa = \frac{\mu - 1}{r_1} + \frac{1 - \mu}{r_2},$$

எனப் பெறுகின்றோம். $\frac{\mu - 1}{r_1}$ ஐ முதலாவது பரப்பின் வலுவெனவும் $\frac{1 - \mu}{r_2}$ ஐ இரண்டாவது பரப்பின் வலுவெனவுங் கூறுவது வழக்கம். இரண்டாவது பின்னத்தின் தொகுதியிலே μ இனதும் ஒன்றினதும் இடமாற்றம், ஒளியானது கண்ணுடியிலிருந்து வளியினுள்ளே செல்லுகின்றது என்பதனால் விளக்கப்படும். ஆனால், முதலாவது பரப்பிலே ஒளியானது வளியிலிருந்து கண்ணுடிக்குட் சென்றது.

வில்லையானது $\mu = 1{\cdot}5$, $r_1 = -15$ சமீ., $r_2 = +30$ சமீ. உடையதாயிருப்பின், அதாவது, இருகுவிவுவில்லையாயின்,

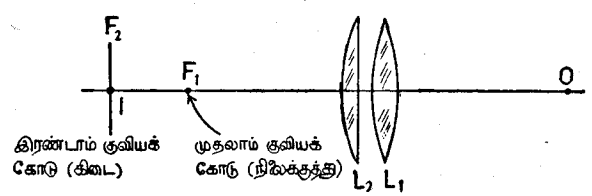
$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = 0{\cdot}5\left(-\frac{1}{15} - \frac{1}{30}\right) = -\frac{1}{20} \text{ சமீ.}^{-1}$$

எனவே வில்லையின் வலு $-0{\cdot}05$ சமீ.$^{-1}$ அல்லது 5D ஆகும். தையொத்தரில் அதன் மேற்பரப்புகளிரண்டினதும் வலுக்கள் முறையே,

$$0{\cdot}5\left(-\frac{1}{15}\right) \times (-100) \text{ உம் } (-0{\cdot}5)\left(\frac{1}{30}\right) \times (-100) \text{ உமாகும்.}$$

அதாவது, $+3{\cdot}33$ D உம் $+1{\cdot}67$ D உமாகும். எனவே, வில்லையொன்றின் வலுவானது அதன் முறிவுப்பரப்புகளிரண்டினதும் வலுக்களின் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமமென்பது பெறப்படுகின்றது.

முறிவினலுண்டாகும் குவியக்கோடுகளைப்பற்றிப் பரிசோதனைப் படிப்பு.—3 தையொத்தர் வலுவுடைய மெல்லிய ஒருங்குவில்லை L_1 ஆனது, உருவம் 24.06, ஒளிருஞ் சிறிய துவாரம் O இன் விம்பம் I ஐத்திரை யொன்றில் உண்டாக்க உபயோகிக்கப்படுகின்றதெனக் கொள்க. இதன்பின்பு, தளவுருளை வில்லை L_2 ஆனது L_1 இனோடு சேர்த்துவைக்கப்பட்டுள்ளதெனவுங் கொள்க. இதன் வளவுபரப்பின்வலு ஏறத்தாழ 0·25 D,



உருவம் 24.06.—புள்ளிக்குவியமில் வில்லைச்சேர்க்கையின் பயனை குவியக்கோடுகள்.

ஆயிருத்தல்வேண்டும். வரிப்படமானது, உருளைவில்லையின் வளவுபரப்பினது வலுவுக்குச் சமமான அளவினல் கிடைத்தளத்தில் வலுவானது அதிகரிக்கப்படும்போது நிலைத்தளத்தில் வலுவானது மாறுதிருக்குமாறு அமைந்த ஒளியியற்றொகுதியின் உருவமாகும். இதிற் புள்ளிவிம்ப மொன்றைக் காணமுடியாது. ஆனால், அதற்குப்பதிலாக, I இலும்பார்க்கவில்லைக்கு

அண்மையில் குறுகிய நீலைக்குத்துக்கோடொன்றும், முந்தி I இருந்த விடத்திலே குறுகிய கிடைக்கோடொன்றுங் காணப்படும். இவையே இத் தொகுதியின் முதலாவது குவியக்கோடும் இரண்டாவது குவியக்கோடுமாகும்.

உருளேயச்சு நீலைக்குத்தான விரிதளவுருளேவில்லேயொன்றைத் தொகுதியோடு சேர்த்து L_2 இருப்பதன்பயனுன புள்ளிக்குவியமில்குறை நீக்கப்படலாம். குறித்த உருளேயச்சு L_2 இன் அச்சுக்குச் சமாந்தரமாயிருத்தல் வேண்டும். I இலே புள்ளிவிம்பமொன்று பெறப்படும்போது உருளேமேற்பரப்புகளிரண்டினதும் வலுக்களினது கூட்டுத்தொகை சூனியமா யிருத்தல் வேண்டும்.

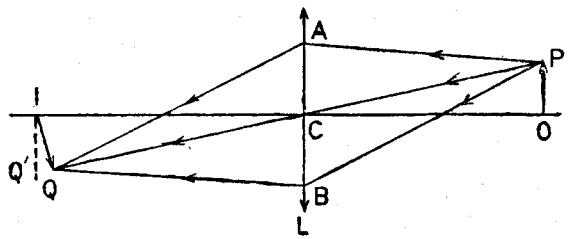
இதனேப்போலவே, வில்லே L_1 ஐ ஒருசரித்துக் குவியக்கோடுகளேப் பெறமுடியும். ஆனுல், சிறப்பாகப் பொருளின் ஒரு தூரத்துக்குக்கூட இவற்றை நீக்கற்குரிய பொருத்தமான உருளேவில்லேயொன்றைக்காண்பது மிகுந்த இடர் நிரம்பியதாகும்.

இரண்டு குவியக்கோடுகளுக்கும் இடையேயுள்ள தூரமானது **தேனினிடை** எனப்படும். பொருள் புள்ளியாயிருக்கும்போது இக்கோடுகளுக்கிடையே வெளிப்படுகற்றையின் வெட்டுமுகமானது ஏதாவதொருநீலேயில் வட்டமா யிருக்கும். எனவே, அங்கு வைக்கப்பட்டுள்ள திரையானது ஒளியின் வட்டத்தட்டொன்றை ஏற்கின்றது. இது இழிவு **மலேவுவட்டம்** எனப்படும்.

புலத்தின் வளேவு.— பொருளொன்றிலுள்ள புள்ளிகளிலிருந்து புறப்படும் அலேமுகங்கள் ஒளியியற்கருவியொன்றினூடு சென்றபின்பு, கருவியானது கோளப்பிறழ்ச்சிக்கும் மங்கலுக்கும் புள்ளிக்குவியமில் குறைக்குந் திருத்தப்பட்டிருப்பின், புள்ளிகளேநோக்கி மீண்டும் ஒருங்கி விம்பமொன்றுண்டாக்குகின்றனவென்று இவ்வத்தியாயத்தின் முற்பாகத்திலே காட்டியுள்ளோம். இப்போது விம்பமானது பொருளின் மெய்யான பிரதியா அன்றுவென ஆராய்வோமாக.

பொருளானது கருவியினச்சுக்குச் செங்குத்தாயிருக்கும்போது விம்பமானது செங்குத்தான தளமொன்றில் இருத்தல்வேண்டுமென்பதே நிறைவேறவேண்டிய முக்கியமான நிபந்தனேயாகும். ஆகவே, **புலத்தின் தட்டைத்தன்மை** என இந்த நிபந்தனேயைக் குறிப்பிடுவோம். கருவியானது வளியிலே மெல்லிய வில்லேகள் பலவற்றைக்கொண்டிருப்பின் தேவையான நிபந்தனே $\Sigma \frac{1}{\mu_k f_k} = 0$ எனப் **பெற்சுவல்** நிறுவினர். இங்கு, μ_k என்பது k – ஆவது வில்லேயின் முறிவுக்குணகமும், f_k என்பது அதன் குவியத்தூரமுமாகும். **பெற்சுவல் நிபந்தனே** எனப்படும் இந்த நிபந்தனே பொருளின் நீலேயிலேனும் வில்லேக்கூறுகளின் பிரிவிலேனுந் தங்கியிருக்கவில்லேயென அறிந்துகொள்வது கவர்ச்சிக்குரியதாகும். படவில்லேயொன்று ஆளவேண்டிய பெரிய மண்டலத்தின் காரணத்தினுல் இதற்குப் **பெற்சுவலின் நிபந்தனே** பெறப்படுவது விரும்பத்தக்கதாகும்.

புலத்தின் வளேவை ஆராயவேண்டுமேயானுல், கோளப்பிறழ்ச்சி, மங்கல், புள்ளிக்குவியமில்குறை என்பவற்றிற்குத் திருத்தப்பட்ட ஒளியியற் றெகுதியொன்று மெல்லிய தனியொருங்குவில்லே L இனூற் குறிக்கப்படுகின்றதெனக் கொள்க, உருவம் 24.07. எனின், பொருள் OP இலுள்ள அச்சயலில்லாப் புள்ளி P இலிருந்து வருங் கதிர்களெல்லாம் Q இற் குவிக்கப்படுகின்றன. O உம் I உம் வில்லேயின் தலேமையச்சிலுள்ள



உருவம் 24.07.—விம்பப்புலத்தின் வளேவு.

இணைப்புள்ளிகளெனக் கொள்க. எனின், மெல்லிய வில்லேகளின் கொள்கையின்படி, அச்சயல்நீலேமைகள் பெறப்பட்டிருப்பின், OP இன் விம்பமாகிய IQ′ வில்லேயினச்சுக்குச் செங்குத்தாயிருக்கும். P உம் ஆகவே Q′ உம் மேலேயுள்ள அச்சினண்மையிலில்லாதபோது இந்த நிபந்தனேகளிலிருந்து பிரிவதை எதிர்பார்க்கலாம். இந்தப்பிரிவை ஆராயவேண்டுமானுல், PCQ ஐ வில்லேயின் துணேயச்சாகக்கருதி,

$$\frac{1}{CQ} - \frac{1}{CP} = \frac{1}{f}$$

எனவெழுதலாம். இங்கு f என்பது வில்லேயின் குவியத்தூரமாகும். எமது குறிவழக்கின்படி, CQ என்பது எதிர்க்கணியமாதலின், மேலேயுள்ள சமன்பாடு,

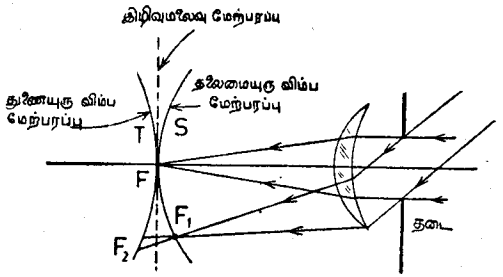
$$-\frac{1}{QC} - \frac{1}{CP} = \frac{1}{f} \text{ அல்லது } \frac{1}{QC} + \frac{1}{CP} = \frac{1}{|f|}$$

எனவெழுதப்படலாம். ஆனுல், $\frac{1}{IC} + \frac{1}{CO} = \frac{1}{|f|}$

எனவே, $$\frac{1}{QC} + \frac{1}{CP} = \frac{1}{IC} + \frac{1}{CO}.$$

$CP > CO$ ஆதலினுல், $QC < IC$ என்பது பெறப்படும். அதாவது, OP இன் விம்பமானது வளேவு IQ இன் நேரேயிருக்கும். பொருத்தமான வளேவையுடையதாயிருக்கும்போது திரையொன்றிலே தெளிவான விம்பமொன்று பெறப்படும்.

முன்றடையொன்றினுல் விம்பப்புலம் செயற்கையாகத் தட்டையாதல்.—வில்லையொன்றின்முன்பு பொருத்தமான நிலையிலே தடையொன்று வைக்கப்பட்டால், மெல்லிய தனியொருங்குவில்லையொன்றினுலுண்டாக்கப்பட்ட விம்பமண்டலத்தின் வளைவு நீக்கப்படலாம். செலவுகுறைந்த படப்பெட்டிகள், குழிவான பரப்பு பொருளைநோக்கியிருக்கும் பிறையுரு வொருங்குவில்லை



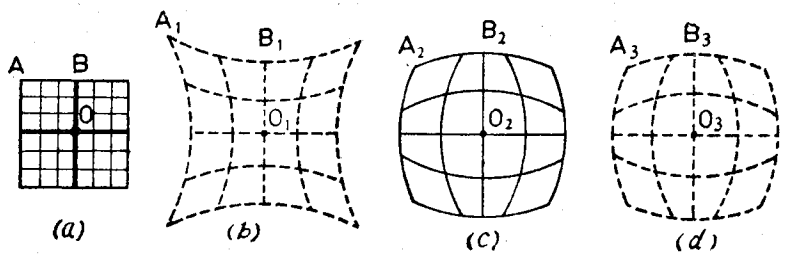
உருவம் 24.08.—சரியாக வைக்கப்பட்ட தடையொன்று பிறையுருவில்லையொன்றின் வளைவு புலத்தைக் குறைக்கின்றது.

யொன்றைக் கொண்டிருப்பது வழக்கம், உருவம் 24.08 ஐப்பார்க்க. தடையின் நிலை சரியாய்த் தெரியப்பட்டதும் தூரப்பொருளிலிருந்துவருங் கதிர்கள், அம்புரு S அல்லது தலைமையுரு விம்பப்பரப்பின் வளைவும் தொடுகோட்டுரு T அல்லது துணையுருவின் விம்பப்பரப்பின் வளைவும் எதிர்க்குறிகளைப் பெறுமாறு, வில்லையினூடு செலுத்தப்படுகின்றன. இழிவுமலைவுவட்டங்கள் விம்பப்பரப்புகளிலே ஒத்த நிலைகளுக்கிடையே ஏறத்தாழ நடுவிலிருப்பன வாதலின், சேர்க்கையின் முழுவிளைவும் புலமானது செயற்கையாகத் தட்டையாக்கப்பட்டதேயாம். செய்முறையிலே புள்ளிக்குவியமில்குறையானது புலத்தின் புறப்பாகங்களிலே தெளிவற்றவிம்பங்களைக் கொடுக்கின்றன. ஆனல், வளைவுபுலமொன்றிலிருந்து எழுகின்ற விளைவுகளிலும் பார்க்க இதற்குரிய எதிர்ப்புக் குறைவானதாகும்.

திரிவு.—ஒளியியற்றொகுதியொன்று **சீடிளின்** முதல் நான்கு நிபந்தனைகளையும் பூர்த்தியாக்கினலும் இத்தொகுதியினலுண்டாக்கப்படும் விம்பமொன்று பாதிக்கப்படக்கூடிய இன்னுமொரு பிறழ்ச்சி இருக்கின்றது. **பெற்சுவலின்** நிலைமை பெறப்பட்டதும் புலந் தட்டையாகுமென இப்போது கூறப்பட்டது. ஆனல், கருவியின் அச்சுக்குச் செங்குத்தான தளவுருவமாகிய பொருளொன்றின் விம்பமானது பொருளோடு கேத்திரகணிதப்படி ஒத்தாகுமென உறுதிப்படுத்துவது எமது கடமையாகும். இது இவ்வாறில்லாதிருப்பின் விம்பம் **திரிவு** என்பதனுற்றுக்கப்பட்டுள்ளது என்று சொல்லப்படும். விம்பமிருக்கின்ற புலமுழுவதிலும் பக்கவருப் பெருக்கம் ஒரு தன்மைத்தாயிருப்பதே திரிவு சூனியமாதற்குரிய தேவையானதும் போதியதானதுமான நிபந்தனையாகும். இந்த வகையிலே விம்பமானது எப்போதுந் திரிவற்றிருத்த

லினுல், ஊசித்துளைப்படப்பெட்டி இலட்சியமானதாகும். அதாவது, குறுக்குத்தளமொன்றிலுள்ள பொருளொன்றுக்கும் இணைத்தளத்திலுள்ள அதன் விம்பத்துக்கும் எப்போதுங் கேத்திரகணித வொப்புமை கண்டிப் பாயிருக்கும்.

வில்லையொன்றினூலுண்டாக்கப்படும் விம்பத்தின் வெவ்வேறு வகையான திரிவுகளைப் பின்வருமாறு காட்டலாம். உருவம் 24.09 (*a*) இற் காட்டியிருப்பதுபோன்ற வரைப்படத்தாளின் துண்டொன்றை ஆராய ஒருங்கு



உருவம் 24.09.—மெல்லிய வில்லையொன்றின் பயனை திரிவினது வெவ்வேறு வகைகள்

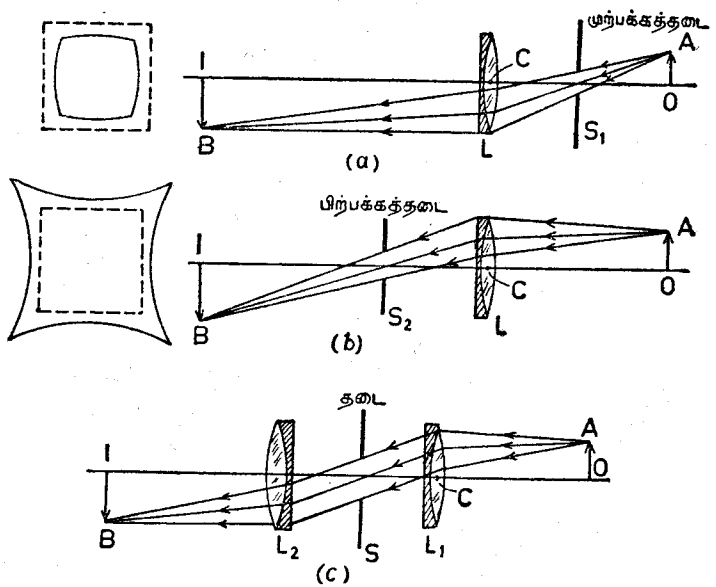
வில்லையொன்று உபயோகிக்கப்படுகின்றதெனக் கொள்க. வில்லையின் தலைமையச்சானது வரைப்படத்தாளுக்குச்செங்குத்தாக O இனூடு செல்லுமாயின், விம்பம் மாயமாயிருக்கும்போது உருவம் 24.09 (*b*) இற்காட்டியுள்ள தோற்றத்தைப் பெற்றுள்ளது. A இற்குரிய பயனுள்ளகுவியத்தூரம் B இற்குரியதிலும் பார்க்கக்குறுகியது. எனவே, விம்பம் பெரிதாகத்தோற்றும். அதாவது, $O_1A_1 > O_1B_1$. விம்பம் மெய்யானதாயின் கூடியகுறுக்கமான குவியத்தூரத்தையுடைய வில்லையொன்று சிறிய விம்பமொன்றைக் கொடுக்கும். அதாவது, $O_2A_2 < O_2B_2$. விம்பமானது உருவம் 24.09 (*c*) ஐப் போன்றிருக்கும்.

விரிவில்லையொன்று உபயோகிக்கப்படும்போது மெய்யான பொருளொன்றின் மாயவிம்பம் மட்டுமே பெறப்படும். A இற்குரிய பயனை குவியத்தூரம் B இற்குரியதிலும் குறைவாயிருத்தலின், O_3A_3 என்பது O_3B_3 என்பதிலும் குறைவாயிருக்கும், உருவம் 24.09 (*d*) ஐப்பார்க்க. இப்போது விவாதிக்கப்பட்ட திரிவின் இரண்டுவகைகளுளொன்று உருவம் 24.09 (*b*) இற் காட்டப்பட்டுள்ள **குண்டுசிமெத்தை** வகையெனவும், உருவங்கள் 24.09 (*c*) இலும் (*d*) இலுங் காட்டப்பட்டுள்ள **பீப்பா** வகையெனவுஞ் சொல்லப்படும்.

கடைசியாக, வில்லையொன்றின் அச்சுக்குச்செங்குத்தாகவும் அவ்வச்சினூடு செல்வதுமான நேர்கோடொன்றின் மாயவிம்பமொன்றை நேராகக் கண்ணினுற் பார்க்கும்போது விம்பத்தின் வளைவு அவ்வளவு முக்கியமானதல்ல

வென்பது அவதானிக்கத்தக்கது. எனினும், திரையொன்றிலே மெய்யான விம்பமொன்றை உண்டாக்க எத்தனிக்கும்போது இக்குறை இடர் நிறைந்ததாகும். எனெனில், வீளிவிருப்பின் விம்பத்தின் எல்லாப் பாகங்களும் ஒரேநேரத்திற் குவிக்கப்படமுடியா.

திரிவிலே தடையொன்றின் விளைவு.—வில்லையொன்றின் துவாரத்தைக் குறைப்பதற்குரிய தடையொன்று கோளப்பிறழ்ச்சியைக் குறைப்பதுடன் வில்லையினூலுண்டாக்கப்பட்ட விம்பத்திலேடு தொடர்பான புள்ளிக் குவியமில் குறையையுங் குறைக்குமென இவ்வத்தியாயத்தின் முற்பகுதியிற் காட்டப்பட்டுள்ளது. மெல்லிய வில்லையொன்றின் முற்பக்கத்தில் அல்லது பிற்பக்கத்தில் தடையொன்று வைக்கப்பட்டால் விம்பத்திலே பெரும்பாலுந் திரிவுண்டாகின்றதென இப்போது நிறுவப்படும். சமச்சீரான வில்லைக ளிரண்டின் நடுவிலே தடையொன்றை வைத்துத் திரிவுடன் புள்ளிக்குவிய மில்குறையும் பெரும்பாலுந் திருத்தப்படலாமென்று காட்டப்படும்.



உருவம் 24.10.—(அ) வில்லையொன்றின் முற்பக்கத்திலுள்ள தடை பீப்பாத்திரிவை உண்டாக்குகின்றது. (ஆ) வில்லையொன்றின் பிற்பக்கத்திலுள்ள தடை குண்டுசிமெத்தைத் திரிவை உண்டாக்குகின்றது. (இ) சமச்சீரான இரட்டைவில்லைசார்பாகத் திரிவற்றதாகும்.

ஆகவே, இதனைச் செய்வதற்கு உருவம் 24.10 (*a*) இற் காட்டியாடி, முற்பக்கத்திற்றடை S_1 ஐயுடைய வில்லையொன்றைக் கருதுவோமாக, இந்த வில்லையினுல் உண்டாக்கப்பட்ட விம்பங்கள் முதல் நான்கு பிறழ்ச்சி

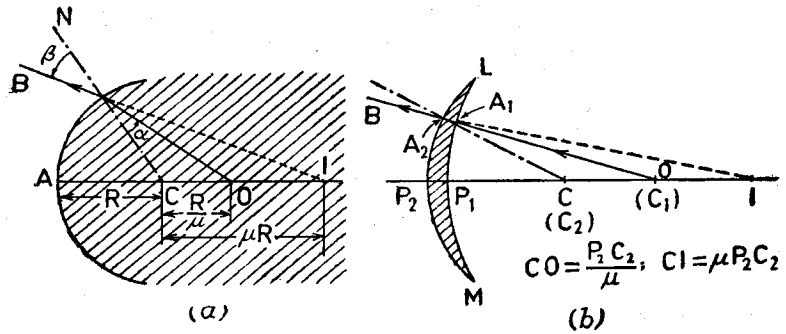
களுமற்றனவென்று கொள்ளப்படுகின்றது. OA என்பது வரையறையான ஒரு பொருளாயின், O இலிருந்து வருங் கதிர்கள் வில்லை L இன் மத்திய பாகத்தினூடு சென்று புள்ளிவிம்பம் I ஐ உண்டாக்குகின்றன. ஆனல், A ஐப் போன்ற அச்சிலில்லாப் புள்ளியொன்றிலிருந்துவருங் கதிர் கள் வில்லையின் கீழ்ப்பாதியினூடு செல்லுகின்றன. எனவே பொருளின் அந்தங்களுக்கு, பொருளின் தூரத்தினது அச்சயற் பெறுமானத்திலும் $|u|$ மிகுந்திருக்கும். உருப்பெருக்கம் $\left[|m| = \frac{|v|}{|u|} = \frac{|f|}{|u|-|f|}\right]$ வில்லையின் ஒளியியல்மையம் C இனண்மையிற் செல்லும் கதிர்கள் உபயோகப்படும்போதிலும்பார்க்கக் குறைந்திருக்கும். ஆகவே, விம்பமானது மூலைகளில் உள்ளே இழுக்கப்பட்டுத் தோற்றும். எனவே, பொருளானது வில்லையினச்சுக்குச் செங்குத்தான சதுரமாயிருப்பின், வரிப்படத்தின் இடதுபக்கத்திற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோல, விம்பமானது பீப்பாபோன் றிருக்கும்.

உருவம் 24.10 (*b*) இற் காட்டியிருப்பதுபோல, தடையானது வில்லை யின் வீம்பப்பக்கத்தில் வைக்கப்பட்டால், அச்சயற் கதிர்களுக்குரிய $|u|$ இலும் பார்க்க குறைவாயுள்ள பொருளின் அந்தங்களிலிருந்துவருங் கதிர் கள்மட்டும் விம்பமுண்டாக்குவதிற் பங்குபற்றுகின்றன. புலத்தின் வெளிப் பக்கங்களிலே அதிகரித்த உருப்பெருக்கமே இதன் விளைவாகும். சதுரப் பொருளின் விம்பமானது ஏனைய விடங்களிலும்பார்க்கமூலைகளில் வெளியி லிழுக்கப்பட்டிருத்தலே இதன் கருத்தாகும். அதாவது, விம்பமானது மெத்தையுருவாயிருக்கும்.

உருவம் 24.10 (*c*) இலிருப்பதுபோல நடுவிலே தடையொன்றை வைத் துச் சர்வசமனன வில்லைகளிரண்டைச் சேர்த்தால், உருப்பெருக்கத்தின் எண்ணளவுப் பெறுமானம் ஒன்றுயிருக்குமாயின், விளைவான தொகுதி திரிவற்றிருக்குமென மேலேயுள்ள விவாதத்தினுற் கருதப்படும். தொகுதி யின் சமச்சீர்மையியல்பின் காரணத்தினுல் இப்பேறு பெறப்பட்டது. முதலாவது கூறு மெத்தையுருத் திரிவைக் கொடுக்கும். இது இரண் டாவது கூற்றினுல் உண்டாகும் பீப்பாவுருத் திரிவினுல் ஈடுசெய்யப்படும். இவ்வகையான தொகுதி **விரைவான நேர்கோட்டு வில்லை** எனப்படும்.

கோளமுறிவு பரப்பொன்றின் கோளப்பிறழ்ச்சியில் புள்ளிகள்.— O உம் I உம், உருவம் 24.11 (*a*) வலப்பக்கத்தில் முறிவுக் குணகம் μ ஐயுடைய ஊடகமொன்றை இப்பக்கத்தில் வளியிலிருந்து பிரிக்கும் ஆரை R ஐயுடைய கோளப்பரப்பின் அச்சு AC இன் நீட்சியிலுளள இரண்டு புள்ளிகளெனக் கொள்க. இப்புள்ளிகள் $CO = \frac{R}{\mu}$ ஆகவும்

$CI = \mu R$ ஆகவுமிருக்கக் கூடியவாறுள்ளன வெனக்கொள்க. OP என்பது முறிபரப்பிலே P இற்படுங் கதிரெனக் கொள்க. P இலுள்ள படுகோணம் எவ்வளவு பெரிதாயிருந்தபோதிலும் IP இன் நீட்சியாகிய PB என்பது



உருவம் 24.11—(a) கோளமுறிவு பரப்பொன்றின் கோளப்பிறழ்ச்சியில் புள்ளிகள். (b) கோளப்பிறழ்ச்சியில் வில்லை.

முறிகதிரென நாம் காட்டல்வேண்டும். CPN என்பது P இற் செங்குத்துக் கோடெனக் கொள்க.

$$\frac{OC}{CP} = \frac{1}{\mu} = \frac{CP}{CI}; \quad \text{அத்துடன்} \quad \hat{OCP} = \hat{PCI} \quad \text{ஆதலின்,}$$

Δ கள் COP, CPI வடிவொத்தனவாகும்

$$\frac{\text{சைன் } \hat{CPI}}{\text{சைன் } \hat{CPO}} = \frac{\text{சைன் } \hat{COP}}{\text{சைன் } \hat{CPO}} = R \div \left(\frac{R}{\mu}\right) = \mu.$$

ஆகவே, IP என்பது முறிகதிரின் திசையெனப் பெறப்படுகின்றது. எனவே, O இலிருந்து எந்தக்கதிர் வெளிவந்தாலும் முறிகதிரின்திசை I இனூடு செல்லும். அதாவது, O என்பது ஒரு புள்ளிப்பொருளாயிருப்பின் அதன் விம்பம் I கோளப்பிறழ்ச்சி அற்றிருக்கும்.

விம்பத்தின் பக்கவுருப்பெருக்கம்

$$m = \frac{\text{விம்பத்தின் குறைக்கப்பட்ட தூரம்}}{\text{பொருளின் குறைக்கப்பட்ட தூரம்}} = \left(\frac{v}{1}\right) \div \left(\frac{u}{\mu}\right) = \mu\left(\frac{v}{u}\right).$$

ஆனால் $u = AO = R\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)$; அத்துடன் $v = AI = R\ (1 + \mu)$.

$$\therefore m = \mu.\left(\frac{1 + \mu}{1 + \frac{1}{\mu}}\right) = \mu^2.$$

முறிபரப்பின் எல்லாப் பாகங்களுக்கும் இது மெய்யெனக் காட்டப் படலாம். அதாவது, விம்பம் மங்கலற்றிருக்கும். விம்பமானது கோளப் பிறழ்ச்சி, மங்கல் என்பன அற்றுமிருத்தலின் O, I புள்ளிகள் **கோளப் பிறழ்ச்சியற்றன** என்று சொல்லப்படும்.

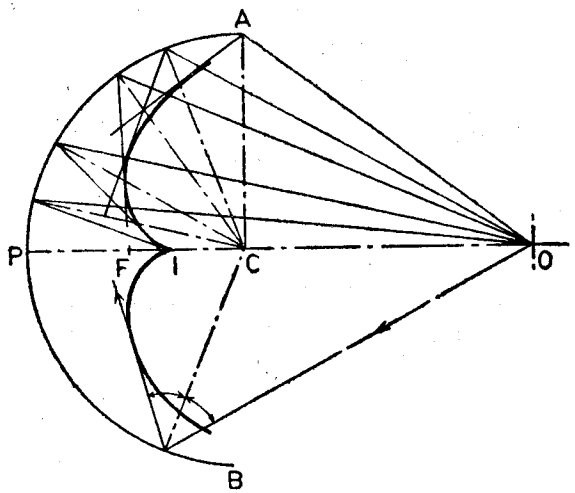
கோளப்பிறழ்ச்சியில் வில்லை.—O ஐ மையமாகக்கொண்டு, உருவம் 24.11 (*b*), பொருத்தமான ஆரையுடன் CO உம் CI உம் முந்திய பந்தியிற் கொடுக்கப்பட்ட பெறுமானங்களையுடையனவாய், கோளமுறிப்பரப்பின் தலைமை வெட்டுமுகத்தை L, M புள்ளிகளில் வெட்டுமாறு கோளமொன்று வரையப்பட்டுள்ளது. எனின், O இலிருந்துவருங் கதிர்களெல்லாம் LP_1MP_2 இன் முதலாவது மேற்பரப்பிற் செங்குத்தாகச் செல்லுவதினாலும், எனவே, இக்கதிர்களின் பாதைகள் இந்த மேற்பரப்பில் முறிவதினால் விலகாதிருத்தலினாலும் LP_1MP_2 என்பது **கோளப் பிறழ்ச்சியில் பிறையுருவில்லை** எனப்படும். OA_2 ஐப்போன்ற படுகதிரொன்று தொகுதியினச்சினூடு OA_2 இனுங் குறைவாகச் சாய்ந்துள்ள முறிகதிர் A_2B ஐ உண்டாக்குகின்றது.

ஒளியியலில் மிகமுக்கியமான தேவைகளுளொன்றாகிய மெய்யான பொருளொன்றின் மெய்யான விம்பமொன்றைப் பெறுதல் கோளப்பிறழ்ச்சியில் பிறையுருவில்லையொன்றினாற் பெறப்படமுடியாதென்பது அவதானிக்கப்படுதல் வேண்டும். ஆகவே, இவ்வகையான வில்லைகளினுபயோகம் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. நுணுக்குக்காட்டிப் பொருள் வில்லைகள் சிலவற்றில் இவை உபயோகிக்கப்படுகின்றன. [262, III ஆம் பக்கம் பார்க்க.]

பெரிய துவாரத்தையுடைய குழிவான கோளவாடிகள்.—தெறிக்கும் மேற்பரப்பொன்றினூலுண்டாக்கப்படும் விம்பங்களைப்பற்றி ஆராயும்போது கருதப்படும் ஒளிக்கதிர்களெல்லாம் ஒளியியலச்சுக்கண்மையில் உள்ளனவென்று கொள்ளப்பட்டது. அதாவது, அச்சயற்பாகம் மட்டுமே கருதப்பட்டது. ஆதலினால், பெறப்பட்ட சூத்திரங்கள் ஆடியின் துவாரஞ் சிறிதாயிருக்கும் போதே பிரயோகிக்கப்படலாம். தளப்பரப்புகளிலிருந்து தெறிக்கும் ஒளியைப்பற்றிக் கருதும்போது இவ்வகையான கட்டுப்பாடு தேவையற்றதாகும். எனெனில், இச்சந்தர்ப்பங்களில் விம்பமானது பொருளின் பூரணமான பிரதியாகும். ஆனால், வளைவுபரப்புகளிலே தெறிப்பினூலுண்டாக்கப்படும் விம்பங்கள் சிறிய குறைகளற்றனவாய் ஒரு போதும் இருப்பனவன்று.

குழிவான பரப்பொன்றிலே தெறிப்பினூலுண்டான எரிநிலைவளைகோடு.—APB என்பது, உருவம் 24.12, அரைக்கோளக் குழிவாடியொன்றின் தலைமைவெட்டு முகமெனக்கொள்க. C வளைவுமையம், F அச்சயற்கதிர்களுக்குரிய குவியம், P முனைவு. ஆகவே, PC தலைமையச்சாகும். O என்பது

அச்சிலுள்ள ஒளிரும்புள்ளியெனக் கொள்க. படுகதிர்களுந் தெறிகதிர்களும் படுபுள்ளியிலே ஆரையாகிய செங்குத்துக்கோட்டிலேடு சமமாகச் சாய்ந்திருப்பதினல் தெறிகற்றையின் பாதைமிக்க இலகுவாக அமைக்கப் படலாம். அச்சின் அண்மையிலுள்ள புள்ளிகளிலிருந்து தெறிக்குங் கதிர்கள் அச்சிலுள்ள புள்ளி I இனூடு செல்லமுயலுகின்றனவென்று வரிப்படங்

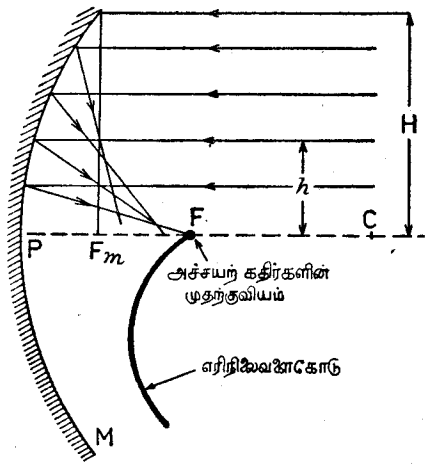


உருவம் 24·12.—குழிவுப்பரப்பொன்றிலே தெறிப்பினலுண்டான எரிநிலைவளைகோடு.

காட்டுகின்றது. இதுவே இதுகாறும் நாம் நினைத்த விம்பமாகும். எனினும் படுகதிர்கள் **OA** திசையையண்டியதும் தெறிகதிர்கள் ஆடியினண்மையிலுள்ள புள்ளிகளில் அச்சை வெட்டமுயலுகின்றன. போதியவளவு தெறிகதிர்கள் வரையப்பட்டால் ஒவ்வொரு தெறிகதிருந் தொடுகோடாயமைந்துள்ள அழுத்தமான வளைகோடொன்று வரையப்படலாம். இதுவே, வளைவு பரப்பிலே தெறிப்பினலுண்டான **எரிநிலைவளைகோடு** எனப்படும். ஒளியானது நேர்மேலே இல்லாதிருக்கும்போது கிண்ணமொன்றிலுள்ள தேநீரின் பரப்பிலே இவ்வளைகோடு பெரும்பாலுங் காணப்படும்.

குழிவான கோளவாடியின் பயனை கோளப்பிறழ்ச்சி—குழிவான கோளவாடியினச்சிலுள்ள புள்ளிப் பொருளொன்றிலிருந்து வருங் கதிர்களெல்லாம் ஒரு புள்ளியினூடு செல்வனவன்றுதலின் அச்சயற்பாகங்களிற் கதிர்கள் இருந்தால் மட்டுமே துலக்கமான விம்பங்கள் உண்டாகலாமென்று பெறப்படுகின்றது. மற்றெல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் கோளப்பிறழ்ச்சி என்னுங் குறையினல் விம்பமானது பாதிக்கப்படுகின்றது. இத் தோற்றப்பாடு உருவம் 24.13 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு, படுகதிர்கள் குழிவாடி **M** இன் தலைமையச்சு **PFC** இற்குச் சமாந்தரமாயுள்ளன. தலைமையச்சிலிருந்து படுகற்றையிலுள்ள

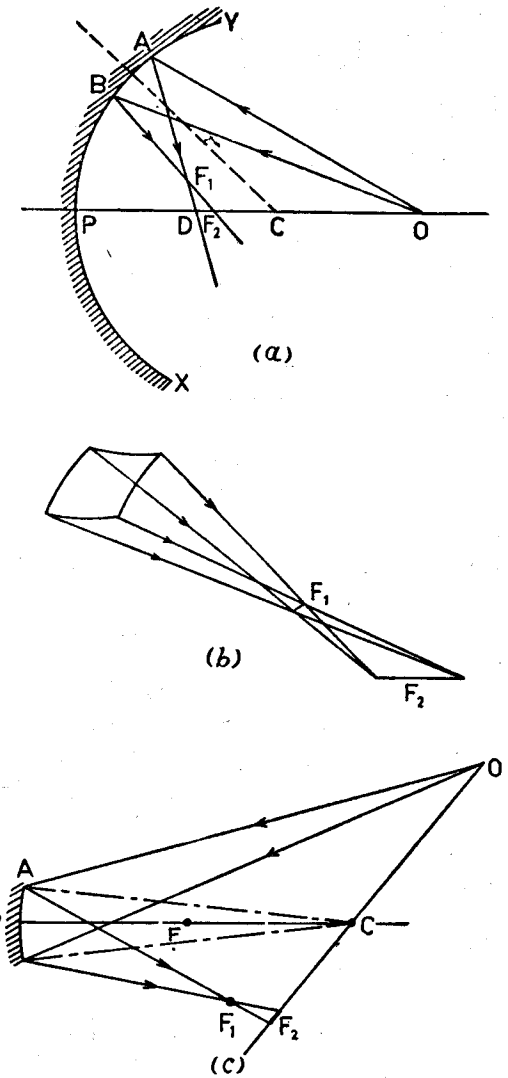
கதிரொன்றின் தூரம் h அதிகரிக்க அவ்வாறே தெறிகற்றையானது ஆடிக்குக் கூடுதலாக அண்டிச்செல்லும் புள்ளியிலே அச்சைக் குறுக்கிடுகின்றது. வரிப்படத்தின் தளத்திலுள்ள எல்லாக் கதிர்களினதுஞ் சூழியே எரிநிலைவளைகோடாகும். அச்சு PC ஐக்கொண்டு வரிப்படஞ் சுழற்றப்படுகின்றதெனக் கற்பனைசெய்வோமாயின் எரிநிலைவளைகோடானது **எரிநிலைப்பரப்பினது** சுவட்டைக் கொடுக்கின்றது. PC இலிருந்து **H** தூரத்திலுள்ள அந்தக்கதிர்கள் PC ஐ F_m இல் வெட்டுமாறு தெறிக்கப்படுமாயின், FF_m ஆடியின் கோளப் பிறழ்ச்சியை அளக்கின்றது.



உருவம் 24.13.—தெறிக்குங் குழிவான பரப்பின் பயனை கோளப்பிறழ்ச்சி.

ஒளிக்கசிவான சிறிய திரையொன்று அச்சயற் குவியத்தளத்திலே வைக்கப்பட்டால், ஓரங்களில் வரையறுக்கப்படாத ஒளி வட்டப்பொட்டொன்று அவதானிக்கப்படலாம். இதன்பின்பு திரையானது ஆடியை நோக்கி ஆறுதலாக இயக்கப்பட, வட்டவிம்பத்தட்டின் பருமன் இழிவாயுள்ள நிலையொன்றை அடையலாம். இதுவே இழிவு மலைவுவட்டம் எனப்படும்.

குழிவான கோளப்பரப்பிலே தெறிப்பினலுண்டான குவியக்கோடுகள். — உருவம் 24.14 (*a*) இல் குழிவான கோளப்பரப்பின் சிறியபாகம் AB இலே படுகின்ற ஒடுங்கிய கதிர்க்கற்றையொன்று காட்டப்பட்டுளது. அந்தலைக்கதிர்கள் **OA** உம் **OB** உம் தெறித்த பின்பு காகிதத் தளத்திலுள்ள புள்ளி F_1 இல் வெட்டுகின்றன. தெறித்த இக்கதிர்களிரண்டும் குறுகியதூரம் F_2 இனூற் பிரிக்கப்பட்ட புள்ளிகளிலே அச்சை வெட்டுகின்றன. அச்சு **OC** ஐக்கொண்டு சிறிய கோணமொன்றினூடு உருவம் சுழலுகின்றதெனக் கற்பனை செய்வோமாயின், F_2 அச்சிலிருக்கும் போதே புள்ளி F_1 ஆனது காகிதத்தளத்துக்குச் செங்குத்தாகக் குறுகிய



உருவம் 24.14. சூழிவாடியொன்றின் பயனை குவியக்கோடுகள்.

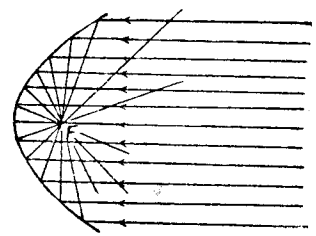
தூரத்தினூடு இயங்கும். இதனைத் தெளிவாக்குதற்கு உருவம் 24.14 (*b*) உதவக்கூடும். கோடுகள் F_1 உம் F_2 உம் முறையே முதலாவது இரண்டாவது குவியக்கோடுகள் எனப்படும். இக்குவியக் கோடுகளிரண்டினுக்குமிடையே ஏதாவதோரிடத்திலே தெறித்த கூம்பானது செலுத்துகைத் திசைக்குச் செங்குத்தாகவுள்ள வட்டமொன்றினூடு செல்லும். கற்றையினகலம் படிப்படியாக மாறுவதினால் **இழிவு மலைவுவட்டம்** எனப்படும் இவ்வட்டமானது இருக்கவேவேண்டும். F_1 இலே காகிதத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாக கற்றை நீளுகின்றது. F_2 இலே காகிதத்தளத்திலேயே நீளுகின்றது. இவற்றிற்கிடையே எங்காவது இரண்டு திசைகளினுஞ் சமமாயிருத்தல்வேண்டும். இதுவே, இழிவுமலைவுவட்டப்பாகமாகும். எங்காவது ஒரு புள்ளியினூடு செல்லாத இவ்வகையான கற்றையொன்று **புள்ளிக்குவியமில்கற்றை** எனப்படும்.

சூழிவாடியொன்றினோடு சம்பந்தப்பட்ட குவியக்கோடுகளை அவதானிக்க வேண்டுமானால், ஏறத்தாழ 20 சமீ. தூரத்தில் வைக்கப்படும். உருவம் 24.14 (*c*) இத்துவாரம் அச்சிலில்லாத புள்ளிமுதலிடமாகத் தொழிற்படுகின்றது.

குவியக்கோடுகள் F_1 உம் F_2 உம் ஒளிக்கசிவான திரையொன்றினால் இலகுவாகக் கண்டுபிடிக்கப்படலாம். முதலாவது, வரிப்படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாயிருக்கும். இரண்டாவது, இத்தளத்திலும் OC இன் நீட்சியிலுமிருக்கும். இங்கு C என்பது ஆடியின் வளைவுமையமாகும்.

புள்ளிப்பொருள் O ஆனது, ஒளிபுகாத் திரையொன்றிலே புயங்கள் நிலையாகவுங் கிடையாகவுமுள்ள ஒளிருகின்ற ஒளிபுகுவிடும் சிலுவையொன்றினாற் பிரதியிடப்பட்டால், சிலுவையிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் குவியக்கோடுகளிரண்டை உண்டாக்குகின்றன. ஒளிக்கசிவான திரையொன்று F_1 இலே பிடிக்கப்பட, முதற்குவியக்கோடுகளெல்லாவற்றினதுஞ் சூழியாகிய துலக்கமான நிலைக்குத்துக்கோடொன்றும், இதன்குறுக்காக உருவம் 24.14 (*d*) இற் காட்டியிருப்பதுபோல அகன்று பரவிய கிடைக்கோடொன்றுங் காணப்படும். திரையானது F_2 இற்கு நெகிழ்த்தப்பட்டால் ஒளித்துண்டின் தோற்றம் உருவம் 24.14 (*e*) இலிருப்பதுபோலாகும்.

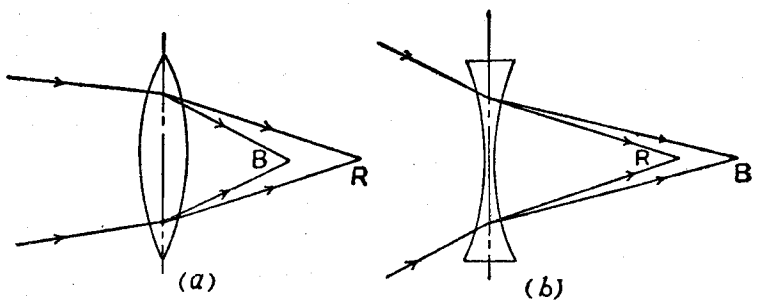
பரவளைவாடிகள்.—பரவளைவென்பது பின்வருங் குறிப்பான இயல்பையுடைய வளைகோடாகும். அதனைந்தப் புள்ளியிலுமுள்ள செங்குத்துக்கோடானது அப்புள்ளியினூடு அச்சுக்குச் சமாந்தரமான கோடொன்றினோடும் அதனைக் குவியத்தினோடு இணைக்குங் கோட்டினோடுஞ் சமகோணங்களை உண்டாக்குமென்பதே இவ்வியல்பாகும். உடுவொன்றைப் போன்ற தூரப்புள்ளி முதலிடமொன்றை நோக்கி இவ்வகையான ஆடியொன்று வைக்கப்பட்டால், தலைமைக்குவியம் F இலுண்டாகும் விம்பமானது, உருவம் 24.15, கோளப்பிறழ்ச்சியற்றிருக்கும். இதனைப்போலவே, பரவளைவாடியொன்றின் குவியம் F இலே ஒளியின் சிறிய முதலிடமொன்று வைக்கப்பட்டால், தெறிகதிர்களெல்லாம் அச்சுக்குச் சமாந்தரமாயிருக்கும். இவ்வகையான ஆடிகள் தருவுவிளக்குகளில் (Search Lights) உபயோகிக்கப்படும்.



உருவம் 24.15.—பரவளைவாடி.

நிறப்பிறழ்ச்சி, நிறந்தராமை, அல்லது தலைமைத் திருசியத்தை அகற்றுதல்.—μ என்பது அதனைத் தீர்மானித்தற்கு உபயோகிக்கப்படும் ஒளியின் நிறத்தில் அல்லது அலைநீளத்தில் தங்கியிருக்கின்றதாதலின், μ ஐக் கொண்ட சூத்திரமொன்றினாற் பொதுவாகக் குறிக்கப்படும் ஒளியியற்

கருவியின் இயல்பானது உபயோகிக்கப்படும் ஒளியின் இயல்பிலே தங்கியிருக்கின்றது. ஆகவே, திரையொன்றிலே வெள்ளைமுதலிடத்தின் மெய்யான விம்பமொன்றைப்பெற ஒருங்குவில்லையொன்று உபயோகிக்கப்படும் போது, திரை B இலே பிடிக்கப்பட்டால் விம்பத்தின் ஓரங்கள் சிவப்பாகவும், உருவம் 24.16 (*a*), R இற்பிடிக்கப்பட்டால் நீலமாகவுமிருக்கும். செங்



உருவம் 24.16.—வில்லைகளின் நிறப்பிறழ்ச்சி.

கதிர்களிலும்பார்க்க நீலக்கதிர்கள் கூடுதலாக விலக்கப்படுவதினாலேயே இவ்வாறு நிகழுகின்றது. அதாவது, $\mu_b > \mu_r$. மெல்லியவில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்திற்குரிய சூத்திரமாகிய

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

என்பதை ஆராயும்போது ஒருங்குவில்லையொன்றின் குவியத்தூரம் செங்கதிர்களிலும் பார்க்க நீலக்கதிர்களுக்குக் குறைவெனக் காணப்படுகின்றது. இவ்வகையாயுண்டாக்கப்பட்ட விம்பத்திலுள்ள நிறங்களெல்லாம் **தலைமைத் திருசியம்** எனப்படும். இதனைப்போலவே, ஒருங்கும் வெள்ளொளியானது மெய்யான விம்பமொன்றுண்டாகுமாறு விரிவில்லையொன்றின் மேல் விழவிடப்பட்டால், உருவம் 24.16 (*b*), செவ்விம்பமானது நீலவிம்பத்திலும் பார்க்க வில்லையினண்மையிலிருக்கும். அதாவது, விரிவில்லையின் குவியத்தூரமும் செவ்வொளியினதிலும் பார்க்க நீலவொளிக்குக் குறைவாயிருக்கும். ஒருங்குவில்லையொன்றையும் விரிவில்லையொன்றையும் சேர்த்தால், நிறமற்ற, அல்லது ஏறத்தாழ நிறமற்ற விம்பத்தைப் பெறமுடியுமென்று இதனாற் கருதப்படலாம். இவ்வகையான சேர்க்கையானது **நிறமில்சேர்க்கை** எனப்படும். ஆகவே, ஒரே திரவியத்திற் செய்யப்பட்டனவும் எண்ணளவிற் சமமான குவியத்தூரங்களையுடையனவுமான ஒருங்குவில்லையொன்றும் விரிவில்லையொன்றும் வெள்ளொளியில் எவ்வித பிரிக்கையையுங் காட்டா. எனினும், இவ்வகையான சேர்க்கையொன்று ஒரேமையமுள்ள முகங்களையுடைய கண்ணாடித்தட்டாக அமையுமேயன்றி வில்லையாகமாட்டாது. நிறந்தராவில்லையொன்றைப் பெறவேண்டுமாயின்,

சிரவுண்கண்ணாடி, தீக்கற்கண்ணாடி போன்ற வெவ்வேறு திரவியங்களினாற் செய்யப்பட்ட ஒருங்கு வில்லையொன்றையும் விரிவில்லையொன்றையும் உபயோகித்தல் வேண்டும்.

இலட்சியமான ஒளியியற்கருவியொன்றிலே கடைசிவிம்பம் பூரணமாக நிறமற்றிருக்கும். அதாவது, வெவ்வேறு அலைநீளங்களையுடைய கதிர்களினாலுண்டான நிறவிம்பங்கள் சமமாயும் அதே நிலையிலுமுள்ளன. இரண்டு நிறவிம்பங்கள் ஒன்றின்மேல் மற்றது பொருந்தியிருப்பின் ஒளியியற் றொழிலாளர் திருப்தியாவது வழக்கம். சேர்க்கப்படவேண்டிய சிறப்பான நிறங்கள் வில்லையானது அமைக்கப்படவேண்டிய உபயோகத்திலே தங்கியுள்ளது. இரண்டு நிறங்களுக்குத் திருத்தப்பட்ட நிறமில்சேர்க்கையொன்றினாலுண்டான விம்பத்தில் இன்னுமுள்ள நிறங்கள் துணைதிருசியம் ஆக அமைகின்றது.

தொடுகையிலிருக்கும் மெல்லிய வில்லைகளிரண்டின் நிறமில்சேர்க்கை.—மெல்லிய வில்லையொன்றின் ஒருநிறவொளிக்குரிய குவியத்தூரம்

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

என்ற சமன்பாட்டினாற் கொடுக்கப்படும். இங்குள்ள குறியீடுகள் வழக்கமான கருத்துக்களைக் கொண்டனவாம். எனவே, நீலக்கதிர்களுக்குஞ் செங்கதிர்களுக்கும்

$$\frac{1}{f_b} = (\mu_b - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = \frac{\mu_b - 1}{\mu_D - 1} \cdot (\mu_D - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$= \frac{\mu_b - 1}{\mu_D - 1} \cdot \frac{1}{f_D},$$

அத்துடன், $$\frac{1}{f_r} = \frac{\mu_r - 1}{\mu_D - 1} \cdot \frac{1}{f_D}.$$

$$\therefore \frac{1}{f_b} - \frac{1}{f_r} = \frac{\mu_b - \mu_r}{\mu_D - 1} \cdot \frac{1}{f_D}.$$

இப்போது முதலாவது அண்ணளவாக $f_b . f_r = f_D^2$ எனவெழுதலாம். எனவே,

$$f_r - f_b = \frac{\mu_b - \mu_r}{\mu_D - 1} \cdot f_D = \omega f_D$$

இங்கு ω என்பது நீலக்கதிர்களுக்கும் செங்கதிர்களுக்குமுரிய திரவியத்தின் நிறப்பிரிக்கைவலுவாகும்.

குவியத்தூரங்கள் f', f'' ஐயுடைய, தொடுகையிலிருக்கும் மெல்லிய வில்லைகளிரண்டின் சேர்க்கையினது குவியத்தூரம் f என்பது

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{f''}.$$

என்ற சமன்பாட்டினுற் கொடுக்கப்படும். எனவே,

$$\frac{1}{f_b} = \frac{1}{f_b'} + \frac{1}{f_b''} = \frac{\mu_b' - 1}{\mu_D' - 1} \cdot \frac{1}{f_D'} + \frac{\mu_b'' - 1}{\mu_D'' - 1} \cdot \frac{1}{f_D''}.$$

இங்கு, μ', μ'' வில்லைகளிரண்டினதுந் திரவியங்களின் முறிவுக்குணகங்களாகும். வெவ்வேறு நிறங்களுக்கு ஒளிக்குரிய இவற்றின் பெறுமானங்களே அனுபந்தங்கள் குறிக்கின்றன. இதனைப்போலவே,

$$\frac{1}{f_r} = \frac{\mu_r' - 1}{\mu_D' - 1} \cdot \frac{1}{f_D} + \frac{\mu_r'' - 1}{\mu_D'' - 1} \cdot \frac{1}{f_D''}.$$

சேர்க்கையானது நிறங்களிரண்டினுலுமெழுகின்ற நிறப்பிறழ்ச்சிக்காகத் திருத்தப்பட வேண்டுமாயின், $f_r = f_b$.

$$\text{எனவே, } \frac{\mu_b' - \mu_r'}{\mu_D' - 1} \cdot \frac{1}{f_D'} + \frac{\mu_b'' - \mu_r''}{\mu_D'' - 1} \cdot \frac{1}{f_D''} = 0$$

$$\text{அல்லது, } \frac{\omega'}{f_D'} + \frac{\omega''}{f_D''} = 0.$$

ω' உம் ω'' உம் நேரானவையாதலின் f_D', f_D'' என்பன எதிர்க்குறியுடையனவாயிருத்தல் வேண்டும்.

வேறு நிறுவல்.—மெல்லிய வில்லையொன்றின் குவியத்தூரம் f ஐ அல்லது f இன் தலைகீழ்ப்பின்னமாகிய அதன்வலு κ ஐ, அதன்திரவியத்தின் முறிவுக்குணகத்தின் சார்பாகவும், முகங்களின் வளைவாரைகளின் சார்பாகவும் குறிக்குஞ் சூத்திரமானது

$$\frac{1}{f} = \kappa = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

ஆகின்றது. குறிக்கப்பட்ட வில்லையொன்றிற்குரிய ஒருமையாக C ஐக் கொண்டு இதனை $\kappa = (\mu - 1)\,C$ எனவெழுதலாம். திரவியத்தின் முறிவுக்குணகத்தில் $\delta\mu$ மாற்றத்தின் பயனை வில்லையின் வலுவினது மாற்றம்

$$\delta\kappa = \delta\mu .\, C$$

என்பதனுற் கொடுக்கப்படுகின்றது. இச்சமன்பாட்டிலிருந்து C ஐ நீக்க

$$\delta\kappa = \delta\left(\frac{1}{f}\right) = \delta\mu \cdot \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{(\mu - 1)}$$

$$= \frac{\omega}{f}.$$

குவியத்தூரங்கள் f_1, f_2 களையுடைய இரண்டு வில்லைகள் சேர்ந்திருக்கும் போது சேர்க்கையின் வலு κ ஆனது $\kappa = \kappa_1 + \kappa_2$, என்பதனுற் கொடுக்கப்படும்.

$$\therefore \quad \delta\kappa = \delta\kappa_1 + \delta\kappa_2$$

$$= \frac{\omega_1}{f_1} + \frac{\omega_2}{f_2}.$$

இங்கு ω_1, ω_2 என்பன வில்லைகளிரண்டினதும் பதார்த்தங்களினது நிறப்பிரிக்கை வலுக்களாம். சேர்க்கையானது நிறந்தராததாயிருக்க வேண்டுமாயின் μ இனோடு குவியத்தூரம் மாறுதல் கூடாது. அதாவது, $\delta\left(\frac{1}{f}\right)$ சூனியமாதல் வேண்டும். ஆகவே, நிறந்தராதிருப்பதற்குச் சேர்க்கைக்குரிய நிபந்தனை

$$\frac{\omega_1}{f_1} + \frac{\omega_2}{f_2} = 0 \quad \text{ஆகின்றது.}$$

உதாரணம்.—20 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங்குநிறந்தராச் சேர்க்கையொன்றை யுண்டாக்க மெல்லிய வில்லைகள், நிறப்பிரிக்கை வலுக்கள் முறையே 0·23 ஐயும் 0·37 ஐயுமுடைய கிரவுண் கண்ணுடியையும் தீக்கற்கண்ணுடியையுங் கொண்டு செய்யப்படுதல் வேண்டும். தேவையான இரண்டு வில்லைகளினதுங் குவியத்தூரங்களைக் கணிக்க.

f_1 உம் f_2 உம் வில்லைகளிரண்டினதுங் குவியத்தூரங்களாயிருப்பின்,

$$-\frac{1}{20} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

எனப்பெறுகின்றோம். நிறந்தராமைக்குரிய நிபந்தனை

$$\frac{0{\cdot}23}{f_1} + \frac{0{\cdot}37}{f_2} = 0$$

ஆகும். எனவே, $f_1 = -\frac{1}{1{\cdot}61} f_2$. முதலாவது சமன்பாட்டிற் பிரதியிட $f_2 = +\,12{\cdot}2$ சமீ. எனவே, $f_1 = -\frac{12{\cdot}2}{1{\cdot}61} = -\,7{\cdot}6$ சமீ.

ஆகவே, குவியத்தூரம் $-7{\cdot}6$ சமீ. ஐயுடைய கிரவுண் கண்ணுடியொருங்கு வில்லையொன்றும், குவியத்தூரம் 12·2 சமீ. யுடைய தீக்கற் கண்ணுடி விரிவில்லையொன்றுந் தேவைப்படும்.

உதாரணம்.—கிரவுண் கண்ணுடிக்குந் தீக்கற்கண்ணுடிக்கும் சோடியவொளிக்குரிய முறிவுக்குணகங்கள் முறையே 1. 5 உம் 1. 6 உம் ஆகும். மேலேயுள்ள நிறந்தராவில்லையின் சேர்க்கையிலே இரண்டு முகங்களினதும் வளைவாரைகள் 15 சமீ. ஆகும். முந்தியவுதாரணத்தின் தரவுகளை உபயோகித்து வில்லைகளின் மற்ற முகங்களின் வளைவாரைகளைக் கணிக்க.

ஒருங்குவில்லையானது பொருளுக்குக் கூடிய அண்மையிலிருக்குமாறு சேர்க்கை ஒழுங்குசெய்யப்பட்டால், வழக்கமான குறியீட்டின்படி,

$$-\frac{1}{7{\cdot}6} = 0{\cdot}5\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{15}\right) \text{ அல்லது } r_1 = -5{\cdot}1 \text{ சமீ.}$$

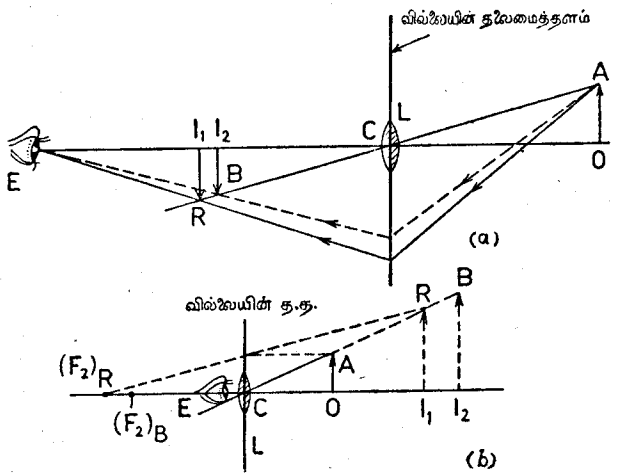
இதனைப்போலவே, விரிவில்லைக்கு,

$$+\frac{1}{12{\cdot}2} = 0{\cdot}6\left(\frac{1}{15} - \frac{1}{r_2}\right)$$

இங்கு r_2 என்பது ஒருங்குவில்லையோடு தொட்டுக்கொண்டிராத விரிவில்லையின் பரப்பினது வளைவாரையாகும்.

$$\therefore r_2 = -14{\cdot}2 \text{ சமீ.}$$

மெல்லிய ஒருங்குவில்லையின் பயனை நிறப்பிறழ்ச்சி.—மெல்லிய வொருங்குவில்லையொன்றினூலுண்டான மெய்யான விம்பமொன்று, வெள்ளைத் திரையொன்றிலே ஏற்கப்படும்போது நிறப்பிறழ்ச்சியின் விளைவுகளைப்பற்றி 190, III ஆம் பக்கத்திலே முன்னரே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. இப்போது தனிவில்லை, ஆகவே திருத்தப்படாதவொருங்கு வில்லையொன்றினூல் உண்டாக்கப்பட்ட விம்பம் கண்ணினூல் நேராக அவதானிக்கப்படும்போது அதிலுள்ள நிறக்குறையைக் கருதவேண்டியது அவசியமாகின்றது.



உருவம் 24.17.—மெல்லியவொருங்குவில்லையொன்றின் பயனை நிறப்பிறழ்ச்சி.

L என்பது, உருவம் 24.17 (a), ஒளியியல்மையம் C ஐயுடைய மெல்லியவொருங்குவில்லையெனவும், OA என்பது வெள்ளொளியினூலொளிரப்படும் பிளவொன்றைப் போன்ற வெள்ளைப் பொருளெனவுங்

கொள்க. புள்ளி A இன் விம்பமானது AC இன் நீட்சியிலே எப்போதும் இருப்பதனால், செவ்விம்பங்களும் நீலவிம்பங்களும் முறையே I_1R உம் I_2B உம் ஆகும். இங்கு R உம் B உம் AC இன் நீட்சியிலுள்ளன. I_1 உம் I_2 உம் முறையே செங்கதிர்களினூலும் நீலக்கதிர்களினூலும் உண்டாக்கப்பட்ட புள்ளி O இன் அச்சயல் விம்பங்களாம்.

வில்லையின் தலைமையச்சினண்மையிலுள்ள கண் E ஆனது விம்பங்களை அவதானிக்கின்றதெனக் கொள்வோம். சாதாரண கண்ணினூன்றுக்கு E ஆனது விம்பங்களுக்கப்பால் ஆகக்குறைந்தது 25 சமீ. தூரத்திலாவது இருத்தல் வேண்டும். அப்போது கண்ணினுட் செல்லுங் கதிர்களின் பாதை வரிப்படத்திற் காட்டியுள்ள மாதிரி இருக்கும். வழக்கம்போலவே அவை பெறப்படுவன, 74, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க. புள்ளி A இன் செவ்விம்பமானது மற்றெந்தக் கதிருமற்றிருக்க வரிப்படத்திற் காணப்படுகின்றது. R இற்கும் B இற்குமிடையே இருக்கும் மற்றெந்த நிற விம்பத்திலும் நிறங்கள் மேற்பொருந்தியிருக்கும். A இலும்பார்க்க O இற்கு அண்மையிலே பொருளிலுள்ள புள்ளிகளுக்கு ஒத்த விம்பப்புள்ளிகள் எல்லா நிறக் கதிர்களினூலும் வெட்டப்படும். எனவே, விம்பத்தின் பெரும்பாகம் வெண்மையாகத் தோற்றும். ஆகவெளியேயுள்ள ஓரம் சிவப்பாயிருக்கும்.

அன்றியும், உருவம் 24.17 (b) இலிருப்பதுபோல, விம்பம் மாயமாயிருக்கும்போது அவற்றின் மேன்முனைகள் CA இன் நீட்சியிலிருத்தல்வேண்டும். ஆகவே, நிறவிம்பங்களெல்லாம் ஒரே கோணத்தையே வில்லையின் ஒளியியல்மையத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள கண் E இல் எதிரமைக்கின்றன. எனவே, இவ்வாறு அவதானிக்கப்பட்ட விம்பமானது ஏறத்தாழ நிறவிளைவுகளற்றதாயிருக்கும். தனிவில்லையொன்றில் எப்போதுங் கோளப்பிறழ்ச்சி இருப்பதனாலும், இது ஒளியின் நிறத்திற்கேற்ப மாறுபடுவதினாலும் ஏறத்தாழவென்று குறிப்பிடப்பட்டது.

அப்பியாசம் 24

1.—(அ) கோளப்பிறழ்ச்சியினாலும், (ஆ) நிறப்பிறழ்ச்சியினாலும் எழுகின்ற மெல்லிய வில்லையொன்றின் குறைகளை ஆராய்க. மெல்லிய தனிவில்லையினாலுண்டாக்கப்பட்ட நிறவிளைவுகளை, அதற்கேற்ப தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் வேறு திரவியத்தினாலுண்டான இன்னுமொரு மெல்லிய வில்லையைவைத்து எவ்வாறு குறைக்கலாமென விளக்குக.

திருசியத்தின் C, F கோடுகள் நிரந்தராதனவாய் 100 சமீ. குவியத் தூரத்தையுடைய தொலைகாட்டியொன்றின் பொருள்வில்லையொன்றை அமைத்தல் வேண்டும். பின்வரும் அட்டவணையிலுள்ள தரவுகளை உபயோகித்து, முறையே இரவுண கண்ணுடியினாலும் தீக்கற்கண்ணுடியினாலும்

செய்யப்பட்டுச் சேர்த்துவைக்கப்படும்போது தேவையான விளைவைக்கொடுக்கும் மெல்லிய வில்லைகளிரண்டின் குவியத்தூரங்களையும் இயல்பையுங் காண்க. தேவையான சூத்திரத்தைப் பெறுக.

கண்ணுடி	முறிவுக்குணகம்	
	C	F
கிரவுண்	1·513	1·521
தீக்கல்	1·604	1·620

[N. S.]

2.—நிறப்பிரிக்கை என்பதனால் என்ன கருதப்படுகின்றது ?

தனிவில்லையொன்றினால் உண்டாக்கப்பட்ட விம்பத்திலே இதன் விளைவை வரிப்படமூலம் காட்டி, இவ் விளைவை எவ்வாறு நீக்கலாமென விளக்குக.

ஒருங்குவில்லையொன்றின் திரவியத்தினது முறிவுக்குணகம் செவ்வொளிக்கு 1·640 ; ஊதாவொளிக்கு 1·672. முறிவுக்குணகம் 1·650 ஐயுடைய சராசரிக் கதிருக்குரிய வில்லையின் குவியத்தூரம் 1 மீற்றர். ஊதாவொளிக்கும் செவ்வொளிக்கும் ஒருங்குவில்லையின் தலைமைக்குவியங்களுக்கிடையே பிரிவுத்தூரத்தைக் காண்க.

3.—இரண்டு கண்ணுடிகளின் நிறப்பிரிக்கை வலுக்கள் 3 : 2 விகிதத்திலுள்ளன. 20 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய நிறந்தராப் பொருள்வில்லையொன்றைச்செய்ய இக்கண்ணுடிகள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. வில்லைகளின் குவியத்தூரங்களென்ன ? [N.A.]

4.—100 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய தொலைகாட்டியின் நிறந்தராப் பொருள்வில்லையொன்று கீழே குறிப்பிடப்பட்ட கண்ணுடிகளினாற் செய்யப்பட்ட வில்லைகளிரண்டினால் உண்டானது. இவ்வில்லைகளொவ்வொன்றினதும் குவியத்தூரத்தைக்கண்டு ஒவ்வொன்றும் ஒருங்கியதா விரிவானதா வெனக் கூறுக.

	μ சிவப்பு	μ நீலம்
கண்ணுடி A	1·5155	1·5245
கண்ணுடி B	1·641	1·659

[N.A.]

5.—மெல்லிய வில்லைகளிரண்டு சேர்ந்து நிறந்தராச் சேர்க்கையொன்றை உண்டாக்கத் தேவையானதும் போதியதுமான நிபந்தனையை நிலைநாட்டுக.

50 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய நிறந்தராவொருங்குவில்லையொன்று பின்வருங் கண்ணுடிகளிலிருந்து அமைக்கப்படல் வேண்டும்.

கண்ணுடியின்வகை	μ_D	$\mu_F - \mu_C$
கிரவுண்	1·520	0·0087
தீக்கல்	1·615	0·0166

சேர்க்கையொருங்குவில்லை சமவளவு பரப்புகளைக் கொண்டிருந்து வில்லையின் மற்றக்கூற்றினோடு சேர்க்கப்படவேண்டுமாயின் வில்லைமுகங்களின் வளவாரைகளைக் காண்க.

6.—100 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய நிறந்தராவொருங்குவில்லையொன்று பின்வருங் கண்ணுடிகளிலிருந்து செய்யப்படுதல் வேண்டும்.

கண்ணுடியின் வகை	μ_D	$\mu_F - \mu_C$
கிரவுண்	1·516	0·0081
தீக்கல்	1·647	0·0192

(அ) விரிவில்லையிரண்டுமுகந் தளமாயிருக்குமாயின் வில்லைகளின் மற்ற முகங்களின் வளவாரைகளுக்குரிய பெறுமானங்களைக் கணிக்க.

(ஆ) சேர்க்கையொருங்குவில்லை சமமான வளவு பரப்புகளைக் கொண்டிருந்து மற்ற வில்லைக்கூற்றினோடு சேர்க்கப்படவேண்டுமாயின், வில்லைகளின் முகங்களினது வளவாரைகளைக் காண்க.

7.—(அ) வெள்ளொளிர்வுத் திண்மமொன்றின் திருசியம் கட்புலனுதும் கட்புலனுகாததுமான கதிர்வீசல்களையுடையனவென்றும், (ஆ) கண்ணுடியினால் ஊடுசெலுத்தப்பட்ட கதிர்வீசலின் பின்னம் கதிர்வீசல் முதலிடத்தின் வெப்பநிலையிலே எவ்வாறு தங்கியிருக்கின்றதென்றுங் காட்டப் பரிசோதனையொன்று விவரிக்க.

அச்சானது சூரியனைநோக்கிச் செப்புக் கலோரிமானியொன்றினோடு பொருத்தப்பட்ட, 12 சமீ. விட்டமுள்ள குழிவாடியொன்றினாற் சூரியனின் கதிர்கள் குவிக்கப்பட்டு அங்கு உறிஞ்சப்படுகின்றன. உள்ளுறையுடன் கூடிய கலோரிமானியின் வெப்பங்கொள்ளளவு C பாகையொன்றிற்கு 59 கலோரியாகி, ஒவ்வொரு 2 நிமிடங்களிலும் வெப்பநிலை 8 பாகை C ஏறுமாயின், கதிர்கள் செங்குத்தாய்ப் படும்போது புவியின் பரப்பின் ஒருசதுர மீற்றரிலே 1 நிமிடத்தில் ஏற்கப்படும் வெப்பத்தைக் கணிக்க. [N.A.]

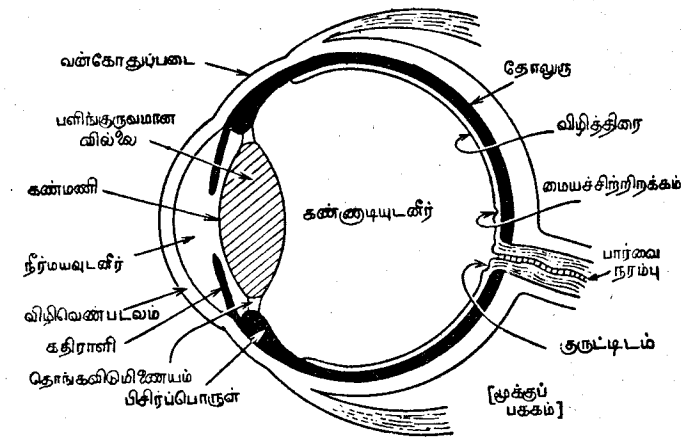
8.—(அ) ஊதாக்கடந்தவொளியை உண்டாக்குதற்கும், (ஆ) அதனியல்புகளை விளக்குதற்கும், நீர் உபயோகிக்கக்கூடிய பரிசோதனை ஒழுங்குகளை விவரிக்க.

9.—1 தையொத்தர் வலுவையுடைய தொலைகாட்டியின் நிறந்தராவில்லையொன்றை அமைக்கவேண்டியிருக்கின்றது. நிறப்பிரிக்கைவலு 1/30 ஐயுடைய கண்ணுடி A ஐயும், நிறப்பிரிக்கை வலு 1/40 ஐயுடைய கண்ணுடி B ஐயும் பெறக்கூடுமாயின் இதனை எவ்வாறு செய்யலாமெனக் காட்டுக. பேறுகளைத் தையொத்தநிற் கொடுக்க. [L.A. (பாகம்).]

அத்தியாயம் 25

உடற்கூற்றொளியியல்

மனிதன் கண்ணின் பொதுவான அமைப்பு.—பார்வை என்பது புறப் பொருள்களைப்பற்றி மனத்திற் படமொன்றை அமைக்க உதவும் புலனாகும். ஒளியானது அலைகளைக் கொண்டதென அறிகின்றோம். இவ்வலைகள் விழித் திரையைத் தூண்டுகின்ற ஊக்கிகளாகும். விழித்திரையிலுண்டாக்கப்பட்ட உணர்ச்சிகளானவை நிறத்தை அறியவும் தூரங்களை மதிப்பிடவும் பொது வாக புறவுலகத்தைப்பற்றிய அறிவைப்பெறவும் மக்களுக்கும் விலங்குகளுக் கும் உதவுகின்றன.



உருவம் 25.01.—மனிதனின் வலக்கண்ணினுடான கிடைத்தளவெட்டுமுகம்.

மனிதன் கண்ணின் வெட்டுமுகமொன்று 25.01 ஆம் உருவத்திற் பிரதி யிடப்பட்டுள்ளது. பொதுவாகக் கருதுமிடத்துக் கண்ணானது ஒளியதிர்வுகள் ஊடுசெல்லக்கூடிய துவாரமொன்றையுடைய ஏறத்தாழக் கோளவறை யொன்றைக் கொண்டதாகும். முழுவதுங் **கண்விழி**யெனப்படும். இது **கண்வட்டம்** என்று சொல்லப்படும் மண்டையோட்டிலுள்ள குகையொன்றில் இருக்கின்றது. கண்விழிக்கு முற்பக்கத்திலே **கண்மடல்களும்** கண்ணீர்க் குரிய ஆய்கருவியுமுள. கண்விழியின் ஒளிபுகவிடும் முற்பாகம் **விழி வெண்படலம்** எனப்படும். ஆனால், ஒளிபுகவிடாததும் கண்விழியின் ஏறத் தாழ ஆறில் ஐந்து பாகங்களைச் சூழ்ந்துள்ளதுமான பிற்பாகம், அதன் வன்மன்காரணமாக, வன்கோதுப்படை எனப்படும். விழிவெண்படலமா னது உண்மையிற் கண்ணிலுள்ள ஒரு புறப்பாடாகும். எனவே அதன்

வளைவாரை கண்ணறையின் வேறெந்தப் பாகத்தினதிலும் பார்க்கக் குறை வாயிருக்கும். வன்கோதுப்படைக்கு அடுத்தாற்போல உட்புறத்திலே தோலுரு இருக்கின்றது. இச்சவ்வின் உட்பரப்பிலே கறுப்புப்பசைக் கலங்கள் ஏராள மாகவுள. கண்ணினுள்ளே மிதமிஞ்சிச்செல்லும் எவ்விதவொளியையும் இக்கலங்கள் உறிஞ்சுகின்றன. கண்ணின் புறப்பாகத்தினது உட்பரப்பு **விழித் திரை** அல்லது **சிலந்திவலைப்படை** எனப்படும். [சிலந்தியின் வலையினை டொத்த அமைப்பையுடையதனால் இவ்வாறு பெயரிடப்பட்டது.]

வன்கோதுப்படையானது விழிவெண்படலத்தினூடு சேரும் இடத்திற் கண்மையிலே **கதிராளி** எனப்படுஞ் சுருக்கப்படக்கூடிய மென்றகட்டுச் சவ் வொன்றுளது. இது பொதுவாக நிறமுடையதாயிருக்கும். நம்பிக்கைக் குரிய மக்கள் வருங்காலத்தைப்பற்றி அறியும் எத்தனங்களுக்கு இவ்வுண்மை உதவுகின்றது.

கதிராளியிலுள்ள துவாரம் **கண்மணி** எனப்படும். இது கதிராளியின் கேத்திரகணித மையத்திலிருப்பதில்லை. ஆனால், மூக்கின்பக்கத்தை நோக் கிச் சிறிது இடம்பெயர்ந்திருக்கும். ஒளிரும்புள்ளியொன்றிலிருந்து கண்ணி னுட்செல்லும் ஒளிக்கற்றையின் துவாரமானது கண்ணினளவினது சார்பா கத் தொலைகாட்டியில் ஒத்த கணியத்தினூடொப்பிடப்படும்போது மிகப் பெரிதாகும். கண்மணியானது தானுகவே சுருங்கி அல்லது விரிந்து கண்ணி னுள்ளே ஒளியானது செல்லும் வீதத்தைக் கட்டுப்படுத்துகின்றது.

கண்ணின் முற்பாகத்திலே **பிசிர்ப்பொருள்** எனப்படும் ஒருவகையான மடித்த தோலைப்போன்ற பொருளொன்று தோலுருவின் ஓரத்தைச் சுற்றியுள்ளது. இது மோதிரத்தைப் போன்றிருக்கும். இதன் நுண்ணிய இணையங்கள் கண்ணின்றன்னமைவையாளுகின்ற தசைநார்களின் நுனுக்க மான தொகுதியொன்றை உண்டாக்குகின்றன. 204, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க.

கதிராளியின் பின்புறத்திலே **பளிங்குருவான வில்லை** இருக்கின்றது. இது பிசிர்ப்பொருளிலிருந்து கங்கணமென்றகடொன்றினூற் றொங்கவிடப் பட்டிருக்கும். இந்த மென்றகடு **தொங்கவிடுமிணையம்** எனப்படும். சுருங்காச் சவ்வொன்றினால் இது உண்டானது.

வில்லைக்கும் விழித்திரைக்குமிடையேயுள்ள கண்விழியின்பாகம் **கண் ணுடியுடனீர்** எனப்படும் ஒளிபுகவிடும் ஊன்பசைப் பொருளொன்றினால் நிரம்பியிருக்கும். இது பெரும்பாலும் ஊன்முதல்கள், சேதன வசேதன வுறுப்புப் பொருள்களின் சுவட்டையுடைய நீரைக்கொண்டதாகும். பளிங்குக் கசிவான மென்றகடொன்று கண்ணுடியுடனீரைச் சூழ்ந்துள்ளது. வில்லை யின் முற்பக்கத்திலே **நீர்மயவுடனீர்** இருக்கின்றது. இது சோடியங்குளோ ரைட்டின் சிறிது சுவட்டையுடைய நீர்த்திரவமாகும்.

கண்ணின் பிற்பக்கத்திலே பார்வைக்கோடானது விழித்திரையை வெட்டும் புள்ளியை மையமாய்க்கொண்டு, **மஞ்சட்பொட்டு** இருக்கின்றது. இப் பொட்டின் மையத்திலுள்ள பதிவு **மையச்சிற்றிறக்கம்** எனப்படும். கோணப் பிரிவு வில்லின் ஒரு கலைக்குக் குறைவாயிருக்கும்போது பொரு

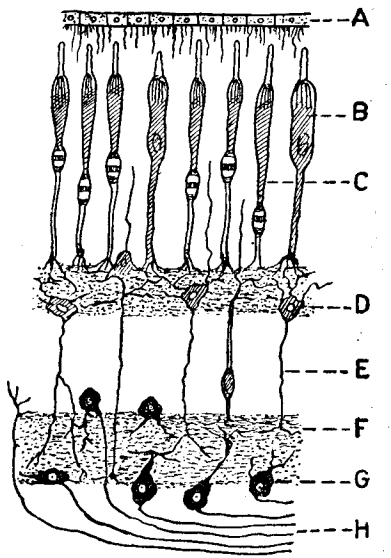
ளொன்றின் முழுவிவரத்தையும் அறியக்கூடியதாக இவ்விடத்திலேயே பார்வைக்கூர்மை மிகச் சிறந்ததாகும். **சதோ**லென்பவர் (Southall) இதன் தொடர்பிலே பின்வருமாறு எழுதுகின்றார். "கண்ணின் விழித்திரையிலே எறியப்படுகின்ற தலைகீழ்விம்பமானது வெளிப்பாகங்களிலே பருமட்டாக வரையப்பட்டதும், மையத்தைநோக்கிச் செல்லச்செல்ல நுணுக்கங்கூடியதாய் வரையப்பட்டு மையச்சிற்றிறக்கத்திலே விவரங்களெல்லாம் பூரணமாய் முடிக்கப்பட்டதுமான வரிப்படத்தினூடு ஒப்பிடப்பட்டது. எனவே எந்தக்கணத்திலும் புறப்பொருளொன்றின் சிறியபாகம் மட்டுமே துலக்கமாகக் கண்ணினூற் பார்க்கக்கூடியதாயிருக்கும். பார்வைப்புலத்தின் எல்லாப்பாகங்களுக்கும் ஒரேநேரத்தில் சமமான துலக்கத்துடன் படம்பிடிக்கப்பட்டு உடனடியாக உணரப்படுவனவாயின் பார்ப்பவருக்கு மலைவுண்டாகித் தனது கவனத்தைப் பொருளின் சிறப்பான ஓரிடத்தில் அல்லது பாகத்தில் அவர் செலுத்துதல் முடியாது."

விழிவெண்படலம்.—கண்மடல்கள் திறக்கப்படும்போது கட்புலனாகும் கண் விழியிலுள்ள புறப்பாடு **விழிவெண்படலம்** எனப்படும். தொடக்கத்திலே இது கோளவடிவுடையதாகக் கருதப்பட்டது. அதன் உருவம் கூடியசிக்கலானது என இப்போது தெரிகின்றது. கீழேயுள்ளதிலும் பார்க்க இது மேலே கூடுதலாகத் தட்டையாயுள்ளது. கடை நுதற்பக்கத்திலும் பார்க்க மூக்குப் பக்கத்திற் கூடிய தட்டையாயுள்ளது. உள்விழிமானி எனப்படும் ஒரு கருவியைக்கொண்டே இவ்வகையான உண்மைகள் காணப்பட்டன.

பளிங்குருவமான வில்லை.—கண்வில்லையானது அதன் சுற்றினூடு செல்லுகின்ற தளமொன்றைச்சுற்றிச் சமச்சீரானதன்று. விழித்திரையை நோக்கியிருக்கும் பாகம் முற்பாகத்திலுஞ் சிறிய வளைவாரையையுடையது. அத்துடன் வில்லை ஒருதன்மைத்தானதன்று. வில்லையின் உட்பாகங்களையடையுந் தோறும் அடர்த்தி கூடுகின்ற, அதாவது, முறிவுக்குணகம் அதிகரிக்கின்ற, பலபடைகளை இது கொண்டதாகும். இவ்வகையான ஒழுங்கு விம்பத்தின் துலக்கத்தைத்திருத்த முயலுகின்றது.

விழித்திரை—ஒளியூக்கியினூற் தூண்டப்படுகின்ற ஒளிபுகவிடும் இச்சவ்வானது கண்ணின் உட்பரப்பினது பிற்பாகத்தின் ஆறிலைந்து பாகங்களைக்கொண்டது. கண்ணுடியுடனீருடன் சேர்ந்திருக்கும் விழித்திரையின் பாகம் தொடுக்குஞ் சவ்வின் சிறிய படையொன்றைக் கொண்டது. விழித்திரையின் ஆகத்தூரவுள்ள பக்கமும் இந்தச்சவ்வின் ஒரு படையினாலுண்டானது. இரண்டு படைகளும் இன்னுஞ் சவ்வினூற் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். ஒளியினூற்றூண்டப்பட்ட செய்திகளை விழித்திரையிலிருந்து மூளைக்கு கொண்டுசெல்லும் **பார்வைநரம்பானது,** கண்ணின் மூக்குப் பக்கத்திலுள்ள புள்ளியொன்றிலே விழித்திரையினூடு செல்லுகின்றது. இந்தப் புள்ளியிலிருந்து நரம்பானது விழித்திரையிலே பரவுகின்றது. சில நரம்புகள் விழித்திரையின் மத்தியபாகத்திலுள்ள இடைவெளிகளை நிரப்புகின்றன. பார்வைநரம்பினூற் றூளைக்கப்பட்ட பாகத்தைத்தவிர விழித்திரை முழுவதும்

இவ்வியல்புகளைக் கொண்டதாகும். இப்பாகம் **குருட்டிடம்** எனப்படும். இதனைப்பற்றி இன்னுங்கூடுதலாகப் படிப்போம். விழித்திரையின் உட்படையிலே நரம்புகள் அதிகமாயுள்ளன. சிலவிடங்களிலே **நரம்புத் திரட்டுத்துணிக்கைகள்** எனப்படும் பெரிய அறைகளிலிருந்து இவை புறப்படுகின்றன, 25.02 ஆம் உருவத்தைப்பார்க்க. **பசிலசுப்படை** அல்லது **யாக்கோபின் மென்றகடு** எனப்படும் கோல்களையுங் கூம்புகளையுங் கொண்ட அதிசயமான படையொன்று விழித்திரையை ஊடறுத்துக்குறுக்காயுள்ள தொடுக்குஞ்சவ்வுக்கட்டுகளோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கூம்புகளிலும் பார்க்கக் கோல்கள் அதிகமாயுள்ள இந்த மென்றகடு பசையின் படையொன்றினூற் றொடரப்படும். இதற்கப்பால் தோலுருவின் எல்லைப்படை காணப்படுகின்றது.



உருவம் 25.02.—விழித்திரையிலேகலப்படைகளின் வரிப்படம். நன்முக உருப்பெருக்கப்பட்டது.

A பசையறைகள். B கூம்புகள். C கோல்கள். D, F உட்காவு நரம்பு மூளைகளின்மயிரிழைகள். E கோல்களுக்குங் கூம்புகளுக்குமிடையேயுள்ள அறையொன்றின் வெளிக் காவுநரம்புமூளை. G நரம்புத் திரட்டுத் துணிக்கையறைகள். H நரம்புத் திரட்டுத்துணிக்கை களிலிருந்துபார்வை நரம்புக்குச் செல்லும்வெளிக்காவு நரம்பு மூளை.

கோல்கள் முறையே உள்ளூறுப்புகளும் வெளியூறுப்புகளுமென இரு வகையமைப்புகளையுடையன. உள்ளூறுப்பானது காமீனைப்போன்ற சோதனைப் பொருள்களினூல் இலகுவாகக் கறைப்படுத்தப்படலாம். வெளியூறுப்பானது இலகுவிற் கறைப்படுத்தப்படமுடியாத உயர்வான முறிவையுடைய ஊடகத்தினாலுண்டானதாகும். செந்நிறமாயுள்ள இவ்வூறுப்பு ஒளிக்கதிர்வீசலுக்கு உணர்ச்சிமிகுந்ததாகும். ஒளியின் பாதிப்பினால் இதன் கனவளவு அதிகரிக்கின்றது. கதிர்வீசலின் முதலிடம் அகற்றப்பட்டதும் இது பழைய கனவளவையடையும். பசையானது சோதனைப்பொருள்கள் சிலவற்றிற் கரைந்து சூரியவொளியிலே திடீரென வெளிறுஞ் செவ்வூதாக் கரைசலொன்றை உண்டாக்குவதினால், செந்நிறமாக்கும் இப்பதார்த்தம் **பார்வைச்செவ்வூதா** எனப்படும்.

கூம்புகளும் இரட்டையமைப்பையுடையன. உள்ளூறுப்பானது கோலொன்றின் உள்ளூறுப்பையொத்தது. வெளியூறுப்பு கூம்புருவாயிருக்கும். ஆனால், பார்வைச்செவ்வூதா இதிலில்லை.

கோல்களுங் கூம்புகளும் உண்மையில் ஒளியையேற்குமறைகளாம். இவற்றில் ஒளியானது படும்போது இரசாயனமாற்றங்கள் நிகழக்கூடிய பாதார்த்தங்களே இவை கொண்டுள்ளன. படுமொளியின் பயனை முதற்றுக்கம் ஒளியிரசாயன இயல்பையுடையதென்று பொதுவாக ஒத்துக்கொள்ளப்படுகின்றது. இதன் விளைவு கணத்தாக்கங்களாக வெளிவிடப்படுஞ் சத்தியானது பார்வைநரம்பின் வழியாய் மூளைக்குச் செல்வதேயாம். கோல்களினதுங் கூம்புகளினதும் ஒளிர்வானது நின்றவுடன் முந்திய நிலைமை திரும்பவும் பெறப்படும்.

ஒளியின் சிறிய அளவுகளைக் கண்டுபிடிப்பதே கோல்களின் வேலையாகும். இரவுப்பார்வைக்கு இவையே காரணமாகும். இவை நிறத்தைத் தெளிவாய்க் காட்டா. ஆனால், சமநிலைக்கறுப்புகள், நரைநிறங்கள், வெண்மை என்பனவற்றைமட்டுங் காட்டுகின்றன. கூம்புகளே விவரத்தையும் நிறத்தையுந் தெளிவாய்க் காட்டுதற்குரியன. அவை சாதாரணமான பகற் பார்வையில் உபயோகப்படும். விலங்குகளிலே மக்களின் விழித்திரையிற் போல ஏற்குங் கலவைகைகள் எப்போதுந் தெளிவாயிரா. உதாரணமாக, ஆந்தைகள் தண்டுகளே மட்டுமே உடையன வாதலின் இரவிலே தெளிவாக அவற்றினூற் பார்க்க முடியும். ஆனூற் சூரியன் பட்டவுடன் தங்களுக்குச் செல்லுகின்ற கோழிகள் கூம்புகளே மட்டுமே உடையன.

கோல்களினதுங் கூம்புகளினதும் பரவல் விழித்திரையிலே மாறுகின்றது. ஏறத்தாழ 0·25 மிமீ. விட்டத்தையுடையதும் கண்ணின் ஒளியியலச்சிலிருப்பதுமான சிற்றிறக்கம் எனப்படும் சிறிய மத்தியபரப்பானது தெளிவான பார்வையின் இருப்பிடமாயமைந்துள்ளது. இது கூம்புகளே மட்டுமே கொண்டுள்ளது. சிற்றிறக்கத்திலிருந்து விழித்திரையின் சுற்றை நோக்கி மேற்பக்கமாகச் செல்லும்போது பரப்பலகொன்றிற்குக் கூம்புகளின் றெகை குறைந்துகொண்டும் கோல்களின்றெகை கூடிக்கொண்டும் போய்ச் சுற்றிலே கூம்புகள் மிக்கவரிதாகவேயுள்ளன. விவரத்தினதும் நிறத்தினதும் பிரித்தறிவு விழித்திரையின் மத்திய பாகத்திலேயே உயர்வாயிருக்கின்றது. உயர்வான செறிவுகளிலே இப்பாகமே ஒளிக்கு உணர்ச்சி மிக்கதாயிருக்கும். அப்போது கோல்கள் அவற்றின் உணர்திறனைப் பெரும் பாலும் இழந்திருப்பதாகத் தோற்றும். தாழ்ந்த செறிவுகளிலோவெனின், இம்மத்திய பாகம் குருட்டிடமாகின்றது. அப்போது உயர்வான உணர்திறன் சுற்றையண்டியிருக்கும்.

பார்வைச்செவ்வூதா.—எரித்தரொச்சீன் எனப்படும் பார்வைச்செவ்வூதா என்பது காடிகள், மதுசாரம், குளோரபோம், எரிசோடா என்பனவற்றினுல் அழிகின்றது. பார்வைச்செவ்வூதாவானது ஒளியினுல் வெளிறுமென முன்னரே கூறப்பட்டது. ஆனால், 4 நூற்றுவீதம் சீனுக்காரக் கரைசலொன்றைச் சேர்த்து இத்தாக்கத்தைக் குறைக்கலாம். இந்தவுண்மையை உபயோகித்து **கூன்** (**Kuhne**) என்பவர் முயலொன்றின் கண் விழித்திரையிலே படம்பிடி விம்பமொன்றைப் பெறுவதிற் சித்தியடைந்தார். அத்தி ரொப்பீனைக்கொண்டு விலங்கை மயங்கச்செய்து கண் மணி பெரிதாக்கப்

பட்டபின், சில நிமிடங்களுக்கு பலகணியின் முன்பு வைக்கப்பட்டுப் பின்பு அழிக்கப்பட்டது. இதன்பின்பு விழித்திரை பெறப்பட்டு மேற்கூறிய சீனுக்காரக் கரைசலிற் கழுவப்பட்டது. பல நாட்களின் பின்பும் பலகணியின் தெளிவான விம்பமொன்று கட்புலனானது.

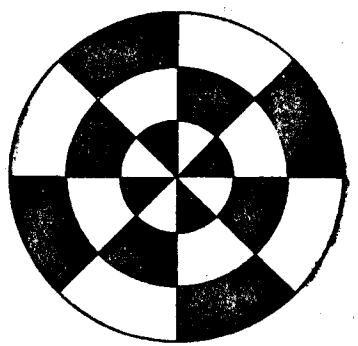
குருட்டிடம்—பார்வைநரம்பானது ஒரிடத்தில் விழித்திரையைத் துளைத்துக்கொண்டு செல்வதினுல் இவ்விடம் ஒளியுக்கிக்கு உணர்ச்சியற்றதாய்க் காணப்படுவது அதிசயத்துக்குரியதன்று. மஞ்சட்பொட்டைப்போன்று, 199, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க, ஏறத்தாழ 0·25 சமீ. விட்டமான இப்பெரட்டு **குருட்டிடம்** எனப்படும்.



உருவம் 25.03.—குருட்டிடம்.

இடதுகண்ணை மூடிக்கொண்டு 25.03 ஆம் உருவத்திலுள்ள சிறிய சிலுவையைக் குறிப்பாகப் பார்க்க. புத்தகத்தை ஏறத்தாழ 40 சமீ. தூரத்திற் பிடித்துக்கொண்டு படிப்படியாகக் கண்ணைநோக்கி அதனை இயக்குக. கறுப்பான சிறிய தட்டானது திடீரெனக் கட்புலனாகாது மறைந்துவிடும். அதன் விம்பம் அப்போது குருட்டிடத்தில் விழுவதினுல் இருப்பது தெரியவில்லை. வலதுகண் மூடப்பட்டால் பொட்டினதுஞ் சிலுவையினதும் இடங்கள் மாற்றப்படுதல் வேண்டும்.

விழித்திரையினருட்டல்.—விழித்திரையிலே ஒளியுக்கியொன்றின் விளக்கம் ஒளியின் செறிவிலும் அது நிலைத்திருக்குங் காலத்திலும் பெரும் பாலுந் தங்கியிருக்கின்றது. நிலைத்திருக்கும் நேரம் சிறிதாயிருந்தபோதிலும் மின்னற்பளிச்சீடொன்று இலகுவாகக் காணப்படும். ஆனால், சகலநிறத்தட்டுகளை உருவாக்கற்கு உபயோகிக்கப்படும் கரும் பச்சை விளக்கு இருட்டறையில் முதலிற் செல்லும்போது கட்புலனாகாது. ஆயினும் சில நிமிடங்களின்பின்பு அதுவும் அண்மையிலுள்ள பொருள்களும் மிக்க தெளிவாய்க்காணப்படுகின்றன. ஒளி அவ்வளவு செறிவுகூடியதாய்த் தோற்றுவதினுல்தட்டுகள் கறுத்திருக்கின்றனவோவென ஒருவர் அதிசயிக்கக்கூடும்.



உருவம் 25.04.—எமோற்சுச்சில்லு.

உணர்ச்சியானது திடீரென மூளையினுல்விளங்கப்படுவதில்லை யென்றும் அருட்டுமூக்கி அகற்றப் பட்டபின்பும் விளக்கம் நிலைத்திருக்குமென்றும் பின்வரும் பரிசோதனையொன்று காட்டுகின்றது. எம்மோற்சுச் சில்லானது,

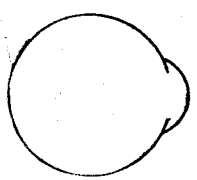
உருவம் 25.04, மையத்தைக்கொண்டு சுழலக்கூடியதாகச் செய்யப்பட்டுள்ளது. சில்லானது ஆறுதலாகச் சுழலும்போது கரும்பாகங்களும் வெண்பாகங்களுந் துலக்கமாயிருக்கின்றன. வேகம் அதிகரிக்கக் குறுக்கோரங்கள் தெளிவற்றனவாக முயலுகின்றன. உணர்ச்சியின் விளக்கம் தடைபட்டேயுண்டாகுமென இத்தோற்றப்பாடு நிறுவுகின்றது. தட்டானது இன்னும் விரைவுகூடுதலாகச் சுழற்றப்படும்போது விளக்கம் பூச்சியமாதற்குப் போதிய நேரமில்லாது மீண்டுந் தூண்டப்படுகின்றது.

எனவே, தட்டங்களும் நரைநிறமாகி இந்த நரைநிறம் ஒரேதன்மைத்தாயிராது. சில்லானது இன்னும் விரைவுகூடிச் சுழலும்போது ஒளியூக்கம் மிக்கவிரைவாய்ப் பின்தொடர்வதினால் தட்டானது ஒரேசீரான நரைநிறமாகத் தோற்றுகின்றது.

கண்ணின் ஒளியியற்றெழிற்பாடு; தன்னமைவு.—விழிவெண்படலத்திலிருந்து நீர்மயவுடனீருக்குட் செல்லும்போதே கண்ணின் ஒளியியற்றெகுதியினால் ஒளியின் முறிவின் பெரும்பகுதி நிகழுகின்றது. இதன் காரணத்தினால் கண்ணையடையுங் கதிர்க்கற்றையானது கூடுதலாக ஒருங்குகின்றது. பளிங்குருவான வில்லையினால் இன்னுங் கூடுதலாக ஒருங்குவதினால் சாதாரணமான கண்ணிலே விழித்திரையின் உணர்ச்சியுள்ள படையொன்றிலே கற்றையானது குவிக்கப்படுகின்றது. ஒய்விலிருக்குஞ் சாதாரணக் கண்ணொன்றின் முழுவலுவும் ஏறத்தாழ +60 தையொத்தராகும் (D). நீர்மயவுடனீரின் முறிவுக்குணகம் 1·336 உம், விழிவெண்படலத்தின் வளைவாரை ஏறத்தாழ — 0·8 உமாதலின், முழுவலுவுக்கும் விழிவெண்படலத்தின்பயனை பங்கு,

$$\frac{1\cdot336-1}{(-0\cdot8)}\times\left(-100\right)$$ அல்லது, + 42 தையொத்தராகும் (D).

இந்நூலடங்கலும் உபயோகிக்கப்படும் குறிவழக்கின் காரணத்தினால் எதிர்க்குறிகள் காணப்படுகின்றன. ஒய்வுநிலையிலிருக்கும் போது பளிங்குருவான வில்லையின் வலு (60 – 42) D = +18 D ஆகும். இப்பெறுமானமானது இதேவில்லை வளியிலிருக்கும் போதிலும்பார்க்க குறைவாயிருக்கின்றது. எனெனில், வில்லையின் திரவியத்தினது சராசரி முறிவுக்குணகம் அதனைச் சூழ்ந்திருக்கும் ஊடகங்கள் இரண்டினதிலும்பார்க்கச் சிறிதளவால் மட்டுமே கூடுதலாயிருக்கின்றதென்க.

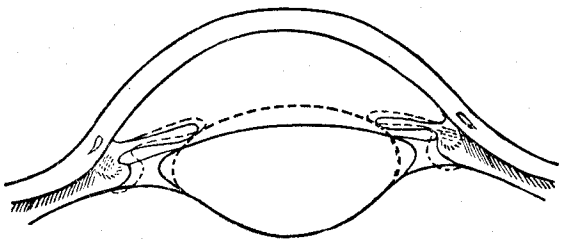


உருவம் 25.05.—சுருக்கிய கண்.

விழித்திரையில் விம்பமொன்றுண்டாதலைப்பற்றி ஆராயும்போது 25.05 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பதுபோலச் சுருக்கியகண் எனப்படும் சாதாரண வொளியியற்றெகுதியாகக் கண்ணைக் கருதுவது வழக்கம். ஒளிபுகவிடும் ஊடகமொன்றினால் கண்ணானது நிரப்பப்பட்டுள்ளதென ஒப்புக்கொள்ளப்படும் அத்துடன், கண்ணினுள்ளேசெல்லும் ஒளிக்கற்றையின் ஒருங்கலிலுள்ள மாற்றமெல்லாம் கோளப்பரப்பின் முற்பாகத்திலேயே நிகழுமெனவும் ஒப்புக் கொள்ளப்படும்.

இதுகாறுஞ் சமாந்தரவொளிக்கதிர்கள் விழித்திரையிற் குவிக்கப்படும் பொறிமுறையமைப்பைப்பற்றியே பெரும்பாலும் எடுத்தாண்டோம். இப்போது, சாதாரணக்கண்ணொன்று ஒய்வுநிலையிலிருக்கும்போது, உதாரணமாக, ஒருவர் ஆறுதலாக எதிரேயுள்ள "வெளியைப் பார்த்துக்கொண்டிருக்கும் போது", அக்கண்ணுனது தூரவுள்ள பொருளொன்றைத் தெளிவாகக் காணமுடியும். ஆனால், கண்ணினமையிலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாய்ப் பார்க்கவேண்டுமானால், தகைநார்முயற்சி அதனாற் செய்யப்படுதல் வேண்டும். கண்ணிற்கு எவ்வளவு அண்மையிலுள்ளதோ, அவ்வளவிற்கு இம் முயற்சியும் பெரிதாயிருக்கும். வெவ்வேறு தூரங்களிலுள்ள பொருள்களின் தெளிவான விம்பங்களைச் சாதாரணக்கண்ணுனது மாறிமாறிக் குவிக்கவுதவுகின்ற இந்த முறையானது **தன்னமைவு** எனப்படும். தன்னமைவைப் பெறக்கூடிய நான்கு வழிகள் வெளிப்படையாகவுள. முதலாவதாக, கண் நீட்டப்படலாம். இம்முறையே படப்பெட்டியை உபயோகிக்கும்போது கையாளப்படும். ஆனால், மனிதன் கண்ணிலே இவ்வாறு நிகழ்வதில்லை. இரண்டாவதாக, வளைவை அதிகரிக்கச்செய்து கண்ணின் ஒளியியற் பொறியமைப்பிலே ஒருங்குவலுவினதிகரிப்பைப் பெறமுடியும். அதாவது, விழிவெண்படலத்தின் வளைவாரையைக் குறைப்பதனால் இதனைப் பெறமுடியும். சில பறவைகளிற் காணப்படும் பொறிமுறையமைப்பு இவ்வகையாகவே இருக்குமெனினும் மக்களில் இது முடியாதென **யங்**கென்பவர் காட்டியுள்ளார். இதனைச்செய்வதற்கு விழிவெண்படலத்தின் வளைவை நீக்கத் தனதுகண்ணை நீரினுள்ளே வைத்து, விழிவெண்படலத்தின் முறிவுக்குப்பதிலாக மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றைப் பிரதியிட்டுத் தனது தன்னமைவுவலுவானது தாக்கப்படாததை அவர் கண்டார். மூன்றுவதாக, பளிங்குருவான வில்லையானது முன்னேக்கி இயங்கக்கூடுமானால், தன்னமைவின் தேவையான படி பெறப்படலாம். சில மீன்களிலே இவ்வகையான மாற்றம் உண்மையாக நிகழுகின்றது. சாதாரணமான தன்னமைவுவீச்சைப் பெறுவதற்கு மனிதன் கண்ணிலே 1·0 சமீ. முன்னேக்கிய இயக்கம் வேண்டுமென்று கணக்குக் காட்டுகின்றது. முன்னறையின் ஆழம் ஏறத்தாழ 0·3 சமீ. ஆகமட்டுமிருத்தலினால் இது முடியாத காரியம் இக்காலக் கொள்கையின்படி நான்காவது வழியொன்றுண்டு. அதாவது, தன்னமைவெனப்படும் பார்வையின் அதிசயமான இயல்பைக் கொடுக்கக்கூடிய பளிங்குருவான வில்லையின் உருவமாற்றமாகும். பளிங்குருவான வில்லையானது தோலொன்றினால் மூடப்பட்டிருக்கின்றதென அறியப்படுகின்றது. இத்தோலானது வில்லையின் அச்சிலுள்ள புள்ளிகளில் ஆக மெல்லியதாயும், வில்லையின் புறவோரத்தை நோக்கிச் செல்லும்போது படிப்படியாகத் தடிப்புக்கூடிக்கொண்டுமிருக்கும். வில்லையானது ஒளிபுகவிடும் திரவியத்தைக் கொண்டதாகும். இத்திரவியமானது தன்னமைவு

தொழிற்படுகின்ற காலத்திலேயே திடீரென உருமாறுதல்கூடும். ஆயின் இது பெரும்பாலும் அமுக்கமுடியாததாகும். புறவிசைகளில்லாவிடத்து வில்லையானது எறத்தாழக் கோளச்சிற்றுருண்டையாகவேயிருக்கும். மனிதன் கண்ணானது தன்னமைவற்றிருக்கும்போது வில்லையானது சுற்றிலே அப்பாகத்திலுள்ள இணையத்தின் பயனான ஆரைநோக்கிய இழுவையை அனுபவிக்கின்றது. இந்தச் சந்தர்ப்பங்களிலே வில்லையின் ஒவ்வொரு

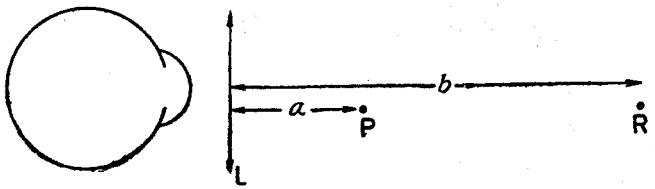


உருவம் 25.06.—தன்னமைவு.

மேற்பரப்பினதும் வளைவு ஆகக்குறைந்த பெறுமானத்தையுடையதாகும். தன்னமைவுத்தொழிற்பாட்டிலே பிசிர்த்தசை சுருங்குகின்றது. இக்காரணத்தினால் தொங்கவிடும் இணையத்தின் இழுவிசை குறைக்கப்படுகின்றது. அதேநேரத்தில் வில்லையினுள்ளே இளகவிடப்படுந்தகைப்பானது வில்லை ஆகத்தடிப்பாயுள்ளவிடத்திலே, அதாவது, மூடுகின்ற தோலானது ஆக மெல்லியதாயுள்ளவிடத்திலே, இதனை முன்னேக்கிப் பொரும விடுகின்றது. இக்காரணத்தினால் வில்லையின் குவியத்தூரத்தினதுஎண்ணளவுப் பெறுமானம் குறைக்கப்படுகின்றது. குவியத்துரத்திலுண்டாக்கப்படும் இந்தக் குறைவு வில்லையின் முன்மேற்பரப்பினது வளைவதிகரிப்பினால் உண்டாக்கப் படுகின்றதெனக் காணப்படுகின்றது. பிற்பக்க மேற்பரப்பின் எந்தவியக்கமும் கண்ணுடியுடனீரினால் தடைசெய்யப்படுகின்றதாதலின், தேவையான வளைவையுண்டாக்க இந்த மேறபரப்புப் பெரும்பாலும் உதவமாட்டாது. தன்னமைவுத் தொழிற்பாட்டிலே பளிங்குருவான வில்லை எவ்வாறு மாறுகின்ற தென்பதை 25.06 ஆம் உருவம் காட்டுகின்றது.

கண்ணின் சேய்மைப்புள்ளியும் அண்மைப்புள்ளியும்.— சேய்மைப்புள்ளி என்பது, கண்ணானது முற்றுந்தளர்ந்திருக்கும்போது விழித்திரையிலே அதன் விம்பம் துலக்கமாகக் குவிக்கப்படக்கூடிய கண்ணினச்சிலுள்ள புள்ளி R ஆகும். ஆகவே, இது, பளிங்குருவான வில்லையானது ஆகக் குறைந்த முறிவலுவைப் பெற்றிருக்கும்போது அவதானிக்கப்படும் புள்ளி யாகும். இதனைப்போலவே, அண்மைப்புள்ளியென்பது, பளிங்குருவான வில்லையானது ஆகப்பெரிய முறிவலுவைப் பெற்றிருக்கும்போது கண்ணினச் சிலே தெளிவாகக் கட்புலனாகும் புள்ளி P ஆகும். விழிவெண்படலத்தி

லிருந்து இவ்விரு புள்ளிகளினதுந் தூரங்கள் முறையே துலக்கப்பார்வையின் ஆகநீளத்தூரமென்றும் ஆகக்குறுகிய தூரமெனவுஞ் சொல்லப்படும். சேய்மைப் புள்ளிக்கும் அண்மைப்புள்ளிக்கு மிடையேயுள்ள தூரமாகிய RP ஆனது **தன்னமைவுவீச்சமென்று** சொல்லப்படும். **தன்னமைவுவீச்சம்** என்று இதனைச் சொல்வதனால் விசேடமான கருத்தொன்று அமைகின்றது. இக்கணியத்தை வரையறுக்கவேண்டுமானால், மெல்லியவொருங்குவில்லை L ஆனது, உருவம் 25.07, கண்ணினச்சு வில்லையினதிணைடு பொருந்



உருவம் 25.07.—கண்ணொன்றின் தன்னமைவுவீச்சம்.

தக்கூடியதாகவும். அதன்வலு கண்ணின் சேய்மைப்புள்ளியிலே அண்மைப்புள்ளியின் விம்பம் உண்டாகக்கூடியதாகவும், கண்ணினண்மையில் வைக்கப்பட்டுள்ளதெனக்கொள்க. கண்ணானது தன்னமைவற்றதாயிருத்தல் வேண்டும். வில்லையிலிருந்து P இனதும் R இனதும் தூரங்கள் முறையே a சமீ. b சமீ. ஆயின், வில்லையின் வலுவானது,

$$\kappa = \frac{1}{f} = \frac{1}{b} - \frac{1}{a},$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். அதாவது, ஒளியியற்றொழிலாளரினால் அளக்கப்படுவதுபோல, அதன்வலு,

$$\left[\left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a}\right) \times (-100)\right] \text{ தையொத்தர் ஆகும்.}$$

தன்னமைவின் வலு அல்லது வீச்சம் என்பதன் அளவாக இது எடுக்கப் படும். உதாரணமாக, 25 ஆண்டுகளில் ஒரு சாதாரணக்கண்ணுக்கு $a = 14{\cdot}5$ சமீ. $b = \infty$. எனவே,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} - \frac{1}{14{\cdot}5} = -0{\cdot}069,$$

அல்லது தன்னமைவுவீச்சம் $(-0{\cdot}069) \times (-100) = +7\text{D}$ ஆகின்றது. 60 ஆண்டில்,

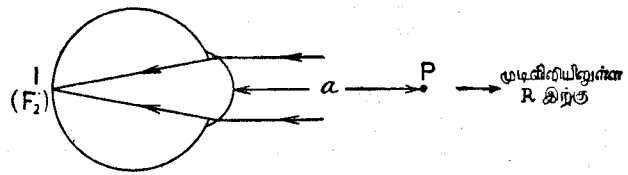
$a = 200$ சமீ. $b = -200$ சமீ. எனவே,

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{200} - \frac{1}{200} = -00{\cdot}1,$$

அல்லது, தன்னமைவுவீச்சம் $[(-0{\cdot}01) \times (-100)] = +1\text{D}$ ஆகின்றது.

