

கல்விப் பொதுத் தராதரப் பத்திர உயர் தரத்  
தொழினுட்பவியற் பாடத்துறை

தொழினுட்பவியலுக்கான விஞ்ஞானம்

பௌதிகவியல்  
பகுதி I

கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களம்



கல்விப் பொதுத் தராதரப் பத்திர உயர் தரத்  
தொழிலுட்பவியற் பாடத்துறை

தொழிலுட்பவியலுக்கான விஞ்ஞானம்

# பௌதிகவியல்

பகுதி - I

கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களம்

முழுப்பதிப்புரிமையுடையது.

முதற் பதிப்பு - 2016

கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களத்தினால்  
சிசாரா பிரின்ட்வே பிரைவட் லிமிட்டட் அச்சகத்தில்  
அச்சிடப்பட்டு வெளியிடப்பட்டது.

## முன்னுரை

வாண்மைத் தொழிற் கல்விக்கான பிரவேசமாக 2013 ஆம் ஆண்டு தொடக்கம் நடைமுறைப்படுத்தப்பட்டு வரும் தொழினுட்பவியற் பாடப் பிரிவு இலங்கைக் கல்வித் துறையில் ஒரு புதிய அம்சமாகும்.

அப்பாடத்துறைக்குரிய தமிழ் நூல்கள் மிகக் குறைந்த அளவில் உள்ளன. இவ்விடயத்திற் கவனஞ்செலுத்திய கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களம் தொழினுட்பவியல் பாடத்துறையின் முக்கிய பாடங்களின் பாடத்திட்டங்களை உள்ளடக்கும் மேலதிக வாசிப்பு நூல்களைத் தயாரிப்பதற்கு நடவடிக்கைகளை மேற்கொண்டுள்ளது. இந்நூல் அம்முயற்சியின் ஒரு பிரதிபலனாகும்.

க.பொ.த.(உ.த.) தொழினுட்பவியலைக் கற்கும் மாணவர்களுக்கும் தொழினுட்பவியல் துறைகளில் ஆர்வமுள்ள வாசகர்களுக்கும் இத்தகைய ஒரு நூல் தமிழ் மொழியிற் கிடைத்தல் பெரும் பாக்கியமாகும்.

இந்நூலை மிகவும் துரிதமாகத் தயாரிப்பதற்குப் பணியாற்றிய எழுத்தாளர்கள், பதிப்பாசிரியர்கள், எனது பணியாளர் குழு ஆகியோர்ருக்கு எனது நன்றி உரியது.

**டபிள்யூ. டி. பத்மினி நாளிகா**

கல்வி வெளியீட்டு ஆணையாளர் நாயகம்,

கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களம்,

இசுருபாய்.

2016.05.18

## அறிமுகம்

க.பொ.த. உயர்தர தொழினுட்பவியற் பாடத்துறைக்குரிய கட்டாய பாடமான தொழினுட்பவியலுக்கான விஞ்ஞானம் எனும் பாடத்தின் கீழ் தரம் 12 இற் கற்பிக்கப்படவுள்ள பௌதிகவியற் பாடப் பரப்பு இதிலடங்கியுள்ளது.

இவ்வாறான புத்தகம் தயாரிப்பதன் அடிப்படை நோக்கம் அண்மையில் அறிமுகஞ் செய்யப்பட்ட இப்பாடநெறிக்கு போதியளவு புத்தகங்கள் கிடைக்கவில்லை எனும் அங்கலாய்ப்பை நிவர்த்தி செய்வதாகும். மாணவர்கள் தாம் சுயமாகவே வாசித்து விளங்கிக் கொள்ளக்கூடிய வகையில் பாடப்பரப்புகள் மிக எளிதான வகையில் ஆசிரியர் குழுவால் முன்வைக்கப்பட்டுள்ளது.

அத்துடன் பௌதிகவியற் தத்துவங்கள் தொழினுட்பப் பாடத்தில் அதனைப் பிரயோக ரீதியாகச் செயற்படுத்தும் விதம் என்பன பற்றி கலந்துரையாடவும் விசேட முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன.

எழுத்தாளர் குழு

## கண்காணிப்பும் மேற்பார்வையும்

திருமதி. டபிள்யூ. டி. பத்மினி நாளிகா

கல்வி வெளியீட்டு ஆணையாளர் நாயகம்  
கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களம்.

## வழிகாட்டல்

டபிள்யூ. ஏ. நிர்மலா பியசீலி

ஆணையாளர் (அபிவிருத்தி)  
கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களம்.