பரிசோதனை.—அண்மைப்புள்ளியைக்குறிப்பதற்கு.—ஏறத்தாழ 10 சமீ. குவியத் தூரத்தையுடைய வில்லையொன்று கண்ணினண்மையிலே பிடிக்கப்பட்டுச் சிறிய பொருளொன்று, உருப்பெருக்கிக்கண்ணுடியின் திருத்தமான உபயோகத்திற்போல, பக்கம் 228, III விம்பமானது ஆகத்தெளிவாயிருக்குமட்டும் இயக்கப்படும். வில்லையினதும் பொருளினதும் அறியப்பட்ட சார்பான நிலைகளிலிருந்தும், தெரிந்த குவியத்தூரத்திலிருந்தும் விம்பத்தின் நிலை கணிக்கப்படும். இதுவே, கண்ணின் அண்மைப்புள்ளியின் தூரமாகும். இது **தெளிவுப்பார்வையின் ஆகக்குறைந்ததூரம்** எனப்படும்.

சேய்மைப்பார்வையும் அண்மைப்பார்வையும்.—கண்ணானது தன்னமை வற்றிருக்கும்போது மிக்க தூரவுள்ள பொருளொன்றின் தெளிவான விம்பத்தை அக்கண்ணானது உண்டாக்குமெனின், அது **சேய்மைப்பார்வை**

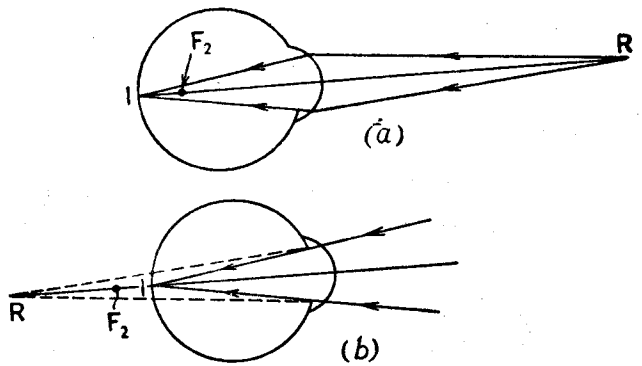


உருவம் 25.08.—சேய்மைப்பார்வைக்கண்.

யையுடையது எனப்படும், 25.08 ஆம் உருவத்தைப் பார்க்க. தெளிவுப்பார்வையின் ஆகக்குறைந்ததூரம் a ஆயின், சேய்மைப்பார்வைக் கண்ணொன்றின் வலுவானது,

$$\left[\left(\frac{1}{\infty}-\frac{1}{a}\right)\times(-100)\right]=\frac{100}{a}\ \mathrm{D}\ \text{ஆகின்றது.}$$

ஆனால், சேய்மைப்புள்ளி முடிவிலியிலில்லாதிருக்கக் கண்ணானது **அண்மைப்பார்வையையுடையது** எனப்படும். அதாவது, தன்னமைவற்ற கண்ணின் வலுவானது $\frac{100}{a}$ தையொத்தருக்குச் சமமல்லாதிருப்பின் அண்மைப்பார்வையின் இந்த நிலைமையுண்டு. அண்மைப்பார்வைக்கண்ணின் இரண்டு வகைகளைப் பிரித்துக்கூறுவது வழக்கம். முதலாவது வகையிலே சேய்மைப்புள்ளி மெய்யானதாகும். அதாவது, விழிவெண் படலத்தின்முன்பு வரையறையான தூரத்திலே அது உள்ளது. இச்சந்தர்ப்பங்களிலே ஒளியின் சமாந்தரக்கதிர்கள் விழித்திரையின் முன்பாகப் புள்ளி $\mathbf{F_2}$ இற் குவிக்கப்படும், உருவம் 25.09 (*a*) ஐப்பார்க்க. இதுவே **அண்மைப் பார்வை** எனப்படும். **தூரப்பார்வை** எனப்படும் இரண்டாவது வகையிலே சேய்மைப்புள்ளி மாயமானதாகும். இது விழிவெண்படலத்திற் குப் பிற்பக்கத்திலிருக்கும். உருவம் 25.09 (*b*) இற் காட்டியிருப்பதுபோலத் தூரப்பார்வைக்கண்ணொன்று தளர்ச்சிநிலையிலிருக்கும்போது ஒளியின் சமாந்தாக்கற்றைகள் மாயப்புள்ளிக் குவியம் $\mathbf{F_2}$ ஐயடையமுன்பே விழித்திரையையடைகின்றன.

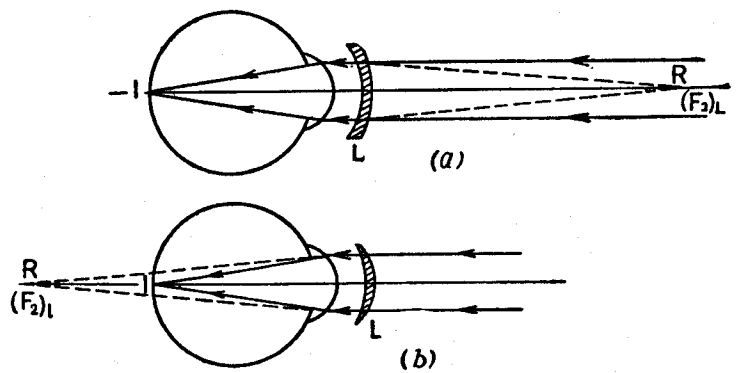


உருவம் 25.09.—அண்மைப் பார்வைக்கண்கள். (a) குறுகியபார்வை, (b) தூரப்பார்வை.

வெள்ளெழுத்து.—தன்னமைவற்ற கண்ணேப்பாதிக்கும் தகைப்புகள் தளர்த்தப்பட்டதும் வில்லையானது சிற்றுருண்டை உருவத்தைக் கூடுதலாகப் பெறுகின்றது என்னும் உண்மையிலேயே தன்னமைவானது தங்கியிருக்கின்றதென்று இவ்வத்தியாயத்தின் முற்பகுதியிலே காட்டப்பட்டது. எனினும், வயசேறவேற வில்லையின் திரவியம் வன்மைகூடியதாகி எளிதில் உருவாக்கமுடியாததாகின்றது. அதாவது, தன்னமைவுவலுவானது படிப்படியாகக் குறைகின்றது. இந்நிகழ்ச்சி தொடர்ந்து நிகழ அண்மையிலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாய்க் காண்பது இடர் கூடியதாகின்றது. அதாவது, அண்மைப்புள்ளியானது படிப்படியாகப் பின்னடைகின்றது. முதலிலே வசதிக்குறைவுமிகக்குறைவாக அனுபவிக்கப்படும். ஆனால், விரைவிலே அண்மைப்புள்ளியானது ஒருவர் வேலைசெய்து அல்லது வாசித்துப் பழகிய தூரத்திற்கப்பாற் பின்னடையுங் காலம் வரும். அப்போது வசதிக்குறைவினால் அவர் மிகவும் பாதிக்கப்படுவார். கண்ணின்நிலையானது இந்தப்படியையடைந்ததும் அது **வெள்ளெழுத்து** எனப்படும்.

சாதாரணப் பார்வைக்குறைகளைத் திருத்த உபயோகப்படும் முறைகள்.—உயிர்ப்பில்லாத் தன்னமைவற்ற கண்ணொன்றின்முன்பு கோளவடிவான மூக்குக்கண்ணுடிவில்லையொன்று வைக்கப்பட்டால் வில்லையின் அச்சானது கண்ணின் ஒளியியலச்சின் நேரேயிருக்கும்போது மூக்குக்கண்ணுடி வில்லையினாலுண்டாக்கப்படும் விம்பமானது கண்ணின் சேய்மைப்புள்ளி **R** இல் இருக்கக்கூடியதாகப் பொதுவச்சிலே ஒரு புள்ளி **O** எப்போதுமிருக்கும். இந்த நிபந்தனைகளில் **O** இல் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளொன்றின்

விம்பம் கண்ணுக்கு மிகத் தெளிவாய்த்தெரியும். அச்சிலுள்ள புள்ளி O ஆனது முடிவிலியிலிருப்பின் மூக்குக்கண்ணுடிவில்லையானது தளர்ச்சி நிலையிலிருக்கும் பார்வைக்குறைவுள்ள கண் தூரப்பொருளொன்றைத் தெளிவாய்க்காண உதவுவதினால், அது **திருத்தக்கண்ணுடி** எனப்படும்.



உருவம் 25.10.—(a) விரிவில்லையைக்கொண்டு அண்மைப்பார்வையினதும், (b) ஒருங்கு வில்லையைக்கொண்டு தூரப்பார்வையினதுந் திருத்தம்.

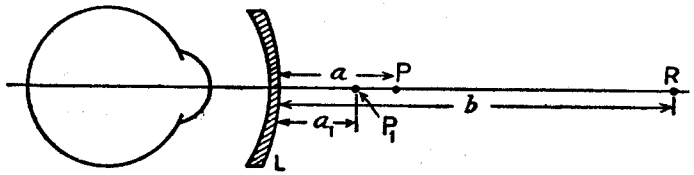
மூக்குக்கண்ணுடி வில்லையானது திருத்தக்கண்ணுடியாகும் நிபந்தனை, மூக்குக்கண்ணுடிவில்லையின் இரண்டாவது குவியப்புள்ளி $(F_2)_L$, பார்வைக்குறைவான கண்ணின் சேய்மைப்புள்ளியோடு பொருந்தவேண்டுமென்று எளிதாகக் கூறலாம். ஆகவே, அண்மைப்பார்வைக்கண்ணுக்கு, உருவம் 25.10 (*a*) இற் காட்டியிருப்பதுபோல, திருத்தக்கண்ணுடி மெல்லிய விரிவில்லையாகும். ஆனால், தூரப்பார்வைக்கண்ணொன்றுக்கு, உருவம் 25.10 (*b*) இற் காட்டியிருப்பதுபோல, உதவிவில்லை மெல்லிய ஒருங்குவில்லையாகும்.

உதாரணமாக, அண்மைப்பார்வைக்கண்ணொன்றின் சேய்மைப்புள்ளி 100 சமீ. கண்ணுக்குமுன்பாக இருக்குமாயின், மிகத்தூரவுள்ள பொருளொன்றைத் தெளிவாய்ப் பார்க்கவுதவும் மூக்குக்கண்ணுடி + 100 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடையதாகும். அதாவது, அதன்வலு,

$$\frac{1}{100} \times (-100) \text{ அல்லது } -1\text{D ஆகும்.}$$

இவ்வகையான கண்ணொன்று ஒரு தையொத்தர் அண்மைப்பார்வையினற் பீடிக்கப்படுவதாகக் கொள்ளப்படும். சேய்மைப்பார்வைக் கண்ணொன்றும், திருத்தக்கண்ணுடியைக்கொண்டு சேய்மைப்புள்ளி முடிவிலியிலிருக்கச் செய்யப்பட்ட கண்ணொன்றும், முற்பக்கத்தில் ஒருங்குவில்லையொன்றைவைத்து செயற்கையாக அண்மைப்பார்வை யுடையதாக்கப்படலாமென்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

அண்மைப்பார்வைக் கண்ணொன்றின் தூரப்பார்வை திருந்துமாறு மூக்குக்கண்ணுடிவில்லையொன்று அணியப்பட்டால், அண்மைப்புள்ளியின் நிலை மாற்றமடையும். ஆகவே, சேய்மைப்புள்ளி R இலிருக்கும், உருவம் 25.11, கண்ணொன்றிற்குரிய மூக்குக்கண்ணுடிவில்லையின் குவியத்தூரம்



உருவம் 25·11.—திருத்தியவுடன் அண்மைப்பார்வைக் கண்ணொன்றின் அண்மைப்புள்ளி.

f ஆயின், வில்லையிலிருந்து இப்புள்ளியின்தூரம் b எனக்கொண்டால், $f = b$ ஆகின்றது. மூக்குக்கண்ணுடி அணியப்படாதபோது, அதாவது, கண்ணானது உதவியின்றியிருக்கும்போது, அண்மைப்புள்ளி P இலிருக்குமாயின், P என்பது தோற்றவண்மைப்புள்ளி P_1 இன் விம்பமாகும். வில்லை உபயோகத்திலிருக்கும்போது வில்லையிலிருந்து P_1 இன் தூரம் a_1 எனக்கொள்ளப்பட்டது. ஆகவே வழக்கமான குறிவழக்கினோடு,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{a_1}, \text{ அல்லது, } \frac{1}{a_1} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}. \quad \left[\because f = b\right]$$

மேலேயுள்ள தூரங்கள் சதமமீற்றரிற் குறிக்கப்பட்டால்,

$$\left[\left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a}\right) \times \left(-100\right)\right] \text{ என்பது,}$$

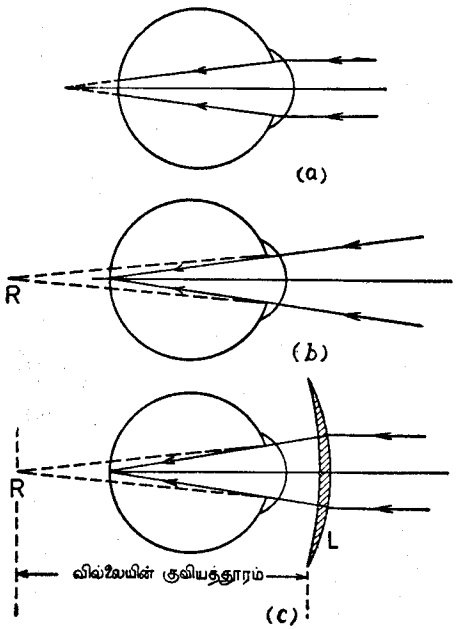
உதவியற்ற கண்ணின் தன்னமைவுவீச்சத்தைக் கொடுக்கின்றது. அத்துடன்

$$\left[\left(-\frac{1}{a_1}\right) \times \left(-100\right)\right] \text{ என்பது}$$

மூக்குக்கண்ணுடிவில்லை அணியப்படும்போது வீச்சத்தைக் கொடுக்கின்றது. ஆகவே, மூக்குக்கண்ணுடி அணியப்படும்போது தன்னமைவுவீச்சம் மாறுதிருக்கும்.

தளர்நிலையிலிருக்கும் தூரப்பார்வைக் கண்ணொன்றிலே சமாந்தரக்கதிர்கள் விழித்திரைக்குப் பின்னேயுள்ள புள்ளியொன்றில் ஒருங்குவதாகத் தோற்றுகின்றன. விழிவெண்படலத்திற்கும் விழித்திரைக்குமிடையேயுள்ள அசாதாரணமாகக் குறுகிய தூரமே தூரப்பார்வைக்குப் பெரும்பாலுங் காரணமாகும். உருவம் 25.12 (*a*) இலுள்ள கண் தன்னமைவற்றதாகும். ஆயினும், தன்னமைவு போதியதாயிருப்பின், முறிவுக்கற்றைக்கு, சமாந்தரவொளியை விழித்திரையிற் குவிக்கத்தேவையான ஒருங்கலின் படியைக் கண்ணே கொடுக்கும்.

உருவம் 25.12 (*b*) இலே கண்ணானது இன்னுந் தளர்ந்த நிலையிலேயேயுள்ளது. அதாவது, தன்னமைவற்றதாயிருக்கின்றது. ஆனால், படுகற்றையின் ஒருங்கலானது விழித்திரையினெருபுள்ளியிற் குவிக்கப்படக்கூடியதாயிருக்கும். படுகற்றை ஒருங்குவதாகத்தோற்றும் புள்ளி R என்பது தன்னமைவற்ற தூரப்பார்வைக்கண்ணெனறின் சேய்மைப்புள்ளியாகும். கண்ணானது தளர்நிலையிலிருக்கும் போது விழித்திரையில் விம்பங் குவிக்கப்படுகின்ற மாயப்புள்ளியின் நிலையை இது கொடுக்கின்றது.



உருவம் 25.12.—தூரப்பார்வையும் அதன் திருத்தமும்.

உருவம் 25.12 (*c*) இலிருப்பதுபோல, கண்ணின்முன்பு சேய்மைப்புள்ளியின் தூரத்திற்கு எண்ணளவிற் சமமான குவியத்தூரத்தையுடைய மெல்லியவொருங்குவில்லை L ஆனது கண்ணினண்மையில் வைக்கப்பட்டால், இக்கண்ணுக்கு இது திருத்தக்கண்ணாடியாயமையும். இவ்வில்லையின் வலுவானது கண்ணின் தூரப்பார்வையினது அளவாகும். ஆகவே, வில்லையின் வலுவானது + 2 தையொத்தராயின், அதன் குவியத்தூரம் – 50 சமீ. ஆகும். அதாவது, R என்பது விழிவெண்படலத்திற்கு 50 சமீ. பின்னேயிருக்கும்.

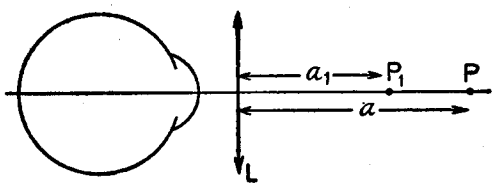
மேலேயுள்ள தூரப்பார்வைக்கண்ணின் அண்மைப்புள்ளியின் நிலையானது அதன் தன்னமைவுவீச்சத்திலே எவ்வாறு தங்கியிருக்கின்றதென ஆராயவேண்டுமாயின், இவ்வீச்சத்தை $(2 + x)$ தையொத்ததெனக் கொள்க. விழிவெண்படலத்திலிருந்து அண்மைப்புள்ளியினதுஞ் சேய்மைப் புள்ளியினதுந் தூரங்கள் முறையே a உம் b உம் ஆயின்,

$$\frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f} = \left(\frac{2+x}{-100}\right) \text{ ஆகின்றது.}$$

$$\therefore \frac{1}{a} = \frac{1}{b} + \left(\frac{2+x}{100}\right).$$

இப்போது தூரப்பார்வைக் கண்ணொன்றுக்கு b எதிராகவேயிருத்தல் வேண்டும். எனவே, $\frac{2+x}{100}$ என்பது $\frac{1}{b}$ இலும்பெரிதாயிருக்குமாயின் a நேராயிருக்கும். அப்போது அண்மைப்புள்ளி மெய்யானதாகும் $\frac{2+x}{100} = \frac{1}{b}$ ஆயின், அண்மைப்புள்ளி முடிவிலியிலிருக்கும். $\frac{2+x}{100}$ என்பது $\frac{1}{b}$ இலுஞ் சிறிதாயிருப்பின் அண்மைப்புள்ளி மாயமானதாகும்.

தூரப்பார்வையானது தன்னமைவினால் மேற்கொள்ளப்படலாமாதலின், பிசிர்த்தசைநாரானது தற்காலிகமாக விறைத்திருந்தாலன்றி, அதாவது, தன்னமைவு தடுக்கப்பட்டாலன்றி, இவ்வகையான சந்தர்ப்பத்திற் குறையின் முழு அளவும் தீர்மானிக்கப்படமுடியாது. ஆறு அல்லது ஏழு வயசுக்குக் குறைவான பிள்ளைகளிலே, கண்விழியானது பூரணமாக வளர்ந்திராததலின் உடற்கூற்றிற்குரிய தூரப்பார்வை சிறிதளவுக்கு உண்டு. இவ்வழுப் பெரிதாயிருக்குஞ் சந்தர்ப்பங்களிலேயே திருத்தக்கண்ணாடி தேவைப்படும். இதற்குக்காரணம் இவ்வகையான இளம்பிள்ளைகளுக்குத் தன்னமைவுவீச்சமிகவும் பெரிதாதலின் அவர்கள் மெய்யான வசதிக்குறைவை அனுபவிப்பதில்லை. வயசு ஏறவேறத் தன்னமைவு குறைந்து மூக்குக்கண்ணாடிகள் தேவைப்படுகின்றன. திருத்தக்கண்ணாடியாக அமையும் மெல்லிய ஒருங்குவில்லையானது, கண்ணிலிருந்து சேய்மைப்புள்ளியின் தூரத்துக்குச் சமமான குவியத்தூரத்தையுடையதாயிருக்கும் போது முழுத்திருத்தமும் பெறப்பட்டுள்ளதென்று காட்டப்பட்டுள்ளது. விழியியலறிஞர் இவ்வகையான வில்லையைக் கொடுப்பது மிக்கவரிது. ஏனெனில், நோயாளி தூரப்பொருள்களைப் பார்க்கும்போது தன்னமைவை உபயோகித்துப் பழக்கப்பட்டவராயின் கண்ணாடிகளை அணிவது அவருக்குப்புதுமையாயிருந்து வசதிக்குறைவைக் கொடுப்பது வழக்கம். முழுத்திருத்தத்துடன் கண்ணாடிகள் கொடுக்கப்படாத போது வாசிப்புப்போன்ற அண்மை வேலைகளுக்கே அவற்றை அணிவது வழக்கம்.



உருவம் 25.13.—தூரப்பார்வைக் கண்ணொன்றின் அண்மைப் புள்ளியிலே மெல்லிய ஒருங்குவில்லையொன்றின் விளைவு.

தூரப்பார்வைக்கண்ணொன்றின் அண்மைப்புள்ளியிலே மெல்லிய வொருங்குவில்லையொன்றின் விளைவை இப்போது இன்னும் ஆராய்தல்வேண்டும். வில்லை L ஆனது, உருவம் 25.13, கண்ணினண்மையிலுள்ளதென்றும்,

P அண்மைப்புள்ளியென்றுங் கொள்ளப்பட்டது. கண்ணுனது தூரப்பார்வையுடையபோதிலும், L இலிருந்து அவற்றின் தூரங்கள், L இலிருந்து P இன் தூரமாகிய a இலும் மிகுந்திருக்குமெனின், அதன் தன்னமைவு மெய்யான பொருள்கள் கட்புலனுதற்குப் போதிய தாகும். L அணியப்பட்டபோது அண்மைப்புள்ளி P_1 எனக்கொள்க. அதாவது, P_1 இலே மெய்யான பொருளொன்றிருக்கும்போது வில்லையினூடு முறிவினுலுண்டான மாயவிம்பம் P இலிருக்கும். எனவே, வில்லை L இன் குவியத்தூரம் f ஆயின்,

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{a}-\frac{1}{a_1}\text{ ,அல்லது, }\frac{1}{a_1}=\frac{1}{a}-\frac{1}{f}\text{ எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

f எதிரானதாதலின், $a_1<a$. அதாவது, ஒருங்குகின்ற மூக்குக்கண்ணுடி வில்லையானது அண்மைப்புள்ளியை கண்ணுக்குக் கூடிய அண்மையிற் கொண்டுவருகின்றது.

உதாரணங்கள்.—**(i)** நியமப்பார்வையுடைய ஒருவரின் தன்னமைவுவீச்சமானது 25 சமீ. இலிருந்து முடிவிலிமட்டு முள்ளது. திருத்தம் **(a)** +5D, **(b)** −4D கொண்ட நண்பனொருவருடைய மூக்குக்கண்ணுடிகளை அவன் அணியும்போது பொருள்களைத் தெளிவாய்க் காணக் கூடிய வீச்சைத் தீர்மானிக்க.

(a) + 5D வில்லையை அணியும்போது, அதாவது, வில்லையின் குவியத் தூரம் − 20 சமீ. ஆயிருக்கும்போது, விம்பம் முடிவிலியிலிருக்கப் பொருளின்நிலை சேய்மைப்புள்ளியாகும். அதாவது, சேய்மைப்புள்ளி கண்ணிலிருந்து 20 சமீ. முன்னேயிருக்கும். கண்ணுடிகள் உபயோகிக்கப்படும்போது அண்மைப்புள்ளியின் நிலையானது அப்புள்ளியிலுள்ள பொருளொன்று கண்ணிலிருந்து 25 சமீ. முன்னே விம்பத்தைப் பெறக்கூடியதாயிருக்கும். ஆகவே,

$$-\frac{1}{20}=\frac{1}{25}-\frac{1}{a},$$

அல்லது, $a=11{\cdot}1$ சமீ.

(b) − 4D வில்லையை அணியும்போது, அதாவது, குவியத்தூரம் +25 சமீ. ஐயுடைய வில்லையொன்றை அணியும்போது சேய்மைப்புள்ளியானது விம்பம் முடிவிலியிலிருக்கும்போதுள்ள பொருளின் நிலையாகும். அதாவது,

$$\frac{1}{25}=\frac{1}{\infty}-\frac{1}{b},\text{ அல்லது }b=-25\text{ சமீ.}$$

ஆகவே, சேய்மைப்புள்ளி கண்ணின் பின்பக்கத்தில் 25 சமீ. தூரத்திலிருக்கும்.

(ii) குறையுள்ள கண்ணொன்று அண்மைப்பார்வை 2 தையொத்தரையும் தன்னமைவுவீச்சம் 5 தையொத்தரையுங் கொண்டது. அதன் அண்மைப்புள்ளியினதுஞ் சேய்மைப்புளியினதும் நிலைகளையறிக. அண்மைப்பார்வையைத் திருத்தக்கூடிய வில்லையொன்றைத் தொிக. இவ்வில்லையை அணியும்போது அண்மைப்புள்ளியின் நிலையைக்கணிக்க.

கண்ணுனது 2D அண்மைப்பார்வையையுடையதாதலின், அதன் சேய்மைப்புள்ளி அதன்முன்பு 0·5 மீ. அல்லது 50 சமீ. தூரத்திலிருக்கின்றது. அண்மைப்புள்ளியின் தூரத்தை a எனக்கொள்க. 5D வலுவையுடைய வில்லையொன்று — 20 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடையதாதலின்,

$$-\frac{1}{20}=\frac{1}{50}-\frac{1}{a},$$

அல்லது, $a=14{\cdot}3$ சமீ.

சேய்மைப்புள்ளியை முடிவிலிக்குத் திருத்துவதற்காக 50 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய விரிவில்லையொன்று தேவை. ஒளியியலளவிலே அவ்வில்லையின் வலுவானது,

$$\left[\frac{1}{50}\times(-100)\right]=-2\text{D ஆகும்.}$$

வில்லையானது அணியப்படும்போது அண்மைப்புள்ளியின் நிலையைத் தீர்மானிக்கவேண்டுமேயாஞல், அண்மைப்புள்ளியிலுள்ள பொருளொன்று கண்ணிலிருந்து 14·3 சமீ. தூரத்திலே அதற்குமுன்பாக விம்பமொன்றை உண்டாக்குமென்ற உண்மையை உபயோகித்தல்வேண்டும். ஆகவே,

$$\frac{1}{50}=\frac{1}{14{\cdot}3}-\frac{1}{a},$$

அல்லது $a=20$ சமீ.

(iii) அண்மைப்பார்வையுடைய ஒருவரின் சேய்மைப்புள்ளி அவருடைய கண்களின்முன்பு 200 சமீ. தூரத்திலுள்ளது. முடிவிலியிலுள்ள பொருளொன்றைத் தெளிவாய்க் காணத் தேவையான மூக்குக்கண்ணுடிகளின் வலுவை ஒளியியலளவையிலே தீர்மானிக்க. கண்ணுடிகள் அணியப்பட்ட போது அண்மைப்புள்ளியானது கண்ணின்முன்பு 20 சமீ. தூரத்திலிருப்பின், கண்ணுடிகளில்லாது அது எங்கேயிருக்கும்?

முடிவிலியிலுள்ள பொருளொன்று தெளிவாய்க் காணப்படவேண்டுமாயின், மூக்குக்கண்ணுடிவில்லையானது கண்ணிலிருந்து 200 சமீ. தூரத்திலே விம்பமொன்றை உண்டாக்குதல்வேண்டும். எனவே, குவியத்தூரம் + 200 சமீ. ஆகும். அதாவது, வலுவானது $\frac{1}{200}\times(-100)=0{\cdot}05\text{D}$ ஆகும்.

வில்லையணியாதிருக்கும்போது அண்மைப்புள்ளியின் தூரத்தை a எனக் கொள்க. எனின், கண்ணின்முன்பு 20 சமீ. தூரத்திற் பொருளிருக்கும்போது இந்தப்புள்ளியிலே வில்லையானது மாயவிம்பமொன்றை உண்டாக்குதல் வேண்டும். ஆகவே,

$$\frac{1}{200}=\frac{1}{a_1}-\frac{1}{a}=\frac{1}{a_1}-\frac{1}{20}$$

$$\therefore\ a_1=18{\cdot}2\text{ சமீ.}$$

புள்ளிக்குவியமில்குறை.—ஒளியின் புள்ளிக்குவியமொன்று விழித்திரையில் உண்டாக்கப்படமுடியாத முறிவின் நிலைமையே **புள்ளிக்குவியமில்குறை** எனப்படும். அறிமுறையிலே எந்தக்கண்ணும் புள்ளிக்குவியமுள்ளதா

யிராது. எனவே, ஒளியியலறிஞர், பெரிய வழுக்களை எழச்செய்கின்ற முறிவின் விபரீதங்களைப் பார்வைக்குறையின் இவ்வகையிலே சேர்த்துக் கொள்வது வழக்கம். **நியூற்றனே** இக்குறையினாற் பாதிக்கப்பட்டதாகத் தோன்றுகின்றது. ஆயினும், புள்ளிக்குவியமில் கண்ணொன்று கோளவில்லை யொன்றினதும் உருளைவில்லையொன்றினதும் சேர்க்கையாகக்கருதப்படலா மென்று முதலிற் காட்டியவர் **எயறியாவர்** (Airy). வழுவின் முக்கிய காரணம், விழிவெண்படலத்தின் **வளைவானது** வெவ்வேறு முக்கியகாரணம், விழிவெண்படலத்தின் **வளைவானது** வெவ்வேறு தளத்தில் வெவ்வேறுயி ருத்தல் அல்லது, பளிங்குருவான **வில்லை**யொன்றின் மேற்பரப்பிலே இதனைப் போல நிகழ்தலேயாம். **தனிப்புள்ளிக் குவியமில்குறை**யிலே ஒரு தளத்தி லுள்ள கதிர்கள் விழித்திரையிற் குவிக்கப்படுகின்றன. மற்ற எல்லாத் தளத்திலும் அவை விழித்திரையின் முன்பாக (தனியண்மைப்பார்வைப் புள்ளிக்குவியமில்குறை), அல்லது பின்பாக (தனித்தூரப்பார்வைப் புள்ளிக் குவியமில்குறை), குவிக்கப் படுகின்றன. கதிர்கள் விழித்திரையிற் குவிக் கப்படுந் தளத்திற்குச் செங்குத்தான தளத்திலே இக்குறை உயர்வாயிருக்கும்.



உருவம் 25.14.—புள்ளிக்குவியமில் விம்பங்கள்.

புள்ளிக்குவியமில்குறையையுடைய ஒருவர், 25.14 (*a*) உருவத்திலிருப் பதுபோல், ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான நேர்க்கைகளிரண்டைக்கொண்ட வெள்ளொளிர்வான சிலுவையொன்றைப் பார்க்கிறாரெனக்கொள்வோம். கிடைத்தளக்கையிலேயே தனது கண்ணைக் குவிக்கின்றாரெனவுங்கொள்க.

சிலுவையின் ஒவ்வொரு கையும் கணக்கற்ற புள்ளிகளைக்கொண் டதாகக் கருதப்படலாமாதலின், விழித்திரையிலே பொருளிலுள்ள எந்தப் புள்ளியினதும் விம்பம் ஒரு குறுகிய கோடாகவிருக்கும். ஆகவே, நீலக் குத்துக்கையானது கிடைத்தளக் கீறுகளின் தொடராகத்தோற்றி இக் கீறுகள் அகன்ற தெளிவற்ற பட்டியாகச் சேர்கின்றன. ஆயின் கிடைத் தளக்கையிலே விம்பத்தின் குறுகிய கிடைத்தளக்கோடுகள் ஒன்றின்மே லொன்று பொருந்துகின்றன. எனவே, அந்தங்களிலே வால்போன்ற தோற்றத்தைத் தவிர, முழுக்கையும் துலக்கமாக வரையறுத்துக்காணப்படு கின்றது, உருவம் 25.14 (*b*) ஐப்பார்க்க. மறுதலையாக, நீலக்குத்துக் கையானது குவிக்கப்படின் கிடையானது தெளிவற்றுக் காணப்படும்,

உருவம் 25.14 (*c*) ஐப்பார்க்க. ஆகவே, ஒழுங்கான புள்ளிக்குவியமில் குறை யின் ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் கோடுகள் தெளிவாகத்தோற்றும் ஒரு திசையும், தெளிவற்றுத்தோற்றும் இன்னுமொரு திசையும் இருக் கின்றன.

துலக்கமாகப் பார்க்கும் எத்தனத்திலே புள்ளிக்குவியமில்குறையுள்ள கண்ணொன்றின் தன்னமவைக்குரிய பொறிமுறையமைப்பிலுண்டாகும் தொடர்ச்சியான விகாரம் பெரும்பாலுங் கண்விகாரத்தின் காரணமாகும். கண்விகாரத்தை உண்டாக்காத சிறிய புள்ளிக்குவியமில்குறைகள் திருத்தப் படத்தேவையில்லை. மற்றெல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும், கண்விகாரம் இருக் கும்போதிலுங்கூட உருளைக்குறையைப் பூரணமாகத் திருத்த எவ்வித எத் தனமுஞ் செய்யப்படும்.

கூட்டண்மைப்பார்வைப் புள்ளிக்குவியமில்குறையிலே தளங்களிரண்டிலே மொத்தக் குவியங்களிரண்டும் விழித்திரையின் முன்னேயிருக்கின்றன. ஆனால் **கூட்டுத்தூரப்பார்வைப் புள்ளிக்குவியமில்குறையிலே** அவை விழித் திரைக்குப் பின்னேயிருக்கின்றன. ஒருகுவியம் விழித்திரைக்கு முன்னே யிருக்க மற்றது பின்னேயிருப்பின் புள்ளிக்குவியமில்குறை **கலப்பானது** ஆகின்றது.

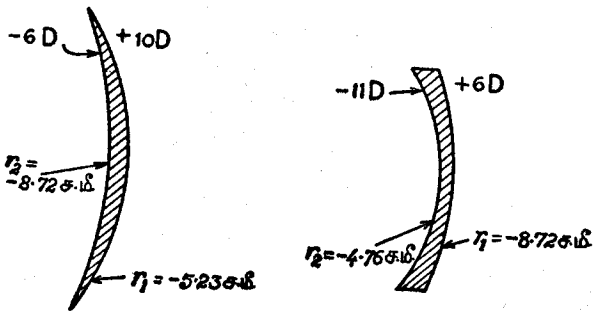
முறிவின் இந்த விபரீதத்தைத் திருத்துவதற்காக உருளையான முறி பரப்பை உபயோகித்தல் அவசியமாகின்றது. தனிப்புள்ளிக்குவியமில் குறையைத்தவிர மற்றெல்லாச் சந்தர்ப்பத்திலும், அண்மைப்பார்வையை யுந் தூரப்பார்வையையுந் திருத்துவதற்கான கோளபரப்பொன்றும் இதனோடு சேர்க்கப்பட்டிருத்தல்வேண்டும்.

ஆகவே, 177, III ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப்பட்ட பரிசோதனையிற் காட்டிய படி, கூட்டண்மைப்பார்வைப் புள்ளிக்குவியமில்குறையின் வகையிலே உயர்வு வலுத்தளத்தில் கண்ணின் வலுவானது, இத்தளத்தினோடு செங்குத்தா யுள்ள ஒழிவுவலுத் தளத்திலுள்ள வலுவிலும் பார்க்க 1·5 D இனால் மிகுந் திருக்குமெனின், உயர்வலுத் தளத்திற்கு அச்சுச் செங்குத்தாயுள்ள − 1·5D வலுவையுடைய தளவுருளைவில்லையொன்று கண்ணிலுள்ள புள்ளிக் குவிய மில்குறையை நீக்கும். அண்மைப்பார்வைக் குறையைத்திருத்தக் கோள வில்லையொன்றுந் தேவைப்படுவதினால் ஒரு பரப்புக் கோளமாயும் மற்றது உருளையாயுமுள்ள வில்லையொன்றை உபயோகிப்பது வழக்கம்.

புள்ளிக்குவியமில்குறையின் வேறு வகைகளைத் திருத்தவும் இதே தத்து வம் உபயோகிக்கப்படும்.

புள்ளிக்குவியமில்குறையைத் திருத்தும் வில்லையொன்றின் உண்மை யான அமைப்பு மேலேயுள்ள குறிப்புகள் காட்டுவதைப்போல அவ்வளவு எளியதல்ல. வில்லையின் ஒரப்பாகங்களினூடாக சரிவாய்ப் பார்க்கப்படும் போது விம்பமானது புள்ளிக்குவியமில்குறையுடையது என்பதை மறந்து விடக்கூடாது. இந்த வினைவைக் குறைப்பதற்காக ஒளியியலறிஞர் ±6 D

வலுவையுடைய அடியெனப்படும் ஒரு பரப்பைக்கொண்ட பிறையுரு வில்லைகளே உபயோகிப்பர். ஆகவே, உருவம் 25.15 (a) இற் காட்டியிருப்பதுபோன்ற "சகவில்லை" யொன்றிற்கு பரப்பு – 6D வலுவை



உருவம் 25.15.—(அ)—6D அடியிலே +4D வில்லை. (ஆ)+6D அடியிலே—5D வில்லை.

யுடையது. எனவே, வில்லை முழுவதினதும் வலு + 4D ஆயிருப்பின், முன்பரப்பின்வலு + 10D ஆயிருக்கும். கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகம் 1·523 ஆதலின், முன்பரப்பிற்கு,

$$\frac{1\cdot523-1}{r_1}\times(-100)=10$$

அதாவது, $r_1 = -5\cdot23$ சமீ. எனப்பெறுகின்றோம்.
பரப்பிற்கு

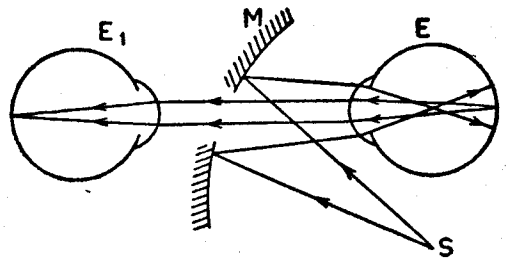
$$\frac{1-1\cdot523}{r_2}\times(-100)=-6,$$

அதாவது, $r_2 = -8\cdot72$ சமீ. எனவும்பெறுகின்றோம்.

இதனைப்போலவே, முழுவலுவும் –5·0D ஐயுடைய "சயவில்லை" யொன்றிற்கு முற்பக்கம் + 6D வலுவையும் பிற்பக்கம் – 11D வலுவையுங் கொண்டதாயிருக்கும். ஒத்தவாரைகள் $r_1 = -8\cdot72$ சமீ. ; $r_2 = -4\cdot76$ சமீ.

6D அடியையுடைய மூக்குக்கண்ணாடி வில்லைகள் **ஆழ்ந்த பிறையுரு வில்லைகள்** எனப்படும். மேலே ஆராயப்பட்ட ஆழ்ந்த பிறையுருவில்லைகள் பார்ப்பவரின் கண்ணிலேயுள்ள எந்தப்புள்ளிக் குவியமில்குறையையுந் திருத்துவதல்ல. ஆயினும், புள்ளிக்குவியமில்குறையானது எறத்தாழ இல்லாத விம்பமொன்றைமட்டுங் கொடுக்கின்றது. எனவே, புள்ளிக்குவியமில்வழுவொன்று திருத்தப்படவேண்டி மூக்குக்கண்ணாடிவில்லை 6D அடியையுடைத்தாயின், மற்றப்பரப்பு கோளப்பரப்பொன்றுடன் உருளைப்பரப்பொன்றுஞ் சேர்ந்து அமைதல்வேண்டும். நங்கூரவளையுருவானது இவ் வகையான தேயாம். இப்பரப்பினுருவம் **நங்கூரவளையுரு** எனப்படும். வில்லையானது **நங்கூரவளையுருவில்லை** எனப்படும்.

உள்விழிகாட்டி.—உயிர்க்கண்ணொன்றின் நிலையை ஆராயவேண்டுமானால், அதனுட்பக்கத்தை ஒளிரச்செய்து, அதே நேரத்தில் அதனுள்ளே பார்ப்பதற்கும் ஏதாவதொரு வழிவேண்டும். இதற்காக உபயோகிக்கப்படுங் கருவியே உள்விழிகாட்டியெனப்படும். இதன் முக்கியமான ஒளியியற்பகுதி குழிவாடி M ஆகும், உருவம் 25.16. இதன் மையத்திலே ஒளியியலறிஞர் அதன் ஊடாகப் பார்ப்பதற்காகத் துவாரமொன்றுண்டு. ஆடியினச்சானது நோயாளியின் கண்ணினச்சிற்குச் சாய்ந்திருக்கும். S என்பது ஒளியின் ஒரு முதலிடமாகும். கருவியை உபயோகிக்கும் ஒரு முறை பின்வருமாறு.

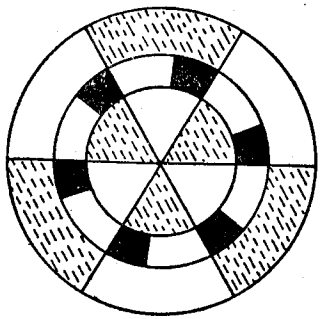


உருவம் 25.16.—உள்விழிகாட்டியின் தத்துவமும் அதன் உபயோகமும்.

S இலிருந்துவரும் ஒளிக்கதிர்கள் குழிவாடியினாற் றெறிக்கப்பட்டு நோயாளியின் கண் E இனது விழித்திரையை ஒளிரச் செய்கின்றது. அவதானிக்கப்பட்ட கண் நியமமாயிருந்து தன்னமைவு தளர்த்தப்பட்டால், விழித்திரையிலுள்ள எந்தப்புள்ளியிலுமிருந்துவருங் கதிர்கள், E இலிருந்து சமாந்தரக் கற்றையாக வெளிப்பட்டு M இலுள்ள துவாரத்தினூடு சென்று பார்ப்பவரின் கண் E_1 இனால் ஏற்கப்படுகின்றன. இந்தக் கண்ணும் நியமமாயிருந்து அல்லது வில்லைகளினாற் சரியாகத் திருத்தப்பட்டுத் தன்னமைவு தளர்த்தப்பட்டால், சமாந்தரக் கதிர்கள் பார்ப்பவரின் விழித்திரையிலே குவிக்கப்படும். அதாவது, நோயாளியின் விழித்திரையினது தெளிவான விம்பமொன்று கட்புலனாகும். நோயாளியின் கண் பார்வைக்குறைவானதாயிருப்பின் E_1 இனால் தெளிவான விம்பமொன்று காணப்படுமட்டும் E இன் முன்பாக வில்லைகள் செலுத்தப்படலாம். அவதானிக்கப்படுங் கண்ணிலுள்ள எந்தக்குறையையுந் திருத்தத் தேவையான வில்லையின் வகையை இதே வழியாகத் தீர்மானித்தல் கூடும்.

விழித்திரையிளைப்பு.— 25.17 ஆம் உருவத்திற் காட்டியிருப்பதுபோலத் தட்டொன்று மையூசப்பட்டுள்ளதெனக் கொள்க. மையூசப்பட்ட பாகங்கள் சிவப்பாகவும் ஏனைய பாகங்கள் கறுப்பாகவும் வெண்மையாகவுமிருக்கின்றன. அதன் மையத்தைக்கொண்டு ஒரு தளத்திலே இவ்வகையான தட்டொன்று சுழற்றப்பட்டால் நிகழ்வதென்ன? உட்பாகமும் வெளிப்பாகமுஞ் செந்நிறமாகவும், இடைப்பாகம் வெள்ளையுங் கறுப்புங்கலந்த

நரைநிறமாகவுந் தோற்றுமென எவருங் கற்பனைசெய்யக்கூடும். ஆனால் அரைகுறையாகவே இவ்வாறு நிகழுகின்றது. அங்கு செந்நிறம் இருக்கும். ஆனால், நரையை ஒருவர் எதிர்பார்க்கும் இடத்திலே மங்கலான நீலப்பச்சை நிறமிருக்கும். கண்ணனது செந்நிறத்திற்கு இளைப்பதே இதன்காரணமாகும். மத்திய பாகத்திலுள்ள வெள்ளொளி முழுவதும் விழித்திரையை ஊக்குவதில்லை. விழித்திரையானது செவ்வொளியில் இளைத்துப்போவதினால் மற்றநிறங்களை மட்டும், அதாவது, நிரப்புநிறமாகிய நீலப் பச்சையைமட்டும், குறிக்கின்றது.



உருவம் 25.17.—விழித்திரையினைப்பு.

நிறப்பார்வையைப்பற்றிய கொள்கைகள்.—1801 இலே **தொமாசு யங்** கென்பவர் கருத்திற்கொண்ட நிறப்பார்வையின் கொள்கையொன்றைப்பின்பு **எம்மோற்சு** உருவாக்கினர். **நியூற்றனின்** நிறக்கலவைப்பரிசோதனைகளை இது அடிப்படையாகக்கொண்டது. இவற்றிலே, ஒருநிறக்கதிர் வீசல்களினால் உண்டாக்கப்படும் நிறங்களென அவர் கருதிய தலைமை நிறங்கள் சில, வேறு தலைமைநிறங்களின் கலவைகளினால் உண்டாக்கப்படலாமென அவர் காட்டினர். பார்வைமண்டலமொன்றின் அரைவாசி, விரும்பிய பரவலையுடைய ஒளியூக்கி Q இனால் ஒளிரப்படுகின்றதெனக்கொள்க. முறையே **R**, **G**, **V** அளவுகளையுடைய தலைமை முதலிடங்கள் மூன்றிலிருந்து வரும் ஒளியின் கலப்பினால் மற்ற வரைப்பாகத்தை முந்திய வரைப்பாகத்திலோடு இணைக்கலாம். அதாவது,

$$Q = R + G + V.$$

இக்கணியங்களுளொன்று எதிராயிருப்பின், தெரியாத ஊக்கியினால் ஒளிரப்படுகின்ற மண்டலத்தின் பாகத்தோடு இத்தலைமைநிறத்தைச் சேர்த்தல்வேண்டும்.

இதனை விளக்குதற்காக, செவ்வொளி, மஞ்சளொளி, நீலவொளி என்பவற்றிற்கிணையான மூன்றுவகையான அதிரும் துணிக்கைகள் விழித்திரையிலுள்ளனவென்று குறிப்பிட்டார். பின்பு, மஞ்சளுக்கும் நீலத்துக்குமாக பச்சையையும் ஊதாவையும் பிரதியிட்டார். சிலவாண்டுகளின்பின்பு, **தாற்றனென்**பவர், தன்னுடைய நண்பர்களிலிருந்தும் வேறுபட்டதாக அவர் கண்ட, தன்னுடைய சொந்த நிறப்பார்வையைப்பற்றிய விவரத்தைப் பிரசுரித்தார். உண்மையிலே, சிவப்புக்கும் பச்சைக்கும் மேலவுகொடுத்த நிறப்பார்வைக் குறையினால் இவர் பீடிக்கப்பட்டிருந்தார். செவ்வொளிக்

கிணையான முறைகளிற் குறையிருக்கின்றனவெனக்கொண்டு **தாற்றனின்** பார்வைக்குறையைத் தனது கொள்கையை அனுசரித்து விளக்கலாமென **யங்**கென்பவர் குறிப்பிட்டார்.

மாட்சுவெல், எம்மோற்சு, கோனிக்கு என்பவர்களும் பிறருஞ்செய்த பின்னைய பரிசோதனைகள், ஆகக் குறைந்தது மூன்று நிறங்களைக் கலந்து எந்தநிறவொளியோடும் இணைக்கலாமெனக் காட்டியது. இம்மூன்று நிறங்களுளிரண்டு கட்புலனை திருசியத்தின் முனைகளிலிருத்தல் வேண்டும். உதாரணமாக, சிவப்பும், நீலமும் மத்தியிலுள்ள பச்சையைப்போன்ற நிறத்திலோடு கலத்தல். இந்த முறையானது **சேர்ந்த நிறக்கலவை** எனப்படும். தூயதிருசியம் நிறங்களையேனும், ஒடுங்கியவலைநீளப் பட்டிகளை ஊடாகச் செலுத்தும் பொருத்தமான வடிகளினூடாக வெள்ளொளியைச் செலுத்திப் பெறும் நிறங்களையேனும் உபயோகித்து இணையான நிறங்களைப் பெறமுடியுமாதலின், இதனைச்செய்வதற்குச் சிறப்பான சிவப்பு, பச்சை, நீலம் ஆகியவற்றை உபயோகிக்க வேண்டிய அவசியமில்லை.

சேர்ந்த நிறக்கலவையின் அவதானிக்கப்பட்ட உண்மைகளின் பயனாக, வெவ்வேறு அலைநீளங்களையுடைய ஒளிக்கு வெவ்வேறான எதிர்த்தாக்கங்களைக் கொடுக்கும் கூம்புகளிலேயே முறைகள் இருத்தல்வேண்டுமென இப்போது நம்பப்படுகின்றது. இம்முறைகள் ஆகக்குறைந்தது மூன்றுயிருத்தல்வேண்டும். கட்புலனை திருசியத்தின் வெவ்வேறு பாகங்களிலே உயர்வுள்ளுறிஞ்சலையுடைய மூன்று ஒளியிரசாயனப் பதார்த்தங்களைக் கூம்புகள் கொணடிருத்தல்வேண்டுமெனக் கருதப்படுகின்றது. **தாற்றன்** பாதிக்கப்பட்டதைத்தவிர, நிறப்பார்வைக்குறையின் வெவ்வேறு வகைகளைக் கண்டுபிடித்ததினால் இக்கொள்கை ஆதரிக்கப்படுகின்றது. இக்குறைகள் கூம்புப் பதார்த்தங்களின் உள்ளுறிஞ்சற்குறைகள் அல்லது ஒழுங்கீனங்களைக்கொண்டு விளக்கப்படலாம்.

நிறவுணர்ச்சியைத்தாக்கும் வேறு காரணிகளாவன—முதலாவது, பார்ப்பவரின் கண்ணினது அமைவுநிலை, இரண்டாவது, பின்னணியின் அல்லது அண்மைச்சுற்றுடலின் நிறம். பச்சைநிறவிளக்கொன்றைச் சிறிது நேரத்திற்கு இமையாது பார்த்துக்கொண்டிருப்பதுபோன்ற செய்கையினாற் கண்ணை ஒரு நிறவொளிக்கு அமையச்செய்து, மஞ்சட்பொருளைப் பச்சையாகவும் நீலப்பொருளைச் செவ்வூதாவாகவும் தோற்றச்செய்யலாம். எதிர்ப்பின்னணியொன்றின் விளைவைச் **செவரேல்** (1786 – 1889) என்பவர் முதலில் ஆராய்ந்தார். ஒவ்வொரு நிறமும் அதனண்மைநிறத்தைத் நிரப்புநிறத்தைச் சார்ந்து மாற்றமுயலுகின்றதென இவர் அவதானித்தார். உதாரணமாக, நீலத்தினூற் சூழப்பட்ட பச்சைப்பொட்டு மஞ்சளினூற் சூழப்படும்போதிலும்பார்க்க மஞ்சள் கூடியதாகத் தோற்றும்.

உபநிறப்பார்வை அல்லது நிறக்குருடு.—**யங்-கெம்மோற்சின்** நிறப்பார்வைக் கொள்கையானது நிறக்குருடுடையவர்களின் நிறவுணர்ச்சிகளைப்பற்றி விளக்குகின்றது. இவ்வகையானவர்களிலே தேர்வுணர் கருவிக்கூட்டமொன்று தொழிற்படாதிருக்கின்றது, உதாரணமாக, செவ்வுணர்ச்சியற்றிருத்தல்கூடும்.

இவ்வகையானவர்களுக்குச் செம்பொருள்களுக்கும் பச்சைப்பொருள்களுக்கு மிடையே மலைப்புண்டாவது வழக்கம். புகையிரதவோட்டியாக இவ்வகையான ஒருவர் நியமிக்கப்பட்டால், அபாயமொன்று விரைவில் விளைதல் கூடும். இடையிடையே இரண்டு கூட்டங்கள் தொழிற்படாதிருத்தல்கூடும். இது நிகழும்போது உண்டாக்கப்பட்ட உணர்ச்சியானது நிறப்பொருளொன்றின் படவச்சொன்றிலே கறுப்பும் வெள்ளையுமான அமைப்பைப் போன்றதாகும். இவ்வகையானவர்கள், நியமக்கண்களையுடையோர் வெள்ளையெனக்காணும் உணர்ச்சியையமட்டுங் காணுவாராதலின், எந்த நிறத்தையும் நரையின் சாயலோடு இணைக்கின்றனர். எனவே, இவர்களுக்கு, வெள்ளையின் துலக்கப்படியாகவே நிறங்கள் ஒன்றுக்கொன்று வேறுபடுகின்றன.

இக்குறையினால் **தாற்றன்** பாதிக்கப்பட்டதனால் நிறக்குருடு **தாற்றனிசம்** என முற்காலத்திற் பெயரிடப்பட்டது. 1792 ஆம் ஆண்டுமட்டும் இக்குறையைப்பற்றி இவருக்குத் தெரியாது. செந்நிறமான செரேனியம் மெழுகுதிரி விளக்கிலே சிவப்பாயும் பகலிலே வானநீலமாகவும் அப்போது காணப்பட்டது. வெள்ளொளியின் திருசியத்தை இவர் ஆராய்ந்தார். மற்றவர்கள் சிவப்பெனக் கூறும் விம்பமானது ஏறத்தாழ நிழலாகவோ, ஒளியின் குறையாகவோ இருக்க இவர் கண்டார். செம்மஞ்சளும் பச்சையும் ஒரு நிறமாகத் தோற்றியது. ஆனால், நீலத்திற்கும் பச்சைக்குமிடையே வெளிப்படையான வித்தியாசங் காணப்பட்டது. அலங்காரமான தோற்றமொன்று வெள்ளைப் பின்னணியிலே கருநீலமாகத் தோற்றியதெனத் **தாற்றன்** சொன்னார். இரசவாவி விளக்கொன்றிலிருந்து வருமொளியிலே மக்களைப்பார்த்து, நியமப்பார்வையுடையவர்கள், இவ்வினைவைப்பற்றிய அபிப்பிரயத்தைப் பெறமுடியும். வாகையிலையொன்று முத்திரையிடுமெழுகுக் கோலினோடு நன்றாக இணைந்துள்ளதென **தாற்றன்** சாதித்தார். **தாற்றனைப்பற்றிய** பின்வரும் கதையானது ஓரளவுக்கு அதிசயமானதாகும். இவர் ஒருமதவாதியாதலினால் கருஞ்சிவப்பு நிறமுள்ள ஆடையை அணிவதை எதிர்த்தார். ஆயினும், மற்றவர்களின் அதிசயத்தை உணராது பல நாட்களாகப் பண்டி தனுக்குரிய கருஞ்சிவப்பணியை அணிந்தார்.

அப்பியாசம் 25

1. புதினத்தாளொன்றின்முன்பு 6·0 சமீ. தூரத்திலே உருப்பெருக்கிக்கண்ணாடியொன்று பிடிக்கப்படின் அதிலுள்ள அச்சு மும்மடங்கு பெரிதாகத் தோற்றுகின்றது. வில்லையின் குவியத்தூரமென்ன ?

2. 0·6 மீற்றர் தூரத்திலே ஒருவர் தெளிவாகப் பார்க்கமுடியும். கண்ணானது தளர்ந்திருக்கும்போது, 12·6 மீற்றருக்கப்பாலுள்ள ஒருவரைத் தெளிவாய்ப் பார்ப்பதற்கு இவர் எவ்வகையான வில்லையை உபயோகித்தல் வேண்டும் ?

3. பொருளானது 90 சமீ. இற்கு அப்பாலிருந்தாலன்றி ஒருவர் தெளிவாக அதனைப் பார்க்கமுடியாது. வாசிக்கும்போது புத்தகத்தைக் கண்களிலிருந்து 30 சமீ. இற்கப்பாற் பிடிக்கிறார். உபயோகிக்கப்படவேண்டிய வில்லை எவ்வகையானது ? வில்லையின் வலுவென்ன ?

4. உருப்பெருக்காடியாக ஒருங்குவில்லையொன்றின் உபயோகத்தை விளக்குக. அதன் உருப்பெருக்கவலு எவ்வாறு வரையறுக்கப்படும் ?

5 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய உருப்பெருக்காடியொன்று, தெளிவுப் பார்வை இழிவுத்தூரம் 25 சமீ. ஐயுடைய ஒருவரினால் உபயோகிக்கப்படுகின்றது. இவர் கண்ணினண்மையில் அதனைப் பிடிக்கும்போது பொருளின் சிறந்த நிலையையும், வில்லையின் உருப்பெருக்கவலுவையுங் கணிக்க.

5. கண்ணின் ஒளியியற்றொகுதியை விவரித்து, மூக்குக்கண்ணாடியின் உபயோகத்தினால் பார்வைக்குறைவின் சாதாரண மூன்று வகைகள் எவ்வாறு திருத்தப்படலாமென விளக்குக.

6. இருகுவியவொருங்குவில்லை மூக்குக்கண்ணாடிகளை ஒருவர் உபயோகிக்கின்றார். ஒவ்வொரு வில்லையினதும் ஒரு பரப்புக் கோளமாயும் மற்றது உருளையாயுமுள்ளது. அவருடைய பார்வைக்குறையை விவரித்து மூக்குக்கண்ணாடிகள் அக்குறையை எவ்வாறு திருத்துகின்றதென விளக்குக.

7. தன்னுடைய கண்ணிலிருந்து 30 சமீ. இற்கும் 300 சமீ. இற்குமிடையேயுள்ள பொருள்களை ஒருவர் தெளிவாய்ப் பார்க்கமுடியும். தூரப்பொருள்களைத் தெளிவாய்ப் பார்க்க இவருக்குதவுங் கண்ணாடிகளைக் குறித்து, இவர் அதனை அணியும்போது தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரத்தை மதிப்பிடுக.

8. உள்விழிகாட்டியொன்றின் ஒளியியற் பண்புகளை விவரிக்க.

தன்னமைவுவீசம் 1 தையொத்தரையுடைய ஒருவருக்குத் தனது கண்களிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்திலுள்ள புத்தகமொன்றை வாசிக்க + 2D இன் மூக்குக்கண்ணாடிகள் தேவைப்படுகின்றன. மூக்குக்கண்ணாடிகள் அணியாதிருக்கும்போது பார்வைவீச்சென்ன ?

9. ஒரு கண்ணின் தன்னமைவுவலு 2D ஆகும். அதன் தெளிவுப் பார்வையின் இழிவுத்தூரம் 40 சமீ. ஆகும். சேய்மைப்புள்ளியெங்கே ? கண் தளர்ந்திருக்கும்போது தூரப்பொருளொன்றைத் தெளிவாய்ப் பார்க்க வேண்டுமாயின் எவ்வகையான வில்லை அணியப்படல்வேண்டும் ? வில்லை அணியப்படும்போது அண்மைப்புள்ளியின் நிலையை மதிப்பிடுக.

10. அண்மைப்புள்ளியுஞ் சேய்மைப்புள்ளியும் அதன்பின்பு முறையே 600 சமீ. இலும் 200 சமீ. இலுமுள்ள கண்ணொன்று, (அ) 25 சமீ. தூரத்திற்கப்பாலுள்ள அச்சையும், (ஆ) தூரப்பொருளொன்றையும், பார்ப்பதற்குத்தேவையான மூக்குக்கண்ணாடி வில்லைகளைக் குறிக்க. "வாசிக்கும்" மூக்குக்கண்ணாடிகள் உபயோகிக்கப்படும்போது சேய்மைப்புள்ளியின் நிலைக்குரிய பெறுமானமொன்றைப் பெறுக.

11. வில்லைச்சேர்க்கையொன்று + 5D வலுவையுடைய மெல்லிய கோளவில்லையொன்றையும் − 2D வலுவையுடைய மெல்லிய உருளை வில்லையொன்றையுஞ் சேர்த்துள்ளதாகும். சேர்க்கையானது திரையொன்றிலிருந்து 80 சமீ. முன்பாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளிரும் பிளவொன்றின் தெளிவான விம்பமொன்று திரையிலே உண்டாக்கப்படும்போது அப்பிளவின் நிலைகளைத் தீர்மானிக்க. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் உருளைப் பரப்பின் அச்சினது சார்பிலே பிளவின் பிரகாசத்தைப்பற்றிக் கூறுக.

12. கண்ணொன்றின் வலுவை 60D எனக்கொண்டு 12 மீற்றர் தூரத்திலுள்ள 0·5 மீற்றர் உயரமான பொருளொன்றின் விழித்திரை விம்பத்தினது பருமனைக் காண்க.

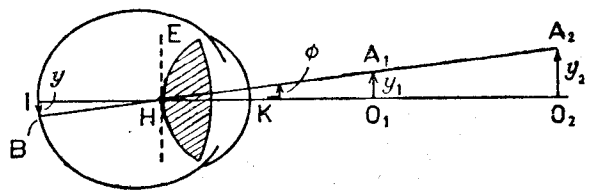
13. தனது கண்ணிலிருந்து 20 சமீ. இலும் அண்மையிலேனும், 80 சமீ. இலுந் தூரத்திலேனும் பொருள்களை ஒருவர் தெளிவாய்க் காண முடியாது. குழிவான கோளவாடியொன்றிலே இவர் தனது கண்ணின் விம்பமொன்றைத் தெளிவாய்ப் பார்க்கவேண்டுமாயின், 20 சமீ. குவியத் தூரத்தையுடைய இந்தவாடியானது அவருடைய கண்ணிலிருந்து என்ன எல்லை தூரத்தினுள்ளே வைக்கப்படுதல்வேண்டும்.?

14. 45 சமீ. தூரத்திற்குக் கண்ணானது தன்னமைவு பெற்றிருக்கும் போது, கண்ணின்முன்பு 5 சமீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள + 8D வில்லையொன்றினூடு தெளிவாய்ப் பார்க்கப்படக்கூடிய பொருளொன்றின் நிலை யாது ? வில்லையின் விட்டம் 1 சமீ. ஆயின், இந்த நிபந்தனைகளில் அவதானிக்கப்படும் பொருளொன்றின் நீளத்திற்குரிய பெறுமானமொன்றைப் பெறுக.

அத்தியாயம் 26

எளிய ஒளியியற்கருவிகளின் மூலக்கொள்கை

பார்வைக் கோணமும் பார்வைக்கூர்மையும்.—உதவியற்ற கண்ணொன்றினூற் பார்க்கப்படும்போது பொருளொன்றினது பருமனின் தோற்றம் விழித்திரை விம்பத்தின் பருமனில்மட்டுந் தங்கியிருக்கின்றது. இது பொருளினூற் கண்ணில் எதிர்வீழ்த்தப்படும் கோணத்தினூல் தீர்மானிக்கப்படும். கண்வில்லையானது மெல்லியவொரு தனிவில்லையாகக் கருதப்படக்கூடாதென்பதை மறந்துவிடக்கூடாது. எனவே, விழித்திரையிலுண்டாக்கப்படும் விம்பத்தின் பருமனை அமைக்கவேண்டுமாயின், உருவம் 26.01 இலுள்ள புள்ளி H ஐ வில்லையின் மையமாகக் கருதுவது வழக்கம். புள்ளி H ஆனது கண்வில்லையின் பின்பரப்பானது கண்விழியினச்சை வெட்டுகின்ற இடத்திலிருக்கின்றது.



உருவம் 26·01—பார்வைக்கோணம்.

உதவியற்ற கண்ணொன்றினூற் பார்க்கப்படும்போது உயரம் y_1 ஐயுடைய பொருள் O_1A_1 இன் விம்பத்தினது மெய்யான பருமனை எவ்வாறு தீர்மானிக்கலாமென்று உருவம் 26.01 காட்டுகின்றது. புள்ளிகள் O_1 ஐயும் A_1 ஐயும் H இனூடு நேர்கோடுகளினூல் இணைத்து விழித்திரையை முறையே I இலும் B இலும் வெட்டுமாறு நீட்டுவதே தேவையாகும். IB என்பது y உயரமான விழித்திரை விம்பத்தைக் குறிக்கின்றது. இப்போது, பொருள் O_1A_1 உம், (விம்பம் IB உங்கூட) H இலே எதிர்வீழ்த்துங் கோணம் ϕ, **பார்வைக் கோணம்** எனப்படும். K என்பது விழிவெண்படலத்தைக் கண்ணினச்சு வெட்டும்புள்ளியாயின், தூரம் HK உதவியற்ற நியமக்கண்ணொன்றிற்குரிய தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரத்தினூடு ஒப்பிடப்படும்போது சிறிதாதலின், பார்வைக் கோணமானது விழிவெண்படலத்தின் வெளிப்பரப்பிலுள்ள புள்ளியொன்றிற் பொருளொன்று எதிர்வீழ்த்துகின்ற கோணமாக எடுக்கப்படலாம். கண்ணிலிருந்து அண்மைப்புள்ளியின் தூரமாகிய **தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரம்** D ஆயின், உயரம் y_1 ஐயுடைய

பொருளொன்றின் பார்வைக் கோணத்தினது உபயோகமுள்ள உயர்வுப் பெறுமானம் $\frac{y_1}{D}$ ஆகும். கண்ணிலிருந்து அண்மைப்புள்ளி இருப்பதிலும் பார்க்க நெருங்கிய தூரத்திற்குப்பொருள் கொண்டுவரப்பட்டால், பார்வைக் கோணமாகிய பொருளினூல் எதிர்வீழ்த்தப்பட்ட கோணம் அதிகரிக்கப்படும். ஆயினும், விம்பம் தெளிவற்றதாயிருக்கும்.

y_2 உயரமுள்ள பொருள் O_2A_2 இனதும், y_1 உயரமுள்ள பொருள் O_1A_1 இனதும் விழித்திரைவிம்பங்கள், பொருள்கள் 26.01 ஆம் உருவத்திலுள்ளனபோன்று ஒழுங்குசெய்யப்பட்டிருப்பின், பார்வைக்கோணங்கள் சமமாதலின் பருமனுஞ் சர்வசமமென வரிப்படங்காட்டுகின்றது.

விழித்திரை விம்பங்களின் தொடர்பிலே விம்பங்கள் மிக நெருக்கமாயிருப்பின், பொருளொன்றிலுள்ள இரண்டு புள்ளிகளை அல்லது இரண்டு புள்ளிப்பொருள்களைப் பிரித்தறிய முடியாதென்பது அவதானிக்கத்தக்கது. இதன் காரணம் விழித்திரையிலுள்ள கலங்களின் அமைப்பொழுங்குசித்திரவேலைப்பாடுடைய மாதிரியுருவொன்றை ஒத்திருக்கின்றது. ஒவ்வொரு கலமும் அல்லது மாதிரியுருவிலுள்ள ஒடும் வரையறையான பருமனுன்றையுடையது. எனவே, ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு கலத்தில் விழுந்தாலன்றி வெவ்வேறு விம்பங்கள் தெரியப்படமாட்டா. மையச்சிற்றிறக்கமாகிய விழித்திரையின் உணர்ச்சிமிக்க பாகத்தில் விம்பங்கள் உண்டாகும்போது கோணப்பிரிவு ஒருகலைக்கு மிகுந்தாலன்றி இரண்டு புள்ளிப்பொருள்களின் விம்பங்கள் பிரிந்திருக்கமுடியா. இவ்வெல்லைக்கோணமே **பார்வைக் கூர்மை** எனப்படும்.

உருப்பெருக்கவலு.—பொருளானது கண்ணுக்கு அண்மையாகக் கொண்டுவரப்படும்போது பார்வைக் கோணம் அல்லது, பொருளின் தோற்றப்பருமன், அதிகரிக்கின்றது. உதவியற்ற நியமக்கண்ணுக்குரிய தெளிவுப் பார்வையினிழிவுத்தூரமாகிய ஏறத்தாழ 25 சமீ. இற்கும் நெருங்குதலாகத் தெளிவுக்குறைவின்றிக் கொண்டுவர முடியாது. தெளிவுப் பார்வையினிழிவுத்தூரத்திலே உதவியற்ற கண்ணொன்றினூற் பொருளானது மிக்க தெளிவாய்க் காணப்படும். அப்படியிருந்தும், ஏறத்தாழ ஒரு கலைக்குக்குறைவான கோணப்பிரிவிலுள்ள பொருளின் புள்ளிகளின் விவரங்களெவையுங் காணப்படமாட்டா. இதனைப்போலவே, அடுத்துளவுடுக்களிரண்டை நாம் பார்க்கும்போது, அதாவது, கோணப்பிரிவு பூச்சியமாகமுயலும் உடுக்களிரண்டைப் பார்க்கும்போது, உடுக்களின் சோடிக்குரிய பார்வைக்கோணம் ஒரு கலைக்குக் குறைவாயிருக்குமாயின், அவற்றை வெவ்வேறு பொருள்களாகப் பிரித்தறியமுடியாது. இவ்வகையான சந்தர்ப்பங்களிலே கண்ணுனது பொருள்களைப் பிரித்தறியத் தவறிவிடுகின்றது என்று சொல்லப்படும். இக்கட்டுப்பாடுகளை மேற்கொள்ளவும் தெளிவான பார்வைவீச்சை விரிக்கவும் ஒளியியற்கருவிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தக்கருவிகளிலே வில்லைகள் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளன. எனவே, இவற்றினூடு பொருளொன்று பார்க்கப்படும்போது அப்பொருளின் அல்லது அதிலுள்ள விவரப்புள்ளிகளின்

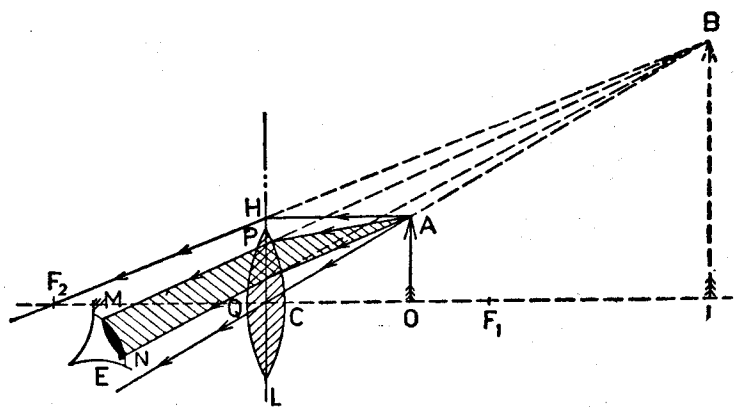
பார்வைக்கோணத்திலும் பார்க்கப் பெரிதான கோணத்தை எதிர்வீழ்த்துகின்ற மாயவிம்பமொன்று பெறப்படுகின்றது. கண்ணுனது நேரான பொருளுக்குப் பதிலாக இவ்விம்பத்தை அவதானிக்கின்றது.

இதனைப்பற்றி இன்னும் ஆராயமுன்பு ஒளியியற் கருவியொன்றின் **உருப்பெருக்கவலு M** என்பதனூல் என்ன கருதப்படுகின்றதென விளக்குதல் அவசியமாகும்.

$$\mathbf{M} = \frac{\text{கருவியினூடு பார்க்கப்படும் விம்பத்தினூல் எதிர்வீழ்த்தப்படும்கோணம்.}}{\text{பொருத்தமான நிபந்தனைகளில் வெற்றுக்கண்ணினூற் காணப்படும் பொருளினூல் எதிர்வீழ்த்தப்படுங்கோணம்.}}$$

என்ற சமன்பாட்டினூல் இது வரையறுக்கப்படும்.

இப்போது விம்பத்தினூற் கண்ணில் எதிர்வீழ்த்தப்படுங்கோணமானது உபயோகிக்கப்படும் சிறப்பான கருவியின் செப்பஞ்செய்கையிலே அதிகமாயில்லாவிட்டாலும் ஓரளவுக்குத் தங்கியிருக்கின்றது. ஆனூல், பொருளினூல் எதிர்வீழ்த்தப்படுங்கோணமானது அதன் நிலையிலேயே முழுவதுந் தங்கியிருக்கின்றதாதலின் அதனைக் கவனமாய் நியமித்தல்வேண்டும். நுணுக்குக்காட்டிகளுக்குப் பொருளொன்றின் பார்வைக்கோணத்தைக் கணிக்கும்போது அப்பொருளிலிருந்து கண்ணின் தூரத்தைத் தெளிவுப் பார்வையின் இழிவுத்தூரமாக எடுப்பது வழக்கம். இது அறிமுறைவேலையிலே D இனூற் குறிக்கப்படும் வழக்கினுள்ள 25 சமீ. ஆகும். தொலைகாட்டிகளுக்குப் பொருளானது முந்தியவிடத்திலேயே இருத்தலினூல், பார்ப்பவரின் நிலை அவ்வளவு பிரதானமல்ல. எனினும், குறுகிய வீச்சுத் தொலைகாட்டிகளுக்குப் பொருளானது முந்தியவிடத்திலேயே இருக்க, பார்ப்பவரும் முந்தியவிடத்தில் இருக்கலாம். அன்றேல், இனிமேற் காணப்படுவதுபோன்று, தொலைகாட்டியின் பொருள்வில்லையிலே அவருடைய கண்ணிருப்பதாகக் கருதினூல், குறுகிய வீச்சுத்தொலைகாட்டியின் உருப்பெருக்கவலுவுக்குரிய கோவையானது மிக்க எளியதாகின்றது. [246, III ஆம் பக்கம் பார்க்க.]



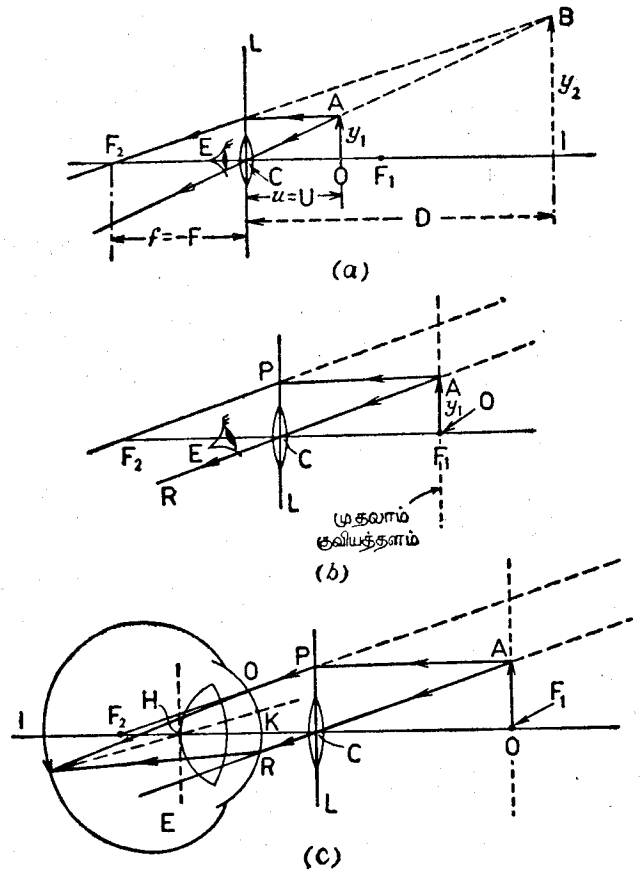
உருவம் 26.02.—எளிய நுணுக்குக்காட்டி.

உருப்பெருக்கிக்கண்ணுடி, வாசித்தற்குரிய வில்லை, அல்லது எளிய நுணுக்குக்காட்டி.—OA என்பது, தலைமைக்குவியங்கள் முறையே F_1, F_2 களை யுடைய ஒருங்குவில்லை L இன் முதலாவது குவியத்தூரத்திற்குள்ளே இருக்கின்ற சிறியபொருளொனக் கொள்க. விம்பத்தின் நிலையை அறிய, வில்லை யின் தலைமையச்சுக்குச் சமாந்தரமான கதிர் AH ஐக்கருதுக. முறிவின் பின் இது HF_2 திசையிலே செல்லுகின்றது. வில்லையின் மையத்தினூடு செல்லுங் கதிர் AC ஆனது விலகலின்றிச் செல்லுகின்றதாதலின், F_2H உம் CA உம் நீட்டப்படும்போது சந்திக்கின்ற புள்ளியாகிய B என்பது A இன் விம்பமாகுமெனப் பெறப்படுகின்றது. ஆகவே, OA இன் விம்பம் IB ஆகின்றது. இது நேரானது, உருப்பெருத்தது, மாயமானது. கண் E இலே வைக்கப்பட்டு விம்பமானது பார்க்கப்பட்டால், வில்லையிற் படுங்கதிர்களெல் லாம் முறிவின்பின்பு கண்மணியினுள்ளே செல்லவேண்டியது அவசிய மில்லை. கண்ணினுட் செல்லுங் கதிர்களின் எல்லையை அறியவேண்டுமா யின், முதலிலே கண்மணியின் அந்தலைப்புள்ளிகளாகிய M ஐயும் N ஐயும் B இனோடிணைக்க. இவை வில்லையை P இலும் Q இலும் வெட்டுவன வாயின், PM உம் QN உமே வில்லையினுட்சென்று கண்ணையடையுங் கதிர்களாம். B என்பது A இன் விம்பமாதலின், AP உம் AQ உமே A இலிருந்து கண்ணுக்குச் செல்லுங் கதிர்களென்பது பெறப்படும். இத னைப்போலவே, M ஐயும் N ஐயும் I இனோடிணைத்து O இலிருந்து கண் ணுக்குச் செல்லுங் கதிர்களின் எல்லைகள் பெறப்படும்.

எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலு.—எளிய நுணுக் குக்காட்டியின் தத்துவத்தைப்பற்றிக் கையாளும்போது விம்பம் உண்டாக் கப்படும் வகைமட்டுமே ஆராயப்பட்டது. இப்போது விம்பத்தின் நிலையைக் கருதவேண்டியது அவசியமாகின்றது. வில்லையின் தொடர்பிலே அண்மைப் பொருளொன்றின் விம்பத்தை அவதானிக்கும்போது வழக்கமாக விம்பத் தின் நிலையைப் பார்ப்பவர் தன்னையறியாமலே செப்பஞ்செய்கின்றாராதலின், விம்பமானது தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரத்திலேயே உண்டாக்கப் படுகின்றது. ஆகவே, எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றைத் திருத்தமாக உப யோகிக்கும் முறை பின்வருமாறு. வில்லைக்குக் கூடியவளவு அண்மையாகக் கண்ணனது வைக்கப்பட்டபின், வில்லையினண்மையிலே பொருள் பிடிக்கப் பட்டு விம்பமானது தெளிவாகுமட்டும் வில்லைக்கும் பொருளுக்குமிடையே யுள்ள சார்பான தூரம் அதிகரிக்கப்படும். இந்நிகழ்ச்சிக்குக் காரணம், இவ் வாறு செய்யப்படும்போது பார்வைமண்டலம் உயர்வாயிருக்கும் என்பதேயாம். அத்துடன், இனிமேற் காட்டப்படுவதுபோல, உருப்பெருக்கவலுவும் கூடிய வளவு பெரிதாயிருக்கும்.

ஆயினும், தனியொருங்குவில்லையொன்று, அல்லது மெய்யான கருவி யொன்றிலே அதனைத்தபகுதி, தொலைகாட்டியொன்றின் கண்வில்லையாக உபயோகிக்கப்பட்டால், விசேடமாக திருசியமானியின் பாகமாக இது அமை யும்போது, பார்ப்பவரின் இரண்டு கண்களுந் திறந்திருத்தல் வேண்டும். ஒரு

கண் உதவியின்றித் தூரப்பொருளொன்றைப் பார்த்தல்வேண்டும்; மற்றது வில்லையினூடு குறுக்குக்கம்பிகளைப் பார்த்தல் வேண்டும். வில்லையின் முதற் குவியத்தளத்திலே இவற்றை இருக்கச் செய்தல் வேண்டும். ஆகவே



உருவம் 26.03.—எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலு.

அதனூடு காணப்படும் விம்பம் முடிவிலியில் உண்டாக்கப்பட்டிருக்கும். இந் நிகழ்ச்சியின் ஒரு நயமென்னவெனின், நியமப் பார்வையையுடைய ஒருவர் செப்பஞ்செய்தபின், தூரப்பார்வையுடையோர் இக்கருவியை உபயோகிக் கலாம்.

எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றினூடு காணப்படும் விம்பமானது அண் மைப்புள்ளிக்கும் முடிவிலிக்குமிடையே எந்த நிலையிலும் இருக்கலாமென் பது உண்மையே. ஆயினும், எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் உருப்பெரு

க்க வலுவானது, அது பெறக்கூடிய அந்தலைப் பெறுமானங்களுக்கிடையே அவ்வளவு மாறுவதில்லையெனக் காணப்படும். எனவே இவ்வந்தலைப் பெறுமானங்கள் மட்டுமே கணிக்கப்படும்.

(அ) எளிய நுணுக்குக்காட்டியினூடு காணப்படும் விம்பம் பார்வையின் இழிவுத்தூரத்திலே உண்டாக்கப்படும்.— ஆராய்ச்சியை எளிதாக்குவதற்காக, முதலாவதாகப், பார்ப்பவரின் கண் வில்லையினண்மையிலிருக்கின்றதெனக் கொள்ளப்படும். எனின், OA என்பது, உருவம் 26.03(*a*), $f = -F$ ஆகிய குவியத்தூரத்தையுடைய மெல்லியவொருங்கு வில்லையொன்றினூடு பார்க்கப்படும் சிறிய பொருளெனக் கொள்க. விம்பம் IB ஆகும். இது தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரத்தில் உண்டாக்கப்படுவதாகக் கொள்ளப்படும். அதாவது, $CI = D$. [விம்பம் IB ஐக்கண்டுபிடிக்கும் விவரங்களைப்பற்றி இங்கு திரும்பவுங் கூறப்படவில்லை.] y_1 உம் y_2 உம் முறையே பொருள் OA இனதும் அதன் விம்பம் IB இனதும் உயரங்களெனக் கொள்க. $u = U$ வில்லையிலிருந்து பொருளின் தூரமெனவுங் கொள்க. எனின், வில்லை L இனண்மையிற் கண்ணானது E இலே வைக்கப்பட்டால், இச்சந்தர்ப்பத்திலே $M_{v=D}$ இனாற் குறிக்கப்படும் உருப்பெருக்கவலுவானது

$$M_{v=D} = \frac{\text{விம்பத்திலுல் E இல் எதிரமைக்கப்படுங் கோணம்}}{\text{பார்ப்பவரிலிருந்து D தூரத்திலிருக்கும்போது பொருளிலுல் எதிரமைக்கப்படுங் கோணம்}}$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். Δ கள் BCI, ACO ஒத்தனவாதலின், இது

$$= \frac{|y_2|}{|D|} \div \frac{|y_1|}{|D|} = \frac{|y_2|}{|y_1|} = \frac{D}{U}.$$

ஆகவே, ஒப்புக்கொள்ளப்பட்ட நிபந்தனைகளில் உபயோகிக்கப்படும் இக் கருவியிலே, உருப்பெருக்கவலுவானது, பக்கவுருப்பெருக்கத்தினோடு சர்வ சமனானதாகும். [78, III ஆம் பக்கம் பார்க்க.]

வில்லையின் குவியத்தூரத்தினது எண்ணளவுப் பெறுமானம் F ஆதலின்,

$$\frac{1}{D} - \frac{1}{U} = -\frac{1}{F} \quad \text{அல்லது,} \quad \frac{D}{U} = 1 + \frac{D}{F}$$

$$\therefore M_{v=D} = 1 + \frac{D}{F}$$

(ஆ) எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றினூடு காணப்படும் விம்பமானது முடிவிலியில் உண்டாக்கப்படும்.—இது நிகழும் போது பொருள் OA ஆனது வில்லையின் முதலாவது குவியத்தளத்தில் இருத்தல்வேண்டும். E இலுள்ளகண்ணானது OA இன் விம்பத்தை முடிவிலியிற் காணக்கூடியதாகப் பொருளிலுள்ள புள்ளி A இலிருந்து வந்து வில்லையினூடு முறிந்த பின்பு வெளிப்படும் கதிர்களின் பாதைகளை எவ்வாறு தீர்மானிக்கலாமென

உருவம் 26.03(*b*) காட்டுகின்றது. இந்தச் சந்தர்ப்பத்திலே $M_{v\to\infty}$ கருவியின் உருப்பெருக்கவலுவைக் குறிக்கின்றதெனக் கொள்க. ஆயின், வரைவிலக்கணத்தின்படி,

$$M_{v\to\infty} = \frac{\text{விம்பத்திலுல் E இல் எதிரமைக்கப்படுங் கோணம்}}{\text{பார்ப்பவரிலிருந்து D தூரத்திலிருக்கும்போது பொருளிலுல் எதிரமைக்கப்படுங் கோணம்.}}$$

E ஆனது வில்லையினண்மையிலிருக்கும்போது விம்பமும் பொருளுங்கூட

E இலே $\hat{ACF_1}$ ஐ எதிரமைக்கின்றனவாதலின், இது

$$= \left(\frac{y_1}{F}\right) \div \left(\frac{y_1}{D}\right)$$

$$\therefore M_{v\to\infty} = \frac{D}{F}$$

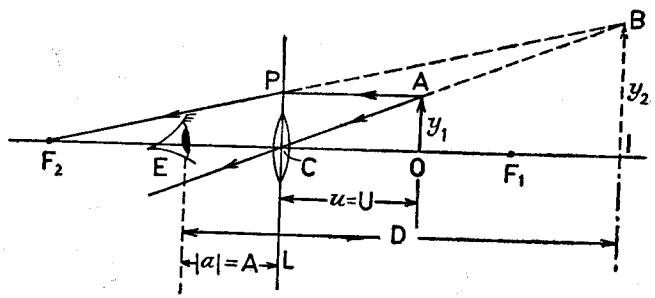
ஆகவே, குவியத்தூரம் 5 சமீ. ஐயுடைய ஒருங்குவில்லையொன்றிற்கு, $f = -5$ சமீ. அல்லது, $F = 5$ சமீ., $M_{v=D} = 1 + \frac{25}{5} = 6$. அத்துடன் $M_{v\to\infty} = 5$. எனவே, உருப்பெருக்கவலுவுக்குரிய எல்லைகளின் வித்தியாசம் $M_{v=D}$ இன் உயர்வுப்பெறுமானத்தின் இருபது நூற்றுவீதத்திலுங் குறைவாகும். குறுகிய குவியத்தூர வில்லைகளினூடு, அதாவது, உயர்வு கூடிய உருப்பெருக்கவலுவையுடைய வில்லைகளினூடு, வித்தியாச நூற்று வீதம் இன்னுங் குறைவாகும்.

எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றினூடு விம்பமுண்டாதலின் இப்பிரச்சினையின் தொடர்பிலே விம்பம் முடிவிலியிலிருக்கும்போது விழித்திரைவிம்பத்தின் பருமனை எவ்வாறு காணலாமெனக் காட்டுவது அறிவுக்குரியதாகும். A இல் உற்பத்தியாகி, வில்லையினூடு முறிவு நிகழுமட்டும் சமாந்தரக்கற்றையாகாத ஒளிக்கற்றையிலுள்ள கதிர்களிரண்டை உருவம் 26.03 (*c*) இலே PQ உம் CR உம் குறிக்கின்றனவெனக் கொள்க. H என்பது, [225, III ஆம் பக்கம் பார்க்க], கண் E இன் பயன்படுமையமெனக்கொள்க. எனின், H இனூடாக PQ இற்கு, அல்லது, CR இற்குச் சமந்தரமாக நேர்கோடு HB வரையப்படின், A இலிருந்துவரும் கதிர்களெல்லாம் B இற் குவிக்கப்படும். தேவையான விழித்திரை விம்பம் IB ஆகும். APQB, ACRB என்பன A இலிருந்தும் B இலிருந்தும் வருங்கதிர்களிரண்டினதும் பாதைகளாம்.

இன்னும் எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவைப் பற்றியது.—எளிய நுணுக்குக்காட்டியாக உபயோகிக்கப்படும்போது வில்லையின் அண்மையிலே பார்ப்பவரின் கண்ணானது வைக்கப்பட்டுள்ளதென இது காறும் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது.எனினும், செய்முறையிலே இந்தநிபந்தனை

எப்போதும் பூரணமாக மாட்டாது. குறுகிய குவியத்தூரத்தையுடைய வில்லைகளிலேடு ,வில்லையிலிருந்து கண்ணின் மெய்யான தூரம் வில்லையின் குவியத்தூரத்திலேடு ஒப்பிடப்படக்கூடியதாதல் கூடும். ஆகவே, வில்லையிலிருந்து கண்ணின் தூரத்திலே உருப்பெருக்கவலுவானது எவ்வாறு தங்கியிருக்கின்றதெனப் பார்ப்போம்.

இதனைச் செய்வதற்கு, கண் E ஆனது எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் தலைமையச்சிலே இருக்கின்ற தெனக்கொள்க, உருவம் 26.04. வில்லையிலிருந்து கண்ணின் தூரத்தினது எண்ணளவுப் பெறுமானம் A எனவுங்



உருவம் 26.04.—எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலு.

கொள்க. IB என்பது வில்லையினூடு பார்க்கப்பட்ட பொருள் OA இன் விம்பமெனவுங் கொள்க. இந்த விம்பம் E இலிருந்து தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரத்தில் உண்டாக்கப்பட்டதெனவுங் கொள்க. எனின், விம்பமானது வில்லையின் மையத்திலிருந்து (D – A) தூரத்திலிருக்கின்றது. இந்தச் சந்தர்ப்பத்தில் உருப்பெருக்கவலுவை $M_{v=(D-A)}$ எனக்கொள்க. ஆயின்,

$$M_{v=(D-A)} = \frac{\text{விம்பத்தின் கோணப்பருமன்}}{\text{பார்ப்பவரின் அண்மைப்புள்ளியிலிருக்கும்போது பொருளின் கோணப்பருமன்}}$$

$$= \frac{|y_2|}{|D|} \div \frac{|y_1|}{|D|} = \frac{|y_2|}{|y_1|} \qquad [\text{குறிப்பு. } |D| = D]$$

$$= \frac{D-A}{U} \qquad [\Delta \text{கள் ACO, BCI ஒத்தனவென்பதனால்}]$$

ஆனால் $\quad \frac{1}{D-A} - \frac{1}{U} = -\frac{1}{F}.$

எனவே, $M_{v=(D-A)} = (D-A).\ \frac{(F+D-A)}{F(D-A)} = \frac{F+D-A}{F}.$

$A \to O$ அடையும்போது இக்கோவையானது முன்னரே $M_{v=D}$ இற்குப் பெறப்பட்ட பெறுமானத்திற்குச் சுருங்குகின்றது. வில்லையிலிருந்து எண்ணளவுப்பெறுமானம் V ஐயுடைய தூரத்திலே விம்பம் உண்டாகும்போது,

$$M_{v=V} = \frac{|y_2|}{V+A} \div \frac{|y_1|}{D} = \frac{|y_2|}{|y_1|} \cdot \frac{D}{V+A}.$$

$$= \frac{V}{U} \cdot \frac{D}{V+A}.$$

ஆனால், $\frac{1}{V} - \frac{1}{U} = -\frac{1}{F}.$ எனவே, $V = \frac{UF}{F-U}.$ ஆகவே,

$$M_{v=V} = \frac{F}{F-U} \cdot \frac{D}{\frac{UF}{F-U} + A} = \frac{FD}{U(F-A) + AF}.$$

$V \to \infty$ ஆகுமாறு $U = F$ ஆகும்போது உருப்பெருக்கவலுவுக்கு இப்போது பெறப்பட்ட கோவையானது $\frac{D}{F}$ இற்குச் சமமாகுமென்பதைக் குறித்துக்கொள்ளல் வேண்டும். இது முன்னரே பெறப்பட்ட $M_{v\to\infty}$ இற்குரிய பெறுமானமாதலின், கோவையின் சரிபிழையை அறியலாம். $v \to \infty$ ஆகும்போது உருப்பெருக்க வலுவானது வில்லையின் தொடர்பிலே பார்ப்பவரின் கண்ணின் நிலையிலே தங்கியிருக்கவில்லையென்று இங்குள்ள ஆராய்ச்சி காட்டுகின்றது.

எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவைப் பரிசோதனை மூலந் தீர்மானித்தல்.—(அ) தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரத்திலே விம்பமுண்டாதல்—

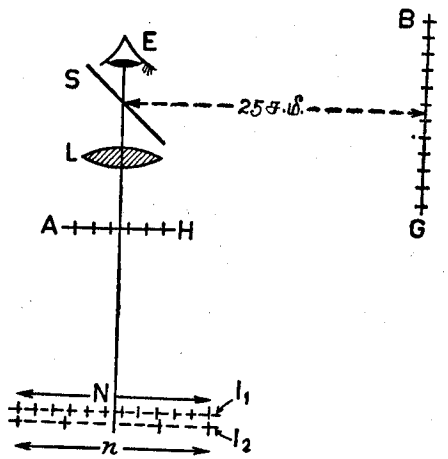
(i) முதலாவதாக, பார்ப்பவர் வில்லையினண்மையில் இருக்கின்றரெனக் கொள்வோமாக. எனின், வில்லையின் குவியத்தூரத்தினது எண்ணளவுப் பெறுமானம் F ஆயின், தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரம் D ஆயிருக்கும்போது

$$M_{v=D} = 1 + \frac{D}{F} \qquad \left[\text{அல்லது } 1 + \frac{D}{|f|}\right]$$

எனக் காட்டப்பட்டது. [230, III ஆம் பக்கம் பார்க்க.]

எனவே, ஒருங்குவில்லையொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவை அளக்கவேண்டுமேயானால், வில்லையின் குவியத் தூரத்தை அளந்து, விம்பமானது தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரத்தில் உண்டாகுமாறு சிறிய பொருளொன்றை வைக்கவேண்டிய தூரத்தைத் தீர்மானிப்பதே அவசியமாகின்றது. வில்லையின் குவியத்தூரத்தினது தெரிந்த பெறுமானத்திலிருந்தும் பொருளின் தூரத்திலிருந்தும் D இன் பெறுமானத்தைக் கணிக்கலாம்.

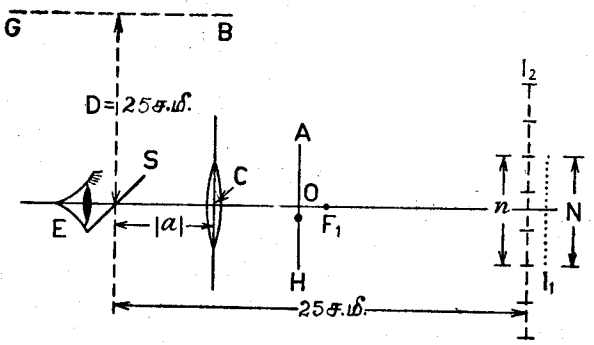
செய்முறையிலே, பார்ப்பவர்களெல்லாம் வில்லையின் சார்பாக ஒரேநிலையில் விம்பத்தைப் பெறமுடியாதாதலின், மேலேயுள்ள முறை தவிர்க்கப்படவேண்டியதாகும். பின்வரும் முறை விரும்பத்தக்கது. வில்லை L ஆனது, உருவம் 26.05, நிலைக்குத்தான தாங்கியொன்றிலேற்றப்பட்டு,



உருவம் 26.05— எளிய நுணுக்குக் காட்டியொன்றின் உருப்பெருக்க வலுவைப் பரிசோதனைமூலம் தீர்மானித்தல்.

நழுவல்மூடி S ஆனது, அதன் தளம் வில்லையின் தலைமையச்சிலோடு ஏறத்தாழ 45° சாய்ந்திருக்குமாறு மென்மையான மெழுகினால் தாங்கியோடு இணைக்கப்படும். வரைப்படத்தாளின் துண்டு BG ஆனது, காட்டியபடி, S இலிருந்து 25 ச.மீ. தூரத்திலே வைக்கப்பட்டுள்ளது. [வில்லையிலிருந்து பார்ப்பவரினதும் நழுவல்மூடி S இனதுந் தூரங்கள் தவிர்க்கப்படுகின்றன.] காகிதம் BG ஆனது நன்றாக ஒளிரப்பட்டிருத்தல்வேண்டும். ஒவ்வோரைந்தாவது மில்லிமீற்றர்க்கோடும் மைதீட்டப்பட்டிருத்தல்வேண்டும். மையத்தினண்மையிலே மைதீட்டப்பட்ட கோடுகள் சிவப்பாகவும் ஏனையவை கறுப்பாகவும் இருத்தல் வேண்டும். இவ்வகையான கோடுகளிரண்டிற் கிடையேயுள்ள தூரம் ஒரு பிரிவு எனக்கருதப்படும். E இலிருந்து பார்ப்பவரொருவர் அளவுச்சட்டம் BG இன் விம்பம் I_1 ஐக் காண்பர். S இலே தெறிப்பினாலுண்டானதாதலின் அது உருப்பெருத்திராது. BG இனோடொத்ததும் சிவப்புமைக்கோடற்றதுமான இன்னுமொரு வரைப்படத்தாளின் துண்டு AH வில்லைக்குப்பின்னால் வைக்கப்பட்டு, அதிலுள்ள கோடொன்றின் விம்பமானது S இலே தெறிப்பினாலுண்டான செங்கோட்டின் விம்பத்தினோடு பொருந்துமாறு அதன் நிலை செப்பஞ்செய்யப்படும். எனின், இரண்டு விம்பங்களும் ஒரேதளத்திலுள்ளன. அதாவது, வில்லையினூடு முறிவினாலுண்டான விம்பம் I_2 அதிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்திலுள்ளது. I_2 இல் n பிரிவுகளோடு பொருந்துவனவாகத் தோற்றும் I_1 இலுள்ள பிரிவுகளின் தொகை N ஆயின், தேவையான உருப்பெருக்கவலு $\frac{N}{n}$ ஆகும். இவ்வாறு பெறப்பட்ட பெறுமானத்தைக் கணித்துப்பெற்ற பெறுமானமாகிய $\left(1+\frac{25}{F}\right)$ இனோடு ஒப்பிடுதல் வேண்டும்.

(ii) இரண்டாவது இடத்திலே, நழுவலமூடியானது $|a| = A$ தூரத்திலுள்ளதென்றும், இந்த நழுவல்மூடியினண்மையிலே கண்ணொன்று வைக்கப்படலாமென்றுங் கொள்க. பரிசோதனையினைமுங்கு உருவம் 26.06 இற்

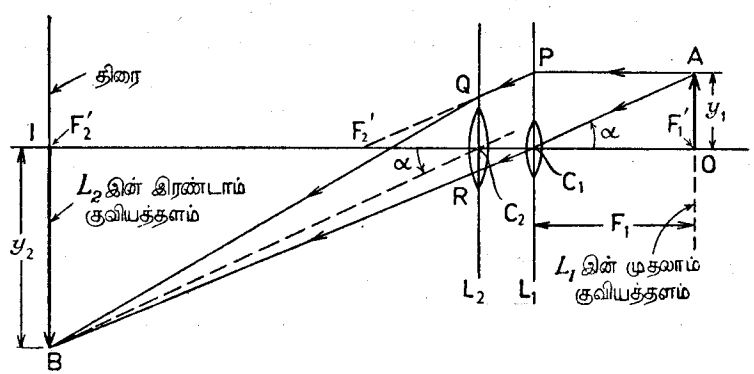


உருவம் 26.06.—வில்லையொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவைப் பரிசோதனைமூலந் தீர்மானித்தல்.

காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. இன்னும் வேறு விவரங்கள் தேவைப்படா. திரும்பவும் உருப்பெருக்கவலு $\frac{N}{n}$ ஆகும். இது,

$$M_{v=25-A} = \frac{F + 25 - A}{F}$$ ஆகின்றது.

(ஆ) விம்பமானது முடிவிலியிலுண்டாதல்.—எளிய நுணுக்குக்காட்டியாக உபயோகிக்கப்படும் மெல்லியவொருங்குவில்லை L_1, பொருள் OA முதலாவது குவியத்தளத்திலிருக்குமாறு செப்பஞ்செய்யப்பட்டுள்ளது, உருவம் 26.07.



உருவம் 26.07.—விம்பமானது முடிவிலியிலிருக்கும்போது வில்லையொன்றின் உருப்பெருக்க வலுவைப் பரிசோதனைமூலந் தீர்மானித்தல்.

பொருள் OA ஆனது, பொருத்தமாக ஒளிரச்செய்யப்பட்ட துவாரத்தின் குறுக்கே ஈர்க்கப்பட்ட சமாந்தரக் கம்பிகளிரண்டைக் கொண்டதெனக் கொள்க. இக்கம்பிக்கிடையேயுள்ள தூரத்தை y_1 எனக்கொள்க. எனின், வில்லையின் ஒளியியல்மையமாகிய C_1 இலே இக்கம்பிகளினால் எதிரமைக்கப்படும் கோணம் α ஆனது $\alpha = \frac{|y_1|}{F_1}$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். இங்கு F_1 என்பது இவ்வில்லையின் குவியத்தூரத்தினது எண்ணளவுப் பெறுமானமாகும் [பொருளின் சார்பிலே திருத்தமான நிலையில் வில்லை L_1 ஐ வைப்பதற்குத் தளவாடியொன்று உபயோகிக்கப்படலாம் 95, III ஆம் பக்கத்திலே தானுக நேர்வரிசையாக்கும் முறையைப் பார்க்க.] பரிசோதனை மூலம் கோணம் α ஐ அளக்கவேண்டுமாயின், தெரிந்த குவியத்தூரம் $f_2 (= -F_2)$ ஐயுடைய ஒருங்குவில்லை L_1 இன் பின்னால் அதேயச்சில் வைக்கப்பட்டு, L_2 இன் இரண்டாவது குவியத்தளத்திலுள்ள ஒளிக்கசிவான திரையொன்றிலே ஒளிரப்படும் கம்பிகளின் விம்பம் IB ஐப் பெறுவதற்கு உபயோகிக்கப்படும். எனின், A இலிருந்து வருங்கதிர்களெல்லாம் AC_1 திசைக்குச் சமாந்தரமான ஒளிக்கற்றையாக L_1 இலிருந்து வெளிப்படுவதினால், பொருளிலுள்ள புள்ளி A இனோடொத்த திரையின் விம்பத்திலுள்ள புள்ளி B ஆனது L_2 இன் ஒளியியல்மையமாகிய C_2 இனூடு அதன் இரண்டாவது குவியத்தளத்தை B இல் வெட்டுமாறு நேர்கோடு C_2B ஐ AC_1 இற்குச் சமாந்தரமாக வரைதல்வேண்டும். விம்பம் IB இன் உயரம் y_2 ஆனால், கோணம் α ஆனது

$$\alpha = \frac{|y_2|}{F_2} = \frac{Y_2}{F_2} \qquad \left[Y_2 = |y_2| \text{ ஆனால்}\right]$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படுகின்றது. எனவே,

$$M_{v\to\infty} = \frac{\alpha}{\frac{|y_1|}{|D|}} = \frac{Y_2}{F_2}\cdot\frac{D}{Y_1} \qquad \left[Y_1 = |y_1| \text{ ஆனால்}\right]$$

இவ்வாறு பெறப்பட்ட பெறுமானம், ஒப்புக்கொள்ளப்பட்ட நிபந்தனைகளில் வில்லை L_1 இன் உருப்பெருக்கவலுவாகிய $\frac{D}{F_1}$ இனோடு ஒப்பிடப்படுதல்வேண்டும்.

கூட்டுநுணுக்குக்காட்டி.—மெல்லிய வொருங்குவில்லையொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவானது தெளிவுப் பார்வையின் இழிவுத் தூரத்தில் விம்பம் முண்டாகும்போது, வில்லையினண்மையில் வைக்கப்பட்ட கண்ணுக்கு உயர்வுப் பெறுமானம் $1 + \frac{D}{F}$ ஐயுடையதென முந்திய பக்கங்களிலே காட்டப்பட்டுள்ளது. வில்லையின் குவியத்தூரத்தினது எண்ணளவுப் பெறுமானத்தைக் குறைத்து உருப்பெருக்கவலுவை அதிகரிக்கச் செய்யலாம். ஆனால், இவ்வகையான வில்லைகளைத் திருத்தமாய்த் தேய்ப்பது கடினம். இன்னும், கோளப்பிறழ்ச்சி அதிகரிக்கப்பட்டு இவ்வகையான வில்லைகளினூடு காணப்படும் விம்பங்கள் கூடுதலாகத் திரிவடைகின்றன. எனவே உயர்ந்த உருப்பெருக்க வலுக்களைப் பெறவேண்டுமாயின் வேறு முயற்சிகள் செய்தல் வேண்டும். கூட்டு நுணுக்குக்காட்டியிலே ஒருதாரணம் காணப்படுகின்றது.

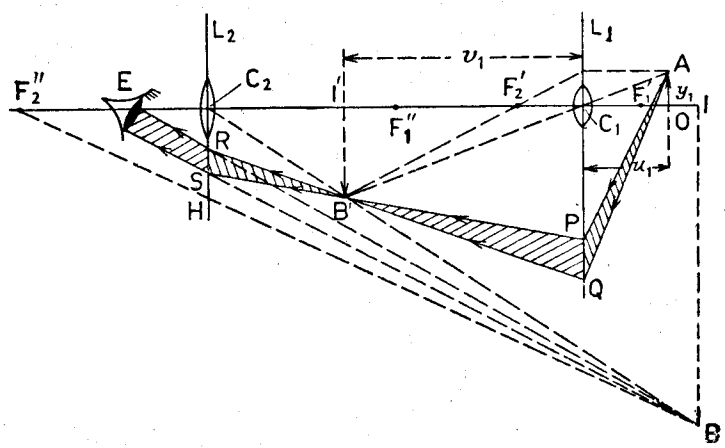
இவ்வகையான கருவிகளிலே முதலிற் கண்டுபிடிக்கப்பட்டவற்றுளொன்று கலிலியோவினால் தொலைகாட்டியைக் கண்டுபிடித்தபின்பு 1610 ஆம் ஆண்டிலே கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. சாதாரண வகையிலே கூட்டுநுணுக்குக் காட்டியொன்று ஒரேயச்சில் ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட மெல்லியவொருங்குவில்லைகளிரண்டை முக்கியமாகக் கொண்டதாகும். பொருள்வில்லை எனப்படும் குறுகிய குவியத்தூரத்தையுடைய முதலாவது வில்லையானது பொருளின் மெய்யான விம்பமொன்றை உண்டாக்க உதவுகின்றது. பார்வைத்துண்டு எனப்படும் இரண்டாவது வில்லையானது பொருள்வில்லையினால்[1] உண்டாக்கப்பட்ட விம்பத்தின் மாயவிம்பமொன்றை உண்டாக்க உபயோகிக்கப்படும்.

கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்று உபயோகிக்கப்படும்போது தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரத்திலே கடைசி விம்பமானது காணப்படக்கூடியதாக ஏறத்தாழ எப்பொழுதுங் கண்ணானது செப்பஞ்செய்யப்படும். ஆயினும், எளிய நுணுக்குக்காட்டியிற்போல, இவ்விம்பமானது முடிவிலியிலே அல்லது இந்நிலைகளிரண்டினுக்குமிடையே எங்காவது உண்டாக்கமுடியாது என்று சொல்ல நியாயமெதுவுமில்லை. விம்பமானது தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரத்திலுண்டாவதுங் கண்ணானது பார்வைத்துண்டுக்கண்மையிலிருப்பதுமான சந்தர்ப்பத்தை முதலிற் கருதுவோமாக.

L_1 உம் L_2 உம், உருவம் 26.08, கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றின் பொருள்வில்லையும் பார்வைத்துண்டுமெனக் கொள்க. தொகுதியினச்சுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்ட சிறிய பொருள் OA இன் விம்பத்தினது நிலையை முதலிற் காண்போமாக. விளக்கப்படத்திலே இரண்டு வில்லைகள் வரையப்பட்டுள்ளன. ஆனால், ஒளியியலில் வழக்கமான பயிற்சிமுறையை அனுசரித்து, வரிப்படத்தைத் தெளிவாக்கத் தொகுதியினச்சுக்குச் செங்குத்தான திசையிலே வரைதலின் பிரமாணம் மிகவும் பெருப்பிக்கபட்டிருக்கின்றதென்பதைத் தெளிவாய் விளங்கிக்கொள்ளுதல்வேண்டும். ஆகவே,

[1] கலிலியோ தன்னுடைய தொலைகாட்டியமைப்பை உண்மையாகப் பின்பற்றித் தன்னுடைய நுணுக்குக்காட்டிக்குக் கண்வில்லையாக விரிவில்லையொன்றை உபயோகித்தாரையின், பார்வை மண்டலம் மிகச்சிறிதாயிருக்கும். 1624 ஆம் ஆண்டிலே இங்கிலாந்தில் திரிபெல்லும் (*Drebble*) ஒல்லாந்தில் மெத்திரீசும் (*Metries*) கண்தண்டு ஒருங்குவில்லையாயுள்ள கூட்டுநுணுக்குக்காட்டிகளை உண்டாக்கினர். அதாவது, பார்வைமண்டலம் வெகுவாய்ப் பெருப்பிக்கப்பட்டது.

வரையப்பட்ட சில கதிர்கள் வில்லையினூடு செல்வதாகத் தோற்றுவிட்டாலும், இவ்வமைப்புக்களிலே வில்லைகளின் மையங்களினூடு செல்லுங் கோடு



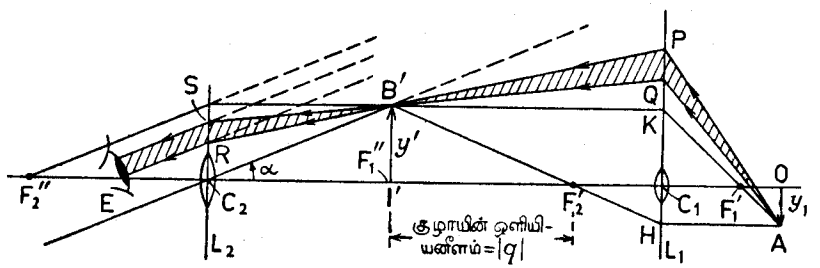
உருவம் 26.08.—கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றின் தத்துவம்.

களே உபயோகிக்கப்பட்டனவென்றும், இவ்வகையான வில்லைகள் மெய்யாயுள்ளனவென்பதை ஞாபகப்படுத்தவே அவ்வில்லைகளின் உருவங்கள் செலுத்தப்பட்டுள்ளனவென்றும் அறிந்துகொள்ளல் வேண்டும்.

பொருள்வில்லையின் முதற்குவியம் F'_1 இற்குச் சிறிது அப்பால், பொருளானது வைக்கப்பட்டு மெய்யான உருப்பெருத்த விம்பம் I′B′ உண்டாக்கப்படும். காட்டியமாதிரி இதனைக் கண்டுபிடிக்கலாம். அதன் முதற் குவியமாகிய F_1'' இலுங்கூடியவண்மையில் I′B′ இருக்குமாறு கண்வில்லை ஒழுங்கு செய்யப்படும். கடைசிவிம்பத்தைத் தீர்மானிக்க வேண்டுமாயின், தொகுதியினச்சுக்குச் சமாந்தரமான கதிர் B′H ஆனது, பார்வைத்துண்டின் இரண்டாவது குவியமாகிய F_2'' இனூடு செல்லுமாறு, L_2 இனால் முறிக்கப்படும். $F_2''H$ இன் நீட்சியினதும் விலகலின்றி L_2 இனூடு செல்லும் கதிர் $B'C_2$ இன் பிற்பக்கநீட்சியினதும் வெட்டுப்புள்ளியானது A இன் விம்பமாகிய B ஐக் கொடுக்கின்றது. அச்சுக்குச் செங்குத்தாக BI ஐ வரைந்து கடைசி விம்பத்தைப் பெறலாம்.

கடைசிவிம்பத்தைக் கண்ணொன்று காணுங் கதிர்களின் பாதைகளைக் குறிக்கவேண்டுமாயின், A இலிருந்து கண்ணுக்குச்செல்லுங் கதிர்களின் சுவடுகளை வரைவோமாக. கூடுதலாகக் கதிர்களின் சுவடுகளை அறியவேண்டுமாயின் அவற்றையும் இவ்வகையாகவே பெறமுடியும். கண்மணியின் எல்லைகளோடு புள்ளி B இணைக்கப்படும். இக்கோடுகள் வில்லை L_2 இன் தளத்தை S இலும் R இலும் வெட்டுகின்றனவெனக் கொள்க. இவ்விரு புள்ளிகளையும் B′ இனூடிணைத்து பொருள்வில்லையின் தளத்தை P இலும்

Q இலும் வெட்டுமாறு பிற்பக்கமாக நீட்டினால், இரு வில்லைகளுக்கு மிடையே வெளியிலுள்ள தேவையான கதிர்களைப் பெறுகின்றோம். இதன்பின்பு P உம் Q உம் A இனூடிணைக்கப்பட கதிர்களின் பாதைகள் முற்றுகப் பெறப்பட்டுள்ளன.



உருவம் 26.09.—கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றினூடு கதிர்களின் சுவட்டைக்காணல்.

இரண்டாவதாக, கடைசிவிம்பமானது முடிவிலியில் உண்டாகின்றதெனக் கொள்க. இது நிகழவேண்டுமாயின் இடைவிம்பம் I′B′ ஆனது பார்வைத்துண்டின் முதலாவது குவியத்தளத்திலே உண்டாகவேண்டியது அவசியமாகின்றது. கருவியினூடு கதிர்களின் பாதைகளை எவ்வாறு தீர்மானிக்கலாமென உருவம் 26.09 காட்டுகின்றது.

கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலு.—(அ) $M_{v=D}$ என்பது பார்வைத்துண்டிலிருந்து தெளிவுப்பார்வையினிழிவுத் தூரமாகிய D தூரத்திலே கருவியினூடு விம்பங் காணப்படும்போது உருப்பெருக்கவலுவெனக் கொள்க. எனின், உருவம் 26.08 இலிருந்து

$$M_{v=D} = \frac{\text{விம்பத்தினால் பார்வைத்துண்டிலே எதிரமைக்கப்படுங் கோணம்}}{\text{தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரத்திலே பார்க்கப்படும்போது பொருளினால் எதிரமைக்கப்படுங்கோணம்}}$$

$$= \frac{|IB|}{D} \div \frac{|OA|}{D} = \frac{|IB|}{|OA|} = \frac{|y_2|}{|y'|}\,\frac{|y'|}{|y_1|}$$

$$= \left[1 + \frac{D}{|f_2|}\right] \frac{|v_1|}{|u_1|}. \quad [230, \text{III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க}]$$

இங்கு, f_2 பார்வைத்துண்டின் குவியத்தூரமெனவும், u_1 கண்வில்லையிலிருந்து OA இன் தூரமெனவும், v_1 என்பது பார்வைத்துண்டிலிருந்து விம்பம் I′B′ இன் தூரமெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. அத்துடன் $y' = I'B'$ எனவும், $y_2 = IB$ எனவுங் கொள்ளப்பட்டது.

(ஆ) $M_y \to \infty$ என்பது உதவியற்ற நியமக் கண்ணொன்றினால் கருவியினூடு பார்க்கப்படும் விம்பமானது முடிவிலியிலுண்டாகும்போது கூட்டு நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவெனக் கொள்க. எனின், உருவம் 26.09 இலிருந்து

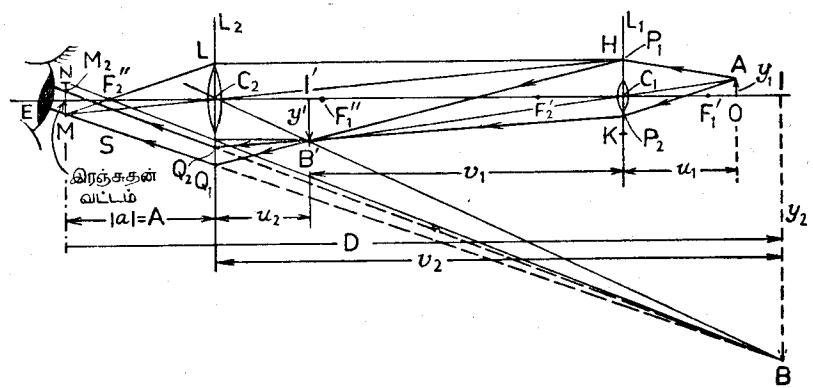
$$M_{y\to\infty} = \frac{\widehat{B'C_2F_1''}}{\left[\frac{OA}{D}\right]} = \frac{\frac{|y'|}{|f_2|}}{\frac{|y_1|}{|D|}}$$

$$= \frac{D}{f_2}\frac{|y'|}{|y^1|} \quad [\text{இங்கு } F_2 = |f_2|]$$

$$= \frac{D}{F_2}\frac{|q|}{F_1} \quad [\text{ஒத்த } \Delta \text{கள் } B'F_1''F_2', F_2'C_1H \text{ இலிருந்து}]$$

இங்கு, q என்பது எண்ணளவான குவியத்தூரம் F_1 ஐயுடைய பொருள்வில்லையின் இரண்டாவது தலைமைக் குவியத்திலிருந்து விம்பம் I'B' இன் தூரமாகும்.

$M_y \to \infty$ இற்குப் பெறப்பட்ட கோவையானது பார்வைத்துண்டிலிருந்து பார்ப்பவரின் அண்மையிலே தங்கியிருக்கவில்லையென்பது குறிப்பிடத்தக்கது.



உருவம் 26.10.— கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றும் அதன் இரஞ்சுதன் வட்டமும் (Ramsden)

இரஞ்சுதன்வட்டம்.—கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றினூடு காணப்படுஞ் சிறியபொருளான OA இன் விம்பம் IB ஐ வழக்கமான முறையில் வரைப்படமூலங் கண்டுபிடிப்பதெப்படியென உருவம் 26.10 காட்டுகின்றது. விம்பத்தின் நிலைகளைத் திருத்தமாகக் காண்பதற்காகத் தொகுதியினைச் சுக்குச் செங்குத்தான தூரங்களெல்லாம் மிதமிஞ்சி உருப்பெருக்கப்பட்டுள்ளனவென்பதை மறந்துவிடக்கூடாது. இதேயளவுப்பிரமாணத்திலே HK என்பது பொருள்வில்லையின் துவாரமெனக்கொள்க. MN என்பது கண்துண்டினால் உண்டாக்கப்பட்ட பொருள்வில்லையின் விம்பமெனக்கொள்க. L இலே முறிவின்பின்பு F_2'' இனூடு செல்லுகின்ற கதிர் HL ஐக் கொண்டும், வில்லை L_2 இனால் விலக்கப்படாத கதிர் HC_2 ஐக்கொண்டும் MN இன் நிலை கண்டுபிடிக்கப்படும்.

இப்போது MN என்பது **கண்வளையம்** அல்லது **இரஞ்சுதன்வளையம்** எனப்படும். OA இலிருந்து நுணுக்குக்காட்டியினுள்ளே செல்லுங் கதிர்களெல்லாம் MN இனூடாகவே வெளிப்படுதல்வேண்டும். எனவே, பார்ப்பவரின் கண் MN இலே வைக்கப்பட்டுக் கண்மணியானது MN இலும் பார்க்க நீளமாயிருப்பின், சிறந்த நிலைமைகளில் விம்பங் காணப்படும்.

உருவம் 26.10 இலே, கருவியினூடுசெல்லும் $AP_1B'Q_1M$, $AP_2B'Q_2M_2$ ஆகிய கதிர்களிரண்டின் பாதைகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவற்றைக்கொண்டே கண்வளையம் MN இனண்மையிலுள்ள E இலிருக்குங் கண்ணொன்று A இன் விம்பமாகிய B ஐப் பார்க்கின்றது. AP_1 ஆனது பொருள்வில்லையினுள்ளே சரியாய்ச் செல்லுகின்றதெனவும், எனவே, கண்வளையத்தினூடு சரியாய் வெளிப்படுகின்றதெனவும் அவதானித்தல் கூடும்.

பார்ப்பவரின் கண் கண்வளையத்திலும், உண்டாகும் விம்பம் தெளிவுப் பார்வையினிழிவுத்தூரத்திலும் இருக்கும்போது, கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவைப்பற்றியது.—உருவம் 26.10 ஐக் கருதியதிலிருந்து,

$$M_{y2=D-A} = \frac{\frac{|y_2|}{D}}{\frac{|y_1|}{D}} = \frac{|y_2|}{|y'|}\frac{|y'|}{|y_1|} = \left[\frac{D-A}{U_2}\right]\left(\frac{F_1}{U_1-F_1}\right)$$

எனப் பெறுகின்றோம்.

வில்லைகளினிடைத்தூரம் L ஆனால்,

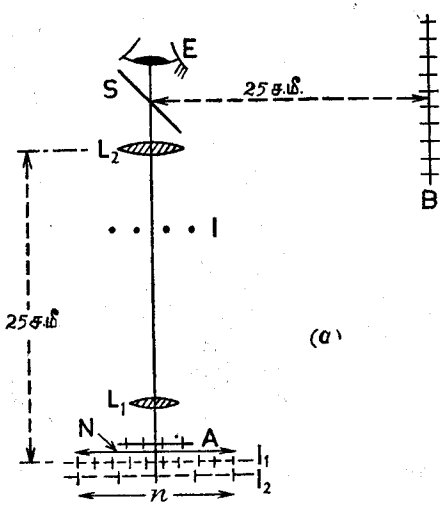
$$\frac{1}{A}+\frac{1}{L}=\frac{1}{F_2}, \quad \text{அத்துடன்} \quad \frac{1}{D-A}-\frac{1}{U_2}=\frac{1}{F_2}.$$

எனவே, சிறிது சுருக்குதலின்பின்,

$$M_{y2=D-A} = \left[1-\frac{(A+L)\ (A-D)}{AL}\right]\left(\frac{F_1}{U_1-F_1}\right).$$

கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவைப் பரிசோதனை மூலந் தீர்மானித்தல்.—(a) முதலாவதாக, பார்ப்பவர் பார்வைத்துண்டிற்கு மிக்கவண்மையிலிருக்கிறாரெனவும், நுணுக்குக்காட்டியினூடு பார்க்கப்படும் விம்பமானது தெளிவுப்பார்வை இழிவுத்தூரத்திலுள்ளதென்றும் கொள்

வோமாக. குவியத்துரங்கள் 3 சமீ. ஆகவும் 5 சமீ. ஆகவும் உடைய ஒருங் குவில்லைகளிரண்டை முறையே பொருள்வில்லையாகவும் பார்வைத்துண்டா கவுந் தெரிந்துகொள்க. பொருள்வில்லை L_1 ஐ உருவம் 26.11 (*a*), வரைப் படத்தாளின் துண்டு A இலிருந்து ஏறத்தாழ 5 சமீ. முன்பாக ஏற்றுக. இத்தாளிலே ஒவ்வொரு ஐந்தாவது மில்லிமீற்றர்பிரிவும் மைதீட்டப்பட்டி ருத்தல்வேண்டும். வட்டச்சட்டத்திற் கம்பித்துண்டொன்றைப் பிடித்து A இலே மைதீட்டப்பட்ட கோட்டின் விம்பத்திற்கும் கம்பிக்கும் இடமாறு தோற்றமில்லாமற் செய்து, L_1 இனூடு முறிவினலுண்டாக்கப் படும் மெய்யானவிம்பம் I இன் நிலையானது கண்டுபிடிக்கப்படும். இதன்பின்பு காட்டியபடி நழு வல்மூடி S இனூடு கம்பியின் முன்பு ஏறத்தாழ 4 சமீ. தூரத் திலே இரண்டாவது வில்லை L_2 ஐ ஒழுங்குசெய்க. இதன்பின்பு கம் பியானது அகற்றப்பட்டு 234, III ஆம் பக்கத்தில் விவரித்தப்படி மைதீட்டப்பட்ட வரைப்படத்தா ளின் துண்டு B படத்திற் காட்டி யபடி ஏற்றப்படும். இப்போது A இலுள்ள மைதீட்டப்பட்ட கோடுக ளொன்றின் கடைசி விம்பத்திற் கும் B இலுள்ள கோடொன்றின்

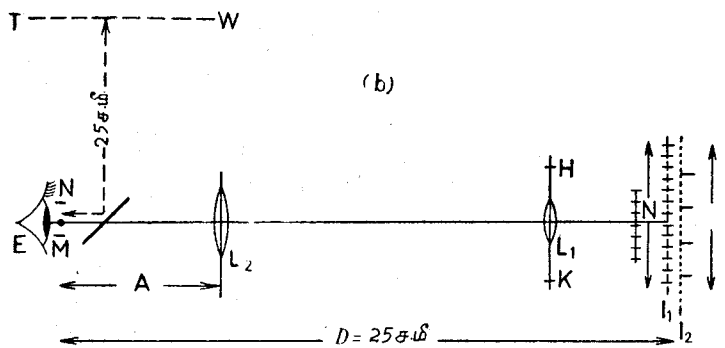


உருவம் 26.11 (a).—கூட்டுநுணுக்குக்காட்டி யொன்றின் உருப்பெருக்கவலு.

விம்பத்திற்கும் இடமாறுதோற்றமில்லாது கண்துண்டு L_2 செப்பஞ் செய்யப் படுதல்வேண்டும். B இலுள்ள கோட்டின் விம்பமானது நழுவல்மூடியின் மேற்பரப்பிலே தெறித்தல் முறையாக உண்டாக்கப்படும். நழுவல்மூடி S இலே தெறிப்பதினலுண்டான விம்பத்தின் N பிரிவுகள், நுணுக்குக் காட்டியினலுண்டான விம்பத்தின் *n* பிரிவுகளோடு பொருந்தித்தோற்று கின்றன. ஆயின் *n* இற்கு N விகிதமே தொகுதியின் தேவையான உருப் பெருக்கவலுவாகும்.

(b) இப்போது தந்த வில்லைகளின் ஒழுங்கிற்குப் பொருத்தமான இரஞ்சுதன்வட்டத்திலே பார்ப்பவரின் கண் இருக்கின்றதெனக்கொள்க. வில்லைகள் நிலையத்தில் வைக்கப்பட்டு பார்வைத்துண்டின் குவியத்தூரம் அறியப்பட்டதும் இவ்வட்டத்தின் நிலை எளிதாகக் காணப்படலாம். நழுவல்மூடி S ஆனது கண்வளையம் MN இற்கும், உருவம் 26.11 (*b*),

பார்வைத்துண்டு L_2 இற்குமிடையே வைக்கப்படும். அதன்தளம் நுணுக் குக்காட்டியினச்சிலோடு 45° ஐ ஆக்குதல்வேண்டும். வரைப்படக்கா கிதத்துண்டு TW ஆனது, நழுவல்மூடியிலே தெறிப்பிலுண்டான அதன் விம்பம் MN இலிருந்து 25 சமீ. ஆகிய D தூரத்திலிருக்குமாறு, கரு வியினச்சிலிருந்து அளக்கப்பட்டவொரு தூரத்திலே வைக்கப்படும். முந்திய பந்தியிலுள்ள நறியீட்டின் கருத்துகளோடு $\frac{N}{n}$ விகிதமானது தேவை யான உருப்பெருக்கவலுவைக் கொடுக்கின்றது. இவ்வாறு பெறப்பட்ட பெறுமானமானது 241, III ஆம் பக்கத்திற் கொடுக்கப்பட்ட $M_{\nu=D-A}$ இற்குரிய சூத்திரத்திலிருந்து பெறப்பட்ட பெறுமானத்திலோடு ஒப்பிடப் படுதல்வேண்டும். பார்வைமண்டலத்தின் பெரிய திருத்தமும், கண்ணானது L_2 இனண்மையிலிருக்கும்போது பார்ப்பனவற்றிலோடு ஒப்பிடப்படும் விம்பத் தின் தோற்றமும் குறிக்கப்படுதல்வேண்டும்.

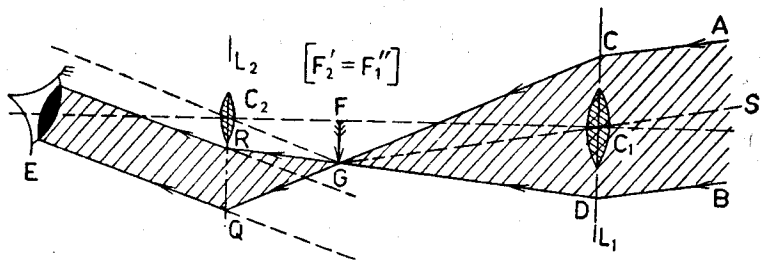


உருவம் 26.11 (b)

(c) கடைசிவிம்பம் முடிவிலியிலுண்டாக்கப்படும்போது விம்பத்திலுல் எதிர்வீழ்த்தப்படுங் கோணமானது 235, III ஆம் பக்கத்திற்போலத் தீர்மானிக் கப்பட்டு உருப்பெருக்கவலுவானது கணிக்கப்படல் வேண்டும்.

வானியற்றொலைகாட்டி,—(நீண்ட குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங்குவில்லை யாகிய) பொருள்வில்லையொன்றும் (குறுகிய குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங் குவில்லையாகிய) பார்வைத்துண்டொன்றுமே ஒரு வானியற்றொலைகாட்டியின் முக்கியமான ஒளியியல்களாம். இவ்வில்லைகள் ஒரேயச்சில் ஒழுங்கு உடைமை செய்யப்பட்டுள்ளன. தூரப்பொருளொன்றின் மெய்யான தலைகீழ் விம்ப மொன்று பொருள்வில்லையினல் உண்டாக்கப்பட்டு பார்வைத்துண்டினூற் பெருப்பிக்கப்படுகின்றது. தொலைகாட்டியானது நியமச் செப்பஞ் செய்கையி

லிருக்கும்போது பொருள்வில்லையினூடுண்டாக்கப்பட்ட மெய்யான விம்பத்திற்கும் பார்வைத்துண்டுக்குமிடையேயுள்ள தூரமானது பார்வைத்துண்டின் குவியத்தூரத்திற்குச் சமமாகும். அப்போது கடைசிவிம்பம் முடிவிலியிலிருக்கும். இந்தக் கடைசிவிம்பமுண்டாவதைப்பற்றி விளங்கவேண்டுமாயின், மையம் C_1 ஐயும் இரண்டாவது தலைமைக்குவியம் F ஐயுமுடைய பொருள்வில்லையில் விழுகின்ற ஒளியின் சமாந்தரக்கற்றை ACDB ஐக் கருதுவோமாக, உருவம் 26.12. வில்லையினூடு முறிவின் பின்பு படுகற்றையாகிய ACDB இலுள்ள கதிர்களெல்லாம் G இனூடு செல்லும். G என்பது, AC இற்குச் சமாந்தரமான துணையச்சு SC_1 ஆனது L_1 இன் இரண்டாவது குவியத்தளத்தைவெட்டும் புள்ளியாகும்.



உருவம் 26.12.—நியமச்செப்பஞ்செய்கையிலே வானியற்றெலைகாட்டியொன்றின் தத்துவம்.

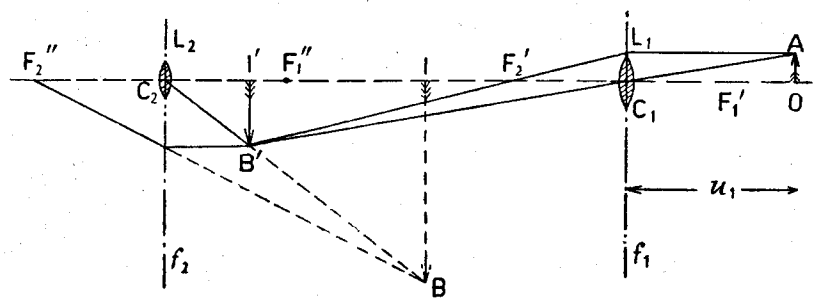
இதன்பின்பு முறிந்த கூம்பின் அந்தலைக்கதிர்களாகிய CG உம் DG உம் பார்வைத்துண்டிலே விழுந்து, வில்லை L_2 இன் ஒளியியல்மையமாகிய C_2 இனூடு செல்லுந்தளத்தைத் தொகுதியின் தலைமையச்சுக்குச் செங்குத்தாக R இலும் Q இலும் வெட்டுகின்றன. பார்வைத்துண்டிலிருந்து வெளிப்படும் முறிகற்றையானது, G இனூடுசெல்லும் பார்வைத்துண்டின் துணையச்சாகிய GC_2 இற்குச் சமாந்தரமாக Q இனூடும் R இனூடும் நேர்கோடுகள் வரைந்து தீர்மானிக்கப்படும்.

தொலைகாட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலு.—கண்ணிலே பொருளினால் எதிரமைக்கப்படும் கோணத்திற்கு விம்பத்தினால் எதிரமைக்கப்படும் கோணத்தின் விகிதமென வரையறுக்கப்படும். ஆகவே, சிறிய கோணங்கள் அவற்றின் தான்சன்களினால் அளக்கப்படலாமாதலின்.

$$M = \frac{\widehat{GC_2F}}{\widehat{FC_1G}} = \frac{GF}{FC_2} \div \frac{GF}{C_1F}$$

$$= \frac{C_1F}{FC_2} = \frac{\text{பொருள்வில்லையின் குவியத்தூரம்}}{\text{பார்வைத்துண்டின் குவியத்தூரம்}} = \frac{|f'|}{|f''|} = \frac{F_1}{F_2}$$

அண்மையிலுள்ள புவிப்பொருள்கள் தொலைகாட்டியொன்றினூடு பார்க்கப்படும்போது இத்தொலைகாட்டியானது நியமச் செப்பஞ்செய்கையற்றுள்ளது. கடைசிவிம்பமானது பார்ப்பவருக்கு வசதியான எந்தவிடத்திலும் உண்



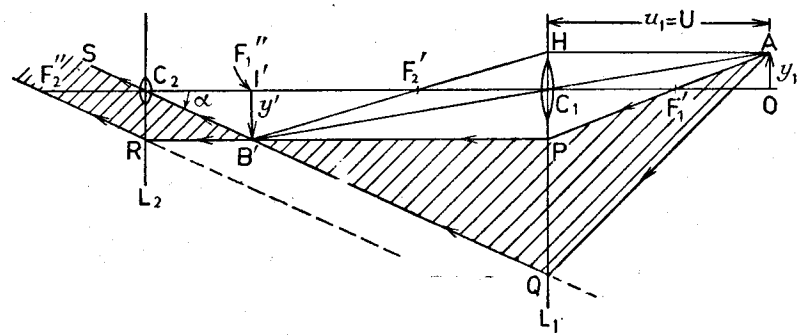
உருவம் 26.13.—நியமச்செப்பஞ்செய்கையில்லாதபோது வானியற்றெலைகாட்டியொன்றின் தத்துவம்.

டாக்கப்படலாம். L_1, L_2, வில்லைகளினதும் பொருள் OA இனதும் கடைசிவிம்பம் IB இனதும் இவ்வகைத் தொகுதிக்குரிய நிலைகளை உருவம் 26.13 காட்டுகின்றதெனக்கொள்க. இத்தொகுதியின் உருப்பெருக்கவலுவாகிய, M,

$$M = \frac{\text{கண்ணிலே விம்பத்தினால் எதிரமைக்கப்படுங்கோணம்}}{\text{பொருத்தமான நிபந்தனைகளில் கண் நேராகப்பார்க்கும் பொருளினால் எதிரமைக்கப்படுங் கோணம்}}$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.

பார்வைத்துண்டின் மையமாகிய C_2 இனண்மையிலே கண்ணானது வைக்கப்படல் வேண்டுமென்ற நிபந்தனையுடன் தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரத்திலே கருவியினூடு பார்க்கப்படும் விம்பம் இருக்கின்றதென ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டால், 230, III ஆம் பக்கத்தில் தந்துள்ள கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியின் உருப்பெருக்கவலுவிற்குரிய கோவையோடு சர்வசமனான கோவை யொன்



உருவம் 26.14

றைப் பெறமுடியும். வில்லைகளின் குவியத்தூரங்களினது பெறுமானங்களிலும் பொருள்வில்லையின் சார்பான பொருளின் நிலையிலும்மட்டுமே தொகுதிகள் வேறுபடுகின்றன.

இவ்வாறு பெறப்பட்ட கோவையானது அவ்வளவு வசதியானதல்ல. பொருளுக்குரிய பார்வைக்கோணமானது கணிக்கப்படும்போது கண்ணானது பொருள்வில்லையிலிருத்தல் வேண்டும் என்ற நிபந்தனையை ஒப்புக்கொண்டு கோவையை மிக்க வசதியுள்ளதாக்கலாம். இத்துடன், கருவியினூடு பார்க்கப்படும் விம்பமானது முடிவிலியிலிருக்கின்றதெனக் கொள்க. எனின், உருவம் 26.14 ஐப் பார்க்க,

$$M_v \to \alpha = \frac{|I'B'|}{F_2} \div \frac{|y_1|}{|C_1O|} = \frac{U}{F_2} \cdot \frac{|y'|}{|y_1|}$$

$$= \frac{U}{F_2} \cdot \frac{|C_1I'|}{U} = \frac{|C_1I'|}{F_2}$$

$$= \frac{U}{U - F_1} \cdot \frac{F_1}{F_2}.$$

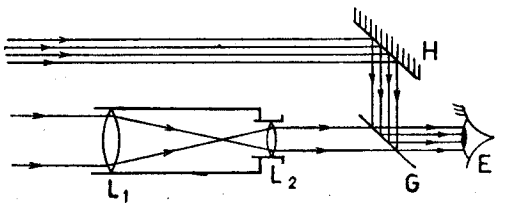
இங்கு, C_1I' இற்குரிய பெறுமானம் U, F_1 களின் சார்பிற் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. பொருள் முடிவிலியிலிருக்கும்போது, அதாவது, தொலைகாட்டி நியமச் செப்பஞ்செய்கையிலிருக்கும்போது, உருப்பெருக்கவலு $\frac{F_1}{F_2}$ ஆகின்றது.

நீண்ட குவியத்தூரவில்லையொன்று பொருள்வில்லையாகவும் தனது பார்வைத் துண்டாகவும் உபயோகித்துக் **கலிலியோ** தொலைகாட்டியொன்றைச் செய்தாரெனக் குறிப்பிடுவது கவர்ச்சிக்குரியதாகும். குவியத்தூரம் f ஐயுடைய பொருள்வில்லையினாலுண்டாக்கப்பட்ட விம்பமானது பார்ப்பவரிலிருந்து தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரம் D இலிருக்குமாயின், உருப்பெருக்கவலு $\frac{|f|}{D}$ ஆகும். $|f| \geqslant D$ ஆயின், உபயோகமுள்ள உருப்பெருக்கப்படியொன்று பெறப்பட்டதாகும்.

தொலைகாட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவைப் பரிசோதனைமூலந் தீர்மானித்தல்.— முறை i. அங்குலக்கோடுகள் தடிப்பான மையினாற் குறிக்கப்பட்ட அங்குலவரைப்படத்தாளின் நீண்ட துண்டொன்றைப் பரிசோதனைச்சாலையின் ஒரு முனையிலே எற்றிவைக்க. அளவிடையின் மெய்யான விம்பமொன்றை உண்டாக்க நீண்ட குவியத்தூரமுடைய ஒருங்குவில்லையொன்றை அறையின் மற்றமுனையிலே எற்றிவைக்க. அளவிடை விம்பத்தின் ஒரு பிரிவுக்கும் குண்டூசியொன்றிற்குமிடையே இடமாறுதோற்றமில்லாது பார்த்து இந்த விம்பத்தின் நிலையைக் கண்டுபிடிக்க. இதன்பின், முதலாவது விம்பத்தின் மாயமான பெருத்த விம்பமொன்றுண்டாகுமாறு குறுகிய குவியத்தூரத்தையுடைய இரண்டாவது ஒருங்குவில்லையொன்றை ஒழுங்குசெய்க. இரண்டு கண்களையுந் திறந்துகொண்டு இதனைப்

பார்த்து, அளவிடையும் அதன்விம்பமும் ஒரேநேரத்திற் காணப்படுமாறு கண் வில்லையானது செப்பஞ்செய்யப்படுதல் வேண்டும். இந்த முறையை உபயோகிப்பதனால், விம்பத்தின் தளமானது பொருளின் தளத்திலேடு பொருந்துகின்றதென ஒருவர் உறுதியாயிருத்தல்கூடும். தொகுதியின் உருப்பெருக்கவலுவானது, தொலைகாட்டியினூடு பார்க்கப்படும் n பிரிவுகளோடு, நேராகப்பார்க்கும்போது பொருந்துவதாகத்தோற்றும் N பிரிவுகளின் விகிதத்திற்குச் சமமாகும்.

அளவிடையை ஒரு கண்ணினாலும் மற்றக்கண்ணினால் தொலைகாட்டியினூடாகவும் ஒரே நேரத்திற் பார்க்கும்போது பெரும்பாலும் அனுபவிக்கும் இடரை 26.15 ஆம் உருவத்திற் காட்டியுள்ள ஆய்கருவியைக் கொண்டு மேற்கொள்ள முடியும். G என்பது, தொகுதியினச்சுக்கு 45° இல் ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட மெல்லிய கண்ணாடித்தட்டாகும். தொலை காட்டியினூடாக வருங்கதிர்களை கண் E ஐயடைய இது விடுகின்றது. H என்பது தூரவுள்ள அளவிடையிலிருந்து நேராகவருங் கதிர்களைத் தெறிக்கச் செய்து G இற்கனுப்புந் தளவாடியாகும். இவ்வொளியினிரு பாகம் E இனுள்ளே தெறிக்கப்பட்டு இரண்டு விம்பங்களும் ஒன்றின்மேலொன்று பொருந்துகின்றன. இதன்பின்பு உருப்பெருக்க வலுவுக்குரிய பெறுமானமொன்று எளிதாகப் பெறப்படலாம்.



உருவம் 26.15.—தொலைகாட்டியொன்றின் உருப்பெருக்க வலுவைத் தீர்மானித்தற்குரிய ஆய்கருவி.

முறை ii—சமாந்தரக்கதிர்களுக்குத் தொலைகாட்டியைக்குவித்த பின்பு வெண்முகிலொன்றை நோக்கி அதனை வைக்க. சமாந்தரமான வெளிப்படுகற்றையைத் தொலைகாட்டியினச்சுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்ட தேய்த்த கண்ணாடித்துண்டொன்றில் ஏற்க. **இரஞ்சுதன்வட்டம்** எனப்படும் துலக்கமான வட்டவொளிப்பொட்டொன்று கண்ணாடியிலே தோற்றும். இந்த வட்டத்தின் விட்டமாகிய D_2 ஐயும், பொருள்வில்லையின் விட்டமாகிய D_1 ஐயும் அளக்க. எனின், கீழே நிறுவியதுபோல, $M = D_1 \div D_2$.

முறை iii.—சிறிய தூளைகளிரண்டு, அவற்றிற்கிடையே இடைத்தூரம் r_1 ஆகும்படி தொளைக்கப்பட்ட மென்றகடொன்றைப் பொருள்வில்லையின் மேல் வைக்க. இவற்றின் விம்பங்களை தேய்த்த கண்ணாடித்துண்டொன்றில் ஏற்று இயங்குநுணுக்குக்காட்டியொன்றைக்கொண்டு அவற்றினிடைத் தூரமாகிய r_2 ஐ அளக்க. எனின் $M = r_1 \div r_2$.

முறை iv.—சமாந்தரக்கதிர்களுக்குத் தொலைகாட்டியைக் குவித்த பின்பு வானைநோக்கி அதனை வைக்க. f_1 உம் f_2 உம் முறையே பொருள் வில்லையினதும் பார்வைத்துண்டினதுங் குவியத்தூரங்களாயின், இரு வில்லை களினதும் இடைத்தூரம் $|f_1| + |f_2|$ ஆகும். இதன்பின்பு பொருள் வில்லையை யகற்றிவிட்டுப் பார்வைத்துண்டினுல் உண்டாக்கப்பட்ட துவாரத்தின் விம்பத்தை வசதியாய் வைக்கப்பட்ட திரையொன்றிற் பெறுக. இதன் விட் டத்தை d_2 எனக்கொள்க. துவாரத்தின் விட்டம் d_1 ஆயின், $\mathbf{M = d_1 \div d_2}$.

நிறுவல்.—பொருளானது பார்வைத்துண்டிலிருந்து $|f_1| + |f_2|$ தூரத் திலிருப்பதனுல், விம்பத்தூரமாகிய v

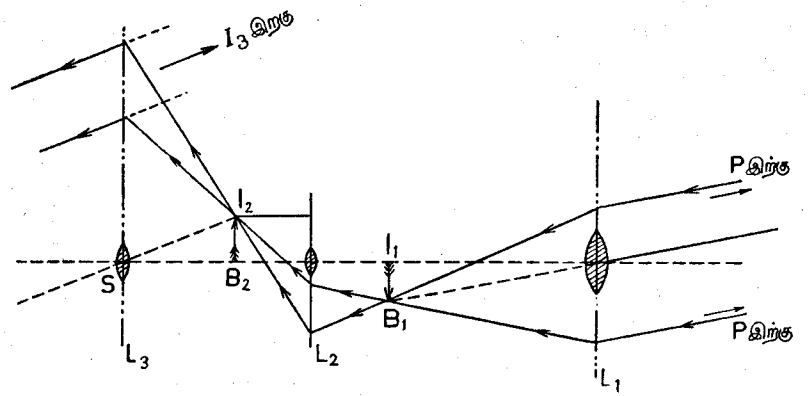
$$-\frac{1}{|v|} - \frac{1}{|f_1| + |f_2|} = -\frac{1}{|f_2|} \text{ என்பதனுற் பெறப்படும்.}$$

$$\therefore |v| = \frac{|f_2|\,[|f_1| + |f_2|]}{|f_1|}.$$

ஆனுல்

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{|u|}{|v|} = \frac{|f_1| + |f_2|}{|v|} = \frac{|f_1|}{|f_2|} = \mathbf{M}.$$

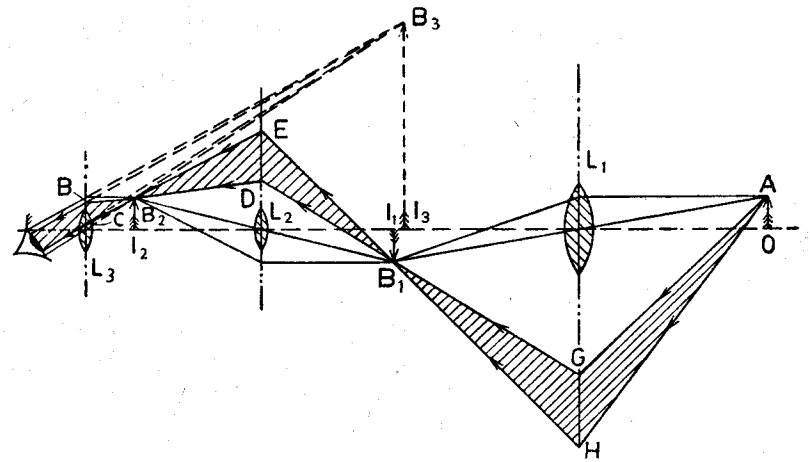
புவித்தொலைகாட்டி— புவிப்பொருள்களை வானியற்றொலைகாட்டியொன்றி னூடு பார்க்கும் போது விம்பந்தலைகீழாயிருப்பதனுற் பெரும்பாலும் வசதிக் குறைவுண்டாகின்றது. இவ்விடரை மேற்கொள்ளுவதற்காக உருவம் 26.16 இற் காட்டப்பட்டுள்ள புவித்தொலைகாட்டி உபயோகிக்கப்படலாம். தொலை



உருவம் 26.16.—நியமச் செப்பஞ்செய்கையிலுள்ள புவித்தொலைகாட்டியொன்றின் தத்துவம்.

காட்டியானது நியமச் செப்பஞ்செய்கையில், அதாவது, பொருளுங் கடைசி விம்பமும் முடிவிலியில், இருக்கின்றதெனக்கொள்வோமாக. வில்லை L_1 இற் படுகின்ற சமாந்தரக் கதிர்கள் இவ்வில்லையின் இரண்டாவது குவியத் தளத்திற் குவிக்கப்படுகின்றன. எனவே, பொருளானது தொகுதியினச்சி

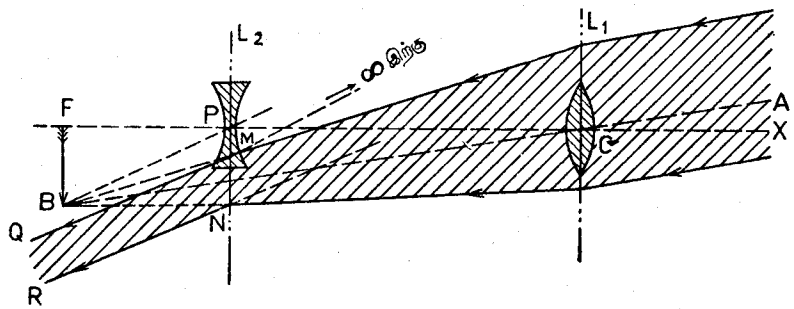
லுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்து கருதப்பட்ட சமாந்தரக்கதிர்களின் வழியி லுள்ள புள்ளி P மட்டும் விரிந்துள்ளதாகக் கற்பனைசெய்வோமாயின், $\mathbf{I_1B_1}$ என்பது $\mathbf{L_1}$ இனுலுண்டாக்கப்பட்ட பொருளின் மெய்யான விம்பமாகும். இவ்விம்பந் தலைகீழானதாயினும், ஒருங்குவில்லை $\mathbf{L_2}$ இனுல் நேராக்கப்படும். ஒருங்குவில்லையிலிருந்து $\mathbf{I_1}$ இன் தூரம் அதன் குவியத்தூரத்தின் இரு மடங்காயிருக்குமாறு வில்லை ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளது. இது உண்டாக்கும் மெய்யான விம்பம் $\mathbf{I_2B_2}$ ஆகும். எடுத்தாளப்பட்ட ஒழுங்கினுல் உருப் பெருக்கங் கூடுதலாகப் பெறப்படாவிட்டாலும், விம்பமானது இப்போது நேராயிருக்கின்றது. அத்துடன், $\mathbf{L_2}$ இன் குவியத்தூரத்திலுமைய தூரம் $\mathbf{I_1B_2}$ இழிவானதாயுமிருக்கின்றது. தொகுதியின் முழுநீளத்தை வரையறையான எல்லைகளுக்கப்பால் அதிகரிப்பதனுல் அத்தொகுதி பளு துள்ளதாகுமாதலின், பின்னைய இந்நிபந்தனை நயமுள்ளதாகும். $\mathbf{I_2B_2}$ அதன் முதற்குவியத்தளத்திலிருக்குமாறு மூன்றுவது வில்லையொன்று வைக்கப்படும். எனின், கடைசிவிம்பம் முடிவிலியிலிருக்கும். S என்பது $\mathbf{L_3}$ இன் ஒளியியல்மையமாயின் வெளிப்படுகதிரின் திசைத் துணையச்சு $\mathbf{I_2S}$ இற்குச் சமாந்தரமாயிருக்கும். உருப்பெருக்கவலுவானது, பார்வைத்துண் டின் குவியத்தூரத்தினது எண்ணளவுப் பெறுமானத்திற்குப் பொருள் வில்லையின் குவியத்தூரத்தினது எண்ணளவுப் பெறுமானத்தின் விகிதத் திற்குச் சமமாகுமென எளிதிற் காட்டலாம்.



உருவம் 26.17.—நியமச் செப்பஞ்செய்கையிலில்லாத புவித்தொலைகாட்டியின் தத்துவம்.

நியமமாகச் செப்பஞ்செய்யப்படாத புவித்தொலைகாட்டியொன்றிலே கடைசி விம்பத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் முறை 26.17 ஆம் உருவத்திற் காட்டப் பட்டுள்ளது. பொருளிலுள்ள சிறப்பான எந்தப் புள்ளியையுங் கண்ணனது

பார்க்கவுதவுந் தொகுதியினூடு செல்லுங் கதிர்களின் பாதைகளை அமைக்க வேண்டுமாயின், விம்பத்தின் ஒத்த புள்ளியானது கண்மணியின் சுற்றினூடு இணைக்கப்படுதல் வேண்டும். **B** உம் **C** உம் வில்லை L_3 இன் மத்திய தளத்தை இக்கோடுகள் வெட்டுகின்ற புள்ளிகளெனக் கொள்க. மெய்யான கதிர்களைக் காட்டுவதினால் **B** இலும் **C** இலுமிருந்து கண்ணையடையும் இக்கோடுகளின் பாகங்கள் முழுவதுங் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஆனால், விம்பத்திலுள்ள புள்ளியை நோக்கி வரையப்படுங் கோடுகளின் பாகங்கள், விம்பம் மாயமானதாதலின், குற்றிடப்பட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளன. இதன்பின்பு **B**, **C** புள்ளிகள் B_2 இனூடு இணைக்கப்பட்டு, L_2 இன் தலைமைத் தளத்தை **D** இலும் **E** இலும் வெட்டுமாறு நீட்டப்படும். இப்புள்ளிகள் B_1 இனூடு இணைக்கப்பட்டு வில்லை L_1 இன் தலைமைத் தளத்தை **G** இலும் **H** இலும் வெட்டுமாறு DB_1 உம் EB_1 உம் நீட்டப்படும். இவ்விரண்டு புள்ளிகளையும் **A** இனூடிணைக்க **A** இலிருந்து உற்பத்தியாகித் தொகுதியினூடு சென்று கண்ணையடையுங் கதிர்களின் சுவடுகளை வரைந்தவராவோம்.

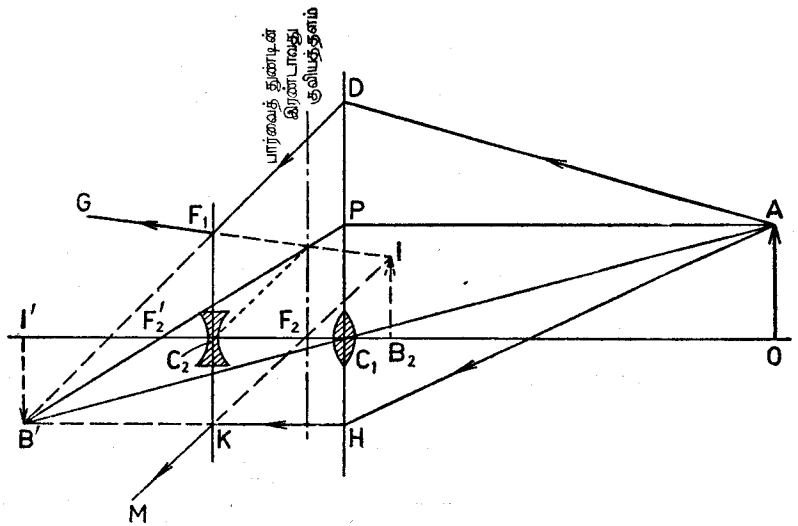


உருவம் 26.18.—நியமமாகச் செப்பஞ்செய்யப்பட்ட கலிலியோவின் தொலைகாட்டியினது தத்துவம்.

கலிலியோவின் தொலைகாட்டி.—புவிப்பொருள்களைப் பார்க்க உபயோகிக்கப்படும்போது வானியற்றொலைகாட்டியின் நயக்குறையானது மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ளதுபோல மூன்றாவது வில்லையொன்றின் உபயோகத்தினால் மேற்கொள்ளப்பட்டது. தொலைகாட்டியின் நீளம் அதிகரிக்கப்பட்டது என்பதே இதற்குத் தடையாகும். நேரான விம்பத்தை உண்டாக்குகின்றதென்பதும், சமமான பொருள்வில்லையும் உருப்பெருக்க வலுவையுங்கொண்ட வானியற்றொலைகாட்டியிலும் பார்க்க வில்லைகளினிடைத்தூரங் குறைவாயிருக்கின்றதென்பதுமே **கலிலியோ**வின் தொலைகாட்டியினது நயங்களாம். 26.18 ஆம் படத்திற் காட்டியபடி, நியமமாகச் செப்பஞ் செய்யப்பட்ட **கலிலியோ**வின் தொலைகாட்டியைக் கருதுவோமாக. பொருளிலுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்து உற்பத்தியாகி, L_1 இன் துணையச்சுவொன்றுக்கு **AC** இற்குச் சமாந்தரமாகச் செல்லுங் கதிர்கள், பார்வைத்துண்டு இல்லாதபோது, L_1 இன் இரண்டாவது குவியத்தளம் **AC** இன் நீட்சியை வெட்டும் புள்ளியாகிய **B** இலே குவிக்கப்படுகின்றன. பார்வைத்துண்டு L_2 என்பது, அதன் முதற்குவியமும் **F** இலிருக்குமாறு வைக்கப்பட்ட குறுகிய குவியத்தூரத்தையுடைய விரிவில்லையாகும். L_1 இலுருந்து உற்பத்தியாகுங் கதிர்களின் ஒருங்குகற்றையானது L_2 இனால் முறிக்கப்பட்டதும், வெளிப்படுகதிர்கள் பார்வைத்துண்டின் துணையச்சாகிய **PB** இற்குச் சமாந்தரமாயுள்ளன. [**76, III** ஆம் பக்கம் பார்க்க]. ஆகவே, கடைசிவிம்பமானது முடிவிலியிலிருக்கும். இது மாயமானதும் நேரானதுமாகும். கண்ணிலே பொருளினால் எதிரமைக்கப்படுங் கோணத்திற்கு விம்பத்தினால் எதிரமைக்கப்படும் விகிதமாகிய தொலைகாட்டியின் உருப்பெருக்கவலு **M** ஆனது

$$M = \frac{\widehat{BPF}}{\widehat{ACX}} = \frac{\widehat{BPF}}{\widehat{FCB}} = \frac{|f_1|}{|f_2|}$$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.

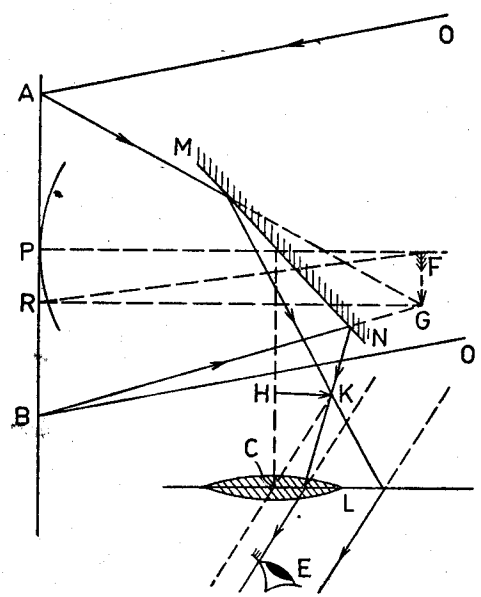
தந்த **கலிலியன்** தொலைகாட்டியொன்றினது, உருப்பெருக்க வலு வானது வானியற்றொலைகாட்டியிற் போலவே பரிசோதனை மூலந்தீர்மானிக்கப்படும். [**246, III** ஆம் பக்கம் முதலாவது முறையைப்பார்க்க.]



உருவம் 26.19.—நியமமாகச் செப்பஞ்செய்யப்படாத கலிலியன்றொலைகாட்டியினது தத்துவம்.

கலிலியன்றெலேகாட்டியானது நியமமாகச் செப்பஞ்செய்யப்படாதபோது விம்பமுண்டாகும் விதத்தை 26.19 ஆம் உருவங் காட்டுகின்றது.

நியூற்றனின் தெறிப்புத்தொலேகாட்டி.— வில்லேகளினுலுண்டாக்கப்பட்ட விம்பங்கள் எப்போதும் ஓரங்களிலே தெளிவற்றனவென **நியூற்றன்** கண்ட போது, **கலிலியோ** கண்டுபிடித்த கருவியைத் திருத்தமுயலாது, ஒளியின் முறிவானது தவிர்க்கப்பட்ட கருவியொன்றை அமைத்தார். இவ்வமைப் பிற்கு அடிப்படையாயுள்ள தத்துவம் 26·20 ஆம் உருவத்திற் காட்டப் பட்டுள்ளது. குவியத்தூரம் $f_1 = F_2$ (எனக்கொள்க) ஐயுடைய குழிவாடி யொன்று பொருள்வில்லேயாகத் தொழிற்பட்டு, தூரப்பொருளொன்றி லுள்ள ஆகவுயர்ந்த புள்ளியிலிருந்துவரும் **OA**, **OB**, ஆகிய சமாந்தரக் கதிர்களை, ஆடியின் குவியத் தளமாகிய புள்ளி **G** ஐ நோக் கித் தெறிக்கச் செய்கின்றது. **FR** ஐப் படுகதிர்களுக்குச் சமாந்தரமாயமைத்து புள்ளி **G** இன் நிலே தீர்மானிக்கப் படலாம். **RG** ஆடியினச்சுக் குச் சமாந்தரமாயின், கதிர் **FR** ஆனது ஆடியின் குவியத் தினூடு செல்வதினுல் தெறிப் பின்பின் **RG** இன் நேரே செல்லும். பொருளின் மிகக் கீழ்ப்புள்ளி அச்சிலிருப்பின், ஆடியினுல் மட்டும் உண்டாக் கப்பட்ட விம்பத்தை **GF** குறிக் கின்றது. இவ்விம்பத்தை நேராகப் பார்ப்பதனுற் படுக திர்கள் சிலவற்றைத் தடுப் பதைத் தவிர்ப்பதற்காக, **நியூற்றன் KH** இலே துலக்க மான விம்பமொன்றுண்டாகு மாறு **PF** இற்கு 45° இலே தளவாடி **MN** ஐ வைத்தார். இவ்விம்பத்தின் நிலேயை அறியவேண்டுமாயின், புள்ளிகள் **G** உம் **F** உம் ஆடியிலிருந் துள்ள செங்குத்துத் தூரங்களிலேயே **K** உம் **H** உம் முறையேயுள்ளன வெனக் குறித்துக்கொள்ளல் வேண்டும். இந்த விம்பமானது ஒருங்குவில்லே **L** இன் முதலாவது குவியத்தளத்திலிருக்குமாயின், கடைசிவிம்பம் முடிவிலி



உருவம் 26·20.—நியமமாகச் செப்பஞ்செய்யப்பட்ட நியூற்றனின் தெறிப்புத் தொலேகாட்டியின் தத்துவம்.

யிலிருக்கும். **L** இன் குவியத்தூரத்தை $f_2 = -F_2$ எனக்கொள்க. அப் போது தொலேகாட்டி நியமமாகச் செப்பஞ்செய்யப்பட்டுள்ளது. உருப்பெருக் கவலுவாகிய **M** இற்குரிய கோவையொன்று பின்வருமாறு பெறப்பட லாம்.

$$M = \frac{\text{விம்பத்தின் கோணப்பருமன்}}{\text{பொருளின் கோணப்பருமன்}}$$

$$= \frac{|HK|}{F_2} \div \frac{|GF|}{F_1}$$

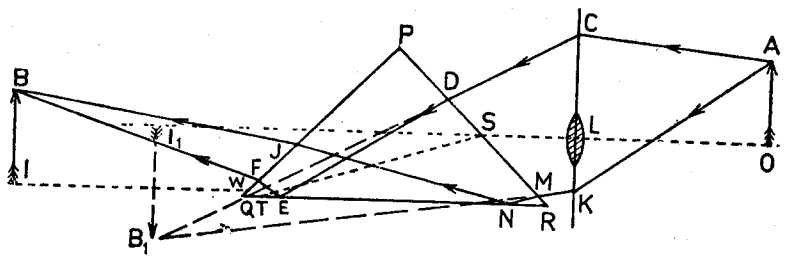
$$= \frac{F_1}{F_2} \qquad [\because HK = FG].$$

இக்காலத்துத் தெறிப்புத் தொலேகாட்டிகள் சில.—பெரிய வில்லேகளேச் செய்வது இடருடையததாதலின், வருங்காலத்திலே தொலேகாட்டியைப் பற்றிய திருத்தங்கள் தெறித்தல்வகையைக் கொண்டே செய்யப்படக்கூடு மெனத் தோற்றுகின்றது. உதாரணமாக, மங்கலான உடுக்களேப் பார்க்கும் போது, தொலே காட்டியினுள்ளே கூடுதலாக ஒளியானது சென்று துலக்கங் கூடிய விம்பம் உண்டாக வேண்டுமாதலின், துவாரமானது கூடியவளவுக்குப் பெரிதாயிருக்கவேண்டியது அவசியமாகின்றது. அமெரிக்க ஐக்கிய நாட்டிலே, விசுக்கன்சின் மாகாணத்திலே செனீவா வாவியிலுள்ள அவதான நிலே யத்திலேயே ஆகப்பெரிய பொருள்வில்லேயானது இப்பொழுது உபயோகத் திலிருக்கின்றது. இதன் விட்டம் 40 அங்குலமாகும். கலிபோணியாவி லுள்ள உவில்சன் மேட்டிலே இருக்கின்ற 100 அங்குல ஊக்கர்த் தொலே காட்டியின் பொருளாடியே ஆகப்பெரிய குழிவாடியாகும். இதன் கண்ணுடி யினுட்புறத்திலிருந்து கண்ணுடி வில்லேயாயமையின் வெகுவாகப் பாதிக்க கூடிய குறைகளெவையேனும், கண்ணுடியின் பரப்பிலிருந்து ஒளியின் தெறித்தல்மட்டும் நிகழ்வதினுல், முக்கியத்துவம் வாய்ந்தனவன்று.

இவ்வகையான தொலேநோக்கிகளேயமைக்கச் சில முயற்சிகள் எடுக்கப் பட்டுள்ளன. மையத்தினூடுசெல்லும் நிலேக்குத்தான அச்சைக்கொண்டு ஒரே சீராய்ச் சுழலக்கூடிய இரசத்தொட்டியே குழிவாடியாயமைந்துள்ளது. இந்தச் சந்தர்ப்பத்தில் இரசத்தின் பரப்பானது பரவளேயவுருவத்தைப் பெறுகின்றது. எனவே தூரத்துமுதலிடமொன்றிலிருந்து புள்ளிவிம்ப மொன்று ஆடியின் குவியத்தளத்திலே பெறப்படும்.

நிமிர்த்துமரியம்.—வில்லே **L** ஆனது, உருவம் 26.21 பொருள் **OA** இன் மெய்யான தலேகீழ் விம்பம் I_1B_1 ஐ உண்டாக்குகின்றதெனக் கொள்க. மெய்யான நேர்விம்பமொன்றைப் பின்வருமாறு பெறலாம். கண்ணுடியரி யம் **PQR** இல் **P** செங்கோணமாகும். **A** இலிருந்து உற்பத்தியாகி வில்லேயினூடுசெல்லுங் கதிர்களின் கூம்பிலே **AC**, **AK** ஆகிய அந்தலேக்கதிர் களேக் கருதுவோமாக. அரியமில்லாவிடத்துக் கதிர்கள் **AC**, **AK** என்பன

CB_1, KB_1 பாதைகளிலே முறிந்துசெல்லும். அரியமானது நிலையிலே வைக்கப்படும்போது, கதிர் CD ஆனது DE பாதையிலே முறிக்கப்பட்டபின் EF பாதையிலே தெறிக்கப்படுகின்றது. இக்கதிர் கடைசியாக FB இன் நேரே வெளிப்படுகின்றது. இவ்வகையாகவே கதிர் KM உம் KMNJB பாதையிலே முறிக்கப்பட்டுந் தெறிக்கப்பட்டுமிருக்கின்றது. புள்ளி A இன் மெய்யான விம்பமொன்று இப்போது B இல் உண்டாக்கப்படுகின்றது. இதனைப் போலவே, OLS கதிரானது அரியத்தினூடு STW பாதையிற்சென்று WI ஆக

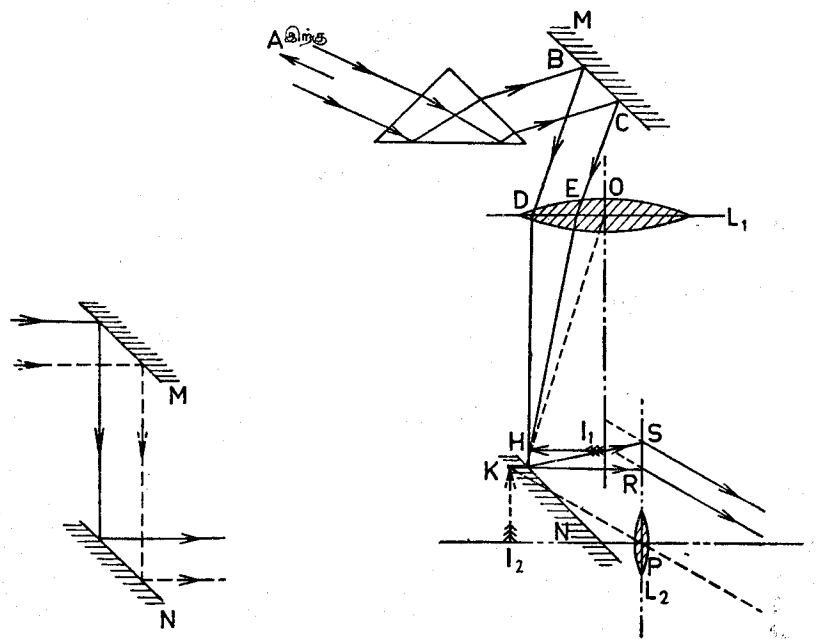


உருவம். 26.21.—நிமிர்த்துமரியம்.

வெளிப்படுவதிலுல் IB என்பது வில்லையினூலும் அரியத்தினூலுஞ் சேர்ந்து உண்டாக்கப்பட்ட விம்பமாகும். I_1B_1 உம் IB உம் L இலிருந்து ஒரே தூரத்திலில்லையென்பதை அவதானித்தல் வேண்டும். மெய்யான பரிசோதனையொன்றைச் செய்து இதன் சரிபிழையை அறிக. இன்னும், O, I_1, I என்பன ஒரே நேர்கோட்டில் இருக்கவேண்டிய அவசியமில்லை.

OA என்பது நியமக்காட்சிக்குரிய சரியான முறையிலே செலுத்தப்பட்ட கண்ணுடிவிளக்குப்படமாயின், IB என்பது நேரானதும் பக்கநேர்மாறலுடன் கூடியதுமான விம்பமாகும். படம் நேராயிருந்து பிழையாய்ச் செலுத்தப்பட்டிருந்தால்மட்டுமே IB ஆனது நேரானதாயும் பக்கநேர்மாறலற்றதாயும் இருக்கும்.

சூழ்பொருள்காட்டி.—M, N ஆகிய தளவாடிகளிரண்டு, உருவம் 26.22, M இற்படுமொளிக் கதிர்கள் N இற்படுமாறு தெறிக்கப்பட்டு அங்கிருந்து படுகதிர்களுக்குச் சமாந்தரமான திசையிலே தெறிக்கப்படக்கூடியதாக ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளனவெனக் கொள்க. இவ்வாறு செய்யக்கூடியதாயிருக்கவேண்டுமாயின், ஆடிகள் சமாந்தரமாயிருத்தல்வேண்டும். கதிர்கள் பக்கத்துக்கு இடம்பெயர்ந்துள்ளனவென்று வரிப்படங்காட்டுகின்றது. ஆகவே, பாப்பவர் தான் பார்க்கப்படாமலேயே ஆடி N இனுள்ளே பொருள்களைப் பார்க்கக் கூடியதாயிருக்கின்றது. இதுவே சூழ்பொருள்காட்டியொன்றின் முக்கியமான தத்துவமாகும். தொலைகாட்டியொன்றினூடு இதனைச்சேர்த்து பார்வைவீச்சுமட்டும் அதிகரிக்கப்படும். அதிகஞ் சிக்கலின்றி, வானியற்றொலைகாட்டி யொன்றே உபயோகிக்கப்படுகின்றதெனக் கொள்க . தளவாடிகளிரண்டுஞ்சேர்ந்து விம்பத்தைத் தலைகீழாக்கமாட்டா. வானியற்றொலைகாட்டியின் முக்கியவியல்பு விம்பத்தைத் தலைகீழாக்குவதாதலின், இவ்வகையான தொலைகாட்டியொன்றினூடு சேர்க்கப்பட்டதும் கடைசி விம்பம் தலைகீழாயிருக்கும். ஆகவே, இத்தொகுதியிலே வேறேதர்வது ஆய்கருவி சேர்க்கப்படுதல்வேண்டும். 26.23 ஆம் உருவத்திற்போல M இன் முன்பு நிமிர்த்தும் அரியமொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளதெனக் கொள்க. தூரப் பொருளொன்றிலுள்ள புள்ளி A இலிருந்து உற்பத்தியாகுஞ் சமாந்தரக்



உருவம். 26.22.—சூழ்பொருள்காட்டி யொன்றின் தத்துவம்.

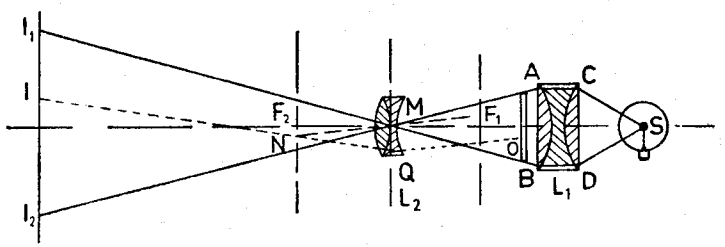
உருவம். 26.23.—சூழ்பொருள்காட்டி

கதிர்கள் அரியத்தினூடுசென்று ஆடி M இலே B இலும் C இலும் பட்டு அங்கிருந்து BD இன்நேராகவும் CE இன்நேராகவுந் தெறிக்கப்படுகின்றன. BD இற்கும் CE இற்குஞ் சமாந்தரமான வில்லை L_1 இன் துணையச்சு OH ஆயின், வில்லையின் இரண்டாவது குவியத்தளத்தை OH வெட்டுகின்ற புள்ளியாகிய H இலே இக்கதிர்கள் குவிக்கப்படும். ஆகவே, HI_1 இலே விம்பமொன்றுண்டாகும். ஆடி N இலே தெறிப்பினுல் இதன் மாயவிம்பமொன்றுண்டாகும். இந்த விம்பமானது வில்லை L_2 இன் முதலாவது குவியத்தளத்திலுள்ள KI_2 இலிருக்குமாயின், கடைசிவிம்பம் முடிவிலியிலிருக்கும்.

A இலிருந்து தொகுதியினூடுசெல்லுங் கதிர்களின் சுவட்டைப் பூரணமாக்க வேண்டுமேயானால், H இன் விம்பமாகிய புள்ளி K ஆனது DH உம் EH உம் N ஐச்சந்திக்கும் புள்ளிகளோடு இணைக்கப்பட்டுவந்த கோடுகள் வில்லை யின் தலைமைத்தளத்தை R இலும் S இலும் வெட்டுமாறு நீட்டப்படும். இதன்பின் கதிர்கள் பார்வைத்துண்டு L_2 இனால் முறிக்கப்படும். எனவே, K இனூடுசெல்லும் L_2 இன் துணையச்சாகிய KP இற்குச் சமாந்தரமான திசைகளிலே இக்கதிர்கள் செல்லும்.

செய்முறையிலே தளவாடி M இன்முன்பு அரியம் வைக்கப்படுவதில்லை. ஆனால், மேலேயுள்ளவமைப்பை மாணவன் செய்வானாயின், கேத்திரகணித வொளியியலின் தத்துவங்களிலே சிறந்த பயிற்சியைப் பெறமுடியுமாதலின் இந்த நிலையிலே அது வரையப்பட்டுள்ளது. மெய்யான சூழ்பொருள்காட்டி களிலே நிமிர்த்துமுபகரணம் வில்லை L_1 இனூடு கதிர்கள் சென்றதன்பின்பே வைக்கப்படும்.

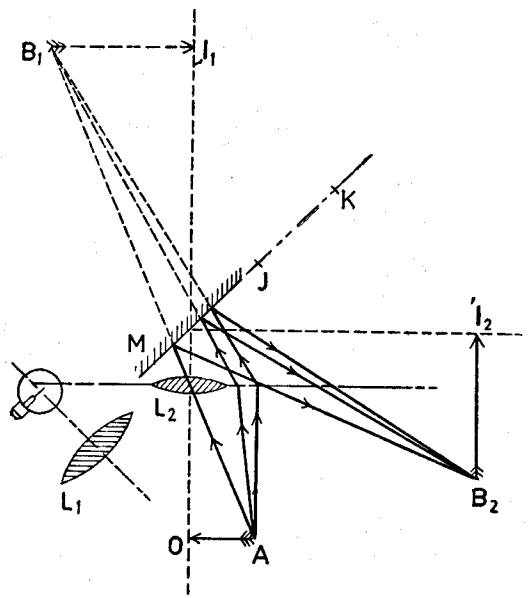
ஒளியியற்கண்ணாடிவிளக்கு.— விம்பங்களைத் திரையொன்றிலே எறிய உபயோகிக்கப்படும் ஒளியியற்கருவியாகிய ஒளியியற்கண்ணாடிவிளக்கின் முக்கியவியல்புகளை 26.24 ஆம் உருவங்காட்டுகின்றது. 'பொயிந்தலேற்று' விளக்கு S ஆனது ஒடுக்கியெனப்படும் பெரியவொருங்குவில்லை L_1 இலிருந்து சிறிய தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது.



உருவம். 26.24.—ஒளியியற்கண்ணாடிவிளக்கொன்றின் தத்துவம்.

வெப்பக்கதிர்வீசலின் அளவைக்குறைத்து, வெடிக்காது தடுப்பதற்காக, இந்த வில்லையின்முன்பு சிலசமயங்களிலே நீர்த்தொட்டியொன்று வைக் கப்படும். ஒடுக்கியில்லாதபோது வழுக்கியிற் படுகின்ற ஒளியினளவு கூம்பு ASB இல் மட்டும் அடங்கியிருக்கும். ஆனால், ஒடுக்கி உபயோகிக்கப்படும் போது கூம்பு CSD இலுள்ள ஒளி பொருத்தமாக வைக்கப்பட்ட வழுக்கியை ஒளிரச்செய்யும். நிறந்தராவில்லை L_2 ஆனது AB இன் முன்பு நிறுத்தப் பட்டுத் தெளிவானவிம்பம் I_1I_2 பெறப்படுமட்டும் அவற்றினிடைத்தூரம் மாற்றப்படும். AB இலுள்ள புள்ளி O இலிருந்து வருங்கதிர் OQ இன் பாதை வழக்கான முறையிலே OQ இற்குச் சமாந்தரமான துணையச்சு MN ஐ வரைத்து அமைக்கப்படும். எனின், வில்லையை விட்டபின்பு கதிரின்பாதை QNI ஆகும்.

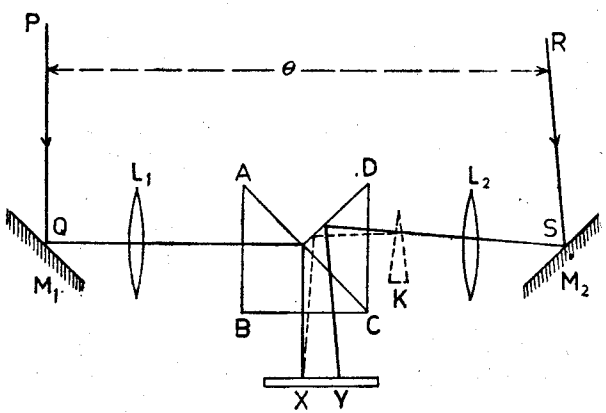
மேலிருமைகாட்டி.—மேலிருமைகாட்டியென்பது ஒளிபுகாப்பொருளொன் றின் விம்பமொன்றை ஒரு திரையிலே எறிதற்குரிய வில்லைகளினதும் ஆடி யொன்றினதும் ஒழுங்காகும். ஒருங்குவில்லை L_1, உருவம் 26.25, அதன் இரண்டாவது குவியத்தளத்திலே மின்குமிழொன்றின் இழையிருக்குமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. L_1 இனூடு உயர்வளவான ஒளி செல்லுமாறு காகிதத் தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான தளமொன்றிலே இவ்விழை இருக் கின்றது. இந்தவொளி OA ஐப் போன்ற எந்தப்பொருளையும் ஒளிரச் செய்கின்றது. L_2 என்பது பொருளிலிருந்து அதன் தூரத்தை மாற்றக் கூடியதாங்கியொன்றிற் காவப்படுகின்ற எறிவில்லையாகும். பலவிம்பங்க



உருவம். 26.25.—மேலிருமைகாட்டியொன்றின் தத்துவம்.

ளுண்டாதலைத் தவிர்க்க முன்பரப்பிலே வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்டு ஒளி யியல்முறையாக வேலைசெய்யப்பட்ட கண்ணாடித்தட்டுத் துண்டொன்றைக் கொண்ட தளவாடி M இல்லாவிடத்து [56, III ஆம் பக்கம் பார்க்க] மெய்யானவிம்பம் I_1B_1 உண்டாக்கப்படும். ஆடி நிலையிலிருக்கும்போது கடைசிவிம்பம் I_2B_2 இலிருக்கும். இதனிடம் பின்வருமாறு கண்டுபிடிக்கப் படும். ஆடி M இன் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக B_1 இலும், I_1 இலு மிருந்து கோடுகளை நிறுத்தி, $B_1J = JB_2$ போன்றிருக்க முறையே B_2 இற்கும் I_2 இற்கும் அவற்றை நீட்டுக. எனின், I_2B_2 விம்பமாகும். A இலிருந்து B_2 இற்குச்செல்லும் கதிர்களின் பாதை வழக்கம்போலப் பூரணப்படுத்தப்படும்.

தொலைமானி அல்லது வீச்சுக்காண்கருவி.—செங்கோணமுக்கோணியொன்றின் அடியும், இவ்வடியானது முக்கோணியின் உச்சியிலுள்ள பொருளொன்றில் எதிரமைக்குங் கோணமும் அறியப்பட்டால், பொருளின் தூரம் எளிதிற் கணிக்கப்படலாமென்பது திரிகோணகணிதக் கருத்துக்களிலிருந்து தெளிவாகும். தூரம் மிகப்பெரிதாயிருந்து, அடி சிறிதாயும் பார்வைக் கோட்டுக்குச் செங்குத்தாயுமிருப்பின், அடியின்நீளத்திலும் எதிரமைக்கப்பட்ட கோணத்தின் வட்டவளைவையிலுமிருந்து மீண்டுந் தூரங்கணிக்கப்படலாம். இக்கோணத்தினளவைக்காணத் தொலைமானியின் அல்லது வீச்சுக் காண்கருவியின் பலவகைகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. பார்த்திருட்டினது (Barrtstoud) வீச்சுக்காண்கருவியினது தத்துவம் உருவம் 26.26 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒன்றுக்கொன்று θ கோணத்திற் சாய்ந்துள்ள **PQ, RS**

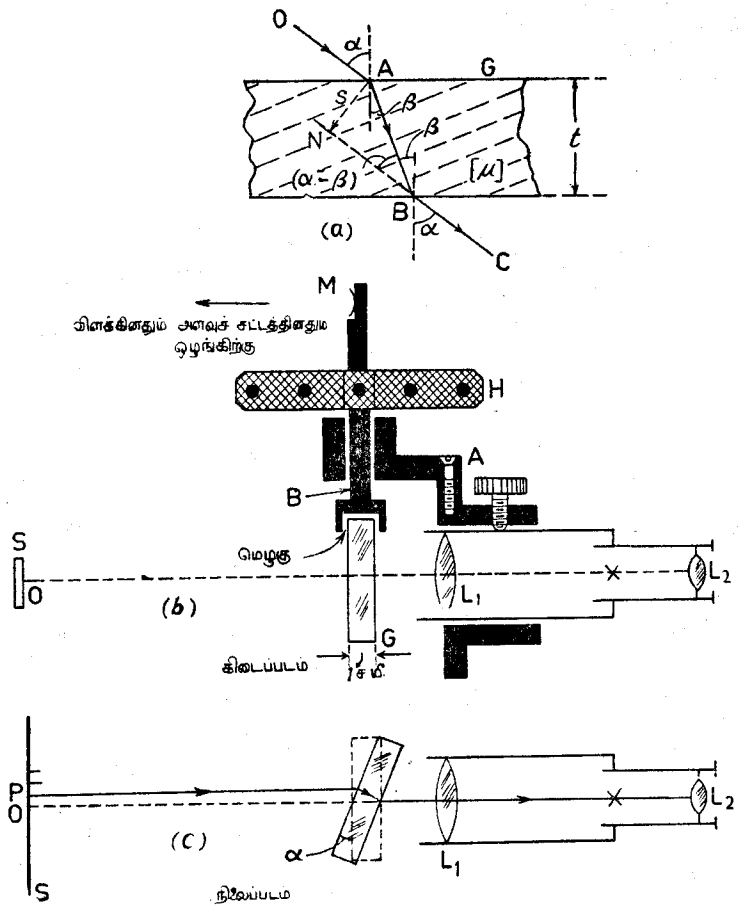


உருவம். 26.26.—தொலைமானி அல்லது வீச்சுக்காண்கருவி.

ஒளிக்கதிர்கள் அடியிலுேடு 45° இற் சாய்ந்துள்ள M_1, M_2 ஆடிகளின் மேற்படுகின்றன. எனின், ஒருங்குவில்லைகள் L_1, L_2, பொருளின் விம்பங்களை முறையே அவற்றின் இரண்டாவது குவியங்களில் உண்டாக்குகின்றன. சிறியவரியம் **K** இல்லாதபோது, விசேடமாக அமைக்கப்பட்டவரியம் **ABCD** இவ்விம்பங்களை **X** இலும் **Y** இலுங் காணச்செய்கின்றன. மாதிரியுருவத்திலே **X** உம் **Y** உம் திரையொன்றிலுள்ள புள்ளிகளாகக் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. மெய்யாக நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் முதலாவது குவியத்தளத்திலேயே இவை உண்டாயின. இப்போது தூரம் **XY** ஆனது தேவையான கோணம் θ இன் அளவேயாம். தூரம் **XY** ஐ அளப்பதற்குப்பதிலாக இரண்டு விம்பங்களும் பொருந்துமட்டுஞ் சிறியவரியம் **K** ஆனது இயக்கப்படும். **K** ஐ விட்ட பின்பு M_2 இலிருந்துவரும் மத்தியகதிரின்பாதை குற்றிப்பட்ட கோட்டினூற் காட்டப்பட்டுள்ளது. **K** இனுேடு இணைக்கப்பட்டுக் கருவியின் அடிக்குச் சமாந்தரமான அளவிடையொன்றில் இயங்கிக் கொண்

டிருக்குங் காட்டியொன்று நேராகப் பொருளின் தூரத்தைக் கொடுக்கின்றது. தெரிந்த தூரங்களிலுள்ள பொருள்களைப்பார்த்து அளவிடையினின் அளவு திருத்தப்பட்டுள்ளது.

சமாந்தரத்தட்டு நுண்மானி.—சிறியபொருள்களின் விட்டங்களை அளப்பதற்குரிய இக்கருவி 1841 இலே **குளோசனி**னால் (Clausen) அமைக்கப்பட்டபோதிலும், 1892 இலே **போயிந்திங்கி**னால் (Poynting) இதன் தத்துவங்கள்



உருவம். 26.27.—சமாந்தரத்தட்டு நுண்மானி.

பிரபல்யமாயின. G என்பது, உருவம் 26.27 (*a*), தடிப்பு *t* ஐயுடைய சமாந்தரக் கண்ணுடித்தட்டெனக் கொள்க. தட்டினூடாக ஒளிக்கற்றையொன்றின் பாதை OABC ஐக்கருதுக. α உம் β உம் காட்டப்பட்ட கோணங்களாகவும்,

μ கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகமாகவுங் கொள்ளப்பட்டால், படுகதிர் OA இன் சார்பிலே வெளிப்படு கதிர் BC இன் பக்கவிடப் பெயர்ச்சி s ஆனது,

$$s = \mathrm{AN} = \mathrm{AB}\,\text{சைன்}\,(\alpha - \beta)\ \text{என்பதனுற் கொடுக்கப்படும்.}$$

இது $= t\ \text{சீக}\ \beta\,[\text{சைன்}\ \alpha\ \text{கோசை}\ \beta - \text{கோசை}\ \alpha\ \text{சைன்}\ \beta]$

$$= t\ \text{சைன்}\ \alpha\left[1 - \frac{1}{\mu}\frac{\text{கோசை}\ \alpha}{\sqrt{1 - \text{சைன்}^2\beta}}\right]$$

$$= t\ \text{சைன்}\ \alpha\left[1 - \frac{\text{கோசை}\ \alpha}{\sqrt{\mu^2 - \text{சைன்}^2\alpha}}\right].$$

$\alpha \to 0$ ஆகும்போது

$$[s]_{\alpha\to 0} = \alpha t\left[1 - \frac{1}{\mu}\right]\ \text{எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

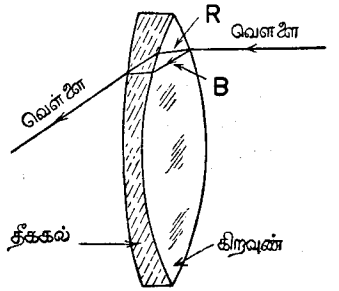
அதாவது, சிறிய படுகோணங்களுக்கு, பக்கவிடப்பெயர்ச்சியானது படு கோணத்திற்கு நேரான விகிதசமமுடையதாகும்.

தட்டுநுண்மானியெனப்படுங்கருவியிலே இந்தவுண்மையை உபயோகிக்க வேண்டுமாயின், கண்ணுடித்தட்டின் துண்டு G, உருவம் 26.27 (*b*), தொலைநுண்காட்டியெனப்படும் தாழ்ந்த வலுவையுடைய நுணுக்குக் காட்டியொன்றின் பொருள்வில்லை L_1 இன்முன்பு ஏற்றப்படுதல்வேண்டும். நிலைக்குத்தச்சொன்றைக்கொண்டு சுழலக்கூடிய தடித்த பித்தளைக் கோலொன்றிலே தட்டானது இணைக்கப்பட்டுள்ளது. நுணுக்குக்காட்டியின் குழாயிலே விறைப்பாகக் கவ்விக்கொண்டிருக்கும் பித்தளைப் பட்டிகை யொன்றிலே இக்கோலானது பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. சிறிய சட்டத்திற்காகத் துளைகளைக்கொண்ட முறுக்கிய முகிழொன்று தட்டைச் சிறிய கோணமொன்றி னூடு சுழற்ற உதவுகின்றது. 1 மீற்றர் ஆரையையுடைய குழிவாடி M ஆனது, B இற்குக் கொடுக்கப்படும் எந்தச்சிறு சுழற்சியும் வழக்கமான விளக்கினதும் அளவிடையினதும் ஒழுங்கைக்கொண்டு அறியக்கூடியதாக B இனோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

இந்த அளவிடையின் அளவுதிருத்தப்படவேண்டுமேயானால், நுணுக் குக்காட்டியின் அச்சுக்குச் செங்குத்தாக மில்லிமீற்றரளவையுடைய அள விடை S ஆனது வைக்கப்பட்டு O ஐப்போன்ற அளவுகோடொன்றின் விம்பம் குறுக்குக்கம்பிகளிலே குவிக்கப்படும். S இலுள்ள P ஐப் போன்ற அடுத்த அளவுகோட்டின் விம்பமானது,, உருவம் 26.27 (*c*), குறுக்குக்கம்பிகளிலே குவிக்கப்படுமட்டும், கண்ணுடித்தட்டுச் சுழற்றப்படும். M இலிருந்து ஒளியைப்பெறுகின்ற அளவிடையிலே ஒளிப்பொட்டின் நிலையினது மாற்றங் குறிக்கப்படும். S இலே 1 மிமீ. தூரத்திற்கு இது ஒத்ததாகும். அளவின் திருத்தந் தொடர்ந்து நடைபெறும். அதன்பின் XY தேவையான விட்டத்தையுடைய சிறியபொருளொன்று S இலே வைக்கப் பட்டுள்ளது. முதலிலே X இன் விம்பமும் அதற்கடுத்து Y இன் விம்ப

மும் நுணுக்குக்காட்டியின் குறுக்குக்கம்பிகளில் வருமட்டும் தட்டு சுழற்றப் படும். விளக்கினோடு இணைக்கப்பட்ட அளவிடையிலே ஒளிப்பொட்டின் ஒத்த நிலைமாற்றத்திலிருந்து XY இன் மெய்யான விட்டம் அனுமானிக்கப் படும்.

தொலைகாட்டியினதும் நுணுக்குக்காட்டியினதும் பொருள்வில்லைகள்.— ஒளியியற்கருவிகளைப்பற்றி எடுத்தாளும்போது அவை எப்போதுந் தனிவில்லை களினோடு, அதாவது, பொருள்வில்லையுங் பார்வைத்துண்டும் தனித்தனி வில்லைகளாக, பொருத்தப்பட்டுள்ளனவென்று கருதினோம். இவ்வகையான வில்லைகளினால் உண்டாக்கப்படும் விம்பங் கள் நிறப்பிறழ்ச்சி, கோளப்பிறழ்ச்சி எனப்படும் குறைகளினாற் பெருமளவிற் பாதிக்கப்படுகின்றன. முறிவுத்தொலை காட்டியொன்றின் பொருள்வில்லை யானது, தீக்கற்கண்ணுடியின் வலுக்கு றைந்த விரிவில்லையொன்றினோடு கிர வுண்கண்ணுடியின் ஒருங்குவில்லையொன் றைச் சேர்த்து, இச்சேர்க்கை ஒருங்குவில் லையாகவே தொழிற்படுமாறுசெய்து, [உரு வம் 26.28 ஐப்பார்க்க], நிறப்பிறழ்ச்சிக் குரிய திருத்தஞ்செய்யப்படும். இதிலே கோளப்பிறழ்ச்சி குறைக்கப்பட வேண்டுமாயின், ஒருங்குகூறு பொருளை நோக்கி வில்லையானது ஏற்றப்படுதல் வேண்டும். இரண்டுவில்லைகளினால் உண்டாக்கப்பட்ட நயக்குறையொன்று பின்வருமாறு மேற்கொள்ளப்படும். இரண்டு வில்லைகளினதும் உள்முகங்கள் வேறுபடுத்தப்பட்டிருப்பின், ஒருங்கு வில்லையினூடுசெல்லும் ஒளியினொருபகுதி இரண்டாவது வில்லையின் முற்பக்கத்திலிருந்து தெறிக்கப்படும். இதன் பயனுக, விம்பத்தின் துலக்கங் குறைகின்றது. இரண்டுவில்லைகளினதும் உட்பக்கங்களின் வளைவாரைகளைச் சர்வசமனுக்கி கனடாமரப்பிசினினால் இவற்றைப்பொருத்தி இக்குறையை நீக்கலாம். கனடாமரப்பிசினின் முறிவுக்குணகம் கிரவுண் கண்ணுடியினதிற்குந் தீக்கற்கண்ணுடியினதிற்கும் இடையேயிருக்கும்.

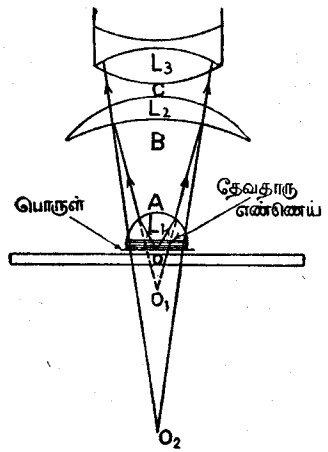


உருவம். 26.28.—நிறந்தராத் தொலைகாட்டிப் பொருள்வில்லை.

கடைசிவிம்பந் துலக்கமாயிருப்பதற்காக, தொலைகாட்டியொன்றின் புலவில்லையானது சேர்க்கும் ஒளியினளவு கூடியவளவு அதிகமாயிருத் தல் வேண்டுமாதலின் இவ்வில்லை பெரிதாகச் செய்யப்படும். இவ்வாறு பொருளிலுள்ள விவரங்களுந் தெளிவாய்க் காணப்படும். கருவியின் **பிரிவலு** அதிகரிக்கப்பட்டதென்று சொல்வது வழக்கம். இன்னும், உதா ரணமாக எடுத்தால், நியமச்செப்பஞ் செய்கையிலுள்ள தொலைகாட்டியினு லான உருப்பெருக்க வலுவானது, பொருள் வில்லையின் குவியத் தூரத்திற்

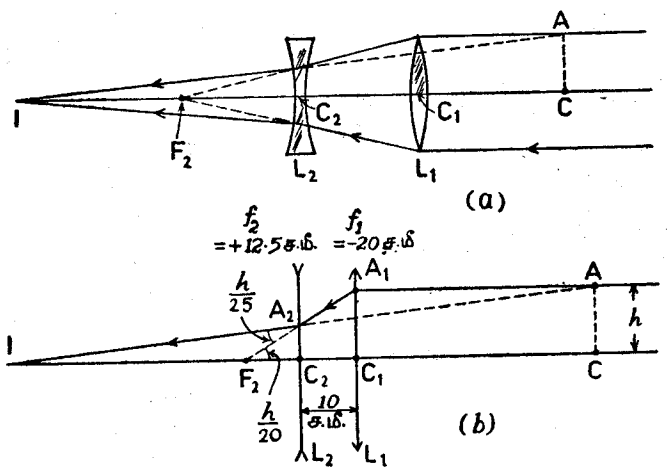
குக் கண்வில்லையின் குவியத்தூரத்தின் விகிதத்தினுற்றரப்படும். இப்போது, உருப்பெருக்கவலுவானது இவ்வகையாக அதிகரிக்கப்பட்டபோதிலும், வில்லையின் விட்டம் அதிகரிக்கப்பட்டாலொழியக் கூடுதலான விவரங்கள் கட்புலனாகாவாதலின், நயமெதுவும் பெறப்படமுடியாது. எனெனில், உயர்வுப்பிரிவலுவொன்றை உண்டாக்கப் பெரிய விட்டமுள்ள வில்லை யொன்று தேவைப்படும்.

முதற்றரமான நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் பொருள்வில்லையானது மிகவுஞ் சிக்கலான ஓராய்கருவியாகும். இதனை அமைப்பது கடினமான தாதலின் செலவு அதிகமாகின்றது. உயர்வுவலுவான வேலைக்கு இதன் மாதிரியுருவத்தை, முற்பக்கமும் எண்ணெயில் அமிழ்ந்துமாறு, தேவதாரு எண்ணெயில் அமிழ்த்தல்வேண்டும். இவ்வகையான வில்லையொன்று **அமிழ்ப்புவில்லை** யெனப்படும். **அபேயின**மிழ்ப்புப்பொருள் வில்லையொன்று 26.29. ஆம் உருவத்தில் வரிப்படமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. கீழேயுள்ளவில்லை L_1 ஒரு தளக்கோளக்குவிவு வில்லையாகும். இதற்கும் பொருளுக்கு மிடையேயுள்ள வெளியானது கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகத்தையேயுடைய எண்ணெயினால் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். L_1 ஐ விட்டுக் கதிர்கள் வெளியேறு மட்டும் முறிவு நிகழ்வதில்லை யென இதனுற்பெறப்படுகின்றது. O என்பது, O உம் O_1 உம் **கோளப்பிறழ்ச்சியில் புள்ளிகளாக**—அதாவது—கோளப் பரப்புவில்லையின் தலைமையச்சை வெட்டுகின்ற புள்ளியாகிய A இன்சார்பிலே O_1 ஆனது, புள்ளி முதலிடம் O இன் புள்ளிவிம்பமாக அமையுமாறு—பொருளிலுள்ள ஒரு புள்ளியாயின், கதிர்களின் சாய்வைப் பொறுத்திராது O இலிருந்துவரும் எல்லாக்கதிர்களும் O_1 இலிருந்து விரிவனவாகத்தோற்றும். L_1 இற்கு மேலே இரண்டாவது வில்லை L_2 வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் கீழ்முகம் B ஆனது O_1 ஐ வலுவுமையமாகக் கொண்டிருக்கும். O_1 இலிருந்து வருவனவாகத் தோற்றுங்கதிர்கள் B இல் முறியாது, வில்லை L_2 இன் மேன்முகம் C இலேயே முறிகின்றன எனவே, O_1 இன் சார்பிலே கோளப் பிறழ்ச்சியற்றனவாக்கப்பட்ட புள்ளி O_2 இலிருந்து உற்பத்தியாவனவாக இவை தோற்றுகின்றன. கூட்டுவில்லைகள் L_2 நிறப்பிறழ்ச்சியின் விளைவைக் குறைக்கின்றன. அதாவது, தீக்கற்கண்ணுடி விரிவில்லைகள் பொருத்தப்பட்ட கிரவுண் கண்ணுடி ஒருங்குவில்லைகளை இவை கொண்டனவாம்.



உருவம். 26.29.—அபேயினமிழ்ப்புப் பொருள்வில்லை.

தொலையொளிவில்லை.—தூரப்பொருளொன்றின் விம்பத்தினது பருமனது உபயோகிக்கப்படும் ஒருங்குவில்லையின் குவியத்தூரத்தினது எண்ணளவுப்பெறுமானத்திலேடு நேரான விகிதசமமானதாகும். எனவே, எளியமுறையிலே தூரப்பொருளொன்றின் பெரியவிம்பமொன்றைப் பெற வேண்டுமாயின், நீண்ட குவியத்தூரத்தையுடைய வில்லையொன்று உபயோகிக்கப்படலாம். இந்நிகழ்ச்சியானது, வில்லைக்கும் படப்படலத்திற்கு மிடையே வசதியற்ற பெருந்தூரத்தை உண்டாக்குகின்றது என்பதே எமது வாய்ப்புக்குறைவாகும். இதனைச் செய்வதற்குப்போதிய விரிவைக் கொடுக்கக்கூடிய துருத்திகளைக்கொண்டு செய்யப்பட்ட படப்பெட்டிகள் மிகச்சிலவேயாம். **தொலையொளிவில்லை**யொன்றை உபயோகிப்பதே இதற்குரிய பரிகரிப்பாகும். தொலையொளிப்பொருள் வில்லையொன்றின் முக்கிய வொளியியலியல்புகளை உருவம் 26.30 (*a*) காட்டுகின்றது. இதன் முதற்கூறு L_1 ஆனது மெல்லியவோரொருங்குவில்லையாகும். இது மெல்லிய விரி



உருவம். 26.30.—தொலையொளிவில்லை.

வில்லை L_2 இலேடு ஒரேயச்சில் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளது. இரண்டு வில்லைகளினதும் பிரிவு ஒருங்குவில்லையின் குவியத்தூரத்தினது எண்ணளவுப் பெறுமானத்திலும் மிகக்குறைவாயிருத்தல்வேண்டும். சேர்க்கையினச்சுக்குச் சமாந்தரமாகத் தூரப் பொருளொன்றிலிருந்து வருங்கதிர்கள், L_2 இல்லாவிடத்து, L_1 இன் இரண்டாவது தலைமைக் குவியமாகிய F_2 இலே குவிக்கப்படுகின்றன. விரிவில்லையானது இருந்தவிடத்திலேயே இருக்கும்போது L_1 இலிருந்து ஒருங்கும் ஒளிக்கற்றை ஒருங்கல் குறைவாக்கப்பட்டு I இற் குவிக்கப்படுகின்றது. I இனூடு செல்வதாகக் காட்டப்பட்ட கதிரானது ஒத்த படுகதிரை A இல் வெட்டுமாறு பிற்பக்கமாக நீட்டப்பட்டு,

சேர்க்கையினச்சுக்குச் செங்குத்தாக AC வரையப்பட்டால், பொருள்வில்லை யினதிற்குச் சமமான மெல்லியவில்லையொன்றின் குவியத்தூரமானது CI ஆகும். C_2I ஆனது **பின்குவியம்** எனப்படும். CI இனுடொப்ப இதன் தூரம் மிகக் குறுகியதாகும்.

+ 5D வில்லையொன்றையும் – 8D வில்லையொன்றையுஞ்சேர்த்து தொலை யொளிவில்லையொன்றின் மாதிரியைச்செய்யலாம். அதாவது, —20 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய ஒருங்குவில்லையொன்றையும் +12·5 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய விரிவில்லையொன்றையும் 10 சமீ. தூரத் தில்வைத்து இதனைச்செய்யலாம். இத்தொகுதி உருவம் 26.30 (*b*) இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. AA_1A_2I என்பது காட்டியபடி வில்லைத்தொகுதியிற் பட்டு அதனூடு செல்லுங் கதிரெனக்கொள்க. $A_1C_1 = h$ ஆயின், L_1 இனலுண்டாக்கப்பட்ட கதிரின் விலகல் $\frac{h}{20}$ ஆரையனுகும். இது அச்சை நோக்கியிருக்கும். கதிர் A_1A_2 ஆனது C_2 இலிருந்து 0·5 *h* உயரத்திலே இரண்டாவது வில்லையைச் சந்திக்கும். விலகலானது அச்சுக்கப்பால் $\frac{h}{2} \times \frac{2}{25} = \frac{h}{25}$ ஆரையனுகும். எனவே,

$$\widehat{A_2IC_2} = \frac{h}{20} - \frac{h}{25} = \frac{h}{100}$$

ஆகின்றது. அதாவது, IC = 100 சமீ. எனவே, இத்தொகுதியானது 100 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய ஒரொருங்குவில்லையாகத் தொழிற் படுகின்றது.

அப்பியாசம் 26

1.—ஒருங்குவில்லையொன்றும் விரிவில்லையொன்றும் ஒரு தொலைகாட் டியை அமைக்க எவ்வாறு உபயோகிக்கப்படலாம்? தூரப்பொருளொன் றிலுள்ள புள்ளியொன்றை ஒரு கண் அவதானிப்பதற்குதவும் கதிர்களின் பாதைகளைக்காட்டுங் கவனமாக வரையப்பட்ட வரிப்படமொன்றைக் கொடுக்க.

2.—நாடகத்தொலைக்கண்ணுடியொன்றை உண்டாக்கத் தேவையான வில்லைகளினெழுங்கைக் கூறுக. கடைசிவிம்பத்தின் நிலையை எவ்வாறு காணமுடியுமென்று வரிப்படமூலங்காட்டுக. தூரப்பொருளொன்றிலே தொகுதியினச்சுக்கப்பாலுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்துவருங் கதிர்கள் தொகுதியினூடு செல்லும் பாதையின் சுவட்டைவரைக.

3.—3 அங்குலஞ் சதுரமான கண்ணுடிவிளக்குப்படமொன்று 10 அங். குவியத்தூரத்தையுடைய வில்லையொன்றினுல் படத்திலிருந்து 18 அடி தூரத்திலுள்ள திரையொன்றிலே எறியப்படுதல்வேண்டும். வில்லையி லிருந்து என்ன தூரத்திற் படம் வைக்கப்படுதல்வேண்டும்? திரையில் விழும் படத்தின் பருமனென்ன?

4.—கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றின் ஒளியியற்பாகங்களை விவரித்து, நுணுக்குக்காட்டியினச்சுக்கப்பாலுள்ள ஒருபொருளின் புள்ளியொன்றைக் கண்ணனது பார்க்க உதவுகின்ற தொகுதியினூடு செல்லுங் கதிர்களின் சுவட்டையறிக. நுணுக்குக்காட்டியின் உருப்பெருக்கவலு எதனிலே தங்கி யிருக்கின்றது? அதனை எவ்வாறளப்பீர்?

5.— கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியொன்றை விவரிக்க. பொருளின் அச்சி லில்லாப் புள்ளியொன்றிலிருந்து உற்பத்தியாகிக் கண்ணையடைந்து அக்கண் ணினூற் பார்க்கப்படும் விம்பத்தை உண்டாக்கவுதவும் கதிர்களிரண்டின் பாதைகளைப் பெயரிடப்பட்ட வரிப்படமொன்றை வரைந்து காட்டுக.

அதனுருப்பெருக்கவலுவைத் தீர்மானிக்கும் முறையை உதாரணமொன் றுடன் காட்டுக. பார்ப்பவரின் அண்மைப்பார்வையினுல் இது பாதிக்கப் படுமா?

பொருள்வில்லையிலிருந்து பொருளின்தூரம் 9/35 அங்., பொருள் வில்லையின் குவியத்தூரம் 1/4 அங்., பார்வைத்துண்டின் குவியத்தூரம் 2 அங்., தெளிவுப்பார்வையினிழிவுத்தூரம் 10 அங். ஆயின், நேர்கோட்டுருப் பெருக்கத்தைக் கணிக்க.

6.—(அ) தெளிவுப்பார்வையிழிவுத்தூரம் என்பதனலும், (ஆ) பொரு ளொன்றின் பருமனின் தோற்றம் என்பதனலும், (இ) நுணுக்குக்காட்டி யொன்றின் உருப்பெருக்கவலு என்பதனலும் என்ன கருதப்படுகின்றது? 30·0 சமீ. தூரத்திலுள்ளனவும், குவியத்தூரங்கள் 4·0 சமீ., 10·0 சமீ. உடையனவுமான ஒருங்கு வில்லைகளிரண்டிலிருந்து நுணுக்குக்காட்டி யொன்று அமைக்கப்பட்டுள்ளது. கடைசிவிம்பம் முடிவிலியிலிருக்குமாறு குவிக்கப்பட்டுள்ள கருவியானது, தெளிவுப்பார்வையிழிவுத்தூரம் 25 சமீ. ஐயுடைய ஒருவரினுல் உபயோகிக்கப்படுகின்றது. பொருளின் நிலையையும் பார்ப்பவரினுற் பெறப்படும் உருப்பெருக்கவலுவையுங் கணிக்க. [N.A.]

7.—வில்லைகளின் குவியத்தூரங்கள் 25 சமீ., 4 சமீ., உடைய வாசிக்குந் தொலைகாட்டியொன்று பொருளாடியிலிருந்து 1 மீற்றர் தூரத்திலுள்ள அளவிடையொன்றைப் பார்க்க உபயோகிக்கப்படுகின்றது. பார்வைத்துண் டினண்மையிலுள்ள கண்ணிலிருந்து 25 சமீ. தூரத்தில் விம்பமுண் டாகுமெனின், தொலைகாட்டியினூடுசெல்லுங் கதிர்களின் பாதைகளைக் காட்டும் வரிப்படமொன்று வரைக. கருவியின் உருப்பெருக்கவலுவைக் கணிக்க. [L.A.]

8.—முறையே 5 தையொத்தர், 10 தையொத்தர் வலுக்களையுடைய மெல்லியவொருங்கு வில்லைகளிரண்டு, தொலைகாட்டியொன்றிலே, பொருள் வில்லையிலிருந்து 40 சமீ. தூரத்திலேயுள்ள பொருளொன்றைப்பார்க்க உபயோகிக்கப்படுகின்றது. கண்வில்லையினூடு பார்க்கப்படும் விம்பமானது பொருளின் நிலையிற்பொருந்துமாறு வில்லைகளினிடைத்தூரஞ் செப்பஞ் செய்யப்பட்டுள்ளது. (அ) வில்லைகளினிடைத் தூரத்தையும், (ஆ) உண்

டாக்கப்பட்ட உருப்பெருக்கத்தையுங் கணிக்க. பொருளிலே அச்சிலில்லாப் புள்ளியொன்றிலிருந்து வருங் கதிர்களின் கண்ணேயடையுங் கற்றையின் பாதையை வரிப்படமொன்றிற் காட்டுக. [L.I.]

9.—பொதுவச்சொன்றிலே ஒருங்குவில்லைகள் மூன்றை, அச்சிலுள்ள பொருளொன்றிலிருந்துவரும் ஒளிக்கற்றையொன்று முன்று வில்லைகளினூடுஞ் சென்றபின்பு, (அ) மெய்யான நேர்விம்பமொன்றையும், (ஆ) மாயமான நேர்விம்பமொன்றையும் உண்டாக்குமாறு எவ்வாறு ஒழுங்கு செய்வீரென விளக்குக. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் பொருளிலுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்து ஒத்த விம்பப்புள்ளிக்குச் செல்லும் ஒளிக்கதிர்களின் பாதைகளைக்காட்டும் வரிப்படங்களைக் கொடுக்க.

10.—எளிய நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் பொருள்வில்லையுங் பார்வைத் துண்டும் முறையே குவியத்தூரங்கள் 0·5 அங்., 2·0 அங். உடையன. பார்வைத்துண்டினண்மையில் வைக்கப்பட்ட கண்ணிலிருந்து பொருளினதுங் கடைசிவிம்பத்தினதுந் தூரங்கள் ஒரேயளவான 10 சமீ. ஆயின், பொருள் வில்லைக்குங் பார்வைத்துண்டுக்கும் இடைத்தூரத்தைக் கணிக்க.

11.—குவியத்தூரங்கள் முறையே 3 சமீ., 9 சமீ. உடையனவும். அவற்றினிடைத்தூரம் 25 சமீ. ஆனதுமான மெல்லியவொருங்கு வில்லைகளிரண்டைக்கொண்டு கூட்டுநுணுக்குக்காட்டியின் மாதிரியொன்று அமைந்துள்ளது. கடைசிவிம்பம் முடிவிலியிலிருக்கவேண்டுமாயின் பொருள் எங்கே வைக்கப்படுதல்வேண்டும்? இவ்வகையாக ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட நுணுக்குக் காட்டியானது, தெளிவுப்பார்வையினிழிவுத்தூரம் 30 சமீ. ஐயுடைய ஒருவரினால் உபயோகிக்கப்பட்டால், உருப்பெருக்கவலு என்னவாகும்?

12.—தூரப்பொருளொன்றின் விம்பமானது முடிவிலியிலிருக்குமாறு குவிக்கப்படுந் தொலைகாட்டியொன்றை அமைக்க, குவியத்தூரங்கள் முறையே 5 சமீ., 25 சமீ. உடைய மெல்லியவொருங்கு வில்லைகளிரண்டை எவ்வாறு ஒழுங்குசெய்வீரென்பதை வரிப்படமொன்றைக்கொண்டு காட்டுக. வில்லைகள் இன்னும் அதேதூரத்திலிருக்க, அதேயொழுங்கானது ஒரு நுணுக்குக்காட்டியாக எவ்வாறு உபயோகிக்கப்படலாம்? பார்வைத்துண்டாகத் தொழிற்படும் வில்லையினண்மையில் வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணின் 25 சமீ. முன்பாகக் கடைசிவிம்பமானது இருக்கவேண்டுமேயானால், பொருள் எங்கே வைக்கப்படுதல் வேண்டும்?

ஒவ்வொரு கருவிக்குங் கதிர்வரிப்படங்கள் வரைந்து ஒவ்வொன்றினதும் உருப்பெருக்கவலு 5 எனக்காட்டுக.

13.—தொலைநோக்கியொன்றின் **உருப்பெருக்கவலு** என்பதனால் என்ன கருதப்படுகின்றது? பார்ப்பவரின் தெளிவுப்பார்வையினிழிவுத்தூரம் D ஆயின், (அ) மெல்லிய குவிவுவில்லைகளிரண்டைக்கொண்ட வானியற் றெலைகாட்டியொன்றினூடும், (ஆ) நீண்ட குவியத்தூரத்தையுடைய தனியொருங்குவில்லை யொன்றினூடும், பார்ப்பதனாற்பெறப்படும் உருப் பெருக்கவலு யாது?

தூரப்பொருளின் அச்சிலில்லாப் புள்ளியொன்றிலிருந்துவரும் ஒளிக்கதிர்கள் வானியற்றெலைகாட்டியொன்றினூடுசெல்லும் பாதைகளைக்காட்ட வரிப்படமொன்று வரைந்து, பரிசோதனைமூலம் உருப்பெருக்கவலு எவ்வாறு தீர்மானிக்கப்படலாமென விவரிக்க. [N.A.]

14.—மெல்லியவொருங்குவில்லைகளிரண்டினது குவியத்தூரங்களின் எண்ணளவுப்பெறுமானங்கள் 2 சமீ., 10 சமீ. ஆகும். (அ) சந்திரனையும், (ஆ) தபால்முத்திரையொன்றையும், ஆராய இவற்றை எவ்வாறுபயோகிப்பீரென விளக்குக. நுணுக்குக்காட்டிக்குரிய குழாயின் ஒளியியல்நீளத்தை 6 சமீ. ஆகக்கொண்டு, கடைசிவிம்பம் முடிவிலியிற் காணப்படும்போது ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் உருப்பெருக்கவலுவுக்குரிய பெறுமானங்களைக் கணிக்க. [D = 25 சமீ. எனக்கொள்க.]

15.—வானியற்றெலைகாட்டியொன்று 100 சமீ., 10 சமீ. குவியத்தூரங்களையுடைய வில்லைகளினாற் செய்யப்பட்டது. பார்வைத்துண்டிலிருந்து 200 சமீ. தூரத்திலே உடுவொன்றின் விம்பம் உண்டாக்கப்பட வேண்டுமாயின் வில்லைகள் எவ்வளவு தூரத்திற்கப்பால் வைக்கப்படுதல்வேண்டும்? இவ்வாறு செப்பஞ்செய்யப்பட்டபின் உருப்பெருக்கவலு யாது? [L.A. (Part)]

16.—எறியக்கண்ணாடிவிளக்கொன்றை வரிப்படமொன்றைக்கொண்டு விவரிக்க.

கருவியில் உபயோகிக்கப்படும் ஒளியியலொடுக்கியின் தொழிற்பாட்டை விரிவாக விளக்கி, கூட்டுநுணுக்குக் காட்டியொன்றில் உபயோகிக்கப்படும் ஒளியியலொடுக்கயின் தொழிற்பாட்டினோடு இதனை ஒப்பிடுக.

எறியக்கண்ணாடிவிளக்கொன்று 500 மெழுகுதிரிவலுவின் விளக்கொன்றைக் கொண்டது. இது காலுமொளியில் ஒடுக்கியின் முதலாவது பரப்பிலே 8 நூற்றுவீதம் வீழுகின்றது. அதன்பின்பு, ஒளியியற்றெகுதியினூடு சென்று, திரையிலே 40 சதுரவடி பரப்பளவை ஒளிரச் செய்கின்றது. திரையிலொளிர்வு 5 அடி—மெழுகுதிரியாயின், ஒடுக்கியிற்படும் ஒளிப்பாயத்தின் என்ன பின்னம் ஒளியியற்றெகுதியினூடு செலுத்தப்பட்டது? [N.A.]

17.—வளியிலே மெல்லிய வில்லையொன்றின் குவியத்தூரத்துக்கும், அதன் பரப்புகளின் வளைவாரைகளுக்கும், வளியின்சார்பாக அதன் திரவியத்தினது முறிவுச்குணகத்துக்குமிடையேயுள்ள தொடர்பைக் கூறுக. இத்தொடர்பு பொதுவானதாக்கப்படுதற்குத் தேவையான குறிவழக்கெதனையுங் குறிப்பிடுக. எந்தச் சந்தர்ப்பங்களில் இத்தொடர்பு உறுதியானதாகும்?

(அ) 15 சமீ., 20 சமீ., ஆரைகளையுடைய முகங்களையுடையதும், முறிவுக்குணகம் 1·6 ஐக்கொண்ட கண்ணாடியிலிருந்து செய்யப்பட்டதுமான மெல்லிய வில்லைகளொவ்வொன்றினதுங் குவியத்தூரத்தைக் காணவும்,

(வில்லையொவ்வொன்றினதும் பெறக்கூடிய உருவத்தின் வரிப்படத்தை வரைந்து, அது ஒருங்கியதா, விரிவானதாவெனக் கூறுக.), (ஆ) மனிதக் கண்ணின் தன்னமைவைப்பற்றி விளக்கவும், தொடர்பை உபயோகிக்க.

1 மைல் தூரத்திலுள்ள 33 அடி உயரமான வீடொன்று தொலைகாட்டியொன்றினூடு பார்க்கப்படுகின்றது. வீம்பமானது $\frac{1}{2}$ அங். உயரமானதும் பார்ப்பவரின் கண்ணிலிருந்து 20 அங். தூரத்திலிருப்பதுமாகும். பார்ப்பவருக்கு வீடு பெரிதாகத் தோற்றுவதேனென விளக்கி, இவ்வாறு பெரிதாகத் தோற்றப்படுங் காரணத்தையுங் காண்க. [N.A.]

18.—குவியத்தூரங்கள் முறையே 2 சமீ., 10 சமீ. உடைய மெல்லிய வொருங்குவில்லைகளிரண்டு உமக்குக் கொடுக்கப்பட்டால், தொலைகாட்டியொன்றை அமைக்க அவற்றை எவ்வாறு ஒழுங்குசெய்வீர்? முதற்றத்துவங்களிலிருந்து உம்முடைய ஒழுங்கின் உருப்பெருக்கவலுவை அனுமானிக்க.

ஆய்கருவியை ஒரு நுணுக்குக்காட்டியாக நீர் உபயோகிக்க விரும்புவீராயின் என்ன மாற்றங்களிரண்டைச்செய்வீர்?

19.—வானியற்றொலைகாட்டி, அரியத்திருவிழிக்கருவி, கலிலியன் றொலைகாட்டி என்பனவற்றின் தேவையின் சார்பாகத் தொடர்பான நயங்களைப் பற்றி ஆராய்க.

மிக்க தூரப்பொருளொன்றின் வீம்பமானது பொருளினூடு பொருந்துமாறு வைக்கப்பட்ட இவ்வகையான கருவியிலே, உருப்பெருக்கமானது படுகற்றையினகலத்தை வெளிப்படுகற்றையினகலத்தாற் பிரித்துப் பெறப்படலாமென்று காட்டுக. [N.A.]

20.—வானியற்றொலைகாட்டியொன்றினூடு கண்ணினூற் பார்க்கப்படும் பொருளொன்றின் வீம்பமுண்டாதலைப்பற்றிக் காட்டும் வரிப்படமொன்றை வரைக.

கண்வில்லையினண்மையில் வைக்கப்பட்ட கண்ணினூற் பார்க்கப்படும் வீம்பம் தெளிவுப்பார்வையினிழிவுப் புள்ளியில் உண்டாகுமாறு கருவியானது குவிக்கப்படுமெனின், தூரப்பொருளைப் பார்க்க உபயோகிக்கப்படும் இவ்வகையான தொலைகாட்டியொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவுக்குரிய கோவையொன்றைப் பெறுக.

21.—நுணுக்குக்காட்டியொன்றையும் தொலைகாட்டியொன்றையுங்கருதி, ஒளியியற்கருவியொன்றின் உருப்பெருக்கவலுவினுல் என்ன கருதப்படுகின்றதென விளக்குக.

9 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய மெல்லியவொருங்குவில்லையொன்று, தெளிவுப்பார்வையினிழிவுத்தூரம் 26·5 சமீ. ஐயுடைய பார்ப்பவரின் கண்ணிலிருந்து 100 சமீ. கீழேயுள்ள படமொன்றிலே வைக்கப்பட்டுள்ளது. படத்தின்மேலே வில்லையானது (அ) 9 சமீ., (ஆ) 10 சமீ., (இ) 10·5 சமீ. உயர்த்தப்படும்போது காணப்படும் வீம்பத்தின் இயல்பினதும், நிலையினதும், கோணவுருப்பெருக்கத்தினதும் விவரத்தைக் கூறுக. [L.I.]

22.—நுணுக்குக்காட்டியொன்று 6 அங். தூரத்திலுள்ள மெல்லிய வில்லைகளிரண்டைக் கொண்டது. பொருள்வில்லையின் குவியத்தூரம் 1 அங். ஆகும். கண்வில்லையிலிருந்து 12 அங். தூரத்திலே கடைசிவிம்பம் உண்டாகின்றது. இதன் நேர்கோட்டுருப்பெருக்கம் 20. கண்வில்லையின் குவியத்தூரத்தையும், பொருள்வில்லையிலிருந்து பொருளின் தூரத்தையுங் காண்க.

நுணுக்குக்காட்டியின் உருப்பெருக்கவலுவைப் பரிசோதனைமூலந் தீர்மானித்தற்குரிய முறையொன்றைவிவரிக்க.

(அ) ஒடுக்கிவில்லையொன்றினதும், (ஆ) எண்ணெய் அமிழ்ப்பினதும், உபயோகத்திலிருந்து பெறப்படும் நுணுக்குக்காட்டியின் செய்முறை வகையிலுள்ள நயங்களைவை? [N.S.]

23.—1·0 அங். விட்டமுள்ள தட்டுருவத்திலுள்ள துலக்கமான ஒளிரும் முதலிடமொன்று, குவியத்தூரம் 2அடி 6அங். ஐயுடைய குழிவாடியொன்றின் தலைமைக்குவியத்திலே மையத்தையும், ஆடியின் தலைமையச்சுக்குச் செங்குத்தாகத் தளத்தையுங் கொண்டுள்ளது. முதலிடமும் ஆடியும் ஒரு துருவவிளக்காக அமைகின்றது. 500 யார் தூரத்தில் நேர்மேலே உச்சத்திலுள்ள முகிலொன்றிலே தெறிக்கப்பட்ட ஒளிப்பொட்டின் விட்டத்திற்குரிய பெறுமானமொன்றைக் கணிக்க. ஒளிப்பொட்டின் தோற்றத்திலே ஆடியின் பருமன் பாதிப்பதைப்பற்றி ஆராய்க. கோளப்பிறழ்ச்சியினதுஞ் சிதறலினதும் விளைவுகளை நிராகரிக்க.

24.—(அ) சாதாரணக்கண்ணொன்று, (ஆ) படப்பெட்டிவில்லையொன்று, தூரத்திலுள்ள பொருள்களிலும், சில அடிகளுக்கப்பாலுள்ள பொருள்களிலும் எவ்வாறு குவிக்கப்படலாமென விளக்குக.

குவியத்தூரம் 10 சமீ. ஐயுடைய மெல்லிய தனியொருங்குவில்லையொன்று படப்பெட்டியொன்றில் உபயோகிக்கப்படுகின்றது. படலத்திற்கும் வில்லைக்குமிடையேயுள்ள உயர்வுத்தூரம் 12 சமீ. ஆகும். படலத்தில் வீம்பமானது தெளிவாய்க் குவிக்கப்படக்கூடிய மிக நெருங்கிய பொருளின் நிலையென்ன? வில்லையிலிருந்து 36 சமீ. தூரத்திலுள்ள பொருளொன்றிற் குவிக்க விரும்பினுல், படப்பெட்டி முழுவதும் விரிக்கப்பட்டதும், அதன் வில்லையினூடு சேர்த்துவைக்கப்படவேண்டிய துணைவில்லையினியல்பைத் தீர்மானிக்க. [L.]

25.—கூட்டு நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் ஒளியியற்றத்துவங்களை விவரிக்க. உம்முடைய விடையைக் கதிர்வரிப்படமொன்றைக்கொண்டு விளக்கி, உருப்பெருக்கவலுவைக் கணிப்பதெப்படியெனக் காட்டுக.

மெய்யான நுணுக்குக்காட்டியொன்றிலே பொருள்வில்லை, பார்வைத்துண்டு ஒவ்வொன்றும் ஒரு வில்லையிலுங் கூடுதலாகக் கொண்டிருப்பதேன்? [N.A.]