## இணைப்பாக்கம்

திருமதி. ஜே. சந்திரபாலன்

உதவி ஆணையாளர்  
கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களம்.

## எழுத்தாளர் குழு

கலாநிதி என்.கே. ஜயநந்த

சிரேஷ்ட விரிவுரையாளர்  
கொழும்பு பல்கலைக்கழகம்.

கலாநிதி டபிள்யூ. எம். ஜே. சமரநாயக்க

விரேஷ்ட விரிவுரையாளர்  
களனிப் பல்கலைக்கழகம்.

கே. எம். டி. ரித் ஜயதிலக்க

விரிவுரையாளர்  
களனி பல்கலைக்கழகம்.

பீ. லவி பத்திரன்

சிரேஷ்ட விரிவுரையாளர்  
தேசிய கல்வி நிறுவகம்.

எம். எல். எஸ். பியதிஸ்ஸ

உதவி விரிவுரையாளர்  
தேசிய கல்வி நிறுவகம்.

கே. ஆரியசிங்க

முன்னனி எழுத்தாளர்.

ஜே. ஆர். லங்காபுர

ஆசிரிய ஆலோசகர்  
விக்ரமஷீளா தே.பா., கிரிஉல்ல.

## தமிழாக்கம்

கே. சாந்தகுமார்

ஆசிரிய ஆலோசகர்  
கோட்டக் கல்விக் காரியாலயம்,  
ஹாலி எல.

## இறுதி மதிப்பீடு

எஸ். ஆர். ஜெயகுமார்

ஆசிரியர்  
ரோயல் கல்லூரி, கொழும்பு 07.

## கணினி வடிவமைப்பு

ஆறுமுகம் அன்பரசி

கணினி உதவியாளர்  
கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களம்.





## பொருளடக்கம்

1. அளவீடுகள்	1
1.1 வேணியர் அளவுத்திட்டம்	7
1.1.1 வேணியர் இடுக்கிமானி	11
1.1.2 நகரும் நுணுக்குக்காட்டி	18
1.2 நேர் கோட்டு - வட்டி அளவுத்திட்ட முறை (திருகுக் கோட்பாடு)	20
1.2.1 நுண்மானி திருகுக்கணிச்சி	21
1.3 மிகச்சிறிய திணிவுகளை அளத்தல்	26
1.3.1 மும்மைக்கோல் தராசு	26
1.3.2 இலத்திரனியற் தராசு	28
1.4 காலத்தை அளத்தல்	29
1.5 வழு மதிப்பீடு	30
2. வெய்யம்	34
2.1 வெய்ய இடமாற்றம்	36
2.1.1 வெய்யக் கொள்ளளவு	37
2.1.2 நிலைமாற்றம்	41
2.1.3 ஆவியாக்கலும் ஆவியாதலும்	48
2.2 வெய்ய இடமாற்ற முறைகள்	50
2.2.1 வெய்யக் கடத்தல்	50
2.2.2 மேற்காவுகை அல்லது உடன்காவுகை	53
2.2.3 கதிர்ப்பு அல்லது கதிர்வீச்சல்	57
2.3 வெய்யவிரிவு	62
2.3.1 திண்மம் பதார்த்தங்களின் விரிவு	62
2.3.2 திரவ விரிவு	72

3. விசை	79
3.1 விசையின் இயல்புகள் அதன் தாக்கம் நியூற்றனின் விதிகள்	80
3.1.1 நியூற்றனின் முதலாவது விதி	81
3.1.2 நியூற்றனின் இரண்டாம் விதி	83
3.1.3 நியூற்றனின் மூன்றாம் விதி	86
3.1.4 சுய செய்பஞ் செய்கை விசைகள்	89
3.1.5 விசைப்பிரிப்பு	93
3.2 விசைகளின் விளையுள்	96
3.2.1 இரண்டு விசைகளின் விளையுள்	97
3.2.2 விசை இணைகர விதி	103
3.3 விசைத் திருப்பம்	106
3.3.1 விசைத் திருப்பத்தை வரைவிலக்கணப்படுத்தல்	106
3.3.2 விசையினையின் திருப்பம்	112
3.4 விசைகளின் சமநிலை	115
3.4.1 புள்ளிப் பொருளொன்றின் சமநிலை	116
3.4.2 விறையான பொருளொன்றின் சமநிலை	119