26.—அச்சுக்குச் சமாந்தரமான ஒரு நிறவொளிக்கதிரொன்று, அச்சிலிருந்து z மி.மீ. தூரத்திலே மெல்லிய வில்லையொன்றிற் படுகின்றது. F என்பது தையொத்தரில் வில்லையின் வலுவாயின் வெளிப்படுகதிர் அச்சினோடு அண்ணளவாக $\frac{zF}{1000}$ ஆரையன்களையுடைய கோணத்தை ஆக்குகின்றதென நிறுவுக.

அச்சுக்குச் சமாந்தரமான வெள்ளொளிக் கதிரொன்று இருகுவிவுவில்லையொன்றிலே அதனொளியியல் மையத்திலிருந்து 1·2 ச.மீ: தூரத்திலுள்ள புள்ளியிலே படுகின்றது. வில்லையின் பரப்புகள் முறையே 100 ச.மீ., 200 ச.மீ. வளைவாரைகளையுடையனவாயின், நீலவொளிக்கும் செவ்வொளிக்குமுரிய கண்ணாடியின் முறிவுக் குணகங்கள் முறையே 1·67, 1·65 ஆகும் போது வில்லையிலிருந்து வெளிப்படுகையில் நீலக்கதிர்களுக்கும் செங்கதிர்களுக்குமிடையேயுள்ள கோணப்பிரிவைக் காண்க.

27.—(அ) தொலைகாட்டியின் பொருள்வில்லையாகவும், (ஆ) ஒளிப்படக் கருவியிலும், உபயோகித்தற்குரிய நிறந்தராவில்லையொன்றின் அமைப்பைப் பற்றிய பொதுவிளக்கத்தைக் கொடுக்க. வானியற்றொலைகாட்டியொன்றினூடு காணப்படும் விம்பத்தின் தோற்றம் பொருள்வில்லையின் விட்டத்தினோடு எவ்வாறு மாறுகின்றது?

28.—தெறிப்புத் தொலைகாட்டியின் நியூற்றனின் வகையை விவரித்து திருப்தியான முறிவுத்தொலைகாட்டியொன்றை அமைக்கமுடியாதென, நியூற்றன் நினைத்ததற்குக் காரணங்களை ஆராய்க.

29.—தடிப்பு t உம் முறிவுக்குணகம் μ உமுள்ள கண்ணாடியின் சமாந்தரப் பக்கங்களையுடைய குற்றியிலே கோணம் i இற் படுகின்ற ஒளிக்கதிரின் பக்கவிடப்பெயர்ச்சி s ஆனது,

$$s = t \text{ சைன் } i \left[1 - \frac{\text{கோசை } i}{\sqrt{\mu^2 - \text{சைன்}^2 i}} \right].$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படுமெனக் காட்டுக. i இன் சிறிய பெறுமானங்களுக்கு ஏறத்தாழ நேர்கோட்டளவிடையையுடைய நுண்மானியாக இவ்வகையான தட்டொன்று எவ்வாறு உபயோகிக்கப்படலாமென விளக்கி மயிர்த்துளைக்குழாயொன்றின் துளையளக்க இது எவ்வாறு உபயோகிக்கப்படலாமென விவரிக்க. [L.S.]

அத்தியாயம் 27

ஒளியளவியல்

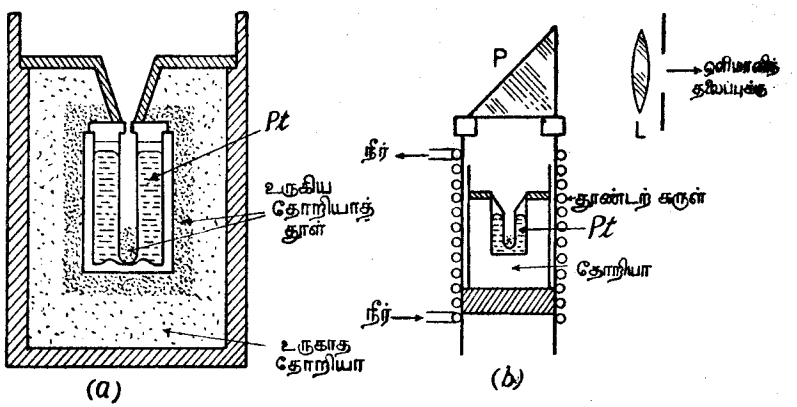
ஒளியானது அளக்கக்கூடிய கணியம்.—ஒளியளவியலென்பது பார்வையொப்பீட்டினால் ஒளியின் அளவென வரையறுக்கப்படலாம். வெப்பவடுக்கொன்றின் கறுப்பான பரப்பிலே ஒளிவிழும்போது இந்த பரப்பில் வெப்பநிலை ஏறுகின்றதென முன்னரே கண்டோம். இந்த வெப்பநிலையேற்றம் ஒளியலைகளிலுள்ள சத்தியின் அளவாகும். எனவே, ஒளிமுதலிடங்களிரண்டை வெப்பவடுக்கிலிருந்து ஒரே தூரத்தில் ஒன்றின்பின் ஒன்றாக வைத்து இவ்வெப்பவடுக்கினோடு தொடர்நிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ள கல்வனோமானியின் திரும்பல்களை அவதானித்து அவ்வொளிமுதலிடங்களிரண்டினாலுங் காலப்படும் சத்தியின் முழுவளவையும் ஒப்பிடமுடியும். வெப்பநிலையேற்றமானது திரும்பலினோடு விகிதசமமானதாதலின், குறிக்கப்பட்ட நேரத்திலே முதலிடங்களிரண்டினாலுங் காலப்படும் முழுச்சத்திகளின் விகிதமே இத்திரும்பல்களின் விகிதமுமாகும். ஆயினும், துலக்கமானது அலைநீளத்திலே தங்கியிருத்தலினால், இவ்விகிதமானது முதலிடங்களிரண்டினதுந் துலக்கவொப்பீடாகாதது வாய்ப்புக்குறைவேயாகும். எனவே, வெவ்வேறு ஒளிமுதலிடங்களின் ஒளிகொடுக்கும் வலுக்களை ஒப்பிடும்போது, கலோரிமானி அல்லது பௌதிக முறையானது ஒளியளவியல் அல்லது உடற்கூற்றுப் பரிசோதனையினாற் பிரதியிடப்படுதல் வேண்டும். இன்னும், வெவ்வேறு ஒளிகளின் துலக்கத்தைப்பற்றிய அபிப்பிராயங்கள் வித்தியாசப்படுவதினால், ஒளிகளைத் திருத்தமாய் ஒப்பிடவேண்டுமாயின் உபகரணங்கள் உபயோகிக்கப்படல் வேண்டும். ஒளியளவியலிலே ஒளிமுதலிடங்களின் செறிவுகள் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்ட நியமவளவையைக் கொண்டு அளக்கப்படும். முதலிடங்களினால் ஒளிரப்படும் பரப்புகளின் துலக்கத்தைப் பொருத்திப் பார்த்துத் தேவையான ஒப்பீடு செய்யப்படும். இவ்வொப்பீட்டைச் செய்ய உபயோகிக்குங் கருவி **ஒளிமானி** எனப்படும். ஒளியியலின் சிறப்பான இப்பகுதி **ஒளியளவியல்** எனப்படும்.

ஒளியின் நியமவளவுகள்.—ஒளியளவியலிலே வெவ்வேறு ஒளிமுதலிடங்களின் செறிவுகளை ஒப்பிடவேண்டுமாதலின், எல்லாச் செறிவுகளையுங் குறிக்கவேண்டிய அலகாக ஒளியின் நியமமுதலிடமொன்றினையேனுந் தெரிய வேண்டியது அவசியமாகின்றது. இந்த நியமவளவானது எந்த நியமவளவுக்குந் தேவைப்படும் நிபந்தனைகளுக்கு அமைந்திருத்தல்வேண்டும். அது ஒருமையாயிருத்தல்வேண்டும். அன்றேல், நியமவளவு உபயோகத்திலிருக்கும் போது ஏற்றுக்கொள்ளக்கூடிய சிறிய மாறுதல்களையே உடையதாயிருத்தல் வேண்டும். பார்ப்பவர் உரிய சில விவரங்களிற் கவனஞ்செலுத்துவாராயின், இவரமைத்த நியமவளவிலே அது தங்கியிருத்தல் கூடாது. அதாவது,

நியமத்திலிருந்தே அதனை எடுக்கக்கூடியதாயிருத்தல்வேண்டும். இன்னும், அதனொளியின் திருசியத்தின் பரவல் [294, III ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க] அதனோடு ஒப்பிடப்படுவதின் பரவலுக்கு ஏறத்தாழச் சமமாயிருத்தல் வேண்டும்.

$\frac{1}{6}$ இரு. திணிவையுடையதும், மணிக்கு 120 கிறெயின் வீதத்தில் எரிவதும், $\frac{7}{8}$ அங்குல விட்டமுள்ளதுமான இசுப்பேமசேற்றி மெழுகு திரியே நியமவளவின் பழைய வகையாகும். திரியின் உருவமாற்றங்களும், சுவாலையினொளிர்வு நீருள்ளுறையினூற் பாதிக்கப்படுமென்னும், உண்மையும், வளியின் வெப்பநிலையும், தலைமை நியமவளவின் தேவைகளை நிறைவேற்றுவதிலிருந்து இந்த மெழுகுதிரியைத் தடுக்கின்றது. எனவே, பலவாண்டுகளாக, வேணன் ஹாக்கோட்டுப் (Vernon-Harcourt) பெந்தேன் நியமவளவானதும் இதனைப் பிரதியிட்டது. இந்த விளக்கிலே கட்டுப்பட்ட நிபந்தனைகளின் வளியினதும் பெந்தேனுவியினதுங் கலவையொன்று எரிக்கப்பட்டது. சுவாலையானது நிலைத்த உயரமொன்றிற்குச் செப்பஞ்செய்யப்படும். சுவாலையைச் சூழ்ந்துள்ள உலோகக்கூம்பொன்றிலே வரையறையான பருமனையுடைய துவாரமொன்று சுவாலையின் வரையறையான பரப்பளவொன்றிலிருந்துமட்டும் ஒளிச்சத்தியை உபயோகிக்கப்பட விடுகின்றது. பெந்தேன் விளக்கொன்று ஏறத்தாழப் பத்து இசுப்பேமசெற்றி மெழுகுதிரிகளின் செறிவுக்குச் சமமான செறிவையுடையதாகும். ஆகவே, 1940 மட்டும் உபயோகிக்கப்பட்ட ஒளிர்வுச்செறிவின் அலகானது பெந்தேன் நியமவிளக்கொன்றின் பத்திலொன்றுக வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது.

ஒளிர்வுச்செறிவின் தலைமை நியமவளவு.—இக்காலத்திலே ஒளிர்வுச்செறிவின் தலைமைநியமவளவானது, உருக்கிய பிளாற்றினம் திண்மமாகும் வெப்பநிலையிலுள்ள முழுக்கதிர்வீசி அல்லது பிளாங்கியன் கதிர்வீசியாகும். கதிர்வீசியானது உருகிய தோறியாவிலிருந்து செய்யப்பட்டு, உள்விட்டம்



உருவம். 27.01.—பிளாங்கியன் கதிர்வீசியும் ஒளிர்வுச்செறிவின் தலைமைநியமவளவாக அதனுபயோகமும்.

ஏறத்தாழ 0·25சமீ. உம், நீளம் 5சமீ. ஐயுமுடைய உருளையினுருவத்திலிருக்கின்றது—உருவம் 27.01 (*a*). ஐப்பார்க்க. இக்குழிக்கதிர்வீசியானது உருகிய தோறியாப்புடக்குகையிலுள்ள பிளாற்றினத்தில் அமிழ்த்தப்பட்டிருக்கின்றது. இப்புடக்குகையானது உயர்வான முறிவுத்திரவியத்திலிருந்து செய்யப்பட்ட முட்டியொன்றிற் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. போதிய வளவு வெப்பப்பின்னிடைதலைப் பெறுதற்காக முட்டிக்குங் புடக்குகைக் குமிடையேயுள்ள வெளியானது தோறியாத்தூளினால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. முட்டியானது சுருண்ட செப்புக்குழாயொன்றினூற் சூழப்பட்டுள்ளது. இச் செப்புக்குழாயினூடு குளிர்ந்த நீர் செலுத்தப்படும்.—உருவம் 27.01 (*b*). ஐப் பார்க்க. இச்சுருளும் உயரதிர்வெண்ணேட்ட வழங்களிடமொனறிலிருந்து ஊட்டப்படுவதினால், சுருளுங்கூட உருகாது தடுக்கக் குளிர்நீர் அவசியமாகின்றது. நியமப்பிளாங்கியனொளிர்விலே அதிர்வெண்ணனது 1·6 மெகாவேட்டிசாகும். பிளாற்றினத்திற் சுழிப்போட்டத்தின் பயனை பெரிய வெப்பவீனவே இதனை உருகச்செய்கின்றது. உருகலின்பின் ஆறுதலாகக் குளிரவிடப்படும்போது பிளாற்றினத்திற்குச் சத்திவழங்குவீதத்தைக் கவனமாய் ஆளுவதினால், திரவத்திலிருந்து திண்மத்திற்கு மாறுங்காலத்தை வெகுவாக நீட்டலாம். இந்தக்காலத்தின்போதே குழிவெப்பவீசியின் வெப்பநிலையானது ஏறத்தாழ ஒருமையாயிருக்கின்றது. இவ்வாறே அதனொளிர்வும் இருக்கின்றது. ஒளிர்வின் தூய பௌதிகக்கருத்துத் துலக்கமாகும்.

சர்வதேசவொழுங்கின்படி, ஒளிர்வுச்செறிவினலகு, அதாவது **சர்வதேச மெழுகுதிரி** எனப்படுவது, திண்மமாகும் பிளாற்றினத்தின் வெப்பநிலையிலே **பிளாங்கியன்** கதிர்வீசியின் சதுரசதமமீற்றரொன்றுக்குரிய ஒளிர்வுச்செறிவின் அறுபதிலொன்றென இப்போது வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. இக்காலத்திலே விவரணத்தில் கதிர்வீசியின் உருவம் கொடுக்கப்படுவதில்லை.

இந்தத் தலைமைநியமவளவின்றெடர்பிலே எழுகின்ற மிகமுக்கியமான சிக்கல்களிரண்டை இப்போது விவாதித்தல்வேண்டும். முதலாவதாக, ஒளியைக்கொடுக்குங் குழியானது குகையின் முடியிலிருப்பது அவசியமாதலின், அலகை வரையறுக்கும் ஒளிர்வுச்செறிவானது நிலைக்குத்தான திசையிலிருப்பதேயாகும். அளவிடையொன்றிலே நேரான ஒளியளவுக்கு இது மிகவும் வசதியற்றதாகும். இச்சிக்கலை மேற்கொள்வதற்காக, முழுவுட் டெறிப்பரியம் P ஆனது குகைக்குமேலே வசதியான தூரத்தில் வைக்கப்படும். இது உருவம் 27.01 (*b*) இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. துரதிட்டவசமாக இது சிக்கலொன்றை உண்டாக்குகின்றது. எனெனில், ஒளிமானியொன்றின் தலைப்பினது ஒப்புமைப்பரப்பொன்றிலே குழிக்கதிர்வீசியின் துவாரத்தினது மிகவும் பெருத்த விம்பமொன்றை உண்டாக்குவதே, விளக்கொன்றின் ஒளிர்வுச்செறிவையளக்க இந்த நியமவளவை உபயோகித்தற்குரிய வசதியான வழியாகும். இதனைச்செய்வதற்கு ஒருங்குவில்லை L ஆனது கதிர்வீசிக்கு, ஆகவே அரியத்திற்கு, கூடியவளவு அண்மையிலே

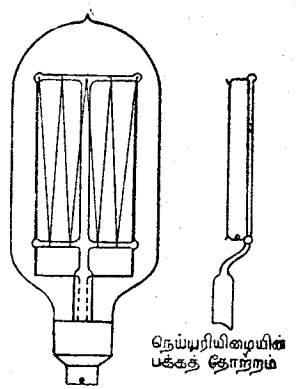
வைக்கப்படுதல்வேண்டும். வில்லையிலும் தெறிப்பரியத்திலும் ஒளிமின் சிதைவுக்கு இடம் விடப்படவேண்டியது அவசியமென்பது தெளிவாகு மாதலின், மெய்யான இச்சேர்க்கையின் செலுத்துங்காரணி பெறப்படக் கூடிய ஆகவுயர்ந்த திருத்தத்துடன் அளக்கப்படுதல்வேண்டும். இதனைச் செய்வதற்குப் பலமுறைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. ஆனால், இன்றியமை யாத சந்தேகம், ஒளிர்வின்செறிவிற்குரிய உபநியமவளவுகளை நிலைநாட்டு வதில் உண்டாகக்கூடிய வழுவிற்குக் காரணமாகின்றது.

கதிர்வீசியின் வெப்பநிலையை ஆளுதற்கு உபயோகிக்கப்படும் பிளாற் றினத்தின் தூய்மையானது உபயோகிக்கப்பட்ட ஒவ்வொரு நேரத்தின் பின்புஞ் சரிபார்க்கப்படும் என்று சொல்வது பொருத்தமானதேயாம். இவ் வாறு சரிபார்க்க உலோகக்கட்டியிலிருந்து கம்பியை இழுத்து, 0°C இலே கம்பியின் மின்தடையினோடு அப்போதுள்ள கொதிநீராவியின் வெப்பநிலை யில் அதன் மின்தடையினது விகிதத்தையளக்கப்படும்.

ஒளிர்வுச்செறிவின் தலைமைநியமவளவினோடு சம்பந்தப்பட்ட மற்றொரு சிக்கல் யாதெனின், நியமவளவிலிருந்துவரும் ஒளியின் நிறமானது இன் றையச் செய்முறை முதலிடங்கள் பலவற்றினால் கொடுக்கப்படுவனவற்றி லிருந்து மிகவும் வேறுபட்டிருப்பதேயாம். இதன்றொடர்பிலே முதலிட மொன்றின் நிறவெப்பநிலை என்பதன் அறிவை உபயோகிப்பது வசதி யாயிருக்கும். நிறத்திலே முதலிடத்தினோடு பொருந்தியுள்ளதும், கட்புல னுகும் பாகத்திலுள்ளே ஏறத்தாழ அதேதிருசியப்பரவலின் கதிர்வீ சலைக் காலுவதுமான முழுக்கதிர்வீசியின் வெப்பநிலையென நிற வெப்ப நிலையென்பது வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. தலைமைநியமவளவின் நிற வெப்பநிலையானது பிளாற்றினந் திண்மமாவதன் வெப்பநிலையேயாம் (2042°K) ; ஆனால், தங்குதனிழை வெற்றிடவிளக்கொன்றின் வெப்ப நிலை ஏறத்தாழ 2360°K ஆகவும், வாயுநிரம்பிய விளக்குகளின் வெப்ப நிலை 2800°K இலிருந்து 3000°K மட்டும் இருக்கின்றது. ஆகவே, தலைமைநியமவளவினால் நிலைநாட்டப்பட்ட அலகின் சார்பாக இவ்வகையான முதலிடங்களின் ஒளியளவானது பலநிறவொளியளவுக்குரிய சந்தேகங் களெல்லாவற்றையும் உண்டாக்குகின்றன.

ஒளியளவின் உபயோகத்திற்குரிய ஒளிர்வுச்செறிவினது உபநியமவளவு கள்.—முந்திய பந்தியிற் கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒளிர்வுச்செறிவின் தலைமை நியமவளவினது விவரணத்திலிருந்து இவ்வகையான நியமவளவொன்று தேசியப் பௌதிகப் பரிசோதனைச்சாலைகளொன்றிலேயே வைக்கப்படலா மென்று உடனே தெளிவாகும். சாதாரணப் பரிசோதனைச்சாலை வேலைகளுக்கு உபநியமவளவுகள் உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும். இவற்றின் ஒளிர்வுச் செறிவுகள் தலைமைநியமவளவினோடு ஒப்பிடப்பட்டுக் கவனமாக அளக்கப் படுதல்வேண்டும். உபநியமவளவுகளாக சுவாலைவிளக்குகளின் உபயோகம் இக்காலத்திற் கைவிடப்பட்டுள்ளது. வசதி கூடிய தங்குதனிழை மின்விளக் கினால் இதனிடம் எடுக்கப்பட்டுள்ளது.

திருத்தமான வேலைக்கு உருவம் 27.02 இற் காட்டப்பட்டருப்பதுபோல விசேடமாக அமைக்கப்பட்டுள்ள விளக்கொன்றை உபயோகிப்பது விரும்பத் தக்கதாகும். தங்குதனிழையானது தனித்தள மொன்றிலே ஏற்றப்பட் டுள்ளது. உபயோகப்படும்போது இத்தளமா னது ஒளியளவிடையின் அச்சுக்குச் செங் குத்தாக ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளது. இத்த ளத்திலிருந்து ஒளிமானியின் தலைப்புமட்டும் தூரங்கள் அளக்கப்படும்.



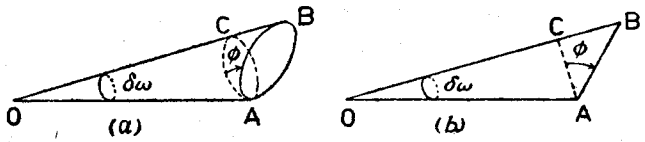
உருவம். 27.02.—நி. பி. வி. உபநியமவிளக்கு.

உபநியமவிளக்கின் நியமப்பிளாங்கியன் விளக்கினுருவத்திலே இழையின் தளத்திற் குச் செங்குத்தான கோட்டில் ஒளிர்வுச்செறி வின் பெறுமானமானது அளவுத்தேவைக ளுக்கு வழக்கமாகக் கொடுக்கப்படுவதேயாம். மெய்யான நிலையிலிருந்து சிறிய விலகல்கூட ஒளிர்வுச்செறிவின் நியமப் பெறுமானத்திலே ஏறத்தாழ விளைவற்றதாயிருக்குமென்பதே இவ்வொழுங்கின் முக்கியமான நயமாகும். ஒளிர்வுச் செறிவின் உபநியமவளவாகும் விளக்கொன்று நியமமாக்கப்படு முன்பு மிக்க கவனமாகப் "பழக்கப்படுதல்" வேண்டும். அதாவது, ஆகக்குறைந்தது 100 மணித்தியாலங்களுக்கு அதனை ஓடவிட்டு அதன்பின் நியமவழுத்தத்திலேனும் நியமவோட்டத்திலேனுந் தொழிற்பட விடுதல் வேண்டும். விளக்கு நியமமாக்கப்பட்டதிலும் மிகுதியான அழுத்தத்திலே சில செக்கன்களுக்கேனும் நியமவிளக்கானது எந்தச் சந்தர்ப்பத்திலும் ஓடவிடப்படக்கூடாது.

இவ்வுபநியமவளவுகளைச் செய்யும்போது இழைக்குந் தலைப்புகளுக்கு மிடையேயுள்ள பொருத்துகளெல்லாம் ஒட்டப்படுதல்வேண்டும். கடத்தலினால் இழையின் அவ்விடத்தைய குளிரலின் காரணத்தினால் ஒளிர்வுச்செறிவிலே ஒழுங்கீனங்கள் மாற்றமுண்டாக்கக்கூடுமாதலின், இளக்கமான கொளுக்கி களும் தாங்கிகளுந் தவிர்க்கப்படும். இத்துடன், கண்ணுடிச்சூழியானது சாதாரண விளக்கிலிருப்பதிலும்பார்க்க நீளம் குறைந்திருக்கும். எல்லா விளக்குகளிலும் உண்டாகும் கரிப்படிவின் காரணத்தினால், விளக்கின் ஒளிர் வுச்செறிவுக்குறைவைக் குறைப்பதற்காகவே அமைப்பிலே இந்தமாற்றம் உண்டாக்கப்பட்டது. உலோகத் தங்குதனின் நுண்ணிய படிவின் காரணத் தினாலேயே கரிப்பூச்சுண்டாகின்றது. இப்பூச்சுக் கடைசியாக அற்றுப்போ கின்றது. கடைசியாக, கண்ணுடியின் தடிப்பு ஒரேசீராயிருத்தல்வேண்டும். அன்றேல், அந்தந்தவிடங்களில் ஒளிர்வுச்செறிவின் சிறிய மாற்றங்கள் எழலாம்.

ஒப்பீட்டுவிளக்குகள்.—அவசியந் தேவையான போதன்றி ஒளிர்வுச்செறிவின் உபநியமவளவுகள் உபயோகிக்கப்படுதல்கூடாது. வியாபாரத்திற்குரிய ஒளி யளவுப் பரிசோதனைச் சாலையிலே ஒப்பீட்டு விளக்கொன்றை உபயோகிப்பது வழக்கம். ஒவ்வொருந ளின் வேலையாரம்பத்தின்போதும் உபநியமவளவு விளக்கொன்றைக்கொண்டு இவ்விளக்கானது நியமமாக்கப்படும்.

திண்மைக்கோணங்கள்.—AB என்பது, உருவம் 27.03 (*a*), பரப்பொன் றின் பாகமெனவும், O என்பது கொடுக்கப்பட்ட ஒரு புள்ளியெனவுங் கொள்க. O இலிருந்து பரப்பளவின் எல்லையிலுள்ள புள்ளிகளினூடு நேர் கோடுகளின் தொடரொன்று வரையப்பட்டால், இக்கோடுகள் போதியவளவு தொகையாயிருப்பின், கூம்பொன்று உண்டாக்கப்படும். இக்கோடுகள் கூம் பின் பிறப்பாக்கிகள் எனப்படும். மேலேயுள்ள கூம்பானது ஒவ்வொன்றிலு மிருந்து ஒரு பரப்பளவை வெட்டக்கூடியதாக, O ஐ மையமாகக்கொண்டு கோளங்களின் தொடரொன்று வரையப்படுகின்றதெனக் கொள்க. இப் போது, இப்பரப்பளவுகளிலொன்றை ஒத்த கோளத்தின் ஆரையினது



உருவம். 27.03.—திண்மக்கோணங்கள்.

வர்க்கத்திலும் வகுத்துப்பெறும் விகிதமானது கூம்பு OAB இற்கு ஒருமை யாகும். தளக்கோணமொன்றை அளக்கும் வளக்கமான முறையிலே டொப்ப, மேலேயுள்ள விகிதமானது பரப்பு AB இலும் O இலே எதிர் வீழ்த்தும் **திண்மக்கோணத்தின் அளவு** எனப்படும்.

இப்போது AB என்பது ஒரு சிறிய பரப்பளவேனவும், AC என்பது கூம் பிலும் வெட்டப்பட்ட OA ஆரையையுடைய கோளத்தின் பாகமெனவுங் கொள்க. AB இன் பரப்பளவு δS எனின், AC = AB கோசை ϕ, உருவம் 27.03 (*b*). OA = r ஆயின்,

$$\delta S = AC \text{ சிக } \phi = r^2 \text{ சிக } \phi . \delta\omega \quad \left[\because \frac{AC}{r^2} = \delta\omega \right],$$

இங்கு $\delta\omega$ என்பது திண்மக்கோணம் AOB இன் அளவாகும்.

[பரப்பின் பரப்பளவு $4\pi r^2$ ஆதலின், கோளப்பரப்பிலும் அதன்மையத் திலே எதிரமைக்கப்படுங்கோணம் 4π ஆகும்.]

ஒளியளவியலில் உபயோகிக்கப்படும் சில சொற்களின் வரைவிலக்கணங் கள்.—(அ) ஒளிப்பாயம்.—ஒளிக்கற்றையென்பது சத்தியின் அருவிப்பாய்ச்ச லாதலின், சத்திப்பாய்ச்சலின் வீதத்தைப்பற்றிய எண்ணத்தை இங்கு கொண்டுவருவது இயல்பாகக் தோற்றுகின்றது. இது ஒளிப்பாயம் எனப்படும். ஆனால், ஒளிக்கற்றையொன்று கண்ணைத் தூண்டாத செந்நிறக்கீழ்க் கதிர்

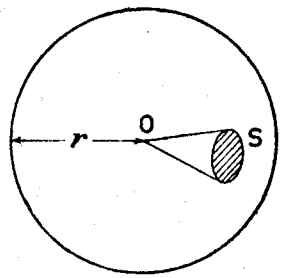
வீசல்களையும் ஊதாக்கடந்த கதிர்வீசல்களையுங் கொண்டுள்ளதென்பதை மனதில் வைத்துக்கொள்ளுதல் வேண்டும். எனினும், ஒளியளவியலிலே ஒளிக்கற்றையொன்றிலுள்ள கதிர்வீசலின் பார்வைவிளைவைமட்டுமே கருத வேண்டுமாதலின், ஒளிமுதலிடமொன்று பலவகைகளிற் சத்தியைக்காலு கின்ற வீதத்தை மட்டுங் கூறுவது போதியதன்று. சர்வதேசவழக்கின்படி, **பார்வைவிளைவின் தொடர்பிலே மதிக்கப்பட்ட கதிர்வீசற்சத்தியின் செலவு வீதமே** ஒளிப்பாயமென வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது.

(ஆ) ஒளிர்செறிவு.—ஒளிர்முதலிடங்களெல்லாம் எல்லாத்திசைகளிலும் சமவீதத்திலே ஒளிர்சத்தியைக் காலுவன வாயின், எந்த முதலிடத்திலு மிருந்து ஒளிப்பாயம் முழுவதையும் மட்டும்கூறி அதனொளிகொடுக்கும் வலுவை நியமமாக்கலாம். செய்முறையிலே இந்த நிபந்தனை பூர்த்தியாவது அரிதினுமரிது. எனவே, கொடுபட்ட முதலிடமொன்று குறித்ததிசையொன் றிலே ஒளிப்பாயத்தை வழங்கும் வீதத்தை நியமமாக்க ஏதாவதொரு வழியிருப்பது அவசியமாகின்றது. இதுகாறும் பரிசோதனைமூலம் ஒளிப்பா யத்தை அளப்பதெப்படியென நாம் காட்டவில்லையாதலின், இது பாரதூர மான இடரை உடனே கொண்டுவருகின்றது. இதனைச் செய்வதற்கு நியம வளவு ஒளிமுதலிடமொன்றை அறிமுகஞ் செய்து வரையறுக்கவேண்டியது அவசியமாகின்றது. இவ்வத்தியாயத்தின் முற்பகுதியிலே இது முன்னரே செய்யப்பட்டுள்ளது. எனவே, **தலைமைநியமவளவினுற் காலப்படுவதிலும் பார்க்க அறுபதிலொருபாகம் முழுவொளிப்பாயத்தையுடைய ஒளியின் ஒரு சீரான புள்ளி முதலிடமொன்று இருக்கக்கூடுமாயின், அது ஒரு சர்வதேச மெழுகுதிரியின் ஒளிர்செறிவையுடையது** என்று மட்டும் இங்கே சொல்லுவது போதியதாகும்.

உவாசு (Walsh) என்பவர் ஒளிர்செறிவைப்பற்றிப் பின்வருமாறு எழுது கின்றார்: "முதலிடமொன்றின் ஒளிவளங்கும் வலுவைக்குறித்துப் பழங் காலத்திலே பொதுவாக உபயோகிக்கப்பட்ட சொல்லானது "மெழுகுதிரி வலு" என்பதாகும். இந்தச் சொல்லானது அலகின் பெயரைச் சேர்த்திருந்த போதிலும், அக்கணியத்திற்குரிய பொதுக்கூற்றுக முழுவதுந் திருப்திபட முடியாது. ஆகவே, "ஒளிர்செறிவு" என்ற சொல்லே எப்போதும் உபயோ கிப்பது விரும்பத்தகுந்ததாகும்."

இலுமன்.—O என்பது, உருவம் 27.04, ஆரை r ஐயுடைய கோளமொன் றின் மையமெனவும், O இலே ஒரு சர்வதேசமெழுகுதிரி ஒளிர்செறிவை யுடைய ஒரு சீரான புள்ளிமுதலிட மொன்றிருக்கின்றதெனவுங் கொள்க. இந்த முதலிடத்திலிருந்துவரும் பாயம் கோளப்பரப்பின் மேலே ஒரே சீராய்ப் பரவியிருக்கும். எனவே, S என்பது இந்தப்பரப்பின் ஒரு பாக மெனின், S இன் சுற்றிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியையும் O இலோடு நேர்கோடுகளினூல் இணைப்பதனூலுண்டாகும் கூம்பிலே அது எற்கும் பாய மெல்லாம் இருக்கும். எனவே, O இலிருக்கும் ஒருசீரான புள்ளிமுதலிடத் திலிருந்துவரும் பாயத்தின் $\frac{S}{4\pi r^2}$ பின்னபாகத்தை S எற்கின்றது. இப்

போது $\frac{S}{r^2}$ என்பது O இலே S எதிரமைக்கின்ற திண்மக்கோணத்தை அளக்கின்றது. அதாவது, $S = r^2$ ஆகும்போது திண்மக்கோணத்தின் அலகொன்றைப் பெறுகின்றோம். ஆகவே, ஒளிப்பாயத்தின் அலகானது ஒரு சர்வதேசமெழுகுதிரியின் ஒருசீரான புள்ளி முதலிடமொன்றினால் திண்மக் கோணவலகொன்றினுள்ளே காலப்படும் பாயமென வரையறுக்கப்படும். அல்லது, கோளத்தின் மையத்திலே ஒரு சர்வதேசமெழுகுதிரியின் ஒரு சீரான புள்ளிமுதலிடமொன்று வைக்கப்படும்போது, ஆரையலகின் கோளமொன்றினது பரப்பலகினூற் செக்கலனொன்றில் எற்கப்படும் ஒளிர்ச்சத்தியினளவெனவும் வரையறுக்கப்படும். இந்தவலகு **இலுமன்,** எனப்படும்.



உருவம் 27.04.—இலுமன்.

முழுக்கோளமொன்றின் பரப்பு அதன் மையத்திலே எதிரமைக்கும் திண்மக்கோணம் 4π அளக்கின்றதாதலின், ஒரு சர்வதேசமெழுகுதிரியின் முதலிடமொன்றிலிருந்துவரும் பாயம் 4π இலுமன்களாம். எனவே, விகிதசமப்பங்கீட்டின்படி, ஒளிர்வுச்செறிவு I ஐயுடைய புள்ளிமுதலிட மொன்றிலிருந்து வரும் பாயம் $4\pi I$ இலுமன்களாகும்.

ஒளிர்வு.—பரப்பொன்றிலுள்ள ஒளிர்வு E ஆனது செக்கலனொன்றிற்கு அதன் பரப்பலகொன்றிலே விழுகின்ற ஒளியின் கணியமாகுமென வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த வரைவிலக்கணத்திலே பாயமானது பரப்பை அடைகின்ற திசையிலே எவ்வாற்றானுந் தங்கியிராது, அந்தப் பரப்பில் விழுகின்ற முழுப்பாயத்தையுங் கருதுகின்றோமென்பது அவதானிக்கத்தக்கது. இன்னும், பரப்பானது ஏற்கின்ற பாயத்தைமட்டுங் கருதுகின்றோமேயன்றிப் பரப்பையடையும்போது நிகழ்வதைக் கருதுவதில்லையாதலினால், ஒளிச்சத்தியை ஏற்கும் பரப்பின் இயல்பிலாவது நிறத்திலாவது ஒளிர்வு தங்கியிருக்கவில்லையென்பது பெறப்படும். இதனைப் பரப்பின் துலக்கத்தினோடு மயக்கவிடுதல் கூடாது. ஆகவே, ஒளிமுதலிடமொன்றிலிருந்து சமதூரங்களிலே மாறிமாறி வைக்கப்பட்டனவும் அதன்றொடர்பிலே சமமாகப் பிரகாசிக்கச் செய்யப்பட்டனவுமான கறுப்புப் பரப்பொன்றும், வெள்ளைப் பரப்பொன்றும் சமமாக ஒளிர்வனவெனினும், அதன்மேல் விழுகின்ற மிகுதியானவளவு சத்தியை உறிஞ்சுகின்ற கறுப்பு பரப்பானது படுஞ்சத்தியில் மிகுதியானவளவைத் தெறிக்கச் செய்கின்ற வெள்ளைப்பரப்பைப்போலத் துலக்கமாயிராது.

ஒரே சீரான புள்ளி முதலிடமொன்றிலிருந்து செக்கலனொன்றிற் காலப்படும் ஒளிச்சத்தி அல்லது ஒளிப்பாயம் F ஆயின், முதலிடத்தினோடு பொருந்தும் மையத்தையும் ஆரை r ஐயுமுடைய கோளமொன்றின்

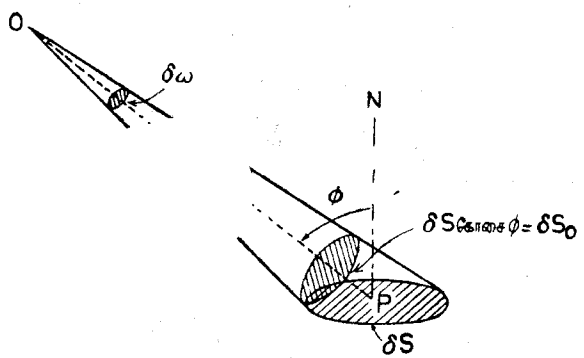
எந்தப் பாகத்திலுமுள்ள ஒளிர்வு E ஆனது, பரப்பலகொன்றிற்குரிய பாயமாகிய $\frac{F}{4\pi r^2}$ ஆகும். முதலிடத்தின் ஒளிர்செறிவு I ஆயின், $F = 4\pi I$ எனப் பெறுகின்றோம்.

அதாவது, $$E = \frac{I}{r_2}.$$

பின்னே கூறப்போவதிலிருந்து காணப்படுவதுபோல, கருதப்படும் பரப்பிற் செங்குத்தாக ஒளியானது விழும்போது மட்டுமே இச்சமன்பாடு மெய்யானதாகின்றது.

பரப்பொன்றிலுள்ள ஒளிர்வானது **அடிமெழுகுதிரிகள்** அல்லது **மீற்றர் மெழுகுதிரிகள்** எனக் குறிக்கப்படுவது வழக்கம். எனவே, பரப்பொன்றிலுள்ளிர்வு நான்குமீற்றர் மெழுகுதிரிகள் என்று சொல்லும்போது அதிலிருந்து ஒரு மீற்றர் தூரத்தில் வைக்கப்பட்ட நான்கு சர்வதேச மெழுகுதிரிகளின் புள்ளிமுதலிடத்தினால் ஒளிரப்படுவதே கருதப்படும். மீற்றர் மெழுகுதிரியானது **இலட்சு** என்றுஞ் சொல்லப்படும்.

லம்பேட்டின் கோசைன் விதி.—ஒளிசெல்லுந்திசைக்குச் செங்குத்தான பரப்பிலேயே ஒளிர்வை இதுகாறுங் கணிக்கமுடிந்தது என்பது குறிப்பிடத்தகுந்தது. இந்தக் கட்டுப்பாட்டை நீக்கவேண்டுமேயானால், δS என்பது,



உருவம். 27.05.—லம்பேட்டின் கோசைன் விதி.

உருவம் 27.05, ஒளிர்செறிவு I ஐயுடைய புள்ளிமுதலிடம் O இலிருந்து தூரம் r இலுள்ள பரப்பொன்றின் ஒரு மூலகமெனக்கொள்க. δS என்பது O இலே திண்மக்கோணம் $\delta\omega$ எதிரமைத்து ஆரை r இனோடு கோணம் ϕ இற் சாய்ந்துள்ளதெனவுங் கொள்க. அதாவது, δS இன் எந்தப் புள்ளியினுமிருந்து பரப்பிற்கு வரையப்படும் செவ்வன் ஆரை r இனோடு கோணம் ϕ ஐ ஆக்கும். δS_0 என்பது திண்மக்கோணம்

$\delta\omega$ ஐயுடைய மூலகக்கூம்பினால் வெட்டப்பட்ட, மையம் O ஐயும் ஆரை r ஐயுமுடைய கோளமொன்றின் பரப்பினது பாகமெனவுங் கொள்க. எனின்,

$$\delta S_0 = \delta S \text{ கோசை } \phi$$

ஆகின்றது, இங்கு ϕ என்பது பரப்புமூலகங்களிரண்டினுக்குமிடையேயுள்ள கோணமாகும்.

δS_0 இலுள்ள எந்தப்புள்ளியிலும் ஒளிர்வு $\frac{1}{r_2}$ ஆதலின், அந்த மூலகத்திலுள்ள பாயம் $\left(\frac{1}{r^2}\right)\delta S_0$ ஆகும். இந்த மூலகம் உண்மையிலில்லாவிட்டால், பாயமானது δS இலே விழும். வரைவிலக்கணத்தின்படி δS இலுள்ள புள்ளியொன்றில் ஒளிர்வு E ஆனது பரப்பலகொன்றிற்குரிய பாயமாகும்.

அதாவது, $$E = \frac{I}{r_2}.\ \delta S_0 \div \delta S = \frac{I}{r_2} \text{ கோசை } \phi.$$

இச்சமன்பாடானது **லம்பேட்டின் கோசைன்விதி** யினது தோற்றமாகும்.

குறித்த திசையொன்றிலே ஒளிர்செறிவு.—ஆரை r ஐயுடைய கோளமொன்றின் மையம் O இலுள்ள ஒளிர்செறிவு I இன் ஒரு சீரான புள்ளி முதலிடமொன்றைக் கருதுக. இதிலிருந்துவரும் ஒளிப்பாயம் $4\pi I$ எனக்காட்டப்பட்டிருப்பதனால், கோளப்பரப்பின் எந்தப்புள்ளியிலுமுள்ள ஒளிர்வு E, $\frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{I}{r_2}$ ஆகும். எனவே, கோளத்தின் பரப்பு δS இலுள்ள பாயமானது $\delta F = E\delta S$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.

$$\therefore \delta F = \frac{1}{r^2}\,\delta S = I\delta\omega.$$

இங்கு $\delta\omega$ என்பது O இலே δS எதிரமைக்கும் திண்மக்கோணமாகும்.

$$\therefore I = \text{எல்}\ \frac{\delta F}{\delta\omega} = \frac{dF}{d\omega}.$$

ஒளிமுதலிடமானது பாயத்தை ஒருசீராய்க் காலாதிருப்பின், குறித்த வொரு திசையிலே ஒளிர்செறிவைப் பற்றிப் பேசவேண்டியது அவசியமாகின்றது. இதனை வரையறுக்கவேண்டுமாயின், திண்மக்கோணம் $\delta\omega$ இன் உற்பத்தியிலுள்ள புள்ளி முதலிடத்திலிருந்துவரும் ஒளிப்பாயம் δF ஆயின், திண்மக்கோணம் $\delta\omega$ இனச்சினால் வரையறுக்கப்பட்ட திசையிலே ஒளிர்செறிவு,

$$I = \text{எல்}\ \frac{\delta F}{\delta\omega} = \frac{dF}{d\omega},\ \text{என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.}$$

எனவே, கருதப்பட்ட திசையிலே முதலிடத்தினொளிர்செறிவு I ஆயின், $F = \int I.\,d\omega$ ஆகும்.

முதலிடங்களிரண்டின் ஒளிர்செறிவினது ஒப்பீடு.— புள்ளிமுதலிடங்களிரண்டு அவற்றிலிருந்து முறையே r_1, r_2 தூரங்களிலுள்ள சிறிய திரைகளிலே சமவொளிர்வுகளை உண்டாக்குமாறு ஒழுங்குசெய்யப்பட்டால், ϕ_1, ϕ_2 என்பன முறையே r_1, r_2 களினூடு பரப்புக்களின் செவ்வன்கள் உண்டாக்குங் கோணங்களாயின்,

$$\frac{I_1 \text{ கோசை } \phi_1}{r_1^2} = \frac{I_2 \text{ கோசை } \phi_2}{r_2^2}$$

ஆகின்றது. ஒளிசெல்லுந் திசைக்குச் செங்குத்தாகத் திரைகள் செப்பஞ் செய்யப்பட்டால், $\phi_1 = \phi_2 = 0$ ஆகும். அப்போது,

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

எனப் பெறுகின்றோம். "ஒளியியற் சமநிலை" என்பது பெறப்பட்டது என்ற உண்மையை இந்தச் சமன்பாடு குறிக்கின்றது.

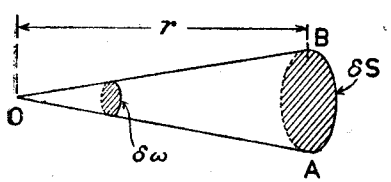
பரப்புகளிரண்டிலுள்ள ஒளிர்வை ஒப்பிடும்போது, இவ்வொளிர்வுகள் பரப்புக்களின் துலக்கத்தினால், அதாவது, அவற்றிலிருந்து தெறிக்கு மொளியினால், மதிக்கப்படுவனவென்பதை மனதிலமைத்துக் கொள்ளல் வேண்டும். ஆகவே, பரப்புக்களிரண்டினதும் தெறிப்புவலுக்கள் சமமாயிருத்தல் அவசியமாகும். இங்கு, பரப்பொன்றில் விழும் ஒளியின் கணியம் Q ஆயின் அப் பரப்பிலிருந்து தெறிக்கும் கணியம் Q_1 ஆகும்போது, விகிதம் $\frac{Q_1}{Q}$ என்பது பரப்பின் **தெறிப்புவலு** எனப்படும்.

துலக்கம்.—ஒளிச்சத்தியையேற்கும் பரப்பொன்றிலேயுள்ள ஒரு புள்ளியிலுள்ள ஒளிர்வானது அப்பரப்பின் இயல்பிலே தங்கியிருப்ப தில்லை. எனவே, 278, III ஆம் பக்கத்திற் குறிப்பிடப்பட்டதுபோல, பக்கத்துக்குப் பக்கமாயுள்ள வெள்ளைக் காகிதத்துண்டொன்றும் கறுப்புத்துணியின் துண்டொன்றும் செக்கனொன்றிலே பரப்பலகொன்றில் ஒரேயளவு ஒளிச்சத்தியை ஏற்கும்போது சமமாக ஒளிரப்படுகின்றன. ஆயினும் பார்ப்பவருக்கு இவை வெவ்வேறுகத் தோற்றுகின்றன. கண்ணைநோக்கித் "தெறிக்கும்" படுமொளிச்சத்தியின் தொடர்பிலே மேலேயுள்ள பரப்புகளிரண்டும் வெவ்வேறு வகைகளில் ஒழுகுந் தன்மையினாலேயே இவ்வகையான வித்தியாசம் உண்டாகின்றதெனக் கருதப்படுகின்றது. குறிக்கப்பட்ட திசையொன்றிலே ஒரு பரப்பின் **துலக்கம்** என்பது பரப்பு மூலகத்தின் ஒளிர்வுச் செறிவைக் குறிக்கப்பட்ட திசைக்குச் செங்குத்தான தளமொன்றில் எறியப்பட்ட மூலகத்தின் பரப்பளவினால் வகுத்துவந்த ஈவு எனவரையறுக்கப்படும். **துலக்கத்தினலகு** மெழுகுதிரி சமீ$^{-2}$ ஆகும். இது பெரும்பாலும் **இலம்பேட்டு** என்று சொல்லப்படும்.

பரப்பொன்றின் துலக்கமானது அது அவதானிக்கப்படுந் தூரத்திலே தங்கியிருக்கவில்லை. அதாவது, விழித்திரையிலெளிர்வானது ஒருமையாயிருக்கும். ஒளிச்சத்தியின் பாயமும் விழித்திரைவிம்பமும் தூரத்தின் வர்க்கத்திற்கு நேர்மாறு விகிதசமமாயிருத்தலினாலேயே இவ்வாறிருக்கின்றது.

தனித்திசையொன்றிலே ஒளிர்செறிவினளவு.—நேர்மாறு வர்க்கமுறையினால் ஒளியளவு.—அடுத்துள பரப்புகளிரண்டு சமதுலக்கமாயிருக்கின்றனவா அல்லவாவென ஓரளவிற்குத் திருத்தமாக மனிதனுடைய கண்ணினாற் தீர்மானிக்கமுடியுமென்ற உண்மையே ஏறத்தாழச் செய்முறை ஒளியளவுகளுக்கெல்லாம் அடிப்படையானதாகும். இவ்வகையான தீர்மானத்திற்கு உதவும் எந்தக்கருவியும் **ஒளிமானி** எனப்படும். **பெச்சினர்** (1885) என்பவரின் அபிப்பிராயப்படி, மிகக்குறைந்த அறியக்கூடிய துலக்கத்தின் வித்தியாசமானது ஒருமையான ஒரு பின்னமாகும். இப்பின்னம் **ஏறத்தாழத் துலக்கத்தின் ஒரு நூற்றுவீதமாகும்.** இந்த நூற்றுவீதமானது **பெச்சினரின் பின்னம்** எனப்படும். ஒரு நூற்றுவீதம் அல்லது கூடுதலான துலக்கவித்தியாசமுடைய அண்மைப்பரப்புகளிரண்டைக் கண்களால் வேறுபடுத்தியறியமுடியுமென்று இதனாற் பெறப்படும். இக்கால ஒளியளவிலே மனிதன்கண்ணை ஒளிமின்கலமொன்றினாற் பிரதியிடும் முயற்சி எடுக்கப்படுகின்றது.

ஒளிமானியின் எளிய உருவமானது ஒளிர்வின் நேர்மாறுவர்க்கவித்திக் கடங்கி முக்கியமாக இரண்டு பாகங்களைக்கொண்டது. முதலாவதாக **ஒளிமானி,** அல்லது இன்னுங் கூடிய பொருத்தமாக, ஒளிமானித்தலைப்பு ஆகும். இது ஒளிமானித்தலைப்பினுள்ளே பரப்புகளிரண்டு எப்போது சமதுலக்கமாயிருக்கின்றனவென ஒருவர் மதிக்க உதவுகின்ற விசேடவமைப்பையுடைய ஆய்கருவியாகும். ஒவ்வொரு பரப்பும் ஒளிர்செறிவுகள் ஒப்பிடப்படவேண்டிய முதலிடங்களிரண்டினுள் ஒன்றிலிருந்து மட்டுமே ஒளியைப் பெறுதல்வேண்டும். இத்துடன், ஒளிமானித் தலைப்பும் ஒளி முதலிடங்களும் தெரிந்த நிலைகளில் ஏற்றப்படக்கூடிய அளவுகுறிக்கப்பட்ட அளவிடையுமுண்டு.



உருவம் 27.06.—ஒளிமானியொன்றின் தத்துவம்.

δS என்பது, உருவம் 27.06, I ஒளிர்செறிவின் புள்ளிமுதலிடமொன்றிலிருந்து தூரம் r இலும், ஆரை r இற்குச் செங்குத்தாயுமுள்ளபரப்பின் ஒரு மூலகமெனக்கொள்க. δS ஆனது முதலிடத்திலே திண்மக்கோணம் $\delta\omega$ ஐ எதிரமைக்குமாயின் δS இலுள்ள பாயம் $I\delta\omega = I\frac{\delta S}{r^2}$ ஆகும். ρ என்பது பரப்பிற்குரிய தெறிப்புக்காரணியாயின், அதாவது, பரப்பின் மேற்படும் ஒளிப்பாயத்திற்கு அதனாற் தெறிக்கப்படும்

ஒளிப்பாயத்தின் விகிதமாயின், δS இலிருந்துவரும் பாயம் $\rho\frac{I\delta S}{r^2}$ ஆகும். ஆகவே, δS இன் ஒளிர்வானது, (செங்குத்தானதெனக் கருதப்படுவதாதலின்)

$$\frac{\rho I\delta S}{r^2} \div \delta S = \rho\frac{I}{r^2} \text{ ஆகும்.}$$

ஆகவே, முதலிடங்களிரண்டினது ஒளிர்செறிவுகளை I_1, I_2 எனவும், ஒளியளவுச்சமநிலை பெறப்பட்டதும் ஒளிமானித்தலைப்பிலிருந்து அவற்றின் தூரங்களை r_1, r_2 எனவும், பரப்புகளிரண்டிற்குமுரிய தெறிப்புக்காரணிகள் ρ_1, ρ_2 எனவும் கொண்டால்,

$$\frac{\rho_1 I_1}{r_1^2} = \frac{\rho_2 I_2}{r_2^2} \text{ ஆகின்றது.}$$

$\rho_1 = \rho_2$ ஆயின், எல்லோருமறிந்த தொடர்பான

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \text{ பெறப்படுகின்றது.}$$

ஒளிமானியளவிடையின் உபயோகம்.—முதலிடங்களிரண்டின் ஒப்பீட்டிற்குரிய முறையொன்று எமது மனதில் உடனே உதயமாகின்றது. இந்த முறை பின்வருமாறு :—ஒளிமானித்தலைப்பின் பக்கத்துக்கொன்றாக முதலிடங்கள் வைக்கப்பட்டபின், ஒளியளவுச்சமநிலை பெறப்பட்டதும் ஒளிமானித்தலைப்பிலிருந்து அவற்றின் தூரங்கள் அவதானிக்கப்படும். முந்திய பந்தியிலுள்ள சமன்பாட்டினால் $\frac{I_1}{I_2}$ இற்குரிய பெறுமானமொன்று காணப்படும். ஒளிமானித்தலைப்பின் பரப்புக்களிரண்டினுக்குமுரிய தெறிப்புக்காரணிகள் சமமெனக் கொள்ளப்பட்டனவாதலின் இந்த முறைக்குப் பாரதூரமான எதிர்ப்பொன்று செய்முறையிலுண்டு. இவ்விடரை மேற்கொள்ளுவதற்காக, ஒளிர்செறிவு I_0, அறியத்தேவையற்றதும், ஆயினும், ஒருமையாயிருப்பதுமான ஒப்பீட்டு விளக்கொன்று உபயோகிக்கப்படும். இந்த விளக்கானது, அளவிடையின் பூச்சியவளவில் வைக்கப்பட்ட ஒளிமானித் தலைப்பிலிருந்து பொருத்தமானதும் மாறுதலுமான தூரத்திலே ஒழுங்கு செய்யப்பட்டுள்ளது. ஆராய்ச்சிக்குரிய விளக்கொவ்வொன்றும் ஒன்றின்பின் ஒன்றாகத் தலைப்பின் மற்றப்பக்கத்தில் வைக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் ஒளியளவுச் சமநிலை பெறப்படும். எனின்,

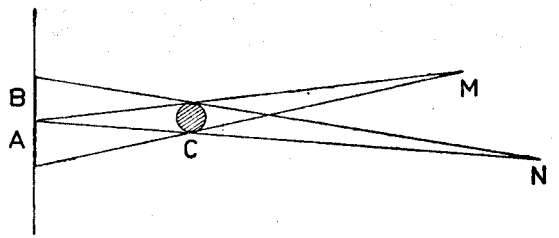
$$\frac{\rho_1 I_0}{r_0^2} = \rho_2\frac{I_1}{r_1^2}\text{; இத்துடன் } \frac{\rho_1 I_0}{r_0^2} = \rho_2\frac{I_2}{r_2^2},$$

ஆகவே, $$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}.$$

இது I_0 இலும், கருதப்படுந் தெறிப்புக்காரணிகளிரண்டின் சமன்பாட்டைப் பற்றிய எந்தக்கொள்கையிலுந் தங்கியிராத திருத்தமான சமன்பாடாகும்.

இதனுடன், I_1 ஐப்போன்ற முதலிடமொன்றின் ஒளிர்செறிவுக்குரிய பெறுமானமொன்றைக் காணவேண்டுமாயின், I_2 என்பது ஒரு நியம முதலிடமாயிருத்தல்வேண்டும்.

இரம்போட்டினொளிமானி.—ஒளிமுதலிடங்களிரண்டின் ஒளிர் செறிவுகளை ஒப்பிடுதற்குரிய இவ்வெளிய ஒழுங்கானது உருவம் 27.07 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெள்ளைத் திரையொன்றின் முன்பு ஒரொளிபுகாக்கோல்



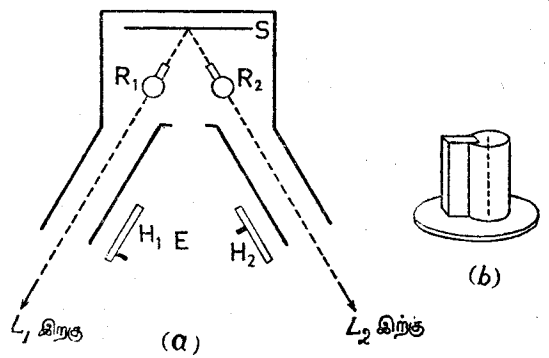
உருவம். 27.07.—இரம்போட்டின் நிழலொழிமானி—முந்திய வகை.

C வைக்கப்பட்டுள்ளது. M, N என்பன ஒப்பிடப்பட வேண்டிய ஒளிமுதலிடங்களிரண்டைக் குறிப்பனவாயின், கோலின் பின்னுல் வைக்கப்பட்டுள்ள திரையொன்றிலே நிழல்களிரண்டு வீழ்த்தப்படுகின்றன. ஒளிர்வானது ஒளிக் கதிர்களின் சரிவிலே தங்கியிருக்கின்றதாதலின், NA, MB நேர்கோடுகள் C இனூடு திரைக்குச் செங்குத்துக் கோட்டினூடு சமசாய்வுடையனவாயிருத்தல் விரும்பத்தக்கது. M மட்டுமே அங்குள்ள முதலிடமாயின் C இன் நிழலினுல் மூடப்படுந் திரையின் பாகமாகிய A ஆனது, இரண்டு முதலிடங்களுமிருக்கும்போது N இலிருந்தும் ஒளியைப் பெறுவதினுல் முழுவதும் இருட்டாயிராது. இதனைப் போலவே, B ஆனது M இலிருந்து ஒளியைப் பெறுகின்றது. A, B நிழல்கள் சரியாய்த்தொட்டுக்கொண்டு ஒன்றிலிருந்து மற்றதைப் பிரித்தறியக் கூடியதாய் வருமட்டும் ஒளிமுதலிடங்களிரண்டும் இயக்கப்படும். நிழல்கள் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்போதே அவற்றின் சமத்துவத்தைத் திருத்தமாய் மதிக்கமுடியுமென அநுபவங் காட்டுவதினுலேயே இவ்வாறு நிழல்கள் தொடும்படி விடப்பட்டன. இவ்வகையான நிலைமைகள் பெறப்பட்டதும்,

$$\frac{I_m}{BM^2} = \frac{I_n}{AN^2}; \text{ அதாவது, } \frac{I_m}{I_n} = \frac{BM^2}{AN^2}.$$

இங்கு I_m, I_n என்பன முறையே விளக்குகள் M, N ஆகியவற்றின் ஒளிர் செறிவுகளாம்.

மிக்க வெளியவகையான இந்தவொளிமானியை **இரம்போட்டு** உபயோகிக்கவில்லை யென்று சில சமயங்களிற் சாதிக்கப்படுகின்றது. 1794 இற் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட இவருடைய முதலாவது ஒளிமானி, $\frac{1}{4}$ அங். விட்டமும் 6 அங். உயரமுங் கொண்ட கோலொன்று, வெள்ளைக் காகிதத்திரையொன்றின்முன் வைக்கப்பட்டுள்ளதாகும். மரத்தவாளிப்புகளிலே இயங்கக்கூடியதாக விளக்குகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இத்தவாளிப்புகள் திரையினூடு சமசாய்வுகளையுடையன. அதாவது, **இரம்போட்டு** சொல்வதுபோல, "ஒரொளியானது மற்றதன் தெறிப்புக் கோட்டிலே திட்டமாகவுள்ளது." "6 அல்லது 8 அங். சதுரமான முகவாடித்துண்டொன்றை காகிதத்தின் மேலே தட்டையாக வைத்து, அந்தத்தளத்திலே ஒளிகளின் மெய்யான தெறிப்புக்கோடுகளை அவதானித்து," இந்த நிலைமை எளிதாகப் பெறப்படும். இதன்பின்பு ஆடி அகற்றப்படலாம். படுகதிர்களின் சாய்விலே ஒளிர்வு தங்கியிருப்பதினுல் **இரம்போட்டினுற்** கையாளப்பட்ட முன்னவதானம் எடுக்கப்படுதல் வேண்டும். பார்ப்பவர் தனக்கும் திரைக்குமிடையே கோலை வைத்துக்கொண்டு, கப்பிகளின்மேற் செல்லும் நாண்களைக்கொண்டு விளக்குகளை இயக்க முடியும்.



உருவம். 27.08.—இரம்போட்டினிழலொளிமானி.

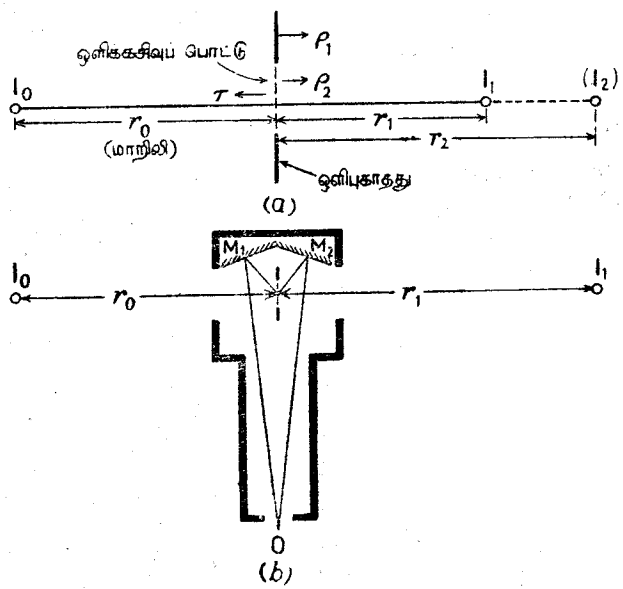
நிழல்களிரண்டுந் திருத்தமாய் அவதானிக்கப்படமுடியாதவாறு ஒன்றிலிருந்து மற்றது மிக்க தூரத்திலிருந்ததினுலோ, அன்றேல், அண்மையிலிருந்தபோது உருளையினுற் கண்ணிலிருந்து குறையாக மறைக்கப்பட்டிருந்ததினுலோ, ஒரேயுருளையினுல் நிழல்களை ஒப்பிடுதல் வசதியற்றதென **இரம்போட்டு** கண்டார். இவ்வசதிக் குறையைத் திருத்துவதற்காக, வெள்ளைக்காகிதத்திரை S இன்முன்பு வைக்கப்பட்டுள்ள உருளையான கோல்கள் R_1, R_2 என்பனவற்றை உருவம் 27.08. (*a*) **இரம்போட்டு** உபயோகித்தார்.

முற்பக்கம்மட்டுமே திறந்துள்ள கறுப்புப்பூசிய பெட்டியொன்றினுள்ளே கோல்களும் காகிதமும் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இதனால் வெளியிலுள்ள ஒளி தவிர்க்கப்பட்டது. இதன்பின் நான்கு நிழல்கள் பெறப்பட்டன. பார் வைமண்டலத்தை ஒடுக்கி வெளியேயுள்ள இரண்டு நிழல்களும் பூரண மாக அகற்றப்பட்டன. இதற்காகக் காகிதத்தின் வெளிப்பாகங்கள் மங்கலான கறுப்புப் பூச்சினாற் பூசப்பட்டன. பித்தளையினாற் செய்யப்பட்ட உருளைகள் $2\frac{1}{8}$அங். உயரமானவை. இவையும் கறுப்புப்பூசப்பட்டுள்ளன. $\frac{11}{20}$அங். அகல மும் $\frac{1}{16}$அங். தடிப்புமுடைய, உருவம் 27.08. (*b*) ஐப் பார்க்க, நிலைக்குத தான புருவம் அல்லது சிறகு பொருத்தப்பட்டுள்ள உருளையொவ்வொன் றும் நிலைக்குத்தான அச்சொன்றைக் கொண்டு சுழலக்கூடியதாயிருக் கின்றது. சாதாரணமாக சிறகுகள் உருளைகளின் நிழல்களினது நடுவி லிருக்கும். ஆயினுந் தேவையானபோது, சிறகுகள் உருளைகளின் நிழல் களிலிருந்து வெளிப்பட்டு அவற்றின் சொந்த நிழல்கள் தோற்றுமட்டும் நிலைக்குத்தச்சுகளைக் கொண்டு உருளைகள் சுழற்றப்பட்டு நிழல்களின் பரப்பு அதிகரிக்கப்படலாம். விளக்குகள் L_1, L_2 என்பனவற்றினால் வீழ்த் தப்பட்ட நிழல்கள் சரியாய்த் திரையினது மையத்தின் நேரே தொட்டுக் கொண்டிருக்குமட்டும் தொடர்ந்து சுழற்சி நிகழ்ந்தது. இவை E இலிருந்து பார்க்கப்பட்டன. H_1 இலும் H_2 இலுமுள்ள கைபிடிகளினாற் றெழிற்படும் நாண்களைக் கொண்டு விளக்குகள் இயக்கப்பட்டு ஒளிர்வின் சமத்துவம் பெறப்பட்டது.

இரம்போட்டு சொல்வதாவது: இந்நிழல்கள் சமமற்ற அடர்த்திகளையுடை யனவாய்க் காணப்படின், அடர்த்தி மிகக்கூடிய ஒளியைத் தூரவகற்றி யேனும் மற்றதை அண்மையாய்க் கொண்டுவந்தேனும் அடர்த்திகளைச் சமமாக்குதல்வேண்டும். நிழல்களினடர்த்தி சமமாதலின், விளக்குகளி னால் திரையிலே உண்டாக்கப்பட்ட ஒளிர்வதிர்வுகளுஞ் சமமாயிருத்தல் வேண்டும். விளக்குகளின் ஒளிர்செறிவுகளுக்கும், திரையிலிருந்து அவற்றை வைத்துள்ள தெறிப்புக் கோடுகளின்நேரே அளக்கப்பட்ட தூரங்களுக்கு மிடையேயுள்ள வழக்கமான தொடர்பு இதன்பின் பிரயோகிக்கப்படலாம்.

பன்சனின் நெய்ப்பொட்டொளிமானி.—திருத்தமான ஒளிமானித்தலைப் பானது முதலிலே 1843 ஆம் ஆண்டில் **பன்சனினால்** அமைக்கப்பட்டது. மையத்திலே ஒளிக்கசிவான பொட்டொன்றையுடைய மெல்லிய ஒளிபுகா வெள்ளைக்காகிதத் துண்டொன்றை இது முக்கியமாகக் கொண்டதாகும். மெழுகையேனும் நெய்யையேனும் பொட்டாகவேண்டிய பரப்பளவிலே பூசி இதனைப் பெறமுடியும். ஒளிமுதலிடங்களிரண்டிற்கிடையே தலைப்பானது ஏற்றப்பட்டுள்ளது. காகிதத்தின் தளமானது முதலிடங்களையிணைக்கும்

நேர் கோட்டிற்குச் செங்குத்தாயிருக்கும். இத்தொகுதியானது வரிப்பட மூலம் உருவம் 27.09. (*a*) இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. I_0 என்பது பன்சன் தட்டிலிருந்து நிலையான தூரம் r_0 இலுள்ள மாறுவொளிர் செறிவின் முதலிடமெனக் கொள்க. இவ்வொளிமானியை உபயோகிக்கும் முறை



உருவம். 27.09.—பன்சனினொளிமானி.

யொன்றிலே முதலிடங்களிலொன்றுகிய I_1, காட்டியபடி வைக்கப்பட்டு, வலதுபக்கத்திலிருந்து பார்க்கப்படும்போது பொட்டானது தட்டின் வேறு பாகங்களிலிருந்து வேறுபட்டுக் காணப்படாதவாறு, அதன் நிலை செப்பஞ் செய்யப்படும். ρ_1, ρ_2 என்பன தட்டின் ஒளிபுகாப்பாகத்திற்கும் ஒளிக் கசிவான பாகத்திற்குமுரிய தெறிப்புக்காரணிகளெனக் கொள்க. τ என்பது பொட்டுக்குரிய செலுத்தற்காரணியெனவுங் கொள்க. பொட்டுமறையும் போது ஒளிபுகாப்பாகத்தினொளிர்வு பொட்டினொளிர்வுக்குச் சமமாகும். எனவே,

$$\rho_1 \frac{I_1}{r_1^2} = \rho_2 \frac{I_1}{r_1^2} + \tau \frac{I_0}{r_0^2};$$

அல்லது,

$$I_1 \frac{\rho_1 + \rho_2}{r_1^2} = \tau \frac{I_0}{r_0^2}.$$

இரண்டாவது விளக்கு I_2 ஆனது I_1 இற்காக வைக்கப்படும்போது, ஒளி மானித்தலைப்பிலிருந்து r_2 தூரத்திலே வலதுபக்கத்திலிருந்து பார்க்கப் பொட்டானது மறைகின்றதெனக் கொள்க. எனின்,

$$I_2 \frac{\rho_1 + \rho_2}{r_2^2} = \tau \frac{I_0}{r_0^2}.$$

$$\therefore \frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}.$$

இரண்டாவது முறையொன்றிலே தலைப்பின் இருபக்கங்களும் ஒரே நேரத்திற் பார்க்கப்படும். தட்டின் இரண்டுபக்கத்திலும் நெய்யிட்ட பாகத்திற்கும் ஒளிபுகாப் பாகத்திற்குமிடையே உறழ்பொருளின் சமத்துவம் இருக்கு மட்டும் விளக்குகளிரண்டினதும் நிலைகள் செப்பஞ் செய்யப்படுகின்றன. கருதப்பட்ட தட்டின்பக்கத்திலே தெறிப்புக்காரணிகள் தங்கியிருக்கவில்லை யெனக் கொள்ளப்பட்டது. எனின், வலதுபக்கத்திலே ஒளிபுகாப் பாகத்தினதும் நெய்யிட்ட பாகத்தினதும் ஒளிர்வுகளின் விகிதம்.

$$\frac{\rho_1 \frac{I_1}{r_1^2}}{\rho_2 \frac{I_1}{r_1^2} + \tau \frac{I_0}{r_0^2}}$$

ஆதல்வேண்டும். இப்பின்னமானது உறழ்பொருளின் அளவாக எடுக்கப் படலாம்.

இடதுபக்கத்திலே இவ்விகிதமானது

$$\frac{\rho_1 \frac{I_0}{r_0^2}}{\rho_2 \frac{I_0}{r_0^2} + \tau \frac{I_1}{r_1^2}}$$

ஆகின்றது.

இவை சமமாயிருக்கும்போது தட்டின் இருபக்கங்களிலும் உறழ்பொரு வின் சமத்துவம் உண்டாகின்றது.
எனவே,

$$\frac{I_0}{r_0^2} = \frac{I_1}{r_1^2} \text{ எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

I_1 ஆனது I_2 இனுற் பிரதியிடப்படும்போது ஒளியளவுச்சமநிலை பெறப் பட்டதும், தட்டிலிருந்து I_2 இன் தூரத்தை r_2 எனக் கொள்க. எனின்,

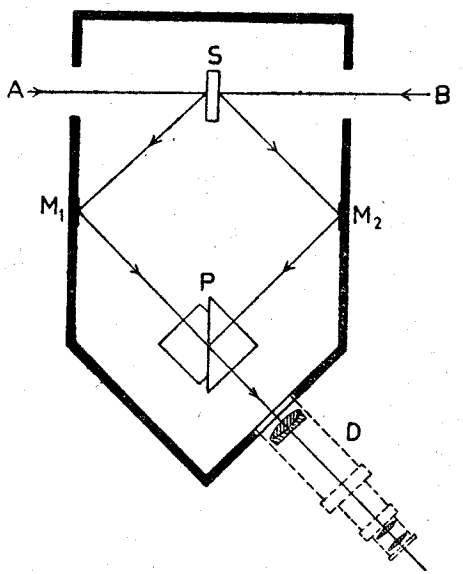
$$\frac{I_0}{r_0^2} = \frac{I_2}{r_2^2},$$

அதாவது,

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}.$$

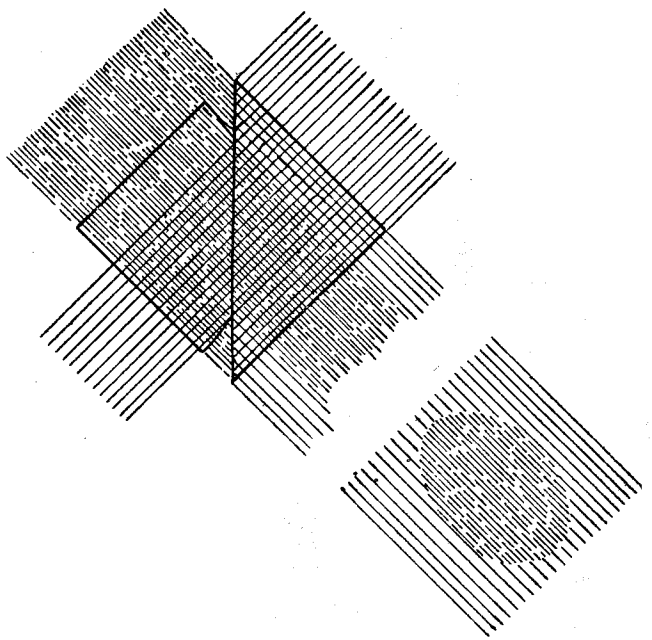
பன்சனின் ஒளிமானியினது இக்காலவகையொன்று உருவம் 27.08 (*b*) இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. M_1, M_2 ஆகிய தளவாடிகளிரண்டும் முதலிடங் கள் வைக்கப்பட்டுள்ள நேர்கோட்டிற்குச் சமசாய்வுடையன. இத்தளவாடிகள் O இலிருந்து பார்ப்பவர் ஒரேநேரத்திலே தட்டினிருபக்கங்களையும் பார்க்க உதவுகின்றன. ஒளிமானித்தலைப்பின் இருபக்கங்களுஞ் சமமானவை யென் றேனும், அதன்றொடர்பாக ஆடிகள் சமச்சீரான நிலைகளிலிருக்கின்றன வென்றேனும், செய்முறையிலே ஒப்புக்கொள்ளமுடியாது. ஆகவே, ஒளி மானித்தலைப்பு நேர்மாறுக்கப்பட்டு, I_2 ஐப் போன்றதன் ஒளிர்செறிவுக்குரிய சராசரிப் பெறுமானமொன்று நியமவளவு I_1 இன் சார்பிலே காணப்படும்.

உலுமபுரோதனரொளிமானி.—ஒளியளவிலே திருத்தவேலைக்கு மிக்க உபயோகமான இந்த ஒளிமானி உருவம் 27.10 (*a*) இற் காட்டப்பட்டிருக் கின்றது. பேரியஞ்சல்பேற்றைப் போன்ற தூயவெண் திரவியஞ் சிறிதள வைக்கொண்டு திரை S ஆனது செய்யப்படும். இதனெதிர்முகங்கள் A இலும் B இலுமுள்ள ஒப்பிடப்பட வேண்டிய விளக்குகளிரண்டினுல் ஒளிரப்படும். M_1 இலும் M_2 இலும் ஆடிகளிரண்டு வைக்கப்பட்டுள்ளன. P என்பது செங்கோணவரியங்களிரண்டினது சேர்க்கையாகும். அரியங்கள் அவற்றின் அடிகளினது மத்திய பாகங்களில் மட்டும் பொருந்தியிருக்கு மாறு, அவற்றுளொன்றின் அடியிற் புறப்பாகங்கள் தேய்க்கப்பட்டுள்ளன. இப்பாகத்திற் கனடாப்பிசினைப்பூசி அதிற் சிறந்த ஒளியியற் பொருத்தம்



உரு. 27.10.—(a) உலுமபுரோதனரொளிமானித்தலைப்பு.

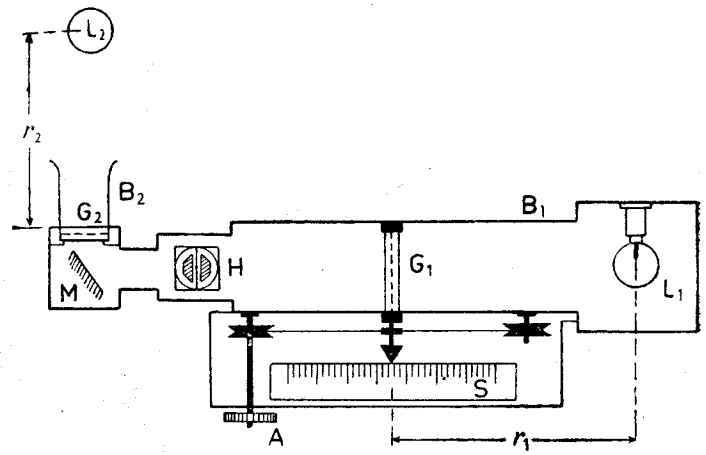
உண்டாக்கப்படும். உபகரணம் முழுவதும் கறுப்புப் பெட்டியொன்றினுள்ளே அடைத்துவைக்கப்படும். A இலிருந்துவரும் ஒளியானது S இலே சிதறப்படும். இதிற் சிறிதளவு M_1 இலே வீழ்ந்து அரியம் P இன் அண்மையிலுள்ள முகத்தை நோக்கித் தெறிக்கப்படும். ஒளியானது அரியத்தினுள்ளே சென்று மத்திய பாகத்தில் விழும்பாகம் அதனூடு செல்ல, மற்றப்பாகம் இரண்டாவது அரியத்திலேடு சேர்ந்திராத முதலாவது அரியவடியினது பாகத்திலிருந்து தெறிக்கப்படும். B இலிருந்துவருமொளியுரு இதனைப் போன்ற பாதையையே பின்பற்றுகின்றது. தாழ்ந்தவலு அல்லது நீண்ட குவிய நுணுக்குக்காட்டி D இனுள்ளே செல்லும் பாகமானது மத்தியபாகத்தினூடு செல்லாத பாக மேயாம்—உருவம் 27.10 (*b*) ஐப்பார்க்க. இப் போது நுணுக்குக்காட்டி D இனுள்ளே செல்லுகின்ற ஒளிக்கற்றைகள் இரண்டு உள்ளன. எனவே,



உருவம். 27.10 (b).

நுணுக்குக்காட்டியானது அடிகளின் மத்தியபாகத்திலே குவிக்கப்படும்போது பார்வைமண்டலம் சமமற்று ஒளிரும் பாகங்களிரண்டைக் கொண்டதாகும். பார்வை மண்டலத்தின் இருபாகங்களுஞ் சமதுலக்கமாயிருக்குமாறு விளக்குகளின் நிலைகள் செப்பஞ் செய்யப்படுதல் வேண்டும். வழக்கமான தொடர்பு இதற்கும் பொருத்தமானதாகும். S இனைடிணைக்கப்பட்ட தலைப்பானது இதன்பின் 180° இனூடு சுழற்றப்பட்டுப் பரிசோதனை திரும்பவுஞ் செய்யப்படும். இவ்வாறு பெறப்பட்ட விளைவுகளின் சராசரியானது S இன் இருபக்கங்களும் சர்வசமத்துவமாயிராததினால் எழுகின்ற விளைவுகளைதனையும் நீக்குகின்றது. பார்ப்பவரின் கண்களுக்கிடையேயுள்ள எந்த வித்தியாசமும் பாதிக்காதவாறு ஒரு கண்ணினாலேயே முதலிடங்களிரண்டும் பார்க்கப்படுவதினால், விவரிக்கப்பட்டுள்ள ஒளிமானிகளெல்லாவற்றிலும் இது கூடிய அடிப்படையான விஞ்ஞான முறையிலுள்ளதாகும்.

உவேபரிஞெளிமானி.—காவிச் செல்லப்படக்கூடிய இந்தவொளிமானி 1883 இலே **உவேபரி**னால் முதலிலே அறிமுகஞ் செய்யப்பட்டது. உருவம் 27.11 இற் காட்டப்பட்டுள்ள வகையானது **உலுமபுரோதனர்** சதுரத் திண்மமொன்றையும் எரியும் பென்சீன் விளக்கிற்குப் பதிலாக மின் விளக்கொன்றையுங் கொண்டதனால் முந்திய கருவியிலிருந்து இது வேறுபடுகின்றது.



உருவம். 27.11.—உவேபரொளிமானி.

B_1 என்பது ஒரு விறைத்த பித்தளைக்குழாய். G_1 என்பது B_1 இன் அச்சுக்குச் செங்குத்தான ஓர் ஒப்பற்கண்ணுடித்தட்டு. கப்பியொன்றினாலும் முகிழ் A ஐச் சுழற்றிச் செப்பஞ் செய்யப்பட்ட நாணினாலும் B_1 இலே G_1 இன் நிலை ஆளப்படும். L_1 என்பது மாறுவுவோற்றளவினாற்றெழிற்படுத்தப்படுகின்ற ஒரு விளக்கு. இதன் இழையானது G_1 இற்குச் செங்குத்தான தளத்திலிருக்கின்றது. G_1 இலிருந்து இத்தளத்தின் தூரமாகிய r_1 சதம மீற்றர் முதலியவற்றில் அளவு குறிக்கப்பட்ட அளவிடை S இனால் தீர்மானிக்கப்படும்.

B_2 என்பது கருவியின் மற்றமுனையிலுள்ள ஒரு சிறிய குழாயாகும். இதனச்சு B_1 இனச்சுக்குச் செங்குத்தாயொழுங்கு செய்யப்படும். G_2 என்பது நிலையில் நிறுத்தப்பட்டுப் பரிசோதனையிலுள்ள விளக்கு L_2 இனால் ஒளிரப்படுவதும் G_2 இலிருந்து மாறுத் தூரம் r_2 இலிருப்பதுமான

ஒப்பற்கண்ணுடியின் இன்னுமொரு துண்டாகும். ஆடி **M** ஐக் கொண்டும் **உலுமபுரோதனர்** சதுரத்திண்மம் **H** ஐக் கொண்டும் G_2 இன் துலக்கமானது G_1 இனதோடு ஒப்பிடப்படும். G_1 இன் நிலையானது செப்பஞ் செய்யப்பட்டு ஒளியளவுச்சமநிலை பெறப்படும். எனின்,

$$\frac{I_2}{{r_2}^2} = \kappa \frac{I_1}{{r_1}^2}$$

ஆகின்றது. இங்கு, κ என்பது கருவிக்குரிய ஒரு ஒருமையாகும்.

தெரிந்த ஒளிர்செறிவு I_o ஐயுடையதும் G_2 இலிருந்து அதே தூரம் r_2 இலுள்ளதுமான விளக்கொன்றினால் L_2 பிரதியிடப்பட்டால், சம நிலையிலே r_1 என்பது r_1' ஆகின்றது. அத்துடன்,

$$\frac{I_o}{{r_2}^2} = \kappa \frac{I_1}{(r_1')^2},$$

எனவே κI_1 இற்குரிய ஒரு பெறுமானம் அறியப்படும்.

கருவியின் வீச்சை அதிகரிக்கவேண்டுமானால், வெவ்வேறு உறிஞ்சற் குணகங்களையுடைய கண்ணுடிகள் G_2 இற்கு முன்பாக வைக்கப்பட்டு ஒவ்வொரு கண்ணுடிக்குமுரிய κI_1 இன் பெறுமானம் தீர்மானிக்கப்படும். இந்த ஒளிமானியின் முக்கியநயம் யாதெனின் ஒளியளவிடையிலோடு ஒப்பிடப்படும்போது இதன் முழுநீளமுஞ் சிறிதாயிருப்பதேயாம். எனவே, அளவிடையைப் பெறமுடியாதபோதேனும், ஓரளவுக்குத் திருத்தமான வீலவு மட்டுந் தேவைப்படும்போதும் இதனை உபயோகிக்கலாம்.

உதாரணம்.—100 மெ.வ. விளக்கொன்று கிடைத்தளமான பெரிய தளவாடியொன்றின்கீழே 2 அடி தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இத்தளவாடியானது அதன் மேல்விழும் ஒளியின் 65 நூற்றுவீதத்தைத் தெறிக்கின்றது. விளக்கிலிருந்து 3 அடி கீழே கிடைத்தளமான மேசையொன்றுண்டு. விளக்கினூடு செல்லுஞ் செவ்வனிலிருந்து ஒரு பக்கத்தில் 4 அடி தூரத்தில் மேசையிலுள்ள புள்ளியொன்றிலே ஒளிர்வைத் தீர்மானிக்க. [தெறிப்புக்குணகம் படுகோணத்திலே தங்கியிருக்கவில்லை யென்றும், விளக்கானது எல்லாத்திசைகளிலும் ஒரே சீராக ஒளியைக் காலுகின்ற தென்றுங் கொள்க.]

விளக்கானது கருதப்படும் புள்ளியிலிருந்து 5 அடி தூரத்திலிருப்பதனாலும், இப்புள்ளியிலே மேசைக்குச் செவ்வனோடு படுமொளியானது கோசை $^{-1}\frac{3}{5}$ கோணத்தை உண்டாக்குவதினாலும், விளக்கின் பயனை ஒளிர்வு E_1 ஆனது,

$$E_1 = \frac{100}{5^2} \cdot \frac{3}{5} = 2{\cdot}4 \text{ அடி—மெழுகுதிரி ஆகும்.}$$

விளக்கின்விம்பத்தினது பயன்படுமொளிர்செறிவு,

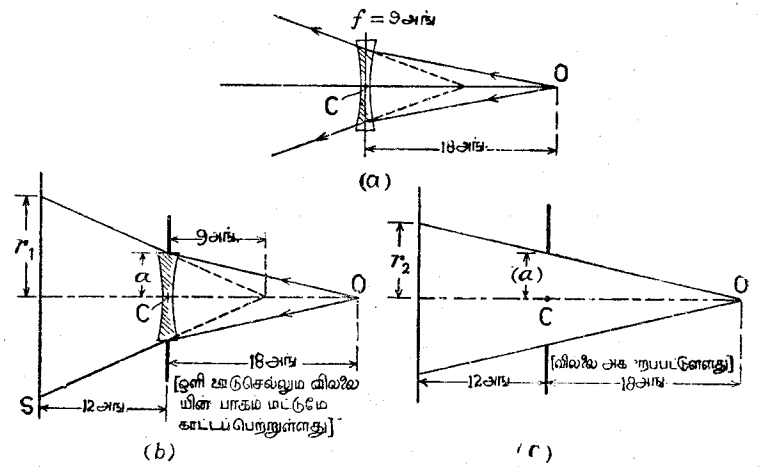
$$(0{\cdot}65 \times 100) = 65 \text{ மெ. வ. ஆகும்.}$$

இது புள்ளியிலிருந்து $\sqrt{7^2+4^2}$ அடி தூரத்திலிருக்கின்றது. ஒளியானது படுபுள்ளியிலுள்ள செவ்வக்கோட்டினோடு கோசை $^{-1}\frac{7}{\sqrt{65}}$ கோணத்தை உண்டாக்குகின்றது,

$$\therefore E_2 = \frac{65}{7^2+4^2} \cdot \frac{7}{\sqrt{65}} = 0{\cdot}87 \text{ அடி—மெழுகுதிரி.}$$

$\therefore$ முழுவொளிர்வு $= E_1 + E_2 = 3{\cdot}27$ அடி—மெழுகுதிரி.

உதாரணம்.—9அங். குவியத்தூரத்தையுடைய விரிவில்லையொன்றின் அச்சிலுள்ள புள்ளியொன்றிலே வில்லையிலிருந்து 18அங். தூரத்தில்மெழுகுதிரிச்சுவாலையொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லையிலிருந்து 12அங். தூரத்தில் அச்சிலுள்ள புள்ளியொன்றிலே திரையொன்றினது ஒளிர்வை, வில்லை அகற்றப்பட்டதும் அதே புள்ளியிலுள்ள ஒளிர்வினோடு ஒப்பிடுக.



உருவம். 27.12.

O என்பது, உருவம் 27.12 (*a*), மெழுகுதிரிச்சுவாலையெனவும், **I** என்பது வில்லையினூடு முறிவினாலுண்டான அதன் விம்பமெனவுங்கொள்க. வில்லையிலிருந்து அதன் தூரம் v ஆனது,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{18} = \frac{1}{9} \text{ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.}$$

அதாவது, $v = 9$ அங்.

இப்போது விட்டம் $2a$ ஐயுடைய வட்டத்துவாரமொன்று வில்லையினூடு சேர்த்துவைக்கப்பட்டுள்ள தெனக் கொள்க. அத்துடன், இதனூடு செல்லும் பாயமும் δF எனக்கொள்க. இப்பாயமானது மெய்யாக O இலிருந்து வருவதாயினும் I இலிருந்துவருவதாகவும் திரை S இலே $2r_1$ விட்டமுள்ள பரப்பளவொன்றின்மேற் பரந்திருப்பதாகவுந் தோற்றுகின்றது.

வடிவொத்த முக்கோணிகளினால் $3r_1 = 7a$ ஆதலின், உருவம் 27.12(*b*) ஐப் பார்க்க, S இலுள்ள ஒளிர்வானது

$$E_1 = \frac{\delta F}{\pi r_1^2} = \frac{9}{49} \cdot \frac{\delta F}{\pi a^2}$$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படுகின்றது.

வில்லையானது நிலையில்லாதபோது வட்டத்துவாரத்தினூடுவரும் பாயமானது திரையிலுள்ள பரப்பளவு πr_2^2 இலே பரந்திருக்கும். இங்கு, உருவம் 27.12 (*c*) ஐப் பார்க்க, வடிவொத்த முக்கோணிகளினால்,

$$r_2 = \frac{30}{18} a = \frac{5}{3} a .$$

எனின்,
$$E_2 = \frac{\delta F}{\pi \left(\frac{5}{3}\right) a^2} .$$

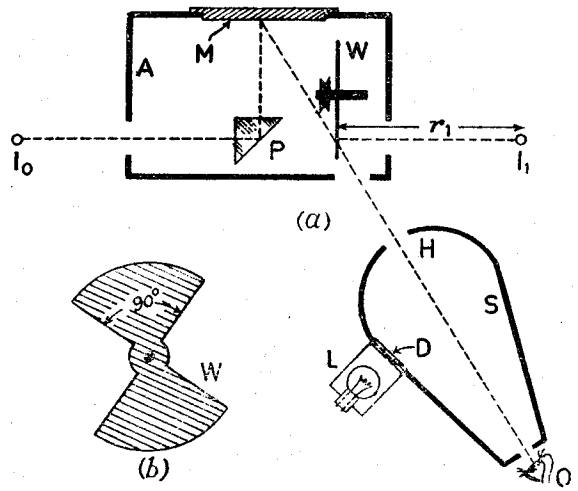
அதாவது,
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{25}{49} = 0{\cdot}51 .$$

பன்னிறவொளியளவியல், சிமிட்டொளிமானிகள்.—பன்னிறவொளியளவியலானது நிறத்திலே வேறுபடுகின்ற ஒளிச்செறிவுகளின் ஒப்பீட்டைப்பற்றி எடுத்தாளுகின்றது. இதுகாறும் விவரிக்கப்பட்டுள்ள ஒளிமானிகளின் உபயோகத்திலே செறிவுகள் ஒப்பிடப்படும் ஒளிகள் ஒரேநிறத்தையுடையனவென்று ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது. திரைகளிலிருந்து தெறிக்கப்படுமொளியும் ஒரேசாயத்தையுடையதெனவும் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது. எனினும், செய்முறையிலே இவ்வகையான நிலைமைகள் பெறப்படுவது அரிதெனப் பொதுவாகக் காணப்படுகின்றது. நிறங்களின் சிறியவித்தியாசங்களை மிகக் கூர்மையாகக் கண்ணனது மதிக்கின்றதாதலின் இதுமிக்க குழப்பத்துக்குரிய காரணியாகும். இவ்வகையான இடர்களை மேற்கொள்ளுவதற்கும், நிறவித்தியாசங்களைத் துலக்கமாய்க் காட்டும் ஒளிமுதலிடங்களின் செறிவுகளை ஒப்பிடுதற்குமாகச் சிமிட்டொளிமானிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இப்போது, ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு நிறவொளியினால் ஒளிரப்பட்ட பரப்புக்களிரண்டு சமதுலக்கமுடையன வென்று திருத்தமாகக் கூறப்படமுடியாத போதிலும், எந்தவொளிர்வினதுஞ் சிறியமாற்றம் சிமிட்டலொன்றை உண்டாக்கக்கூடிய மாறல்வேகத்துடன் ஒன்றை மற்றதினூடு விரைவாக மாற்ற சிமிட்டல் மறையும்போது பரப்புக்களிரண்டுஞ் சமவொளிர்வையுடையன வென்று ஒத்துக்கொள்ளப்பட்டால், பரப்புக்களின் செறிவுகளினது விகிதத்திற்குரிய நம்பத்தகுந்த மதிப்பொன்றைப் பெறமுடியுமெனப் பரிசோதனை காட்டுகின்றது.

வெவ்வேறான நிறங்களிரண்டு மாறிமாறி அதிகரித்துக்கொண்டிருக்கும் விரைவுடன் கண்ணிற் படியவிடப்பட, துலக்கச் சேர்க்கையின் முன்பு நிறச் சேர்க்கை உண்டாகும் என்ற உண்மையிலேயே பன்னிறவொளியளவில் உபயோகிக்கப்படும் சிமிட்டொளிமானிகளின் பிரயோகந் தங்கியிருக்கின்றது. மாறலின் அதிர்வெண்களினது சிறிய வீச்சிலே பார்வை மண்டலமானது தெளிவான சிமிட்டலையுடைய வரையறையுள்ள ஒரு சாயத்தையுடையதாகக் காணப்படுகின்ற தென்பதே இக்கூற்றின் கருத்தாகும். மாறல் வேகம் இப் படிக்கு அப்பால் அதிகப்பட்டாலும், ஒளிர்திரையிலிருந்து அவற்றின் தூரங்கள் முதலிடங்களிரண்டினதும் செறிவுகளோடு குறித்த தொடர்பையுடையனவாயிருந்தாலும், இந்தச் சிமிட்டல் மறைந்துவிடுகின்றது. முதலாவது நிபந்தனை முதலிடங்களின் செறிவுகளை ஒப்பிடுதற்குரிய ஒரு பிரமாணமன்று. எனினும், முதலிடங்களிரண்டும் அவற்றின் மையங்கள் சுழலும் பாகத்திற்குச் செவ்வனிலே இருக்குமாறு மாறிமாறி வைக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் சிமிட்டல் மறையுமாறு அவற்றின் நிலைகள் செப்பஞ் செய்யப்பட்டால், முதலிடங்கள் சர்வசமமான நிறத்தையுடையனவாயின் $\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$ எனக்காணப்படுகின்றது. இங்குள்ள குறியீடுகள் வழக்கமான கருத்துக்களையேயுடையன. ஒளிகளின் நிறங்கள் வேறுபட, மாறல்வேகம் அவதிக்கோணத்திற்குள்ளேயிருக்கும் போது ஒளிமானியிலிருந்து ஒளிகளின் தூரங்கள் சிமிட்டல் மறையுமட்டுஞ் செப்பஞ் செய்யப்படும். அப்போது மேலேயுள்ள சமன்பாடு முதலிடங்களிரண்டின் ஒளிர்செறிவுகளை ஒப்பிட உபயோகிக்கப்படும்.

கிலிடினது (Guild) சிமிட்டொளிமானி.—சிமிட்டொளியளவையிலே திருத்தப்பேறுகளைப் பெறுதற்கவசியமான நிலைமைகளைப்பற்றிய எமது அறிவு (1912—1917) இல் **ஐவிசுக்கிங்சு பெரியினரின்** (Ives and Kingbury) வேலையினது பயனுகும். ஒளிர்வு உயர்வாகவும் பார்வைமண்டலஞ் சிறிதாகவுமிருப்பின் சிமிட்டொளிமானி மெய்யான துலக்கத்தை அளக்குமென இவர்கள் காட்டியுள்ளனர். இப்பார்வை மண்டலம் 2 பாகைகள் கோண விட்டத்தை யுடையதாயிருத்தல் வேண்டும். அத்துடன், சிமிட்டல் மண்டலத்திற்கு ஏறத்தாழச் சமமான உறுதியுள்ள துலக்கத்துடன் வைக்கப்பட்டுள்ள பெரிய மண்டலமொன்றினால் சிமிட்டல் மண்டலஞ் சூழ்ந்திருப்பது விரும்பத்தக்கதாகும். இவற்றையும் வேறு நிபந்தனைகளையும் பூரணமாக்க **கிலிடென்பவர்** (1934) சிமிட்டொளி மானியொன்றை அமைத்தார். இதன் முக்கியபாகங்கள் பின்வருமாறு.- A என்பது, உருவம் 27.13 (*a*), உப்பக்கத்துக்குக் கறுப்புப்பூசிய உலோகத்தினாற் செய்யப்பட்ட ஒரு பெட்டியாகும். மகனீசியமொட்சைட்டின் வெள்ளைப் பரப்பொன்று M இலிருக்கின்றது. இது திரையாக அமையும். முழுத் தெறிப்பரியம் P இனால் முதலிடமொன்றிலிருந்து ஒளியானது M ஐ நோக்கிச் செலுத்தப்படும். W என்பது,

உருவம் 27.13 (*b*), ஆரைச்சிறைகள் திருத்தமாக 90° இல் வெட்டப்பட்டுள்ள சுழலும் ஆரைச்சிறைத் தட்டாகும். எரியும் மகனீசிய நாடாவிலிருந்துவரும் புகையிற்பிடித்து W இன் வலது பக்கம் மகனீசியமொட்சைட்டினூற் பூசப் படும். W ஆனது நன்முயமைந்த சிறிய மோட்டரொன்றினால் இடைத்தளவச்



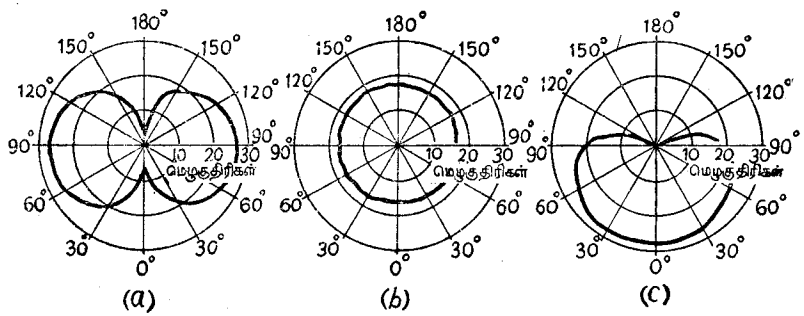
உருவம். 27.13.—இலிடின் சிமிட்டொளிமானி.

சொன்றைக் கொண்டு சுழற்றப்படும். மோட்டர் உறுதியாய் ஓடிக்கொண் டிருப்பது அவசியமாகும். முதலிடம் I_1 இலிருந்து ஒளியைப் பெறு கின்ற இச்சுழல்தட்டின் முகமானது மாறல்மண்டலங்களுள் ஒன்முக அமைந்துள்ளது. O இலிருந்து பார்ப்பவரொருவர் பார்வைக்குழாய் S இன்மூலம், பார்வைக்கோடு ஆரைச்சிறைத்தட்டின் துவாரங்கள் குறுக்கிடும் போது அத்தட்டின் பரப்பையும், M இன் பரப்பையும் மாறிமாறிப் பார்ப்பார். பார்வைக்குழாயானது, வட்டத்தூல H ஐயுடைய கறங்கலரைக் கோளமொன்றையும், பார்ப்பவரின் கண்ணானது ஒடுங்கிய முனையில் வைக்கப்படக்கூடிய கூம்புக்குழாயொன்றையுங் கொண்டதாகும். அரைக் கோளத்தின் வெள்ளைப்பூச்சிடப்பட்ட உட்பக்கத்தை ஒளிரச் செய்துமாறு வொளிர்வின் பொருத்தமான புலத்தைப்பெற 4–உவோற்றுப் பளிச்சீட்டு விளக்கொன்றைப் பக்கக்குழாயொன்று கொண்டுள்ளது. இக்குழாயின் முனையானது பரவற்றட்டு D இனால் மூடப்பட்டுள்ளது.

இப்போது சிமிட்டொளியளவை யெல்லாவற்றிலும் பிரதியீட்டுமுறை யொன்றை உபயோகிப்பது அவசியமாகின்றது. உதாரணமாக, விளக்கு களிரண்டின் ஒளிர்செறிவுகளை ஒப்பிட விரும்பும்போது, இவற்றை ஒளி மானி யொன்றின் எதிர்ப்பக்கங்களில் வைத்து நேராக ஒப்பிடுவதில்லை.

ஆனால், மாறுவொளிர் செறிவையுடைய ஒப்பீட்டுவிளக்கொன்று P இலி ருந்து, எனவே, M இலிருந்து, நிலைத்த தூரத்தில் வைக்கப்படும். ஒப் பிடப்படவேண்டிய I_1, I_2 ஆகிய விளக்குகளிரண்டும் அடுத்தடுத்து மற்றப் பக்கத்தில் வைக்கப்பட்டு அதனோடு பொருந்தச் செய்யப்படும். I_0 இனோடு ஒரு பொருத்தமுண்டாகும்போது திரையிலிருந்து அவற்றின் தூரங்கள் r_1, r_2 ஆயின்,

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \quad \text{ஆகின்றது.}$$



உருவம். 27.14.—ஒளிப்பரவலின் முனைவுவரிப்படங்கள்.

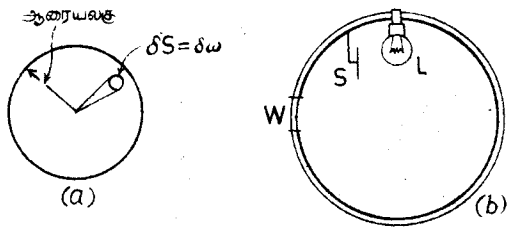
(a) மின்விளக்கின் அச்சினூடு செல்லுந் தளத்திலே.

(b) மின்விளக்கின் அச்சுக்குச் செங்குத்தான தளத்திலே.

(c) மின்விளக்கின் அச்சினூடு செல்லுந் தளத்திலே, ஆனால், தெறிகருவி யொன்றுடன்.

கொடுக்கப்பட்ட முதலிட மொன்றிலிருந்து ஒளியின்பரவல்.—சாதாரண ஒளிமுதலிடமொன்றிலிருந்துவரும் ஒளியின் பரவலானது அதனை அளக் குந் திசையினோடு மாறுகின்றது. எனவே, ஒளிமுதலிடமொன்றை முழு வதும் வரையறுக்க வேண்டுமாயின், வெவ்வேறு திசைகளிலே அத னொளிர் செறிவை அவதானிக்கவேண்டியது அவசியமாகின்றது. உரு வம் 27.14 இற் காட்டப்பட்டவற்றினோடொத்த வரிப்படங்கள் இவ்வகையான பரவல்களைக் குறிக்கும் வசதியான ஒரு முறையாகும். கருதப்படுஞ் சிறப் பான ஆரைக்காவியின் திசைக்குச் சமாந்தரமாக, ஒளிர்செறிவினளவைக் குறிக்க, ஒரு புள்ளியிலிருந்து ஆரைக்காவிகள் வரையப்பட்டபின், இக் கோடுகளின் அந்தங்களையிணைத்து எந்த உதாரணத்துக்குமுரிய வளைகோட்டை அமைக்கலாம். வேறிடங்களில் ஒளியின் பரவலானது பொதுவாகக் காட்டப் பட்டதிலிருந்து வேறுபடும்.

சராசரிக்கோள மெழுகுதிரிவலு. நிரப்பொளிமானிகள்.—I என்பது ஆரையலகின் கோளமொன்றினது மையத்திலே வைக்கப்பட்ட முதலிடமொன்றின் கொடுக்கப்பட்ட திசையிலுள்ள மெழுகுதிரிவலுவெனக் கொள்க,



உருவம். 27.15.—நிரப்பொளிமானி.

உருவம் 27.15 (*a*) எனின், கொடுக்கப்பட்ட திசையானது செல்லுகின்ற பரப்பளவு $\delta S = \delta\omega$ இனூடாக அந்த முதலிடத்திலிருந்துவரும் ஒளிச்சத்தியின் பாயமானது $\delta F = I.\delta\omega$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். எனவே, முதலிடத்திலிருந்து செக்கனொன்றிற்குரிய ஒளிச்சத்தியின் முழுப்பாயமும் $\int I d\omega$ ஆகும்.

இப்போது கோளவலகொன்றின் பரப்பு 4π ஆதலின், மேலேயுள்ள கோளத்தின் பரப்பலகொன்றின்குறுக்கான ஒளிச்சத்தியின் சராசரிப்பாயமானது, அதாவது திண்மக்கோணவலகொன்றிற்குரிய சராசரிப்பாயமானது,

$$\frac{1}{4\pi}\int I\, d\omega = I_0 \quad \text{ஆகின்றது.}$$

இது முதலிடத்தின் **சராசரிக்கோள** மெழுகுதிரிவலு எனப்படும்.

நிரப்பொளிமானிகள் — கொடுக்கப்பட்ட ஒளிமுதலிடமொன்றிலிருந்து வரும் ஒளிர்ச்சத்தியின் முழுப்பாயம், எனவே அதன் சராசரிக்கோள மெழுகுதிரிவலு, பல்வேறு திசைகளில் முதலிடத்தின் ஒளிர்செறிவையளந்து, அதன்பின் வெவ்வேறு தளங்களுக்குரிய முனைவுவளைகோடுகளை அமைக்கும் முறையைக்கொண்டு கணிக்கப்படலாம். சுவர்கள் பூரண பரவலையுடைய உட்குழிவான பெரிய கோளமொன்றிலே ஒளியின்முதலிடமொன்று வைக்கப்பட்டால், சுவரிலே எந்தப்புள்ளியிலும் அச்சுவரின் ஏனையபாகத்திலிருந்து தெறிக்கப்படும் ஒளியின் பயனை ஒளிர்வானது மாறுதிருக்குமென, 1892 இலே **சம்புனர்** காட்டினர். இத்தத்துவமானது 1900 இலே **உலுபிறைற்றினூற்** செய்முறையிலே உபயோகிக்கப்பட்டது. பெரிய கோளமொன்று நாகப்பூச்சினுல் நாகவொட்சைட்டினுல் வெள்ளைப்பூச்சிடப்பட்டபின் விளக்கு L ஆனது நிலையில் வைக்கப்படும், உருவம் 27.15 (*b*). இருபக்கங்களும் வெள்ளைப்பூச்சிடப்பட்ட திரை S இனுல் பரிசோதனையிலிருக்கும் விளக்கு L இலிருந்துவரும் நேரான கதிர்களிலிருந்து திரையிடப்பட்ட ஒப்பற்கண்ணுடிப்பலகணை W ஐ இக்கோளம்

கொண்டுள்ளது. வெள்ளை பரப்பானது ஒருசீரானவெண்மையாயும் வெவ்வேறு அலைநீளங்களையுடைய ஒளிக்கு வெவ்வேறான தாக்கமற்ற தாயுமிருப்பின், கொடுக்கப்பட்ட விளக்கொன்றிற்குரிய W இலுள்ள ஒளிர்வானது மாறுதிருக்கும்.

இதன்பின் W இனூடு செலுத்தப்பட்ட ஒளியின் செறிவானது மாறுமுதலிடமொன்றின் செறிவினூடு வேறேதாவது ஒளிமானியைக்கொண்டு ஒப்பிடப்படும். மேலேகுறிப்பிடப்பட்ட முறையினுல் தீர்மானிக்கப்பட்ட சராசரி கோளமெழுகுதிரிவலுவையுடைய விளக்கொன்றினுல் விளக்கு L ஆனது பிரதியிடப்பட்டு, W இனூடு செலுத்தப்படும் ஒளியின்செறிவு நியமமுதலிடமொன்றினூடு மீண்டும் ஒப்பிடப்படும்.

நிரப்பொளிமானியிலே வைக்கப்பட்ட விளக்குகளிரண்டின் சராசரிக்கோள மெழுகுதிரிவலுக்களினது விகிதமே செறிவுகளிரண்டினதும் விகிதமாகும்.

88 அங்குலங்கள் விட்டத்தையுடைய இவ்வகையான ஒளிமானிகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. சிறிதுகாலத்தின் முன்பு தெடிந்தனிலுள்ள தேசியபௌதிகப் பரிசோதனைச்சாலையிலே இலகுவாய் அமைக்கப்படக்கூடிய இவ்வகையான சதுரத்திண்மவொளிமானியொன்று அமைக்கப்பட்டது. அறிமுறையிலே, வெண்பூச்சிடப்பட்ட இச்சதுரத்திண்மவொளிமானி கோளவொளிமானியிலும்பார்க்கத் திருத்தங்குறைந்ததாகும் எனினும், செய்முறையிலே, இது மிக்க பயனுள்ளது.

உதாரணம்.— எல்லாத்திசைகளிலும் ஒளியைச்சமமாகக்கொடுத்துக் கொண்டிருக்கும் 64 சர்வதேச மெழுகுதிரிவலுக்களையுடைய சிறிய முதலிடமொன்று 4 அடியாரைக் கோளமொன்றின் மையத்திலே வைக்கப்பட்டுள்ளது. பரப்பின் உட்புறம் முழுக்கறுப்பாயுள்ளது. பரப்பின் ஒளிர்வு யாது ?

உட்பரப்பானது தடித்த வெள்ளை மையினுல் திரும்பவும் அச்சிடப்பட்டது. அதன்மேல்விழும் ஒளியின் 80 நூற்றுவீதத்தைப் பரவலாக இப்பூச்சுத் தெறிக்கச்செய்யுமாயின், அப்போது ஒளிர்வு என்னவாயிருக்கும் ?

கறுப்புப்பூசிய பரப்பினூடு, $E = \frac{64}{4^2} = 4$ அடி—மெழுகுதிரி எனப் பெறுகின்றோம்.

பரப்பிலே தடித்த வெள்ளைப்பூச்சிடப்பட்டபின், முழுவொளிர்வினதும் 20 நூற்றுவீதம் சுவர்களினுல் உறிஞ்சப்படும். ஆகவே, முழுவதினதும் ஐந்திலொருபாகம், அதாவது, உறிஞ்சலினுல் இழந்தபாகத்தை நிறைவாக்கத் தேவையானதைமட்டுமே விளக்கானது வழங்குதல்வேண்டும். ஆகவே, முழுவொளிர்வும் கறுப்புப்பூசிய பரப்பினதிலும் ஐந்துமடங்காகும். கறுப்புப்பூசிய பரப்பின் ஒளிர்வு 20 அடி—மெழுகுதிரிகளாம்.

ஒளிர்வினளவு.—பரப்பொன்றின் ஒளிர்வினது தீர்மானம் ஒளிர்வெந் திரியின் முக்கிய கடமைகளுள் ஒன்றாகும். திருத்தமான பேறுகள் தேவைப்படுவது அரிதாதலின் கொண்டு செல்லக்கூடிய ஒளிமானியொன்றி னால் இப்பேறுகள் வழக்கமாகப் பெறப்படுகின்றன. நேர்மாறுவிதியை அடிப் படையாகக்கொண்ட இவ்வொளிமானிகளுளொன்று 291, III ஆம் பக்கத்தில் முன்னரே விவரிக்கப்பட்டுள்ளதும், ஒப்பற்கண்ணுடித்தட்டு G_2 அகற்றப்பட் டுள்ளதுமான உவேபரொளிமானியாகும். ஒளிர்வுக்குரிய பெறுமான மொன்றைக் காணவேண்டிய இடத்திலுள்ள பரிசோதனை பரப்பொன்றை நோக்கிக் குழாய் B_2 வைக்கப்படும். இதன்பின், பரிசோதனைப்பரப்பின் துலக்கமானது G_1 இனதோடு ஒப்பிடப்படும். ஒளிர்செறிவையளக்கக் கருவி யானது உபயோகிக்கப்படுவதுபோல், G_1 ஐ முன்னும பின்னும் இயக்கி ஒளியளவுச்சமநிலை பெறப்படும். துலக்கமானது தூரத்திலே தங்கியிருக்க வில்லையாதலின் **உவேபரின்** ஒளிர்வொளிமானி விசேடமான ஒரு கட்டுப் பாட்டிற்கு அமைந்துள்ளது. அதாவது, H இலே பார்வைமண்டலத்தை இப்பரிசோதனை பரப்புப் பூரணமாக நிரப்புதற்காக, அம்பரப்பிற்குப் போதி யவளவு அண்மையிலே இக்கருவியானது இருத்தல்வேண்டும்.

இந்த ஒளிர்வொளிமானியை நியமமாக்கவேண்டுமாயின், தூரம் r_0 இலுள்ள நியமவிளக்கு I_0 இனால் பரிசோதனைப்பரப்பானது செங்குத்தாக ஒளிரப்படும். ஒளிர்வானது $\frac{I_0}{r_0^2}$ ஆகும். இதுவே, அளவிடையம் S இன் அளவீடு r_1 இனைடொத்த ஒளிர்வின் பெறுமானமாகும். எனவே, பரிசோதனைப்பரப்பின் ஒளிர்வைக் கொடுக்குமாறு அளவிடையம் S ஆனது அளவுகுறிக்கப்படலாம்.

வீட்டுவிளக்கும் வீதிவிளக்கும்.—புள்ளியொன்றிலே மெய்யான ஒளிர்வை யளக்கும் முறைகளைப்பற்றியே இதுகாறும் ஆராய்ந்தோம். இனி, சிறப்பாக எந்த ஒளிவளங்குதொகுதியையேனும் அமைக்கும்போது ஒளிர்வின்படி யானது கருதப்படவேண்டிய ஒரேயொரு காரணியேயாகும். மற்றுந் தேவை களும் பூர்த்தியாக்கப்படுதல் வேண்டும். வீட்டுத்தேவைகளுக்கோ வெளித் தேவைகளுக்கோ என்பதைப்பற்றி இவை வேறுபடுகின்றன. முறையாக இவற்றைக் கருதுவோமாக.

வீட்டுத்தொகுதிக்குரிய தேவைகளாவன. — (அ) போதியவொளிர்வு, (ஆ) கண்கூசுமொளியில்லாமை, (இ) மிதமிஞ்சியில்லாவுறழ்பொருவு, (ஈ) சரியான பரவல், என்பனவாம். அறையின் வெவ்வேறு வகைகளோடு மாறுகின்ற ஒளிர்செறிவானது, அவ்வறைகளிற் செய்யப்படும் வேலைகளின் வகையிலே முக்கியமாய்த் தங்கியிருக்கின்றது. வீட்டுத்தேவைகளுக்காக 30 தொடக்கம் 60 மட்டுமுள்ள இலட்சின் மீற்றர்—மெழுகுதிரி ஒளிர்வு போதிய தாகும். உருக்குத் தொழிற்சாலையிற்போல நுண்ணிய வேலைகள் செய்யத் தேவைப்படாதிருப்பின், ஒளிர்வானதுமேலேயுள்ள பெறுமானங்களின் மூன்றிலொன்றுக்குக் குறைக்கப்படலாம். ஆயினும், வரைதற்கந்தோரி லுள்ள நாளாந்த வேலைக்கு ஏறத்தாழ 90 இலட்சின் ஒளிர்வு தேவைப்படும்.

ஒளிமுதலிடமொன்றின் கண்கூசுமொளியைத் குறைத்துக் கண்ணின் விகாரத்தைப் பெரும்பாலுந் தவிர்க்க முடியும்.

மிதமிஞ்சிய உறழ்பொருவுகள் சிறப்பாகத் சினத்தை கொடுக்கின்றன. வீதிவிளக்கில் அல்லது தொழிற் சாலைவிளக்கிலே இவையிருப்பின் எந்த நேரத்திலும் அபாயத்துக்கிடமாகும். ஆயினும், முற்றிலும் உறழ்பொரு வில்லாமை தமது வேலைக்கு விரும்பத்தக்கதல்லவென்று கடிகாரஞ் செய் வோர் காண்கின்றனர்.

ஒளிப்பரவலின் சார்பிலே அறையின் ஒரு பாகத்திலே ஒளியின் செறிவைத் தவிர்த்துக் கொள்ளல் வேண்டும். அறையொன்றின் வெவ்வேறிடங்களிலே வேலைசெய்யப்படவேண்டுமாயின், வேலைசெய்யப்படும் ஒவ்வோரிடத்திலுந் தூணைவிளக்கொன்றிருக்கும்போது, 5 இலட்சின் பொதுவான ஒளிர்வு போதி யதாகுமெனப் பொதுவாகக் கருதப்படுகின்றது.

வீதிவிளக்கிலே ஒளிர்வானது கூடியவளவு சமமாயிருத்தல்வேண்டும். செய்முறையிலே, மிக்கவகன்ற கோணக் கூம்பொன்றின் பரப்பிலே ஒளியானது செறிந்திருக்குமாறு விசேடமாக அமைக்கப்பட்ட தெறிகருவிகளை உபயோகித்தேனும், வீதியின் மட்டத்திலிருந்து மிக்க தூரத்திலே மேலே விளக்கை வைத்தேனும், ஒளிரலின் சமத்துவம் பெறப்படும்.

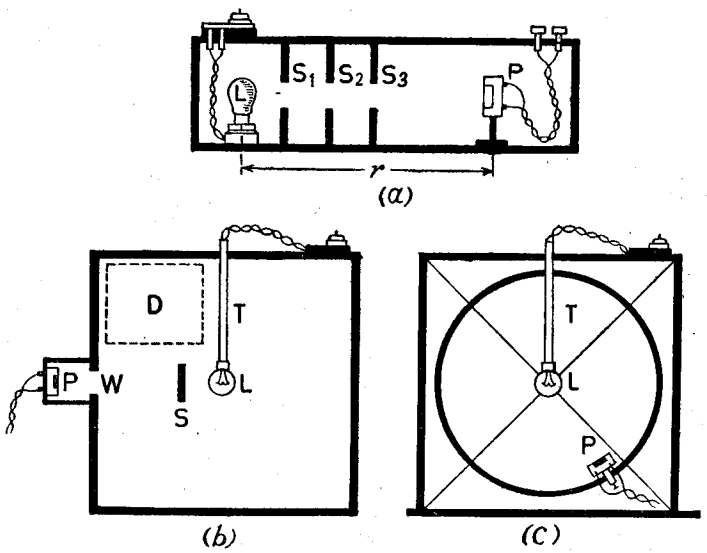
ஒளிமின்கலங்களை உபயோகித்து ஒளியளவைக் கற்பிக்கும் முறைகள்—ஒளியுவோற்றுக்கலன்களை உபயோகித்து ஒளியளவையின் அடிப்படையான தத்துவங்களைக்காட்டத் **தில்லனந்துருவரினர்** (Dillon and Andrewes) பின் வரும் பரிசோதனைகள் அமைக்கப்பட்டன. இவ்வகையான கலங்கள் கட்புல னுகும் பாகத்திலே உயர்வான உணர்திறனைக் கொண்டன. அவை உறுதி யானவையாயும் புறமின்கலவடக்குத் தேவையற்றனவாயுமுள்ளன. கலத் தின் உட்டடையிலோடு ஒப்பிடப்படும்போது புறத்தடையானது, முன்னோட்டம் பாய்ந்துகொண்டிருக்கும்போது, சிறிதாயிருக்குமெனின், ஒளிர்வுக்கும் மின் னோட்டத்திற்குமிடையே நேர்கோட்டுத் தொடர்பொன்றிருப்பதே இவற்றின் முக்கிய நயமாகும்.

விசேடமான இருட்டறையொன்றில்லாது பரிசோதனைச்சாலையில் எவ்விடத் திலும் பரிசோதனைகள் செய்யப்படக்கூடியதாக, மூன்று பரிசோதனையலகுகள் அமைத்துச் செய்யப்பட்டன.—(அ) ஒரு திசையிலே ஒளிர் செறிவினளவு களுக்காக ஒரு கறுப்புப்பெட்டியொளிமானி, (ஆ) முழுவொளிப்பாயத்தை அளப்பதற்குரிய சதுரத்திண்ம நிரப்பொளிமானி, (இ) அரிதான பரவலின் மூனைவுவளைகோடுகளினது தீர்மானத்திற்குரிய ஒரு பெருவளையவொளிமானி.

(அ) கறுப்புப்பெட்டியொளிமானி.—இது உருவம் 27.16 (*a*) இற் காட்டப் பட்டுள்ளது. ஏறத்தாழ 40 அங். × 10 அங். × 12 அங். அளவான பெட்டி மரத்தினாற் செய்யப்பட்டு முற்பக்கத்தின் கீழ்விளிம்பிற் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. உட்பக்கத்தில் மங்கலான கறுப்புப் பூசப்பட்ட விளக்கைச் சூழ்ந்துள்ள சுவரின் பகுதிகள் வெல்வெற்றினால் மூடப்பட்டுள்ளது. இப்பெட்டியினடி யாகிய ஒளியளவிடையம் ஒளிக்கலம் P ஐக் காவுகின்றது. 3·5 அங். விட்டத் தையுடைய துளைகளைக்கொண்ட மூன்று மரத்திரைகள், பரிசோதனையிலுள்ள

விளக்கு **L** இற்கும் கலம் **P** இற்குமிடையே, **L** இலிருந்து நேரான ஒளி மட்டும் **P** ஐ அடையக்கூடியதாய் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளன. விளக்கினிழை, திரையின் துவாரங்கள், கலம் ஆகியவை ஒரேமட்டத்தில் ஒழுங்கு செய்யப் பட்டுள்ளன. கலத்தின் முகமானது அளவிடையிதினச்சுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. அவதானங்கள் நிகழும்போது பெட்டியானது மூடப் பட்டிருக்கும்.

(ஆ) சதுரத்திண்ம நிரப்பொளிமானி.—நிரப்பொளிமானியின் நிலைக்குத் தான வெட்டொன்று உருவம் 27.16 (*b*) இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதன் விளிம்பு ஏறத்தாழ 100 சமீ. நீளமாயிருத்தலினால், பரிசோதனையிலுள்ள விளக்காகிய முதலிடம் **L** இன் பருமனோடொப்பிடப்படும்போது இது பெரிதாயிருக்கும். நிலைக்குத்தான ஒரு முகத்தின் மையத்திலே 2·75 அங். சதுரமானதும் பரவலூடகத் துண்டொன்றினால் மூடப்பட்டுள்ளதுமான செவ்வகப்பலகணியில் **W** உண்டு. பலகணிக்குவெளியே உட்பக்கம் மங்கலான கறுப்புப் பூசப்பட்ட சிறிய பெட்டி யொன்றினுள்ளே ஒளிக்கலம் **P** ஆனது வைக்கப்பட்டுள்ளது.



உருவம். 27.16.—உபயோகமுள்ள சில ஒளிமானிகள்.

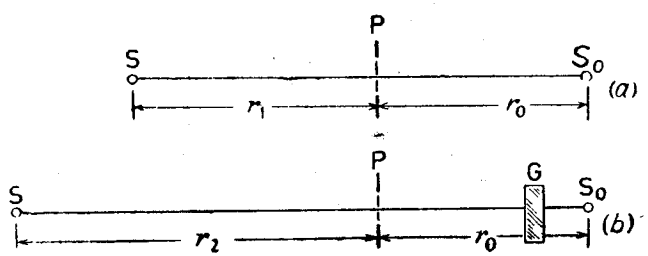
சதுரத்திண்மத்தின் ஒரு பக்கத்திலே கதவு **D** ஆனது உட்பக்கத்துக்குச் செல்ல வழிகொடுக்கின்றது. விளக்குக்கும் பலகணிக்கு மிடையேயுள்ள தூரத்தின் மூன்றிலொரு பாகத்தில் ஒரு சிறிய திரை **S** தொங்கவிடப் பட்டுள்ளது. சதுரத்திண்மத்தின் உட்புறமும் திரை **S** உம் விளக்கின் பிடிகருவியும் தடிப்பான வெண்பூச்சிடப்பட்டுள்ளன. முதலிடங்களிரண்டி

லிருந்து முழுவொளிப்பாயத்தையும் ஒப்பிடவேண்டுமாயின் விளக்குகள் முறையாக ஒளிமானியில் வைக்கப்படும்போது ஒளிக்கலமின்னோட்டங்களின் விகிதத்தைக் காண்பதே தேவையாகும்.

(இ) பெருவளையவொளிமானி.—4 அடிவிட்டமுடையதும் சதுரமான மரச் சட்டமொன்றிலே நிலைக்குத்தானதளத்திற் பொருத்தப்பட்டுள்ளதுமான இரும்புப் பெருவளையமொன்றை இது கொண்டதாகும். விளக்கு ஆனது, உருவம் 27.16 (*c*), பெருவளையமையத்தில் ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளது. இதன் தாங்கி, நிலைக்குத்தான அச்சொன்றைக் கொண்டு சுழற்றப்படக்கூடிய உலோகக்குழாய் **T** ஆகும். பெருவளையப் பரிதி பாகைகளில் அளவுகுறிக்கப் பட்டுள்ளன. முழுவதுங் கறுப்புத்திரைகளினால் மூடப்பட்டுப் பெருவளையத் தினதும் சட்டத்தினதும் எல்லாப்பாகங்களும் மங்கிய கறுப்புப் பூச்சிடப் பட்டுள்ளன. **P** என்பது பெருவளையத்திலே விரும்பிய நிலைக்கு இயக்கப் படக்கூடிய ஒளிக்கலமாகும். கலத்தின் உணர்ச்சிமிகுந்த பரப்பானது அதன் மையத்தை விளக்கின் மையத்தோடு இணைக்கும் கோட்டிற்கு எப் போதுஞ் செங்குத்தாயிருக்கவேண்டியது அவசியமாகும். முனைவளைக்கோ டொன்று எளிதிற் பெறப்படும்.

தட்டொன்றினூற் செலுத்தப்படும் ஒளியின் பின்னவளவைத் தீர்மானித் தல்.—S_0, S என்பன, உருவம் 27.17 (*a*), முறையே ஒளிர்செறிவுகள் I_0, I உடைய ஒளியின் மாறுமுதலிடங்களெனவும், ஒளிமானித்திரை **P** இலிருந்து அவற்றின் தூரங்கள் r_0, r_1 ஆயிருக்கும்போது ஒளியளவுச்சமநிலை பெறப்படுமெனவுங் கொள்வோமாக. எனின்,

$$\frac{I_0}{r_0^2} = \frac{I}{r_1^2}$$



உருவம் 27.17.

இப்போது G என்பது, உருவம் 27.17 (*b*), S_0 இற்கும் திரைக்குமிடையே யுள்ள கண்ணுடி அல்லது வேறு திரவியத்தின் ஒரு தட்டெனக் கொள்க. தூரம் r_0 ஐ மாறாது வைத்திருப்பது வசதியாயிருக்கும். கண்ணுடிப்பரப்

பிலிருந்து ஒளியின் தெறிப்பிலுலும் அதில் உறிஞ்சலிலுலும் P இன் வலது பக்கத்திலுள்ள ஒளிர்வானது குறைக்கப்படும். S ஐத் தூரம் r_2 இற்கு அகற்றி ஒளியளவுச்சமநிலை மீண்டும் பெறப்பட்டதென, அதாவது, ஒவ் வொரு பக்கத்திலுமுள்ள ஒளிர்வு $\frac{I}{r_2^2}$ என, ஒப்புக்கொள்வோமாக. ஒளிர் வானது பரப்பலகொன்றிற்குரிய பாயமாதலின் தட்டிலுற் செலுத்தப்பட் டுள்ள ஒளியின்பின்னம்,

$$\frac{I}{r_2^2} \div \frac{I}{r_1^2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \text{ எனப் பெறப்படும்.}$$

ஆகவே, $1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$ கண்ணுடித்தட்டிலுல் முதலிடம் S_0 இனது செறிவின் குறைவுப்பின்னமாகும்.

மெய்யான செய்முறையிலே P இலிருந்து S_0 இன் தூரம் $t\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)$ பயன்படுமாறு குறைக்கப்படும். இங்கு, கண்ணுடியின் தடிப்பு t எனவும், அதன் முறிவுக்குணகம் μ எனவுங் கொள்ளப்பட்டது. தேவையான திருத் தத்தைச் செய்யவேண்டுமாயின், கண்ணுடித்தட்டு இடையில் வைக்கப்படும் போது S_0 இன் பயன்படுமொளிர்சத்தியை I_0' எனக்கொள்க. P இலிருந்து அதன் பயன்படுதூரம்,

$r_0 - t\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)$ ஆகும். எனவே,

$$\frac{I}{r_2^2} = I_0' \text{ இன்பயனுன ஒளிர்வு } = \frac{I_0'}{\left[r_0 - t\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)\right]^2}.$$

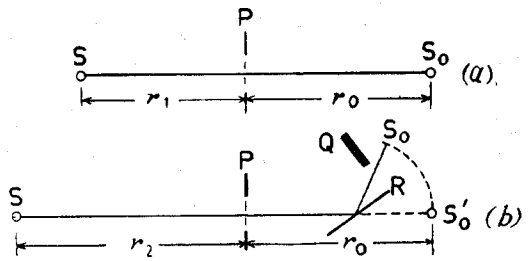
ஆனுல் $\frac{I}{r_1^2} = \frac{I_0}{r_0^2}$.

$$\therefore \frac{I_0'}{I_0} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \left[\frac{r_0 - t\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)}{r_0}\right]^2.$$

இதன்பின் குறைவுப்பின்னம் கணிக்கப்படலாம்.

பரப்பொன்றிலிருந்து தெறிக்கப்படும் ஒளியின் பின்னவளவினது தீர்மானம்.—இதற்காக, மாறுமுதலிடங்கள் S_0 உம் S உம் உருவம் 27.18 (*a*) இற்போல ஒழுங்குசெய்யப்பட்டு முந்திய பரிசோதனையிற்போல ஒளியளவுச் சமநிலை பெறப்பட்டதெனக் கொள்வோமாக. இதன்பின், தெறிக்குந்திரை R, உருவம் 27.18 (*b*), P இன் வலப்பக்கத்தில் வைக்கப்

பட்டு, முதலிடம் S_0 ஆனது, அதிலிருந்துவரும் ஒளியானது R இனுற் தெறிக்கப்பட்டு முந்திய திசையிலேயே P இல் விழுமாறு, நகர்த்தப்படும். S_0 இலிருந்து P இன் தூரம் r_0 இல் நிலைத்திருத்தல் வேண்டும். எனின்,



உருவம் 27.18.

I_0 இலிருந்துங் குறைவான செறிவு I_0' ஐயுடைய முதலிடமொன்றைப் பயன் படுமாறு பெறுகின்றேம். P இலிருந்து S ஆனது r_2 தூரத்திலிருக்குமாறு நெகிழ்த்தி ஒளியளவுச் சமநிலையை மீண்டும் பெறமுடியும். எனின்,

$$\frac{I_0}{r_0^2} = \frac{I}{r_1^2}\ ;\ \text{அத்துடன்}\ \frac{I_0'}{r_0^2} = \frac{I}{r_2^2}.$$

$$\therefore \frac{I_0'}{I_0} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2,$$

இதுவே தேவையான பின்னமாகும்.

அப்பியாசம் 27

1.—ஒளிமானியின் இக்கால வகையொன்றை விவரிக்க. நீர் விவரிக்குங் கருவியின் சிறப்பான இயல்புகளைக் குறிப்பிடுக. மெழுகுதிரியொன்றும் 36 மெழுகுதிரிவலுவையுடைய ஒளிர்வுவிளக்கொன்றும் 1 மீற்றர் தூரத்தி லிருக்கின்றன. இரண்டு பக்கங்களிலுஞ் சமவொளிர்வுடைதயாயிருக்குமாறு அவற்றையிணைக்கும் நேர்கோட்டிலே திரையொன்றை எங்கே வைத்தல் வேண்டும் ?

2.—ஒத்த விளக்குகளிரண்டின் ஒளிர்செறிவுகளைப் பரிசோதனைமூலம் எவ் வாறு ஒப்பிடுவீரென விவரித்து விளக்குக. தேவையான முன்னவதானங்க ளெல்லாவற்றையுங் கூறுக.

ஒவ்வொன்றும் 200 மெ.வ. உடைய மின்விளக்குகள் A, B என்பன 2 மீற்றர் தூரத்திலும் இடைத்தன அளவிடையிலிருந்து மேலே 1·5 மீற் றர் உயரத்திலும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. அளவிடையில் நிலைக்குத்தாக,

நேர்கீழே "உணர்பாகமானது" A ஐ நோக்கி நேர்மேலே செலுத்தப்படக் கூடியதாக, ஒளிமானியொன்று இருக்கின்றது. (அ) A மட்டும் ஆவி பொருத்தப்பட்டிருக்கும்போதும், (ஆ) விளக்குகளிரண்டுந் தொழிற்பட்டுக் கொண்டிருக்கும்போதும், அளவிடையின் அளவீடு என்னவாயிருக்கும்?

3.—ஒளிக்கசிவான கோளமொன்றினுற் சூழப்பட்டிருக்கும்போது மின் விளக்கொன்றினது மெழுகுதிரி வலுவிற்குரிய குறைவுப்பின்னத்தைத் தீர்மானிப்பதெவ்வாறென விவரிக்க. விளக்கினுற் காலப்படுமொளியின் 8 நூற்றுவீதத்தை கோளம் உறிஞ்சுகின்றதெனக் கொண்டு, நீர் விவரிக்கும் பரிசோதனையிலே ஒளிமானியிலிருந்து விளக்கின் தூரங்களினது விகிதத்தைக் கணிக்க. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் ஒப்பீட்டுமுதலிடத்தின் தூரமானது ஒன்றேயெனக் கொள்க.

4.—**ஒளிர்செறிவு, ஒளிர்வு** என்பனவற்றின் வரைவிலக்கணங்களைக் கூறி, பொருத்தமான அளவலகுகளைக் கூறுக. கொடுக்கப்பட்ட ஒளிமுதலிடமொன்றின் ஒளிர்செறிவைப் பரிசோதனைமூலம் எவ்வாறு தீர்மானிப்பீரென விவரிக்க.

1000 மெழுகுதிரிவலுவின் விளக்கொன்று 6 அடி × 8 அடி அளக்கின்ற கிடைத்தளமான செவ்வகப்பரப்பொன்றின் மையத்தின் நேர்மேலே செங்குத்தாக 12 அடி தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. (அ) மையத்திலும், (ஆ) பரப்பின் ஒரு மூலையிலும் ஒளிர்வைக்கணிக்க.

5.—**பரப்பொன்றிலே ஒரு புள்ளியிலுள்ள ஒளிர்வு** என்பதனால் என்ன கருதப்படுகின்றதெனக் கூறுக. புள்ளிமுதலிடமொன்றிலிருந்து வரும் ஒளிக்குச் சாய்வாய் வைக்கப்பட்டுள்ள சிறிய பரப்பொன்றிலே ஒளிர்வுக்குரிய கோவையொன்றைப் பெறுக.

200 **மெ.வ.** விளக்கொன்று பெரிய கிடைத்தளவாடியொன்றிலிருந்து 2 அடி கீழே வைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வாடியானது அதன்மேல்விழும் ஒளியின் 70 நூற்று வீதத்தைத் தெறிக்கின்றது. விளக்கிலிருந்து 4 அடி கீழே மேசையொன்றுண்டு. விளக்கினூடு செவ்வனிலிருந்து 3 அடிக்கப்பால் மேசையின்மேலுள்ள புள்ளியொன்றிலே ஒளிர்வைத் தீர்மானிக்க. [தெறிப்புக்குணகம் படுகோணத்திலே தங்கியிருக்கவில்லையெனவும், விளக்கானது எல்லாத்திசைகளிலும் ஒரு சீராய் காலுகின்றதெனவுங் கொள்க. **[L.A.]**

6.—**ஒளிர்செறிவுக்கும் ஒளிர்வுக்குமிடையேயுள்ள வித்தியாசத்தைக் கூறுக.** ஒவ்வொன்றும் அளக்கப்படும் அலகொன்றைக்கூறி அதன் வரைவிலக்கணத்தையுங் கூறுக.

கிடைத்தளப் பரப்பொன்றிலிருந்து 10 அடி மேலே ஒன்றுக்கொன்று 20 அடி தூரத்தில் 400 மெழுகுதிரிவலு விளக்குகளிரண்டு தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. (அ) ஒரு விளக்கிலிருந்து நிலைக்குத்தாகக் கீழேயுள்ள புள்ளியொன்றிலும், (ஆ) இரண்டு விளக்குகளிலுமிருந்துஞ் சமமான மிகக் குறைந்த தூரத்திலுள்ள புள்ளியிலும், பரப்பிலெளிர்வைக் கணிக்க. **[L.I.]**

7.—**கறுப்புப் பொருள், சர்வதேசமெழுகுதிரி, இலுமன், இலட்சு,** என்னுஞ் சொற்களின் வரைவிலக்கணங்களைக் கூறுக.

ஒளியானது செலுத்தப்படுந் திசையிலேடு ஒரு கோணத்திற் சாய்ந்துள்ள பரப்பொன்றிலே, புள்ளி முதலிடமொன்றின் பயனன ஒளிர்வின் செறிவுக்குரிய கோவையொன்றைப் பெறுக.

அளவிடையொன்றிலிருந்து 8 அடி மேலும், ஒன்றுக்கொன்று 6 அடி தூரத்திலுள்ள 500 **மெ. வ.** விளக்குகளிரண்டு அளவிடை ஒளிரப்படுகின்றது. ஒரு விளக்கின் நேர்கீழே அளவிடையிலுள்ள புள்ளியொன்றிற் செறிவைக் கணிக்க. **[L. I.]**

8.—ஒளிமானித்திரையொன்றின் ஒருபக்கத்திலே 4 அடி தூரத்தில் 64 **மெ. வ.** விளக்கொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. மற்றப்பக்கத்திலே 3 அடி தூரத்தில் 81 **மெ. வ.** விளக்கொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளியானது திரையிலே செங்குத்தாக விழுகின்றது. மெல்லிய கண்ணுடியின் 6 தாள்கள் 81 **மெ. வ.** விளக்கிற்கும் திரைக்குமிடையே செலுத்தப்பட்டபோது, திரையினிருபக்கங்களுஞ் சமமாக ஒளிரப்படுகின்றன. கண்ணுடியின் ஒரு தாளானது அது எற்குமொளியின் என்ன பின்னத்தை ஊடாகச் செலுத்துகின்றது?

9.—வெள்ளொளியின் முதலிடமொன்றின் ஒளிர்செறிவைப் பரிசோதனை மூலம் எவ்வாறு காண்பீரென விவரித்து விளக்குக.

குவியத்தூரம் 9 அங். உடைய மெல்லிய விரிவில்லையொன்றின் அச்சிலுள்ள புள்ளியொன்றிலே, வில்லையிலிருந்து 18 அங். தூரத்திலே மெழுகுதிரிச்சுவாலையொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. வில்லையிலிருந்து 12 அங். தூரத்திலே அச்சிலுள்ள புள்ளியொன்றிலே ஒரு திரையிலெளிர்வை, வில்லை அகற்றப்பட்டதும் அதே புள்ளியிலுள்ள ஒளிர்விலேடு ஒப்பிடுக.

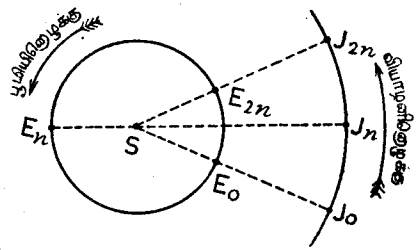
[குறிப்பு :—மெழுகுதிரிச் சுவாலைக்குந் திரைக்குமிடையே வில்லையானது வைக்கப்பட்டுள்ளது.]

10.—சமமான புள்ளி முதலிடங்கள் மூன்று கிடைத்தளத்திலே சமபுய முக்கோணியொன்றின் உச்சிகளிலே ஒழுங்கு செய்யப்பட்டுள்ளன. முக்கோணியின் மையக்கோட்டுச்சந்தியிலே நிலைக்குத்தான சிறிய திரையின் இரு பக்கங்களிலும் ஒளிர்வானது எப்போதுஞ் சமமாயிருக்குமென நிறுவுக.

ஒளியின் வேகம்

அத்தியாயம் 28

வானியல் முறை.—ஒளியின் வேகத்திற்குரிய வரையறையான பெறுமானமொன்றை உறுதியாக்குவதற்காக **கலிலியோ**வின்தும் (Galileo) மற்றையவரினதும் முயற்சிகள் சித்தியாகாதுபோக, 1676 இலே **தேனிய வானியல்** ஞானியாகிய **உரும**ரென்பவர், (Romer) வியாழனுகிய கோளைச் சுற்றி உபகோள்கள் அல்லது சந்திரர் சுழலும் ஆவர்த்தன காலத்தைப் பற்றிய நூதனமான பேறுகளைப் பெறுமட்டும், ஒளியின்வேகம் வரையறையற்றதெனக் கொள்ளப்பட்டது. ஒளியின் வேகமானது வரையறையானது எனக்கொண்டே இப்பேறுகளை விளக்கமுடியும். சூரியன், பூமி, வியாழன் ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ள அதே தளத்திலியங்கும் மிகவுள்ளேயுள்ள உபகோளின் அடுத்தடுத்த மறைவுகளினது காலங்களை அவதானித்து, **உரும**ர் வருங்காலக் கிரகணங்களின் காலங்களை முன்னதாகவே குறிப்பிட்டார். அவர் கணித்த நேரங்கள் மெய்யாகக் கிரகணங்கள் நிகழ்ந்த நேரங்களோடு பொருந்தவில்லையென்றும், பூமியானது வியாழனிலிருந்து அப்பாற் செல்லச்செல்ல முரண்பாடு அதிகரித்துக்கொண்டே போகின்ற தென்றும் இவர் அவதானித்தார்.



உருவம். 28.01. ஒளியின் வேகத்தைத் தீர்மானித்தற்குரிய உருமரின் முறை.

S என்பது, உருவம் 28.01, சூரியனெனவும், S ஐச்சுற்றி ஒவ்வொன்றுஞ் சுழலும்போது ஒத்த நேரங்களிலுள்ள பூமியினதும் வியாழனினதும் நிலைகளைப் பொருத்தமான அனுபந்தங்களுடன் E, J எழுத்துக்கள் குறிக்கின்றனவென்றுங் கொள்க. சூரியனுக்கும் வியாழனுக்குமிடையே பூமியிருக்கும்போது இம்மூன்றும் ஒரே நேர்கோட்டிலிருக்கும்போது, சூரியனும் வியாழனும் இணைந்திருக்கின்றனவென்று சொல்லப்படும். ஆனற் பூமியானது வியாழனுக் கெதிராகச் சூரியனின் பக்கத்திலே ஒரேநேர் கோட்டிலிருக்கும்போது அவை எதிராயுள்ளனவென்று சொல்லப்படும். பூமியும் வியாழனும் முறையே E_0 இலும் J_0 இலுமிருக்கும்போது வியாழனிற்கு மிக அண்மையிலுள்ள உபகோளின் கிரகணம் நிகழ்கின்றதெனக் கொள்வோமாக. கிரகணம் மெய்யாக நிகழும் கணத்திலிருந்து நேரத்தை

அளப்போமாயின், C என்பது கோளவிடைவெளியினூடு ஒளியின் வேகமெனக் கொண்டால், மறைவு $\frac{E_0J_0}{c}$ நேரத்திலே காணப்படும். பூமி E_1 இலும் வியாழன் J_1 இலுமிருக்கும்போது இக்கோளின் அடுத்தமறைவு நிகழுகின்றதெனக் கொள்க. இவ்வுபகோளின் சுற்றற்காலம் τ ஆயின், காலம் τ இலே மெய்யாக நிகழுகின்ற மறைவானது

$$\tau + \frac{E_1J_1}{c}$$

காலத்திலே அவதானிக்கப்படும். அதாவது, மெய்யான காலம் நேராக அவதானிக்கப்பட முடியாது. எனினும், சூரியனும் வியாழனும் அடுத்த முறை எதிர்நிலையில் E_n இலும் J_n இலுமிருக்கும்போது உபகோளானதும் சுற்றுக்களைச் சுற்றியுள்ளதெனக் கொள்வோமாக. மெய்யான காலம் $N\tau$ இலே இவை பூரணமாகும். ஆனால், பூமியிலே காலம் $n\tau + \frac{E_nJ_n}{c}$ இன் பின்பே பூரணத்துவம் அவதானிக்கப்படும். n சுற்றுக்களோடொத்த அவதானித்த காலம்

$$t_1 = n\tau + \frac{E_nJ_n}{c} - \frac{E_0J_0}{c} \text{ அல்லது, } n\tau + \frac{2R}{c} \text{ ஆகின்றது.}$$

இங்கு, R என்பது பூமியினெழுக்கினது ஆரையாகும்.

இதனைப்போலவே, கோள்களிரண்டும் E_{2n} இலும் J_{2n} இலும் இணைத்திருக்கும்போது, இன்னும் 0·545 ஆண்டுகள் சென்றபின்பு, கூடுதலாக n சுற்றுகள் நிகழ்ந்திருக்கும். அவற்றினிடையே அவதானிக்கப்பட்ட காலவிடையானது

$$t_2 = n\tau - \frac{2R}{c} \text{ ஆகும்.}$$

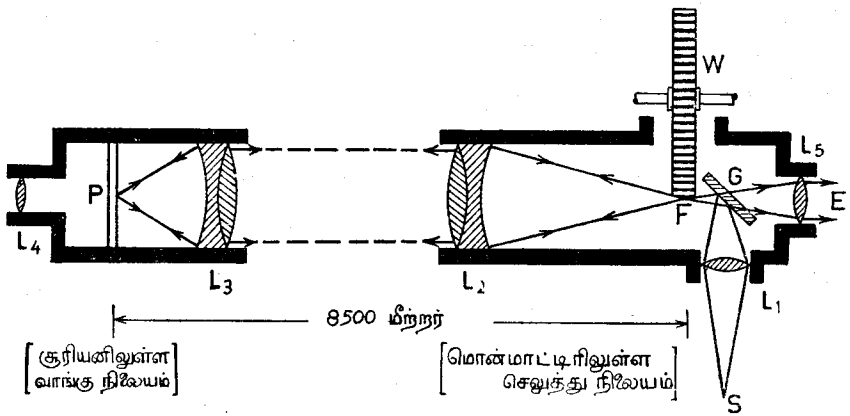
எனவே,

$$t_1 - t_2 = \frac{4R}{c}.$$

உருமர் இந்த வித்தியாசத்தை 2000 செக்கனுகக் கண்டார். எனவே, $R = 93 \times 10^6$ மைல் ஆதல் $c = 186000$ மைல். செக். $^{-1}$ அல்லது, 3×10^{10} சமீ. செக். $^{-1}$.

பிசோவின் (Fizeau) முறை.—எறத்தாழ 1849 இலே வளியில் ஒளியின் வேகத்தைத் தீர்மானித்தற்கு **பிசோ**வினுல் பிரயோகிக்கப்பட்ட ஆய்கருவியின் வரிப்படத்தை 28.02 ஆம் உருவங் காட்டுகின்றது. ஒளியின் வலுவுள்ள முதலிடம் S இன் விம்பமொன்று, கிடைத்தளவச்சொன்றைக் கொண்டு சுழலுகின்ற பற்சில்லு W இன் பற்களிரண்டினுக்கிடையேயுள்ள F இலே, ஒருங்குவில்லை L_1 இனுலும் கண்ணாடித்தட்டு G இனுலும் உண்டாக்கப்பட்டது.

இந்தச்சில்லிலே பற்கள், அவற்றின் இடைவெளியளவு அகலமுடைய னவாய்ச் சரியாய்ச் செய்யப்பட்டுள்ளன. ஒருங்குவில்லை L_2 ஆனது அதன் தலைமைக்குவியம் F இலிருக்குமாறு செப்பஞ்செய்யப்பட்டது. அதாவது,



உருவம் 28.02. ஒளியின் வேகத்தைத் தீர்மானித்தற்குரிய பிசோவின் ஆய்கருவி-

F, இலிருந்து இவ்வில்லையிற்படும் எந்தவொளியும் சமாந்தரக்கற்றையாக வெளிப்பட்டது. ஏற்குமாய்கருவி 8·63 கிலோமீற்றர் தூரத்திலே நிறுத்தப் பட்டது. ஒருங்குவில்லை L_3 ஐயும் பார்வைத்துண்டு L_4 ஐயும் கொண்டதாகும். அனுப்பும் நிலையத்திலிருந்து ஒளியைப்பெறக்கூடியதாக, அந்நிலையத்தை நோக்கி ஏற்குமாய்கருவி அமைக்கப்பட்டுள்ளதினால், P இலே விம்பமொன் றுண்டாக்கப்படும். வில்லை L_4 இந்த விம்பத்தை அவதானித்து நேர்கோட்ட மைப்பைத் திருத்த உதவுகின்றது. இதன்பின் P இலே தளவாடியொன்று வைக்கப்பட்டு அதன்மேற்படுமொளியானது F இற்குத்திரும்பவுந் தெறிக்கப் பட்டது. தெறித்தவொளியிற் சிறிதளவு குறையாக வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்ட ஆடி G இனூடு சென்று பார்வைத்துண்டு L_5 ஐ அடைந்தது.

W ஆனது சுழலச்செய்யப்பட்டபோது முதலிடத்திலிருந்து F ஐயடையும் ஒளிக்கதிர்கள் மாறிமாறி இரண்டு பற்களினிடையேயுள்ள வெளியினூடு செலுத்தப்பட்டும் ஒரு பல்லினூற்றடுக்கப்பட்டும் இருந்தன. குறைந்த வேகங் களிலே செலுத்தப்பட்ட ஒளியானது, சில்லானது சிறியகோணமொன்றினூ டேனும் இயக்கப்பட முன்பே, F இலிருந்து P இற்குச் சென்று திரும்பக் கூடியதாயிருந்ததினால், விம்பம் அப்போதுங் காணப்பட்டது. ஒளியானது தடுக்கப்பட்டபோது விம்பங் காணப்படவில்லை. தாமதமான இச்சுழற்சியின் விளைவு விம்பத்தின் தோற்றங்களையும் மறைவுகளையும் அடுத்தடுத்துப் பெறு வதேயாம். அதாவது, செக்கனென்றிலே திரும்பத் திரும்ப நிகழ்ந்த தோற் றப்பாடுகள் 8 அல்லது 10 இற்கு மேற்படாதிருப்பின், E இலுள்ள கண் ணொன்று சிமிட்டல் விம்பமொன்றைக் காணும். சுழற்சிவேகம் அதிகரிக்

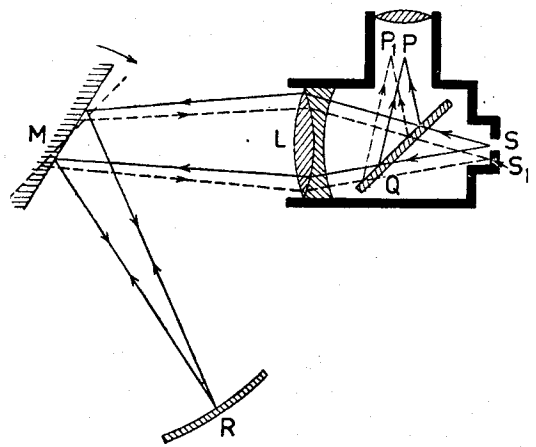
கப்பட்டபோது, விழித்திரையிலே விம்பப் பதிவின் காரணத்தினால் சிமிட் டல் அற்றுப்போய், வேகமேலுமதிகரிக்குந்தோறும் விம்பத்தின் செறிவு தொடர்ந்து குறைவதாகத் தோற்றியது. கடைசியாகப் பார்வைப்புலம் இருட்டாயுள்ள நிலையொன்று அடையப்பட்டது. ஒளியானது F இலிருந்து P இற்குச்சென்று திரும்புங்காலம் அடுத்தடுத்துள்ள பற்களினிடைத்தூரத் தின் அரைவாசியை ஒருபல்லானது இயங்க எடுக்குங் காலத்திற்குச் சமமாகு மென்பதே இதன் கருத்தாகும். கடிகாரவேலையினூற் சில்லின் வேகம் அளக் கப்பட்டபின், ஒளியின்வேகம் பின்வருமாறு கணிக்கப்பட்டது :— l என்பது நிலையங்களிரண்டிற்கு மிடையேயுள்ள தூரமெனவும், n என்பது விம்பம் பூரணமாய் மறையும்போது செக்கனென்றிற் சில்லினூலுண்டாக்கப்பட்ட சுற்றுகளின் தொகையெனவும் (12·6), N என்பது சில்லிலுள்ள பற்களின் தொகை (700) எனவுங்கொள்க. ஒவ்வொரு பல்லும் அதற்கு முன்பான பல்லானது சுற்றுமுன்பேயிருந்த இடத்தையடைய எடுக்கும் நேரம் $\frac{1}{Nn}$ ஆகும். அதாவது, வளியினூடு தூரம் $2l$ ஐ ஒளியானது செல்லவெடுக்கும் நேரம் $\frac{1}{2Nn}$ ஆகும். ஆகவே தேவையான வேகம்

$$c = 2l \div \frac{1}{2Nn} = 4Nnl \text{ ஆகும்.}$$

புலத்திலே தோற்றக்கூடிய மாற்றமெதுவும் உண்டாகாது பரந்த எல்லைகளுக் கிடையில் சில்லின் வேகத்தை மாற்றமுடியுமாதலின், பார்வைப்புலத்தின் இருளானது உயர்வாயிருக்குங் கணத்தைத் திருத்தமாய்த் தீர்மானித்தல் கடினமாகுமென்பதே இந்த முறைக்குரிய எதிர்ப்பாகும். எந்தக்கணத்திலும் வேகத்தை அறியக்கூடிய மின்னொழுங்கை உபயோகித்து **கோணு** (Cornu) என்பவர் இதனை ஈடுசெய்தார். விம்பம்முதலிலே மறையும்போதுந் திரும் பவுந் தோற்றும்போதும் வேகங்களை இவர் தீர்மானித்தார். கணக்குகளிற் சராசரிப் பெறுமானமொன்று பிரயோகிக்கப்பட்டது.

போக்கோவின் (Foucault) முறை (1849—1862).—S என்பது, உருவம் 28.03 (*a*), சூரியவொளி செலுத்தப்பட்ட ஒரு செவ்வகப்பிளவு. விம்பமெதனையுந் திருத்தமாய்க் கண்டுபிடிப்பதற்காக, துவாரத்தின் குறுக்கே நுண்ணிய கம்பியொன்று ஈர்க்கப்பட்டது. இந்தவொளியானது நிறந்தராவொருங்கு வில்லை இனால் ஏற்கப்பட்டு, ஊடுசென்ற கற்றை தளவாடி M இலே தெறித்தபின்பு குழிவாடி R இற் குவிக்கப்பட்டது. தூரம் RM ஆனது ஆடியின் வளைவாரைக்குச் சமமாகும். எனவே, அதன்மேற்பட்ட ஒளிக்கற்றை முந்திய பாதையிலேயே திரும்பவுஞ் சென்றது. இந்தவொளி M இலே தெறித்து L இனூடுசென்று பிளவோடு பொருந்திய விம்ப மொன்றை உண்டாக்கியது. இந்த நிலைமைகளில் விம்பத்தை அவதா னித்தல் முடியாதாதலின், தொகுதியினச்சுக்கு 45° கோணத்திலே S இனண்மையில் சமாந்தரக் கண்ணாடித்தட்டொன்று, நிறுத்தப்பட்டது.

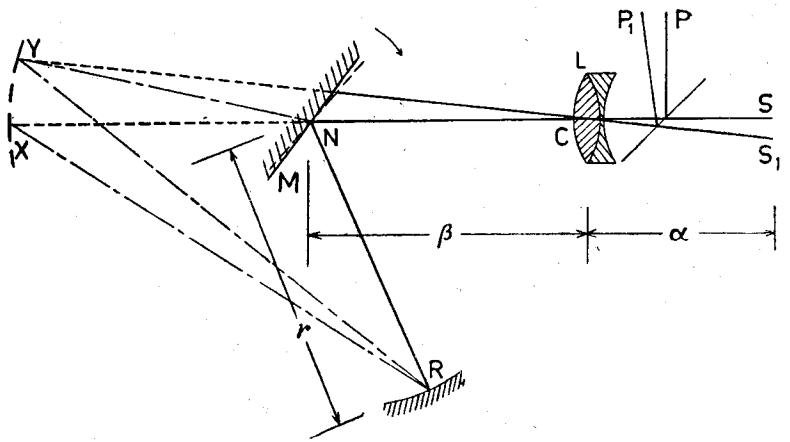
[சிலசமயங்களிற் கூறப்படுவதுபோல, இக்கண்ணுடித்துண்டு குறையாக வெள்ளிப்பூச்சிடப்படவில்லே. **போக்கோ** பின்வருமாறு கூறியுள்ளார்.—" பூச்சற்ற கண்ணுடி, கதிர்களின் ஒரு பாகத்தைத் தெறிக்கச் செய்தது."] **M** இலிருந்து தெறிக்கப்பட்டு இக்கண்ணுடியின்மேற் படும் ஒளியிலுருபாகம் கண்ணுடி



உருவம். 28.03 (a). ஒளியின் வேகத்தைத் தீர்மானித்தற்குரிய போக்கோவின் ஆய்கருவி.

யிலுற்றெறிக்கப்பட்டு **P** இலே விம்பமொன்றை உண்டாக்குகின்றது. இவ்விம்பத்தின் நிலேயானது நுண்மானிக் பார்வைதுண்டொன்றினுல் அவதானிக்கப்பட்டது. காகிதத்தளத்திற்குச் செங்குத்தான அச்சொன்றைக் கொண்டு தளவாடி **M** ஆனது விரைவாகச் சுழலக்கூடியதாயிருந்தது. சிறப்பானவொரு கணத்திலே ஆடியானது ஆறுதலாகச் சுழன்றுகொண்டிருந்தபோது, அதிலிருந்து தெறிக்கப்பட்ட ஒளியானது **R** இல் விழுந்து அங்கிருந்து **M** இற்குத் திரும்பவுஞ் செல்லக்கூடிய நிலேயிலே இருந்ததெனக்கொள்க. **M** ஆனது மிக்க ஆறுதலாகச் சுழன்றதெனக் கொள்ளப்பட்டதாதலின், ஒளியானது **M** இலிருந்து **R** இற்குச்சென்று திரும்புங் காலவிடையிலே ஆடியானது அதன் நிலேயை அவ்வளவாக மாற்றியிருக்க முடியாது. ஆகவே. **M** இலிருந்து தெறிக்கப்பட்ட ஒளியானது வில்லேத் தொகுதியினூடு சென்று **P** இலே விம்பமொன்றை உண்டாக்கும். **R** இன் மேலே ஒளிபடுமளவும் விம்பம் நிலேத்திருக்கும். இந்தநிலேமை பொய்யானதும் **P** இலே விம்பமில்லாது புலம் இருண்டு தோற்றியது. எனவே, சுழற்சிவேகங் குறைவாயிருந்தபோது **P** இலே துலக்கமும் இருட்டும் முறையாகப் பின்பற்றின. செக்கனென்றிலே பத்து முறைகளுக்கு மேற்பட மாறல்கள் நிகழுமாறு வேகத்தை அதிகரித்தவுடன், விழித்திரையிலே பார்வைப்படிவு நிலேத்திருப்பதன் பயனுக, **P** இலே நிரந்தரமான விம்பமொன்று நிலேத்தது. வில் **R** ஆனது பாகமாயமைந்த வட்டத்தின் முழுச்சுற்றினூடு **R** இன்

விகிதத்திலே இவ்விம்பத்தின் துலக்கங் குறைந்தது. ஆயினும், ஒளியானது **M** இலிருந்து **R** இற்குச் சென்று திரும்புவதற்கெடுத்த காலவிடையிலே சிறிய கோணமொன்றினூடு ஆடியானது இயங்கக்கூடியதாக, ஆடி **M** இன் வேகம் அதிகரிக்கப்பட்டால், **M** இலிருந்து தெறித்த ஒளியானது முந்திய பாதையிலே திரும்பிச் செல்லாது, **M** ஆனது வலமாகச் சுழலின், கடைசி விம்பத்தை P_1 இலுண்டாக்குந் திசையிலேயே செல்லும். அவதானித்த பெயர்ச்சி PP_1 இலிருந்தும் சுழற்சிவேகத்திலிருதும் ஒளியின்வேகம் பின் வருமாறு கணிக்கப்பட்டது ; ஆடி **M** இல்லாவிடத்து, **L** இலே விழுகின்ற ஒளியின் விரிகற்றை **X** இலே புள்ளிவிம்பமாக ஒருங்கும், உருவம் 28.03 (*b*).



உருவம் 28.03 (b).

உண்மையாகக் குழிவாடியிலுள்ள ஒரு புள்ளியாகிய **R** இலே விம்பமொன்றுண்டானது. **X**, **R** புள்ளிகளிரண்டும் ஆடி **M** இற்குச் செவ்வனிலும் அதன் தளத்திலிருந்து சமதூரங்களிலுமுள்ளன. அதாவது, **X** என்பது **R** இன் விம்பமாகும். **N** இனூடுசென்ற நிலேக்குத்தச்சைக் கொண்டு ஆடி **M** ஆனது சுழற்றப்பட்டபோது **R** இன் விம்பமானது **Y** இலுண்டானதெனக் கொள்க. இங்கு, **N** ஐ மையமாகக்கொண்ட வட்டமொன்றிலே **X**, **Y**, **R** இருந்தன. **Y** ஐ **L** இன் மையமாகிய **C** இலே டிணைத்து $CS = CS_1$ ஆகுமாறு அதனே நீட்ட, கண்ணுடித்தட்டு அகற்றப்பட்டபோது விம்பத்தின் நிலே பெறப்பட்டது. இத்தட்டிருந்தபோது இடம் பெயர்ந்த விம்பமானது P_1 இலிருந்தது. இங்கு $PP_1 = SS_1$.

$\alpha = CS$, $\beta = CN$, $r = NR$, $c =$ ஒளியின்வேகமெனவும், Δ என்பது ஆடி **M** ஆனது செக்கனுக்கு n சுற்றுகளுண்டாக்கும்போதுள்ள இடப் பெயர்ச்சியெனவுங் கொள்க. எனின், 2 **NR** தூரத்தை செல்லவெடுத்த காலம் $\frac{2r}{c}$ ஆகும். இந்தக்காலத்திலே சுழலுமாடியானது கோணம்

$2\pi n.\frac{2r}{c}=\frac{4\pi nr}{c}$ ஆரையன்களினூடு சுற்றியது. இப்போது, XR உம் YR உம் ஆடியின் நிலைகளிரண்டிற்குஞ் செங்குத்தாதலின், $\overset{\frown}{XRY}$ = சுழற்சிக்கோணம். எனவே, (இருசோடி சர்வசமமான முக்கோணிகளிலிருந்து), NR = NX = YN ஆதலின், X, Y, R ஆகிய புள்ளிகள் N ஐ மையமாய்க்கொண்ட வட்டப்பரிதியிலுள்ளன. எனவே,

$\overset{\frown}{XNY} = 2\ \overset{\frown}{XRY}$ = சுழற்சிக்கோணத்தின் இருமடங்கு.

$$\therefore XY = 2r.\frac{4\pi nr}{c}=\frac{8\pi nr^2}{c}.$$

ஆனால், $$PP_1 = SS_1 = \frac{\alpha}{(\beta + r)}XY.$$

ஆகவே, $$\Delta = PP_1 = \frac{8\pi nr^2\alpha}{c(\beta + r)};$$ அல்லது,

$$c = \frac{8\pi nr^2\alpha}{\Delta(\beta + r)} = \frac{8\pi nr\alpha}{\Delta}, \quad \frac{\beta}{r} \longrightarrow 0 \text{ ஆகும்போது}$$

சுழலுமாடியின் சுழற்சிவேகத்தைத் தீர்மானிக்க **போக்கோ** என்பவர் சுற்றைச்சுற்றிப் பெருந்தொகையான பற்களைக்கொண்ட வட்டத்தட்டொன்றை, விம்பங்கள் P_1, P_2 களைக்கொண்ட தளத்திலே வைத்தார். அதாவது, இத்தட்டு பார்வைப்புலத்தைக் கட்டுப்படுத்தியது. ஒருசீரான குறைந்த வேகத்துடன் தன்னுடைய அச்சிலேயே இத்தட்டானது சுழன்றது. எனவே, தொடர்ந்து பிரகாசிக்கும் முதலிடமொன்றினால் இது ஒளிரப்பட்டால், அதன் விளிம்பிலுள்ள பற்கள் அவற்றின் விரைவான இயக்கத்தின் பயனாக அவதானிக்கப்படமுடியாது. ஆயினும், பார்வைப்புலம் இடையிடையேமட்டும் ஒளிரப்படுவதினால், சிறப்பானவொரு சந்தர்ப்பத்திலே, செக்கனொன்றிற் பார்வைப்புலம் ஒளிரப்படுந் தரங்களின் தொகையாகிய, சுழலுமாடியின் செக்கனொன்றிற்குரிய சுற்றுகளின்றொகை, பார்வைப்புலத்திலுள்ள புள்ளியொன்றின் குறுக்கே செக்கனொன்றிற்செல்லும் பற்களின் தொகைக்குச் சமமாதலின், தட்டானது நிலையாயிருப்பதாகத் தோற்றும். இந்த வழியாகப் **போக்கோ** சுழலும் ஆடியின் சுழற்சிவேகத்தைத் தீர்மானித்தார்.

போக்கோவின் பரிசோதனையிலே $n = 800$ சுற்று செக்.$^{-1}$ $r = 4$ மீற்றர். ஆனால், ஒளியானது இத்தூரத்தை ஐந்துமுறை செல்லவிடப்பட்டது. எனவே, இதன் விளைவு, $r = 20$ மீற்றர். அத்துடன், $\Delta = 0{\cdot}70$ மி.மீ. ஆதலின்,

$$c = 2{\cdot}98 \times 10^{10} \text{ சமீ.செக.}^{-1}$$ எனப் பெறப்பட்டது.

போக்கோ நீரிலே ஒளியின் வேகத்தைத் தீர்மானித்தற்கு இந்த முறையையும் பிரயோகித்தார். N இற்கும் R இற்குமிடையே நீரைக்கொண்டுள்ள குழாயொன்று வைக்கப்பட்டது. இக்குழாயின்முன்பு அதனூடுசெல்லும்

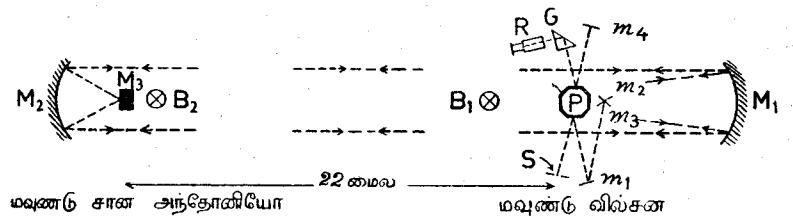
கதிர்களின் ஒருங்குதலிலே நீரில் விளைவை ஈடுசெய்வதற்காக, ஒருங்கு வில்லையொன்று வைக்கப்பட்டது. விம்பத்தின் இடப்பெயர்ச்சி முந்தியதிலும் பெரிதாயிருந்தது. **போக்கோ** இதிலிருந்து பெற்ற முடிவிலிருந்து வேகங்களிரண்டினதும் விகிதத்தை மதிப்பிடவில்லை. 1883 இலே **மைக்கேல்சன்** என்பவர் **போக்கோ** வினதையொத்த ஆய்கருவியொன்றை உபயோகித்து, இடப்பெயர்ச்சிகளிரண்டையுமளந்து அவற்றின் விகிதம் 1·330 எனக் கண்டார். அடுத்தவத்தியாயத்திலே சுருக்கமாக விவரிக்கப்பட்டுள்ள அலைக் கொள்கையினால் தேவைப்பட்ட நீரின் முறிவுக் குணமாகிய 1·334 இனோடு இது பொருத்தமாயிருந்தது.

ஒளியின் வேகத்தைப்பற்றிய மைக்கேல்சனின் இக்காலவேலை.—போக்கோவினுய்கருவியினது திருத்தப்பட்ட வகையொன்றை உபயோகித்து இப் பரிசோதனைகள் 1926 இலே செய்யப்பட்டன. பரிசோதனை மூலம் "c" இன் திருத்தமான தீர்மானத்திற்குத் தேவையான நிபந்தனைகளாவன :—

(அ) "நிலையங்"களுக்கிடையே கூடிய தூரம் இருத்தல்வேண்டும்.

(ஆ) திருத்தமாக விம்பத்தின் நிலையைக்காணப் போதியளவு ஒளியைப் பெறக்கூடியதாயிருத்தல் வேண்டும்.

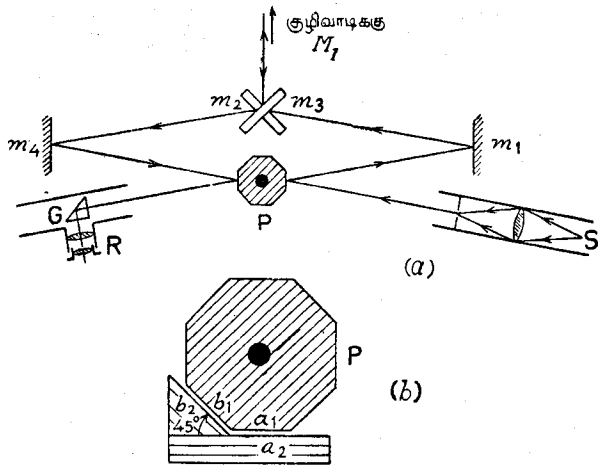
(இ) உண்மையான அவதானங்கள் நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தினளவும், சுழலாடியின் கோணவேகத்தினளவுமாகக் குறைக்கப்படக்கூடியதாய், கோணமொன்றினளவு தவிர்க்கப்படல் வேண்டும்.



உருவம் 28.04. ஒளியின் வேகத்தைத் தீர்மானித்தற்குரிய மைக்கேல்சனின் எண்கோண ஆடியின் முறை.

வீட்டுநிலையத்திற்காக மவுண்டுவில்சனும், தூரநிலையத்திற்காக 22 மைல்களுக்கப்பாலுள்ள மவுண்டுசான் அந்தோனியோவுமே தெரியப்பட்ட இரண்டு நிலையங்களுமாம். எனவே, ஒளியானது இரட்டைப் பிரயாணத்தைச் செய்ய வெடுத்தநேரம் ஏறத்தாழ $2{\cdot}3 \times 10^{-4}$ செக்கனுகும். பரிசோதனையொழுங்கு உருவம் 28.04 இலே காட்டப்பட்டுள்ளது. சிமெரிவில்லொன்றிலிருந்துவரு மொளியானது பிளவு S இனூடு செலுத்தப்பட்டு அமுக்கப்பட்ட வழியினால் மாறுவேகத்துடன் செலுத்தப்படும் ஏறத்தாழ 6 சமீ. விட்டமுள்ள எண்கோணவாடி P இன்மேல் படவிடப்பட்டது. அதன்பின் ஒளியானது தளவாடிகள் m_1, m_2 களிலும், பின்னையதிலிருந்து குழிவாடி M_1 இலும் படவிடப்பட்டது. இப்போது S ஆனது M_1 இன் தலைமைக்குவியத்திலிருக்

கின்றது. எனவே, ஒளியானது M_1 இலிருந்து சமாந்தரக்கற்றையாக இரண்டாவது குழிவாடி M_2 ஐ அடைகின்றது. இதன்குவியத்திலே சிறிய தளவாடி M_3 இருந்ததினால், ஒளியானது தெறித்துத் திரும்பவும் M_2, M_1 வழியாய் m_2 இன் சிறிதுமேலேயுள்ள சிறிய தளவாடி m_3 ஐ அடைந்தது. அங்கிருந்து தொடக்கத்தில் எண்கோணவாடி நிலையாயிருந்தபோது ஒளிவிழுந்த முகத்திற்கெதிரான முகத்திலே ஒளியானது திரும்பவுந் தெறிக்கப்பட்டது. அவதானிக்கும் நுணுக்குக்காட்டியின் பொருள்வில்லே R இன் சிறிது முன்புள்ள கண்ணாடியரியம் G இனூடு முழுவுட்டெறிப்பின், கடைசியாக S இன் விம்பமொன்றுண்டாக்கப்பட்டது. "வீட்டுநிலையத்திலுள்ள" ஒழுங்கு விவரங்கள் உருவம் 28.05 (*a*) இலே குறிக்கப்பட்டுள்ளன.



உருவம் 28.05. (a) வீட்டுநிலையத்திலுள்ள ஒழுங்குவிவரங்கள். (b) எண்கோணவாடியைப் பரிசோதித்தல்.

ஒளியானது ஒரு நிலையத்திலிருந்து மற்றதற்குச் சென்று திரும்பும் நேரத்திலே ஒரு சுற்றின் எட்டிலொரு பாகஞ் சுழலக்கூடிய வேகத்திலே எண்கோணவாடி செலுத்தப்பட்டது. அதாவது, சுழலுமாடி நிலைத்திருந்தைப்போன்ற அதேநிலையிலே கடைசிவிம்பம் உண்டானதினால் இம்முறை பூச்சியமாகவேயிருந்தது.

கண்ணாடியினாலேனும் உருக்கினாலேனுஞ் செய்து உபயோகிக்கப்பட்ட எண்கோணவாடிகளை அமைக்க **மைக்கேல்சன்** பின்வரும் முறையை உபயோகித்தார். முகங்கள் துலக்கப்பட்டுக் கோணங்கள் ஏறத்தாழத் திருத்தமாகச் செய்யப்பட்டன. இதன்பின், மெய்யான தளமொன்றிலே 45° அரியமொன்று ஒட்டப்பட்டுச் செய்யப்பட்ட பரிசோதனைக் கோணத்திலே அது வைக்கப்பட்டது.—உருவம் 28.05 (*b*) ஐப்பார்க்க. ஒருநிறவொளியைக் கொண்டு தலையீட்டுவிளிம்புகளை அவதானித்து a_1, a_2 முகங்கள் சமாந்தரமாக்கப்பட்டன. [வட்டவிளிம்புகள்— 367 ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க]. பொதுவாக முகங்கள் b_1, b_2 சமாந்தரமாயிருக்கவில்லை. விளிம்புகளின் சாய்விலும் அவற்றின் தூரத்திலுமிருந்தே அவற்றினிடைக்கோணம் அனுமானிக்கப்பட்டது. எண்கோணவாடியின் ஒவ்வொரு முகத்திற்கும் இது முறையாகத் திருப்பிச் செய்யப்பட்டது. விளிம்பகலமுஞ் சாய்வும் ஒவ்வொரு முகத்துக்கும் ஒன்றுயிருக்குமாறு துலக்கத்தினால் இவை திருத்தப்பட்டன. அதன்பின் கோணங்களெல்லாஞ் சமமாயிருந்தன. 0·1″—0·05″ ஆகிய பத்திலட்சத்தினிலொருபாகமான ஒழுங்கின் சராசரி வழுவையுடைய எண்கோணவரியமொன்றை இவ்வகையாக உண்டாக்குவதில் **மைக்கேல்சன்** சித்தியடைந்தார்.

சுழலுமாடியினால் நேராகத் தெறிக்கப்பட்டதும் சிதறப்பட்டதுமான ஒளியிலிருந்து சிக்கல்களுண்டாயின. முந்தியதை நீக்கச் சுழலுமாடி சிறிது சாய்த்து வைக்கப்பட்டது. வெளிச்செல்லுங்கதிரினதிலும் வேறான பரப்பிலே திரும்பிவருங் கதிரை ஏற்றுப் பின்னையதை நீக்கமுடியும். இன்னும், தூர வாடியை ஒளிக்கற்றைக்குச் செங்குத்தாக வைத்துக் கொள்ளவேண்டிய இடரைத் தவிர்ப்பதற்காக, வீட்டு நிலையத்துக்குக் கதிர்களின் திரும்பல், **பீசோ** வினால் உபயோகிக்கப்பட்டதைப்போன்ற ஒழுங்கொன்றைக்கொண்டு நிகழ்த்தப்பட்டது. கற்றையானது சிறிய தளவாடியிலேனும் அதனிலுஞ்சிறந்த குழிவாடியிலேனும் திருத்தமாகக் குவிக்கப்படுவதே தேவையானதாகும். அதாவது, இந்தவாடியானது "தூரநிலையத்திலுள்ள" நேர் வரிசையாக்கியின் குவியத்திற் சரியாயிருத்தல் வேண்டும். வேலையின் செலவைக் குறைப்பதற்காக, வீட்டுநிலையத்திலும் தூரநிலையத்திலுமுள்ள நேர்வரிசையாக்கிகள் ஒருங்குவில்லைகளுக்குப்பதிலாக வெள்ளிப் பூச்சிடப்பட்ட குழிவாடிகளாயிருந்தன.

ஒளியானது தனது பிரயாணத்தைச்செய்ய எடுக்கும்நேரத்திலே செக்கனுக்கு 528 சுற்றுச் சுற்றிய எண்கோணமானது ஒரு சுற்றின் எட்டிலொரு பாகத்தைச் சுழலக்கூடியதாய் இரு நிலையங்களுக்குமிடையேயுள்ள தூரந் தெரியப்பட்டது. இப்பரிசோதனைகளிலே உபயோகிக்கப்பட்ட நியமவிசைக்கவரின் செக்கனொன்றிற்குரிய அதிர்வுகளின் எண் ஏறத்தாழ 528 ஆதலினாலேயே இவ்வெண் தோற்றியது. இவ்விசைக்கவர் வாயிலிலையமொன்றினாற் செலுத்தப்பட்டது. எனவே, வழக்கமாகச் செலுத்தப்பட்ட முறையினும் பார்க்க உறுதிகூடிய சுரத்தை அது கொடுத்தது. அச்சினைடிணைக்கப்பட்ட பிராக்கெற்றுகளிலே வழியுதலின் மோதுதலினால் எண்கோணி பொருத்தப்பட்ட ஏற்றியானது செலுத்தப்பட்டது.

முதலிலே கவரின் வீதமானது அமெரிக்க ஐக்கியநாடுகளின் கரையோரப் புவிப்பரப்பளவையாரின் ஊசலின் வீதத்தினோடு ஒப்பிடப்படுதல்வேண்டும். அமெரிக்க ஐக்கியநாடுகளின் அவதானநிலையங்கள் ஒன்றிலுள்ள நியமக் கடிகாரமொன்றை உபயோகித்து இவ்வூசலானது மெய்யான செக்கனைக்

குறிக்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. கடிகாரமானது உவாசிங்ரனிலுள்ள நியமநேரத்தோடு ஒப்பிடப்பட்டது. இதற்கு இரேடியோக்குறிகள் உபயோகிக்கப்பட்டன.

கரையோரப் புவிப்பரப்பளவையினரின் ஊசலுக்கும் மெய்யான செக்கனூசலொன்றிற்குமிடையே அடுத்தடுத்த பொருத்தங்களின் காலத்தை $\frac{1}{f}$ எனக்கொள்க. எனின், க. பு. ஊசலின் அதிர்வெண் $\frac{1/f}{T_0}$ ஆகும். இங்கு, T_0 என்பது க. பு. ஊசலின் காலமாகும். இந்த நேரத்திலே நியமசெக்கனூசலினுல் உண்டாக்கப்பட்ட அதிர்வுகளினெண் $\frac{1}{2}\left(\frac{1}{f}\right)$ ஆகும்.

$$\therefore \frac{1}{T_0} \cdot \left(\frac{1}{f}\right) \pm 1 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{f}\right).$$

$$\therefore \frac{1}{T_0} \pm f = \frac{1}{2}, \text{ அல்லது, } \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2} \pm f.$$

கவரை ஊசலோடு ஒப்பிடுதற்குச் சுழனிலைகாட்டிமுறையொன்று பிரயோகிக்கப்படும். மிக்கவொடுங்கிய இடைத்தளமான பிளவொன்றிலிருந்துவரும் ஒளியானது நிறந்தராவில்லையொன்றினுல் ஒருங்கச்செய்யப்பட்டது. இது, ஊசலினோடு இணைக்கப்பட்ட தளவாடியொன்றில் விழுந்தபின், இசைக்கவரின் விளிம்பொன்றினது தளத்திலே பிளவின் துலக்கமான விம்பமொன்றை உண்டாக்கியது. நுணுக்குக்காட்டிப் பார்வைத்துண்டொன்றினுல் இது அவதானிக்கப்பட்டது.

35,425·1 மீற்றராகிய அடிக்கோடானது பலவிலட்சங்களின் ஒருபாக வழுவுடன் நிபுணரைக்கொண்ட குழுவினரால் அளக்கப்பட்டது. ஒளியானது செல்லும் பாதையை 260 கிலோமீற்றராகக்கொண்ட அண்மைக்காலப் பரிசோதனைகள் இன்னும் முற்றுப்பெறவில்லை.

எண்கோணவாடியின் அடுத்துள்ள முகங்களிலிருந்து தெறிப்புகளிரண்டிற்கிடையே ஒளியினுல் இருமுறை செல்லப்பட்ட தூரம் l ஆயின்.

$$c_0 = 2l \div \frac{1}{8n} = 16ln$$

எனப் பெறுகின்றோம். இங்கு n என்பது, சுழலாடியினூற் செக்கனென்றில் உண்டாக்கப்பட்ட சுற்றுகளின் தொகையாகும்.

1930 இலே **மைக்கேல்சனும், பீசும் பியேசனும்** (Michelson, Pease and Peasson) வெற்றிடமொன்றிலே ஒளியின் வேகத்தை அளக்கத் தொடங்கினர். இக்காரணத்திற்காக, 1 மைல் நீளமான உலோகக்குழாயொன்றை அமைத்து, அதனுள்ளே சுழலாடி ஆய்கருவி நிறுத்தப்பட்டது. குழாயினுள்ளேயுள்ள அமுக்கம் இரசத்தின் 0·5 மிமீ. மிகக்குறைக்கப்பட்டது. எனவே, வழியின் முறிவுக்குணகத்திற்குரிய எவ்விததிருத்தமும் தேவைப்படவில்லை. 1931 இலே **மைக்கேல்சன்** இறந்து விட்டார். ஆனால், **பீசும் பியேசனும்** 32

பக்கங்களைக்கொண்ட கண்ணாடியரிய மொன்றை உபயோகித்து வேலையைத் தொடர்ந்து நடாத்தினர். குழாயின் நீளப்பாட்டிலே ஒன்பது முறைஒளியானது சென்றபின்பு திரும்பலில்லாதிருக்கக்கூடிய வேகத்துடன் அது சுழற்றப்பட்டது.

அண்மைக்காலத்திலே **பேசு** (Buge) என்பவர் இவ்வேலையைத்திருப்பி ஆராய்ந்து, வெற்றிடத்திலே ஒளியின் வேகமாகிய c_0 இற்கு, அவர்களின் வேலையிலிருந்து அனுமானிக்கப்படக்கூடிய சிறந்த பெறுமானம்,

$$c_0 = (299{,}796 \pm 4) \text{ கிமீ. செக்.}^{-1}$$

என நம்புகின்றார்.

1950 இலே **ஏசனென்**பவர் (Essen) குழிப்பரிவுக்கருவி முறையொன்றை உபயோகித்து,

$$c_0 = (299{,}792{\cdot}5 \pm 1) \text{ கிமீ. செக்.}^{-1}$$

எனக்கண்டார்.

போல் (Bol) என்பவர் திருத்திய குழிவுப்பரிவுக்கருவி முறையொன்றை உபயோகித்து,

$$c_0 = (299{,}789{\cdot}3 — 0{\cdot}4) \text{ கிமீ. செக்.}^{-1}$$

எனக்கண்டார்.

ஏசனும் மற்றையோரும் பெறப்பட்ட எல்லாப்பேறுகளையுந் திருப்பி ஆராய்ந்து ஒளியின் வேகத்திற்குரிய நியாயமான பெறுமானம்,

$$c_0 = 299{,}790 \text{ கிமீ. செக்.}^{-1}$$

என்ற முடிவுக்கு வந்துள்ளனர்.

அப்பியாசம் 28

1. வளியிலே ஒளியின் வேகத்தைத் தீர்மானித்தற்குரிய (அ) போக்கோவின் சுழலாடிமுறையையேனும், (ஆ) வேறேதாவது பின்னைய முறையையேனும், விரிவாகக் கூறுக.

சமவியல்புப்பதார்த்தமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தை ஒளியின் அலைக்கொள்கையைக்கொண்டு எவ்வாறு விளக்கலாமெனக் கூறுக.

2. வளியிலே ஒளியின் வேகத்தைத் தீர்மானித்தற்குரிய பரிசோதனையொன்றின் விவரத்தைச் சுருக்கமாகக் கூறுக. ஆய்க்கருவியின் ஒழுங்கைக்காட்ட வரிப்படமொன்று வரைந்து, பரிசோதனைத் தரவுகளிலிருந்து பேற்றை எவ்வாறு அனுமானிக்கலாமெனக் காட்டுக.

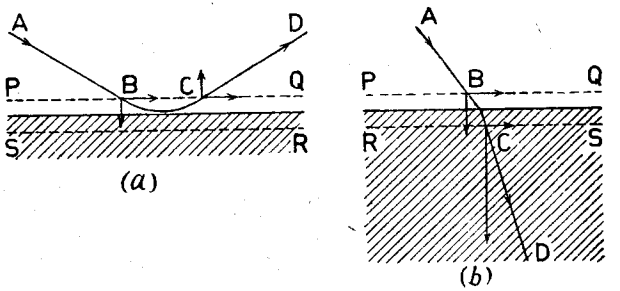
பரிசோதனைமூலம் பெறப்பட்ட விகிதத்திலோடு பொருத்தமாயுள்ள, நீரில் ஒளியின் வேகத்திற்கு வளியில் ஒளியினது வேகத்தின் விகிதத்திற்குரிய பெறுமானமொன்றைப்பெற, முறிவுக்குரிய ஐகனினன் அக்கொள்கை எவ்வாறு வழிகாட்டுகின்றதெனக் காட்டுக.

அத்தியாயம் 29

ஒளியின் காலற்கொள்கையும் அலைக்கொள்கையும்

நியூற்றனின் ஒளிச்சிறுதுணிக்கைக்கொள்கை அல்லது காலற்கொள்கை.—நியூற்றனின் கருத்துப்படி ஒளியுணர்ச்சியானது அவதானிக்கப்பட்ட ஒளிர் பொருளிலுல் காலப்பட்ட சிறுதுணிக்கைக் கூட்டங்களின் பொறிமுறை மோது கையின் பயனுனதாகும். மிக்கவண்மையாகச் சடப்பொருளை அடைந்து அவற்றின் நேர்கோட்டுப்பாதைகள் மாற்றப்பட்டாலன்றி, இத்துணிக்கைகள் நேர்கோட்டிலேயே சென்றனவென அவர்மேற் கொண்டார். தெறிப்பினதும் முறிவினதுந் தோற்றப்பாடுகள் இவ்வகையாகச் செலுத்தப்பட்ட மாறுதல் களின் காரணத்தினுலேயேயென்று கருதப்பட்டது. சிலதுணிக்கைகள் தெறிக்கப்பட்டும் மற்றவை முறிக்கப்பட்டும் எனிருக்கின்றன என்பதை விளக்குவதற்காக, சாதாரணத்தெறிப்பினதும் செலுத்தலினதும் வலிப் புகளுக்கு இவை ஆளாயுளளனவென **நியூற்றன்** ஒப்புக்கொண்டார். தெறிப்பின் தோற்றப்பாட்டை விளக்குவதற்காக, இந்தச் சிறுதுணிக்கைகளு ளொன்று "சாதாரண தெறிப்பிற்குரிய வலிப்பைப்" பெற்றிருக்கும்போது ஊடகங்களிரண்டினதும் இடைமுகத்தை மிக்க நெருங்கி அடையுமெனின் இடைமுகத்திற்குச் செங்குத்தான அதன் வேகத்தின்கூறு தள்ளுகையின் தொழிற்பாடொன்றினுற் தாக்கப்படுகின்றதென **நியூற்றன்** ஒப்புக்கொண் டார். பரப்பிற்குச் சமாந்தரமான கூறு மாற்றமடையவில்லை. வேகத்தின் செவ்வன் கூறு மாறத் தொடங்கியதும் துணிக்கையின் பாதை வளைவா னது. கடைசியாக இந்தக் கூறு பூச்சியமானதும், பாதையானது இடை முகத்திற் றெடுபுள்ளியிலே தொடலிக்கு அக்கணத்திற் சமாந்தரமாயி ருந்தது. தள்ளிகைத்தொழிற்பாடு இன்னும் நிகழ்ந்துகொண்டிருந்த தினுல், துணிக்கையின் வேகத்தினது செங்குத்துக்கூறனது மீண்டும் மாற்றத்தினுல் தாக்கப்படாதிருக்குமட்டும், அத்துணிகையானது வளைகோட் டின் பாதையிலே பரப்பிலிருந்து அப்பால் இயங்கியது. குறி நேர்மா றுன தொடக்கத்து எண்ணளவுப்பெறுமானத்தை இக்கூறன அடையுமட் டும் இது நிகழ்ந்தது. அப்போது துணிக்கையானது இடைமுகத்தின் தாக்கத்திலிருந்து விலகிச் சுயாதீனமாக வெளிப்பட்டு நேர்கோடொன்றிற் செல்லும். அதன் வேகத்தின் கூறுகள் முந்தியவற்றிற்கு எண்ணளவிற் சமமாயிருந்தபோதிலும், செங்குத்துக்கூற்றின் திசைமாறியிருந்தது. ஆகவே, தெறித்த துணிக்கையின் பாதையானது, வேகத்தின் செங்குத் துக்கூறனது அற்றுப்போன புள்ளியிலே, பரப்பிற்குச் செவ்வனுடு, படுகதிரானது அதே செவ்வனுடு உண்டாக்கிய கோணத்தை உண்டாக்கும். உருவம் 29.01 (*a*) ஐக் கருதினுல் இந்த உண்மைகள்

கூடிய தெளிவாகும். வரிப்படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக வேகத்தின் கூறேதாவது இருக்க வில்லையாதலின், இயக்கம் முழுவதும் அதேதளத்திலிருத்தல் வேண்டும். எனவே, ஒளிச்சிறுதுணிக்கைக் கொள் கையைக்கொண்டு தெறிப்புவிதிகள் பூரணமாக விளக்கப்படலாம்.



உருவம் 29.01.—ஒளிச்சிறுதுணிக்கையொன்றின் தெறிப்பும் முறிவும்.

அன்றியும், சாதாரண செலுத்தலின் வலிப்பைக்கொண்ட துணிக்கை யொன்று இடைமுகத்தினது பாதிப்பின்கீழ் வந்தபோது, PQ இலும் பார்க்க பேரப்பிற்கண்மையில் வந்தபோது, உருவம் 29.01 (*b*), அதன் வேகத்தினது செங்குத்துக்கூறனது அதிகரிக்கப்பட்டது. ஊடகத்தையடைந் தபின்பும் இக்கூறனது, இடைமுகத்தின் தாக்கற்பாகத்திற்கப்பால் சிறு துணிக்கை சென்றபின்பும், அதாவது RS இற்கப்பாற் சென்றபின்பும், அதிகரித்துக்கொண்டே போனது. இதன்பின், வேகத்தின் செங்குத்துக்கூறு அதிகரித்திக்கொண்டிருக்க, ஆனுல், பரப்பிற்குச் சமந்தரமான கூறு முந்தியவளவினதாயிருக்க, இது ஊடகத்தினூடு சென்றது. ஆகவே, தொகு வினைவான இதன் வேகம் அதிகரித்தது. முதலாவது இரண்டாவது ஊடகங்கள் முறையே வழியுங் கண்ணுடியுமாயிருக்க, c_1 உம் c_2 உம் ஊடகங்களிரண் டிலும் ஒளியின் வேகங்களைக் குறிக்கின்றனவெனவும், θ_1, θ_2 படுகோணத் தையும் முறிகோணத்தையுங் குறிக்கின்றனவெனவுங் கொள்க. பரப் பிற்குச் சமாந்தரமான வேகங்களிரண்டினதுங் கூறுகள் சர்வசமமாயிருத் தலின்,

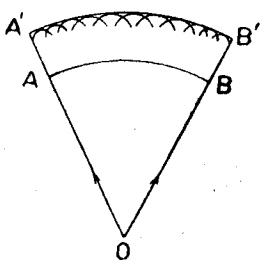
$$c_1 \text{ சைன் } \theta_1 = c_2 \text{ சைன் } \theta_2 \quad \text{எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

அதாவது,
$$\frac{\text{சைன் } \theta_1}{\text{சைன் } \theta_2} = \frac{c_2}{c_1} = \mu .$$

இங்கு μ என்பது கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகமாகும். கருதப்பட்ட ஊடகங்களிரண்டிற்கும் $\mu > 1$ ஆதலின், இக்கொள்கை மெய்யானதாயின், $c_2 > c_1$ ஆகும். **போக்கோவும்** மற்றவர்களும் பதார்த்தத்தின் கோலொன் றையேனும், திரவமாயிருப்பின் அதனைக்கொண்ட குழாயொன்றை யேனும், M இற்கும் R இற்குமிடையேவைத்து வெவ்வேறு ஊடகங்களிலே ஒளியின்

வேகத்தை அளந்தனர், (310 ஆம் பக்கத்திலே உருவம் 28.03 (*a*) ஐப் பார்க்க.) எந்தத்திரவியத்தினூடகத்திலும் ஒளியின்வேகமானது வழியிலிருந்ததிலும்பார்க்கக் குறைவாயிருக்கக் கண்டனர். எனவே, ஒளிச்சிறுதுணிக்கைக்கொள்கை உறுதியானதாய் இருக்கமுடியாது.

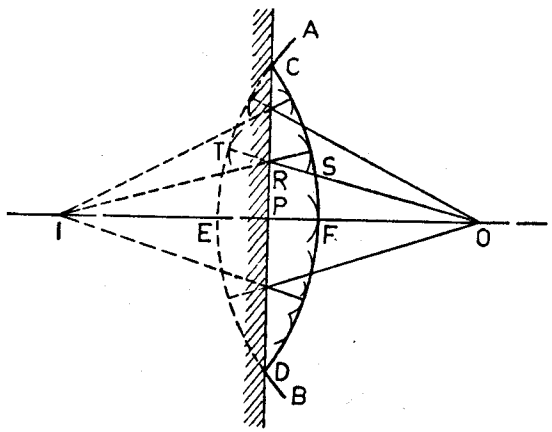
அலைக்கொள்கையும் ஐகனின் (Huygen) தத்துவமும்.—1678 இலே **ஐகனென்ற** இடச்சுக்காரரொருவர் ஒளியானது ஈதரிலே செலுத்தப்பட்ட ஒரலையியக்கமென ஒப்புக்கொண்டனர். ஈதரென்பது சடப்பொருள் நிலைத்திருக்கும் எங்கும்நிறைந்த ஒரூடகமாகும். இயக்கப்பட்டபோது இயக்கப் பண்புச்சத்தியையும், விகாரப்படுத்தப்பட்டபோது நிலைப்பண்புச்சத்தியையும் பெற்றிருந்ததினால், ஈதரானது தொடக்கத்திலே அடர்த்தியையும் மீள்சத்தியையுங் கொண்டதாகக் கருதப்பட்டது. ஈதரினியல்புகள் எல்லாத் திசைகளிலும் ஒரேவகையானவை, அதாவது, அது சமவியல்புடையது, என **ஐகன்** ஒப்புக் கொண்டார். அலைகளின் செலுத்துகையைப்பற்றி விளக்க வேண்டு மேயாயின், O என்பது, உருவம் 29.02, கருதப்பட்ட கணத்திலே AB ஐயடைந்த கோளக்குழப்பமொன்றின் மையமெனக் கொள்வோமாக. குழப்பமானது O ஐ மையமாகக்கொண்ட கோளமொன்றின் பரப்பிலே உண்மையிற் பரந்துள்ளதென்பதை மறந்து விடக்கூடாது. எனவே, AB என்பது காஞ்சித்தளத்திலோடு கோளத்தின் வெட்டுமுகவட்டத்தின் ஒரு பாகமேயாகும். ஆகவே, AB என்பது O இலுள்ள முதலிடமொன்றின் பயனன அலைமுகத்தின் பாகமாகும். அலைமுகத்திலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் துணையலையெனப்படும் புதிய குழப்பமொன்றின் மையமென **ஐகன்** கருதினார். குழப்பம் AB ஐயடைந்து காலம் *t* இன்பின்பு, இத்துணைக்குழப்பங்களெல்லாவற்றின் ஆரைகள் *ct* ஐயுடைய கோளங்களிலே பரந்துள்ள அலைமுகங்களைக் கொண்டதாகும். இங்கு *c* என்பது செலுத்துகையின் வேகமாகும். தொகுவினாலான அலைமுகம் இவற்றின் சூழியாகும். அதாவது, இது A′B′ இனாற் குறிக்கப்படும். இது O ஐ மையமாய்க்கொண்ட வட்டத்தின் வில்லாகும்.



உருவம் 29.02.—ஐகனின் சிற்றலைகளும் கோளவலையொன்றின் செலுத்துகையும்.

அலைக்கொள்கையிலுள்ள இவ்விடயங்களெல்லாவற்றையும் **நியூற்றன்** மதித்தாரெனினும், தாமறிந்த ஒலியலைகள் நீரலைகள் முதலானவை மூனைகளைச்சுற்றி வளையும்போது, ஒளியானது நேர்கோடுகளிலேயே செலுத்தப்படுகின்றதென்ற உண்மையோடு இக்கொள்கையை இணங்கச்செய்ய அவரால் முடியவில்லை. குழப்பத்தின் அலைநீளத்திலேயே வளைவினளவு

நேராகத் தங்கியிருக்கின்றதென இப்போது அறியப்படுகின்றது. ஒளியின் அலைநீளம் அவ்வளவு சிறிதாயிருப்பதன் காரணத்தினால், ஒளிபுகாப் பொருளொன்றின் விளிம்பைச்சுற்றி அதன்வளைவானது மிக நுண்ணிதாயிருத்தலினாலேயே, ஒளியின் செலுத்துகை ஏறத்தாழ நேர்கோட்டிலுள்ளதென நாம் கருதுவது நியாயமானதாகும். ஏறத்தாழ இந்த நேர்கோட்டுச் செலுத்துகையை அலைக்கொள்கையினால் விளக்கலாமென்று **பிரேனல்** காட்டினார். அவருடைய ஆராய்ச்சிகள் இந்நூலின் நோக்கத்துக்கப்பாற்பட்டதாகும். எனினும், ஒளியின் தெறிப்பையும் முறிவையும் அலைக்கொள்கையைக்கொண்டு எவ்வாறு விளக்கலாமென்று பார்ப்போம்.

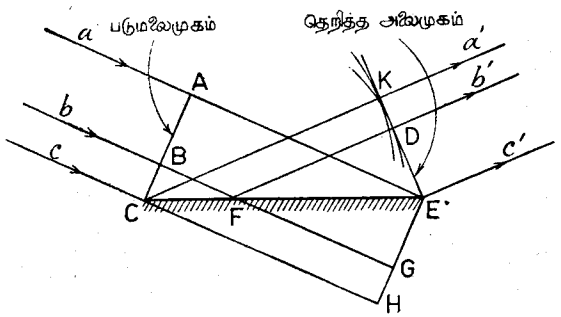


உருவம் 29.03.—தளப்பரப்பொன்றிலே தளவலைகளின் தெறிப்பு.

தளவலைகளின் தெறிப்பு.—CE என்பது, உருவம் 29.03, ஊடகமிரண்டினுக்கிடையேயுள்ள ஒரிடை முகமெனவும், ABC என்பது இடைமுகத்தை C இல் முட்டுகின்ற தளவலைமுகமொன்றின் சுவடெனவுங் கொள்க. எனின், அலைமுகத்திற்குச் செவ்வன்களாகிய *a*, *b*, *c*, ஒளிக்கதிர்களாம். ஐகனின் தத்துவத்தின்படி அலைமுகம் CE ஐ அடையும்போது துணைச்சிற்றலைகள் உடனே உண்டாகின்றன. எனவே, CE இலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் முறையாக, முதலாவது ஊடகத்தினுள்ளே திருப்பிச் செலுத்தப்பட்ட துணைக்குழப்பமொன்றின் மையமாகின்றது. CE இலிருந்து இவ்வகையான அலைகளைச் செலுத்துகின்ற முதலாவது புள்ளி C உம், கடைசிப்புள்ளி E உமாகும். குழப்பம் E ஐயடைந்ததும் C இலிருந்து உற்பத்தியாகுந் துணைச்சிற்றலையானது *ct* தூரத்தை முற்பக்கமாய் இயங்கும். இங்கு *c* என்பது முதலாவது ஊடகத்திலே வேகமும் *t* என்பது படுமலையானது முறையே C ஐயும் E ஐயுமடையவெடுக்குங் காலவிடையாகும். C இலிருந்து உற்பத்தியாகுஞ் சிற்றலைக்கு E இலிருந்து EK தொடலியை வரைக. இத்தொடலியே தெறித்தவலைமுகத்தின் சுவடென நாம் காட்டு

தல்வேண்டும். செங்கோணமுக்கோணிகள் ACE, KCE களிலே, CE இரண்டிற்கும் பொது, ஒவ்வொன்றும் ct இற்குச்சமமாதலின் $AE = CK$;

$\therefore \overset{\frown}{ACE} = \overset{\frown}{KEC}$ ஆகவே முக்கோணிகளிரண்டுஞ் ஒருங்கிசைவானதாகும். இப் போது, இடைமுகம் CE இல்லாவிட்டால், அலைமுகம் ABC ஆனது காலம் t இலே EGH நிலையை அடைந்திருக்கும். எனவே, முக்கோணிகள் ACE, CEH ஒருங்கிசைவாகும். $\therefore \overset{\frown}{ACE} = \overset{\frown}{CEH}$. அன்றியும், பரப்பை F இற் சந்திக்கும் கதிர் b ஆனது, இதனைப்போலவே, G ஐயடைந்திருக்கும். இங்கு FG என்பது EGH இற்குச் செங்குத்தாகும். F இனூடு FD ஐ KE இற்குச் செங்குத்தாக வரைக. இது KE ஐ D இற் சந்திக்கின்றது. FDE, FGE முக்கோணிகளிலே, FE இரண்டிற்கும் பொது, ஒவ்வொன்றும் $\overset{\frown}{ACE}$ இற்குச் சமமாதலின், $\overset{\frown}{DEF} = \overset{\frown}{GEF}$. எனவே, முக்கோணிகள் ஒருங்கிசைவாதலின், FD = FG. ஆனால், F இலிருந்து உற்பத்தியாகும் தூணையலையினுரை FG ஆகும். எனவே F இலிருந்து உற்பத்தியாகுங் குழப்பமானது கோடு EK ஐ D இற் சந்திக்கின்றது. இதனைப்போலவே, CE இலுள்ள புள்ளிகளிலிருந்து உற்பத்தியாகும் ஒவ்வொரு சிற்றலைக்கும் இது மெய்யெனக் காட்டப்படலாம். எனவே EK என்பது தெறித்த அலைமுகமாகும். அன்றியும், வரைவிலக்கணத் தின்படி, $\overset{\frown}{ACE}$ படுகோணமும் $\overset{\frown}{CEK}$ தெறிகோணமுமாம். மேலேயுள்ள திலிருந்து இவை சமமென்பது பெறப்படும்.



உருவம் 29.04. தளப்பரப்பொன்றிலே கோளவலையொன்றின் தெறிப்பு.

தளப்பரப்பொன்றிலே கோள அலைகளின் தெறிப்பு.— O என்பது, உருவம் 29.04, CD இனூற்குறிக்கப்பட்ட தளவாடியின்முன்புள்ள கோள வலைகளின் ஒரு முதலிடமாகும். ஆடியில்லாவிடத்து AEB நிலையைப் பெறக்கூடிய கோள அலையொன்றைக் கருதுக. OP ஆனது CE இற்குச் செங்குத்தாயின், இந்த அலையானது P இலே முதலிற்படுகின்றது. முதலாவது ஊடகத்தினுள்ளே திருப்பிச்செலுத்தப்பட்ட தூணைக்குழப்பங்களிரண்டின்

மையங்களாக வருகின்ற C ஐயும் D ஐயும் இது அடைந்ததும், P இலிருந்து வருந் தூணையலையானது ஆரை PF ஐயும், இன்னுமொருபுள்ளி R இலிருந் துவருந் தூணைக்குழப்பம் ஆரை RS ஐயுங்கொண்டதாகும். T என்பது OR இன் நீட்சியை வில் AEB வெட்டுமிடமாயின், இங்கு RS = RT. தெறித்தவலைமுகமாகிய இத்தூணைக் குழப்பங்களெல்லாவற்றினதுஞ் சூழியானது வில் CED இற்குச் ஒருங்கிசைவான ஒரு வட்டத்தின் வில்லாகுமென்பது தெளிவாகும். ஏனெனில், வில் CED என்பது மையங்களை CD இலுடைய னவும், அவற்றின் மையங்களினூடு வில்லுக்கு வரையப்பட்ட செவ்வன் களின்நேரே வில்லிலிருந்து அளக்கப்பட்ட அவற்றின் மையங்களின் தூரத் திற்குச் சமமான ஆரைகளையுடையனவுமாகிய வட்டங்களின் சூழியெனக் கருதப்படலாம். தெறித்த அலைமுகத்தின் மையம் I ஆகும். இங்கு IF = EO ; அதாவது, IP = OP ஆகும்.

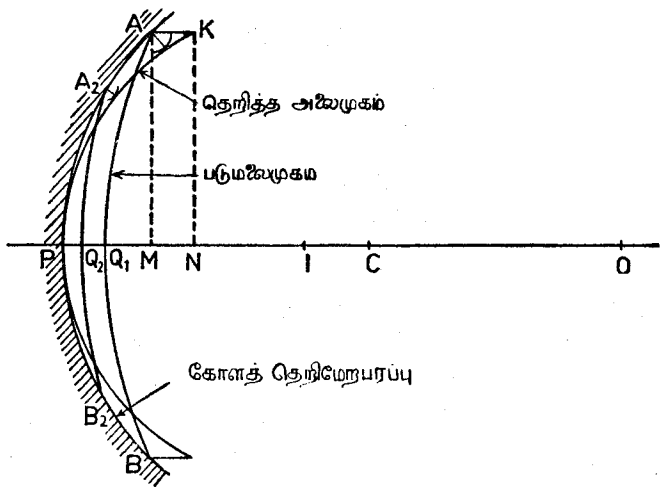
தூணைக்கோட்பாடு, சிறிய வட்டவில்லொன்றின் வளைவு—POQ என்பது, [உருவம் 30.12 (*a*), பக்கம் 354], ஆரை R ஐயுடைய வட்டமொன்றின் சிறியவில்லெனக்கொள்க. H என்பது நாண் PQ இன்மத்தியபுள்ளியென வுங் கொள்க. எனின், OH என்பது வில் POQ இன் **அம்பு** எனப்படும். $PH^2 = OH.HK$ என்பது நன்கு அறியப்படும். OH சிறிதாயிருக்கும் போது HK என்பது 2R இற்குச் சமமாகும். எனவே,

$$OH = \frac{PH^2}{2R}.$$

வட்டவில்லொன்றின் வளைவானது வட்டத்தின் மையத்திலே வில்லின் நீளவலகொன்று எதிரமைக்கும் கோணமென வரையறுக்கப்படுவதினாலும், இது ஆரையின் தலைகீழ்ப்பின்னத்திற்குச் சமமாதலினாலும், PQ ஐப் போன்ற பொதுநாணென்றிலுள்ள வட்டவில்லுகளுக்கு, அம்பு OH ஆனது ஒத்தவில் POQ இன் வளைவினூடு நேரான விகிதசமமாகுமென்பது பெறப்படும்.

குழிவான கோளப் பரப்பொன்றிலே கோள அலையொன்றின் தெறிப்பு.— O என்பது, உருவம் 29.05, வளைவுமையம் C ஐயுடைய குழிவாடி யொன்றின் தலைமையச்சிலுள்ள அலைகளின் புள்ளிமுதலிடமெனக் கொள்க. APB என்பது காகிதத்தளத்திலே இவ்வாடியின் வெட் டெனக் கொள்க. AQ_1B சுவட்டையுடைய கோள அலையொன்று, புள்ளிமுதலிடம் O இலிருந்து விரிந்து A, B புள்ளிகளிலே முதலில் ஆடியைச் சந்திக்கின்றது. காலம் அளக்கப்படுங் கணத்திலேயே இந்நிகழ்ச்சி நிகழ்கின்றதெனக் கொள்க. எனின், புள்ளி Q_1 ஆடியை P இலடைந் ததும், பூச்சியகாலத்திலே A இலும் B இலுமிருந்து உற்பத்தியான தூணைச்சிற்றலைகள் விரிந்து ஒவ்வொன்றினதும் ஆரையானது PQ_1, இற்குச் சமமாகும். $A_2Q_2B_2$ என்பது O இலிருந்து விரிவதும் ஆராய்ச்சியிலுள்

ளதுமான அலையின் இடைநிலையாயின், Q_2 ஆனது P ஐயடையும்போது A_2 இலிருந்தும் B_2 இலிருந்தும் உற்பத்தியாகுந் துணைச்சிற்றலைகள் PQ_2 ஆரைகளைக் கொண்டனவாம். தெறித்தவலையானது இவ்வகையான துணைச்சிற்றலைகளின் சூழியாயிருக்கும்.



உருவம் 29.05. கோளப்பரப்பொன்றிலே கோளவலைகளின் பெறிப்பு.

இப்போது, ஆடியின் துவாரஞ் சிறியதெனக் கொள்வோமாக. இவ்வகையான நிலைமைகளில் தெறித்தவலைமுகம் கோளவுருவுடையதாகும். ஆனால், அதன் வளைவானது படுமலையினதிலும் வேறுபட்டிருக்கும். அன்றியும், PC இற்குச் சமாந்தரமாய்த் தெறித்த அலைமுகத்தை K இற் சந்திக்கும் AK ஆனது, கருதப்படும் எல்லைநிலையிலே A இலிருந்து வரும் சிற்றலையினுரையாகிய PQ_1 இற்குச் சமமாகும். A இனூடும் K இனூடும் AM ஐயும் KN ஐயும் CP இற்குச் செங்குத்தாக வரைக. எனின், மேலேயுள்ள கோட்பாட்டினால், படுமலை, ஆடி, தெறித்தவலை ஆகியவற்றின் வளைகோடுகள் முறையே அம்புகள் Q_1M, PM, PN இவ்வூடு, ஒத்தவிற்களின் நாண்கள் சமமாயிருத்தலின், விகிதசமமாயுள்ளன. இப்போது,

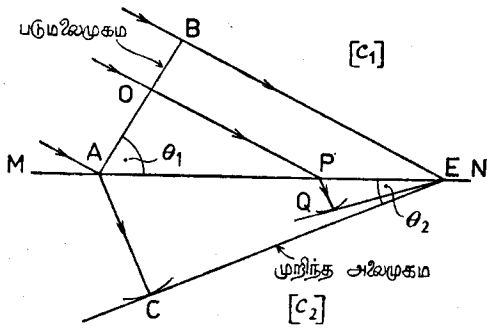
$$PN = PM + MN = PM + PQ_1 = 2PM - Q_1M;$$

அல்லது,
$$PN + Q_1M = 2PM,$$

அதாவது, தெறித்தவலையின் வளைவும் படுமலையின் வளைவுஞ்சேர்ந்து ஆடியின் வளைவினது இருமடங்காகும். தெறித்தவலையின் வளைவுமையம் I ஆயின், வழக்கமான குறியீட்டின்படி,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{2}{r}.$$ எனப் பெறுகின்றோம்.

தளப்பரப்பொன்றிலே தள அலையொன்றின் முறிவு.—MN என்பது, உருவம் 29.06, ஒளியானது முறையே வேகங்கள் c_1, c_2 களோடு செல்லுகின்ற ஒரேசீரானவையும் ஓரியல்புடையவையுமான ஊடகங்களிரண்டினிடையேயுள்ள தளவிடைமுகமெனக் கொள்க. AB என்பது



உருவம் 29.06. தளப்பரப்பொன்றிலே தள அலையொன்றின் தெறிப்பு.

வரிப்படத்தின் தளத்திலே, செலுத்துகையின் திசையும் அதேதளத்திலுள்ள தள அலையொன்றின் சுவடெனவுங் கொள்க. இரண்டாவது அல்லது கீழேயுள்ள ஊடகத்திற் குழப்பமானது முதலிலே A இல் உற்பத்தியாகின்றது. இந்தக்கணத்திலிருந்தே காலம் அளக்கப்படுகின்றதெனக் கொள்வோமாக. B இலுள்ள அலைமுகத்தின் பாகம் E ஐயடையத் தேவையான காலம் t எனக்கொள்க. இங்கு E ஆனது இடைமுகத்திலுள்ளது. BE ஆனது AB இற்குச் செங்குத்தாகும். எனின், காலம் t இலே துணைச்சிற்றலையொன்று E இலிருந்து அப்போதுதான் உற்பத்தியாகும். A இலிருந்து உற்பத்தியான துணைச்சிற்றலையானது ஆரை c_2t ஐப் பெற்றிருக்கும். இவ்வாரையை AC எனக்கொள்வோமாக. E இனூடுமையம் A ஐயும் ஆரை AC ஐயுமுடைய கோளத்திற்குத் தொடுதளத்தை வரைக. இத்தளத்தின் சுவடு EC ஆயிருப்பின், EC ஆனது முறிந்தவலைமுகமென்று நாம் காட்டுதல்வேண்டும். இதனைச்செய்வதற்கு, OP ஆனது AB இற்குச் செங்குத்தாயின், அலைமுகம் AB இலுள்ள புள்ளி O ஆனது காலம் t' இலே AE இலுள்ள புள்ளி P ஐயடைகின்றதெனக் கொள்க. எனின், B ஆனது E ஐயடையும்போது, காலம் t இலே P இலிருந்து உற்பத்தியாகும் துணைச்சிற்றலையின் ஆரை $c_2(t-t')$ ஆகும். துணைச்சிற்றலைக்கு E இலிருந்து வரையப்படும் தொடுகோடு EQ ஆயின் $PQ = c_2(t-t')$ ஆகின்றது. எனவே,

$$\frac{PQ}{AC} = 1 - \frac{t'}{t} = 1 - \frac{AP}{AE} = \frac{PE}{AE},$$

அதாவது,
$$\frac{PQ}{PE} = \frac{AC}{AE}.$$

அல்லது, சைன் $\overset{\frown}{AEC}$ = சைன் $\overset{\frown}{PEQ}$. எனவே, EQ உம் EC உம் பொருந்த வேண்டும். இடைமுகத்திலுள்ள புள்ளிகளிலிருந்துவரும் துணைச் சிற்றலைகளெல்லாம் CE ஐத்தொடுவனவென்று இவ்வகையாகக் காட்டலாம். எனவே, இதுவே முறிந்த அலைமுகமாகும். அன்றியும், θ_1, θ_2 குறிப்பிட்ட கோணங்களாயின், அவை முறையே படுகோணமும் முறிகோணமுமாகும். எனவே,

$$\frac{\text{சைன் } \theta_1}{\text{சைன் } \theta_2} = \frac{BE}{AC} = \frac{c_1}{c_2}.$$

எனவே, முறிகோணத்தின் சைனுக்குப் படுகோணத்தின் சைனினது விகிதத்தின் உறுதியானது ஒளியின் அலைக்கொள்கையைக்கொண்டு நிலை நாட்டப்பட்டது. இவ்விகிதமானது, முதலாவதின் சார்பாக இரண்டாவது ஊடகத்தின் முறிவுக்குணகம் எனப்படும். $_1\mu_2$ என இது குறிக்கப்படும்.

c_0 என்பது வெற்றிடத்திலே ஒளியின் வேகமெனவும், μ_1, μ_2 வெற்றிடத்தின் சார்பிலே ஊடகங்களிரண்டினதும் முறிவுக்குணகங்களெனவுங் கொள்க. எனின்,

$$\frac{\text{சைன் } \theta_1}{\text{சைன் } \theta_2} = \frac{c_0/c_2}{c_0/c_1} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$

$$\mu_1 \text{ சைன் } \theta_1 = \mu_2 \text{ சைன் } \theta_2$$

என இது கொடுக்கின்றது.

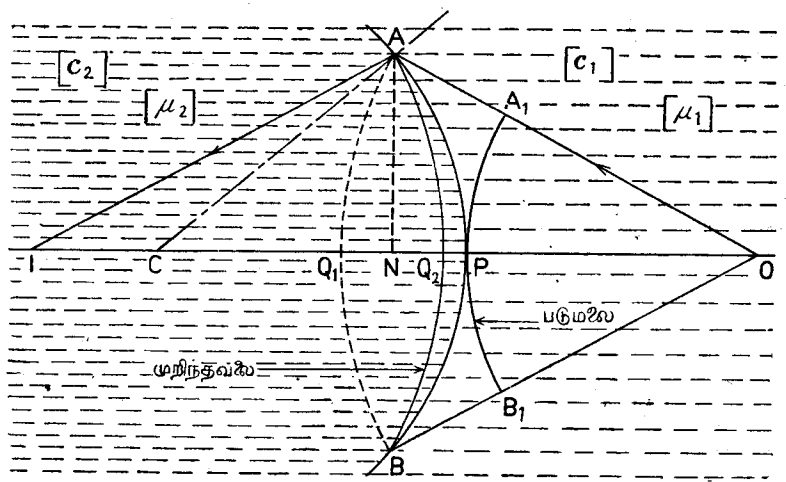
இப்போது $\theta_2 < \theta_1$ எனக்கொள்வோமாக. எனின், கீழேயுள்ள ஊடகம் உயர்வாக முறிக்கக்கூடியதாயிருக்கும். அதாவது, படுபுள்ளியிலுள்ள செவ்வனை நோக்கி முறிகதிரானது கூடுதலாக மடிந்திருக்கும். உதாரணமாக, நீரிலிருந்து கண்ணாடிக்கு ஒளியானது செல்லும்போது இவ்வாறு நிகழுகின்றது. நீரிலே ஒளியின் வேகமானது கண்ணாடியிலும்பார்க்க கூடுதலானதெனப் **போக்கோவினதும் மைக்கேல்சனினதும்** பரிசோதனைகள் காட்டியுள்ளன. அத்துடன்,

$$\frac{c_{\text{நீர்}}}{c_{\text{கண்ணாடி}}} = {}_1\mu_2$$

எனவுங் காட்டியுள்ளன.

முன்னரே குறிப்பிடப்பட்டதுபோல, வெற்றிடமொன்றில் ஒளியின்வேகமானது வேறெந்த ஊடகத்திலும் அதன் வேகத்திலுங் குறைவென்று ஒப்புக்கொண்டே முறிவுவிதிகளைச் சிறுதுணிக்கைக் கொள்கையைக்கொண்டு விளக்கமுடியும். இவ்வொப்புக்கோள் பரிசோதனையத்தாட்சிக்கு முழுமாறென இப்போது காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால், வெற்றிடத்தில் ஒளியின்வேகம் மற்றெந்த ஊடகத்திலும்பார்க்கக் கூடுதலாதென அலைக்கொள்கை காட்டியுள்ளது. இதனுண்மை பரிசோதனைமூலம் உறுதியாக்கப்பட்டது. ஆகவே, சென்ற நூற்றாண்டின் மத்தியிலே, எறத்தாழப் பொதுவானதென எல்லோராலும் ஏற்கப்பட்டது. வெகுகாலமாயிருந்த இப்போராட்டம் முடிவடைந்ததும்,

ஒளியியற்கலையானது விரைவாக முன்னேறியது. தொடக்கத்திலே ஒளியினதிர்வுகள் மீள்சத்தியையுடைய திண்மமான ஈதரிலே நிகழ்ந்ததென ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது. ஆனால், பிற்காலத்திலே **மாட்சுவெல்** என்பவர் இவை மின்காந்தவதிர்வுகளெனக் காட்டியுள்ளார்.



உருவம் 29.07. கோளவிடைமுகமொன்றிலே கோள அலையொன்றின் முறிவு.

கோளப்பரப்பொன்றிலே கோள அலையொன்றின் முறிவு.—C என்பது, உருவம் 29.07, ஒரு சீரானவையும் ஓரியல்புள்ளனவையுமான ஊடகங்களிரண்டினிடையேயுள்ள கோளப்பரப்பின் மையமெனவும், அவற்றினூடாக ஒளியானது முறையே c_1, c_2 வேகங்களுடன் செல்கின்றதெனவுங் கொள்க. O என்பது முதலாவது ஊடகத்திலும் இடைமுகத்தின் தலைமையச்சிலுமுள்ள ஒரு புள்ளி முதலிடமெனக் கொள்க. எனின், O இலிருந்து விரியுங் கோள அலையொன்று முதலாவதாக இடைமுகத்தை P இற் சந்திக்கும்போது காலிதத்தளத்திலே அதன் சுவடு A_1PB_1 ஆயிருக்கக்கூடிய நிலையிலிருக்கின்றது. இதன்பின்பு கோளச்சிற்றலைகள் P இலிருந்து இரண்டாவது ஊடகத்திற்குச் செல்லுகின்றன. A_1 ஆனது A ஐயடையும்போது P இலிருந்து உற்பத்தியான முதலாவது சிற்றலை ஆரை PQ_2 ஐப் பெற்றுள்ளதெனக் கொள்க. இடைமுகத்திலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியிலுமிருந்து உற்பத்தியாகும் சிற்றலைகள் எல்லாவற்றினதும் சூழியே முறிந்தவலைமுகமாகும். படுமலையிலுள்ள பொருத்தமான புள்ளி இடைமுகத்தை அடைந்ததும் ஒவ்வொரு சிற்றலையும் ஆரம்பமாகும். P இற்குச் சரியாயடுத்துள்ள இடைமுகத்தின் பாகத்தைப்பற்றியே எமது விவாதத்தை வரையறுப்

போமாயின், முறிந்தவலைமுகம் A இனூடும் Q_2 இனூடும் B இனூடுஞ் செல்லுகின்ற கோளத்தின் பாகமெனக் கொள்ளலாம். இதன் மையம் தொகுதியின் தலைமையச்சிலுள்ள I ஆகும். இரண்டாவது ஊடகம் இல்லாவிடத்து, ஆராய்ச்சியிலிருக்கும் O இலிருந்துவருமலையானது AQ_1B இனூற் குறிக்கப்படும் நிலையை அடைந்துவிடும். இரண்டாவது ஊடகமில்லாவிடத்து, A_1 இலிருந்து A இற்கு, அல்லது P இலிருந்து Q_1 இற்குச் செலுத்துகையின் காலமானது இவ்வூடகம் இருக்கும் போது P இலிருந்து Q_2 இற்குச் செலுத்துகையின் காலத்திற்குச் சமமாதலின்,

$$\frac{PQ_2}{c_2} = \frac{PQ_1}{c_1} \text{ எனப் பெறுகின்றோம்.}$$

இப்போது படுமலை, இடைமுகம், முறிவலை ஆகியவற்றின் வளைவுகள் முறையே Q_1N, PN, Q_2N என்பனவற்றினூடே விகிதசமமாகும். இங்கு, N என்பது OC இலே A இன் எறியமாகும். வரிப்படத்திலிருந்து,

$$NQ_2 + Q_2P = NP \text{ எனவும்}$$
$$Q_1N + NP = Q_1P \text{ எனவும் பெறுகின்றோம்.}$$

ஆனால், $NQ_2 - NP = -Q_2P = PQ_2$

இத்துடன், $PQ_1 = -Q_1P = -Q_1N - NP.$

$\frac{PQ_2}{c_2} = \frac{PQ_1}{c_1}$ ஆதலின்,

$$\frac{-Q_2N + PN}{c_2} = \frac{-Q_1N - NP}{c_1} = \frac{-Q_1N + PN}{c_1} \text{ எனப்பெறுகின்றோம்.}$$

$$\therefore \quad \frac{-\frac{1}{v} + \frac{1}{r}}{c_2} = \frac{-\frac{1}{u} + \frac{1}{r}}{c_1}$$

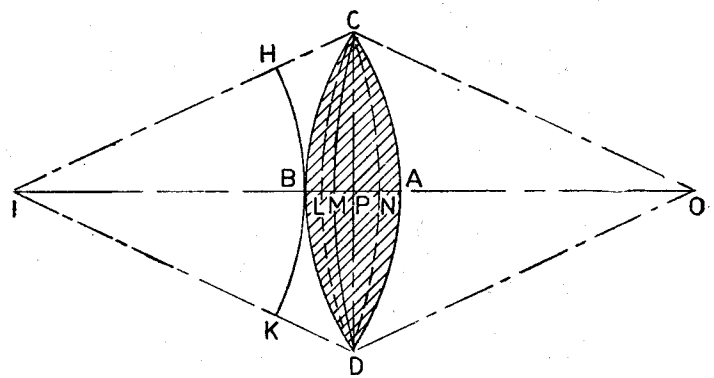
வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகமாகிய c_0 இனால் அடங்கலும் பெருக்கி, ஊடகங்களிரண்டினதும் தனிமுறிவுக் குணகங்கள் μ_1, μ_2 முறையே $\frac{c_0}{c_1}$, $\frac{c_0}{c_2}$ என்பதை மனதில் வைத்துக்கொண்டு,

$$\mu_2\left[\frac{1}{r} - \frac{1}{v}\right] = \mu_1\left[\frac{1}{r} - \frac{1}{u}\right]$$

எனப் பெறுகின்றோம். கேத்திரகணித ஒளியியலிலிருந்து பெறப்பட்ட அடிப்படையான அச்சயற் சமன்பாட்டினூடே இது சர்வசமமாகும்.

வில்லையொன்றினூடு முறிவு.—O என்பது, உருவம் 29.08, ஒருங்கு வில்லையொன்றின் தலைமையச்சிலுள்ள ஒளியின் புள்ளிமுதலிடமெனக் கொள்க. எனின், வில்லையில்லாவிடத்து CLD நிலையிலிருக்கும் அலை

முகமொன்றின் மத்தியபாகங்கள் பின்னிடைவடைவதினால், CMD முழுக் கோடும் வில்லையில் மெய்யான அலைமுகமாகும். வில்லையிலிருந்து வெளிப்படும் அலைமுகத்தின் மத்தியபாகங்கள் வெளிப்பாகங்களின் தொடர்பிலே மீண்டும் பின்னிடைவடையும். அலைமுகமானது முதலிலே வெளிப்படும் போது, தூரம் AB சிறிதாயிருக்க, வட்டமொன்றின் வில்லாகிய HBK இன் உருவத்தையுடையதெனக் கொள்வோமாக. வெளிப்படு அலைகள் ஒருங்குகின்ற புள்ளியை I எனக்கொள்க. [O இருக்கும் வில்லையினது பக்கத்திலே I ஆனது இருக்குஞ் சந்தர்ப்பங்களுமுள—அப்போது வெளிப்படும் அலைகள் இப்புள்ளியிலிருந்து விரிய விம்பம் மாயமானதாகும்.] மையம் I ஐயும் IC ஐயுங்கொண்டு அச்சை N இல் வெட்டுமாறு வில்லொன்றை வரைக. எனின், குழப்பமானது வளியிலே C வழியாய் O இலிருந்து I இற்குச் செல்ல எடுக்குங்காலம், A, B வழியாய் O இலிருந்து I இற்குச் செல்ல எடுக்குங்காலத்திற்குச் சமமாயிருத்தல் வேண்டும். c_a, c_g என்பன ஊடகங்களிரண்டிலும் ஒளியின் வேகங்களெனக் கொள்க. எனின்,



உருவம் 29.08.—வில்லையொன்றினூடு முறிவு.

$$\frac{OC}{c_a} + \frac{CI}{c_a} = \frac{OA}{c_a} + \frac{AB}{c_g} + \frac{BI}{c_a},$$

அதாவது, $OC + CI = OA + \mu AB + BI.$ $[\because \mu = (c_g \div c_a).]$

$$\therefore \quad OL + NI = OA + \mu AB + BI,$$

அதாவது, $AL + NB = \mu AB$

$$= \mu(AP + PB).$$

இங்கு, CPD ஆனது OI இற்குச் செங்குத்தாகும்.

அதாவது, $(LP + PA) + (NP + BP) = \mu (AP + PB)$.

ஆகவே, $$\frac{1}{|u|} + \frac{1}{|r_1|} + \frac{1}{|v|} + \frac{1}{|r_2|} = \mu \left[\frac{1}{|r_1|} + \frac{1}{|r_2|}\right].$$

அதாவது, $$\frac{1}{|v|} + \frac{1}{|u|} = (\mu - 1)\left[\frac{1}{|r_1|} + \frac{1}{|r_2|}\right].$$

வழக்கமான குறிவழக்குகளைப் பிரயோகித்து,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = (\mu - 1)\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right].$$

எனப் பெறுகின்றோம்.

அப்பியாசம் 29

1.—அலையியக்கத்தின் முக்கியமான இயல்புகளைவை ? தளப்பரப்பொன்றிலே தள அலையொன்றின் முறிவைக்கருதி, அலைக்கொள்கையினால் ஒளியின் முறிவு விதிகளை எவ்வாறு விளக்கலாமெனக் காட்டுக.

2.—கோளக்குழிவாடியொன்றின் குவியத்தூரமானது அதன்வளைவாரையினது அரைவாசியெனக்காட்ட ஒளியின் அலைக்கொள்கையினது தத்துவங்களைப் பிரயோகிக்க.

20 சமீ. வளைவாரையையுடைய குழிவாடியொன்று உம்மிடமிருக்கும் போது, உமது கண்ணின் விம்பத்தை ஐந்து மடங்கு உருப்பெருத்துக் காண்பீராயின், ஆடியை எங்கே வைப்பீர் ? பிரமாணத்துக்கு வரையப்பட்ட வரிப்படமொன்றைக்கொண்டு உம்முடைய விடையை விளக்குக. [L.I.]

3.—முறிவுக்குணகத்தின் வரைவிலக்கணங்கூறி, கண்ணுடியின் முறிவுக்குணகம் கண்ணுடியில் ஒளியின் வேகத்திலே எவ்வாறு தங்கியிருக்கின்றதெனக் காட்டுக.

முறிவுக்குணகம் 1·62 ஐயுடைய கண்ணுடியரியமொன்றின் முறிவுக்கோணம் A, 65° ஆகும். முகம் AB ஆனது முறிவுக்குணகம் 1·37 ஐயுடைய திரவமொன்றினுள் மூடப்பட்டுள்ளது. முகம் AB இலே முழுவுட்டெறிப்பை அப்போதேயடைந்த ஒளியானது AC இற் படுகோணத்தைக் கணிக்க.

4.—நீரிலே ஒளியின் வேகமானது பவனத்தினதிலுங்குறைவு என்பதை முதலிற் பரிசோதனைமூலங் காட்டியதன் தொடர்பிலே உண்டான பெரிய கவர்ச்சியை விளக்குக.

ஒளியின் (அ) தெறிப்பு, (ஆ) முறிவு, (இ) தலையீடு, என்பன அலைக்கொள்கையினால் எவ்வாறு விளக்கப்படலாம் ? [N.A.]

அத்தியாயம் 30

ஒளியலைகளின் தலையீடுங் கோணலும்

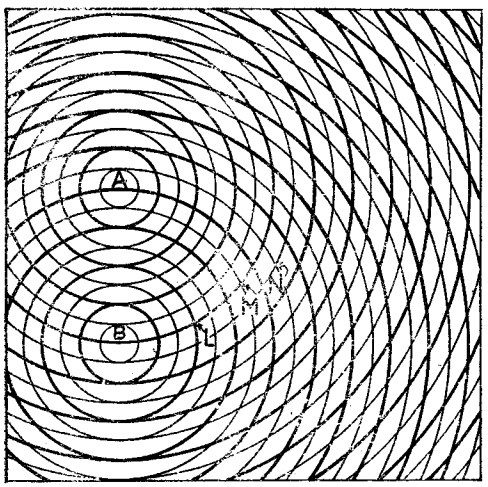
முன்னுரை.—முந்தியவத்தியாயங்களிலே கேத்திரகணிதவொளியியலின் பொருளைப்பற்றிச் சிறிதுவிரிவாக உருவாக்கி, ஒளியியலின் அடிப்படையான விதிகள் அலைக்கொள்கையின் சார்பிலே விளக்கப்படலாமென்று காட்டியுள்ளோம். ஒளியின் அலைநீளத்தைப்பற்றி இடையிடையே குறிக்கப்பட்டதெனினும், குறித்தவொரு சந்தர்ப்பத்திலே இந்த நீளத்தை அளக்கக்கூடிய முறையெதுவுங் காட்டப்படவில்லை. இக்குறையானது இப்போது நிவர்த்தியாக்கப்படும்.

மேற்பொருத்துகையின் தத்துவம்.—ஊடகமொன்றின் ஒரே துணிக்கையிலே இரண்டு அல்லது பல வெவ்வேறான குழப்பங்கள் ஒரேநேரத்திற் படியவிடப்பட்டால், இடப்பெயர்ச்சிகள் நேரான மேற்பொருத்துகையினால் அவற்றின் சேர்க்கையை உண்டாக்கக்கூடியனவென்று ஒப்புக்கொள்ளப்படுகின்றது. 1801 இலே **யங்**கென்பவரினாற் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட தலையீட்டின் முழுக்கொள்கையும் அடிப்படையான இத்தத்துவத்திலேயே தங்கியிருக்கின்றது. இதனைக்கொண்டு செய்யப்படுங் கணக்குகள் பரிசோதனை உண்மைகளோடு ஒத்திருக்கின்றனவென்று காணப்படுவதினால் இத்தத்துவம் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது. வெவ்வேறான எத்தனை அலையியக்கங்களும் ஊடகமொன்றின் ஒரேபாகத்தினூடு ஒரேநேரத்திற் சென்றாலும், ஒவ்வொன்றும் மற்றதினூடு மோதாததுபோல, அதாவது, ஒவ்வோரியக்கமும் அதன் தனிப்பண்பைக் கொண்டுள்ளதாக, ஊடகத்திலிருந்து வெளிப்படுகின்றதென்பது இத்தத்துவத்திலிருந்து பெறப்படும். ஆகவே, எம்மைச்சூழ்ந்துள்ள பொருள்களிலிருந்துவரும் ஒளிக்கதிர்கள், ஒன்று மற்றதன் பாதையைப் பலவாறுகக் குறுக்கிட்டபோதிலும், ஒவ்வொன்றும் மற்றது இல்லாத நிலைமையிற்போலச் சென்றுகொண்டிருக்கின்றது. 1678 இலே **ஐகனினால்** முதலிற் கூறப்பட்ட மேற்பொருத்துகைத் தத்துவத்தின்படி, சிறியவதிர்வுகளின் எந்தமுதலிடத்தினாலும் உண்டாக்கப்பட்ட இடப்பெயர்ச்சியானது, ஊடகமொன்றிலுள்ள எந்தப்புள்ளியிலும் தனித்தேனும் இதனைப்போன்ற பல முதலிடங்களோடு சேர்ந்தேனுந் தொழிற்பட்டாலும், ஒன்றேயாகும்.

தலையீட்டின் தத்துவம்.—ஒளியானது ஈதரிலே ஒரதிர்வியக்கமாயிருப்பின் அதன் நேர்கோட்டுச் செலுத்துகையும் நிழல்களினமைவும் எவ்வாறு விளக்கப்படலாமென்பதே, **நியூற்றனும்** அவருடைய கட்சியாரும் ஒளியின் அலைக்கொள்கைக் கட்சியாரோடு இணங்காததன் காரணமாகும். இதன் தொடர்பிலே, சிக்கலான விளிம்புத்தெறிப்புத்தோற்றப்பாடென அவர் நம்பிய கூர்விளிம்பைச்சுற்றி ஒளியின் வளைவுத்தோற்றத்தைப் பற்றிக் **கிரிமாதி**யின் (Grimaldi) முந்திய அவதானங்களை **நியூற்றன்** அறிந்

திருந்தாரென்றும், 1801 இலே **யங்**கென்பவர் தலையீட்டினதும் **பிணை**வினதும் தத்துவங்களை ஒளியியலிற் புகுத்தியபின்பே, அலைக்கொள்கையைக் கொண்டு மேலேயுள்ள உண்மைகளின் விளக்கம் வெளியாயினவென்பதை நாம் மனதில் வைத்துக்கொள்ளுதல் நன்று.

மேற்பொருத்துகைத் தத்துவத்தின்படி, இரண்டு அலைத்தொடர்கள் இரச அல்லது நீர்பரப்பொன்றின் குறுக்கே செல்வனவாயின், ஒவ்வொன்றும் அதுமட்டுமேயிருந்தால் உண்டாக்கும் விளைவை உண்டாக்கும். ஆகவே, ஒரு கணத்திலே பரப்பிலுள்ள துணிக்கையொன்றின் தொகுவிளைவான இடப் பெயர்ச்சியானது, அதேகணத்தில் வெவ்வேறான ஒவ்வொரு தொட்டினதும் பயனான இடப் பெயர்ச்சிகளின் அட்சரகணிதக் கூட்டுத்தொகையாகும். ஒரேயலைநீளத்தையும் வீச்சத்தையுமுடைய இரண்டு அலைத்தொடர்களின் செலுத்துகையைப்பற்றி கருதுவோமாக. இதற்காக, A என்பது, உருவம் 30.01, இசைக்கவரொன்றினோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள ஊசியொன்று, பெரிய கொள்கலமொன்றிலுள்ள சிறிது இரசத்தின் பரப்பிலே



உருவம் 30.01. அலைத் தொடர்களிரண்டின் பயனை தலையீடு.

தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் புள்ளியெனக் கொள்க. கவரானது அதிரும் போது A இலே அலைகளுண்டாகி பரப்பின்குறுக்கே செல்லும். சிறப்பாக ஏதாவதொரு கணத்திலே தடிப்புக்கோடுகளினூற் குறிக்கப்பட்டுள்ள முடிகளையும் ஏனைய கோடுகளினூற் குறிக்கப்பட்டுள்ள தாழிகளையும் இவ் அலைகள் கொண்டிருக்கலாம். அதேகவரினோடு இரண்டாவது ஊசியொன்று இணைக்கப்பட்டு, அவ்வூசி பரப்பை B இலே தொடுமாயின், B இலிருந்து முடியொன்று உற்பத்தியாகும் அதேநேரத்திலேயே A இலிருந்தும் முடியொன்றுண்டாகும். தாழிகளுக்கும் இவ்வகையான குறிப்புகள் பொருத்தமானவை. அதிரும் இத் தொகுதியைப் பொறுத்தளவில் குழப்பங்களிரண்டினதும் வீச்சங்கள் சமமென்று ஒப்புக்கொள்ளப்படும். அதிர்வெண்களும் அவசியஞ் சமமாயிருக்கின்றனவாயினும், பாரமேற்றப்படாத கவரின்

அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமன்று. எனவே, இரசப்பரப்பிலே இரண்டு அலைத்தொடர்கள் அல்லது சிற்றலைகளின் கூட்டங்கள் உண்டாக்கப்படும். ஒவ்வொரு கூட்டமுந் தனித்திருக்கமுடியும். அப்போது, முறையே A, B புள்ளிகளை மையங்களாய்க்கொண்ட ஒரேமையவட்டங்களின் தொடர்களை இவை கொண்டன. அதேநேரத்திலுண்டாக்கப்படும் இவ்விரண்டாந் தொடரின் முடிகளுந் தாழிகளுங் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. ஒருதொடரின் முடியொன்று மற்றொன்றின் முடியோடு பொருந்துகின்ற L ஐப்போன்ற புள்ளிகளிலே இடப்பெயர்ச்சிகள் உயர்வுடையனவாயிருக்கும். ஆனால், ஒரு தொடரின் முடியொன்று மற்றொன்றின் தாழியோடு பொருந்துகின்ற M ஐப்போன்ற புள்ளிகளிலே தொகுவிளைவான இடப்பெயர்ச்சிகள் பூச்சியமாகும். அன்றியும், தாழி தாழியை சந்திக்கின்ற N ஐப்போன்ற நிலைகளிலே இடப்பெயர்ச்சி உயர்வாயும் L ஐப்போன்ற இடங்களிலுள்ளவற்றின் எதிர்த்திசையிலுமிருக்கும். குழப்பம் பூச்சியமாயுள்ள பரப்பின் புள்ளிகளிலே அலைத்தொடர்களிரண்டு **அழிவுபெறத் தலையிடப்பட்டுள்ளன** என்று சொல்லப்படும். இரசப்பரப்பிலே உண்டாக்கப்பட்ட நிலையான மாதிரிப்படம் **தலையீட்டுவடிவம்** எனப்படும்.

ஒரேயலைநீளத்தையுடையனவும் ஒரேநிலைமையிலுள்ளனவுமான அலைகளைக்காலுகின்ற முதலிடங்களிரண்டைப் பெற முடியுமெனின், ஒளியானது அலைகளைக்கொண்டனவாயின் தலையீட்டுவடிவங்களைப் பெறுதல் வேண்டும். எந்த முதலிடத்திலிருந்தும் உற்பத்தியாகும் ஒளியதிர்வுகள் விரைவாகவுந் திடீரெனவும் நிலைமை மாற்றங்களை அடைவதினால், ஒருநிறவொளியாயிருந்தாலுங்கூட, வெவ்வேறான ஒளிமுதலிடங்களைக்கொண்டு தலையீட்டைப் பெற எடுக்கும் ஒவ்வொருமுயற்சியும் பயனற்றதாகும். நிரந்தரமான தலையீட்டுவடிவங்களைப் பெறவேண்டுமாயின், முதலிடங்களிரண்டும் மெய்யான முதலிடமும் அதன் விம்பமுமாயேனும், ஒரேமுதலிடத்தின் இரண்டு விம்பங்களாயேனும் இருத்தல்வேண்டும். எனெனில், மெய்யான முதலிடத்தின் எந்த நிலைமைமாற்றமும் அதன் விம்பத்தில் அதேயளவான உடன்மாற்றத்தைக் கொடுக்கின்றது. இவ்வகையான முதலிடங்களிலிருந்து உற்பத்தியாகும் அலைகள் அல்லது கதிர்கள் **பிணைவன** எனப்படும்.

பொதுவான சில கருதுகோள்கள்.— ஒரேவீச்சத்தையும் அதிர்வெண்ணையுமுடைய அலைத்தொடர்களிரண்டு ஊடகமொன்றிலே குறித்தவொரு புள்ளியினூடு செல்லுகின்றதெனக் கொள்வோமாக. எனின், ξ இடப்பெயர்ச்சியையும், வீச்சத்தையும் ω கோணவதிர்வெண்ணையும் குறிப்பனவாயின் இப்புள்ளியிலே வெவ்வேறு இடப்பெயர்ச்சிகளுக்காக,

$$\xi_1 = a \text{ கோசை } \omega t \text{ எனவும், } \xi_2 = a \text{ கோசை } (\omega t - \phi) \text{ எனவும்}$$

எழுதலாம். இங்கு, தொடக்கநிலைமைமாற்றமாகிய $-\phi$, குறித்த புள்ளி ஒன்றிற்கு ஒருமையெனினும் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொன்றுக்கு மாறும் போது இது தொடர்ச்சியாய் மாறிக்கொண்டிருக்கும். மேற்பொருத்துகைத் தத்துவத்தினால், கருதப்பட்ட புள்ளியிலே தொகுவிளைவான குழப்பம் ξ.

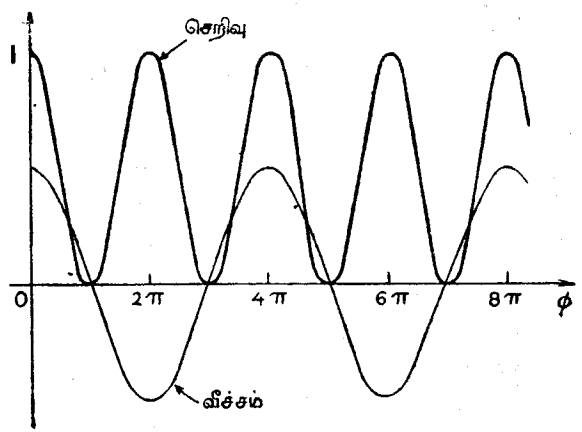
$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = \hat{a}\,\text{கோசை}\,\omega t + \hat{a}\,\text{கோசை}\,(\omega t - \phi)$$
$$= \{\hat{a}\,(1 + \text{கோசை}\,\phi)\}\,\text{கோசை}\,\omega t + \{\hat{a}\,\text{சைன்}\,\phi\}\,\text{சைன்}\,\omega t$$
$$= \{2\hat{a}\,\text{கோசை}\,\tfrac{1}{2}\phi\}\,\text{கோசை}\,(\omega t - \psi)$$

இங்கு, $\text{தான்}\psi = \dfrac{\text{சைன்}\,\phi}{1 + \text{கோசை}\,\phi} = \text{தான்}\,\tfrac{1}{2}\phi$, அதாவது, $\psi = \tfrac{1}{2}\phi$.

எனவே, $$\xi = \hat{\mathrm{A}}\,\text{கோசை}\,(\omega t - \tfrac{1}{2}\phi).$$

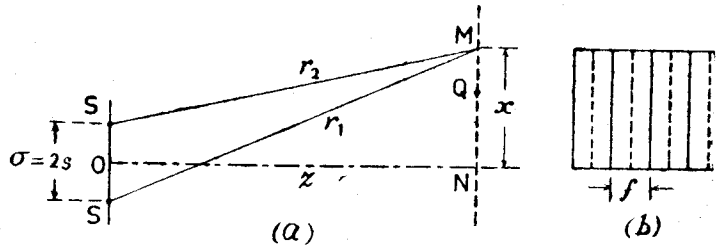
இங்கு $\hat{\mathrm{A}} = \{2\hat{a}\,\text{கோசை}\,\tfrac{1}{2}\phi\}$ என்பது தொகு விளைவான குழப்பத்தின் வீச்சமாகும். இந்தக் குழப்பமானது முந்தியவியக்கங்களைப்போன்ற கோண வதிர்வெண் ω ஐக்கொண்ட தனியிசையியக்கமாயினும், புதிய வீச்சத்தையும் தொடக்கநிலைமையையுங் கொண்டதாகும். வீச்சமானது $2\hat{a}\,\text{கோசை}\,\tfrac{1}{2}\phi$ ஆதலின், நிலைமை வித்தியாசம் ϕ இலே தங்கியிருக்கின்றது. குழப்பமானது கருதப்பட்ட புள்ளியின் நிலையோடு மாறுகின்றதாதலின், தொகு விளைவான குழப்பத்தின் வீச்சமானது புள்ளிக்குப்புள்ளி மாறுகின்றது. $\phi = 0,\ \pm 2\pi,\ \pm 4\pi,\ \ldots\ldots$ ஆகும்போது இது உயர்வானதாகும். இவ்வகையான புள்ளிகளிலே தொகு விளைவான குழப்பமானது சேர்ந்த ஒவ்வொரு குழப்பத்தின் நிலைமையிலிருக்கும். அப்போது **ஆக்கத்தலையீடு** இருப்பதாகக் கருதப்படும். அன்றியும், $\phi = \pm\pi,\ \pm 3\pi,\ \ldots.$ ஆயின், எல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் வீச்சம் பூச்சியமாகும். இப்போது **அழிவுத் தலையீடு** இருப்பதாகக் கருதப்படும். அலைத்தொடர்களிரண்டுந் தலையிட்டுள்ளன வென்று சொல்லப்படும். தொகுவிளைவான தோற்றப்பாடு **தலையீடு** எனப்படும்.

வீச்சத்தின் வர்க்கத்திலுலைக்கப்படுஞ் செறிவானது கோசை² $\tfrac{1}{2}\phi$ இலுடு விகிதசமமாகும். வீச்சத்திற்கும் செறிவுக்கும் ஒத்த தொடக்கநிலைமைக்கு மிடையேயுள்ள நிலைமைவித்தியாசத்தை உருவம் 30.02 காட்டுகின்றது.



உருவம் 30.02.—கோசை வகையின் விளிம்புகளைக் காட்ட.

ஒளியலைகளைக்கொண்டு பெறப்பட்டு இப்போது கருதப்பட்ட வகையின் செறிவு வளைகோட்டினுற் குறிக்கப்பட்ட தலையீட்டுவடிவமானது "கோசை²θ" வகையின் விளிம்புகளைக் கொண்டதென்று சொல்லப்படும்.



உருவம் 30.03.—கோட்டுமுதலிடங்களிரண்டிலிருந்து தலையீடு.

வெவ்வேருன ஒளிமுதலிடங்களிரண்டின் பயனை சேர்க்கைவிளைவுகளின் கணிப்பு.—S_1, S_2 என்பன உருவம் 30.03 (*a*), வீச்சங்களும் அதிர்வெண்களும் ஒன்றுயுள்ள ஒளியின் இரண்டு புள்ளிமுதலிடங்களெனக் கொள்க. அன்றியும், தொடக்கநிலைமை வித்தியாசத்தையும் பூச்சியமெனக் கொள்க. முதலிடங்களைக் கொண்ட தளத்தின் புள்ளி **M** இலே தொகுவிளைவான குழப்பத்தைக் கருதுக. S_1S_2 இன் மத்திய புள்ளியை **O** எனக் கொள்க. **M** இனூடு S_1S_2 இற்குச் சமாந்தரமான கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக **ON** ஐ வரைக. r_1, r_2 களை முறையே S_1, S_2 இலிருந்து **M** க்கு குறிப்பிட்ட தூரங்களாகக்கொள்க. தூரவலகொன்றிலே அதனதன் உற்பத்தியிலிருந்து ஒவ்வொரு குழப்பத்தினதும் வீச்சம் $\hat{a}$ ஆயின், வீச்சத்தின் வர்க்கத்திலுடு விகிதசமமான செறிவானது, ஒலியியலில் 19ஆம் பக்கத்தைப் பார்க்க, தூரவர்க்கத்திலுடு நேர்மாறுக மாறுகின்றதாதலின், S_1, இனதும் S_2 இனதும் பயனை **M** இலுள்ள வீச்சங்கள் முறையே $\dfrac{\hat{a}_0}{r_1}$ உம் $\dfrac{\hat{a}}{r_2}$ உமாகும். இப்போது சேருங் குழப்பங்களின் வீச்சங்கள் சமமாயிருந்தாற்றுன் **M** இலே தலையீடு இருக்கமுடியும். இதனுல், S_1S_2 இலுடு ஒப்பிடப்படும் போது, **M** ஆனது மிக்கதூரத்திலும் S_1, S_2 மிக்க அண்மையிலும் இருக்க வேண்டியதாகின்றது. $\hat{a}$ என்பது, **M** ஐயடையும்போது ஒவ்வொரு முதலிடத்திலிருந்தும் உற்பத்தியாகும் அலைத்தொடரின் வீச்சமெனக் கொள்க.

$\mathbf{ON} = z$, $\mathbf{MN} = x$, $S_1S_2 = 2s = \sigma$ எனக்கொள்க. எனின்,

$$S_1\mathbf{M}^2 = z^2 + (x + s)^2\ ;\quad S_2\mathbf{M}^2 = z^2 + (x - s)^2.$$
$$\therefore\ S_1\mathbf{M}^2 - S_2\mathbf{M}^2 = 4sx.$$
$$\therefore\ S_1\mathbf{M} - S_2\mathbf{M} = \frac{4sx}{S_1\mathbf{M} + S_2\mathbf{M}} = \frac{2sx}{z} = \frac{\sigma x}{z}$$

இங்கு, **M** ஆனது **N** இன் மிக்கவண்மையிலுள்ளதாகக் கொள்ளப்படின், $S_1\mathbf{M} + S_2\mathbf{M} = 2z$ என எழுதப்படலாம்.

பாதைவித்தியாசமானது $\frac{\sigma x}{z}$ ஆகவும், அலைநீளம் λ இற்குச் சம மான பாதைவித்தியாசம் நிலைமை வித்தியாசம் 2π இனுடொத்ததாக வும் இருப்பதினால், M ஐயடையும்போது அதி ளிரண்டின் நிலைமை வித்தியாசம் $\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\sigma x}{z}$ ஆகும்.

ஆகவே, M இலே தொகுவிளைவான வீச்சம் 2δகோசை $\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\sigma x}{2z}\right)$ ஆகும். ஆகவே, வீச்சம், அதன்பயனுக ஒளிர்வு MN இன் நீளப்பாட்டிலே புள்ளிக்குப்புள்ளி மாறுகின்றது. $x = 0$ ஆகும்போதும் $x = \pm \frac{\lambda z}{\sigma}$ அல்லது இதன் முழுவெண் மடங்குத் தொகையாகும்போதும் செறிவு உயர்வான தாயிருக்கும் $x = \pm \frac{\lambda z}{2\sigma}$ ஆகும்போது முதலிற் செறிவு பூச்சியமாயிருக்கும். அதன்பின்பு x ஆனது எந்த முழுவெண் மடங்குத் தொகையினுலும் கூடும் போதுங் குறையும்போதும் பூச்சியமாயிருக்கும். உயர்வுச் செறிவுப்புள்ளி கள் $\frac{\lambda z}{\sigma}$ ஆகிய சமதூரங்களிலிருக்கும். பூச்சியச்செறிவுப் புள்ளிகள் இவற் றின் நடுவிலேயிருக்கும்.

MN இன் நீளப்பாட்டிலே விளிம்புகளின் நேர்கோட்டகம்

$$\frac{\lambda z}{\sigma} = f \text{ (எனக் கொள்க.)}$$

இங்கு, f என்பது விளிம்பகலம் எனப்படும். σ பெரிதாயிருக்கும்போது விளிம்புகள் மிக்கவண்மையிலுள்ளனவென்று இச்சமன்பாடு காட்டுகின்றது. உண்மையில் அவதானிக்கப்படமுடியாத அவ்வளவு அண்மையிலே இவை இருக்கின்றன.

அன்றியும், MN இன் நீளப்பாட்டிலே ஒளியின் செறிவை I எனக் கொண்டால், விதிதசமக்காரணியைக் கருதாது,

$$I = 4(\delta)^2 \text{ கோசை}^2 \pi \left(\frac{\sigma x}{\lambda z}\right)$$

$$= 2(\delta)^2 \left[1 + \text{கோசை } 2\pi \left(\frac{\sigma x}{\lambda z}\right)\right] = 2(\delta)^2 \left[1 + \text{கோசை } 2\pi \left(\frac{x}{f}\right)\right]$$

எனவெழுதலாம்.

விளிம்பகலமாகிய f இனுல் x மாறும்போது செறிவானது ஒரே பெறுமானத்தைப் பெறுகின்றதென இச்சமன்பாடு காட்டுகின்றது. உருவம் 30.03 (b) இலே வரிப்படமூலம் இவ்விளிம்புகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. கோசை$^2 \theta$ விதியொன்றினுற் கட்டுப்பட்டுள்ள செறிவை விளிம்புகள்

பெற்றிருத்தலினுல், அவற்றைப் பெரும்பாலும் "கோசைன் உர்க்க விளிம்பு கள்" எனக் குறிப்பிடுவதுண்டு. உயர்வுச் செறிவின் புள்ளியொன்றிற்கப்பால் திரையிலே அடுத்தடுத்துள்ள புள்ளிகளிலே தொகுவிளைவான வீச்சமானது அலைகள் அடிதவறி இழிவுநிலையையடையுமட்டும் படிப்படியாகக் குறைந்து கொண்டேபோகும். அதன்பின் அலைகள் அடிச்சுவட்டை அடைந்து மீண்டும் உயர்வுநிலை பெறப்படுகின்றது. ஆகவே, பௌதிகவியலின்படி இவ்வகை யான தலையீட்டுவிளிம்புகள் எப்போதாவது தெளிவாக வரையறுக்கப்பட முடியாதென்று இத்தோற்றங் காட்டுகின்றது.

நீண்ட, ஒருங்கிய, ஒளிரச்செய்யப்பட்ட பிளவொன்று பொருளாக அதி லிருந்து ஒரேநேரத்தில் மாயமுதலிடங்களிரண்டு பெறப்படும்போது இவ் வகையான விளிம்புகள் அவதானிக்கப்படலாமெனப் பின்பு காண்போம். விளிம்புகளின் செறிவானது அவற்றின் நீளப்பாட்டிலே பிளவின் நீளத்துக் குச் சமமாயளக்கப்பட்ட தூரமொன்றிலாவது மாறுதிருக்கும். ஒவ்வொரு சோடி புள்ளிமுதலிடங்களினுமிருந்து உற்பத்தியாகும் விளிம்புக்கூட்டங்களின் குழியமைவு, செறிவுக்குரிய கோவையிலே சீனை 2 ஐமட்டும் மாற்றுகின்றது. எனவே, விளிம்புகள் "கோசை$^2 \theta$" வகையென இன்னுங் கருதப்படலாம்.

ஒளியும் சத்தியினெரு வகையாதலின், தலையீடு நிகழும்போது எந்தச் சந்தர்ப்பத்திலும் சத்தி அழியாதென்பதை மறந்துவிடக்கூடாது. ஒளிச் சத்தியின் பரவலே மாற்றமடைகின்றது. சிலவிடங்களிற் செறிவுகூடியும் மற்றுஞ்சிலவிடங்களிற் சிறிதளவேனும் சத்தியில்லாமலும் இருக்கும். ஏவ் வோரலையும், (மெய்யாகத் திரையில்லாதபோதும்), மற்றென்று, எதிர்ப் படாதவகையிலே, குறித்தவோரிடத்திற்கப்பாற் செல்லுகின்றதாதலின் அலை கள் ஒன்றையொன்று அழிப்பதில்லை. சத்தி அழிக்கப்படமுடியாது என்ற உண்மையின் இன்றியமையாத விளைவாக இது உள்ளது.

தலையீட்டுக்குரிய நிபந்தனைகள்.—ஒளிபுகாத் திரையொன்றிலுள்ள சிறிய துவாரங்களிரண்டு, ஒருநிறவொளியின் தனிமுதலிடங்களினுல், உதாரண மாக, சோடியச் சுவாலையொன்றிலிருந்து மஞ்சளொளியினுல், அல்லது இரசவாவிவிளக்கொன்றிலிருந்து பொருத்தமான வடியினூடாகச் செலுத் தப்பட்டுப் பெறப்பட்ட பச்சையொளியினுல், ஒளிரப்பட்டால், தலையீட்டின் தோற்றப்பாடு அவதானிக்கப்படமுடிய தென்பது எல்லோரும் அறிந்ததே யாம். கட்புலனை தலையீட்டு விளைவுகள் பெறப்படவேண்டுமாயின், அதிர்வு களின் இரண்டு கூட்டங்களினிடையே மாறுநிலைமைவித்தியாசம் இருத்தல் வேண்டும். ஒரேவீச்சத்தையும் அதிர்வெண்ணையுமுடைய ஒளிக்கற்றை ரிரண்டைப் பெற்றதனுல் தலையீட்டுவிளிம்புகளை உண்டாக்குதற்குரிய நிபந் தனைகள் பெறப்பட்டனவாகத் தோற்றுவதினுல் முதற்பார்வையிலே விளிம்பு கள் இல்லாமை அதிசயத்துக்குரியதாகும். அணுவமைப்பின் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்ட கொள்கையின்படி, அணுவொன்று நேர்மின்னேற்றத்தை யுடைய கருவொன்றை இலத்திரன்கள் ஒழுக்குகளிற் சுற்றியியங்கும் அமைப்

பைக் கொண்டதாகும். ஒரொழுக்கிலிருந்து கருவினண்மையிலுள்ள மற்றொன்றுக்கு இலத்திரனுனது இயங்கும்போதேனும், அணுவுக்கு முழுவதும் வெளியேயுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்து அதனெழுக்குகளொன்றுக்கு இலத்திரனுனது இயங்கும்போதேனும், கதிர்வீசலின் காலலுண்டு. பெறப்படக்கூடிய இன்னுமோரிடமுண்டாகி இன்னுமோரிலத்திரன் உள்ளே இயங்குமட்டும் கதிர்வீசலின் காலல் அதன்பின் நின்றுவிடுகின்றது. ஒரு நிறம்மட்டுமுள்ள முதலிடமொன்றிலிருந்து உற்பத்தியாகும் முறியாத அலைத்தொடரொன்றின் காலம் ஏறத்தாழ 10^{-8} செக்கனெனப் பரிசோதனையத்தாட்சி காட்டுகின்றது. இதன்பின் வேறு அலைத்தொடர்களுண்டாகி அடுத்துளவலைத்தொடர்களுக்கிடையே ஒழுங்கான நிலைமைவித்தியாசமிராது. அண்மையிலிருக்குஞ் சமமான பருமனுள்ள சிறிய துவாரங்களிரண்டினூடு ஒருநிற முதலிடமொன்றிலிருந்து ஒளியானது செலுத்தப்படும்போது, 10^{-8} செக்கனிற்குள்ளே படமொன்று எடுக்கப்படமுடியுமாயின் தலையீட்டுவடிவங்கள் ஒருவேளை பெறப்படமுடியும. எனவே, அலைத்தொடரின் பல கூட்டங்கள் ஒழுங்கான நிலைமைவித்தியாசமின்றித் திரையையடையுமெனத் தோற்றுகின்றன. ஆகவே, ஒளிச்சத்தினயானது திரும்பவுங் கட்புலனுகப் பரவுதலின்றித் திரையானது ஒளிரப்படும். அதாவது, தலையீட்டுவிளைவுகள் அவதானிக்கப்படமாட்டா.

விழித்திரையிலேனும் ஒளிப்படத்திலேனும் தலையீட்டுவிளைவைக் குறிப்பதற்குரிய நீண்ட காலத்தின் பயனுக முதலிடங்களிரண்டும் ஒருங்கிசைவாயிருக்கவேண்டியது அவசியமென்று மெய்யான செய்முறையிலே காணப்படுகின்றது. தலையீட்டு விளைவுகளை உண்டாக்கத் தேவையான அலைத்தொடர்கள் பொதுவான உற்பத்தியொன்றைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டுமென்பதே இதன் கருத்தாகும். இவ்வகையான அலைத்தொடர்கள் **பிணையுமலைத்தொடர்** எனப்படும்.

அளக்கப்படக்கூடிய தூரத்தையுடைய தலையீட்டுவிளிம்புகள் பெறப்படக்கூடியதாகப் போதியவண்மையிலுள்ள பிணையும்முதலிடங்களை உண்டாக்கக்கவர்ச்சிக்குரிய முறைகள் பலவுள. ஒளியலைகளைக்கொண்டு தலையீட்டுவடிவங்களைச் சித்தியுடன்பெற்ற மிகத் தொடக்கத்திலெடுக்கப்பட்ட முயற்சியங் கென்பவரின் பயனுனதாகும். இப்பரிசோதனைகள் சிலவற்றை விவரிக்க முன்பு, தலையிடமலைகளின் வீச்சங்கள் சமமாயிருக்கும்போதே இருண்ட விளிம்புகள் உண்டாகின்றனவென்ற உண்மையை நன்கு மதிக்கவேண்டுமாயின், விடயத்தைவிட்டுப் பின்வருமாறு விலகுதல் தேவைப்படுகின்றது.

$\xi_1 = \hat{a}$ கோசை ωt இனாலும் $\xi_2 = 2\hat{a}$ கோசை $(\omega t - \phi)$ இனாலும் குறிக்கப்படும் குழப்பங்களிரண்டினது சேர்க்கை.—இக்குழப்பங்கள் ஒரே கோணவதிர்வெண்ணைக் கொண்டனவெனினும், இரண்டாவதின் வீச்சம் முதலாவதின் இருமடங்காகும். ஒவ்வொன்றுந் தனித்தனியே தொழிற்

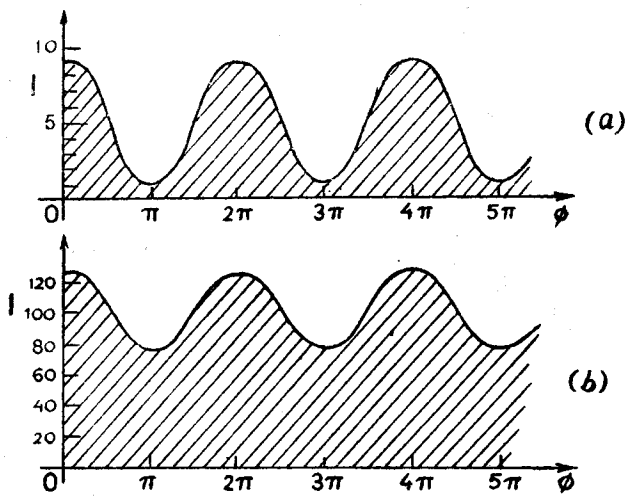
படுவனவாயின், முதலாவதிலும் நான்குமடங்கு ஒளிர்செறிவையுடைய புள்ளிமுதலிடமொன்றினால் இரண்டாவது குழப்பம் உண்டாக்கப்படும். தொகுவிளைவான குழப்பம்

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = \hat{a}\{1 + 2\text{கோசை }\phi\}\text{கோசை }\omega t + \{2\hat{a}\text{ சைன் }\phi\}\text{ சைன் }\omega t$$
$$= \hat{A}\text{ கோசை }(\omega t - \psi)\text{ என்பதனுற் கொடுக்கப்படும்.}$$

இங்கு $\hat{A}$ கோசை $\psi = \hat{a}(1 + 2\text{ கோசை}\phi)$, அத்துடன் $\hat{A}$ சைன் ψ
$= 2\hat{a}$ சைன் ϕ.

எனவே, $(\hat{A})^2 = (\hat{a})^2[5 + 4\text{ கோசை }\phi]$.

அல்லது, சேர்ந்த குழப்பத்தின் பயனுன செறிவானது முதலாவது குழப்பத்தினால்மட்டும் உண்டானதிலும் $(5 + 4\text{ கோசை }\phi)$ மடங்காகும். $-1 <$ கோசை $\phi < 1$ ஆதலின், $(\hat{A})^2$ இன் ஒத்தபெறுமானங்கள் $(\hat{a})^2$ உம் $9(\hat{a})^2$ உமாகும். அன்றியும் செறிவு ஒருபோதும் பூச்சியமாவதில்லை. $\hat{a}_2 = 2\hat{a}_1$ ஆகுமாறு வீச்சங்களையுடைய ஒருநிறவொளிக்கற்றைகளிரண்டிற்குத் தொடக்க நிலைமையோடு செறிவின் மாறுதலை உருவம் 30.04 (*a*) காட்டுகின்றது.



உருவம் 30.04.—செறிவு—ϕ வளைகோடுகள், (*a*) $\hat{a}_2 = 2\hat{a}_1$, (*b*) $\hat{a}_2 = 10\hat{a}_1$.

இதனைப்பேலவே, $\hat{a}_2 = 10\hat{a}_1 = 10\hat{a}$ ஆயின்,

$(\hat{A})^2 = (\hat{a})^2[1 + 20\text{ கோசை }\phi + 100] = (\hat{a})^2[101 + 20\text{ கோசை }\phi]$.

ஆகவே, செறிவானது 121 இற்கும் 81 இற்குமிடையே மாறுகின்றது. அல்லது, தொகுவிளைவான வீச்சம் 11 இற்கும் 9 இற்குமிடையே மாறுகின்றது. ஆயினும், இப்போது செறிவுமாற்றத்தின் விளைவு தெளிவுக்குறைவாயிருக்கும்.—உருவம் 30.04 (*b*) ஐப் பார்க்க.

n ஒரு நேரெண்ணுயிருக்கும்போது $\hat{a}_2 = n\hat{a}_1 = n\hat{a}$ ஆகின்ற கூடிய பொதுவான சந்தர்ப்பத்திலே

$\xi_1 = \hat{a}$ கோசை ωt எனவும் $\xi_2 = n\hat{a}$ கோசை $(\omega t - \phi)$ எனவும் பெறுகின்றோம்.

எனவே, $\xi = \xi_1 + \xi_2 = \hat{A}$ கோசை $(\omega t - \psi)$.

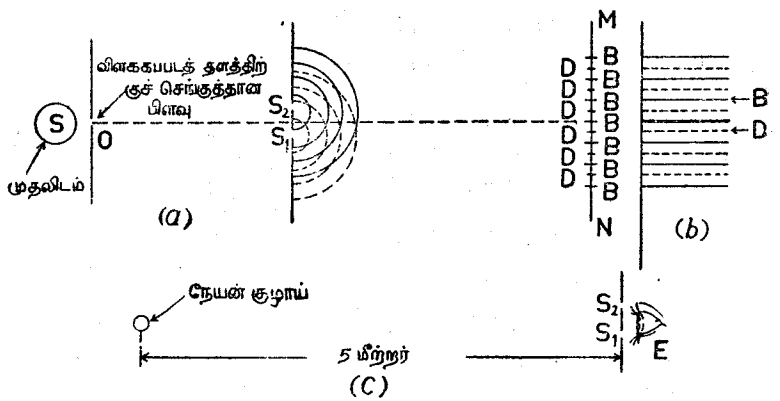
இங்கு, $\hat{A}$ கோசை $\psi = \hat{a}\,(1 + n$ கோசை $\phi)$,

அத்துடன் $\hat{A}$ சைன் $\psi = n\hat{a}$ சைன் ϕ.

ஆகவே, $(\hat{A})^2 = (1 + n^2 + 2n$ கோசை $\phi)\ (\hat{a})^2$

எனவே, வீச்சவர்க்கத்திலேடு விகிதசமமான செறிவானது, தனித்து ξ_1 இன் பயனைதிலும் $(1+n)$ இற்கும் $(1-n)$ இற்குமிடையேயுள்ள மடங்கு மாறுகின்றது. n பெரிதாயிருக்கும்போது இந்தவெல்லைகளினிடையேயுள்ள வீச்சமாற்றஞ் சிறிதாக, விளிம்புகள் அவதானிக்கப்படமுடியா.

யங்கின் பரிசோதனை.—1665 இலே கிரிமாதி (Girimaldi) என்பவர் ஒரு பரிசோதனையை விவரித்து, ஒளியை ஒளியுடன் சேர்த்து இருட்டை உண்டாக்கமுடியுமென இதனால் நிறுவிவிட்டதாக நினைத்தார். இவருடைய பரிசோதனையைத் திருத்தமாகச் செய்வது முடியாதகாரியமாதலின் அதனை விவரியாது யங்கினுடைய இதன் திருத்தத்தை (1773—1829) இங்கு விவாதிப்போம். இதிலேதான் முதன்முறையாக மெய்யான தலையீடு அவதானிக்கப்பட்டது. பரிசோதனையொழுங்கின் எளிமையிலிருந்து இந்த முறையானது வியக்கத்தக்கதெனினும், இப்போது சரித்திர முக்கியத்துவம்மட்டும் வாய்ந்திருக்கின்றது. ஒளிபுகாத்திரை யொன்றிலுள்ள ஊசித்துளை O இலே,



உருவம் 30.05.—தலையீட்டைப்பற்றிய யங்கின் பரிசோதனை.

உருவம் 30.05 (*a*), சூரியவொளி விழவிடப்பட்டு, அதிலிருந்துசெல்லும் ஒளியானது சமச்சீராக ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட வேறிரண்டூசித்துளைகள், S_1, S_2 களில் எற்கப்படுகின்றது. S_1 இலிருந்தும் S_2 இலிருந்தும் வெளிப்படும் கோளவலைகளின் கூட்டங்களிரண்டு, ஒளியின் பிணையும் முதலிடங்களின்

பயனுளசோடியாதலின், ஒன்றையொன்று தலையிட்டுப் பொருத்தமாக வைக்கப்பட்ட திரை MN இலே சமச்சீரான தலையீட்டுவடிவமொன்றை உண்டாக்குகின்றது. ஆக்கத் தலையீடும் அழிவுத் தலையீடும் நிகழுமிடங்கள் B, D எழுத்துகளினாற் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இப்பரிசோதனை இன்று செய்யப்படுவதாயின் யங்கினால் உபயோகிக்கபட்ட வட்டத்துவாரம் ஒடுங்கிய மூன்று சமாந்தரப் பிளவுகளினாற் பிரதியிடப்படும். இதனால், துலக்கமான விளிம்புகளின் செறிவு அதிகரிக்க, அவை எளிதாய்க் கட்புலனாகின்றன. உருவம் 30.05 (*b*) இற் காட்டப்பட்ட விளிம்புகள் இவ்வகையானவையேயாம்.

வெள்ளொளியைப்பற்றிக் கையாண்டதினால் சில விளிம்புகளைமட்டும் யங்கென்பவர் அவதானித்தார். விளிம்பகலம் அலைநீளத்திலே தங்கியிருத்தலினால் ஒருதன்மைத்தான ஒளியே உபயோகிக்கப்படுதல் வேண்டும். பரிசோதனையொழுங்கின் அளவுகளைப்பற்றிய மதிப்பைப் பெறவேண்டுமாயின், $\sigma = 0{\cdot}1$ சமீ. என எடுத்துத் திரை MN, 100 சமீ. இற்கப்பாலுள்ளதெனக் கொள்க. எனின், சோடியவொளிக்கு,

$$(\lambda = 5{\cdot}9 \times 10^{-5}\ \text{சமீ.})$$

விளிம்பகலமாகிய f,

$$f = \frac{\lambda z}{\sigma} = \frac{5{\cdot}9 \times 10^{-5} \times 100}{0{\cdot}1} = 6 \times 10^{-2}\ \text{சமீ.}$$

இது அரை மில்லிமீற்றருக்குச் சிறிது கூடியிருக்கும். எனவே, விளிம்புகள் மிக்கவண்மையிலுள்ளன. இவற்றைக் கூடியதூரத்தில் வைக்க வேண்டுமாயின், விளிம்புகள் மங்கலாகுமாறு z அதிகரிக்கப்படலாம், அன்றேல், புள்ளிமுதலிடங்கள் அண்மையிற் சேர்த்துவைக்கப்படுதல் வேண்டும். இப்பரிசோதனைகளின் விளைவாக, செவ்வொளியினதும் நீலவொளியினதும் அலைநீளங்கள் முறையே $\frac{1}{36{,}000}$ அங்., எனவும், $\frac{1}{60{,}000}$ அங். எனவும் யங்கென்பவர் கண்டார்.

தன்னுடைய வேலையை விவரிக்கும்போது யங்கென்பவர் கூறியதாவது, "வெள்ளொளி அல்லது கலப்பொளியின் இரு பாகங்களினது சேர்க்கையானது தூரத்திலிருந்து பார்க்கப்படும்போது சில கறுப்புக்கீலங்களையும் வெள்ளைக்கீலங்களையுங் காட்டுகின்றது. எனினும் அண்மையில் ஆராயும்போது வெவ்வேறு அகலங்களைக்கொண்ட எண்ணற்ற கீலங்களின் தெளிவான விளைவுகள் ஒன்றுசேர்ந்து, ஒன்று மற்றொன்றினுட் படிப்படியாகப் பொருந்திப் பலதிறப்பட்ட அழகான சாயத்தோற்றத்தைக் காட்டுகின்றது." விளிம்பகலமானது அலைநீளத்தின் சார்பாகுமென்ற உண்மையினால் இத்தோற்றப்பாடு விளக்கப்படும். எனவே, வெள்ளொளி உபயோகிக்கப்படும்போது வெவ்வேறு நிறங்களுக்குரிய தலையீட்டு விளிம்புகள் மேற்பொருத்தப்பட்டு நிறவிளிம்புகள் பெறப்படுகின்றன. விளிம்புகள் முழுவதும் மிக்க விரைவிலே அகன்றுபோக புலமானது ஒருசீரான வெண்மையாய்த் தோற்றும்.

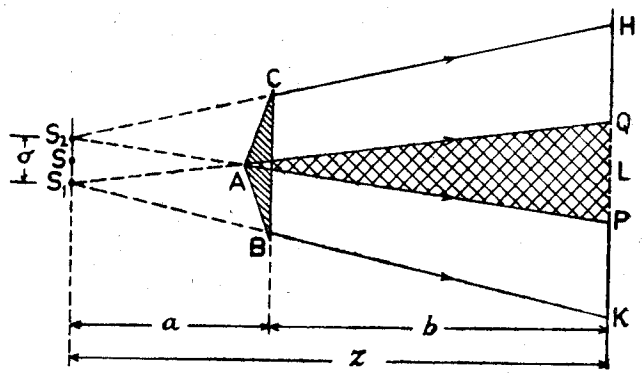
இப்போது குறிப்பிடப்பட்ட வகையிலே திரையொன்றிலே, தலையீட்டு விளிம்புகளை அவதானிக்க எத்தனிக்கும்போது சில சமயங்களிற் இடரு முண்டாகின்றது. செறிவுமிக்க ஒளிமூதலிடமொன்று தேவைப்படுமாறு திரையின்தூரம் பெரிதாயிருந்தாலன்றி, விளிம்புகளின் அண்மையிலிருந்தே இவ்விடர் எழுகின்றது. எனினும் அதிட்டவசமாக, பொருத்தமான பார் வைத்துண்டொன்றைக்கொண்டு விளிம்புகள் உருப்பெருப்பிக்கப்படலாம். எனெனின், திரை MN அகற்றப்பட்டு பார்வைத்துண்டொன்று புள்ளி Q இற் குவிக்கப்படுகின்றதெனக் கொள்க, உருவம் 30.03 (*a*). எனின், பொரு ளுக்கும் வில்லையொன்றினாலுண்டாக்கப்பட்ட விம்பத்துக்குமிடையேயுள்ள ஒளியியற்றூரம் கதிர்களின் நீளப்பாட்டில் அளக்கப்படும்போது ஒன்று கவே யிருக்குமாதலின், Q இன் விம்பத்திலேயுள்ள கதிர்களிரண்டினிடையே நீலைமைவித்தியாசமானது Q இலுள்ள மெய்யான நிலைமை வித்தியாசத் திற்கு சமமாகும். எனவே, பார்வைத்துண்டிற் காணப்படும் வடிவமானது திரை MN இலுள்ள தலையீட்டுவிளிம்புகளின் முந்திய தொகுதியினை டொத்ததாகும்.

தொடக்கத்திலே யங்கினாற் காணப்பட்ட மாதிரி விளிம்புகளுண்டாவதைக் காட்டுதற்கு நேயன்குழாய் N ஐ அமைப்பதுமட்டும் போதியதாகும், உருவம் 30.05 (*c*). இக்குழாயானது மின்னிறக்கஞ் செறிந்துள்ள ஒடுங்கிய நேர்ப்பாகமொன்றைக் கொண்டது. உருவமைப்பினாற் கறுப்பாக்கப்படத் தேவையில்லாத ஒளிப்படத்தட்டொன்றின் குறுக்கே விறைப்பாகப் பிடிக்கப் பட்டுள்ள ஊசிமுனைகளிரண்டை இழுத்துண்டான ஒடுங்கிய பிளவுகள் S_1 ஐயும் S_2 ஐயும் இக்குழாய் ஒளிரச்செய்கின்றது. இப்பிளவுகள் மின்னிறக்கக் குழாயின் மயிர்க்குழாய்ப் பாகத்திற்குச் சமாந்தரமாயிருத்தல் வேண்டும். பிளவுகளினூடு வருமொளியை அப்பிளவுகளினண்மையில் வைக்கப்பட் டுள்ள கண் அவதானிக்கின்றது. நேரானவிழையையுடைய மின்விளக் கொன்றை உபயோகித்து, விளக்குக்கும் பிளவுகளுக்கிமிடையே பொருத்த மான வடிகள் வைக்கப்பட்டால், நிறத்தோடு விளிம்பகலத்தின் மாற்றம் எளிதாகக் காணப்படலாம்.

பிரேனலின் பரிசோதனை [1788—1827]—யங்கினாற் செய்யப்பட்ட மேலே யுள்ள பரிசோதனையில் அவதானிக்கப்பட்ட தோற்றப்பாடுகள் கோணலின் பயனனவையென இப்போது அறியப்படுகின்றது. ஆகவே, முந்திய பகுப்பு முறையொன்று எம்மை எதிர்பார்க்கச்செய்ததுபோல, பிணையுமலைத் தொடர்களிரண்டு கோசைன்வர்க்கவகைவிளிம்புகளை உண்டாக்கக்கூடுமென இது நிறுவவில்லை. விளிம்புகளைப்பெற உபயோகிக்கப்படும் கற்றைகளிலே கோணலொளியினளவைக்குறைக்க, **பிரேனலானவர்** எனைய முறைகளோடு பின்வருவதையும் உபயோகித்தார்.

பிரேனலிரட்டையரியம்.—தலையீட்டுவிளிம்புகளை உண்டாக்குதற்கு **பிரேன லினால்** அமைக்கப்பட்டு உபயோகிக்கப்பட்ட ஒழுங்கொன்று இரட்டையரியம் எனப்படுங் கருவியை உபயோகிக்கின்றது. கோணம் A ஆனது மிக்க

விரிவாயுள்ள கண்ணாடியரியம் ABC ஐ இது கொண்டதாகும், உருவம் 30.06. ஆகவே, சிறிதாயுள்ள மற்றிருகோணங்களுஞ் சமமாக்கப்பட்டுள் ளன. சமமான சிறியவரியங்களிரண்டை அவற்றின் குறுகிய பக்கத்திற் சேர்த்துப் பொருத்தி இவ்வகையான அரியமொன்றைச் செய்யலாம். ஆனால் செய்முறையிலே இரட்டையரியம் என்ற பெயரை வைத்துக்கொண்ட போதி லும் ஒரேயரியமே உபயோகிக்கப்படும். முறிவோரமானது வரிப்படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான கோட்டுமுதலிடம் S இற்குச் சமாந்தரமாயும் SA ஆனது அரியத்தின் முகம் BC இற்குச் செங்குத்தாயுமிருக்குமாறு அரியம் வைக்கப்படும். S இலிருந்து வருமொளியானது இரட்டையரியத் தின் கீழ்ப்பாகங்களிற்பட அது மேனோக்கி மடிந்து முதலிடம் S_1 இலிருந்து வெளிப்படுவதாகத் தோற்றும். இதனைப்போலவே, அரியத்தின் மேற்பாகத் தினூடுசெல்லும் அலைகளுக்குரிய முதலிடம் S_2 ஆகத் தோற்றுகின்றது. A இலுள்ள கோணம் எறத்தாழ π இற்குச் சமமாயின், மாயமுதலிடங் கள், S_1 உம் S_2 உம் மிக்கவண்மையிலிருக்கும். பிணைந்திருந்ததினால், அவற்றிலிருந்து ஒளியலைகள் மேற்பொருந்தும் பாகத்திலே தலையிட்டு விளிம்புகள் உண்டாதல் கூடும். வரிப்படத்திலே இப்பாகமானது குறுக் குக்கோடிடப்பட்டுள்ளது. அரியத்தின் திரவியம் ஒளிபுகவிடுமாதலின், துலக்க மான விளிம்புகள் எளிதிற் பெறப்படலாம்.



உருவம் 30.06. பிரேனலிரட்டையரியம்.

மாயமுதலிடங்களினிடைத்தூரம் σ எனவும், a, b, z குறிப்பிட்ட தூரங்க ளெனவும் கொண்டால் விளிம்பகலம்,

$$f = \frac{\lambda z}{\sigma} = \frac{\lambda (a+b)}{\sigma}$$

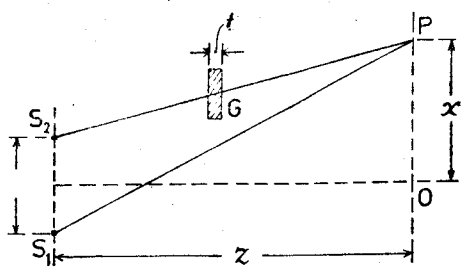
என்பதனாற் கொடுக்கப்படும். A இலுள்ள கோணம் π என்னும் பெறு மானத்தை அணுகுகின்றதாதலின் ஒரே நிலைக்குத்தான தளத்திலே S, S_1 S_2 என்பன இருப்பதாகக் கருதப்படலாமென்பதனாலேயே இச்சமன்பாடு

பெறப்பட்டது. சமச்சீரொழுங்கின் காரணத்தினால் L இலுள்ள மத்திய விளிம்பு துலக்கமாயிருக்கும். m—ஆவது துலக்கவிளிம்பு L இலிருந்து இருக்குந்தூரம்

$$x_m = m \times \text{விளிம்பகலம்} = m\frac{\lambda(a+b)}{\sigma}$$

என்பதனாற் கொடுக்கப்படும்.

ஒளிபுகவிடுந் திரவியத்தின் மெல்லிய தாளொன்றினது தடிப்பைத் தீர்மானிக்கும் முறை.—G என்பது, உருவம் 30.07, தடிப்பு t ஐக்கொண்டதும் பிணையும் முதலிடங்கள் S_1, S_2 களிலிருந்து உற்பத்தியாகும் கற்றைகளிரண்டினுள் ஒன்றினுள்ளே செலுத்தப்பட்டுள்ளதுமான திரவியத்தின் இவ்வகையான மெல்லிய தாளெனக் கொள்க. இவை வெள்ளொளி முதலிடங்களாதலின் தலையீட்டுவடிவத்தின் மத்தியவிளிம்பை எளிதிற் கண்டுபிடிக்கலாம். மெல்லிய தட்டு நிலையில் வைக்கப்பட்டபின்பு இவ்விளிம்பின் நிலையை P எனக் கொள்க. தட்டு G இல்லாதபோது மத்தியவிளிம்பின்



உருவம் 30.07.—தலையிடுங்கற்றைகளிரண்டினுள் ஒன்றிலே வைத்த மெல்லிய தட்டொன்றின் விளைவு.

நிலையாகிய O இலிருந்து அதன் தூரத்தை x எனக்கொள்க. மத்திய விளிம்பின் நிலை P ஆதலின், S_1 இலிருந்து P இற்குச் செல்லவெடுக்குங் காலம் S_2 இலிருந்து P இற்குச் செல்ல வெடுக்குங் காலத்துக்குச் சமமாகும். இப்பாதை ஒரு பகுதி வளியிலும் மறு பகுதி ஊடகத்திலுமிருக்கும். c_0 என்பது வளியிலே ஒளியின் வேகமெனவும், c என்பது ஊடகத்திலே அலைநீளம் λ ஐயுடைய ஒளிக்குரிய வேகமெனவுங் கொள்க. எனின்

$$\frac{S_1P}{c_0} = \frac{S_2P - t}{c_0} + \frac{t}{c}$$

அதாவது, $$S_1P = S_2P + (\mu - 1)t \quad (\mu c = c_0 \text{ ஆதலின்}).$$

தட்டானது உபயோகிக்கப்படாது, அலைநீளம் λ ஐயுடைய ஒளியானது உபயோகிக்கப்படும்போது m– ஆவது துலக்கவிளிம்பின் நிலை P ஆயின்,

$$m\lambda = S_1P - S_2P = (\mu - 1)t$$

ஆகின்றது.

எனவே, μ அறியப்பட்டால் தட்டின் தடிப்புத் தீர்மானிக்கப்படலாம்[1].

μ ஐ அல்லது t ஐக் காண்பதற்குரிய முறையாகவில்லாவிட்டாலும், வளியிலும்பார்க்க ஊடகத்திலே கூடிய மெல்லென ஒளியானது செல்லுகின்றதெனக் காட்ட இவ்வகையான பரிசோதனையொன்று முக்கியமானதாகும். ஏனெனில், கூடியவிரைவாய்ச் செல்லுமாயின் இடப்பெயர்ச்சியானது காட்டப்பட்ட திசையின் எதிர்த்திசையிலிருந்திருக்கவேண்டும்.

குறிப்பு.—மேலே பெறப்பட்ட

$$S_1P = S_2P + (\mu - 1)t$$

என்ற சமன்பாடு,

$$S_1P = (S_2P - t) + \mu t$$

எனவெழுதப்படலாம்.

அல்லது, $$\mu_0 S_1P = \mu_0 (S_2P - t) + \mu t.$$

இங்கு $\mu_0 = 1$ வளியின் முறிவுக்குணகமாகும். இப்போது t ஐப் போன்ற எந்தத்தூரமும் அதிருக்கும் ஊடகத்தின் முறிவுக்குணகத்தினாற் பெருக்கப்பட, தூரம் t இனாலொத்த **ஒளியியற்பாதை** ஆகின்றது. எனவே மத்தியவிளிம்பு P யிருக்கும்போது S_1 இலிருந்து P இற்குச் செல்லும் ஒளியியற்பாதை, S_2 இலிருந்து P இற்குச் செல்லும்பாதைக்குச் சமமாகும். இனிமேற் காலத்தையும் இடத்தையுஞ் செலவழியாது இச்சமன்பாடு பெரும்பாலும் உபயோகிக்கப்படும்.

உதாரணம்.—இரட்டையரியமொன்றினால் சோடியவிளிம்புகள் உண்டாக்கப்படக்கூடிய பரிசோதனையொன்றிலே தலையீட்டுக் கற்றைகளொன்றின்பாதையிலே மெல்லிய கண்ணாடித்தட்டொன்று ($\mu_D = 1{\cdot}52$) வைக்கப்பட்டுள்ளது. சாதாரணமாக 10 ஆவது துலக்கவிளிம்பினால் எடுக்கப்பட்ட இடத்திற்கு மத்திய விளிம்பானது இடம்பெயரக் காணப்பட்டது. $\lambda = 5{\cdot}9 \times 10^{-5}$ சமீ. ஆயின், கண்ணாடியின் தடிப்புக்குரிய பெறுமானமொன்றைக் கணிக்க.

கண்ணாடித்துண்டு இல்லாவிடத்து,

$$S_1P - S_2P = 10\lambda$$

எனப் பெறுகின்றோம். கண்ணாடி இருக்கும்போது,

$$S_1P = (S_2P - t) + \mu t$$

எனப் பெறுகின்றோம்.

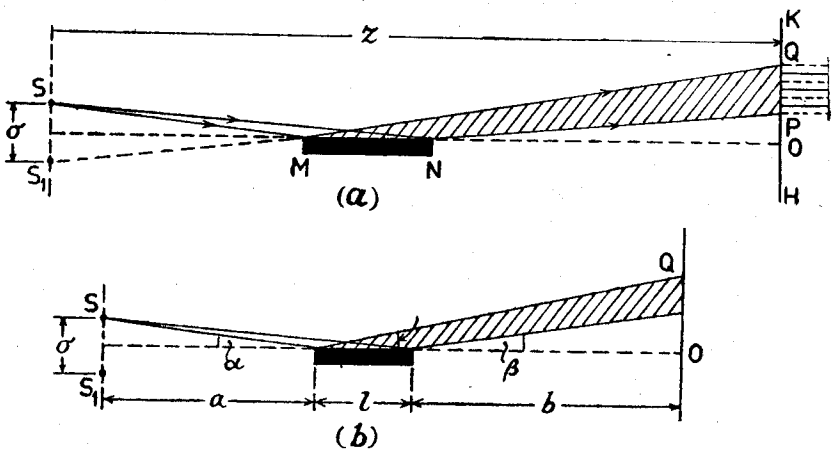
எனவே, $$(\mu - 1)t = S_1P - S_2P = 10\lambda = 5{\cdot}9 \times 10^{-4} \text{ சமீ.}$$

$$\therefore t = 1{\cdot}13 \times 10^{-3} \text{ சமீ.}$$

உலோயிடின் (Lloyd) தனியாடித் தலையீட்டுமானி.—தலையீட்டுவிளிம்புகளை உண்டாக்குதற்குரிய இவ்வாய்கருவி 1834 இலே **உலோயிடினால்** முதலில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. இலகுவாகச் செப்பஞ்செய்யக்கூடியதாயும் விளிம்புகள் எளிதிற் காணப்படக்கூடியதாயும் இது அமைந்துள்ளது.

[1] தட்டின் திரவியத்திலே நிறப்பிரிக்கை உண்டாவதினால் இங்கே குறிப்பிடப்பட்டதுபோலப் பரிசோதனை மெய்யாக அவ்வளவு எளிதானதல்ல.

MN என்பது, உருவம் 30.08 (*a*), 30 சமீ. நீளமும் பல சமீ. அகலமுமான தளவாடியொன்றின் பாகமாகும். ஆடியின் பிற்பரப்பிலிருந்து தெறிப்பு கீளைத் தவிர்ப்பதற்காகத் தெரியப்பட்ட துலக்கமான தட்டையுலோகத் துண்டொன்றையேனும் கறுப்புக்கண்ணுடித் துண்டொன்றையேனும் இது கொண்டதாகும். S என்பது வரிப்படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான



உருவம் 30·08.—உலோயிடின் தனியாடிவிளிம்புகள்.

ஒருநிறக்கோட்டு முதலிடமொன்றின் ஆவெட்டுமுகமாகும். S_1 என்பது MN இலே தெறிப்பினுலுண்டான S இன் விம்பமாகும். ஏறத்தாழப் படிந்த படிகையிலிருக்குமாறு கதிர்கள் தெறிக்கக்கூடியதாக S இன் நிலே அமைந்துள்ளது. அதாவது, S உம் S_1 உம் மிக்கவண்மையிற் சேர்ந்திருந்து பிணையுமொளிமுதலிடங்களாகத் தொழிலாற்றுகின்றன.

தலேயீட்டுப்புலமானது கீறிடப்பட்ட இடத்தினுள்ளே அடக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது, S இலிருந்து நேராகவருங்கதிர்கள் ஆடியிலிருந்து தெறிப்பனவற்றை வெட்டுமிடத்திலேயேயுள்ளது. HK என்பது, உருவம் 30.08(*a*), முதலிடம் S இலிருந்து Z தூரத்திலுள்ள ஒரு திரையாயின் விளிம்பகலம் $\frac{\lambda z}{\sigma}$ ஆகும். இங்கு $\sigma = SS_1$ எனவும், λ உபயோகிக்கப்பட்ட ஒளியின் அலேநீளமெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. எனவே λ இற்குரிய பெறுமானமொன்றை அனுமானிக்கலாம். ஆயினும், இத்தலேயீட்டுமானியின் மெய்யான முக்கியத்துவம் ஒளியலேகளுக்குரிய λ ஐ அளப்பதற்கு வேறொரு முறையைக் காட்டுகின்றதென்பதல்ல. ஆடியொன்றிலே தெறிப்பு நிகழும்போது அலேநீளத்தின் அரைவாசியினது பாதைப்பின்னிடைவுக்குச் சமமான நிலேமை மாற்றம் இருக்கின்றதென்பதை நிறுவுகின்றதென்பதே இதன் முக்கியத்துவமாகும். வெள்ளொளி முதலிடமொன்று உபயோகிக்கப்பட்டால், மத்தியவிளிம்பு, அதாவது, பூச்சியவொழுங்கின் விளிம்பு, வெண்மைக்குப் பதிலாகக் கறுப்பாயிருக்குமென்பதே இதன் கருத்தாகும். தலேயீடுநிகழும் புலத்தின்பரப்பளவு புள்ளி O ஐச்சேர்த்திராததினுல், S இலிருந்துவரும் நேரான கதிர்களிலே கண்ணுடித்துண்டொன்று செலுத்தப்பட்டாலன்றி, மத்தியவிளிம்பு, அவதானிக்கப்படமுடியாது. S இலிருந்து திரைக்குச்செல்லும் ஒளியியற்பாதையை, $[\Sigma\mu l]$, அதிகரிக்கச்செய்வதே இதன் விளேவாகும். கண்ணுடித்துண்டின் தடிப்புப் பொருத்தமானதாயிருந்தால் மத்தியவிளிம்பு கறுப்பாயுள்ள சில நிறவிளிம்புகள் காணப்படும்.

உருவம் 30.08(*b*) இற் குறிக்கப்பட்டுள்ள குறியீட்டினேடு, திரையினுள்ள புலத்தினகலம்

$$PQ = QO - PO = (l + b) \text{ தான் } \alpha - b \text{ தான் } \beta$$

$$\doteq \frac{\sigma}{2}\left[\frac{(l+b)}{a} - \frac{b}{(a+l)}\right]$$

என்பதனுற் கொடுக்கப்படும்.

மெல்லிய படலங்களின் நிறம்.—இவ்வத்தியாயத்தின் முற்பகுதியிலே, மெய்யாக ஒரேயிலத்திரணுகிய ஒரே முதலிடத்திலிருந்து தொடக்கத்தில் ஒவ்வொன்றும் உற்பத்தியான குழப்பங்களிரண்டின் மேற்பொருத்துகையினுல் தலேயீட்டுவிளிம்புகள் உண்டாவதைப்பற்றி ஆராயப்பட்டது. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் ஒடுங்கிய முதலிடமொன்றை உபயோகிப்பது அவசியமாகக் காணப்பட்டது. அகன்ற முதலிடமொன்று உபயோகிக்கப்பட்டால், ஒவ்வொரு பாகத்திலுமிருந்துவரும் ஒளியானது தலேயீட்டுமானியொன்றினூடு சென்று தலேயீட்டு விளிம்புத்தொகுதியொன்றை உண்டாக்கும் கற்றைகளிரண்டை எழுச்செய்கின்றது. தலேயீட்டுத் தொகுதியொவ்வொன்றும் அதனயற்றொருதியின் சார்பாய் இடம்பெயர்க்கப்படுகின்றது. எனவே, இவ்வளவு பெருந்தொகையான நிலேமுதலிடங்களுடன் மேற்பொருத்துகையின் பரப்பளவு மிக பெரிதாகித் தலேயீட்டு வடிவத்தின் சுவடு அற்றுப்போகின்றது. முதலிடம் பரந்ததாயிருக்கும்போது தலேயீட்டுவடிவம் எவ்வாறு உண்டாக்கப்படாமென இப்போது காட்டப்படும். ஒளிபுகவிடும் பதார்த்தமொன்றின் மிக்கமெல்லிய படலமொன்று பரந்த வெள்ளொளி முதலிடமொன்றிலிருந்து அது தெறிக்கும் ஒளியினுல் ஆராயப்பட்டால், துலக்கமான நிறங்கள் காணப்படும். நீரின்பரப்பிலே பரந்துள்ள சவர்க்காரப் படலங்களிலும் நெய்ப்படலங்களிலும் காணப்படும் பல நிறங்களே பழக்கப்பட்ட உதாரணங்களாக ஒருவர் கூறமுடியும். இந்த நிறங்கள் **போயிலினுல்** முதலில் ஆராயப்பட்டது. 1665 இலே **ஊக்கென்** பவர், மிக்கவரிதாக வளேந்து ஒரிடத்தில்மட்டும் முட்டிக்கொண்டிருக்கும் கண்ணுடிப்பரப்பிரண்டினிடையேயுள்ள மெல்லிய வளிப்படலமொன்றிலே

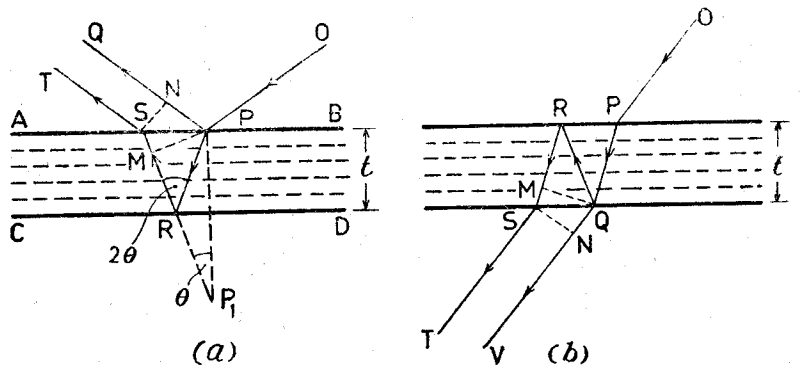
இவற்றை ஆக்கினர். **நியூற்றன்** இவ்விடயத்தை நன்முகவாராய்ந்து, பொருத்தமான வில்லையொன்றின் அரிதாக வளைந்துள்ள குவிவான பரப்புக்கும் அதனோடு சேர்ந்திருக்கும் கண்ணுடித் தளப்பரப்புக்கு மிடையேயுள்ள வளிப்படலத்திலுண்டாக்கப்படும் வட்டவளையங்களின் விட்டங் களைக் கவனமாயளந்தார். படலத்தின் மேலேயுள்ள பரப்பிலிருந்தும் கீழே யுள்ள பரப்பிலிருந்தும் தெறிக்கப்படும் அலைத்தொடர்களின் தலையீட்டினு லேயே இத்தோற்றப்பாடு உண்டானதென **யங்**கென்பவர் காட்டினர்.

மெல்லிய படலமொன்றின் தொடர்பான நிறங்கள் பின்வருமாறு ஆரா யப்படலாம். ஏறத்தாழ 10 சமீ. விட்டமுள்ள கம்பிவளையமொன்று சவர்க் காரக் கரைசலொன்றிலே தோய்க்கப்பட்டபின் மெல்லிய படலமொன்று அதன்குறுக்கே ஈர்க்கப்பட்டிக்குமாறு கரைசலிலிருந்து ஆறுதலாக அகற்றப் படும். வளியோட்டங்களிலிருந்து தடுப்பதற்காக தலைகீழான முகவையொன் றினுள்ளே நிலைக்குத்தாக இப்படலம் தாங்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். இதன் தடிப்பு மேலிருந்து கீழ்ப்பக்கமாகப் படிப்படியாக அதிகரித்துப் படலமானது விரைவிலே ஆப்புருவமாகின்றது. வெள்ளொளியினுல் இப்படலம் ஒளிரப் பட்டு அதிலிருந்து தெறிக்கப்படும் ஒளியைக்கொண்டு பார்க்கும்போது பல நிறங்களின் கிடைத்தள நாடாக்களினுற் குறுக்கிடப்பட்டுக் காணப்படும். ஆவியாதலின் சிதைவுகளின் பயனுக படலத்தின் மிக மேற்பாகம் மிக்க மெல்லியதாகிப் பூரணமான கறுப்பு நாடாவொன்று மேல்விளிம்பிலே காணப்படும். படலத்தின் மேற்பாகம் கூடுதலாக மெலியமெலிய கறுப்பு நாடாவானது கீழ்நோக்கிப் பரவும் இரசவாவிவிளக்கொன்றினுளியைப் பச்சைவாடியினூடு செலுத்திப் பெறப்படும் பச்சையொளியைப்போன்ற ஒரு நிறவொளியைக்கொண்டு படலமானது ஒளிரப்பட்டால் பச்சைநாடாவும் கறுப்புநாடாவும் மாறிமாறிப் படலத்தைக் குறுக்கிடக்காணப்படும்.

இவ்வத்தியாயத்தின் மேல்வரும் பாகத்திலே, கதிரானது குழப்பஞ் செல்லுகின்ற பாதையெனக் கருதக்கூடியதாக, அலையினூடு சம்பந்தப் பட்ட சத்தியானது செல்லுந் திசையே ஒளிக்கதிராகுமென்பதை நினைவூட்டு வது அவசியமாகின்றது. எனவே, ஒளிக்கதிர்களின் தலையீட்டைப்பற்றி நாம் குறிப்பிடும்போது, இப்போது குறிக்கப்பட்ட வகையிலே கதிர்களினூடு தொடர்பான அலைகளினிடையே தலையீடானது மெய்யாக நிகழுகின்றதென் பதை மதித்தல்வேண்டும்.

மெல்லிய படலமொன்றின் பரப்புகளிரண்டிலிருந்து தெறிக்கப்படும் கதிர்களினிடையே பின்னிடைவைக் கணித்தல்.—வரையறையான சந்தர்ப்ப மொன்றைக் கூறவேண்டுமேயானுல் AB உம் CD உம், உருவம் 30.09 (*a*) சவர்க்காரப் படலமொன்றின் சமாந்தரமாயிருக்கத் தேவையில்லாத, மேற்பரப்பெனவும் கீழ்ப்பரப்பெனவும், OP என்பது P இற்படுகின்ற ஒருநிற வொளிக்கதிரெனவுங்கொள்க. வரிப்படத்திலே பரப்புகள் சமாந்தர மாய்க் காட்டப்பட்டுள்ளன. இது கணித்தலே இலகுவாக்குதற்கேயாம். பொதுவாக, சமாந்தரத்துவ விலக்கம் அவ்வளவு சிறிதாதலின் தவிர்க்கப் படலாம். இக்கதிரோடு தொடர்பான சத்தியின்பாகம் கதிர் PQ ஆகத்

தெறிக்கப்பட, மிச்சம் PR இன் நேரே செல்லுகின்றது. R இலே சிறிதளவு சத்தி RS இன் நேரே தெறிக்கப்படுகின்றது. மிச்சத்தை நாம் கருதவேண்டியதில்லை. இவ்வாறு தெறித்த பாகத்தின் சிறிதளவு



உருவம் 30.09.—மெல்லிய படலமொன்றினுலே தெறிக்கப்பட்டும் அதனூடு செலுத்தப்பட்டுள்ள கதிர்களிடையேயுள்ள ஒளியியற்பாதை வித்தியாசம்.

ST இன் நேரே வெளிப்படுகின்றது. இவ்விருகதிர்களுக்குரிய ஒளியியற் பாதைவித்தியாசம் பின்வருமாறு தீர்மானிக்கப்படலாம். PQ இற்குச் செங்குத்தாக இக்கதிரை N இற் சந்திக்குமாறு SN ஐ S இலிருந்து வரைக. இக்கோட்டை M இற் சந்திக்குமாறு RS இற்குச் செங்குத்தாக P இலிருந்து PM ஐ வரைக. எனின், படலத்திலே ஒளியின்வேகம் c எனவும், வளியிலே c_0 எனவுங் கொண்டால், P இலிருந்து S இற்கு R வழியாய் ஒளியலையொன்று செல்லவெடுக்குங்காலம், P இலிருந்து N இற்குச் செல்லவெடுக்குங்காலத்திலும் மிகுதியாகத் தோற்றுகின்றது. இம்மிகுதி,

$$\frac{PR + RS}{c} - \frac{PN}{c_0} = \frac{P_1S}{c} - \frac{PN}{c_0}$$

என்பதனுற் கொடுக்கப்படும். இங்கு, P_1 என்பது CD பரப்பிலே P இன் விம்பமாகும். இது,

$$\frac{P_1M + MS}{c} - \frac{PN}{c_0}$$

எனவெழுதப்படலாம். வளியிலே P இலிருந்து N இற்கு ஒளியலை யொன்று செல்லவெடுக்குங்காலம், ஊடகத்திலே M இலிருந்து S இற்குச் செல்லவெடுக்குங்காலத்துக்குச் சமமாதலின், 345 ஆம் பக்கம் பார்க்க, நேரவித்தியாசத் தோற்றம்,

$$\frac{P_1M}{c} = \frac{2t\ \text{கோசை}\ \theta}{c}$$

ஆகின்றது. இங்கு, θ என்பது படலத்தின் கீழ்முகத்திலே படுகோணமாகும். மேலேயுள்ள நேரவித்தியாசம் வளியில் அளக்கப்பட்ட பாதைவித்தியாசத்துக்குச் சமமாகும். இதனளவு,

$$\frac{2t \text{ கோசை } \theta}{c} . c_0 = 2\mu t \text{ கோசை } \theta$$

ஆகும். இங்கு, μ என்பது படலமுண்டான திரவியத்தின் முறிவுக்குணகமாகும்.

முக்கியமான திருத்தமொன்று செய்யப்படவேண்டுமாதலின், மேலேயுள்ள விவாதத்திலே "தோற்றம்" என்ற சொல்லானது செலுத்தப்பட்டுள்ளது. வளி-ஊடகவிடைப்பரப்பிலே ஒளியானது தெறிக்கப்படும்போது $\frac{1}{2}\lambda_0$ பாதைப்பின்னிடைவுக்குச் சமமான நிலைமைமாற்றம் உண்டாகின்றதென்னுமுண்மையானது, மின்காந்தக்கொள்கையினால் நிலைநாட்டப்பட்டு உலோயிடினால் உறுதியாக்கப்பட்டது, 346 ஆம் பக்கம் பார்க்க. இங்கு, λ_0 என்பது வளியிலே ஒளியினலைநீளமாகும். ஆகவே, விளைவான பாதைவித்தியாசம்,

$$2\mu t \text{ கோசை } \theta - \tfrac{1}{2}\lambda_0$$

ஆகின்றது.

படலத்திலே Q இலும் R இலும் கதிர்களிரண்டைப் பெற்றபின்பு, உருவம் 30.09 (*b*), செலுத்தப்பட்ட கதிர்களிரண்டினிடையே பாதைவித்தியாசங் கருதப்பட்டால், இந்தப்புள்ளிகளிலே நிலைமைவித்தியாசம் இராது. அப்போது வளியிலளக்கப்பட்ட பாதைப்பின்னிடைவு

$$2\mu t \text{ கோசை} \theta$$

ஆகின்றது.

மெல்லிய படலங்களைக்கொண்ட தலையீட்டின் தோற்றப்பாடுகள்.—(அ) தெறிப்பொளி—மெல்லிய படலமொன்றின் கீழ்ப்பரப்பிலிருந்தும் மேற்பரப்பிலிருந்தும் தெறித்த கதிர்களிரண்டினிடையே விளைவான பாதைவித்தியாசமானது,

$$2\mu t \text{ கோசை} \theta - \tfrac{1}{2}\lambda_0$$

என இப்போது நிலைநாட்டப்பட்டது.

சமாந்தரமானவையும் வரையறையான பிரிவையுடையவையுமான இக்கதிர்களிரண்டும் ஒருங்குவில்லையொன்றின் குவியத்திற் சேர்ந்தால், தலையீட்டுவிளைவொன்று நிகழும். ஒருங்குவில்லையானது கண்ணினதாயுமிருக்கலாம்.

கதிர்கள் ஒன்றையொன்று பெலப்பித்தற்கு விளைவான பாதைவித்தியாசம் அலைநீளவரைவாசிகளின் இரட்டை மடங்குக்குச் சமமாயிருத்தல்

வேண்டும். அதாவது m ஆனது பூச்சியத்தையடக்கிய நேரெண்ணையிருக்கும் போது $m\lambda_0$ இற்குச் சமமாயிருத்தல்வேண்டும். எனவே, ஆக்கத் தலையீட்டிற்கு,

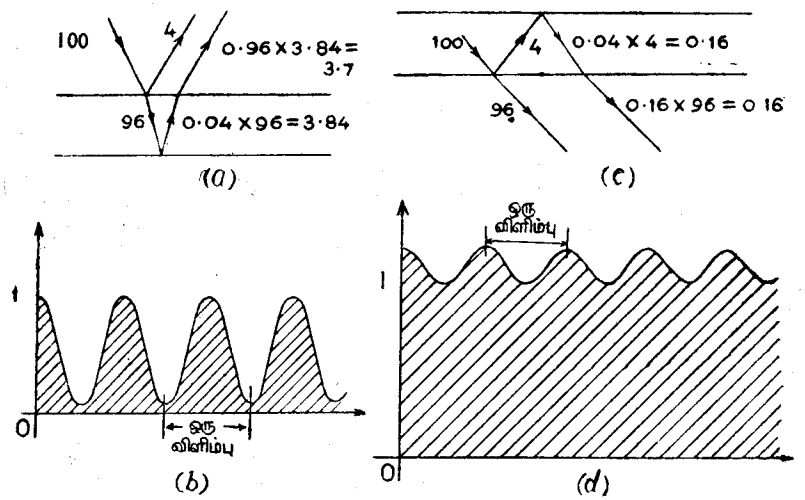
$$2\mu t \text{ கோசை}\theta - \tfrac{1}{2}\lambda_0 = m\lambda_0.$$

அல்லது $$2\mu t \text{ கோசை } \theta = (2m + 1)\frac{\lambda_0}{2}$$

ஆகின்றது. அழிவுத்தலையீட்டிற்குத் தேவையான நிபந்தனை,

$$2\mu t \text{ கோசை}\theta - \tfrac{1}{2}\lambda_0 = (2m+1)\frac{\lambda_0}{2} \text{ அல்லது } 2\mu t \text{ கோசை } \theta = m\lambda_0$$

ஆகின்றது.



உருவம் 30.10.—தெறிக்கப்பட்டதும் செலுத்தப்பட்டதுமான ஒளியினலுண்டான விளிம்புகள்.

தலையீடு நிகழ்வதற்குரிய நிபந்தனைகளையே இதுகாறும் பெற்றோம். ஆனால் வீச்சங்களைப்பற்றி அதாவது செறிவுகளைப்பற்றிக் கருதுவதை தவிர்த்துவிட்டோம். இதனைத் தவிர்த்தது மிக்க பாரதூரமான குற்றமாகும். ஏனெனில், வீச்சங்கள் சமமாயிருக்கும்போதே தலையீட்டுவடிவம் கோசை$^2\theta$ வகையினதாயிருக்கும். உருவம் 30.10 (*a*) இலே கதிர்களின் சார்ந்த செறிவுகளைக்காட்ட எண்களிடப்பட்டுள்ளன. ஏறத்தாழ நியமப்படுகையிலே ஏறத்தாழ ஒளியின் 4 நூற்றுவீதம் தெறிக்கப்பட்டு 96 நூற்றுவீதம் செலுத்தப்படுகின்ற தென்றும், அவதானத்தினாற் போதியவளவு ஆதரவுபெற்ற கொள்கையை அடிப்படையாக இவை கொண்டன. நாம் இப்போது கருதும் கதிர்களிரண்டினதுஞ் செறிவுகள் 4 : 3·7 என்ற விகிதத்திலுள்ளன. அவற்றின் வீச்சங்கள் 2 : 1·9 என்ற விகிதத்திலுள்ளன.

எனவே, பொதுவாக,

$1 = (\hat{a}_1)^2 + (\hat{a}_2)^2 + 2\,\hat{a}_1\hat{a}_2$ கோசை ϕ [339 ஆம் பக்கம் பார்க்க]

என்பதனுற் கொடுக்கப்படுஞ் செறிவு I ஆனது,

$$4 + 3{\cdot}7 \pm 2 \times 2 \times 1{\cdot}9 = 7{\cdot}7 \pm 7{\cdot}6$$

இற்குச் சமமான எல்லைப்பெறுமானங்களையுடையனவாம்.

எனவே, செறிவு முழுவதும் அற்றுப்போவதில்லை. அதாவது, விளிம்புகள், உருவம் 30.10 (*b*) ஐப்பார்க்க, இரட்டையியத்திணுல் உண்டாக்கப்பட்டவையைப்போல ஒருபோதும் அவ்வளவு தெளிவாயிரா.

(ஆ) செலுத்தலொளி.—இந்தச் சந்தர்ப்பத்திலே,

$$2\mu t \text{ கோசை}\theta = m\lambda_0.$$

ஆகும்போது துலக்கமான விளிம்புகளையும்,

$$2\mu t \text{ கோசை}\theta = (m + \tfrac{1}{2})\,\lambda_0$$

ஆகும்போது இருண்ட விளிம்புகளையும் நாம் முதலில் எதிர்பார்க்கலாம்.

மெல்லிய படலமொன்று செலுத்தப்பட்ட ஒளியினுலாராயப்பட்டால் ஏதாவது விளிம்புகள் காணப்படின் அவை மிக்க மங்கலானவையாகவேயிருக்கும். செலுத்தப்பட்ட கதிர்களிரண்டினதும்செறிவுகளின் மிகப்பெரிய வித்தியாசமே எதிர்பாராத இவ்விளைவின் விளக்கமாகும். உருவம் 30.10 (*c*) இலே படலத்தின் கீழ்ப்பரப்பிற் படுங்கதிரின் செறிவு 100 எனக் கொள்ளப்படும். எனின், செலுத்தப்பட்ட கதிர்களிரண்டின் செறிவுகள் 96 : 0·16 விகிதத்திலிருக்கும். எனவே, தலையீட்டுவடிவத்தின் செறிவானது முறையே $\phi = 0$ எனவும் $\phi = \pi$ எனவும்,

$$1 = (\hat{a}_1)^2 + (\hat{a}_2)^2 + 2\,\hat{a}_1\hat{a}_2 \text{கோசை}\phi$$

என்ற சமன்பாட்டிற் பிரதியிட்டுப் பெறப்பட்ட அந்தலைப் பெறுமானங்களுக்கிடையே மாறுகின்றது.

அதாவது,

$$1 = 96 + 0{\cdot}16 \pm 2 \times 10 \times 0{\cdot}4,$$
$$= 96 \pm 8.$$

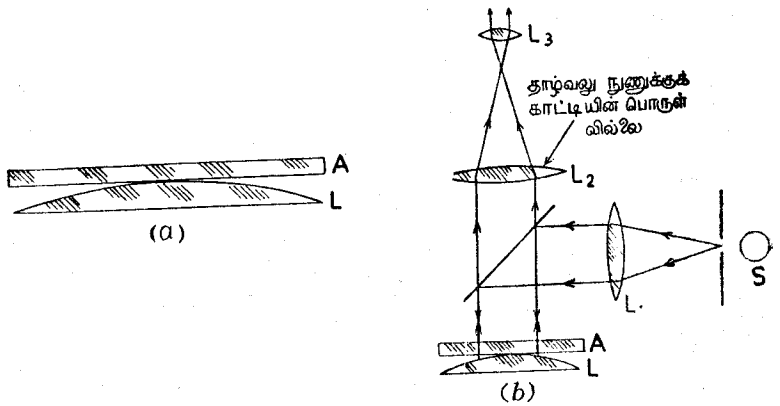
எனவே, செறிவின் 'சாய்வு' ஏறத்தாழ 20 நூற்றுவீதமாகும்—உருவம் 30.10 (*d*) ஐப் பார்க்க.

படுகோணம் 45° ஆயிருக்கும்போது ஒளிச்சத்தியின் ஏறத்தாழ 10 நூற்றுவீதஞ் செலுத்தப்பட, விளிம்புகள் ஓரளவுக்குத் தெளிவாயிருக்கும்.

சமதடிப்புள்ள விளிம்புகள்.— தெறிக்கும் ஒருநிறவொளியினுல் மெல்லிய ஆப்புருவப் படலமொன்றை ஒருவர் பார்க்கும்போது, படலத்தின் பரப்புப் பல சதுரசதமமீற்றராயிருந்து, அப்படலத்திலிருந்து பார்ப்பவர் தெளிவுப்பார்வையின் இழிவுத்தூரத்துக்கப்பாலிருந்தால், படலத்திலே இடத்துக்கிடஞ் செல்லும் போது கோசை θ இன் மாற்றமானது, கருதப்பட்ட புள்ளியிலே படலத்தின் திரவியத்தடிப்பாகிய t இன் மாற்றத்திணுடு ஒப்பிடப்படும்போது சிறிதாயிருக்கும். எனவே, தலையீட்டுவடிவத்திலே

உயர்விலிருந்து இழிவுச்செறிவுக்குரிய மாற்றமானது t இன் மாற்றத்திலே பிரதானமாகத் தங்கியிருக்கின்றது. விளிம்புகள் அப்போது **சமதடிப்பு விளிம்புகள்** எனப்படும். ஒவ்வொரு விளிம்பும், விளிம்பின் தடிப்பு மாறுப் பெறுமானத்தைக்கொண்ட புள்ளிகளின் ஒழுக்காகுமென்பதே இதன்கருத்தாகும்.

நியூற்றனின் வளையங்கள்.— சிறிதுசிறிதாக மாறுபடுந் தடிப்பையுடைய படலமொன்றிலே தலையீட்டின் விசேட சந்தர்ப்பமொன்று **நியூற்றனின் வளையங்கள்** எனப்படும் பிரபல்யமான தோற்றப்பாடாகும். **ஹுக்கென்**பவரே இவற்றை முதலில் அவதானித்தாரென்று இப்போது அறியப்படுகின்றது. **கண்ணுடித்தட்டு** A ஆனது,

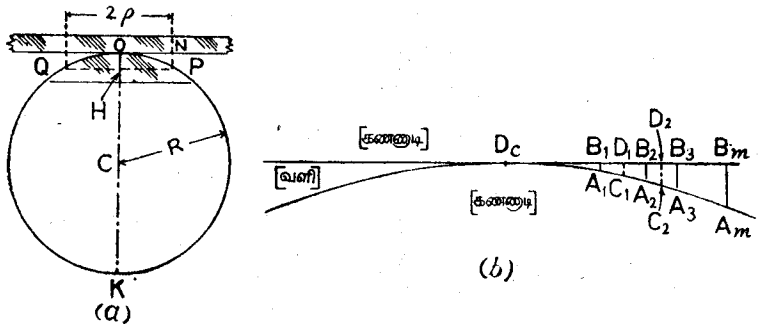


உருவம் 30.11.—நியூற்றனின் வளையங்களைப் பார்த்தளத்தற்குரிய பரிசோதனைமொழுங்கு.

உருவம் 38.11 (*a*), சிறிய வளைவையுடைய பரப்பொன்றிலே தங்கியிருக்கும்போது சிறிதுசிறிதாக மாறுகின்ற தடிப்பையுடைய மெல்லிய வளிப்படலமொன்றுண்டாக்கப்படும். இந்த இரண்டாவது பரப்புப் பெரும்பாலும் நீண்டகுவியக் கண்ணுடிவில்லை **L** ஆகும். சமதடிப்புப் படைகள் பரப்புகளிரண்டினுக்கு மிடையே மிகக்கிட்டிய தொடுபுள்ளியைச் சுற்றிய ஒருமையவட்டங்களின் தொகுதியாகும். தெறித்த சூரியவொளியிற் பார்க்கும்போது தொகுதியானது உயர்ந்த நிறமுடையதாயிருக்கும். இது மிகுந்த அழகுடையதும் எளிதில் உண்டாக்கப்படுவதுமான தலையீட்டின் உதாரணமாகும்.

உபயோகிக்கப்படுமொளியானது ஒரு நிறமாயிருக்கும்போது இந்த வளையங்களின் விட்டங்களை அளந்து, இதன்பின்பு காட்டப்படுவதுபோன்று, அதன் அலைநீளத்தைத் தீர்மானிக்கவேண்டுமாயின், ஒருநிற முதலிடம் **S** இலிருந்து சமாந்தரவொளியைக்கொண்டு வளிப்படலம் ஒளிரப்படுதல் வேண்டும். L_1 என்பது, கற்றையினுடு 45° இற்சாய்ந்துள்ள கண்ணுடி

மூடி G இலே ஒளியின் இடைத்தளக்கற்றையொன்றை எறியுமாறு ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட ஒரொருங்குவில்லையாகும். இக்கண்ணுடிமூடியானது படுமொளியிற் சிறிதளவை வளிப்படலத்திலே தெறிக்கச்செய்து, இப்படலத்திலிருந்து தெறித்த ஒளியிற் சிறிதளவை மேலே சென்று தாழ்ந்தவலு நுணுக்குக் காட்டியொன்றின் பொருள்வில்லையை அடையவிடுகின்றது. நாம் பின்னர் காட்டியிருப்பதுபோன்று, 363 ஆம் பக்கம் பார்க்க, மெல்லிய படலத்திலே வளையங்கள் உண்டாகின்றன. எனவே, நுணுக்குக்காட்டியானது இப்படையிற் குவிக்கப்படுதல்வேண்டும்.



உருவம் 30.12.—நியூற்றனின் வளையங்கள்.

வளையத்தின் விட்டத்தை, குவிவுப்பரப்பின் வளைவாரை **R** இனேடும், வளியிலே உபயோகப்பட்ட ஒளியினலைநீளம் λ இனேடும், வளையத்தின் படி m இனேடுந் தொடர்புறுத்தும் சமன்பாடொன்றைப் பெறவேண்டுமாயின், முதலிலே **P** என்பது, உருவம் 30.12 (*a*), அதன் விட்டம் 2ρ, **PQ** ஆகவும், தளப்பரப்பிலே **P** இன் எறியம் **N** ஆகும்போது அந்தப்புள்ளியிலே படலத்தின் தடிப்பு t, **PN** ஆகவுங் கொள்வோமாக. இரண்டு பரப்புக்களுக்குமிடையே **O** இலே ஒளியியற்றெடுகை இருக்கின்றதெனக் கொள்ளப்பட்டது. அதாவது, இங்கே படலத்தின் தடிப்புப் பூச்சியமாகும். எனின்,

$$\mathrm{PN} = \tfrac{1}{2}\frac{\rho^2}{\mathrm{R}}$$

ஏனெனில், வில் **POQ** ஒரு பாகமான வட்டத்தைப் பூரணமாக்கக் கற்பனை செய்வோமாயின், $\mathrm{PN} = \mathrm{OH}$ ஆகும். இங்கு, வில் **POQ** இன் அம்பு எனக் கருதப்படும் **OH** ஆனது **OH**. $\mathrm{HK} = \mathrm{HP}^2$ என்பதனுற் கொடுக்கப்படும். $\mathrm{HK} \simeq 2\mathrm{R}$ ஆதலின், மேலேயுள்ள சூத்திரம் உடனே பெறப்படும்.

இப்போது வளி கண்ணுடி இடைமுகத்திலே ஒளியானது தெறிக்கும்போதுண்டாகும் பாதையதிகரிப்பு $\frac{1}{2}\lambda_0$ இற்குச் சமமான நீலைமைமாற்றத்தின் பயனுக, பரப்புகளிரண்டினிடையேயுள்ள தொடுபுள்ளி இருண்டிருக்கும்.

உருவம் 30.12 (*b*) இலே இது D_c ஆகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. B_1 இலே இருண்ட இப்பொட்டானது முதலாவது துலக்கவளையத்திலுற் சூழ்ந்திருக்கும். படலத்தின் தடிப்பான $\mathrm{B}_1\mathrm{A}_1$ என்பது

$$2\mathrm{B}_1\mathrm{A}_1 = \tfrac{1}{2}\lambda_0$$

ஆகுமாறிருக்கும்.

தலையீட்டுவடிவமொன்றிலே இருண்டவிளிம்பொன்றிலிருந்து அடுத்த வொன்றிற்குச் செல்லும்போது, இச்சந்தர்ப்பத்தில் $2\mathrm{B}_1\mathrm{A}_1$ ஆகிய ஒளியியற் பாதையினதிகரிப்பு $\frac{1}{2}\lambda_0$ ஆகின்றதென்பதே இதன் காரணமாகும். இதனைப் போலவே, இரண்டாவது துலக்கவளையத்திற்கு

$$2\mathrm{B}_2\mathrm{A}_2 = (\tfrac{1}{2}+1)\,\lambda_0 = \tfrac{3}{2}\lambda_0$$

ஆகும். m–ஆவது துலக்கவளையத்திற்கு

$$2\mathrm{B}_m\mathrm{A}_m = (2m-1)\,\frac{\lambda_0}{2} \quad \text{ஆகும்.}$$

m – ஆவது துலக்கவளையத்தின் ஆரை ρ_m ஆனுல், $\rho_m{}^2 = \mathrm{B}_m\mathrm{A}_m \cdot 2\mathrm{R}$ ஆகும். எனவே,

$$\rho_m{}^2 = \tfrac{1}{2}\mathrm{R}\lambda_0(2m-1)$$

செய்முறையிலே வளையங்களின் விட்டங்களை அளப்பது சிறந்ததாகும். எனவே, $\delta_m = 2\rho_m$ ஆயின்,

$$\delta_m{}^2 = 2\mathrm{R}\lambda_0\ (2m-1) \text{ எனப் பெறுகின்றேம்.}$$

$\delta_m{}^2 = y$ எனவும் $m = x$ எனவுங்கொண்டு அவதானங்களின் தொடரொன்றைக் குறிப்போமாயின் சாய்வுவிகிதம் $4\mathrm{R}\lambda_0$ ஐயுடைய நேர்கோடொன்றைப் பெறுதல்வேண்டும். அடுத்தபடியாக, $(m+n)$ – ஆவது துலக்கவளையத்தின் விட்டமானது δ_{m+n} ஆயின்,

$$\delta_{m+n}{}^2 - \delta_m{}^2 = 4n\lambda_0\,\mathrm{R} \text{ ஆகின்றது.}$$

மேலேயுள்ள விவாதத்திலே கீழ்ப்பரப்பிற் படுகோணமானது பூச்சியமல்ல என்ற உண்மை நிராகரிக்கப்பட்டுள்ளது. A_m இற்படுமொளிக்கு இச்சிறு கோணம் θ_m ஆயின்,

$$2(\mathrm{B}_m\mathrm{A}_m) \text{ கோசை } \theta_m + \tfrac{1}{2}\lambda_0 = m\lambda_0$$

என்ற சமன்பாடு துலக்கவிளிம்பின் m– ஆவது படியைப் பூர்த்தியாக்குகின்றது. [**குறிப்பு.**—வளிப்படலத்தின் கீழ்ப்பரப்பிலே நீலைமைமாற்றம் நிகழ்வதினுல், இச்சமன்பாட்டிலே கேத்திரகணிதப் பாதைவித்தியாசத்திற்கு $\frac{1}{2}\lambda_0$ கூட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனுல், 350 ஆம் பக்கத்திலே இவ்வுறுப்பானது நேர்மாறுன குறியுடன் தோற்றுகின்றது. இதன் காரணம் பின்னைய சந்தர்ப்பத்திலே நீலைமைமாற்றம் படலத்தின் மேற்பரப்பில் நிகழ்ந்ததேயாம்]. எனினும், விவரிக்கப்பட்ட பரிசோதனையொழுங்கிலே புள்ளி முதலிடமொன்றின் உபயோகத்தை நீதியானதெனக் காட்டுவதற்குத் திருத்தப்பட்ட இச்சமன்பாட்டைச் செலுத்துவது அவசியமாகும். புள்ளி

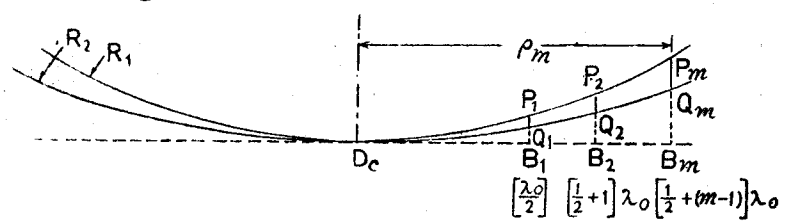
முதலிடமொன்று உபயோகிக்கப்பட்டால் முதலிலே வளையங்களைக் காண்பது கடினமாயிருக்கும். ஆனால், பரந்தமுதலிடமொன்றை உபயோகித்து, அதாவது S இனண்மையிலுள்ள துவாரமும் வில்லை L_1 உம் அகற்றப் பட்டு, நுணுக்குக்காட்டியானது வளிப்படலத்திலே குவிக்கப்படும்போது வளையங்கள் மிக்கதுலக்கமாயும் எளிதில் அவதானிக்கப்படக் கூடியதாயுமிருக்கும். இந்தச் சந்தர்ப்பத்தில் வளையங்கள் ஆராயப்படும்போது சமச்சீரில்லாது அவை அகன்றுகாணப்படும். சிறந்த வரையறையுடையதாய்க் காணவேண்டுமாயின், திருத்தமாகச் சமாந்தரமான ஒளியை உபயோகித்து வளையங்களைப் பார்த்தல்வேண்டும். ஆகவே, வளையங்களைக் கண்டபின்பு S இன்முன்புள்ள துவாரமும் வில்லை L_1 உம் செலுத்தப்படல்வேண்டும். அவை இப்போதும் பார்வைமண்டலத்திலே கூடியவரையறையுடன் காணப்பட்டாலும் துலக்கங் குறைந்திருக்கும்.

சமாந்தரவொளியை உபயோகிப்பதன் காரணம் பின்வருமாறு : துலக்க விளிம்பொன்றின் நிலை

$$(m-\tfrac{1}{2})\lambda_0 = 2t \text{ கோசை } \theta$$

என்ற சமன்பாட்டினாற் கொடுக்கப்படும்.

ஒளியானது சமாந்தரமாயும் பரப்புகளின் வளவு சிறிதாயுமிருப்பின், கோசை $\theta \to 1$ ஆதலின், கொடுக்கப்பட்ட அலைநீளமொன்றையுடைய ஒளிக்கு விளிம்பொன்றின் நிலையைத் தீர்மானிப்பது தடிப்பு t மட்டுமேயாம். ஒளியானது சமாந்தரமற்றேனும், வில்லைப்பரப்பின்வளவு சிறியதாயில்லாதேனுமிருப்பின், விளிம்பொன்றின் நிலை வரையறை குறைந்திருக்கும். எனெனில், t கோசை θ இப்போது மெய்யான மாறியாகின்றது. அதாவது, t – பெறுமானங்களின் வீச்சின்மேலே ஒரு விளிம்பு தோற்றப்படும். $0<$ கோசை $\theta< 1$ ஆதலின், t அதிகரித்துக் கொண்டுபோகும் புள்ளிகளில்மட்டுமே சமன்பாடு ஈடு செய்யப்படும். அதாவது, முதலிடம் பரந்திருக்கும்போது விளிம்புகள் சமச்சீரில்லாது அகன்றிருக்கும். சமாந்தரமற்ற ஒளியை உபயோகிக்கும்போது வளிப்படலத்தின் தடிப்பு அதிகரித்துக்கொண்டுபோகும் போதே அகன்ற தன்மை எப்போதுந் தோற்றுவதினால், பரப்பொன்றிலுள்ள குறையானது "திடலா" அல்லது "பள்ளமா" என்பதைக் காணத் தொலாங்கியென்பவர் (Tolansky) இந்தவுண்மைகளை உபயோகிக்கின்றார்.



உருவம் 30.13. குறைந்த வளவான கோளப்பரப்புகளிரண்டினிடையே உண்டாகும் நியூற்றனின் வளையங்கள்.

வளவான பரப்புகளிரண்டினிடையே படலமுண்டாகும்போது நியூற்றனின் வளையங்கள்.—இச்சந்தர்ப்பத்திலே வளிப்படலத்தின் வெட்டொன்று உருவம் 30.13 இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. முறையே R_1, R_2 ($R_1 < R_2$) வளவாரைகளைக்கொண்ட பரப்புகளிரண்டு தொட்டுக் கொண்டிருக்கின்றனவென்றும், ஆகவே, வளையத்தொகுதியின் மையம் கறுப்பாயிருக்கின்றதென்றுங் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. எனின், கீழ்ப்பரப்பிலே கதிர்களின் படுகோணம் பூச்சியமன்றென்பதனாலுண்டாகும் சிறிய வினைவைத்தவிர்த்துக்கொண்டு, முதலாவது துலக்கவளையம்.

$$2(P_1Q_1) = \tfrac{1}{2}\lambda_0$$

ஆகும்போது, உண்டாகும். இரண்டாவது மூன்றாவது துலக்கவளையங்கள் முறையே

$2(P_2Q_2) = (\tfrac{1}{2}\lambda_0 + \lambda_0)$ ஆகும்போதும் $2(P_3Q_3) = (\tfrac{1}{2}\lambda_0 + 2\lambda_0)$ ஆகும் போதும் உண்டாகின்றன. ஆகவே, m – ஆவது துலக்கவளையம்

$$2(P_mQ_m) = [\tfrac{1}{2} + (m-1)]\lambda_0 = (m-\tfrac{1}{2})\lambda_0$$

ஆகும்போது உண்டாகின்றது.

இப்போது, 354 ஆம் பக்கத்திற் கொடுக்கப்பட்டதைப்போன்ற காரணத்தினால்,

$$2R_1(P_mB_m) = \rho_m^2 = 2R_2(Q_mB_m).$$

$$\therefore P_mQ_m = (P_mB_m - Q_mB_m) = \tfrac{1}{2}\rho_m^2\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right].$$

$$\therefore (m-\tfrac{1}{2})\lambda_0 = \rho_m^2\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right].$$

இது m – ஆவது துலக்கவளையத்தினாரையைக் கொடுக்கின்றது. மேலே பார்க்கப்பட்டதுபோல R_2 இனால் வரையறுக்கப்பட்ட பரப்பானது குவிவாயிருப்பின், மேலேயுள்ள சமன்பாடு

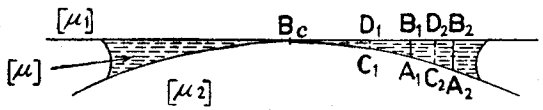
$$(m-\tfrac{1}{2})\lambda_0 = \rho_m^2\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right]$$

ஆகின்றது. வளவாரைகளின் எண்ணளவுப் பெறுமானங்களைக் கருதும்போதே இது மெய்யாகும்.

துலக்கமையத்தையுடைய நியூற்றனின் வளையங்கள்.—செலுத்தியவொளியினாலுண்டாக்கப்பட்ட வளையங்களின் தொகுதி ஆராயப்பட்டால், அது துலக்கமான மையத்தைக் கொண்டதாகக் காணப்படும்.[1] ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் எல்லைப்பரப்புக்கள் ஒரேபுள்ளியிலே தொட்டுக்கொண்டிருக்

[1]விளிம்புத் தொகுதி தெளிவாயிருக்க எல்லைப் பரப்புகள் குறையாய் வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

கின்றன எனக்கொண்டு, தெறித்த தொகுதியின் முக்கியவியல்பு மையங் கறுப்பாயிருப்பதெனக் காணப்படும். தலையிடும் இரண்டு கதிர்கள் வெவ் வேறு நிலைமைகளிற் தெறிக்கப்பட்டு அரையலைநீளத்தின் பின்னிடைவுக்குச் சமமான நிலைமைவித்தியாசத்தை உண்டாக்குகின்றதென்பதை பின்னை வுண்மையிலிருந்து காணப்படும். ஒளிபுக விடுந்திரவமொன்று சேர்ந்திருக் கும் பரப்புகளிரண்டினுக்கிடையே பிடிக்கப்பட்டுள்ள கூடிய பொது வான சந்தர்ப்பத்திலே **நியூற்றனின்** வளையங்களைப்பற்றி ஆராய்வோமாக. திரவத்தின் முறிவுக்குணகம் μ எனவும் 30.14 ஆம் உருவத்திற் காட்டி



உருவம் 30.14.—வளிப்படலம் திரவத்தினூற் பிரதியிடப்பட்டபோது நியூற்றனின் வளையங்கள்.
$[\mu_1 > \mu > \mu_2]$

யுள்ளபடி, பெரிய வளைவாரை R ஐ யுடைய விளைவான பரப்புக்கும் தளப்பரப்பொன்றிக்குமிடையே திரவமானது பிடிக்கப்பட்டுள்ளதெனவுங் கொள்க. வளைவு பரப்பின் மேலே ஒய்ந்திருக்கும் தட்டினது திரவி யத்தின் முறிவுக்குணத்தை μ_1 எனவும், வில்லையினது திரவியத்தின் முறிவுக்குணத்தை μ_2 எனவும், $\mu_1 > \mu > \mu_2$ எனவுங் கொள்வோமாக. சேர்க்கையானது தெறிப்பொளியில் ஆராயப்பட்டால் ஒவ்வோரெல்லையிலும் நிலைமைமாற்றம் பூச்சியமாகும். எனவே, தொகுதியின் யைமத்திலே **துலக்** கப்பொட்டொன்று காணப்படும். முந்தியதைப்போலவே, திரவத்திலே ஒளி யினலைநீளம் λ ஆயின்,

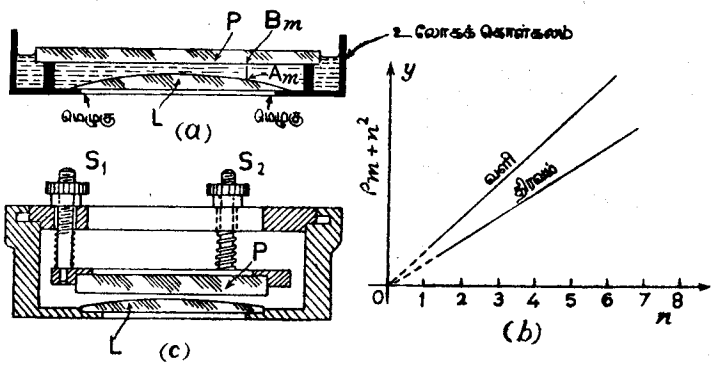
முதலாவது துலக்கவளையத்திற்கு, $2\,(B_1A_1) = \lambda$
இரண்டாவது துலக்கவளையத்திற்கு $2\,(B_2A_2) = 2\lambda$
m— ஆவது துலக்கவளையத்திற்கு, $2\,(B_mA_m) = m\lambda$

எனவே,
$$\rho_m^{\,2} = 2R\left(m\frac{\lambda}{2}\right) = \frac{mR\lambda_0}{\mu}$$

இங்கு, λ_0 என்பது வளியிலே ஒளியினலைநீளமாகும்.

$\mu_1 < \mu < \mu_2$ ஆயின், முறிவுக்குணகம் μ ஐயுடைய திரவத்திலே ஒளி யினலைநீளத்தை λ எனக்கொண்டால், மேலேயுள்ளதும் கீழேயுள்ளது மான கண்ணாடி-திரவவிடைமுகங்களிலே $\frac{1}{2}\lambda$ இன் பாதையதிகரிப்புக்குச் சமமான நிலைமைமாற்றம் உண்டாகின்றது. எனவே, மீண்டும் வளையத் தொகுதியின் மையம் துலக்கப்பொட்டாகின்றது.

நியூற்றனின் வளையங்களைக்கொண்டு ஒளிபுகவிடுந் திரவமொன்றின் முறி வுக்குணகத்தைத் தீர்மானித்தல்.—இதற்காகநீண்டகுவியத் தளக்குவிவு வில்லை L ஆனது தெரியப்பட்டுக் கீழ்ப்பரப்புக் கிடைத்தளமான கண் ணாடித்தட்டு P இன் சிறிதுதூரங் கீழே வைக்கப்பட்டுள்ளது, உருவம் 30.15(*a*) ஐப்பார்க்க. வளியிலே



உருவம் 30.15.—நியூற்றனின் வளையங்களினது முறையினல் திரவமொன்றின் முறிவுக் குணகம்.

தெறித்த ஒரு நிற ஒளியினுல் முதலில் வளையத்தொகுதியொன்றுண் டாக்கப்படும். பரிசோதனையொழுங்கு 353 ஆம் பக்கத்தில் விவரிக்கப்பட்ட தைப் போன்றதாகும். B_m என்பது ρ_m ஆரையையுடைய துலக்கவளைய மொன்றிலுள்ள புள்ளியெனவும், Δ என்பது கருதப்பட்ட பரப்புகளிரண்டி னிடையே ஆகக்குறுகிய தூரமெனவும், வில்லையின் மேலேயுள்ள பரப் பிலே B_m இன் எறியம் A_m ஆயின் $h_m = A_mB_m - \Delta$ எனவுங் கொள்க.

எனின், $$\rho^2{}_m \simeq 2Rh_m$$

ஆகின்றது. இங்கு R என்பது திரவத்தினூடு சேர்ந்திருக்கும் வில்லை பரப்பின் வளைவாரையாகும். அத்துடன்,

$$2(\Delta + h_m) + \alpha = (m_0 + m)\,\lambda_0$$

இங்கு α என்பது அரிதான அடர்த்தியையுடைய பரப்பிலே தெறிப்பினு லுண்டான பாதைவித்தியாச அதிகரிப்பெனவும், m_0 என்பது தெரியாத முழுவெண்ணெனவும், λ_0 என்பது வளியிலே ஒளியின் அலைநீள மெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. மேலேயுள்ள சமன்பாடு

$$2\left(\Delta + \frac{\rho_m^{\,2}}{2R}\right) + \alpha = (m_0 + m)\,\lambda_0$$

எனவெழுதப்படலாம். இதனைப்போலவே,

$$2\left(\Delta + \frac{\rho_{m+n}^2}{2R}\right) + \alpha = (m_0 + m + n)\,\lambda_0$$

$$\therefore \rho_{m+n}^2 - \rho_m^2 = Rn\lambda_0.$$

அல்லது ஆரைகளுக்குப் பதிலாக விட்டங்கள் உபயோகிக்கப்பட்டால்,

$$\delta_{m+n}^2 - \delta_m^2 = 4\,Rn\lambda_0$$

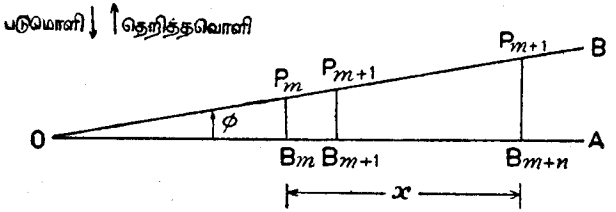
ஆகவே, $\delta_{m+n}^2 = y$, $n = x$ இற்கெதிரே குறிக்கப்பட்டால், சாய்வுவிகிதம் $4R\lambda_0$ ஐ யுடைய நேர்கோடொன்றைப் பெறுகின்றோம், உருவம் 30.15) (*b*) ஐப் பார்க்க.

சார்பான நிலைகள் குழப்பமடையாத முன்னவதானத்துடன், இரண்டு பரப்புகளுக்குமிடையே திரவமொன்று விடப்பட்டு, இதனைப்போன்ற அவதானங்களெடுக்கப்பட்டுப் புள்ளி குறிக்கப்பட்டால், திரவத்திலே ஒளியின் அலைநீளம் λ ஆயின், கோட்டின் சாய்வுவிகிதம் $4R\lambda$ ஆகும். இத்திரவத்தின் முறிவுக்குணகம் μ ஆயின், $\mu\lambda = \lambda_0$; அதாவது வளையங்கள் மிக்கவண்மையிலுள்ளன. எனவே, இரண்டு கோடுகளினதும் சாய்வுவிகிதங்களின் விகிதம் μ இற்குரிய பெறுமானமொன்றைக் கொடுக்கின்றது.

வில்லையையுந் தட்டையும் ஒன்றுக்கொன்று சார்பாய் நிலைத்த விடங்களில் வைத்திருக்க வசதியான கருவியொன்று உருவம் 30.15 (*c*) இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. L இற்கும் உலோகக்கொள்கலத்திற்குமிடையே நீர்பொசியாப் பொருத்தொன்றை உண்டாக்கச் **சற்றற்றனின்** (Chatterton) சேர்க்கை உபயோகிக்கப்படும். வளையங்களை மையமாக்குமாறு P இன் கீழ்ப்பரப்பை செப்பஞ்செய்யக்கூடியதாக மூன்று திருகாணிகள் உதவுகின்றன. இவற்றுள் இரண்டே உருவத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளன. வில்லையையாவது தட்டையாவது குழப்பாது திரவம் எளிதில் விடப்படலாம். வளையங்கள் தெளிவாய்க் காணப்படவேண்டுமாயின் அவற்றை ஆக்கும் பரப்புகள் குறையாக வெள்ளிப்பூச்சிடப்படுதல் வேண்டும். ஆகவே, திருத்தமாய்க்கூறின், வளையங்கள் **நியூற்றனின**தல்ல, **ஐதிஞ்சரினதே**யாம். (Haidinger's) [கருதப்பட்ட பரப்புகள் வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்டும். அதன்பின் $\alpha = 0$ ஆகவுமிருப்பின், செலுத்தலொளி உபயோகிக்கப்படலாம்.]

ஏறத்தாழச் சமாந்தரமான தளப்பரப்புகளிரண்டினிடையேயுள்ள கோணத்தைத் தீர்மானித்தல்.—OA, OB, என்பன. உருவம் 30.16. வளிப்படலமொன்றை மூடியிருக்கும் சமாந்தரமான கண்ணுடித்தட்டுகளின் முகங்களெனவும். ϕ என்பது இம்முகங்களுக்கிடையேயுள்ள மிகச்சிறிய கோணமெனவுங் கொள்க. வளிப்படலமானது தெறித்த ஒருநிறவொளியினூற் பார்க்கப்படும்போது சமதூரத்திலுள்ள தலையீட்டு விளிம்புகளின் தொகுதியொன்று அவதானிக்கப்படும். அதிலே ஒவ்வொரு விளிம்பும்

தட்டுகளிரண்டினதும் வெட்டுக்கோட்டிற்குச் சமாந்தரமாயிருக்கும். B_m இலே துலக்கமான விளிம்பொன்று உண்டாகின்றதெனக் கொள்க. அடுத்த துலக்கமான விளிம்பு B_{m+1} இலே உண்டாகும் ஒத்த B களிலிருந்து வரையப்



உருவம் 30.16.—சிறிய சாய்வையுடைய தளப்பரப்புகளிரண்டினிடையேயுள்ள கோணத்தைத் தீர்மானித்தல்.

படுஞ் செவ்வன்கள் மேற்றட்டின் கீழ்ப்பரப்பிலே வெட்டும் புள்ளிகள் P களாகவும், வளியிலே உபயோகிக்கப்பட்ட ஒளியின் அலைநீளம் λ_0 எனவும் கொள்ளப்பட்டால், இங்கு,

$$P_{m+1}B_{m+1} - P_mB_m = \tfrac{1}{2}\lambda_0$$

ஆகும். எனவே, அடுத்துள்ள துலக்கமான விளிம்புகளிரண்டினிடையே வளிப்படலத்தின் தடிப்பானது $\frac{1}{2}\lambda_0$ இனால் அதிகரிக்கும். எனவே, B_m இற்கும் B_{m+n} இற்குமிடையே n விளிம்புகளிருப்பின்,

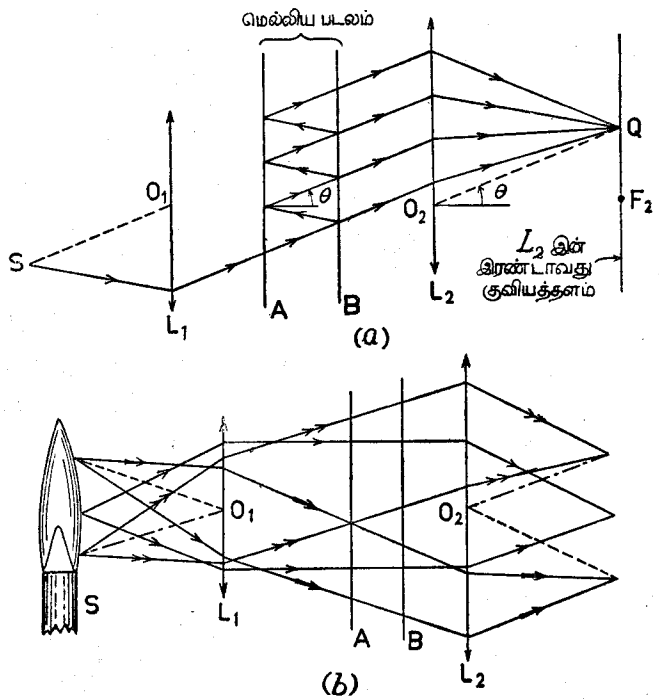
$$\phi = \frac{P_{m+n}B_{m+n} - P_mB_m}{B_{m+n}B_m} = \frac{n(\frac{1}{2}\lambda_0)}{x} = \frac{n\lambda_0}{2x}$$

எனப் பெறுகின்றோம், இங்கு x என்பது n தலையீடுகள் உண்டாகுந் தூரமாகும்.

சமசாய்வுடைய விளிம்புகள்.—30.90 ஆம் உருவத்திற் காட்டப்பட்டதுபோன்ற, 349 ஆம் பக்கம் பார்க்க, திரவியமொன்றின் மெல்லிய படலத்தினது மேற்பரப்பிலுங் கீழ்ப்பரப்பிலுமிருந்து தெறிக்கப்பட்ட கதிர்களிரண்டிற்குப் பாதைவித்தியாசம் $2\mu t$கோசை $\theta - \frac{1}{2}\lambda_0$ எனக் காட்டப்பட்டது. கதிர்களிரண்டும் ஒன்றிலிருந்து மற்றது பக்கப்பாட்டிற்கு இடம்பெயர்க்கப்பட்டதினால், ஒருங்குவில்லையொன்றைக் கொண்டு அவற்றை அண்மையாகக் கொண்டுவந்தாலன்றி எவ்விதத் தலையீடும் முடியாது. இந்த வில்லை கண்ணினதாயுமிருக்கலாம். **நியூற்றனின்** வளையங்களினது சந்தர்ப்பத்திலே நுணுக்குக்காட்டியொன்று மெல்லிய படலத்திற் குவிக்கப்பட்டால் விளிம்புகள் அவதானிக்கப்படலாமென்று காட்டப்பட்டது. படலத்தின் தடிப்பு ஒருமையாயிராத உண்மையிலேயே இவ்வகையான விளிம்புகளின் தோற்றம் தங்கியிருக்கின்றது. உண்மையில், இவை **சமதடிப்புவிளிம்புகள்** எனப்படும். எனினும், படலத்தின் முகங்கள் சமாந்தரதளத்திலுள்ளனவெனக் கொள்க. கதிர்களிரண்டுக்குமிடையேயுள்ள பாதைவித்தியாசம்

இப்போதும் $2\mu\delta$ கோசை $\theta - \frac{1}{2}\lambda_0$ ஆகும். கொடுக்கப்பட்ட படலத்திற்கும் அலைநீளத்திற்குமுரிய இந்தச் சமன்பாட்டிலே ஆகவுள்ள மாறி θ ஆகும். பெறப்பட்ட விளிம்புகள் **சமசாய்வுவிளிம்புகள்** எனப்படும். படலத்திற் குவிக்கப்பட்ட கண்ணினுல் அல்லது நுணுக்குக்காட்டியினுற் பார்க்கப்படலா மென்ற உண்மையைக்கொண்டு சமதடிப்பு விளிம்புகளிலிருந்து இவற்றை உடனே வேறுபடுத்துதல்கூடும். ஆனுல், சமசாய்வுவிளிம்புகளை அவதானிக்கவேண்டுமாயின் கண்ணினது சமாந்தரவொளிக்குக் குவிக்கப்படுதல் வேண்டும். அன்றேல், நியமமாகச் செப்பஞ்செய்யப்பட்டுள்ள தொலை காட்டியைக்கொண்டு இவை அவதானிக்கப்படல்வேண்டும்.

தலையீட்டுவிளிம்புகளை ஒரிடமாக்கல்.—**யங்கின்** பிளவுகளைக்கொண்டேனும், **பிறேனலின்** ஆடிகளைக்கொண்டேனும், **உலோயிடின்** ஆடியைக்கொண்டேனும் பெறப்பட்ட தலையீட்டுவிளிம்புகள், அதாவது, பிணையும் முதலிடங்களிரண்டினுல்—உண்மையில் அலைமுகத்தின் பிரிவினுல்—உண்டாக்கப்படும் விளிம்புகள், இடத்திற் பரவுகின்றன. இவ்வகையாக **ஒரிடமாக்கப்படாத விளிம்புகள்** திரையொன்றிலே கட்புலனுகின்றன. அன்றேல் தாழ்ந்த வலு நுணுக்குக்காட்டியொன்றினுலுங் கட்புலனுகின்றன.



உருவம் 30.17.—பரந்த முதலிடமொன்றிலிருந்து விளிம்புகள்.

நியூற்றனின் வளையங்கள் அவற்றையுண்டாக்கிய படலத்திலேயே கட்புலனுகின்றன. மெல்லிய சமாந்தரப்படலங்களிலே கண்ணினது அவதானிக்குங் கருவியாவது சமாந்தரவொளிக்குக் குவிக்கப்பட்டால் மட்டுமே விளிம்புகள் காணப்படுமென்று இப்போது காட்டப்பட்டது. **நியூற்றனின் வளையங்களை**யுண்டாக்க புள்ளி முதலிடமொன்று இலட்சியமானதாகும். சமசாய்வு விளிம்புகளுக்குப் பரந்தமுதலிடமொன்று உபயோகிக்கப்படலாம். இதன் காரணத்தைக் காண்பதற்காக, ஒருங்குவில்லை L_1, இன் குவியத்தளத்திலிருக்கின்ற புள்ளி S முதலிடமொன்றிலிருந்துவரும் ஒளியானது, உருவம் 30.17 (a), சமாந்தரப்பக்கங்களையுடைய மெல்லிய AB படலமொன்றில் விழுகின்றதெனக் கொள்க. செலுத்தப்பட்டவொளியைக் கருதுவோமாக. இது வரிப்படத்தை எளிதாக்குகின்றது. தலையிடுங் கதிர்களிரண்டினதுஞ் செறிவுகள் சமமற்றனவென்ற கட்டுப்பாடு பரப்புகளிற் குறையாக வெள்ளிப் பூச்சிட்டு அகற்றப்படலாம். படலத்திற் படுகின்ற கதிர்களெல்லாம் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாயுள்ளன. எனவே, வெளிப்படுகதிர்களுஞ் சமாந்தரமாயுள்ளன. ஒருங்குவில்லை L_2 இன் இரண்டாவது குவியத்தளத்தில் Q இற் குவிக்கப்பட்டால் அவை தலையிடுவனவாம். புள்ளிமுதலிடமொன்று உபயோகிக்கப்படும்போது Q இற்குரிய ஒரேயொரு பெறுமானம் பெறப்படலாம். எனவே, முதலிடத்திலுள்ள வெவ்வேறு புள்ளிகளில் ஒவ்வொன்றும் உற்பத்தியாகின்ற ஒளியின் பல சமாந்தரக் கற்றைகளினுல் பொருள்வில்லையானது நிரப்பப்படுமாறு θ இன் பெறுமானங்களின் வீச்சொன்றைப்பெற பரந்த முதலிடமொன்றே தேவைப்படும்.

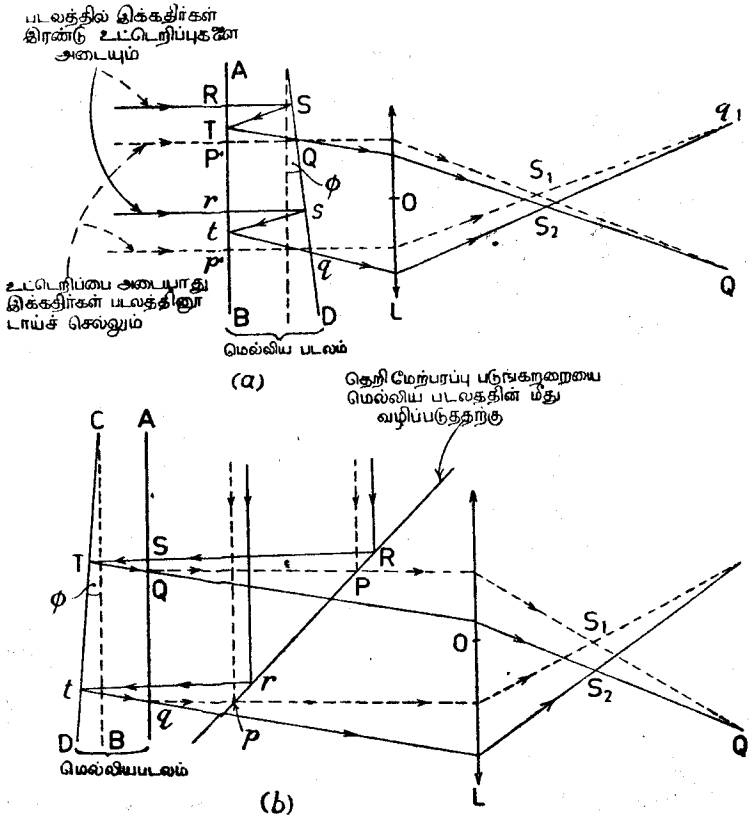
மெல்லிய ஆப்புருவப் படலமொன்றினுல் உண்டாக்கப்பட்ட விளிம்புகளை ஒரிடமாக்கல்.—ஒன்றுக்கொன்று சிறியகோணத்திற் சாய்ந்துள்ள முகங்கள் AB, CD களையுடைய மெல்லிய படலமொன்றினூடு **செலுத்தப்பட்ட** தலையிடுங்கற்றைகளிரண்டினுலுண்டான விளிம்புகளின் ஒரிடமாக்கலைப்பற்றி முதலிற் கருதுவோமாக, உருவம் 10.18 (a). படலத்தின் முகங்களுக்குக் குறையாத வெள்ளிப்பூச்சிடுதல் இரண்டுகற்றைகளுக்குஞ் சமச்செறிவைக் கொடுக்கின்றதெனக் கொள்ளப்படும். விளிம்புகளினிடமாக்கலை இது தாக்காதெனினும் அவற்றை அவதானிக்க எளிதாக்கும். ஒருங்குவில்லையொன்றின் தலைமைக்குவியத்திலே ஒருநிறவொளியின் புள்ளிமுதலிடமொன்றிருக்கின்றதென்றும், இவ்வாறுணடாக்கப்பட்ட ஒளியின் சமாந்தரக்கற்றையானது படலத்தின் பரப்பு AB இலே செவ்வனுக விழுகின்றதென்றுங் கொள்ளப்படும். எனின், இக்கற்றையிலுள்ள கதிர்களெல்லாம் பிணைவனவாம். உட்டெறிப்படையாது படலத்தினூடு செல்லுகின்ற PQ, pq கதிர்களிரண்டைக் கருதுக. பொருத்தமாக வைக்கப்பட்ட ஒருங்குவில்லை L இனுல் இவை சேர்க்கப்பட்டால், S_1 இலே குவிக்கப்படும்.

RS, rs என்பன நாங்கருதுஞ் சமாந்தரக்கற்றையின் வேறிரண்டுகதிர்களெனவும், இவையொவ்வொன்றும் படலத்திலிருந்து முறையே Q, q புள்ளிகளில் வெளிப்படமுன்பு இரண்டு உட்டெறிப்புகளை அடைந்தன வென்றுங் கொள்க. பிணையுங்கதிர்களின் சோடிகள் Q இலும் q இலும் சந்திப்பதனுல்.

அங்கு தலையீட்டுவிளிம்புகள் உண்டாக்கப்படலாம். எனவே, படலத்தின் வெளிப்படுமுகத்திலே விளிம்புகள் ஒரிடமாக்கப்பட்டுள்ளன.

படலத்திலிருந்து வில்லை **L** இன் தூரம் அதன் குவியத்தூரத்திலும் மிகுந்திருப்பின், முறையே Q_1, q_1, இன் இணைப்புள்ளிகளாகிய Q_1 q_1 களிலே **Q** இனதும் *q* இனதும் விம்பங்களே அவ்வில்லை உண்டாக்கும். எனவே, வரிப்படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான தளத்தில் வைக்கப்பட்டதும் Q_1 q_1 புள்ளிகளைக் கொண்டுள்ளதுமான திரையொன்றிலே தலையீட்டுவடிவ மொன்று பெறப்படலாம்.

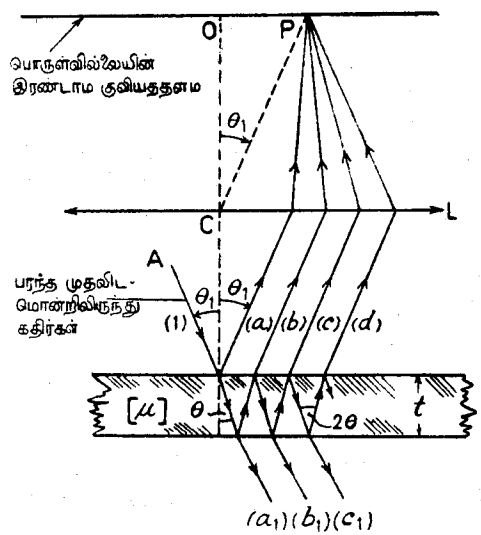
கதிர்கள் **RS** உம் *rs* உம் வில்லை **L** இனூடு சென்றபின்பு S_1 இற்கண்மையி லுள்ள S_2 இலே வெட்டுவதினால் **Q**, *q*, ஐக்கொண்ட தளத்திலேயுள்ள தலையீட்டுவடித்தைப் படலத்தின் பரப்பு **CD** இன் விம்பமாகவேனும், **யங்கின்** பரிசோதனையிற்போல, பிணையும் முதலிடங்கள் S_1, S_2, களிலிருந்து பெறப்பட்ட வடிவமாகவேனும், நாம் கருதலாம்.



உருவம் 30.18.—தலையீட்டுவிளிம்புகளை ஒரிடமாக்கல்.

தெறிப்பொளியினால் தலையீட்டுவடிவம் உண்டாகும்போது, அவை உண்டாவதைக் காட்டும் வரிப்படம் உருவம் 30.18 (*a*) ஐப்போன்றிருக்கும். உருவம் 30.18 (*b*) இன் தொடர்பிலே கையாளப்பட்டவகையிலே கதிர்கள் முதலியன பெயரிடப்பட்டுள்ளன. எனவே, விரிவான விவரணம் தேவையில்லை. இன்னும், படலத்தினூடு செல்லுகின்ற கதிர்கள் வெளிப்படுகின்ற அதன் பரப்பிலேயே விளிம்புகள் இருக்கின்றன என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

சமசாய்வுடைய விளிம்புகளை ஒரிடமாக்கல்.—முன்னரே குறிப்பிடப்பட்டதுபோல, படலமொன்றின் எல்லைகள் சமாந்தரமாயும் ஒளியியல்முறையிற்றட்டையாயும், அதாவது, படலத்தின் மெய்யான பரப்புகள் கேத்திரகணிதத்தளங்களிலிருந்து அலைநீளமொன்றின் சிறிய பின்னத்தினூலேயே விலகியுள்ளனவையாயும், இருப்பின், வேறு வகையான விளிம்புகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவைகளை சமசாய்வுவிளிம்புகள் அல்லது **ஐதிஞ் சரின் விளிம்புகள்** ஆகும். இவை தோற்றுவதற்கு இரண்டு தேவைகள் அவசியமாகின்றன. முதலிடம்பரந்ததாயிருத்தல்வேண்டும். கண் அல்லது அவதானக்கருவி சமாந்தரவொளிக்குக் குவிக்கப்படும்போதே அவைகட்புலனாகும். **யங்** இனூற் கொடுக்கப்பட்ட மெல்லிய படலங்களின் கொள்கையானது பலத்த எதிர்ப்புக்கு ஆளாயிருந்த போதிலும் அவ்வெதிர்ப்பு விரைவில் அகற்றப்பட்டது. தலையிடுங் கற்றைகளின் வீச்சங்கள், அவைதெறிக்கப்பட்ட போதிலுங்கூட, சமமன்றுதலின், தலையீட்டுவடிவத்திற் செறிவானது ஒருபோதும் அற்றுப் போகாது. **போயிசன்**(Poisson) இதனைமுதலிற் காட்டியபின் குறையை நிவர்த்தியாக்கினர். படலத்திலுள்ளே பெருந்தொகையான குறைத்தெறிப்புகள் இருக்கவேண்டுமென்றும், ஒவ்வொரு தெறிப்பிலும் சிறிதளவு ஒளிச்சத்தி செலுத்தப்படுகின்றதென்றும், இப்பாகங்களின் கூட்டுத்தொகையை நாங்கருதல் வேண்டுமென்



உருவம் 30.19.—சமசாய்வுவிளிம்புகள்.

றும் உடனே தெளிவாகும். இதனைப்பற்றி இங்கே எடுத்தாள்வது மிகுந்த கடினமானதாகும். எனவே, பின்வரும் விவாதம் போதியதாகும். விளிம்புகளின் நீலகளமட்டுமே இது தீர்மானிக்கின்றது. அவற்றிலுள்ள செறிவின் பரவலைப்பற்றிய எவ்விதக்குறிப்பையும் அது தவிர்த்துக்கொள்கின்றது. சமசாய்வின் விளிம்புகளெனப்படுவனவற்றின் அமைவை விளக்க வேண்டுமாயின், **AB** என்பது, உருவம் 30.19, வலியில் λ_0 அலை நீளத்தையுடையதும் சமாந்தர தளப்பரப்புகளிரண்டின் எல்லைக்குட்பட்ட மெல்லிய படலமொன்றிற் படுவதுமான ஒருநிறவொளிக் கதிரெனக் கொள்க. இதனைக் கதிர் (1) எனக் குறிப்போமாக. எனின், படலத்தின் பரப்பிலே பல தெறிப்புகளினதும் முறிவுகளினதுங் காரணத்தினால், இக்கதிரானது (a), (b), ... தெறித்த சமாந்தரக் கதிர்களின் தொடரைக்கொடுக்கும். இத்துடன், (a_1), (b_1), ... செலுத்திய சமாந்தரக் கதிர்களின் தொடரையுங் கொடுக்கும். எமது கவனத்தைத் தெறித்த கதிர்களில் மட்டுஞ் செலுத்துவோமேயாயின் தொலைகாட்டிப் பொருள்வில்லை **L** இலே இவை படுகின்றனவெனக் கொள்வோமாக. எனின் இக்கதிர்க்கட்டானது பொருள்வில்லையின் இரண்டாவது குவியத்தளத்திலுள்ள புள்ளியாகிய **P** இற் குவிக்கப்படும். இப்போது, படலத்திரவியத்தின் முறிவுக்குணகம் μ எனவும், தெறித்தகதிர்களின் அடுத்துள்ளசோடி ஒவ்வொன்றினிடையேயுமுள்ள தடிப்பு t எனவுங்கொள்ளப்பட்டால், மாறுப்பாதைவித்தியாசம் $2\mu t$ கோசை $\theta - \frac{1}{2}\lambda_0$ உண்டு. இங்கு θ என்பது **B** இலுள்ள முறிகோணமாகும். m முழுவெண்ணுயிருக்கும் போது இப்பாதைவித்தியாசம் $m\lambda_0$ ஆயின் **P** இலே ஆகத்தலையீடுண்டு. இந்த நிபந்தனை நிறைவேற்றப்பட்டு, வில்லை **L** இன் ஒளியியல்மையம் **C** இனூடு செல்வதும் படலத்திற்குச் செங்குத்தானதுமான அச்சைக்கொண்டு முழுவெரிப்படமுஞ் சூழற்றப்பட்டால், **P** இன் ஒழுக்கிலுள்ள எல்லாப் புள்ளிகளிலும் ஆக்கத்தலையீடு நிகழும். **B** இலே ஒரே படுகோணத்தையுடைய கதிர்களில்மட்டும் எமது கவனத்தைச் செலுத்துவோமாயின், இவ்வொழுக்கு ஒரு வட்டமாகும். ஆகவே, முதலிடம் பரந்ததாயிருத்தல் வேண்டும். வில்லையின் குவியத்தூரத்தை f எனவும் **P** இலுள்ள சிறிய படுகோணத்தை θ_1 எனவுங் கொண்டால், வட்ட விளிம்பினூரை **OP** ஆனது $|f|\theta_1$ ஆகும்.

இனி, $2\mu t$ கோசைθ என்ற கோவையிலே θ மட்டுமே மாறியாகும். **P** இலே தொகுவிளைவான செறிவு θ இனூடு மாறுமென்பது இதிலிருந்து பெறப்படும். $2\mu t$ கோசை $\theta - \frac{1}{2}\lambda_0$ ஆனது அலை நீளத்தின் முழுவெண்தொகைக்குச் சமமாகும்போது உயர்வுப்பெறுமானத்திற்கும், அரையலைநீளங்களின் ஒற்றையெண்மடங்குக்குச் சமமாயிருக்கும்போது இழிவுப் பெறுமானத்திற்குமிடையே இது மாறுகின்றது. **AB** இற் படுமொளிக்கற்றையானது வெவ்வேறு கோணங்களிலே படலத்தின் பரப்பிற்படுகின்ற பல கதிர்களைக்கொண்டதாயின், பொருள்வில்லையின் இரண்டாவது குவியத்தளத்திலே வட்டவிளிம்புகளின் தொடரொன்று உண்டாகின்றது.

முடிவிலியில் வலையங்களின் விம்பமொன்றை உண்டாக்குமாறு செப்பஞ் செய்யப்பட்ட பார்வைத்துண்டினூடு இவை அவதானிக்கப்படுதல்வேண்டும். சிறிய ஒளியின் முதலிடமொன்று உபயோகிக்கப்பட்டால், முதலிடத்தின் மாய விம்பமொன்றுண்டாகுமாறு ஒருங்குவில்லையொன்றின் முதலாவது குவியத்தளத்திலே அது வைக்கப்படுதல்வேண்டும். இம்முதலிடம் பரந்ததாயிருக்கவேண்டியது அவசியமாகும்.

சமசாய்வுவிளிம்புகளுங்கூட செலுத்தலொளியினூல் உண்டாக்கப்படலாம். ஆனால், படலத்தின் எல்லைப்பரப்புகள் குறையாக வெள்ளிப்பூச்சிடப்பட்டிருந்தாலன்றி, அவை மிக்க மங்கலாயும் பார்ப்பதற்கு இடருடையதாயுமிருக்கும். இவற்றைப்பற்றி விரிவாக இங்கு கருதுதல் முடியாது.

மெல்லிய படலங்களின் நிறங்கள்.—இவ்வத்தியாயத்தின் முற்பகுதியிலே ஒருநிறவொளியானது மெல்லிய படலமொன்றில் விழுகின்றபோது உண்டாகும் விளைவைப்பற்றி ஓரளவுக்கு விரிவாக ஆராய்ந்தோம். படுமொளியானது பல்படித்தானதாயின், அதாவது, λ_0, μ, θ என்பனவெல்லாம் வெவ்வேறுகுமாறு பல அலைநீளங்களைக் கொண்டதாயின், அலைகளின் கூற்றிற் சிலவற்றுல் துலக்கவிளிம்புக்குரிய நிபந்தனை நிறைவேற்றப்பட, வேறு சிலவற்றினூல் இருண்ட விளிம்புகளுக்குரிய நிபந்தனை நிறைவேற்றப்படும். இவ்வகையான சந்தர்ப்பங்களிலே தெறித்த அல்லது செலுத்தப்பட்ட கற்றையிலே முந்திய கூறுகளிற் சிலமட்டுமே இருக்குமென்றும் அவற்றின் வீச்சங்களுங்கூட மாறியிருக்குமென்றும் பெறப்படும். எனவே, மெல்லிய படலமொன்றிலே வெள்ளொளி படும்போது அதிலுள்ள எந்தப் புள்ளியிலுமிருந்துவரும் ஒளியானது,

$$2\mu t \text{ கோசை } \theta = m\lambda_0.$$

என்ற சமன்பாட்டை ஈடுசெய்யும் அலைநீளத்தையுடைய எந்தவொளியையுஞ் சேர்த்திராது. இங்கு m என்பது நேரான ஒரு முழுவெண்ணுகும். ஆகவே, இவ்வகையான புள்ளியொவ்வொன்றிலும் படலம் நிறமாகத் தோற்றும். படலத்தின் தடிப்பினூலும் படலத்தினுள்ளேயுள்ள படுகோணத்தினூலும் இந்த நிறம் தீர்மானிக்கப்படும். இவ்விரு காரணிகளொவ்வொன்றும் மாறுதிருப்பின் படலத்தின் நிறும் ஒரியல்பினதாயிருக்கும்.

மெல்லிய படலமொன்றினூல் தெறிக்கப்பட்ட அல்லது செலுத்தப்பட்ட ஒளியானது திருசியம்காட்டியொன்றின் பிளவிலே குவிக்கப்பட்டால், திருசியமானது இருண்ட நாடாக்களினூற் குறுக்கிடப்பட்டிருக்கும். இவ்வகையான ஒவ்வொரு நாடாவினதும் மையத்தினூடொத்த அலைநீளங்கள் தலையீட்டினூலகற்றப்பட்ட ஒளிக்குரியனவாம். படலத்தின் தடிப்பானது அதிகரிக்கும்போது நாடாக்களின் தொகையும் அவற்றின் நெருக்கமும் அதிகரிக்கும். படலத்தின் தடிப்பானது திருசியம்காட்டியின் பிரிவலுவினூல் தீர்மானிக்கப்பட்ட குறித்தவோரெல்லைக்கப்பாற்படும்போது, நாடாக்கள் மிக அண்மையிலிருப்பதால், அவற்றை வேறுபடுத்தியறிய முடியாது. ஒவ்வோரலை நீளத்துக்கொவ்வொன்றுன வெவ்வேறு தலையீட்டுவடிவங்

களின் மேற்பொருத்துகையின் காரணமாகத் தலையீட்டின் சுவட்டைக் காணமுடியாதென்பதே இதன் கருத்தாகும். ஒளியின் ஒருபடித்தன்மையை அதிகரிக்கச்செய்வதினால், மேற்பொருத்துகையின் படி குறைக்கப்பட்டு, தலையீடுகாணும் தட்டின் எல்லைத்தடிப்பும் இதனால் அதிகரிக்கப்படுகின்றது.

மேலே கூறியதுபோல, மாறுத்தடிப்புடைய படலமொன்று பெறப்பட முடியுமாயின், அதிலிருந்து சமாந்தரவொளியின் கற்றையொன்று தெறிக்கப்படும்போது, அது ஒருசீரான நிறமுடையதாகத் தோற்றும். செய்முறையிலே இலட்சியமான தளப்பரப்பொன்றைச் செய்வது பெரும்பாலும் முடியாத காரியமாகும். எனவே, சமாந்தரமெனப்படும் பரப்புகளிரண்டினுக்கிடையே கொள்ளப்படும் வளிப்படலமானது அடங்கலும் ஒரு சீரான தடிப்புடையதாயிராது. ஆகவே, படலமானது ஒருநிறமாயிருப்பதற்குப் பதிலாக, பரப்புகளினிடையே மிகக்கிட்டிய புள்ளிகளிற்சுற்றி வளைவான நிறவிளிம்புகளைக் காட்டுகின்றது. ஒளியியற்றட்டைகளைச் செய்வோருக்கு மெய்யான தட்டைப்பரப்பிலிருந்து சிறிய பிறழ்ச்சிகளுக்குக்கூட உணர்ச்சிமிக்க பரிசோதனையொன்றை இது காட்டுகின்றது. வளிப்படலம் இடையே கொள்ளப்பட்ட தட்டுகளில் அமுக்கத்தைச்செலுத்தி பரப்புகளைக் கூடுதலாக அண்மையில் வரவிட்டால் விளிம்புகள் விரிகின்றன. படலத்தின் தடிப்பே எந்தவிடத்திலுமுள்ள நிறத்தை ஓரளவுக்குத் தீர்மானிக்கின்றதென இவ்வுண்மை காட்டுகின்றது.

உதாரணம்.—$0{\cdot}5\times10^{-4}$ சமீ. தடிப்பான சவர்க்காரப்படலமொன்று செவ்வனிற்கு 35° கோணத்திலே பார்க்கப்பட்டது. எல்லாவலை நீளங்களுக்குமுரிய சவர்க்காரக்கரைசலின் முறிவுக் குணகத்தை 1·33 எனக்கொண்டு, தெறிக்குமொளியிலில்லாத கட்புலனாகும் பாகமாகிய $(0{\cdot}4-0{\cdot}6)\times10^{-4}$ சமீ. இலுள்ள ஒளியின் அலைநீளங்களை மதிப்பிடுக.

θ_1, என்பது வளியிற் படுகோணமெனவும் θ_2 முறிகோணமெனவுங் கொள்க. எனின், θ_2 என்பது படலத்தின் இரண்டாவது பரப்பிலேபடு கோணமாகும். சிறப்பானவோரலைநீளம் தெறிப்பொளியில் இல்லாதிருக்கவேண்டுமாயின், வழக்கமான குறியீட்டினாலே,

$2\mu t$ கோசை $\theta_2 - \frac{1}{2}\lambda_0 = \frac{1}{2}\lambda_0, \frac{3}{2}\lambda_0, \frac{5}{2}\lambda_0$ . . . எனப் பெறுகின்றோம். அல்லது,

$$2\mu t\text{கோசை}\ \theta_2 = \lambda_0,\ 2\lambda_0,\ 3\lambda_0,\ \ldots\ .$$

இனி $\theta_2, = \dfrac{\text{சைன் } 35}{1{\cdot}33}$ அதாவது, $\theta_2 = 25°\ 33'$,

அல்லது கோசை $\theta_2 = 0{\cdot}902$.

λ_1, என்பது வளியிலே முதலாவது படியில் அணைந்துபோகின்ற ஒளியினலை நீளமெனக் கொள்க. எனின்,

$$2\times1{\cdot}33\times5\times10^{-5}\times0{\cdot}902=\lambda_1,$$

அதாவது $\lambda_1, = 12{\cdot}0\times10^{-5}$ சமீ.

λ_2 என்பது வளியிலே இரண்டாவது படியில் அணைந்துபோகின்ற ஒளியினலைநீளமெனக் கொள்க. எனின்,

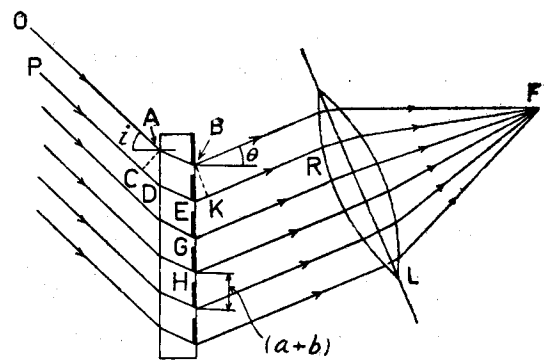
$$2\times1{\cdot}33\times5\times10^{-5}\times0{\cdot}902=2\lambda_2,$$

அதாவது, $\lambda_2 = 6{\cdot}0\times10^{-5}$ சமீ.

இதனைப்போலவே, $\lambda_3 = 4{\cdot}0\times10^{-5}$ சமீ., $\lambda_4 = 3{\cdot}0\times10^{-5}$ சமீ. இது திருசியத்தின் ஊதாக் கடந்த பாகத்திலுள்ளதாகும்.

∴ இல்லாத அலைநீளங்கள் $6{\cdot}0\times10^{-5}$ சமீ., $4{\cdot}0\times10^{-5}$ சமீ. என்பனவாம்.

கோணலளியடைப்பு.—கோணலளியடைப்பானது கண்ணுடித்தட்டொன்றிலேனும் பெக்குலவுலோகத்திலேனும் (Speculurn) வரையப்பட்டுள்ள பெருந்தொகையான சமதூரச்சமாந்தரக் கோடுகளைக் கொண்டதாகும்.



உருவம் 30.20.—தளக்கோணலளியடைப்பு.

சில தேவைகளுக்காகப் பரப்பானது கோளமானதாயுங் குழிவானதாயுமிருப்பது நயமானதாகும். ஆயினும் பரப்புத் தளமாயிருக்கும் வகையை மட்டுமே நாமிங்கு கருதுவோம். உருவம் 30.20 இலே காட்டப்பட்டுள்ள குறுகிய கறுப்புக்கோடுகள் அளியடைப்பின் ஒளிபுகாப் பாகங்களைக் குறிக்கின்றன. அளியடைப்பிற்படுகின்ற, **OA** அவற்றுளொன்றாகிய, சமாந்தரக் கதிர்களின் தொகுதியொன்றைக் கருதுவோமாக. இன்னும் கண்ணுடியின் முற்பரப்பில் முறிவின்பின்பு, கதிர் **OA** ஆனது அளியடைப்பிலுள்ள வரைகளுளொன்றின் அந்நிலையிலுள்ள ஒரு புள்ளி **B** ஐச் சந்திக்கின்றதெனவுங் கொள்வோமாக. துணைச்சிற்றலையொன்று **B** இல் உற்பத்தியாகின்றது. இதனைப்போலவே **E**, **G**, **H** போன்ற புள்ளிகளிலுமிருந்தும் சிற்றலைகளுண்டாகின்றன.

A இலும் B இலுமிருந்து படுகதிர் PD இற்கும் கோணற்கதிர் ER இற்கும் முறையே AC ஐயும் BK ஐயுஞ் செங்குத்தாக வரைக. A இலும் C இலும் படுமலைகளின் நிலைமைகள் ஒன்றையுள்ளன. B இலும் K இலுமுள்ள எவ்வித நிலைமைவித்தியாசமும் AB, CDEK பாதைகளின்வழியாய்ச் செலுத்தப்படவிருக்கும் குழப்பங்களுக்குரிய வெவ்வேறு நேரங்களின் பயனுகும். இந்த நேரவித்தியாசம் $DE = AB$ ஆதலின்,

$$\frac{CD}{c_0} + \frac{DE}{c} + \frac{EK}{c_0} - \frac{AB}{c} = \frac{CD + EK}{c_0}$$

ஆகின்றது. இங்கு c_0, c என்பன முறையே வளியிலும் கண்ணுடியிலும் ஒளியின் வேகங்களாம். ஆகவே, பாதைவித்தியாசம் $CD + EK$ ஆகும். இப்போது, அளியடைப்பிற்குச் செவ்வனேடு கோணம் θ ஐ ஆக்கும் தலைமையச்சையுடைய ஒருங்குவில்லை L இனுற் கோணற்கதிர்கள் எற்றுக் கொள்ளப்பட்டால், B இலும் K இலுமிருக்கும் எவ்வித நிலைமைவித்தியாசமும் வில்லையின் இரண்டாவது தலைமைக்குவியமாக F ஐ கோணற் கதிர்களடையும்போதுமிருக்கும். எனெனில், B இலும் K இலுமிருந்து குழப்பங்கள் F ஐ அடையவெடுக்கும் நேரம் மெய்யாகச் சென்ற பாதையிலே தங்கியிருக்கவில்லை. ஆகவே, பாதைவித்தியாசமாகிய $CD + EK$ அரையலைநீளங்களின் இரட்டையெண்ணையிருப்பின், அலைகளிரண்டும் F இலே ஒன்றையொன்று பலப்படுத்துகின்றனவெனக் காண்கிறேம். அதாவது, m முழுவெண்ணையும் λ படுங்கதிர்வீசலின் அலைநீளமாயுமிருக்கும்போது

$$CD + EK = \frac{2m.\lambda}{2} = m\lambda$$

ஆனல், $CD + EK = AD$ சைன் $i + BE$ சைன் $\theta = (a + b)$ (சைன் i + சைன் θ) ஆகின்றது. இங்கு $(a + b) = BE$. இது அளியடைப்பின் துவாரத்தினதும் ஒரிடைவெளியினதும் அகலங்களின் கூட்டுத்தொகையாகும். அளியடைப்பிலே நீளவலகொன்றிற்குரிய கோடுகளின் தொகை n ஆயின் இது $\frac{1}{n}$ இற்குச் சமமாகும். எனவே, பலப்படுத்துதற்கு,

$$(a + b)\,(\text{சைன } i + \text{சைன } \theta) = m\lambda$$

ஆகின்றது. பொதுவாகப் படுகதிர்களுக்குச் செங்குத்தாக அளியடைப்பை ஒழுங்குசெய்வது வழக்கம். அப்போது சைன் i பூச்சியமாகின்றது. எனவே,

$$(a + b) \text{ சைன } \theta = m\lambda$$

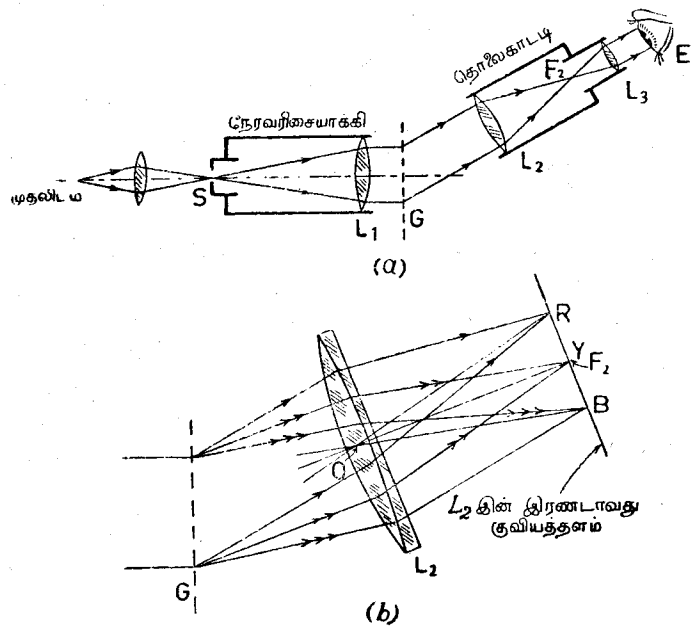
எனப் பெறுகின்றேம்.

m இன் குறிப்பிட்ட எந்தப் பெறுமானத்திற்கும் அங்குள்ள ஒவ்வோரலை நீளம் λ உம் வரையறையான கோணம் θ ஐக் கொண்டுள்ளது. எனவே, எற்றுக்கொள்ளப்பட்டவொளியின் திருசியமொன்று உண்டாக்கப்பட்டது.

$m = 1$ ஆயின் **முதற்படிதிருசியத்தைப்** பெறுகின்றேம். $m = 2$ ஆயின் **இரண்டாவதுபடி திருசியத்தையும்**, இவற்றைப்போற் பிறவற்றையும் பெறுகின்றேம். m எதிரெண்ணையுமிருக்கலாம்.

$$-1 < \text{சைன } \theta < 1$$

ஆதலின், m பெறக்கூடிய பெறுமானங்கள் திருத்தமாகக் கட்டுப்படுத்தப்பட்டும் $\frac{\lambda}{a+b}$ என்ற விகிதத்திலை தீர்மானிக்கப்படக்கூடியதாயுமிருக்கும்.



உருவம் 30.21.—திருசியமானி. கோணலளியடைப்பிலேடு அதனுபயோகம்.

கோணலளியடைப்பொன்றினுல் உண்டாக்கப்படும் திருசியமொன்றின் கட்புலவாராய்ச்சி.—குறிப்பான ஒழுங்கொன்று உருவம் 30.21 (*a*) இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. திருசியம் பெறப்படத்தேவையான ஒளியினுலொளிரப்படும் பிளவு S ஆனது, ஒருங்குவில்லை L_1 இன் முதலாவது தலைமைக் குவியத்திலிருக்கின்றது. L_1 இலிருந்து வெளிப்படுமொளியின் சமாந்தரக்கற்றையொன்று அளியடைப்பிற் செங்குத்தாக விழுமாறு அளியடைப்பு G ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளது. படுமொளியின் ஒவ்வோரலைநீளத்திலேடு மொத்தக் கோணற்கற்றைகளின் தொகுதியொன்றுண்டு.—ஒவ்வொரு படியினுமொவ்வொன்றுண்டு. முதலாவது படியையமட்டும் இங்கு நாம் கருதுவோம். இவ்வகையான கற்றையொன்று வரிப்படத்திற் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இது, ஒருங்குவில்லை L_2 இன் இரண்டாவது தலைமைக்குவியமாகிய F_2 இற் குவிக்கப்படுகின்றது. F_2 இலுள்ள கோணல்விம்பமானது, சமாந்தரவொளிக் கற்றையொன்று கண்ணேயடையுமாறு ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட வில்லை L_3 ஐக்கொண்டு கட்புலனால் ஆராயப்படும். நேர்வரிசையாக்கியின் அச்சினது மற்றப்பக்கத்திலே சர்வசமமான திருசியம்மொன்று தோற்றுகின்றது.

B, E, புள்ளிகளின் சோடியிலிருந்துவருங் கோணற்கதிர்களைப்பற்றிய மேலேயுள்ள குறிப்பு இவ்வகையான வேறெந்தச்சோடிக்கும் சமமாகப் பிரயோகிக்கப்படலாம். எனவே, மேலேயுள்ள சமன்பாடுகள் அளியடைப்புக்கு முழுவதாகப் பிரயோகிக்கப்படலாம்.

ஏதாவது ஒருநிறவொளியின் அலைநீளத்தை அளக்கவேண்டுமாயின், நேர்வரிசையாக்கியிலிருந்துவரும் ஒளிக்குச் செங்குத்தாக திருசியமானியின் மேசைமேலே அளியடைப்பானது ஏற்றப்படுதல் வேண்டும். சமாந்தர வொளிக்குக் குவிக்கப்பட்ட தொலைகாட்டியானது $m = 1$ இனுடொத்த முதலாவது கோணல்விம்பத்தை நோக்கித் திருப்பப்படும். உண்மையிலே, அளியடைப்பிற்குச் செங்குத்துக்கோட்டின் எதிர்ப்பக்கங்களிலே சமகோணங்களில் இவ்வகையான இரு விம்பங்களுள்ளன. அவற்றினிடையேயுள்ள கோணமாகிய 2θ அளக்கப்படுதல் வேண்டும். அளியடைப்பின் நீளவலிற்குரிய கோடுகளின் தொகை தெரிந்திருக்க மேலேயுள்ள சூத்திரமானது λ ஐக்கணிக்க உதவுகின்றது.

இதன்பின் இரண்டாவதுபடி திருசியம் தேடப்படும். ஆனால், திருத்தமான அவதானத்திற்கு இது மிக மங்கலாயிருத்தல்கூடும். இதனைக் கண்டுபிடிக்க முடியுமானால், $m = 2$ ஐ உபயோகித்து மீண்டும் λ ஐக் கணிக்கலாம்.

அளியடைப்பானது வெள்ளொளியினாலொளிரப்பட்டால், தொடர்ச்சியான திருசியங்மொன்று பெறப்படும். ஆனால், வெவ்வேறுபடிகளின் திருசியங்களினது மேற்பொருத்துகையினால் அரியங்களைக்கொண்டு பெறப்படுவதைப் போன்று தூயதாயிராது.

உருவம் 30.21 (*a*) இலே ஒருநிறமும், $m = 1$ ஐப்போன்ற ஒரு படியுமான கதிர்களே வரையப்பட்டுள்ளனவென்பதை ஞாபகப்படுத்திக் கொள்ளுதல்வேண்டும். அதேபடியில் மற்றக்கதிர்களின் பாதைகளைக் காட்ட வேண்டுமேயானால், படுகற்றையானது செங்கதிர்கள், மஞ்சட்கதிர்கள், நீலக்கதிர்களைக் கொண்டதெனக் கொள்வோமாக. உருவம் 30.21 (*b*) இலே காட்டப்பட்டுள்ள கோணற்கற்றைகள் மூன்றும் L_2 இலே விழுகின்றனவெனவும், L_2 பொருள்வில்லையாயுள்ள தொலைகாட்டி F_2 இலே மஞ்சட்கதிர்களைக் குவிக்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளதெனவும் கொள்க. செங்கதிர்களுக்குரிய குவியத்தை அறியவேண்டுமாயின், வில்லை L_2 இன் ஒளியியல்மையமாகிய O இனூடு படுஞ்செங்கதிருக்குச் சமாந்தரமாக நேர்கோடு OR ஐ வரைவோமாக. இக்கோடு L_2 இன் இரண்டாவது குவியத்தளத்தை R இல் வெட்டுமாயின், R தான் தேவையான புள்ளி

யாகும். இதனைப்போலவே நீலக்கதிர்களுக்குரிய குவியமுங் காணப்படலாம். இவ்வரிப்படத்திலே திரையொன்றில் அல்லது ஒளிப்படத்தட்டொன்றில் திருசியம் உண்டாக்கப்படுவதாகக் கொள்ளப்பட்டது. திருசியம் கட்புலனால் அவதானிக்கப்படவேண்டுமாயின், பார்வைத்துண்டு L_3 இனூடு செல்லுங் கதிர்களின் பாதைகளுஞ் சேர்க்கப்படுதல் வேண்டும். வாசிப்பவர் இதனைத் தானாகவே செய்துகொள்ளல் வேண்டும்.

அப்பியாசம் 30

1.—நுணுக்குக்காட்டியொன்றின் குவியத்தளத்திலே பிரேனலின் இரட்டையரியமொன்றினால் தலையீட்டுப் பட்டைகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இத்தளமானது பிளவிலிருந்து 100 சமீ. தூரத்திலுள்ளது. இரட்டையரியத்துக்கும் நுணுக்குக்காட்டிக்குமிடையே வைக்கப்பட்ட ஒருங்குவில்லையானது இரண்டு நிலைகளிலே பிளவின் தெளிவான இரண்டு விம்பங்களைக் கொடுக்கின்றது. இரண்டு சந்தர்ப்பங்களிலும் இவ்விம்பங்கள் 2·86 மிமீ. தூரத்திலும் 4·13 மிமீ. தூரத்திலுமுள்ளன. தலையீட்டு விளிம்புகளுக்கிடையே சராசரித்தூரம் 0·0200 சமீ. ஆயின், உபயோகிக்கப்பட்ட ஒளியின் அலைநீளமென்ன ?

2.—நிலைக்குத்தான கம்பிச்சட்டமொன்றிலே உண்டான சவர்க்காரப் படலத்திலே காணப்படும் விளிம்புகள் உண்டாவதைப்பற்றி விளக்குக. செலுத்தப்பட்ட சோடியவொளியைக்கொண்டு காணப்படும் விளிம்புகள் 5 மிமீ. தூரத்திலுள்ளனவாயின், படலப்பரப்புகளினிடைக் கோணமென்ன ?

$$[\mu = 1{\cdot}33,\ \lambda_D = 5{\cdot}89 \times 10^{-5}\ \text{சமீ.}] \qquad \text{[L.I.]}$$

3.—இரட்டையரியமொன்றின் முறிகோணமொவ்வொன்றும் 0·025 ஆரையனாகும். இரட்டையரியத்திரவியத்தின் முறிவுக்குணகம் 1·59. பிளவுந் திரையும் இரட்டையரியத்திலிருந்து முறையே 10 சமீ., 80 சமீ. தூரங்களிலுள்ளன. 5900 A அலைநீளத்தையுடைய ஒளியினாலுண்டாக்கப்பட்ட விளிம்புகளின் பிரிவுக்குரிய பெறுமானமொன்றைக் கணித்தறிக.

4.—தலையீட்டுவிளிம்புகள் உண்டாதற்குரிய நிபந்தனைகள் யாவை ? யங்கின் பரிசோதனையைக்குறித்து உம்முடைய விடையை விளக்குக.

அலைநீளம் 5461×10^{-8} சமீ. ஐக் கொண்ட ஒருநிறவொளியானது ஒடுங்கிய பிளவொன்றினூடு சென்று அடிக்கடி வைக்கப்பட்டுள்ள, அதாவது இரட்டையரியமாகிய, மெல்லிய வில்லைகளிரண்டிற் சமச்சீராய் விழுகின்றது. இவற்றின் பொது அடியும் பிளவும் ஒரே தளத்திலுள்ளன. பிளவையும் அரியங்களின் மையத்தையும் இணைக்கின்ற கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள திரையொன்றிலே செலுத்தலொளி ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகின்றது. ஒவ்வோரரியத்தினதும் முறிவுக்கோணம் 1°, ஒவ்வொன்றினதும் முறிவுக்குணகம் 1·50. பிளவிலிருந்தும் திரையிலிருந்தும் அரியங்

களின் தூரங்கள் முறையே 10 சமீ., 90 சமீ. ஆகும். முதற்றத்துவங்களிலிருந்து திரையிலே அடுத்துள தலேயீட்டுவிளிம்புகளின் தூரத்தைக் கணிக்க. [அரியங்களினூற் செலுத்தப்பட்ட கற்றைகள், பிளவைக்கொண்டுள்ளதும் திரைக்குச் சமாந்தரமானதுமான தளத்திலுள்ள மாயமுதலிடங்களிலிருந்து உற்பத்தியாகின்றனவெனக் கொள்ளப்படலாம்.]

பிளவுகளே உபயோகிக்காது தலேயீட்டு விளிம்புகளேப் பெறும் முறையொன்றை விவரித்து விளக்குக. [N.S.]

5.—கோட்டுமுதலிடங்களிரண்டிலிருந்து உற்பத்தியாகும் ஒளிக்கற்றைகள் தூரத்தளமொன்றிலே தலேயீட்டு விளிம்புகளே உண்டாக்குதற்குரிய நிபந்தனைகளே விளக்குக. இவ்வகையான நிபந்தனைகளேப் பெறுதற்குரிய முறையொன்றை விவரிக்க.

5 சமீ. நீளமான உலோயிடினுடியொன்று $5{\cdot}46 \times 10^{-5}$ சமீ. அலே நீளத்தையுடைய ஒளியினுல் ஒளிரப்படுகின்றது. அதன் தளத்திலிருந்து 0·1 சமீ. தூரத்திலும் அந்தத் தளத்தில் அளந்தபடி மிக அண்மையிலுள்ள ஒரத்திலிருந்து 5 சமீ. தூரத்திலுமுள்ள பிளவொன்றிலிருந்து இவ்வொளியானது உற்பத்தியாகின்றது. பிளவிலிருந்து 120 சமீ. தூரத்திலே தலேயீட்டுவிளிம்புகளின் பிரிவையும், அங்குண்டான வடிவத்தின் முழுவகலத்தையுங் காண்க.

6.—சிறியகோணமொன்றிற் சாய்ந்துள்ள தளச்சமாந்தரக் கண்ணுடித் தட்டுகளிரண்டினிடையே அடைக்கப்பட்டுள்ள வளிப்படலம், தெறித்தவொரு நிறவொளியினுற் செவ்வனுகப் பார்க்கப்படும்போது உண்டாக்கப்படும் தலேயீட்டுவிளிம்புகளேப்பற்றி விளக்கி விவரிக்க.

இவ்வகையான விளிம்புகளின் இடைவெளிகளே அளந்து ஆப்பின் கோணம் எவ்வாறு தீர்மானிக்கப்படலாம்? உபயோகிக்கப்படும் ஆய்கருவியின் வரிப்படமொன்றைத் தருக. [N.A.]

7.—நீரிலே மிதந்துகொண்டிருக்கும் மெல்லிய நெய்ப்படலமொன்றின் நிறத்தோற்றத்தை விளக்குக. பார்ப்பவரின் நிலேயிலே நிறங்கள் எவ்வாறு தங்கியிருக்கின்றனவெனக் காட்டுக.

உருவொத்த செவ்வகத் தளக்கண்ணுடித் தட்டுகளிரண்டு ஓரோரத்திற் சேர்த்து வைக்கப்பட்டு, எதிரோரத்தின் நேரே காகிதக்கீலமொன்றினுற் பிரிக்கப்பட்டு, அவற்றினிடையே மிகச்சிறிய கோணத்தையுடைய வளியாப்பொன்று உண்டாக்கப்பட்டது. சோடியவிளக்கொன்றிலிருந்து வருமொளியினுல் ஆப்பானது செவ்வனுக ஒளிரப்பட்டால், 1·20 மிமீ. இடைவெளிகளுள்ள துலக்கமான பட்டைகளினுற் குறுக்கிட்டுக்காணப்படுகின்றது. வில்லின் கலேகளிலே ஆப்பின் கோணத்தைக் கணிக்க. [சோடியவொளியினலே நீளம் $5{\cdot}89 \times 10^{-5}$ சமீ. ஆகும்.]

மஞ்சட் சோடியவொளிக்குப் பதிலாகப் பச்சையொளியானது பிரதியிடப்பட்டால், பட்டைகளினிடைவெளியானது எவ்வாறு மாறும்? [L.S.]

8.—ஒளிபுகவிடும் மெல்லிய படலமொன்றிலே வெள்ளொளியானது விழும்போது தெறிப்பினூற் காணப்படும் நிறங்களேப்பற்றிப் பொதுவாக விளக்குக.

தளநுணுக்குக்காட்டிப் படங்களிரண்டு, ஒருமூனையிலே ஒன்று மற்றதின் மேற் பொருந்த வைக்கப்பட்டு அடுத்த மூனையிலே மெல்லிய காகிதத் துண்டொன்று பிரிக்கின்றது. படங்கள் சோடியவொளியினுல் ஒளிரப்படும் போது அவதானிக்கப்படக்கூடிய விளிம்புகளின் தோற்றத்தை விவரிக்க. தட்டுக்களினிடையேயுள்ள கோணத்தைக் கணிப்பதற்காக இத்தலேயீடுகளில் என்ன அவதானங்கள் செய்வீரென விளக்குக.

தட்டுகளினிடைக்கோணம் வில்லின் 1·0 கலேயாகவும், சோடியவொளியின் அலேநீளம் 5893×10^{-8} சமீ. ஆகவுமிருப்பின், அடுத்துள விளிம்புகளின் தூரத்தைக் கணிக்க. [N.S.]

9.—தெறிப்பொளியை உபயோகித்து நியூற்றனின் வளேயங்களேப்பற்றிய பரிசோதனையிலே அடுத்துள வளேயங்களின் விட்டங்கள் 2 சமீ., 2·02 சமீ. ஆகும். தளக்கண்ணுடியினேடு சேர்ந்திருக்கும் வில்லேப்பரப்பின் வளே வாரையென்ன? [உபயோகிக்கப்பட்ட ஒளிக்குரிய $\lambda = 5897$ Å].

10.—தளக்குவிவுவில்லேயொன்றுக்கும் அது ஓய்ந்திருக்குந் தளக்கண்ணுடித்தட்டொன்றிற்குமிடையே முறிவுக் குணகம் 1·58 ஐயுடைய திரவத்தின் துளியொன்று விடப்பட்டது. தட்டினதும் வில்லேயினதுந் திரவியங்கள் சர்வசமமானவை. அவற்றின் முறிவுக்குணகம் 1·50. வில்லேப்பரப்பின் வளேவாரையானது 200 சமீ. ஆகவும் அலேநீளம் $5{\cdot}9 \times 10^{-5}$ சமீ. ஐயுடைய ஒளியானது தொகுதியிலிருந்து செவ்வனுகத்தெறிக்கின்றதெனவும் கொண்டு, ஐந்தாவது துலக்கவளேயத்தின் விட்டத்தைக் கணிக்க. தட்டானது முறிவுக்குணகம் 1·65 ஐயுடைய திரவியத்தைக்கொண்ட இன்னெனன்றினூற் பிரதியிடப்பட்டால், அவதானிக்கக்கூடிய விளேவென்ன?

11.—400 சமீ. வளேவாரையையுடைய தளக்குவிவுவில்லேயொன்றின் குவிவான பரப்பானது, 500 சமீ. ஆரையையுடைய குழிவான பரப்பொன்றின்மேல் ஓய்ந்திருக்க, அலேநீளம் $5{\cdot}9 \times 10^{-5}$ சமீ. ஐயுடைய தெறிப்பொளியினுல் நியூற்றனின் வளேயங்கள் பார்க்கப்படுகின்றன. காணப்படும் ஐந்தாவது துலக்கவளேயத்தின் விட்டத்தைக் கணிக்க.

12.—2 D வலுவையுடைய ஒருங்குவில்லேயொன்று தளக்கண்ணுடித்தட்டொன்றில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. செவ்வனுகப் பார்க்கப்படும்போது தொடுபுள்ளியைச்சுற்றிக் காணப்படும் வளேயங்களின் அமைப்பைப்பற்றி விளக்குக. செவ்வொளியினலேநீளம் நீலவொளியினதிலும்பார்க்கக் கூடியதெனநிறுவ இவ்வகையான ஒழுங்கை எவ்வாறு உபயோகிப்பீர்?

13.—நியூற்றனின் வளேயங்களின் அளவுகளேக்கொண்டு நீரின் முறிவுக் குணகத்தை எவ்வாறு தீர்மானிப்பீரெனத் தேவையான கொள்கையைக் கூறி விவரிக்க.

300 சமீ. ஆரையைக்கொண்ட வளைவுப்பரப்பையுடைய தளக்குவீவு வில்லையொன்று, இப்பரப்புக் கீழேயிருக்குமாறு 400 சமீ. ஆரையையுடைய குழிவான கோளப்பரப்பொன்றிலே வைக்கப்பட்டுள்ளது. அவற்றினிடையேயுள்ள வளியிடைவெளியானது, அலைநீளம் $5{\cdot}46 \times 10^{-5}$ சமீ. ஐயுடைய ஒளியினால் நிலைக்குத்தாக ஒளிரப்படுகின்றது. தெறிப்பொளியினூற் காணப்படும் நான்காவது துலக்கவளையத்தினாரையைக் கணிக்க.

14.—இரசப்பச்சைத்திருசியக்கோட்டின் அலைநீளத்தைத் தீர்மானித்தற்குரிய தலையீட்டுமானி முறையொன்றை விளக்கி விவரிக்க.

மெல்லிய வொருங்குவில்லையொன்று தளக்கண்ணாடிப்பரப்பிற்குச் சரியாய்மேலே தாங்கப்பட்டு அலைநீளம் மாற்றப்படக்கூடிய ஒளியின் அகன்ற முதலிடமொன்றினால் கீழேயிருந்து ஒளிரப்படுகின்றது. 0·8 சமீ. விட்டமான துலக்கவளையமொன்று 6×10^{-5} சமீ. அலைநீளமுடைய ஒளியினாலும் அதன்பின்பு $6{\cdot}667 \times 10^{-5}$ சமீ. அலைநீளமுடைய ஒளியினாலும் அவதானிக்கப்படுகின்றது. இடையிலுள்ள எந்த அலைநீளமும் இவ்விட்டமுள்ள வளையத்தைக் கொடாது. இதனைப்போலவே, 1·4 சமீ. விட்டமுள்ள துலக்கமான வளையமொன்று 6×10^{-5} சமீ., $6{\cdot}333 \times 10^{-5}$ சமீ. அலைநீளங்களுடைய ஒளியினால் அவதானிக்கப்படுகின்றது. இடையிலுள்ள எந்தவலைநீளமும் இந்த விட்டமுள்ள வளையத்தைக்கொடாது. தட்டிற்கு அண்மைகூடியவில்லைப்பரப்பின் வளைவாரையையும் இந்தப்பரப்பிற்குந் தட்டுக்குமிடையேயுள்ள மிக அண்மையினுள்ள தூரத்தையுந் தீர்மானிக்க [$0{\cdot}667 = \frac{2}{3}$ எனவும், $0{\cdot}333 = \frac{1}{3}$ எனவும் எடுத்துக்கொள்க].

15.—(அ) சதமமீற்றருக்கு ஐயாயிரங்கோடுகளைக்கொண்ட தளக்கோண வளியடைப்பினால் உண்டாக்கப்படும் முதலாவது இரண்டாவது படி திருசியங்களிலுள்ள ($\lambda_1 = 5896$ Å, $\lambda_2 = 5890$Å) சோடியக் கோடுகளிரண்டின் பிரிவுக்கோணத்தைக் கணிக்க.

(ஆ) இரசவாவிவிளக்கொன்றிலிருந்து வருஞ் சமாந்தரவொளியானது, சதமமீற்றருக்கு 5000 கோடுகளையுடைய தளக்கோணலளியடைப்பிலே செவ்வனுக விழுகின்றது. கோணலொளியானது குவியத்தூரம் 100 சமீ. ஐயுடைய ஒருங்குவில்லையொன்றினால் திரையொன்றிற் குவிக்கப்படுகின்றது. முதலாவதுபடி திருசியத்திலுள்ள இரசப்பச்சைக்கோடானது வில்லையின் இரண்டாவது தலைமைக்குவியத்திலிருக்குமாறு வில்லையினச்சு ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளது. பின்வரும் அலைநீளங்களையுடைய ஒளியினோடொத்த கோடுகளின் முதலாவதுபடி திருசியமிலுள்ள கோணநிலைகளுக்குரிய பெறுமானங்களைக் கணிக்க —

5791Å, 5770Å, 5461Å, 4358Å, 4339Å.

(பச்சை)

பச்சைக்கோட்டிலிருந்து திரையிலே அவற்றின் தூரங்களையுங் கணிக்க.

16.—(அ) $5{\cdot}46 \times 10^{-5}$ சமீ. அலைநீளத்தையுடைய ஒருநிறவொளியானது, ஒன்றுக்கொன்று சமதூரத்திலுள்ள சமாந்தரக்கம்பிகளைக்கொண்ட அளியடைப்பொன்றிலே செங்குத்தாக விழுகின்றது. பூச்சியப்படி திருசியத்திலிருந்து 17′, 52′ நிலைகளிலே திருசியங்கள் அவதானிக்கப்படுகின்றன. (i) அளியடைப்பு ஒருமைக்கும், (ii) கம்பியின் தடிப்புக்குமுரிய பெறுமானங்களைக் கணிக்க.

(ஆ) சதமமீற்றருக்கு 5000 கோடுகள் வரையப்பட்டுள்ள அளியடைப்பொன்றிலே செவ்வனுக ஒளியானது விழுகின்றது. முறையே அலைநீளங்கள் 4×10^{-5} சமீ., 6×10^{-5} சமீ. இன் பயனை திருசியங்களினிடையே எந்தக்கோணத்தில் மேற்பொருத்துகை நிகழும் ?

17.—தளக்கோணலளியடைப்பொன்றின் ஒருமை $1{\cdot}79 \times 10^{-4}$ சமீ. ஆகும். ஒரு நிறவொளியானது செவ்வனுக அளியடைப்பிற் படும்போது கோணற் கோணங்கள் முறையே 18°40′, 39°48′ ஆகும்போதே முதலாவது இரண்டாவது திருசியங்கள் காணப்பட்டன. ஒளியினலைநீளத்தைக் கணிக்க.

18.—அலைநீளம் λ ஐயுடைய ஒருநிறவொளியானது தளக்கோணலளியடைப்பிலே கோணம் i இற் படுமாயின், கோணல்வடிவத்திலுள்ள கோடுகளின் கோணநிலைகள் $m\lambda = (a + b)$ (சைன் i + சைன் θ) என்ற சமன்பாட்டினாற் கொடுக்கப்படுமெனக் காட்டுக. இங்கு குறியீடுகள் வழக்கமான கருத்துகளையுடையன.

$i = 45°$ ஆயின், அளியடைப்பு ஒருமை, அதாவது $(a + b)$, $(6 \times 10^3)^{-1}$ சமீ. ஆகும்போது, அலைநீளம் $6{\cdot}0 \times 10^{-5}$ சமீ ஐயுடைய ஒளிக்குரிய பலபடி திருசியங்களின் கோணநிலைகளுக்குரிய பெறுமானங்களைக் கணிக்க.

19.—அலைநீளவீச்சம் $(4{\cdot}8 - 6{\cdot}4) \times 10^{-5}$ சமீ. ஐயுடைய சமாந்தரவொளிக்கற்றையொன்று, ஒருமை 0.0080 சமீ. ஐயுடைய தளச்செலுத்தலளியடைப்பிலே செங்குத்தாக விழுகின்றது. திருசியமொன்றையுண்டாக்க அளியடைப்போடு சேர்ந்து 200 சமீ. குவியத்தூரத்தையுடைய மெல்லியவொருங்குவில்லையொன்று உபயோகிக்கப்படுகின்றது. முதலாவதுபடி திருசியத்தின் அகலத்தை மதிப்பிடுக.

20.—பச்சையிரசக்கோட்டின் அலைநீளம் $5{\cdot}461 \times 10^{-5}$ சமீ. எனக்கொடுக்கப்பட்டால், சோடிய மஞ்சட்கோடுகளின் அலைநீளங்களைத் தீர்மானிக்கத் தளக்கோணலளியடைப்பொன்றை எவ்வாறுபயோகிப்பீரென விளக்கி விவரிக்க.

செங்குத்துப் படுகையின்போது தளக்கோணலளியடைப்பொன்று குறித்தவொரு திருசியப்படியிலுள்ள மஞ்சட்கோடொன்றை, $\lambda = 5{\cdot}75 \times 10^{-5}$ சமீ., இதற்கடுத்த உயர்வுப்படியிலுள்ள $4{\cdot}60 \times 10^{-5}$ சமீ. நீலக்கோட்டின் மேற் பொருந்தச் செய்கின்றது. கோணற்கோணம் 30° ஆயின், அளியடைப்பு ஒருமைக்குரிய பெறுமானமொன்றைப் பெறுக.

21.—பின்வருமொவ்வொன்றினையுஞ் சுருக்கமாக விளக்குக.—

(அ) சூரியனின் திருசியமானது அநேக கறுப்புக்கோடுகள் குறுக்கிட்ட தொடர்ச்சியான ஒளிப்பட்டையைக் கொண்டதாகும்.

(ஆ) நிறமற்ற நெய்த்தளியொன்று நீர்த்தொட்டியொன்றில் விடப்பட்டால், பகலிற் பார்க்கும்போது நிறமுள்ள பொட்டுகளை உண்டாக்குகின்றது.

(இ) தூரத்திலொளிருகின்ற விளக்கொன்று பட்டுலேஞ்சியினூடு பார்க்கப் படும்போது அனேக விம்பங்களை உண்டாக்குகின்றது. [N.A.]

22.—தளக்கோணலளியடைப்பின் எளிய கொள்கையைக்கூறுக.

அலைநீளம் λ ஐயுடைய ஒருநிறவொளியானது கண்ணுடியரியமொன்றின் முதலாவது முகத்திலே செங்குத்தாக விழுகின்றது. அதனிரண்டாவது முகத்திலே அளியடைப்பின் பிரதியொன்று, ஒருமை $(a + b)$, அதன் வரைகள் அரியத்தின் முறிவோரத்திற்குச் சமாந்தரமாயிருக்குமாறு ஏற்றப் பட்டுள்ளது. இரண்டாவதுபடி. திருசியங்களுளொன்று விலகாதிருப்பின் அரியத்தின் முறிகோணத்தினது பெறுமானத்திற்குரிய கோவையொன் றைப் பெறுக.

அத்தியாயம் 31

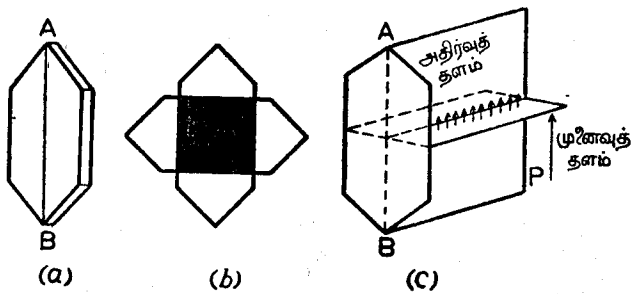
முனைவாக்கிய ஒளி

முன்னுரை.—முந்தியவத்தியாயங்களிலே ஒளியின் அலைக்கொள்கையை உருவாக்கும்போது அலைகளின் இயல்பைப்பற்றிய உடன்பாடொன்றுஞ் செய் யப்படவில்லை. அன்றியும், எல்லாவொளியும் ஒரேசத்தர்ப்பங்களில், ஒரே வகையாகவே எப்போதும் ஒழுகிக்கொள்கின்றதென ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது. உதாரணமாக, பரப்பொன்று ஒளியைத் தெறிக்கச் செய்யுமாயின், அது எப்போதுந் தெறிக்கவே செய்யும். எனினும், குறிப்பான சில ஒளிக்கதிர்கள், குறித்தவொரு படுகோணத்திலே நீர் அல்லது வேறு பரப்பு அவற்றைத் தெறிக்காதிருக்கக்கூடியதாய், இருவகையான பண்பைக் கொண்டனவாயிருக்கின்றனவென இப்போது காட்டப்படும். இவ்வகையான ஒளி **முனைவாக்கப்பட்டது** என்று சொல்லப்படும். சமாந்தரத் தளங்களிலே அதிர்வுகளை உண்டாக்கும் முனைவாக்கிய ஒளியின் வகையைப்பற்றி மட்டுமே நாம் விவாதிப்போம். **தளமுனைவாக்கியவொளி** என்று இது சொல்லப்படும். ஈதிலே நீளப்பக்கவதிர்வுகளையோ குறுக்கதிர்வுகளையோ ஒளி கொண்டிருக் கும் என்பதைத் தீர்மானிக்க எமக்கு உதவுவதினால், இவ்வகையான ஒளியினறிவு முக்கியமானதாகும்.

ஓர் ஒப்புமையை முதலில் நாம் கருதுவோமாக. திரைகளைத் தொங்க விடுதற்கு உபயோகிக்கப்படுவனபோன்ற ஏறத்தாழ 6 அடி நீளமான கம்பி வில்லொன்று சிறிதளவு ஈர்க்கப்பட்டு ஒடுங்கிய பிளவொன்றினூடு செலுத் தப்பட்டால், பின்வரும் பரிசோதனை செய்யப்படலாம். வில்லானது பிளவின் நீளத்திற்குச் சமாந்தரமாகப் பெயர்க்கப்பட்டால், உண்டாகிய குழப்பம் பிளவினூடு செல்லுகின்றது. பிளவுக்குச் செங்குத்தான திசையிலே அது பெயர்க்கப்பட்டால், குழப்பமானது பிளவினூடு செல்லாது. அன்றியும், வில்லிலே தூண்டப்பட்ட நீளப்பக்கக் குழப்பமானது, வில்லின் சார்பாகப் பிளவானது எவ்வகையாக அமைந்திருந்தபோதிலும், அப்பிளவினூடு செல்லுகின்றது.

ஒளியியற் பிரச்சினையைப் பற்றிக்கருதுவோமேயானால், உருவம் 31.01 (a) இற் காட்டப்பட்ட உருவத்திலே தோரமல்லிப்பளிங்கொன்றின் ஒரு வெட்டு பெறப்படும். இவ்வகையான வெட்டு பளிங்கியலச்சு AB இற்குச் சமாந்தரமாக வெட்டப்பட்டதென்று சொல்லப்படும். எல்லாப்பளிங்குகளுஞ் சிறப்பான அச்சுகளைக் கொண்டன. இவ்வச்சுகளைக்கொண்டு அவற்றின் உருவங்களும் இயல்புகளும் மிக்க எளிதானவகையிற் குறிப்பிடப்பட லாம். இவ்வச்சுக்கள் பளிங்கியலச்சுக்கள் எனப்படும். ஆனால், பளிங் கொன்றிலே இவை நிலையானவையென்று மாணவன் கருதாது கவனமா யிருத்தல் வேண்டும். இவை திசைகள் மட்டுமேயாம். ஒளியியலச்சுக்குச் சமாந்தரமான எந்தக்கோடும் அதற்குச் சர்வசமமான ஓரச்சாகும். 1 மிமீ.

இலுங்கூடிய தடிப்பான இவ்வகைத் தோரமல்லிக் கீலமொன்றினூடாக வெள்ளொக்காஇதத்தாளொன்று பார்க்கப்பட்டால், பளிங்கிலே தேர்ந்தவுறிஞ் சலின் காரணத்தினால், வெளிப்படும் ஒளியானது பச்சைச் சாயத்தைக் கொண்டிருக்கும். ஆனால், ஒளியையேற்கும் பளிங்கின்முகத்துக்குச் செங்



உருவம் 31.01.—ஒளியிலே தோரமல்லிப்பளிங்கொன்றின் தாக்கம்.

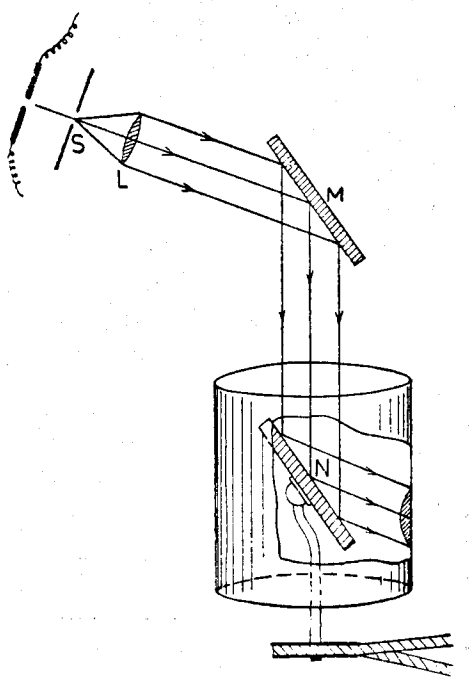
குத்தான அச்சொன்றைக் கொண்டு பளிங்கானது சுழற்றப்படும்போது செலுத்தப்பட்டவொளியின் செறிவு எவ்விதமாயுந் தாக்கப்படாது. இவ் வகையான இரண்டாவது பளிங்கொன்று இரண்டு பளிங்குகளினதும் பளிங்கி யலச்சுகள் சமாந்தரமாயிருக்குமாறு, பிடிக்கப்பட்டால், அவற்றினூற் செலுத் தப்படும் ஒளியிலே எள்ளளவேனும் வித்தியாசம் தோற்றாது. முந்தியதைப் போல இரண்டாவது அல்லது முதலாவது பளிங்கைச்சுழற்ற இவ்வொளி யின் செறிவு படிப்படியாகக் குறைந்து கொண்டுபோகும். பளிங்குகளின் அச்சுக்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக வந்ததும் ஒளியானது செலுத் தப்படமாட்டாது. அப்போது பளிங்குகளிரண்டும் **குறுக்காயுள்ளன** என்று சொல்லப்படும். குறுக்கான தோரமல்லிகளினூல் ஒளியின் பூரண அணைவை உருவம் 31.01 (*b*) காட்டுகின்றது. தோரமல்லிப்பளிங்கொன்றின் இவ்வகை யான கீலமொன்றினூற் செலுத்தப்படுமொளியானது தளமுனைவாக்கப் பட்டதெனக் கொண்டோமாயின் இந்தப் பரிசோதனை விளக்கப்படலாம். ஏனெனில், இவற்றினச்சுகள் ஒரேதிசையிலிருந்தால் மட்டுமே இரண்டாவது பளிங்கினூல் இவ்வகையான ஒளி செலுத்தப்படமுடியும். ஒளியலைகள் குறுக்கானவையேயன்றி நீளப்பக்கமானவையன்றென மேலேயுள்ள ஒப்பு மையிலிருந்து தெளிவாகின்றது.

ஒளியானது ஈதரிலே குறுக்கலையியக்கத்தைக் கொண்டதெனவும், இவ் வதிர்வுகள் ஒரே தளத்திலிருக்கும்போது தளமுனைவாக்கியவொளி பெறப் படுகின்றதெனவும் நிறுவிவிட்டோமாயினும், இவை நிகழுகின்ற தளம்வரை யறையாய் எமக்குத் தெரியாது. அதிர்வுகள் பளிங்கியலச்சுக்குச் சமாந்தர மெனச் சிலவெழுத்தாளர் கொண்டுள்ளனர். மற்றவர்கள் இதற்குச் செங்குத்தெனக் கொண்டுள்ளனர். ஒளியின் மின்காந்தக் கொள்கை

யானது இத்தளங்களொவ்வொன்றிலும் எதோ நிகழ்கின்றதென எமக்குக் கற்பிக்கப்படுகின்றது. ஆனால், எமது இப்போதைய தேவைக்கு, தோர மல்லிப்பளிங்கொன்றினூடு செலுத்தப்பட்ட தளமுனைவாக்கியவொளியிலே, பளிங்கியலச்சைக்கொண்டுள்ள தளமொன்றிலே அதிர்வுகள் உள்ளனவென கொள்வோமாக. இதற்குச் செங்குத்தான தளமொன்று **முனைவாக்கத் தளம்** எனப்படும்—உருவம் 31.01 (*c*) ஐப் பார்க்க.

பளிங்கின்முகத்துக்குச் செங்குத்தாக ஒளிக்கதிரொன்று படும்போது இரண்டு கதிர்களாகப் பிரிகின்றதன்மையே மேலேகுறிப்பிட்டதோரமல்லியின் நூதன வியல்பின் காரணமாகும். இவ்வாறு பிரிந்த ஒரு கதிர் அச்சு **AB** ஐக் கொண்ட தளத்திலே அதிருகின்றது. மற்றது இதற்குச் செங்குத்தான தளத்திலே அதிருகின்றது. பின்னையதைச் செல்லவிடும்போது முந்தியது உறிஞ்சப்படும். அதாவது, பளிங்கியலச்சு **AB** இற்குச் சமாந்தரமான அதிர் வுகளைக்கொண்ட ஒளியே தோரமல்லித்தட்டிலிருந்து வெளிவிடப்படுகின்றது.

தெறிப்பினூல் முனைவாக்கல்.—**M** உம். **N** உம், உருவம் 31.02, இடைத் தளவச்சைக்கொண்டு சுழற்றப்படக்கூடிய கண்ணுடித்தட்டின் இரண்டு துண் டுகள். கீழேயுள்ள **N** என்பது நிலைக்குத்தச்சொன்றைக் கொண்டுஞ் சுழற்றப்படக்கூடியதாயிருக்கின் றது. வில்விளக்கொன்றிலிருந்து வருமொளியானது, ஒருங்கு வில்லை **L** இன் தலைமைக் குவி யத்தளத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள சிறிய துவாரமொன்றினூடு செல்வதினூல், ஒளியின் சமாந் தரக்கற்றையாக **M** ஐ அடைகின் றது. ஒளிக்கற்றையின் திசை யும் **M** இன் ஒருச்சாய்ப்பும் படுகோணம் 57° ஆயிருக்கு மாறு ஒழுங்குசெய்யப்பட, தெறி கற்றையானது நிலைக்குத்தாக நேர்கீழே சென்று **N** ஐ அடை கின்றது. இந்த இரண்டாவது ஆடியானது **M** இற்குச் சமாந் தரமாதலால் 57° இற்குச்சம மான படுகோணத்திலே ஒளி யையேற்கின்றது. **N** ஐச்சுற்றி வைக்கப்பட்டுள்ள உருளை வடி வான ஒளிக்கசிவுள்ள திரை யொன்றிலே ஒளியின்வட்டப்



உருவம் 31.02.—தெறிப்பினூல் முனைவாக்கல்.

பொட்டொன்று காணப்படும். நீலைக்குத்தான அச்சொன்றைக்கொண்டு **N** சுழற்றப்படும்போது தெறிப்பொளியின் செறிவு படிப்படியாகக் குறைந்து சுழற்சி 90° ஆனபோது பூச்சியமாகின்றது. சுழற்சி அதேதிசையிற்றொடர்ந்து நிகழுமாயின், செறிவானது சுழற்சி 180° ஆனபோது உயர்வாயும், 270° ஆனபோது பூச்சியமாயும், கடைசியாக முழுச்சுற்றென்று பூரணமானதும் மீண்டும் உயர்வாயுமிருக்கும். **N** ஆனது விரைவாகச் சுழற்றப்படும்போது உயர்வுகளிரண்டைக் கொண்ட ஒளிவளையமொன்று திரையிலே உண்டாக்கப் படும். கண்ணாடி பரப்பொன்றிலிருந்து 57° இலே தெறித்த வொளி யானதுஏறத்தாழ முழுவதும் தளமுனைவாக்கப்பட்டால் இதனை விளக்கக் கூடும். ஒளியின் மின் காந்தக் கொள்கையின்படி, மின்கோடு புகுமூடக மொன்றின் பரப்பிற்றெறிப்பினால், முழுவதும் தளமுனைவாக்கப்பட்ட ஒளியைப்பெறமுடியும். செய்முறையில் இது மிக்கவரிதாகும். கொள்கை யிலிருந்துள்ள விலக்கம் பரப்பானது கறைப்படுதலினாலென **இரேலி** கூறுகின்றார்.

புரூசுதரின்விதி. (Brewster) 57° ஐவிட வேறெந்தக் கோணத்திலும் ஒளியானது படும்போது கீழாடியிலிருந்து தெறித்தவொளியின் செறிவு, கீழாடியைச் சுழட்ட மாற்றமடைந்தபோதிலும், முந்திய அளவுக்கு ஒரு போதுங் குறைவதில்லை. பல தெறிகருவிகளைக்கொண்டு செய்யப்பட்ட பரி சோதனைகளின் தொடரொன்றிலிருந்து, முறிகதிருக்குச் செங்குத்தாகத் தெறிகதிரிருக்கும்போதே பூரண அனைவை எதிர்பார்க்கலாமெனப் **புரூசிதர்** கண்டுபிடித்தார். அனைவுண்டாகக்கூடிய சிறப்பான படுகோணம் **முனை வாக்கக்கோணம்** எனப்படும். OA, OB OC, என்பன, உருவம் 31.03 (*a*) படுகோணம் α முனைவாக்கற்கோணத்திற்குச் சமமாயிருக்கும்போது முறையே படுகதிர், தெறிகதிர், முறிகதிராயின் **புரூசுதரின்** விதியானது,

$$\widehat{BOC} = \frac{\pi}{2}, \text{ அதாவது } (\alpha + \beta) = \frac{\pi}{2}$$

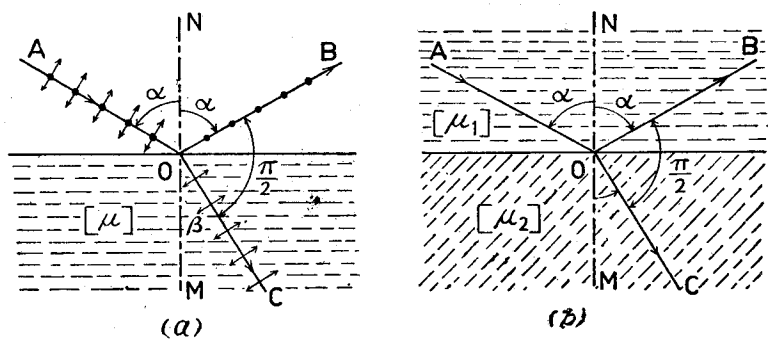
எனக்கூறுகின்றது. ஆனால்,

$$\mu = \frac{\text{சைன் } \alpha}{\text{சைன் } \beta} = \frac{\text{சைன் } \alpha}{\text{கோசை } \alpha} = \text{தான் } \alpha.$$

முறிவுக்குணகம் μ ஆனது ஒளியின் நிறத்திலே தங்கியிருக்கின்றதெனி னும், சாதாரண கண்ணாடிக்கேனும் நீருக்கேனுமுரிய நிறப்பிரிக்கை மிக வுங் குறைவாயிருத்தலினால், கட்புலனுக்கு திருசியம்முழுவதிலும் முனைவாக் கற்கோணத்தின் மாற்றம் ஏறத்தாழ தவிர்க்கப்படலாம்.

உருவம் 31.03 (*a*) இலேயுள்ள கதிர் AO இற்காணப்படும் குற்றுகளும் அம்புக்குறிகளும் அதிர்வுகள் ஒழுங்கற்றபடியுள்ளனவெனக் குறிப்பனவா யினும் அவை கதிருக்குச் செங்குத்தான தளங்களில் வரையறுக்கப்பட் டுள்ளன. OB இலேயுள்ள குற்றுகள் வரிப்படத்தளத்திற்குச் செங்குத்

தாக அதிர்வுகளுள்ளனவெனக் காட்டுகின்றன. OC இலுள்ள அம்புக்குறி கள் அதிர்வுகள் கதிருக்குச் செங்குத்தாகவும், ஆயினும் வரிப்படத்தளத் திலுமுள்ளனவெனக் காட்டுகின்றன.



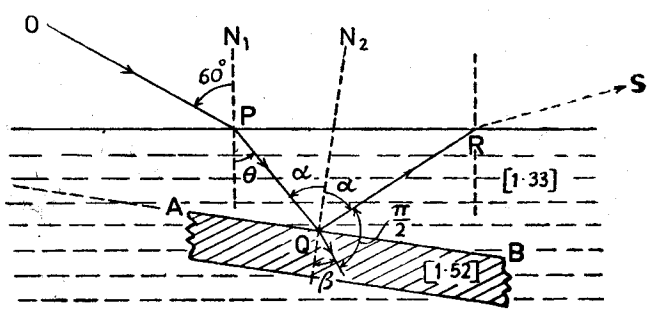
உருவம் 31.03.—முனைவாக்கற் கோணத்திற்குச் சமமான கோணமொன்றிற்படுகின்ற முனைவாக்கா வொளியின் முனைவாக்கலும் முறிவும்.

முறிவுக் குணகங்கள் முறையே μ_1, μ_2 களையுடைய ஊடகமிரண்டின் எல்லையிலே தெறிப்பு நிகழும் போது முறிகதிருக்குச் செங்குத்தாயுள்ள தெறிகதிர் தளமுனைவாக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே, உருவம் 31.03 (*b*) ஐப்பார்க்க,

μ_1 சைன் $\alpha = \mu_2$ சைன் $\beta = \mu_2$ கோசை α. $\quad [\because \alpha + \beta = \frac{1}{2}\pi]$

அதாவது, μ_1 தான் $\alpha = \mu_2$.

உதாரணம்.—ஒளிக்கதிர் OP ஆனது கிடைத்தள நீர்ப்பரப்பொன்றிலே 60° இற் படுகின்றது. முறிகதிர் PQ ஆனது கண்ணாடிக்குற்றி யொன்றின் மேலேயுள்ள பரப்பு AB இலே விழுகின்றது. கிடைத்தளத்திலுமே சாய்ந்திருக்கும் பரப்பு வரிப்படத்திற்குச் செங்குத்தாயுள்ளது.—உரு வம் 31.04 ஐப் பார்க்க. நீரினதும் கண்ணாடியினதும் முறிவுக்குணகங்கள்



உருவம் 31.04.

முறையே 1·33, 1·52 ஆயின், கதிர் QR ஆனது முழுவதும் தளமுனைவாக்கப்பட்டிருக்கும்போது, இடைத்தளத்திலேடு AB ஆக்குங் கோணத்திற்குரிய பெறுமானமொன்றைப் பெறுக. செய்முறையிலே கதிர் RS ஆனது ஏன் பெறப்படமுடியாதென விளக்குக.

கோணம் $\hat{PQR}$ ஐ 2α எனக்கொள்க. எனின், α என்பது Q இலே படுகோணமாகும். QR என்பது முறிகதிருக்கு Q இலே செங்குத்துக்கோடாயின்; தெறிப்பொளியானது ஏறத்தாழத் தளமுனைவாக்கப்பட்டிருக்கும். ஆகவே,

$$1{\cdot}33 \text{ சைன் } \alpha = 1{\cdot}52 \text{ சைன் } (90 - \alpha)$$

அதாவது, $1{\cdot}33 \text{ தான் } \alpha = 1{\cdot}52$, அல்லது $\alpha = 48° 48'$.

P இலே முறிகோணம் θ ஆயின்,

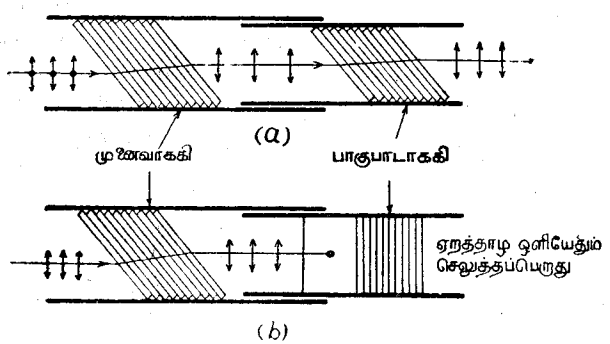
$$\text{சைன் } 60° = 1{\cdot}33 \text{ சைன் } \theta$$

$$\therefore \theta = 40° 38'.$$

$$\therefore \text{ இடைத்தளத்திலேடு AB இன் சாய்வு } = 8° 10'.$$

இந்த நிபந்தனைகளிற் கதிர் QR ஆனது நீரின் பரப்பிலே கோணம் 56° 58′ இற் படுகின்றது. இது அவதிக்கோணத்திலும் அதிகமாயிருத்தலினால், கதிர் RS இருக்கமுடியாது.

தட்டுகளின் அடுக்கினால் முனைவாக்கம்.— ஒளியானது கண்ணாடிப் பரப்பொன்றிலே விழும்போது சத்தியின் சிறிய பின்னம் மட்டுமே தெறிக்கப்படுகின்றது. முனைவாக்கற்கோணத்திலுங்கூட ஒளியானது குறைவாக மட்டுமே தளமுனைவாக்கப்படுகின்றது. அன்றியும், செலுத்தப்பட்ட ஒளியானது மிகக்கூடிய செறிவுடையதாயிருக்கும். ஆயினும் அது முழுவதும



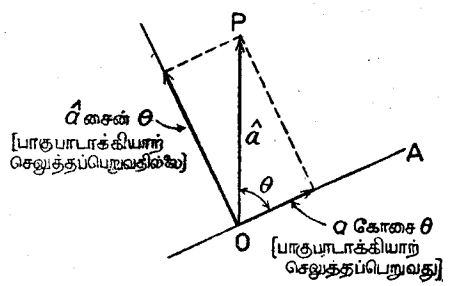
உருவம் 31.05.—முனைவாக்கியாகவும் பாகுபாடாக்கியாகவும் தொழிற்படுகின்ற இரண்டடுக்குகள்.

தளமுனைவாக்கப்பட்டிருப்பதில்லை. இக்குறைகளை மேற்கொள்ளுவதற்காகத் தட்டுகளின் அடுக்கொன்றை உபயோகிப்பது வழக்கம். அடுத்துள ஒவ்வொரு தெறிப்பிலும் ஒளியானது படுதளத்திற்குச் செங்குத்தாக அதிருமலைகளிப் புதிதுபுதிதாகப் பெறுகின்றது. பத்துத் தட்டுகளினுங் கூடுதலான

அடுக்கொன்றிலேடு தெறிப்பொளியானது படுதளத்திற்குச் செங்குத்தான அதிர்வுகளையுடைய எல்லாவொளியையும் ஏறத்தாழக் கொண்டுள்ளது. செலுத்தப்பட்ட ஒளியானது மிச்சவலைகளைக் கொண்டுள்ளது. இவை படுதளத்திலே அதிருகின்றன. செய்முறையிலே தட்டுகளினடுக்கினூடு செலுத்தப்பட்ட ஒளியை உபயோகிப்பது வழக்கம்.

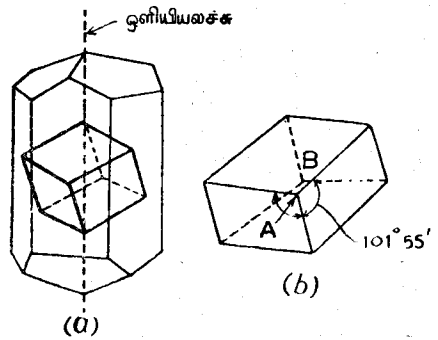
இருபது கண்ணாடித்தட்டுகளின் அடுக்கொன்றிலேடு செலுத்தப்பட்ட கற்றையில் தளமுனைவாக்கப்பட்ட ஒளியின் நூற்றுவீதம் ஏறத்தாழ 80 ஆகும். தட்டுகளின் இவ்வகையான அடுக்கொன்று ஏறத்தாழ ஒளிமுழுவதையும் தளமுனைவாக்கப்பட்ட இரு கற்றைகளாகப் பயன்படுமாறு பிரிப்பதனால் அது **முனைவாக்கி** எனப்படும். உருவம் 31.05 (*a*) இற் காட்டப்பட்டிருப்பது போல ஒன்றினொன்றுக இவ்வகையான அடுக்குகளிரண்டு ஏற்றப்பட்டிருப்பின், முதலாவது அடுக்கு முனைவாக்கியாகத் தொழிற்பட்டு முக்கியமாகப் படுதளத்திலேயுள்ள அதிர்வுகளைச் செலுத்துகின்றது. இரண்டாவது அடுக்கு இவ்வொளியை ஏற்றபின், இரண்டு அடுக்குகளினதும் பரப்புகள் சமாந்தரமாயிருப்பின் அவ்வொளி ஊடாகச்செலுத்தப்படும் **பாகுபாடாக்கி** எனப்படும் இவ்விரண்டாவது அடுக்கானது படுகற்றைக்குச் சமாந்தரமான அச்சைக்கொண்டு சுழற்றப்பட்டால், செலுத்தப்பட்ட கற்றையின் செறிவு படிப்படியாகக் குறைகின்றது. அடுக்கானது 90 பாகையினூடு சுழற்றப்பட்டதும் ஏறத்தாழக் கற்றைமுழுவதும் அணைந்துவிடும்—உருவம் 31.05 (*b*) ஐப் பார்க்க.

மாலசின் (Malus) கோசைன்வர்க்கவிதி.—உருவம் 31.06 இலே OA என்பது தட்டுகளின் அடுக்கினூடு செலுத்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் திசையெனக் கொள்க. OP என்பது அடுக்கிற் படுகின்ற தளமுனைவாக்கப்பட்ட ஒளியலைகளுக்குரிய அதிர்வுத்தளமெனக் கொள்க. $\hat{AOP} = \theta$ எனவுங் கொள்க. படுமொளியின் வீச்சம் $\hat{a}$ ஆயின். $\hat{a}$ கோசை θ கூறுமட்டுமே செலுத்தப்படும். $\hat{a}$ சைன் θ கூறு செலுத்தப்படுவதில்லை. ஒளிக்கற்றையின் செறிவானது அதிர்வுகளின் வீச்சவர்த்த்திலேடு விகிதசமமாகுமாதலின், செலுத்தப்பட்ட ஒளியின் செறிவாகிய I ஆனது, $I = I_0$ கோசை$^2\theta$ என்பதனாற் கொடுக்கப்படுமெனப் பெறப்படும். இங்கு, I_0 என்பது படுகற்றையின் செறிவாகும். இச்சூத்திரமானது 1810 இலே **மாலசினால்** அனுபவ வாயிலாகக்கண்டு பிடிக்கப்பட்டது.



உருவம் 31.06.—மாலசின் கோசைன் வர்க்கவிதி.

கல்சைற்றின் சில ஒளியியலியல்புகள்.—**இராசுமசு பதோலீனியசு** (**Erasmus Bartholinius**) என்னுந் தேனியர் கல்சைற்று என்னும் ஐசுலாந்துச் சுண்ணும்புப்படிகக்கல்லின் சில விசேடவியல்புகளைப் பற்றி முதலிற் குறிப்பிட்டார். இப்படிகம் இயற்கையாகக் கல்சியங் காபனேற்றுகத் தோற்றுகின்றது. உருவம் 31.07 (*a*) கல்சைற்றின் பளிங்கொன்றைக் குறித்துக் காட்டுகின்றது. பலவுருவங்களிற் பளிங்காகும் இக்கனிப் பொருளின் ஒருருவமே இங்கு காட்டப்பட்டுள்ளது; கல்சைற்றுப்பளிங்குக ளெல்லாவற்றையும் பிளந்து உருவம் 31.07 (*b*) இலிருப்பது போலச் சாய்சதுரத்திண்மமாகக் குறைக்கலாம். பளிங்கினூடு சாய்சதுரத்திண்மத்தின் றெடர்பை உருவம் 31.07 (*a*) காட்டுகின்றது. பளிங்கை முதலிற் பார்க்கும் போது அறுகோணத் தொகுதியின் தொடர்பு நினைவுக்கு வருகின்றது. ஆனால், முடிவிடமுகங்களின் அண்மைக் காலத்தாராய்ச்சி நிலைக்குத்தச்சானது சமச்சீரின் முப்பட்டையச்சாகுமெனக் காட்டுகின்றது. சமச்சீரின் மையமொன்றுண்டு. ஆனால், சமச்சீரின் கிடைத்தளமில்லை.

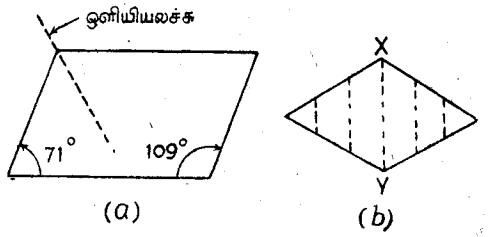


உருவம் 31.07.—(a) கல்சைற்றுப்பளிங்கு (b) கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத்திண்மம். பளிங்கினூடு சாய்சதுரத்திண்மத்தின் தொடர்பை (a) காட்டுகின்றது.

கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத்திண்மமொன்றின் முகங்கள் ஆறு இணைகரங்களாகும். இவற்றின் கோணங்கள் முறையே 101° 55′ உம் 78° 5′ உமாகும். A இலும் B இலுமுள்ள விட்டவெதிர்த் திண்மக்கோணங்கள் விரிகோணங்கள் மூன்றிற் கொண்டனவாம். எஞ்சிய நான்கிலொவ்வொன்றும் கூர்ங்கோணமிரண்டையும் விரிகோணமொன்றையும் எல்லையாய்க்கொண்டனவாம். A இலே அல்லது B இலே மூன்று முகங்களினூடும் சமகோணங்களையாக்கும் திசையானது பளிங்கின் **ஒளியிலச்சு** எனப்படும். ஒளியிலச்சானது பளிங்கிலே நிலைத்தவொரு கோடாகாது ஒரு திசைமட்டுமேயென்பதும், சாய்சதுரத்திண்மத்தின் ஓரங்களெல்லாஞ் சமமாயிருக்கும்போது அந்தச் சிறப்பான சந்தர்ப்பத்திலே ஒளியியலச்சானது AB இற்குச் சமாந்தரமாக மட்டும் இருக்குமென்பதும் வற்புறுத்தப்படுதல் வேண்டும். படிகத்தைப் போன்று கல்சைற்றும் ஒரேயொரு ஒளியியலச்சைக் கொண்டிருத்தலினால் அது **ஓரச்சுப்பளிங்கு** எனப்படும்.

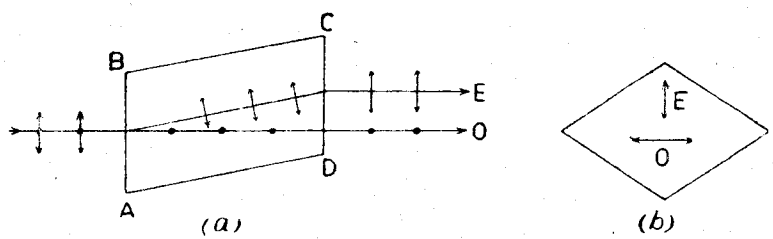
தலைமைவெட்டுகளும் தலைமைத்தளங்களும்.—ஒளியியலச்சினூடு செல்வதும் கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத்திண்மத்தின் முகமொன்றிற்குச் செங்குத்தானதுமான தளமானது **தலைமைவெட்டு** எனப்படும். ஒவ்வொரு

புள்ளிக்கும் மூன்று தலைமைவெட்டுகளிருக்கின்றன. கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத் திண்மத்திலே உருவம் 31.08 (*a*) இற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோல, தலைமைத்தளமொன்று பரப்புகளை ஏறத்தாழ 71° உம் 109° உமுள்ள இணைகரமொன்றிலே எப்போதும் வெட்டுகின்றது. உருவம் 31.08 (*b*) கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத்திண்மமொன்றின் நேரெதிர்ப்பார்வையாகும். XY என்பது ஒரு தலைமைவெட்டாகும். சாய் சதுரத்திண்மத்தினூடுசென்று XY இனூற் குறிப்பிடப்பட்ட தளத்திற்குச் சமாந்தரமான மற்றெல்லாத் தளங்களுங்கூடத் தலைமை வெட்டுகளேயாம். XY இற்குச் சமாந்தரமாகக் குறிப்பிடப்பட்ட கோடுகளினூல் இவற்றிற்சில குறிக்கப்பட்டுள்ளன.



உருவம் 31.08.—கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத் திண்மமொன்றின் தலைமைவெட்டுமுகமும் தலைமைத் தளமும்.

இரட்டைமுறிவினூல் முனைவாக்கல்.—கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத்திண்மமொன்றின் பரப்பிலே முனைவாக்காவொளியின் கற்றையொன்று செங்குத்தாகப்படும்போது நிகழ்வதை இப்போது கருதுவோமாக.



உருவம் 31.09.—இரட்டைமுறிவினூல் முனைவாக்கல்.

உருவம் 31.09 (*a*) இலே ABCD என்பது சாய்சதுரத்திண்மத்தின் ஒரு தலைமைவெட்டாகும். ஒளிக்கதிரொன்று முகம் AB இலே செங்குத்தாகப் படுகின்றது. சாய்சதுரத்திண்மத்தினுட் செல்லும்போது இக்கதிரானது இரண்டு கதிர்களாகப் பிரிகின்றது. இக்கதிர்களுளொன்றாகிய O, விலகலேயும் பக்கவிடப்பெயர்ச்சியேனுமின்றி சாய்சதுரத்திண்மத்தினூடு செல்லுகின்றது. இரண்டாவது கதிர் E ஆனது, பளிங்கினுள்ளே விலகி O இற்குச் சமாந்தரமாக வெளிப்படும்போது பக்கவிடப் பெயர்ச்சிக்காளாகின்றது. கதிர் O ஆனது, ஒளியின் படுகோணங்களெல்லாவற்றிற்கும் முறிவுவிதிக்காளாகின்றது. இது சாதாரணக் கதிர் எனப்படும். செங்குத்தான படுகையி

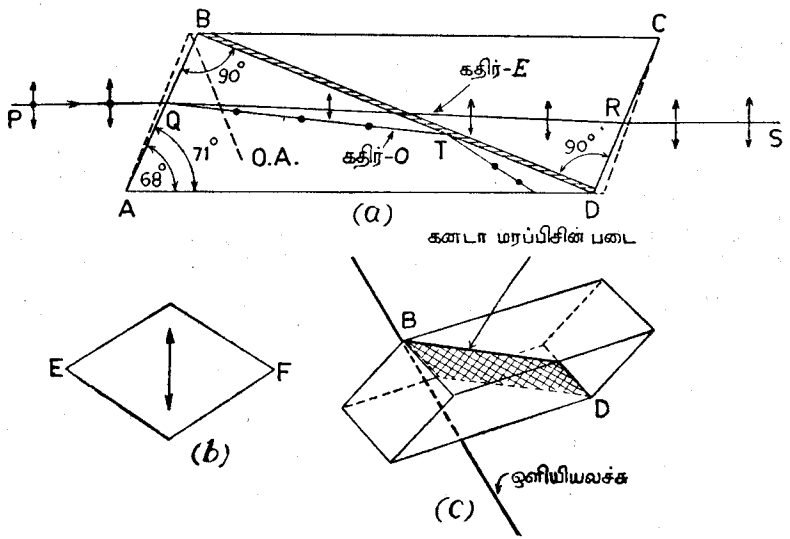
ஓங்கூட முறிகின்ற **கதிர் E** ஆனது **அசாதாரணமான கதிர்** எனப்படும். இது **சினெலின்**விதிக்கு அமைந்திராது. அதாவது, முறிகோணச் சைனுக்குப் படுகோணச்சைனின் விகிதம் ஒருமையாகாது, படுகோணத்திலேடு மாறிக் கொண்டிருக்கும்.

வெளிப்படுங்கதிர்கள் பாகுபாடாக்கியொன்றினூல் ஆராயப்படும்போது ஒவ்வொரு கதிரும் தளமுனைவாக்கப்பட்டுக் காணப்படும். சாதாரணக்கதிரின் அதிர்வுகள் காகிதத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவும், அசாதாரணக் கதிர்வுகள் காகிதத்தளத்திலும் நிகழுகின்றன. ஆகவே, ஒளியை இரண்டு தளமுனைவாக்கிய கற்றைகளாகப் பிரிப்பதே கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத்திண மத்தின் விளைவாகும். இக்கற்றைகளின் அதிர்வுத்தளங்கள் ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்தாயுள்ளன. அதாவது, பாகுபாடாக்கியானது அக்கதிர் **O** இற்கு உயர்வுச் செறிவைக் காட்டுமாயின், கதிர் **E** இற்குரிய செறிவு பூச்சியமாகும் ஒருவர் சாய்சதுரத்திண்மத்தை நேர்முட்டாகப் பார்ப்பாரா யின் அதன் வெட்டு உருவம் 31.09 (*b*) இற் காட்டப்பட்டிருப்பதுபோலக் காணப்படும். அசாதாரணக் கதிரின் அதிர்வுகள் வெட்டின் குறுகிய மூலைவிட்டத்திற்குச் சமாந்தரமானவையாகும்.

இரட்டைமுறிவின் இத்தோற்றப்பாடு **இருமைமுறிவு** எனப்படும்.

நிக்கலரியம்.—கல்சைற்றின் இருமைமுறிவின் இத்தோற்றப்பாடு மிக்க வசதியானதும் திறமைமிக்கதுமான முனைவாக்கியை, ஆகவே, பாகுபா டாக்கியை, நாம் அமைக்க உதவுகின்றது. வெளிப்படு கதிர்களிரண்டும் தளமுனைவாக்கப்பட்டிருத்தலினூல், தளமுனைவாக்கப்பட்ட ஒரு கற்றை யைப் பெறுதற்கு, அவற்றுளொன்றை அகற்றுவது மட்டுமே தேவை யானதாகும். 1828 இலே **நிக்கல்** என்பவர் இப்பிரச்சினையைத் தீர்த்தார். அவருண்டாக்கிய அமைப்பு **நிக்க**லரியம் எனப்படும். இதனமைப்பும் தொழிற்பாட்டின் தத்துவமும் உருவம் 31.10 (*a*) இலே காட்டப்பட்டிருக் கின்றன. கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத்திண்மத்தினூடு சாதாரணவொளியானது செலுத்தப்படும்போது உண்டாகும் இரு கற்றைகளுலொன்றை முழுவுட் டெறிப்பினூல் அகற்றுவதற்காக, கல்சைற்றின் நீண்ட தெளிவானமறுவற்ற கூர்ங்கோணத்திண்மவடிவான சாய்சதுரத்திண்மமொன்று பிளந்து பெறப் படும். சாய் சதுரத்திண்மத்தின் நீளம் அதனகலத்தின் ஏறத்தாழ மும்மடங்காயிருத்தல் வேண்டும். சாய்சதுரத்திண்மத்தின் தலைமைவெட்டு ABCD இலே AB, CD ஆகிய முனைமுகங்களிரண்டும் தேய்த்துத் துலக்கப் பட்டு A இலும் C இலுமுள்ள கோணங்கள் 71° இற்குப்பதிலாக 68° ஆகு மாறு வெட்டியெடுக்கப்படுதல் வேண்டும். இதன்பின் அரியமானது சுவடு BD ஐயுடைய தளத்தின்நேரே மூலைவிட்டமாக வெட்டப்படும். இத்தளம் AB இற்கும் CD இற்கும் செங்குத்தாகவும் இம்முகங்களின் நீண்ட மூலை விட்டத்திற்குச் சமாந்தரமாகவுமிருக்கின்றது. அதாவது, EF இற்குச் சமாந் தரமாயிருக்கின்றது—உருவம் 31.10 (*b*). அரியத்தின் நீளப்பக்கப் பார்

வையை இது காட்டுகின்றது. வெட்டிய பரப்புகளிரண்டையுந் துலக்கிய பின்பு, முந்திய நிலையிலேயே பாதிகளிரண்டும் கனடாப்பிசினினூற் சேர்த் தொட்டப்படும். முந்திய சாய்சதுரத்திண்மத்தின் சார்பிலே தளம் **BD** இன் நிலை உருவம் 31.10 (*c*) இலே காட்டப்பட்டிருக்கின்றது.



உருவம் 31.10.—நிக்கலரியத்தின் அமைப்பு.

இப்போது சாதாரணக்கதிருக்கும் அசாதாரணக்கதிருக்கும் சோடிய வொளிக்குரிய முறிவுக்குணகங்கள் முறையே 1·658 (μ_0), 1·486 (μ_e) ஆகும். பிசினுக்குரிய முறிவுக்குணகம் 1·55 (μ) ஆகும். $\mu_0 > \mu > \mu_e$ ஆதலின், அரியத்தின் நீளத்திற்குச் சமாந்தரமான அல்லது ஏறத்தாழச் சமாந்தரமான திசையிலே அரியத்தினுட் செல்லும் இயற்கையொளியின் ஒரு கதிர் **PQ** ஆயின், அசாதாரணக்கதிர் **RS** எப்போதும் ஊடாகச் செலுத்தப்படும். ஆனூல், பிசின்படையிற் படுகோணம் 69° இலும் மிகுந் திருக்குமாயின், சாதாரணக்கதிர் **QT** ஆனது **T** இலே முழுவுட்டெறிப்பை யடையும். சேர்க்கையரியத்தின் பக்கங்கள் **BC** உம் **AD** உம் கறுப்புப் பூசப்பெற்றிருப்பின், சாதாரணவொளி உறிஞ்சப்படும். ஆகவே, வெளிப் படுமொளியானது முழுவதுந் தளமுனைவாக்கப்பட்டுள்ளது. செலுத்தப் பட்ட கற்றையிலுள்ள அதிர்வுகள் நீள்பக்கமாகப் பார்க்கப்படும் சாய்சதுரத் திண்மத்தின் குறுகிய மூலைவிட்டத்திற்குச் சமாந்தரமானவையாம்.—உரு வம் 31.10 (*b*) ஐப் பார்க்க.

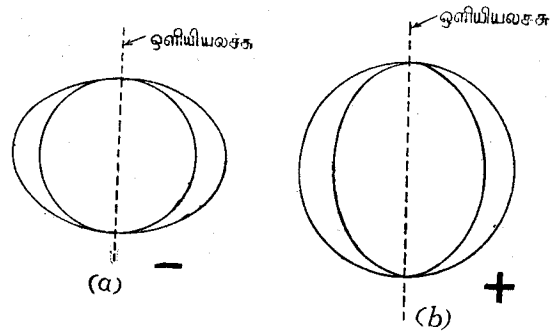
ஒன்றின்பின்னொன்றாக ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட நிக்கலரியங்களிரண்டு ஒரு முனைவாக்கற்காட்டியாக அமைகின்றது. முதலாவது அரியம் **முனைவாக்கி** எனவும், இரண்டாவது **பாகுபாடாக்கி** எனவும் கூறப்படும். நிக்கலரி

யங்கள் ஒரே திசையில் வைக்கப்பட்டால் முனைவாக்கியிலிருந்துவரும் அசாதாரணக்கதிர் பாகுபாடாக்கியினூற் செலுத்தப்படுகின்றது. ஆனால் நிக்கல்கள் குறுக்கிட்டிருப்பின், அதாவது, அவற்றின் தலைமைவெட்டுக்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாயிருப்பின், தொகுதியினூல் எவ்வித வொளியுஞ் செலுத்தப்படமாட்டாது. இடைநிலைகளுக்கு முனைவாக்கற் காட்டியிலிருந்து வெளிப்படுகற்றையின் செறிவு **மாலசின்** கோசைன் வர்க்கவிதிக்கு அடங்கியுள்ளது—385 ஆம் பக்கம் பார்க்க.

நிக்கலரியங்கள் கட்புலனுகும் திருசியமடங்கலும் உபயோகிக்கப்படலாமெனினும் அதன் செலவு அதிகமாகும். அன்றியும், நிக்கலிற் செல்லு மொளியானது எறத்தாழச் சமாந்தரமாயிருக்க வேண்டுமாதலின், அதன் பார்வைப்புலமும் கட்டுப்படுத்தப்பட்டதாகும். அப்படியில்லா விட்டால், கனடாப்பிசினிலே மிகச்சிறிய கோணத்திலே சில கதிர்கள் படக்கூடும். அதாவது, சாதாரணக்கதிர் முழுவுட்டெறிப்பையடையாது.

சில நிக்கலரியங்கள், சாய்சதுரத்திண்மத்தின் பக்கங்களுக்குச் செங்குத்தாக வெட்டப்பட்டுள்ள முனை முகங்களோடு செய்யப்பட்டுள்ளன. இது பார்வைப்புலத்தை அதிகரிக்கச் செய்யுமாயினும், பெரிய பளிங்குகள் தேவைப்படும். நிக்கலரியத்தின் சிறிது திருத்தமுடையது போக்கோவினரியமாகும். இதிற் பிசினின்படை வளியினூற் பிரதியிடப்பட்டுள்ளது. இப்போது முறிவுக்குணகங்களிரண்டும் வளியினதிலும் பெரிதாயிருந்த போதிலும், ஒத்த அவதிக்கோணங்களின் வித்தியாசம் சாதாரணக்கதிரை அகற்றுவதற்கு இப்போதும் போதியதாகும். போக்கோவரியங்கள் நிக்கலரியங்களைப்போல அவ்வளவு நீளமானவையல்ல. அவற்றை ஊதாக்கடந்த பாகத்திலும் உபயோகிக்கலாம். ஆனால், இந்த நயங்களுக்கெதிராக, சிறிய பார்வைப்புலத்தை அவை கொண்டன. வளிப்படலத்திலே பல தெறிப்புகள் அதிக இடரைக் கொடுப்பனவாம்.

இருமைமுறிவுப்பளிங்கொன்றிலுள்ள அலைப்பரப்புகள்.— பதோலினியசு இரட்டை முறிவைப்பற்றிக் கண்டு பிடித்த சிறிதுகாலத்தின் பின்பு, சதாரண ஊடகத்திலே ஒளியின்முறிவைத் தனது அலைக்கொள்கையைக் கொண்டு விளக்கிய **ஐக**னென்பவர், (Huygen) அதேகொள்கையைக் கொண்டு இரட்டை முறிவையும்பற்றி விளக்க விரும்பினர். நீர், கண்ணுடி போன்ற பதார்த்தங்களிலே அலைமுகம் கோளமாகுமென **ஐகன்** காட்டியிருந்தார். கல்சைற்றிலுள்ள கதிர்களிலொன்று முறிவின் சாதாரணவிதிகளுக்கு அமைந்திருந்ததினால், அதனைத்தொத்த அலைமுகம் கோளமாயிருக்குமென அவர் கொண்டார். மற்றக்கதிரையாண்ட விதியானது அவ்வளவு எளிதாயிராதபோதிலும், அதனை எளிமையின் அடுத்தபடியாகக் கற்பனை செய்தார். அசாதாரண அலைமுகத்தைச் சுற்றனீள் வளைவுத்திண்மமாக, அதாவது கோளவுருவாக, கொண்டார். கல்சைற்றின் ஒளியியல்புகள் அதன் ஒளியியலச்சின் சார்பிலே சமச்சீரானதாதலின், கோளவுருவின் சுற்றச்சானது பளிங்கின் ஒளியியலச்சினூடு பொருந்துதல் வேண்டும். கல்சைற்றுச் சாய்சதுரத்திண்மமொன்றின் முகத்திலே ஒளியானது வெவ்வேறு கோணங்களிற் படும்போது சாதாரணக்கதிர்களும் அசாதாரணக்கதிர்களும், அவற்றின் திசைகள் ஒளியியலச்சுக்கு எறத்தாழச் சமாந்தரமாய் வர வரச், சிறிய சிறிய கோணங்களை ஒன்றோடொன்று ஆக்குகின்றன. ஒளியியலச்சின் நேரே கதிர்களிரண்டும் ஒன்றுகச் சேர்ந்துவிடுகின்றன. இந்த வுண்மையிலிருந்து சாதாரணவலை வேகமும் அசாதாரணவலை வேகமும் ஒளியியலச்சின் திசையிலே சமமென்ற முடிவுக்குவருதல் கூடும். இதனை விளக்குதற்காக, **ஐக**னென்பவர், கோளவலைமுகங்களும் கோளவுருவலை முகங்களும் பிறப்பிக்கும் நீள்வளையத்தின் சுற்றச்சினது அந்தலைகளிலே ஒன்றையொன்று தொடுகின்றதெனக் கொண்டார். கல்சைற்றுக்குக்கோள

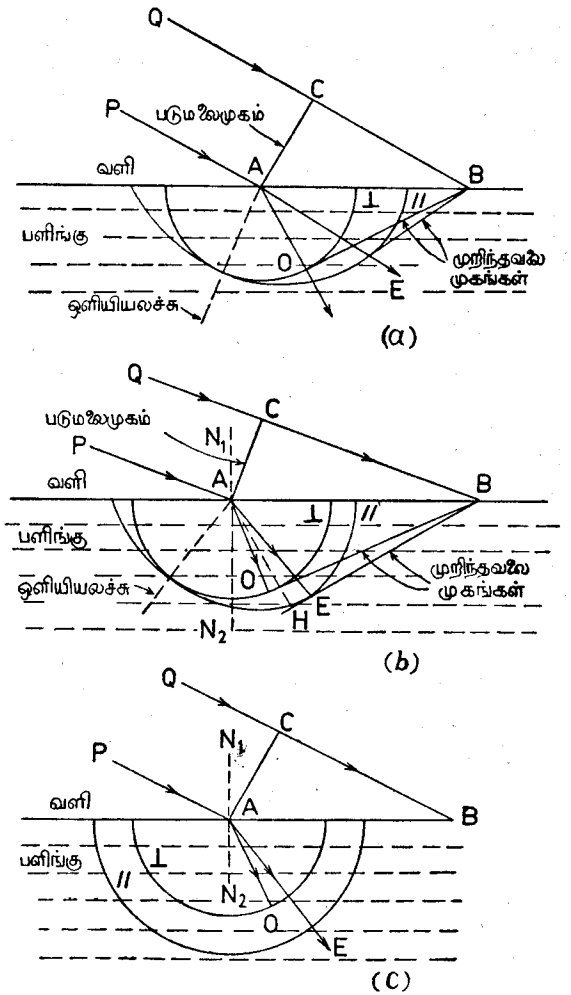


உருவம் 31·11.—எதிரானவையும் நேரானவையுமான ஒரச்சுப்பளிங்குகளிலே அலைமுகங்களின் வெட்டுக்கள்.

வுரு **சிற்றச்சுடையதாகும்.** அதாவது, பிறப்பிக்கும் நீளவளையம் அதன் குறுகிய விட்டத்தைக் கொண்டு சுற்றுகின்றது. கோளவலை முகமானது அதனோடொத்த கோளவுருவலைமுகத்தினுள்ளே இருக்கின்ற தென்பதே இதன் கருத்தாகும். கல்சைற்றினோடொத்த அலைமுகங்களையுடைய பளிங்கானது **எதிரானது** எனப்படும் படிகக்கல்லுக்கும் பனிக்கட்டிக்கும் கோளவுருவலைமுகமானது எப்போதும் கோளவலைமுகத்தினுள்ளே இருத்தலினால் **பேரச்சு** உடையதெனப்படும். இவ்வகையான பளிங்குகள் **நேரானவை** எனப்படும். பளிங்கின் ஒவ்வொரு வகையிலுமுள்ள அலைமுகங்களின் வெட்டுக்கள் உருவம் 31.11 (*a*) இலும் (*b*) இலுங் காட்டப்பட்டுள்ளன.

ஐகனினமைப்பு.—AC என்பது, உருவம் **31.12,** எதிர்ப்பளிங்கொன்றின் பரப்பில் விழுகின்ற படுதளவலையின் சுவடெனக் கொள்க. இந்தப் பரப்பானது, தளவலைமுகத்தைப்போல, வரிப்படத்தின் தளத்துக்குச் செங்குத்தாக எடுக்கப்பட்டுள்ளது. அலையானது **A** ஐயடையுங் கணத்திலே, இரண்டு சிற்றலைகள் **A** இலிருந்து உற்பத்தியாகி பளிங்கினுள்ளேபரவத்தொடங்குகின்றன. காகிதத்தின் தளமானது இரட்டையலை முகத்தை இரண்டு வளைகோடுகளில் வெட்டுகின்றது. கோளத்தை வட்டத்திலும் கோளவுருவைப் பொதுவாக நீள்வளையத்திலும் வெட்டுகின்றது.

ஒளியியலச்சானது காஇதத்தளத்திலுள்ள சிறப்பான சந்தர்ப்பத்தை வரிப் படமானது குறிக்கின்றது. வட்டமும் அதனுடொத்த நீள்வளையமும் எப்போதுந் தொடுகின்ற புள்ளிகளின் ஒழுக்கே இவ்வச்சாகும்.



உருவம் 31.12. — எதிரான ஓரச்சுப்பளிங்குக்குரிய ஐகனினமைப்பு. (c) இலே ஒளியியலச்சானது வரிப்படத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாயிருக்கும்.

படுமலைமுகமானது B ஐ யடையுங் கணத்திலே A இலிருந்து உற்பத்தி யாகும் சிற்றலைகளிரண்டும் வரிப்படத்திற் காட்டப்பட்டுள்ள நிலையிலிருக் கின்றனவெனக் கொள்வோமாக. B இலிருந்து BO உம் BE உம் வட்டத்தையும் நீள்வளையத்தையும் முறையே O இலும் E இலும் தொடு மாறு வரைந்தால் BO உம் BE உம் சாதாரணவலை முகத்தினதும் அசா தாரண அலை முகத்தினதும் கணநிலைகளின் சுவடுகளாம். AO உம் AE உம் முறிகதிர்களாம்.

ஒளியியலச்சானது படுதளத்திற்குச் செங்குத்தாயும் ஒளிபடும் பளிங்கு முகத்திற்குச் சமாந்தரமாயு மிருக்கும்போது, வரிப்படத்தின் தளத்திலே சிற்றலைகளிரண்டினதும் வெட்டுக்கள் உருவம் 31.12 (c) இற் காட்டப் பட்டிருப்பதுபோல, வட்டங்களிரண்டின் பகுதிகளாம். இக்காணத்திலுல், ஒத்தமுறிவுக்குணகங்களிரண்டும் படுகோணத்திலே தங்கியிருக்கவில்லை. ஏனெனில், கதிர்களிரண்டும் ஒத்தவலை முகங்களுக்குச் செங்குத்தான வையாம்.

ஒளியியலச்சானது படுமலையின் தளத்திலேனும் அதற்குச் செங்குத் தாகவேனும் இல்லாதபொதுச் சந்தர்ப்பத்திலே B இலுள்ள தொடுதள மானது வரிப்படத்தின் மேலே அல்லது கீழேயுள்ள ஒரு புள்ளியிலே அசாதாரணவலைமுகத்தைத் தொடுகின்றது. அதாவது, அசாதாரணக் கதி ரானது படுதளத்திலிருப்பதில்லை.

அசாதாரணக்கற்றையானது இரண்டு வகைகளிலே சைன்விதியிலிருந்து விலகுகின்றதென்பது குறிப்பிடப்படுதல்வேண்டும். முறிவுக்குணகமானது படுகோணத்திலே தங்கியிருப்பது மட்டுமல்ல. படுகோணச் சைன முறி கோணச் சைனிலுல் வகுத்து முறிவுக்குணகத்தைப் பெறமுடியாது. ஆகவே உருவம் 31.12 (b) இலே,

$$\frac{\text{சைன் } \mathrm{N_1\hat{A}P}}{\text{சைன் } \mathrm{N_2\hat{A}E}} \neq \frac{\mathrm{CB}}{\mathrm{AE}}$$

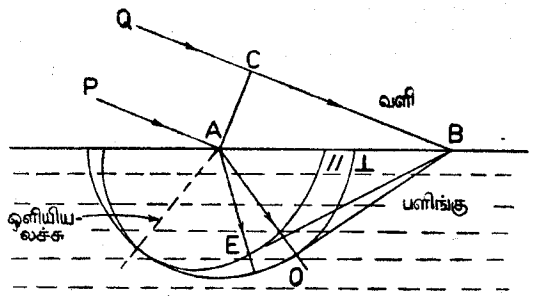
எனினும் கதிர்த்திசை AE ஐக் கருதுவதற்குப் பதிலாக, அலைமுகத் திசை AH ஐக் கருதுவோமாயின்,

$$\frac{\text{சைன் } \mathrm{N_1\hat{A}P}}{\text{சைன் } \mathrm{N_2\hat{A}H}} = \frac{\mathrm{CB}}{\mathrm{AH}} = \frac{c.t}{c_e t} = \frac{c}{c_e}$$

இங்கு, c வளியிலே ஒளியின் வேகமெனவும், c_e என்பது அசாதாரண மான அலைமுகத்தின் வேகமெனவுங் கொள்ளப்பட்டது. AH என்பது BE இற்குச் செங்குத்தாகும். மேலேயுள்ள விகிதம் அசாதாரண முறிவுக் குணகமாகிய μ_2 ஆகும்.

ஆகவே அசாதாரணக்கதிரொன்றிற்கு, படுகோணத்தின் சைன அலை முகத்தினது முறிகோணத்தின் சைனிலுல் வகுக்கவருவது, வளியே ஒளியின் வேகத்தைப் பளிங்கிலே அசாதாரணவலை முகத்தின் வேகத்தினுல் வகுத்துப் பெறுவதேயாம். சைன் விகிதமானது, பளிங்கிலே கதிர் செல்லுகின்ற சிறப்பான திசைக்குரிய அப்பளிங்கின் அசாதாரணமுறிக் குணகமாகும்.

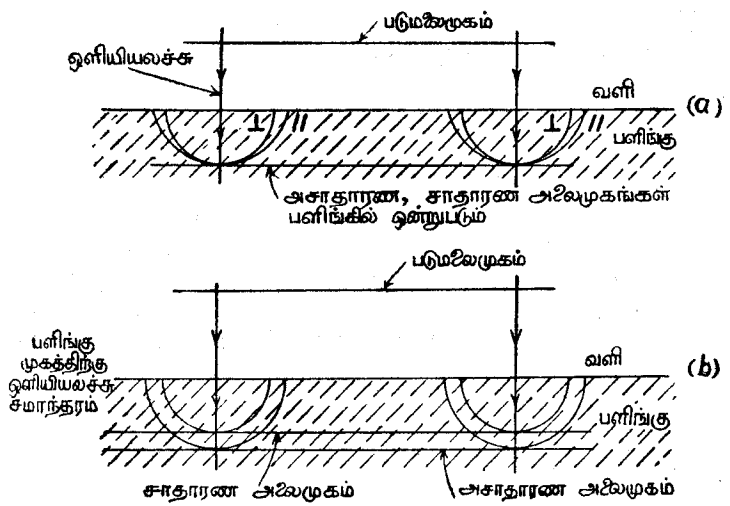
நேரான ஒரச்சுப்பளிங்கொன்றிலே அலைமுகங்களை 31.13 ஆம் உருவம் காட்டுகின்றது. இதனைப் பற்றி வேறு குறிப்புத் தேவையில்லை.



உருவம் 31.13.—நேரான ஒரச்சுப்பளிங்கொன்றிற்குரிய ஐகனினமைப்பு.

ஒரச்சுப்பளிங்கொன்றிலே முறிவின் இரண்டு விசேட சந்தர்ப்பங்கள்.—இவற்றுள் முதலாவது சந்தர்ப்பத்திலே, ஒளியியலச்சானது முகத்திற்குச் செவ்வனேயிருக்குமாறு பளிங்கிலிருந்து வெட்டப்பட்ட தட்டொன்றின் முகத்திற்குச் செவ்வனே ஒளியானது விழுகின்றது. இந்தச் சந்தர்ப்பங்களிலே இரட்டை முறிவு உண்டாவதில்லை. பளிங்கிலே எல்லாக் கதிர்களும் ஒரே வேகத்துடன் செல்லுகின்றன.—உருவம் 31.14 (*a*) ஐப் பார்க்க.

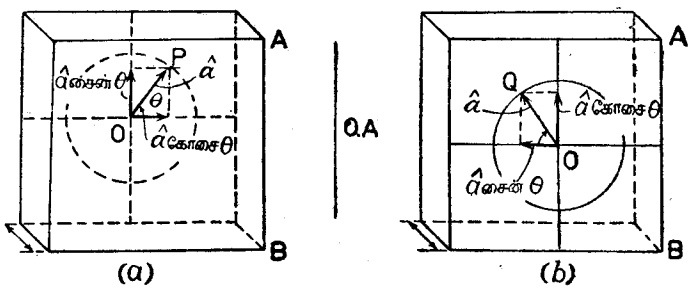
இரண்டாவது சந்தர்ப்பத்திலே ஒளியியலச்சானது பளிங்குத்தட்டின் முகத்திலிருக்கின்றது. எனின், உருவம் 31.14 (*b*) இற் காட்டியுள்ளபடி,



உருவம் 31.14.—எதிரான ($\mu_o > \mu_e$) ஒரச்சுப்பளிங்கொன்றிலிருந்து வெட்டப்பட்ட தட்டுகள்.

அசாதாரணக்கதிர்களினதும் சதாரணக்கதிர்களினதும் திசைகள் பொருந்தக் கதிர்கள் விலக்கப்படுவனவென்று ஒத்த வலைமுகங்களிரண்டும் தட்டினூடு வெவ்வேறு வேகங்களுடன் செல்லுகின்றன எனவே ஒளியானது தட்டிலிருந்து கடைசியாக வெளிப்படும்போது அதிர்வுகளிரண்டும் நிலைமைமாறியுள்ளன. இந்த நிலைமைவித்தியாசத்தினளவு, தட்டின் தடிப்பிலும், அதனியல்பிலும், அலைமுகங்களிரண்டினதும் வேகங்களிலுந் தங்கியிருக்கின்றது.

படிகவரையலைத்தட்டு.—உருவம் 31.15 (*a*) என்பது ஒளியியலச்சானது காஞ்சித்தளத்திலும் AB இற்குச் சமாந்தரமாகவுமிருக்குமாறு வெட்டப்பட்ட படிகத்தட்டொன்றைக் குறிக்கின்றதெனக் கொள்க. தட்டிற் செங்குத்தாகப் படுகின்ற தளமுனைவாக்கிய ஒளியானது இரண்டு தொடர் தளவலைகளாகப் பிரிந்து, ஒவ்வொன்றும் படுகற்றைக்குச் சமாந்தரமான அலைமுகத்தைக் கொண்டதென 394 ஆம் பக்கத்திற் காட்டப்பட்டது. வெவ்வேறு வேகங்களுடன் அவை முற்சென்று இரண்டு கற்றைகளும் ஒன்றுக்



உருவம் 31.15. படிகவரையலைத்தட்டொன்றின் தொழிற்பாடு.

கொன்று செங்குத்தான தளங்களிலே அதிருகின்றன. S என்பது தட்டின் தடிப்பெனவும், μ_o, μ_e என்பன ($\mu_e > \mu_o$) சாதாரணமுறிவுக் குணகமும் அசாதாரண முறிவுக்குணகமெனவுங் கொள்க. எனின் அவை செல்லவெடுக்குங் காலவித்தியாசம்

$$\frac{S}{\left(\frac{c}{\mu_o}\right)} - \frac{S}{\left(\frac{c}{\mu_e}\right)}$$

ஆகின்றது. இங்கு c என்பது வெற்றிடத்திலே ஒளியின் வேகமாகும். இந்த வித்தியாசம் காலத்தின் அரைவாசிக்குச் சமமாயிருக்கும்போது, அதாவது $\frac{1}{2}T$ இற்குச் சமமாயிருக்கும்போது, அரையலைத்தட்டொன்றைப் பெறுகின்றோம். எனவே,

$$(\mu_o - \mu_e)\, S = \tfrac{1}{2}cT = \tfrac{1}{2}\lambda.$$

இங்கு, λ என்பது வெற்றிடத்திலே ஒளியினலை நீளமாகும். ஆகவே s தீர்மானிக்கப்படலாம்.

இப்போது, $OP = \hat{a}$ என்பது படுகின்ற தளமுனைவாக்கப்பட்ட ஒளியின் வீச்சமெனக்கொள்க. இந்த வொளியானது காகிதத்தின் கீழிருந்து வருகின்றதெனக் கொள்ளப்பட்டது. எனவே, பார்ப்பவரிலிருந்து தூரத்திலுள்ள தட்டின் முகத்தையே இது முதலிற் சந்திக்கின்றது.—உருவம் 31.15 (*a*) ஐப் பார்க்க. படிகத்திலே குழப்பமானது இரண்டு கூறுகளாகப் பிரிக்கப்படும். அசாதாரணக் கதிரதிர்வுகள் ஒளியியலச்சுக்குச் சமாந்தரமாயும், சாதாரணக்கதிரதிர்வுகள் அதற்குச் செவ்வனுகவு முள்ளன.

வளியிலே வீச்சம் $\hat{a}$ ஐ யுடைய அதிர்வானது முறையே வீச்சங்கள் $\hat{a}$ கோசை θ, $\hat{a}$ சைன் θ, களைக் கொண்ட இரண்டு அதிர்வுகளுக்குச் சமமாகும். இங்கு θ என்பது குறிக்கப்பட்ட கோணமாகும். படுபுள்ளியிலே அதிர்வுகள் ஒரே நிலைமையிலிருப்பதனால்,

$x = (\hat{a}$ கோசை $\theta)$ கோசை ωt என்பதனாலும், $y = (\hat{a}$ சைன் $\theta)$ கோசை ωt என்பதனாலும், குறிக்கப்படலாம். எனின், $y = x$ தான் θ, வெளிப்படும்போது $\frac{1}{2}\lambda$ இற்கு, அதாவது, π இற்குச் சமமான நிலைமை வித்தியாசம் அதிர்வுகளிரண்டினுக்குமிடையேயுண்டு. எனவே, வெளிப்படும்போது அவற்றை.

$x = (\hat{a}$ கோசை $\theta)$ கோசை $(\omega t \pm \pi)$ என்பதனாலும், $y = (\hat{a}$ சைன் $\theta)$ கோசை ωt என்பதனாலும் குறிக்கப்படலாம்.

அதாவது, $y = -x$ தான் θ

ஆகவே, OQ உம் OP உம் ஒளியினலச்சினூடு சமகோணங்களை உண்டாக்குவன வெனின், வெளிப்படுமதிர்வானது OQ இன் நேரிலே யிருக்கும்.—உருவம் 31.15 (*b*). எனினும் OQ உம் OP உம் ஒளியியலச்சின் எதிர்ப்பக்கங்களிலுள்ளன, உருவம் 31.15.

சுழற்சிமுனைவாக்கம்.— நிக்கலியங்களிரண்டு ஒன்றன்பின்னொன்றுகக் குறுக்கே வைக்கப்படும்போது, தொகுதியிலிருந்து ஒளியானது வெளிப்படுவதில்லை. ஒளியியலச்சுக்குச் செங்குத்தான முகங்களிருக்குமாறு வெட்டப்பட்ட கல்சைற்றுத் தட்டொன்று நிக்கல்களினிடையே குறுக்காக வைக்கப்பட்டால், முகங்கள் படுகற்றைக்குச் செங்குத்தாயிருக்க, ஒளியின் சமாந்தரக் கற்றையொன்று செலுத்தப்படமாட்டாது. முனைவாக்கியிலிருந்துவரும் ஒளியானது மாற்றமின்றிக் கல்சைற்றினூடு சென்று பாகுபாடாக்கியினுல் அணைக்கப்படுகின்றது. எனினும், ஒளியியலச்சுக்குச் செங்குத்தாக வெட்டப்பட்ட படிகத்தட்டொன்று நிக்கல்களிடையே குறுக்காகவைக்கப்பட்டால் தொகுதியினூடு ஒளியானது செலுத்தப்படும். ஒளியானது ஒரு நிறமாயிருப்பின், படிகத்தை விட்டுச்செல்லு மொளியானது பாகுபாடாக்கியை வரையான கோணமொன்றினூடு சுழற்றி அணைக்கப்படலாம். படிகத்திலிருந்து வருமொளியானது தளமுனைவாக்கப்பட்டதென இது நிறுவுகின்றது. படிகத்தினூடு செல்லும்போது அதிர்வுத்தளமானது வரையறையான கோணமொன்றினூடு சுழற்றப்பட்டுள்ளது.

வெவ்வேறு மாதிரியுருவங்களிலிருந்து வெட்டப்பட்ட படிகத்தட்டுகளை உபயோகித்துக் குறுக்காக வைக்கப்பட்ட நிக்கல்களினிடையே அவற்றை ஆராய்ந்து, சிலசமயங்களில் வலஞ்சுழியாகவும் சிலசமயங்களில் இடஞ்சுழியாகவும் பகுக்கும் நிக்கலைச் சுழற்றிச் செலுத்தப்படுமொளியின் அணைவைப் பெறமுடியுமெனக் காணப்படுகின்றது. படிகத்தின் இரண்டு வகைகளுள்ளனவென்று இது காட்டுகின்றது. அவற்றினூடு செல்லும் தளமுனைவாக்கப்பட்ட ஒளியின் அதிர்வுத்தளத்தை அவை சுழற்றுந் திசைகளை அவதானித்து, ஒன்றை மற்றதிலிருந்து வேறுபடுத்தலாம்.

படிகத்தினூடுகூட, கரும்புச்சர்க்கரை, பனிக்கட்டி முதலியவற்றின் நீர்க்கரைசல்கள் தளமுனைவாக்கிய ஒளியைச் சுழற்றக்கூடியனவாம். இவை **ஒளியியலுயிர்ப்பு** உடையனவென்று சொல்லப்படும். முதலிடத்தைக்குறித்து ஒளியின் பாதையை நோக்கும்போது சுழற்சி வலஞ்சுழியாயிருக்குமாயின் அது **வலதுகைப்பாடு** உடையது எனப்படும். இடஞ்சுழியாயிருப்பின் **இடது கைப்பாடு** எனப்படும். வலதுகைப்பாட்டுச் சுற்றலையா இடது கைப்பாட்டுச் சுற்றலையா பதார்த்தமொன்று காட்டுகின்றதெனத் தீர்மானிக்க வேண்டுமானுல், வெவ்வேறு நீளங்களின் குழாய்களிரண்டைக் கொண்டு பரிசோதனைகள் செய்யப்படுதல் வேண்டும். சதமமீற்றரொன்றிற்குரிய சுற்றின் கணக்கு திருத்தமான குறியைக் காட்டும். எனெனில், திருத்தமானவொன்று தெரிந்தெடுக்கப்பட்டால், சுற்றுனது நீளத்தினூடு நேரான விகித சமமுடையதாகும்.

ஒளியியலுயிர்ப்புநிரலின் நீளவலகொன்றிற்குரிய சுழற்சிக்கோணப்பாகைகளை கனவளவலகொன்றிற்குரிய பதார்த்தத்தின் திணிவினுல் வகுத்து வருவது **தற்சுழற்சி** என வரையறுக்கப்படும். எனவே, தூயத்திரவமொன்றிற்கு D ஒளிக்கும் வெப்பநிலை θ இற்கும்,

$$\left[\alpha\right]_{\mathrm{D}}^{\theta} = \frac{\phi}{l\rho}$$

ஆகும். இங்கு, l நீளமான நிரலொன்றினுலுண்டாக்கப்பட்ட சுழற்சிக் கோணம் பாகைகளில் ϕ எனவும், திரவத்தின் செறிவு ρ எனவும் கொள்ளப்பட்டது.

இப்போது $(m + \mathrm{M})$ கி. கரைசலொன்றிலே உயிர்ப்புப்பதார்த்தத்தின் m கி. ஐக் கொண்ட கரைசலொன்றைக் கருதுவோமாக. $(m + \mathrm{M})\rho^{-1}$ சமீ^{3}. கரைசலிலே உயிர்ப்புத் திரவியத்தின் m கி. உண்டு. இங்கு, ρ என்பது கரைசலின் செறிவாகும்.

$$\therefore \left[\alpha\right]_{\mathrm{D}}^{\theta} = \frac{\phi}{l} \div \frac{m}{(m + \mathrm{M})\rho^{-1}} = \frac{\phi}{lc}.$$

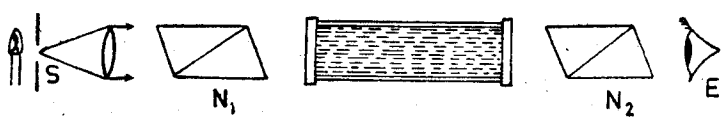
இங்கு, c என்பது கி. சமீ$^{-3}$. இலே செறிவாகும்.

[குறிப்பு.—l என்பது பெரும்பாலும் தசமமீற்றரிற் குறிக்கப்படும்.]

முனைவாக்கியவொளியின் ஆக்கமும் பாகுபாடும்.—தளமுனைவாக்கிய ஒளியைப் பெறுதற்கு மிக்க வசதியான முறையானது நிக்கலரியத்தைக் கொண்டதேயாம். செலுத்தப்பட்ட ஒளியானது தளமுனைவாக்கப்படும்போது ஒளி முதலிடத்தின் முன்பாக நிக்கலானது ஏற்றப்படும். அப்போது ஒளி வெளிப்படுகின்ற முகத்தின் குறுகிய மூலை விட்டத்திற்குச் சமாந்தரமாக அதிர்வுகளுள்ளன.—உருவம் 31.10 (*b*) ஐப் பார்க்க. அரியத்தின் தலைமைத்தளத்திற்கு அதிர்வுகள் சமாந்தரமாயுள்ளன வென்று சொல்வதற்கு இது சமமாகும். இவ்வகையாக உபயோகிக்கப்படும் நிக்கலானது **முனைவாக்கி** எனப்படும்.

தளமுனைவாக்கிய ஒளியைக் காணவேண்டுமாலுல், ஆராயப்படும் ஒளியையேற்றுக் கொள்வதற்கென இரண்டாவது நிக்கலொன்று வைக்கப்படும். இந்த நிக்கலானது படுமொளியில் அதிர்வு நிகழுகின்ற தளத்திற்குச் சமாந்தரமாக அதன் குவியத்தளத்தையுடையதாயின், அரியத்தினூடு பார்க்கும்போது எவ்வித மாற்றமுந் தோற்றப்படாது. இரண்டாவது நிக்கல் 90° இனூடு சுழற்றப்பட்டால், ஒளிசெல்லமுடியாத தளத்திலே ஒளியதிர்வுகள் இருப்பதினுல், புலம் இருண்டிருக்கும். மாற்றம் நிகழாவிட்டால், ஒளியானது தளமுனைவாக்கப்பட்டிராது. எனினும், ஒளியானது முனைவாக்கப்படவில்லை யென்று சொல்லமுடியாது. ஏனெனில், இன்னெருவகையிலே ஒளியானது முனைவாக்கப்பட்டும் நிக்கலினூடு செல்லமுடியும். இவ்வகையான ஒளியானது **வட்டமுனைவாக்கப்பட்டது** என்று சொல்லப்படும். வட்டமுனைவாக்கப்பட்ட ஒளியை முனைவாக்கப்படாத ஒளியிலிருந்து வேறுபடுத்த வேறெதும் முறை உருவாக்கப்படுதல் வேண்டும். இவ்வகையாக ஒளியை ஆராய நிக்கலொன்று உபயோகிக்கப்படும்போது அது **பாகுபாடாக்கி** எனப்படும்.

எளிய முனைவாக்கமானி.—N_1 N_2 ஆகிய நிக்கல்களிரண்டு, உருவம் 31.16, ஒன்றன்பின்னென்றுகத் தலைமைத்தளங்கள் சமாந்தரமாயிருக்குமாறு ஒழுங்குசெய்யப்பட்டுள்ளனவெனக் கொள்க. முதலிடம் S இலிருந்து சமாந்தரவொளியானது தொகுதியினூடு செலுத்தப்பட்டுள்ளது. நிக்கலின்



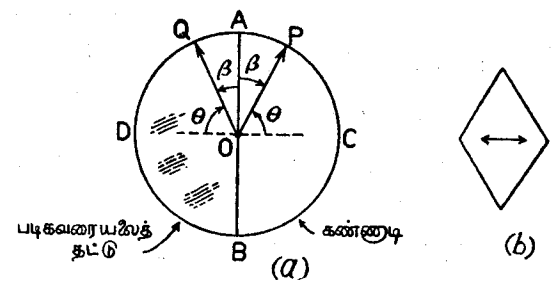
உருவம் 31.16.—எளிய முனைவாக்கிமானியின் தத்துவம்.

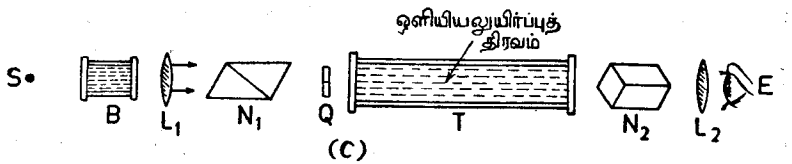
முதலாவது வெட்டிலுண்டாக்கப்பட்ட சாதாரணக்கதிர்கள் அவதிக் கோணத்திலும் பெரிதான படுகோணத்திலே கனடாப் பிசினிற் படுமாறு சமாந்தரவொளியை உபயோகிப்பது அவசியமாகின்றது. பாகுபாடாக்கியாகிய N_2 ஆனது 90° இனூடு சுழற்றப்பட்டால், மண்டலமானது இருண்டு தோற்றும். அப்போது நிக்கல்கள் **தடுநிலையிலுள்ளன** என்று

சொல்லப்படும். எனினும், கற்பூரத்தைலத்தைப் போன்ற பதார்த்தமொன்றைக்கொண்ட குழாயொன்று தடுநிலை நிக்கல்களினிடையே செலுத்தப்பட்டாற் பொதுவாக மண்டலமானது துலக்கமாகத் தோற்றும். இருட்டை நிலைநாட்டவேண்டுமாயின், குழாயின் நீளத்திலும் அதிலுள்ள சிறப்பான பதார்த்தத்திலுந் தங்கியிருக்கும் அளவுக்குப் பாகுபாடாக்கியைச் சுழற்றுவது அவசியமாகும்.

உலோரன்று (Laurent) முனைவாக்கமானி (வெல்லமானி).—சர்க்கரைக் கரைசலொன்றினுல் முனைவாக்கற்றளமானது சுழற்றப்படும் கோணம், கரைசலொன்றிலுள்ள சர்க்கரையின் செறிவை மதிப்பிடுதற்காக தொழிலிலும் வைத்தியத்திலும் உபயோகிக்கப்படும்.

எனினும். உருவம் 31.16 இற் காட்டப்பட்டுள்ள வகையான எளிய வெல்லமானியொன்றிலே, ஒரு பாகத்திற் பூரண இருட்டாகத் தோற்றுவதினுல், எப்போது மண்டலம் இருட்டாகுமென மதிப்பது கடினமாதலின், அது ஓரளவுக்குத் திருத்தமற்றதாகும். இவ்விடரை **உலோரன்று** பின் வருமாறு மேற்கொண்டார். பார்வை மண்டலத்திலெருபாதி படிகத்தின் அரையலைத் தட்டொன்றினுல் நிரம்பியிருக்கும். படிகத்தின் அதேயளவுக்கு ஒளியையுறிஞ்சுந் தடிப்பையுடைய கண்ணுடித்தட்டொன்றினுல் மற்றப் பாதி மூடப்பட்டிருக்கும் ஆகவே, உருவம் 31.17 (*a*) இலே, ACB





உருவம் 31.17.—உலோரன்றின் அரைநிழல் முனைவாக்கிமானி (வெல்லமானி).

என்பது கண்ணுடியின் அரைவட்டத்தட்டெனவும், ADB என்பது அரையலைப் படிகத்தட்டெனவுங் கொள்க. எனின், 395 ஆம் பக்கத்திற் காட்டியபடி, OP இற்குச் சமாந்தரமான அதிர்வொன்று கண்ணுடியினூடு செலுத்தப்படும். ஆலை, படிகத்துனூடு செலுத்தப்பட்ட அதிர்வானது OQ இன் நேரேயிருக்கும். பாகுபாடாக்கியினூடு பார்வைமண்ட

லம் ஆராயப்பட்டால், பொதுவாக இரண்டு பாதிகளுஞ் சமமற்ற துலக்க முடையனவாய்க் காணப்படும். கிடைத்தளமொன்றில்மட்டுமே, அதிர்வுகளே செலுத்துமட்டும், உருவம் 31.17 (*b*) ஐப் பார்க்க, பாகுபாடாக்கி சுழற்றப் பட்டால், மண்டலத்தின் இரு பாதிகளுஞ் சமமாக இருண்டிருக்கும். இந்த நிலைமை ஒரு அவதியாகும். எனெனில், எந்தத் திசையிலும் பாகுபாடாக்கியின் சிறிய சுழற்சியானது மண்டலத்தின் தோற்றத்தை மிகவும் மாற்றுகின்றது. பாகுபடுத்தும் நிக்கலானது மேலேயிருந்த நிலை யிலிருந்து $\frac{1}{2}\pi$ இனூடு சுழற்றப்பட்டால், மண்டலத்தின் இரு பாதிகளுஞ் சமமான துலக்கமுடையனவாகின்றன. மண்டலத்தின் பாதிகளிரண்டும் சமமாக இருண்டிருக்கும்போதே துலக்கமாற்றங்களுக்குக் கண்ணுனது உணர்ச்சிகூடியதாயிருக்கும்.

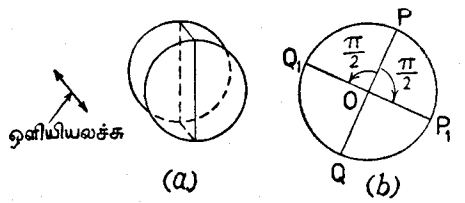
உலோரன்று முனைவாக்கிமானியின் பொதுவமைப்பை உருவம் 31.17 (*a*), காட்டுகின்றது. S என்பது ஒரு சோடியவிளக்கு. இதிலிருந்து வருமொளி யானது பொற்முசியமிருகுரோமேற்றின் நீர்க்கரைசலொன்றைக் கொண்ட குழாய் B இனூடு செல்கின்றது. ஒளியிலிருக்கும் எவ்வித நிலக்கதிர்களை யும் முதலிடத்திலிருந்து இது அகற்றுகின்றது. L_1 என்பது கருவியின் அச்சுக்குநேரே அதற்குச் சமாந்தரமாக ஒளியைச் செலுத்துமாறு ஒழுங்கு செய்யப்பட்ட ஒரு நேர்வரிசையாக்கி வில்லையாகும். இப்போது ஒளியானது முதலாவது நிக்கல் N_1 இனூல் தளமுனைவாக்கப்பட்டிருக்கும். இங்கிருந்து வெளிப்படும்போது அது படிகவரைநிழற்றட்டு Q இனூடு செல்கின்றது. படிகத்தட்டின் ஒளியியலச்சுச் செங்குத்தானதாகும். கோணம $\widehat{AOP}$, உருவம் 31.17 (*a*), மாற்றப்படக்கூடியதாய் முனைவாக்கியானது கிடைத் தளவச்சொன்றைக் கொண்டு ஒரு சிறிய கோணத்தினூடு சுழற்றப்படலாம். இது சிறிதாயிருக்கும்போது கருவியானது உணர்ச்சிமிகுந்திருக்கும். ஆயி னும் மண்டலத்திணைவிர்வு அப்போது மங்கலாயிருப்பதினூல் ஒளியை அதிகமாகவுறிஞ்சுங் கரைசல்களுக்கு இது ஏற்றதன்று. கூடிய அளவுக்கு வலுவுள்ள முதலிடத்தை உபயோகித்து, மண்டலமானது அப்போதுந் துலக்கமாயிருக்குமாறு $\widehat{AOP}$ ஐ கூடிய அளவுக்குக் குறைந்த பெறு மானத்திற்குக் குறைத்து, குறிக்கப்பட்ட எந்தச் சந்தர்ப்பத்திலும் மிகத் திருத்தமான பேற்றைப் பெறமுடியும்.

T என்பது ஒளியியலுயிர்ப்புப் பதார்த்தத்தைக்கொண்ட குழாயாகும். கண்ணுடியானது தகைப்பின்கீழ், 388 ஆம் பக்கம் பார்க்க, இருமை முறிவுடையதாகின்றதாதலின், முனைத்தட்டுகளைத் திருகியேற்றும்போது மிக்க கவனமாயிருத்தல்வேண்டும்.

பாகுபாடாக்கி N_2 ஆனது வேணியர் அளவிடை ஒன்றினூடு இணைக்கப் பட்டுள்ளது. திருகாணியொன்றினூல் இயக்கப்படும் பற்கோலையுஞ் சில்லை யுங்கொண்ட ஒழுங்கொன்றினூல் இவ்வேணியரளவிடையானது நிலையான வட்டவளவிடை ஒன்றின்மேல் இயங்குகின்றது. இவ்வளவிடையானது முனை வாக்கிமானியினச்சுக்குச் செவ்வனுன தளமொன்றிலிருக்கின்றது.

N_2 இற்கப்பால், வில்லை L_2 இனூற் குறிக்கப்பட்ட கலிலியன் தொலை காட்டியொன்றிருக்கின்றது. இது படிகவரைநிழற்றட்டிலே குவிக்கப்படுகின் றது. (அ) குழாய் T வெறுமையாயிருக்கும்போதும், (ஆ) ஆராய்ச்சியி லுள்ள கரைசலை அது கொண்டிருக்கும்போதும், பார்வைமண்டலப்பா திகளிரண்டுஞ் சமமாயிருண்டிருக்குமாறு நிக்கல் N_2 ஆனது வைக்கப் பட்டுள்ளது.

இருமைப்படிகக்கல்.—தளமுனைவாக்கிய ஒளியின் அதிர்வுத்தளத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் இன்னுமொரு வழி **இருமைப்படிகக்கல்** எனப்படும் படிகத் தட்டுகளிரண்டின் ஒழுங்கேயாம். 1811 இலே **அராகோவினூற்** (Arago) கண்டுபிடிக்கப்பட்ட தோற்றப்பாடொன்றிலே அதன்றெழிற்பாடு தங்கியிருக் கின்றது. படிகக் கல்லினூடு அதனெளியியலச்சின் திசையிலே தளமுனை வாக்கிய ஒளியானது செலுத்தப்படும்போது அதிர்வுத்தளமானது தொடர் ந்து சுற்றியதென இவர் அவதானித்தார். உருவம் 31.18 (*a*) இற் குறிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல, அண்மையில் வைக்கப்பட்ட சமதடிப்பையுடைய அரையுருளைப் படிகத் தட்டுகளி ரண்டை இருமைப்படிகக்கல்லா னது கொண்டதாகும். ஒவ் வொரு பாகத்திலும் ஒளியிய லச்சானது தளமுகங்களுக்குச் செவ்வனுயிருக்கும். ஆனூல், ஒரு தட்டு வலதுகைப்பாட்டுப் படிகப்பளிங்கிலிருந்தும், மற் றது இடதுகைப்பாட்டுப் படிகப் பளிங்கிலிருந்தும் வெட்டப்பட்டுள்ளது. தளமுனைவாக்கிய ஒருநிறவொளி யானது சேர்க்கையிற் செவ்வனுக விழும்போது சமசுழற்சிகளை உண்டாக்கிய போதிலும் அவை எதிருணர்ச்சிகளையுடையனவாம்.



உருவம் 31.18.

தளமுனைவாக்கிய வெள்ளொளியானது இருமைப்படிகக்கல்லிலே செவ் வனுகப் படும்போது, எந்தவதிர் வெண்ணையுங்கொண்ட ஒளியிற் செலுத் தப்படுஞ் சுழற்சியானது அவ்வதிர்வெண்ணிலேயே தங்கியிருக்கும். எனவே, வெளிப்படுமொளியானது நிக்கலொன்றினூடு ஆராயப்படும்போது, வெவ் வேறதிர்வெண்களையுடைய ஒளியானது பார்வைமண்டலத்தின் இரு பாதி களிலும் உறிஞ்சப்படும். எனவே, இவை வெவ்வேறு நிறங்களையுடையன வாம்.

எனினும், சிறப்பான அதிர்வெண்ணென்றையுடைய[1] ஒளியானது கோணம் $\frac{1}{2}\pi$ இனூடு சுழற்றப்படக் கூடியதாய்த் தட்டுகளிரண்டினதும் பொதுத்தடிப்புத் தெரியப்பட்டால், படுமொளியினதிர்வுத்தளமானது POQ நேர்கோட்டின் சுவட்டைக் கொண்டுள்ளபோது, உருவம் 31·18 (*b*), மேலேயுள்ள அதிர்வெண்ணையுடைய ஒளியானது இருமைப்படிகக்கல்லி

[1] செய்முறையிலே, நிக்கலின் அமைப்பினது உணர்திறன் வரையறுக்கப்பட்டதாதலின் இது சிறப்பான, ஆனூல், அதிர்வெண்களின் சிறியவீச்சையுடைய, ஒளியாகும்.

லிருந்து வெளிப்படும்போது அதனதிர்வுத்தளமானது புலத்தின் ஒரு பாதியில் OP_1 ஆகவும் மற்றப்பாதியில் OQ_1 ஆகவும், P_1OQ_1 ஒரு நேர் கோடாகவும் இருக்குமாறு சுழற்றப்படும். எனவே, பாகுபாடாக்குநிக்கலின் மூனைமுகத்தின் குறுகிய மூலைவிட்டமானது P_1OQ_1 இற்குச் செவ்வனையிருக்குமாயின், ஒரேயதிர்வெண்ணையுடைய ஒளியானது மண்டலத்தின் ஒவ்வொரு பாதியிலும் உறிஞ்சப்படும். அப்போது இரண்டு பாதிகளும் ஒரே நிறத்தைக் காட்டும்.

படிகத்தட்டுகளின் தடிப்பை ஏற்றவாறு செப்பஞ்செய்து, செங்கோண மொன்றினூடு சுழற்றப்படும் ஒளியின் அலைநீளத்தை நாம் விரும்பிய வாறுக்கலாம். இது இவ்வாறெனின், திருசியத்தின் துலக்கப்பாகமாகிய மஞ்சளோடொத்த இவ்வொளியானது அற்றுப்போய் இரு பாதிகளினதும் பொதுநிறம் மாறுநீலை நிறமாகும். ஒரு திசையிலே நுண்ணிய சுழற்சியொன்று புலத்தின் ஒரு பாதியை நீலமாயும் மற்றப்பாதியைச் செந்நிறமாயுஞ் செய்யும். எதிர்த்திசையில் ஏதாவது இடப்பெயர்ச்சி முந்திய பாகத்தைச் செந்நிறமாயும் பின்னையதை நீலமாயுஞ் செய்யும். இந்த மாறுநீலை நிறத்தைக்காட்டும் இருமைப்படிகக்கல்லின் தடிப்பு ஏறத்தாழ 3·75 மி மீ. ஆகும். இது பெறப்பட்டதும், படுமொளியின் மூனைவாக்கற்றளமானது பாகுபாடாக்கியின் தலைமைத்தளத்திற்குச் செவ்வனையிருக்கும்.

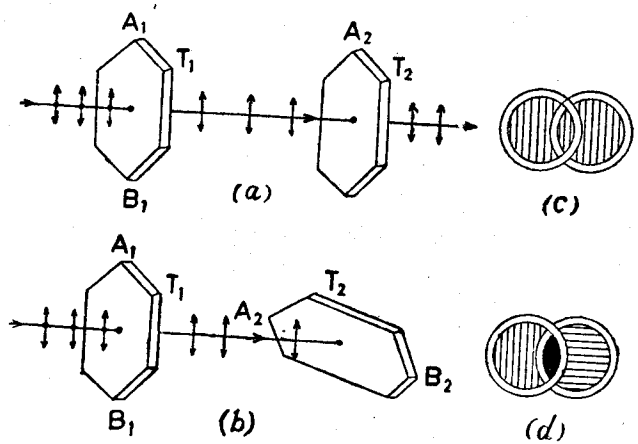
மாறுநீலை நிறமானது பெறப்படும்போது ஆராய்ச்சியிலுள்ள பதார்த்தமானது மூனைவாக்கிக்கும் இருமைப் படிகக்கல்லுக்கிடையிலேனும், இருமைப் படிகக்கல்லுக்கும் பாகுபாடாக்கிக்கிடையிலேனும் வைக்கப்படும். பதார்த்தமானது மூனைவாக்கற்றளத்தைச் சுழற்றுமாயின், மாறுநீலை நிறமானது பார்வைப்புலத்திலிருந்து மறைந்துவிடும். இதனைத் திரும்பவும் பெற வேண்டுமாயின், பாகுபாடாக்கும் நிக்கலானது தளஞ்சுழற்றப்பட்ட திசையிலும் சமமான கோணத்தினூடுஞ் சுழற்றப்படுதல்வேண்டும். செய்முறையிலே, ஒளியானது இருமைப்படிகக்கல்லிலே செவ்வனை விழுதல் வேண்டும். பாகுபாடாக்கும் நிக்கலின் சுற்றச்சு படுமொளியின் திசைக்குச் சமாந்தரமாயிருத்தல்வேண்டும். திருத்தமாக நிறைவேற்றப்படாத இந்த நிபந்தனைகளிலிருந்து எழுகின்ற வழுக்களின் பெரும்பாகம், நிக்கலை π கோணத்தினூடாகச் சுழற்றி இரண்டாவது அளவீடு எடுத்து, நீக்கப்படலாம்.

தொகுதியினூற் செலுத்தப்பட்ட ஒளியை திருசியம்காட்டிப் பாகுபாட்டிற்கு ஆளாக்குவதே திருத்தங்கூடிய ஒரு முறையாகும். இதற்காக, பிளவிலே இருமைப்படிகக்கல்லின் மெய்யான விம்பமொன்றை உண்டாக்குமாறு செப்பஞ்செய்யப்பட்டுள்ள வில்லையொன்றினூல் திருசியம்காட்டியின் பிளவிலே அவ்வொளியானது எறியப்படும். மண்டலத்திலே இரண்டு திருசியங்கள் காணப்படும். இருமைப்படிகக்கல்லின் ஒரு பாதிக்கொன்றுகவும், ஒன்றின்மேலொன்று இருக்கக்கூடியதாகவும் இவையுள்ளன. [இருமைப்படிகக்கல்லின் இரண்டு பாகங்களையும் பிரிக்குங் கோடு கிடைத்தளமானதாகும்]. பாகுபாடாக்கியினூல் அணைக்கப்பட்ட நிறத்திணைடொத்த

இருண்ட பட்டையொன்றினூல் இவையொவ்வொன்றுங் குறுக்கிடப்பட்டிருக்கும். இந்நிக்கலைச் சுழற்ற திருசியங்களின் குறுக்கே பட்டைகள் எதிர்த்திசையில் இயங்குகின்றன. எனவே, பட்டைகள் நேர்கோட்டில் வருமாறு நிக்கலானது செப்பஞ்செய்யப்படலாம். இந்த நிலைமை பெறப்பட்டதும் ஒரே அலைநீளத்தையுடையவொளியானது மண்டலத்தின் ஒவ்வொரு பாதியிலும் உறிஞ்சப்படுகின்றது. பாகுபாடாக்கியின் தலைமைத்தளமும் படுமொளியின் அதிர்வுத்திசைக்குச் சமாந்தரமாயிருக்கின்றது.

சுழற்றும் பதார்த்தமொன்றைச் செலுத்தும்போது கறுப்புப்பட்டையானது புலத்தின் குறுக்கே இடம் பெயர்க்கப்படும். இதனைப் பழையநிலைக்குக் கொண்டுவரவேண்டுமேயாயின், பாகுபாடாக்குநிக்கலானது பதார்த்தத்தினுண்டாக்கப்பட்ட சுழற்சியினளவு கோணத்தினூடு சுற்றப்படுதல்வேண்டும்.

இருநிறங்காட்டும் பளிங்குகளினூல் மூனைவாக்கம்.—தோரமல்லிப்பளிங்கொன்று மூனைவாக்கிய ஒளிக்கற்றையொன்றை உண்டாக்கும் இயல்பானது, பளிங்கின் ஒளியியலச்சுக்குச் செவ்வனை தளமொன்றிலே அதிர்ந்துகொண்டிருக்கும் கதிர்களெல்லாவற்றினதுந் தேர்ந்தவுறிஞ்சலின் பயனுனதாகும்.

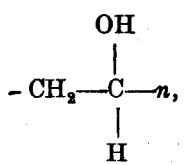


உருவம் 31.19.—இருநிறங்காட்டும் பளிங்குகளினூல் மூனைவாக்கம்.

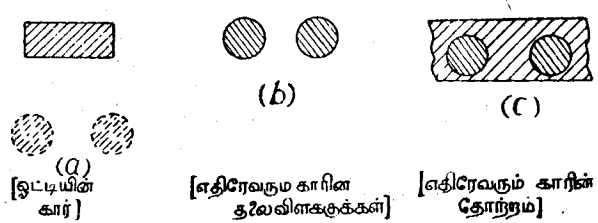
உருவம் 31·19 (*a*) இலே T_1, T_2 ஆகிய தோரமல்லிப் பளிங்குகளிரண்டின் அச்சுக்கள் ஒன்றுக் கொன்று சமாந்தரமாயுள்ளன. T_1 இனூற் செலுத்தப்பட்டவொளியானது பளிங்கின் நீண்ட விளிம்புகளுக்கு அதனதிர்வுகள் சமாந்தரமாயிருக்குமாறு தளமூனைவாக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தவொளியானது இரண்டாவது பளிங்கினூற் செலுத்தப்பட்டது. இரண்டாவது பளிங்கானது 90° இனூடு சுழற்றப்படும்போது, அதாவது, பளிங்குகள் "தடு நிலையிலுள்ளபோது," இரண்டாவது பளிங்கினூல் எவ்விதவொளியுஞ் செலுத்தப்படுவதில்லை, உருவம் 31.19 ஐப் பார்க்க.

அவற்றினுட் செலுத்தப்படும் அதிர்வுகளிரண்டினுள் ஒன்றைத் தேர்ந் துறிஞ்சும் இயல்பையுடைய பளிங்குகள் **இருநிறங்காட்டும் பளிங்குகள்** எனப்படும். பெரிய இருநிறங்காட்டும் பளிங்குகளை உண்டாக்குவதற்குப் பல முயற்சிகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. 1852 இலே **எரபத்து (Herapath)** என்பவர் குவின்னிருசல்பேற்றின் ஈரயடைட்டு எனப்படும் சேதனவுறுப்புச் சேர்க்கையிலிருந்து சிறிய ஆயினும் நன்கமைந்த பளிங்குகளை ஆக்குவதிற் சித்திபெற்றார். இச்சேர்க்கை இப்போது **எரப்பதைற்று** எனப்படும். இதன் ஒளியியல் நடவடிக்கை தோரமல்லியினதைப் போன்றதாகும். எரப்பதைற்றின் பெரிய பளிங்குகளைச் செய்யமுடியுமெனினும், அம்முறை மிகவுங் கடினமானது. எனவே, இதன் செய்முறை விசேடத்தின் பயனாக, பெரிய முனைவாக்கிகளையும், பாகுபாடாக்கிகளையுஞ் செய்யும் வேறு முறைகள் தேடப்பட்டன. இதனெரு பேறு "முனைவுப்போலிப்"படலம் எனப்படும். இது 1932 இலே **இலோடினூற்** (Laud) கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது, அவற்றினைச்சுக்கள் குறித்தவொரு திசைக்குச் சமாந்தரமாய் ஒழுங்குசெய்யப்பட்ட குவினீன்சல்பேற்றின் ஈரயடைட்டு நுணுக்குக்காட்டிப் பளிங்குகள் செலுத்தப்பட்டுள்ள மெல்லிய செலுலோசசிற்றேற்றின் தாள்களைக் கொண்டதாகும். இதன் விளைவைப் பெறுதற்கு, சிக்கலான மூலக்கூறுகளை நேர்ப்படுத்த பொலிவினைலற்கஃகோலின்[1] படலங்கள் ஈர்க்கப்பட்டு அயடீன் புகுத்தப்படும். இப்படலங்களின் எட்சுக்கதிர்ப்பாடங்கள், அயடீன் பல்பகுதிச் சேர்க்கையுருவத்திலிருக்கின்றதெனக் காட்டுகின்றன. அதாவது, பொலிவினைற் படலத்திலே ஈர்ப்பச்சுக்குச் சமாந்தரமாய்க் கிடக்கும் அயடீனணுக்களின் நீண்ட தொடரைக் கொண்டதாகும். அடுத்துள தொடர்கள் ஏறத்தாழ 3Å பிரிவைக் கொண்டதாகும். இவ்வகையான படலமொன்று ஐதரசன் குளோரைட்டைப் போன்ற உயிர்ப்பான நீரகற்றுமூக்கியோடு வெப்பமாக்கப்பட்டால், படலஞ் சிறிது இருட்டடையினும் வலுவாக இருநிறங்காட்டும். இவ்வகையாகச் செய்யப்பட்ட படலங்கள் மிக்கவுறுதியானவை. இவற்றிற் பெருந்தாள்களைப் பெறமுடியும். ஒளியைநோக்கித் தடுநிலையிலுள்ளனவும் இல்லாதனவுமான முனைவுப்போலித் துண்டுகளின் நடவடிக்கையை உருவம் 31.19 (*c*) உம் (*d*) உம் காட்டுகின்றன.

[1]வினைலற்கஃகோலானது $CH_2 = CH - OH$ என்ற சூத்திரத்தையுடையது. ஆனால், உறுதியற்றதாதலின் நிலைத்திருக்கமுடியாது. எனினும், பதார்த்தமானது பல்பகுதியாகச் சேர்கின்றது. இரட்டைத் தொடுப்பு விரிந்து அடுத்துள்ள வினைலற்கஃகோலின் மூலக்கூறுகள் சேர்ந்தினைந்து பல்பகுதிச்சேர்க்கையின் நீண்ட தொடராக அமைகின்றது. இது பின்வருமாறு குறிக்கப்படும் :—



முனைவுப்போலிப் பெரியதாள்களினுபயோகமானது கார்த்தலைவிளக்குகளிலிருந்துவருங் கண்கூசுமொளியினது பிரச்சினையைத் தீர்க்க உதவுகின்றது.—உருவம் 31.20 (*a*) ஐப்பார்க்க. இதனைச்செய்வதற்குக் காற்றுத்திரையுந் தலைவிளக்குகளும் முனைவுப்போலிகளினூல் மூடப்பட்டிருத்தல்வேண்டும். தலைவிளக்குகளிலிருந்து ஒளியை இவை முனைவாக்குகின்

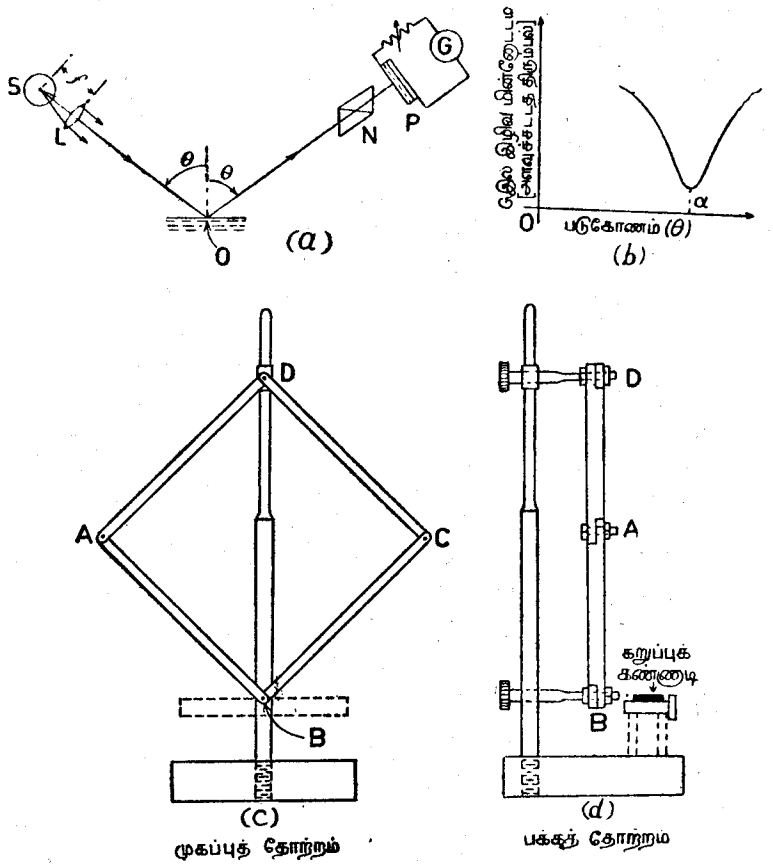


உருவம் 31.20.—காரொன்றின் தலைவிளக்குகளிலிருந்து கண்கூசுமொளி.

றன. தட்டுகளினச்சுக்கள் கிடைத்தளத்திலேடு 45° இலிருப்பின், காரோட்டி தனது சொந்தக்காரிலிருந்து வருமொளியினூல் வெளிப்பொருள்களைப் பார்க்கமுடியும். எனினும் எதிரேவருங் காரானது மேலேயுள்ளதற்குச் செவ்வனை தளத்திலே முனைவாக்கப்பட்ட ஒளியைக் கொடுக்கின்றது. எனவே, எதிரேவருங் காரினூலினூல் ஓட்டுபவரின் கண்ணானது பார்க்க முடியாது போகவேண்டியதில்லை.

கறுப்புமை அல்லது கறுப்புக்கண்ணுடித்துண்டொன்றின் முறிவுக்குணகத்தைப் பரிசோதனைமூலந் தீர்மானித்தல்.—புருசுதரின்விதியை ஒப்புக்கொண்டால், ஒளிபுகாப் பதார்த்தமொன்றின் முறிவுக்குணகத்தைத் தீர்மானிக்கக் கூடியதாகின்றது. இந்நூலாசிரியரினூல் இத்தேவைக்காக அமைக்கப்பட்ட ஆய்கருவியொன்று உருவம் 31.21 (*a*) இற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. பொயின்றலேற்று விளக்கொன்றைப்போன்ற புள்ளிமுதலிடமொன்றிலிருந்து, ஒருங்குவில்லை **L** ஆனது அதன்குவியத்தூரத்திற்குச் சமமான தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. **L** இலிருந்துவருஞ் சமாந்தரக் கற்றையானது மையின் பரப்பிலே **O** இல் விழுகின்றது. தெறிப்பொளியானது நிக்கலியம் **N** இனூல் ஏற்கப்படுகின்றது. இந்தவரியத்திற்குச் சரிபின்பாக, உணர் கல்வனூமானி **G** இனூடு தொடர்நிலையிலுள்ள ஒளிமின்கலம் **P** இருக்கின்றது. **N** சுழற்றப்படும்போது கல்வனூமானித் திரும்பலிற் சிறியமாற்றம் மட்டுமே யிருப்பது வழக்கம். ஆனால், θ ஆனது முனைவாக்கற்கோணம் α ஐ அணுகும்போது திரும்பலானது மிகவும் குறைந்திருக்கும். கொடுக்கப்பட்ட θ இன் பெறுமானத்திற்கு, நிக்கலானது சுழற்றப்படக் கல்வனூமானியளவீட்டின் இழிவுப்பெறுமானங் குறிக்கப்படும். இவ்வகையான அவதானங்களின் தொடரொன்றிலிருந்து கல்வனூமானியின் இழிவுத்திரும்பல், θ இனூடு எவ்வாறு மாறுகின்றதெனக் காட்ட வரைப்படமொன்று வரையமுடியும்.

இவ்வளைகோடானது, உருவம் 31.21 (*b*), நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட இழிவுப்பெறுமானத்தைக் காட்டுகின்றது. இது $\theta = \alpha$ ஆகும்போது நிகழுகின்றது. எனின், தான் $\alpha = \mu$. இதுவே தேவையான முறிவுக்குணகமாகும்.



உருவம் 31.21.—கறுப்புக்கண்ணாடி அல்லது கறுப்புமையைப்போன்ற ஒளிபுகாப் பொருளொன்றின் முறிவுக் குணகத்தைப் பரிசோதனைமூலந் தீர்மானித்தல்.

முதலிடம் S ஐயும் நிக்கலையும் அதன் தளபாடங்களையும் திருத்தமான நிலைகளிலே வைத்துக்கொள்வதற்காக, சாய்சதுரவுருவத்திலே உலோகச் சட்டம் ABCD அமைக்கப்பட்டுள்ளது. உருவம் 31.21 (*c*) முதலிடமும் வில்லை L உம் AB இலேடு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. வில்லையின் தலைமையச்சானது AB இற்குச் சமாந்தரமாயிருத்தல்வேண்டும். நிக்கலிய மும் ஒளிமின்கலமும் BC இலேடு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. நிலைக்குத்துக்கோல் BD இலே புள்ளி D ஐ இயங்கவிடக்கூடியதாக, D இலே உலோகப்பட்டையொன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, படுகோணந் தெறிகோணத்திற்கு எப்போதுஞ் சமமாக வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. சாய்சதுரத்தின் மூலை விட்டங்களை அளந்து θ இற்குரிய பெறுமானமொன்று எளிதிற் பெறப்படலாம்.

தற்காலிக இரட்டை முறிவு.—தடுநிலையிலுள்ள நிக்கல்களிரண்டிலிருந்து எவ்விதவொளியும் வெளிப்படாதென்று இவ்வத்தியாயத்தின் முற்பகுதியிலே காட்டப்பட்டது. இரட்டைமுறிவுப்பலிங்கொன்று நிக்கல்களினிடையே வைக்கப்பட்டால் பார்வைப்புலமானது தலையீட்டுவடிவமான்றினால் மூடப்பட்டுக் காணப்படுகின்றது. விகாரமற்ற கண்ணாடி, செலுலோயிடு, பேக்கலைற்று முதலிய பதார்த்தங்கள் இவ்வகையான வடிவங்களைக் கொடுப்பனவன்று. எனினும், உட்டகைப்புக்கு ஆளாக்கப்பட்டால், இவை தற்காலிகமாக இரட்டைமுறிவுடையனவாகின்றன. எனெனில், தடுநிலையிலுள்ள நிக்கல்களிடையே வைக்கப்படும்போது பார்வைப்புலம் தலையீட்டு வடிவத்தைக் காட்டுகின்றது. தகைப்புகள் அகற்றப்பட இருமைமுறிவு மறைந்துவிடுகின்றது.

தலையீட்டுவடிவமானது இருக்கும்போது பரிசோதிக்கும் பதார்த்தத்தினுள்ளே தகைப்பின் பாகங்களைக் காட்டுகின்றது. தகைப்புப்பாகுபாட்டினது உயர்வாக உருவாக்கப்பட்ட ஒளியியல்முறையொன்றின் அடிப்படை இதுவேயாகும். இது **ஒளிமீள்சத்தி** எனப்படும். கட்டிடவமைப்புப்பொறிமுறை வினைஞருக்கு மற்றெல்லாவற்றிலும் பார்க்கச் சிறந்த முறையொன்றைத் தகைப்புப் பாகுபாட்டினளவுக்குக் கொடுக்கின்றது. தீராந்தியொன்றைப் போன்ற அமைப்பின் மாதிரியொன்றை ஒளிபுகவிடும் பிளாத்திக்குத் திரவியத்தைச் செய்தபின், தடு நிலையிலுள்ள பாகுபாடாக்கிக்கும் மூலைவாக்கிக்குமிடையே அது வைக்கப்படுதல் வேண்டும். மாதிரியிற் பாரமேற்றியதும் தகைப்புகள் உண்டாகின்றன. அவையிருக்குமிடங்களிலே திரவியமானது இரட்டைமுறிவையுடையதாகின்றது. தடுநிலையிலுள்ள நிக்கல்களினிடையே, அல்லது அவற்றிற்குச் சமமானவற்றினிடையே, மாதிரியுருவம் இருக்கும்போது, பார்வைப்புலத்திலுள்ள தலையீட்டுவடிவத்தின் பாகுபாடானது, தகைப்புகளின் அளவுகளை மதிப்பிடுதற்குப் பொறிமுறை வினைஞருக்கு உதவுகின்றது.

அப்பியாசம் 31

1.—கறுப்புக்கண்ணாடித்தட்டொன்றின் பரப்பிலே சோடியவொளியானது படும்போது, படுகோணம் 58° 23′ ஆயிருக்கத் தெறிப்பொளியானது தளமுனைவாக்கப்படுகின்றது. கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகமென்ன ?

2.—ஒளியதிர்வுகள் குறுக்கானவை என்ற நம்பிக்கைக்குரிய அத்தாட்சியை ஆராய்க. தளமுனைவாக்கிய ஒளியென்றாலென்ன ? அதனைப் பெறும் இரண்டு முறைகளை விவரிக்க.

3.—தளமுனைவாக்கியவொளி *என்பதனால் என்ன கருதப்படுகின்றது ? அதனை உண்டாக்கற்குரிய இரண்டு முறைகளை விவரிக்க.*

1·65 *முறிவுக்குணகத்தையுடைய கண்ணாடிக்குற்றியொன்றினது துலக்கப்பட்ட தளப்பரப்பிலே முனைவாக்கப்படாத சோடியவொளியின் சமாந்தரக்கற்றையொன்றினது படுகோணம்* 58° 47′ *ஆகும். தெறிகற்றைக்கும் முறிகற்றைக்குமிடையேயுள்ள கோணமென்ன ? ஒளியின் படுகற்றை, தெறிகற்றை, முறிகற்றை என்பனவற்றின் இயல்பிலுள்ள ஏதாவது வித்தியாசங்களைப்பற்றி விரிவாகக் கூறுக.* [L. A.]

4.—தளமுனைவாக்கிய ஒளியென்றுரைக்கின்ற ? *தளமுனைவாக்கிய ஒளியினியல்புகளைக் கருதுவதினால் ஒளியின் அலைக்கொள்கையானது எவ்வாறு பரிதிக்கப்பட்டது ?*

தளமுனைவாக்கிய ஒளியினது **உபயோகங்களிரண்டை** *விவரிக்க.* [N. A.]

5.—*இயல்பானவொளிக்கும் தளமுனைவாக்கியவொளிக்குமிடையேயுள்ள வேறுபாட்டைக் கூறுக. தளமுனைவாக்கியவொளியை உண்டாக்கும் முக்கியமான முறைகளை விவரித்து, இவ்வகையான ஒளியின் முக்கியமான பிரயோகமொன்றைக் கூறுக.* [N. A.]

6.—*அலைநீளம்* $5{\cdot}46 \times 10^{-5}$ *சமீ. ஐயுடைய [இரசம் பச்சை] ஒளிக்குரிய கறுப்புக்கண்ணாடியின் முறிவுக்குணகத்தினது பெறுமானமொன்றைப் பரிசோதனைமூலம் எவ்வாறு தீர்மானிப்பீரென விளக்கி விவரிக்க.*

கிடைத்தளமான நீரின்பரப்பிலே ஒளிக்கதிரொன்று 60° *இற் படுகின்றது. முறிகதிரானது கண்ணாடிப் பாளமொன்றின் பரப்பிலே விழுகின்றது. நீரினதும் கண்ணாடியினதும் முறிவுக்குணகங்கள் முறையே* 1·33 *உம்* 1·50 *உமாக எடுத்துக்கொள்ளப்படலாமானால், கண்ணாடியிலிருந்து தெறித்த கதிரானது தளமுனைவாக்கப்பட்டிருக்கும்போது, கிடைத்தளத்தினோடு கண்ணாடியின் பரப்பானது ஆக்குங் கோணத்திற்குரிய பெறுமானமொன்றைப் பெறுக.*

அப்பியாசங்களின் விடைகள்

அப்பியாசம் 19

(1) 12 சமீ.
(2) − 11·3 சமீ.
(3) குவிவாடியின் பின்னால் 3·26 அங்.
(4) − 2·2 அங்.
(5) − 5·2 சமீ.
(6) 52·5 சமீ.
(7) 2·67 அடி
(8) 0·33

அப்பியாசம் 20

(1) 28° 15′.
(2) முற்பரப்பின் பின்னால் 33·2 சமீ.
(3) 1·605, 38° 33′.
(4) 1·529, 39° 44′.
(5) 4·18 சமீ.
(6) 64°.
(7) 1·669.
(8) 0·21 சமீ. (எற்றம்)
(9) 64°.
(10) 1·414.
(12) 39° 30′, 1·523.
(14) 28° 6′.
(15) 68° 38′.
(16) 69° 42′.

அப்பியாசம் 21

(1) 2 சமீ., கனத்தின் பக்கத்திலிருந்து 1·47 சமீ.
(2) பரப்பிலிருந்து 2·5 சமீ.
(4) (அ) (i) 6 சமீ., (ii) 4 சமீ., (ஆ) 18 சமீ.
(5) − 26·7 சமீ., − 106·7 சமீ.
(6) (அ) இரண்டாம் வில்லையிலிருந்து 20 சமீ., ஒன்று; (ஆ) 144 சமீ.; (இ)120 சமீ.(விரிவது)
(7) (அ) − 17·7 சமீ. ; (ஆ) − 20 சமீ.
(8) ஆடியிலிருந்து 3·2 சமீ. ; 0·92 சமீ.
(10) 20· 6 சமீ.
(11) 1·53
(12) 6 சமீ., 2 சமீ.
(13) 11·9 சமீ.
(14) 35 சமீ., 25 சமீ., 10·4 சமீ., 1·51.
(15) ∞ அல்லது 12·5 சமீ.
(17) − 33 சமீ., 1·65 சமீ., உண்மையானதும் தவறானதும்.
(18) $|f_2| \div |f_1|$.
(20) —24 சமீ., —1·91 சமீ.
(21) $0{\cdot}114\alpha$, 1·17.

அப்பியாசம் 22

(1) 0·090 சமீ.
(2) 8 சமீ.
(3) − 10 சமீ.
(4) − 24 சமீ., − 96 சமீ.
(5) − 60 சமீ.
(7) 1·5.
(8) 60 சமீ., $f = -90$ சமீ.
(9) $r = 60$ சமீ.
(10) 5, 7·5.
(11) 4 அங்.
(12) − 24 சமீ., 72 சமீ., 12 சமீ., 1.60.
(13) 1·44
(14) 40 சமீ., − 20 சமீ.
(15) − 44 சமீ., 0·67.
(16) − 20 சமீ.
(17) ஒருங்கும் பிறையுரு வில்லை, $f = -6$ சமீ., $r_1 = -4$ சமீ., $r_2 = -12$ சமீ.
(18) 1·50, 1·33.
(19) 1·62.

அப்பியாசம் 23

(4) 4·6 நிமிடம்.
(6) $1{\cdot}2 \times 10^{3}$ மீ. செக்$^{-1}$.
(7) 1·482.
(8) 8·1°, 2·7°
(10) 138° 0′.
(12) 6·03 சமீ.
(13) 10·9 மிமீ.

அப்பியாசம் 24

(1) − 40·8 சமீ., 69·0 சமீ.
(2) 4·7 சமீ.
(3) +10 சமீ., − 6·7 சமீ.
(4) $f_A = -37{\cdot}5$ சமீ., $f_B = +60$ சமீ.
(5) 19·8 சமீ., 19·8 சமீ., − 408 சமீ.
(6) (அ) 57·6 சமீ., 42·0 சமீ., அல்லது 24·3 சமீ., 57·6 சமீ. ; (ஆ) 48·7 சமீ., 316 சமீ.
(7) $2{\cdot}1 \times 10^{4}$ கலோரி.
(9) 4D(A), − 3D(B) .

அப்பியாசம் 25

(1) − 9 சமீ.
(2) +63 சமீ.
(3) − 45 சமீ., 2·2 D.
(4) 4·2 சமீ., 6.
(7) − 0·33 D., 33·3 சமீ.
(8) (50–100) சமீ.
(9) 200 சமீ., − 0·50 D., 50 சமீ.
(10) 4·2 D., 5 D., 27·3 சமீ.
(11) 26·7 சமீ. [நிலைக்குத்தானது] 57·1 சமீ. [இடையானது] .
(12) 0·70 மிமீ.
(13) (மாயமானது, 7·64 சமீ., 15·28 சமீ.), (உண்மையானது, 52·36 சமீ., 104·7 சமீ) .
(14) 2·14சமீ.

அப்பியாசம் 26

(3) 10·5 அங்., 4.9 அடி சதுரம்.
(5) 210.
(6) 5 சமீ., 10.
(7) 9·7.
(8) 49 சமீ., 9·8.
(10) 9·47 அல்லது 3·04 அங்.
(11) 3·69 சமீ., 14·4.
(12) 7 சமீ.
(14) 5, 7·5.
(15) 109·5 சமீ., 10·5.
(16) 0·40.
(17) $-\frac{100}{7}$, − 100, + 100, $+\frac{100}{7}$ சமீ.; 4.
(18) 5·0.
(20) $1+\frac{D.}{|f|}$
(21) (அ) 2·94, (ஆ) தெளிவற்ற, (இ) 6.
(22) 1·88 சமீ., − 2·2 சமீ.
(23) 50 அடி.
(24) 60 சமீ., $f = -90$ சமீ.
(26) $8{\cdot}3 \times 10^{-2}$ பாகை.

அப்பியாசம் 27

(1) 14·3 சமீ.
(2) 89 இலட்சு, 108 இலட்சு.
(3) 1·04 (அல்லது 0·96) .
(4) 6·94 அடி–மெழுகுதிரி, 5·46 அடி–மெழுகுதிரி.
(5) 8·2 அடி–மெழுகுதிரி.
(6) 4·36 அடி–மெழுகுதிரி, 2·83 அடி–மெழுகுதிரி.
(7) 11·8 அடி–மெழுகுதிரி.
(8) 0·87.
(9) 3·24 : 1.

அப்பியாசம் 29

(2) ஆடியின் முன்னுல் 8 சமீ.
(3) 11° 49′.

அப்பியாசம் 30

(1) $6{\cdot}87 \times 10^{-5}$ சமீ.
(2) $4{\cdot}42 \times 10^{-5}$ ஆரையன்.
(3) 0·020 சமீ.
(4) 0·033 சமீ.
(5) 0·033 சமீ., 1·2 சமீ.
(7) 0·84′, ஒடுக்கமாகிறது.
(8) 1 மிமீ.
(9) 341 சமீ.
(10) 0·367 சமீ. ; வளையத்தொகுதி துலக்கமான மையத்தை உடையது.
(11) 1·46 சமீ.
(13) 0·48 சமீ.
(14) 611 சமீ., $16{\cdot}9 \times 10^{-5}$ சமீ.
(15) (அ) 1′, 3′, (ஆ) பச்சைக் கோட்டின் ஒரு பக்கத்தில் 1·72, 1·60 சமீ., மற்றப் பக்கத்தில் 5·71 சமீ. உம் 5·80 சமீ. உம்.
(16) (அ) (i) $1{\cdot}09 \times 10^{-2}$ சமீ., (ii) $0{\cdot}55 \times 10^{-2}$ சமீ. ; (ஆ) 36° 52′.
(17) $5{\cdot}73 \times 10^{-5}$ சமீ.
(18) $\theta_0 = -45°$, $\theta_1 = -20°\ 19′$, $\theta_2 = 0°\ 44′$, $\theta_3 = 21°\ 54′$, $\theta_4 = 47°\ 8′$, மற்றும் எதிர் வரிசைகள் யாவும் தோற்றுதுள்ளன.
(19) 0·40 சமீ.
(20) $4{\cdot}60 \times 10^{-4}$ சமீ.

(22) சைன்$^{-1}\left[\dfrac{2\lambda}{(\mu-1)(a+b)}\right]$.

அப்பியாசம் 31

(1) 1·624.
(3) 90°.
(6) 7° 52′.

அட்டவணை

அசாதாரணக் கதிர், 388
அச்சயற் சமன்பாடு, அடிப்படையான, 20, 65
  கதிர்கள், 18
அடிப்படை அச்சயற் சமன்பாடு, 20, 23, 65
அடிமெழுகுதிரி, 277
அண்மைப்பார்வை, 206
அண்மைப் புள்ளி, 204
அதிர்வுத் தளம், 380
அபினி, 128
அபேயின் அமிழ்ப்புப் பொருள்வில்லை, 260
அமிகியின் அரியம், 134
அமிழ்ப்புப் பொருள்வில்லை, 260
அமைப்பு, கண்ணின் 196
அம்புருத்தளம், 172
அரியத்தால் முறிவு, 47
அரியத்தின் கோணத்தை அளத்தல், 50, 121
  திரவியத்தினது முறிவுக் குணகம், 51
  முறிகோணம், 47
அரியத்தைச் செப்பஞ்செய்தல், சுசுத்தரின் முறையால், 119
அரியம், 47
  நிறந்தரா, 131
  நிமிர்த்தும், 251
  மெல்லிய, 54
அரையலைத் தட்டு, 395
அலைக்கொள்கை, ஒளிபற்றிய, 2, 320
அலைநீளம், 341
அலைப் பரப்புகள், பளிங்கில், 390
ஆகக் குறைந்த தூரம், தெளிவுப் பார்வையின், 206
ஆப்பின் கோணத்தைக் காணல், 360
ஆழம், தோற்ற, 36

இடப்பெயர்ச்சி, கண்ணுடித் தட்டினூடு பொருளைப் பார்ப்பதனால், 37 முறையினால் குவிய நீளம், 94
இடமாறுதோற்றத்தை நீக்குவதால் விம்பங்களின் இடங்காணல், 88
இணைக்குவியங்கள், 73
இயல்பாகச் செப்பஞ்செய்த தொலைகாட்டிகள், 242, 248, 250
இயற்கை ஒளி, 112
இரச ஆவி விளக்கு, 140
இரஞ்சுதன் வட்டம், 238, 245
இரட்டை முறிவு, 387
  தற்காலிக, 407
இரட்டையரியம், 342
இரண்டாம் தலைமைக் குவியம், வில்லையின், 69
இரம்போட்டின் நிழலொளிமானி, 282
இரேலி, 382
இருநிறங்காட்டும் பளிங்குகள், 403
இரு மெல்லிய வில்லைகள், தொடுகின்ற, 75
  சிறிய கோளப்பிறழ்ச்சியுள்ள, 169
இருமைப்படிகக்கல், 401
இருமைமுறிவு, 388
இலட்சு, 277
இலம்பேட்டின் கோசைன் விதி, 278
இலம்பேட்டு, 279
இலுமன், 275
இலெசிலி, 142
இலேனுடு, 152
இழிவுத்தூரம், விம்பத்துக்கும் பொருளுக்கு மிடையே (ஒருங்கு வில்லை) 76
இழிவுமலைவு வட்டம், 176, 185
இழிவு விலகற் கோணம், 48, 121,
  மழைத்துளியால், 157
இளைப்பு, விழித்திரை, 217

ஈலியம் 112

உஞ்சநெடுங்கோட்டுத் தளம், 172
உண்மை, தோற்ற ஆழங்கள், 35
உண்மை, மாய விம்பங்கள், 17, 19
உண்மை விம்பம், 17, 19
உபநியம விளக்கு, 273
உபநிறப் பார்வை, 219
உயரம், சூரியனின், 13
உருப்பெருக்கம், ஒளியியற் கருவிகளின் பயனை, 224
  நேர்கோட்டு, 22
  வளைபரப்புகளில் முறிவினால், 92
  வளைவாடிகளினால், 22
  வில்லைகளால், 76

உருப்பெருக்கவலவு, கூட்டு நுணுக்குக்காட்டியின், 224
தொலைகாட்டிகளின், 242
வில்லையின், 225
உருப்பெருக்கிக் கண்ணுடி, 226
உருளைவில்லைகளும் புள்ளிக்குவியமில்குறையும், 175
உரூமர், 306
உலுமபுரோதனர் ஒளிமானி, 287
உவேபர், 289, 298
உள்விழிகாட்டி, 217
உறழ்பொருவு, 286
உறிஞ்சற்றிருசியங்கள், 126
உறிஞ்சியொளிவீசல், 148
உறிஞ்சியொளிவீசுந் திரவியங்களின் பிரயோகங்கள், 154
உறிஞ்சியொளிவீசும் இரசம், 153

ஊதாக்கடந்தநிறக் கதிர்வீசல்கள், 143, 147
நோய்தீர் மருந்துப் பிசயோகவியலில், 147

எகத்தரல், 148
எண்ணெயமிழ்ப்பு வில்லை, 260
எதிர்ப் பளிங்குகள், 391
எம்மோற்சின் சில்லு, 201
எம்மோற்சு, 201
கொள்கை, நிறப்பார்வைபற்றி, 218
எரபத்து, 404
எரிநிலை வளைகோடு, குழிவுப் பரப்பிலே தெறிப்பினுல், 46, 183
தளப்பரப்பிலே முறிவினுல் 46
எளிய நுணுக்குக்காட்டி, 226

ஏசெல், 142
ஏறத்தாழச் சமாந்தரமான இரு தட்டுகளின் இடைக்கோணத்தை ஒளியியல் முறையாய்த் தீர்மானித்தல், 360

ஐகனும் ஒரச்சுப் பளிங்குகளும், 392
ஐகன், 170, 320, 331, 392
தத்துவம், 320
பார்வைத் துண்டு, 170
ஐசுலாந்துச் சுண்ணும்புப்படிக்கல், 380
ஐதிஞ்சரின் விளிம்புகள், 365

ஒருங்குவில்லைகள், 67, 93
ஒருநிற ஒளி, 113
ஒரேமையக் கற்றை, 173
ஒளிக்கற்றை, 3
ஒளிக் கொள்கைகள், 318
ஒளிச்சிறுதுணிக்கைக் கொள்கை, நியூற்றனின், 318
ஒளிச் செலுத்துகை, அலைக்கொள்கைப்படி, 320
சிறுதுணிக்கைக் கொள்கைப்படி, 318
நேர்கோட்டு, 3
ஒளிச்செறிவு, 275, 278
ஒளிப் பாயம், 275
ஒளிமானி, இரம்போட்டின் நிழல், 282
உலுமபுரோதனர், 287
உவேபர், 289
ஒளிர்வு, 298
ஒலிட்டு, 293
சிமிட்டு, 292
நிரப்பு, 296
பன்சனின் நெய்ப்பொட்டு, 284
ஒளிமின்கலம், 299
ஒளிமீள்சத்தி, 407
ஒளிமுனைவாக்கம், 379
ஒளியால் உயிர்க்கும் பதார்த்தம், 397
ஒளியியலச்சு, பளிங்கின், 386
ஒளியியலளவுச்சட்டம், 88
ஒளியியல் அச்சு, பளிங்கின், 386
ஒளியியல் அளவுச்சட்டம், 88
ஒருமைகள், அரியத்தின், 120
கண்ணுடிவிளக்கு, 254
குறி வழக்குகள், 16
மாற்றமிலி, 34
மையம், வில்லையின் 70
ஒளியியல்மையம், வில்லையின், 70
ஒளியியற்கண்ணுடி விளக்கு, 254
ஒளிர் பாயம், 276
ஒளிர்வின் அளவு, 298
ஒளிர்வு, 276
ஒளிர்வு விதி, 280

ஓரச்சுப் பளிங்கு, 386

கண்கூசுமொளி, 405
கண், அதன் அமைப்பு 196
சுருக்கிய, 202
வளையம், 239
கண்ணுடியுடனீர், 197
கண்ணின் தன்னமைவு, 202
கண்மணி, 197
கதிராளி, 197
கதிர், 3
அச்சயற், 18
அசாதாரணக், 388
சாதாரணக், 387
கதிர்களின் பாதைகளை வரைதல், ஒளியியற் பிருகுதிகளில், 22, 30, 72, 225
கதிர்களின் பாதைகள், நுணுக்குக்காட்டிகளில், 225
தொலைகாட்டிகளில், 243
கதிர்களை வரைதல், 8, 19, 73
கதோட்டுக் கதிர்கள், 148
கலவைநிறங்கள், 128
கலிலியோ, 2
கலிலியோவின் தொலைகாட்டி, 13, 248
கல்சைற்றினுல் இரட்டைமுறிவு, 386
கல்சைற்று, 149, 386

காலற்கொள்கை, ஒளிபற்றிய, 318
காற்றுக் கலம்கொண்டு முறிவுக் குணகம், 42
கானனீர், 59

கிரகணங்கள், 4
கிலிட்டின் ஒளிமானி, 293

குண்டுசிமெத்தைத் திரிவு, 179
குருடு, நிறக், 219
குருட்டிடம், 199, 201
குவியகோடுகள், 174, 186
தளங்கள், 22, 74
குவியங்கள், இணை, 73
தலைமை, 18, 69
குவியத்தூரம், ஆடிகளின், 18, 89
வில்லைகளின், 69, 93
வில்லைச்சேர்க்கையின், 75
குழிவாடியில் சந்திரனின் விம்பம், 25
குவிவான ஆடிகள், 19, 90
பரப்பிலை தெறிப்பு, 18, 90
முறிவு, 64
குழிவு (அல்லது விரி) வில்லை 69, 71, 99
ஆடி, 16, 24
பரப்பில் முறிவு, 63
குறிவழக்கு, ஒளியியற் கணக்குகளில், 16
குறும்பார்வை, 206
குறைகள், ஒளியியல் விம்பக், 166
பொதுப் பார்வைக், 204

கூட்டுநுணுக்குக்காட்டி, 234
கூம்புகளும், கோல்களும், 199
கூர்மை, பார்வைக், 223
கெல்வின், 2
கேச்சொவு, 123
கேத்திர கணித அமைப்பு, ஆடிகள் ஆக்கும் விம்பங்களுக்கு, 22
முறிகதிர்கட்கு, 31, 72
வில்லைகள் ஆக்கும் விம்பங்களுக்கு, 72
கொள்கைகள், ஒளி பற்றிய, 318

கோசைன் வர்க்கவிதி, 385
கோசைன் விதி, 277
கோடுகள், 122
கோட்டுத் திருசியம், 122
கோண நிறப்பிரிக்கை, 130
—அமிக்கியின் அரியத்தில், 136
கோணம், அரியத்தின் முறி, 47, 49, 121
இழிவு விலகற், 48, 121
திண்மக், 274
பார்வைக், 223
மாறுநிலைக், 41
முனைவாக்கக், 382
கோணலளியடைப்பு, 369
கோல்களும் கூம்புகளும், 199
கோள ஆடிகளிலே தெறிப்பு, 16
கோளப் பரப்பிலை முறிவு, 63, 327
பிறழ்ச்சி. 166, 184
கோளப்பிறழ்ச்சியில் வில்லை, 183
புள்ளிகள், 181
கோணிக்கு, 219

சட்டிமம், அட்டிலியின், 10
சந்திரனின் விம்பம், குழிவாடியில், 25
தடித்த தளவாடியில், 58
சமசாய்வு விளிம்புகள், 361, 365
சமதடிப்புள்ள விளிம்புகள், 352
சமவலுக் குவியநீளம், தொடும் இரு மெல்லிய வில்லைகளின், 75
சமாந்தரத்தட்டு நுண்மானி, 257
சம்புனர், 296
சராசரிக் கோளமொழுகுதிரிவலு, 296
சர்வதேசமெழுகுதிரி, 275

சாதாரணக் கதிர், 387
சாயாடிகள், 7

சிகரக் கோணம், அரியத்தின், 47, 121
சிறிய திரும்பல்களை அளத்தல், 14
சினேலின் முறிவு விதி, 29

சீடிள் நிபந்தனைகள், 166
சீபெக்கு, 142

சுசுத்தர், 119
சுருக்கிய கண், 202
சுழலுந் தளவாடியிலிருந்து தெறிப்பு, 9

சூரிய கிரகணம், 4
சூரியனின் உயரத்தை அறிதல், 13
சூழ்பொருள்காட்டி, 252

செங்குத்தாகவெட்டும் வில்லை, 169
நிக்கல், 398
செந்நிறக்கீழ்க்கதிர் வீசல்கள், 141
செயற்கைக் கிடைத்தளம், 14
செரதேமா பிக்குமென்ரோசம், 148

சேர்க்கை, மெல்லிய வில்லைகளின்,75
சேர்க்கையியல்பு, வெள்ளொளியின், 112
சேய்மைப் பார்வை, 206
சேய்மைப்புள்ளி, 204
சேர்டியக் கோடுகள், 122, 125
—சோடியச்சுவாலை, 122

தடித்த ஆடி, 56
தடிப்பான ஆடிகள், 38
தடிப்பு, மெல்லிய தாளின், 344
தடைகள் (ஒளி), 168, 178, 180
தட்டுகளின் அடுக்கு, 384
தலைமைக் குவியம், வளைவாடியின், 18
குவியங்கள் வில்லையின் 69
தலைமைத் தளம், ஆடியின், 21,
பளிங்கின், 386
வில்லையின், 74
தலைமைத் திருசியம், 188
தலையீடு, ஆப்பின், விளைவான, 360
மெல்லிய படலங்களின் நிறங்கள், 350
தலையீடு (ஒளி அலைகள்) 331
தலையீட்டுக்குரிய நிபந்தனைகள், 337
தலையீட்டு விளிம்புகளை ஒரிடமாக்கல், 362
தளப்பரப்பிலே முறிவினால் எரிநிலைவளை கோடு, 46
தளமுனைவாக்கிய ஒளி, 379
தளவாடிகள், 6
தற்சுழற்சி, 397
தாற்றணிசம், 220
தாற்றன், 219
தானுக நேர்வரிசையாக்கல், 93
திண்டல், 147
திண்மக் கோணம், 274
திரவத்தின் முறிவிக் குணகம், 41, 52, 103
திருசியங்கள், உறிஞ்சல், 125
பட்டை, 124
திருசியங்காட்டி, நேர்ப்பார்வை, 136
திருசிய நிறங்கள், மீளச்சேரல், 127

திருசியப் பகுப்பு, 122
திருசியமானி, 117
செப்பஞ்செய்கைகள், 118
மாறு விலகல், 55
திருசியம், திரையில், 114
திருசிய வகைகள், 122
தீக்கல், கிரவுண் கண்ணாடி, 132
தீப்பொறித் திருசியம், 124
துணைக் குற்றலைகள், 319
துணைத் திருசியம், 187
துணையச்சு, வில்லையின், 74
துலக்கம், 279
துவாரம் பெரிதான ஆடிகள், 183
தூயதிருசியத்தை ஆக்கல், 115
தூயதிருசியம், 115, 371
தூரப்பார்வை, 206

தெளிவுப் பார்வையின் ஆகக்குறைந்த தூரம், 204, 206
தெறிப்பால் முனைவாக்கல், 381
தெறிப்பு, கோள ஆடியில் அல்லது பரப்பில், 16
தளப்பரப்பில், 5, 321
முழுவுட், 40
விதிகள், 5, 319
தெறிப்புகள், பல, 56, 365
தெறிப்பு வலு, 302
தொலைகாட்டி, நியூற்றனின், 250
தெறிப்பு விதி, 6
தேனினிடை, 176
தையொத்தர், 174

தொங்கவிடுமினையம், 197
தொடர்ந்த திருசியம், 124
தொலாங்கி, 356
தொலைகாட்டி, கலிலியோவின், 248
தெறிப்புத், 250
புவித், 246
வானியற், 243
தொலைகாட்டியின் உருப்பெருக்க வலு, 242
தொலைமானி, 256
தொலையொளி வில்லை, 261

தோக்கின் முறை, உறிஞ்சியொளி வீசலைக் காண, 150
விதி (நின்றவொளிவீசல்), 149
தோரமல்லி, 380
தோலுரு, 197
தோற்ற ஆழம், 36
தடிப்பு, 35

நங்கூரவளையுருவில்லை, 216

நிக்கல் அரியம், 389
நிமிர்த்தும் அரியம், 251
நியம ஒளி, 269
ஒளிமுதல், 270
மெழுகுதிரி, 275

நியூற்றனின் சமன்பாடு, 78
தொலைகாட்டி, 250
பரிசோதனைகள், நிறமாலைபற்றி, 112
வளையங்கள், 353
விளக்கம், ஒளித்தெறிப்பையும் முறிவையும்பற்றி, 318

நியூற்றன், 2, 78, 112, 318, 353
நிரப்பொளிமானி, 296, 300
நிழலொளிமானி, 282
நிழல்கள், 4
நிறகருடி, 219
நிறங்கள் மீளச்சேரல், 127
மெல்லிய படலங்களின், 348, 367

நிறந்தரா அரியம், 132
இரட்டை, 259
பொருள்வில்லை, 259
விம்பம், தனி நுணுக்குக்காட்டியில், 192

நிறந்தராமை, 187
நிறப்பார்வை, 218
நிறப்பிரிக்கை, 113
கோண, 130

நிறப்பிரிக்கைவலு, 130
நிறப்பிறழ்ச்சி, 188
நிரப்புநிறங்கள், 129
நிறமண்டலம், 126
நிறமில்சேர்க்கை, தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் இருமெல்லிய வில்லைகளின், 189
நிறம், 126
உறிஞ்சலின் பயனை, 137
கலவை, 128
நிரப்பு, 129
முதல், 129
நிறைவணுகுநிழல், 4
நின்றவொளிவீசல், 149

நீர்மயவுடனீர், 197

நுணுக்குக்காட்டிப் பொருள்வில்லை, 259
நுணுக்குக்காட்டியின் உருப்பெருக்கவலு, 237

நெய்ப்பொட்டொளிமானி, 284

நேர்கோட்டுச் செலுத்துகை, ஒளியின், 3
நேர்கோட்டுருப்பெருக்கம், 22
நேர்ப் பளிங்குகள், 391
நேர்ப்பார்வை திருசியங்காட்டி, 136
நேர்மாறுவர்க்க விதி, ஒளிர்வுக்கு, 280
நேர்வரிசையாக்கி, 117

பகுதிக் கிரகணம், 4
படிகம், 391
படிகஅரையலைத்தட்டு, 395
படுகதிர், 6
பட்டைத்திருசியம், 124
பரவளைவாடி, 187
பல விம்பங்கள், 8, 56
பளிங்குருவான வில்லை, 197-8
பற்சூத்தை, 148
பன்சன், 123, 284
நெய்ப்பொட்டொளிமானி, 284
பன்னிற ஒளியியல், 292

பாகுபாடாக்கி 385, 389
பாகுபாடு திருசிய, 122
முனைவாக்கிய ஒளியின், 398
பார், இரவுட்டன்போர், 256
பார்வைக் குறைகள், 206
பார்வைக் கூர்மை, 224
கோணம், 223
பார்வைச் செவ்வுதா, 199
பார்வைத் துண்டு, 235, 241
ஐகனின், 170
பார்வை நிலைபேறு, 201
வில்லையினூடு, 208

பிசிர்ப்பொருள், 197
பிணையுமுதலிடங்கள், 333
பிரசினெல், 2, 342
பிரசினெல் இரட்டையரியம், 342
பிரிவலு, 259
பிரூத்தரின் விதி, 382
பிரூத்தர், 149
பிரௌனுவர் கோடுகள், 126, 130
தொலைகாட்டி, 173
பிளாங்கியன் கதிர்வீசி, 271
பிளிக்கர் ஒளிமானி, 292
பிறழ்ச்சி, கோளப், 167
நிறப், 187
பிறழ்ச்சிகளைச் செப்பனிடல், 166
பிறையுருவில்லை, 67

பின்குவியம், 262
பீசோ, 307
பீப்பாத்திரிவு, 179

புல்பிரிச்சு முறிவுமானி, 44
புவித் தொலைகாட்டி, 246
புள்ளிக்குவியமில் கற்றை, 174
புள்ளிக்குவியமில்குறை, 173, 214

பெக்கரல், 151
பெச்சினரின் பின்னம், 280
பெந்தேன் விளக்கு, 270
பெற்சுவல் நிபந்தனை, 176
பேக்கன், 1

பொருள்வில்லைகள், தொலைகாட்டியினதும் நுணுக்குக்காட்டியினதும், 259
போக்கோவும் ஒளிவேகமும், 309
திரவிய ஊடகத்தில், 312
போயிசின் முறையைக்கொண்டு வளைவாரை, 102
போயிசு, 102
போயிந்திங்கு, 257

மங்கல், 171
மங்கல்வட்டம், 172
மண்டலத்தின் வளைவு, 176
மழைத்துளியால் இழிவுவிலகற்கோணத்தைக் காணல், 156
மாட்சுவெல், 2
மாயப் பொருள், 92
மாய விம்பம், 19, 72
மாலசின் கோசைன் வர்க்கவீதி, 385
மாறுவிலகல் திருசியமானி, 54
மாறுநிலைக் கோணம், 52

மீற்றர் மெழுகுதிரி, 277

முழுக்கிரகணம், 5
முழுவுட்டெறிப்பு, 40
முறிகதிருக்குரிய அமைப்பு, 31
முறிதொலைகாட்டிகள், 242
முறிவு, அரியத்தினூடு, 53
இரட்டை, 387
குவிவுப் பரப்பில், 64, 327
குழிவுப் பரப்பில், 63, 327
தட்டினூடு, 30
தளப் பரப்பில், 29
பலவகை ஊடகங்களினூடு, 33
மெல்லிய அரியத்தினூடு, 54
மெல்லிய வில்லையினூடு, 67, 329
விதிகள், 29, 326
முறிவுக் குணகத்திற்குரிய நுணுக்குக்காட்டி முறை, 36
முறிவுக் குணகம், 29, 325
அரியத்தின் பதார்த்தத்தின், 51, 121
ஐகனின் அலைக்கொள்கைப்படி, 325
தடித்த ஆடியின் பதார்த்தத்தின், 38
திரவத்தின் (நியூற்றன் வளையங்கள்), 359
தோற்ற ஆழ முறையால், 36
நியூற்றனின் சிறுதுணிக்கைக்கொள்கைப் படி, 320
பெருந்தொகையாய்க் கிடைக்கும் திரவத்தின், 36
மூனைவாக்கக் கோணத்தால், 382, 405
முழுவுட்டெறிப்பு முறையால், 40, 53
வில்லையின் பதார்த்தத்தின், 102
முறிவுக்குணகம், 29
அரியத்தின் பதார்த்தத்தினது, 51
வில்லையின் பதார்த்தத்தினது, 102, 121
முறிவுத்திறன், 30
முறிவுமானி, 44
முறிவு விதி, 29, 319, 324
மூனைவாக்கக் கோணம், 382
மூனைவாக்கத் தளம், 381
மூனைவாக்கமானி, 398
மூனைவாக்கம், இருநிறங்காட்டும் பளிங்குகளால், 403
சுழற்சி, 395
தெறிப்பால், 381
மூனைவாக்கி, 385, 389
மூனைவுப்போலி, 404
மூனைவு, வளைவாடியின், 16
மூனைவு வரிப்படங்கள், 295

மூக்குக்கண்ணுடிகளின் தொழிற்பாடு, 208
மூன்றும்படிக்கொள்கை, 166

மெல்லிய அரியம், 54
படலங்களில் நிறங்கள், 347
வில்லைகள், தொடுகின்ற, 75
வில்லையின் பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகம், 102
வில்லையினூடு முறிவு, 67, 329
மெழுகுதிரி, சர்வதேச, 275
வலு, 276

மேலிருமைகாட்டி, 255
மேற்பொருத்துகையின் தத்துவம், 331

மைக்கேல்சனும் ஒளிவேகமும், 315
மைக்கேல்சன், 314
மையச்சிற்றிறக்கம், 197

யங், 2, 142, 203, 218, 332
யங்கின் கொள்கை, நிறப்பார்வை பற்றி, 218
பிளவுகள், 340

வட்டமூனைவாக்கிய ஒளி, 398
வரைப்பட அமைப்பு, எளிநிலைவளைகோட்டுக்கு, 46
குவியத்தூரங்கட்கு, 89
விம்பங்கட்கு, 72
வரையறையான அளவுகளையுடைய பொருள், 20, 72
வலிப்புக்கொள்கை, நியூற்றனின், 2, 318
வலு, உருப்பெருக்க, 225
வில்லையின், 75, 174
வழக்கு, ஒளிக்குறி, 16
வளிமண்டல முறிவு, 59
வளைவாடிகள், 16
வளைவாரை, ஆடிப்பரப்பின், 90
வில்லைப் பரப்பின், 89
வளைவுமையம், 16
கண்வில்லையின், 223
வன்கோதுப்படை, 196

வான்விற்கள், 155
வானியற்றொலைகாட்டி, 241
வானியற்றொலைகாட்டியின் உருப்பெருக்க வலு, 242

விகாரத்தின் தாக்கம், மூனைவாக்கிய ஒளிமீது, 407
விம்பங்களின் இடங்கண்டுபிடித்தல், 88
விம்பம் உண்டாதல், (ஆடிகள், வளைவான), 19
வியாழனின் உபகோள்கள், 306
விரி வில்லைகள், 67, 99
விரைவான நேர்கோட்டுவில்லை, 181

விலகல், அரியத்தினூலான, 48
கோளத்தினூலான, 156
நிறப்பிரிக்கையின்றி, 131
வில்லை, 67
உருளை, 175
தொலையொளி, 261
நிறமில், 189
வில்லைகளின் தொழிற்பாடு, 70
வில்லைச் சேர்க்கை, 75
வில்லையினூடு முறிவு, 67, 329
வில்லையின் ஒளியியல் மையம், 70
குவியத்தூரம், 93
தலைமைக் குவியம், 69
தொழிற்பாடு, 70
பதார்த்தத்தின் முறிவுக்குணகம், 102
வகைகள், 67
வலு, 174

விழித்திரை, 198
விழித்திரையிளிப்பு, 217
விழித்திரையின் அருட்டல், 201
விழித்திரை விம்பங்கள், 224
விழிவெண்படலம், 196
விளிம்புகளை ஒரிடமாக்கல், 362
விற்றிருசியம், 123

வீச்சத் தன்னமைவு, 205
வீச்சுக்காண்கருவி, 256
தன்னமைவு, 205
வீட்டுவிளக்கும் வீதிவிளக்கும், 298
வீதிவிளக்கு, 298

வெல்லமானி, 399
வெள்ளொழுத்து, 207
வெள்ளொளி மீளச்சேரல், 112, 127

வேணன் காக்கோட்டு விளக்கு, 270