# அளவீடுகள்

- வேணியர் இடுக்கிமானி
- நகரும் நுணுக்குக்காட்டி
- திருகாணி நுண்மானி
- மும்மைக்கோல் தராசு
- இலத்திரனியற் தராசு
- நிறுத்தற் கடிசாரம்
- இழிவெண்ணிக்கை
- பூச்சிய வழு
- சதவீத வழு
- பின்னவழு

எமது அன்றாடத் தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்யும் சந்தர்ப்பங்களில் பல்வேறு வகையானவற்றை அளப்பதற்கு வேண்டியேற்படும். நீளம், காலம், திணவு, பரப்பளவு மற்றும் கனவளவு போன்றவை பரவலாக அளத்தலுக்கு உட்படுத்தப்படும் பௌதிகக் கணியங்களுட் (Physical quantities) சிலவாகும்.

பதார்த்தங்கள் மட்டுமின்றி வெப்பம், ஒளி போன்ற பல்வேறு சக்தி வடிவங்களையும் அளக்க வேண்டியேற்படும். பல்வேறு சந்தர்ப்பங்களில் அத்தகைய பௌதிகக் கணியங்களை அளவீடு செய்வதற்காக பல்வேறு உபாயங்கள் கையாளப்படுவதுண்டு. சில பௌதிகக் கணியங்களை அளவீடு செய்யும் போது பருமன் (magnitude) மட்டுமின்றி திசையும் (direction) அளவீடு செய்ய வேண்டியேற்படும். இத்தகைய கணியங்கள் காவிக் கணியங்கள்

(vectors) என அழைக்கப்படுவதுடன் பருமன் மாத்திரம் அளவீடு செய்யப்படும் கணியங்கள் எண்ணிக் கணியங்கள் (scalars) என அழைக்கப்படும்.

பௌதிகக் கணியங்களின் பருமன்களை அளவீடு செய்வதற்காக பல்வேறு உபகரணங்கள் பயன்படுத்தப்படும். இவை அளவீட்டு உபகரணங்கள் (measuring instruments) என அழைக்கப்படும். அன்றாட வாழ்க்கையில் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் சில அளவீட்டு உபகரணங்கள் உரு 1.1 இற் காட்டப்பட்டுள்ளன.



நிறுத்தற் கடிசாரம்



துலாத் தராசு



அளவுச் சாடி

உரு 1.1

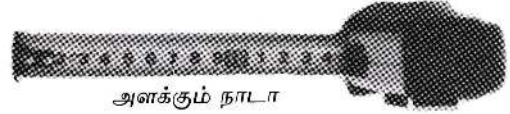
அளவீட்டு உபகரணங்களில் இருவகையான அளவீடுகள் பரவலாகப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. அவற்றுள் ஒன்று நேர்கோட்டு அளவுத் திட்டமாவதுடன் மற்றையது வட்ட அளவுத் திட்டமாகும்.

## நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டம்

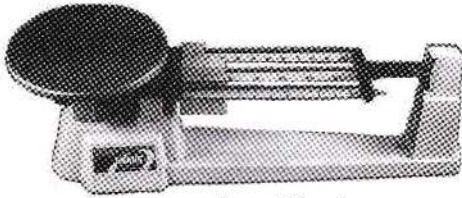
தெரிவு செய்யப்பட்ட நேர்கோட்டுத் துண்டம் சமனான பகுதிகளாக வகுக்கப்பட்டுத் தயாரிக்கப்படும் அளவுத்திட்டம் நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டமாகும். உரு 1.2 இல் காட்டப்பட்டுள்ள நீளத்தை அளப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் மீற்றர்க் கோல், அளக்கும் நாடா, வெப்பநிலையை அளப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் இரசக் கண்ணாடி வெப்பமானி, திணிவை அளப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் மும்மைக் கோல் தராசு போன்றவை நேர்கோட்டு அளவுத் திட்டத்தைக் கொண்டுள்ள அளவீட்டு உபகரணங்களுக்கான சில உதாரணங்களாகும்.



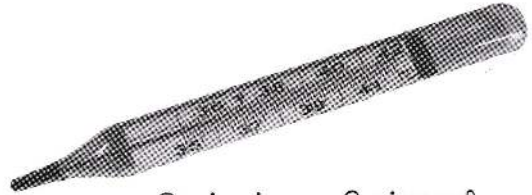
மீற்றர் கோல்



அளக்கும் நாடா



மும்மைக்கோல் தராசு

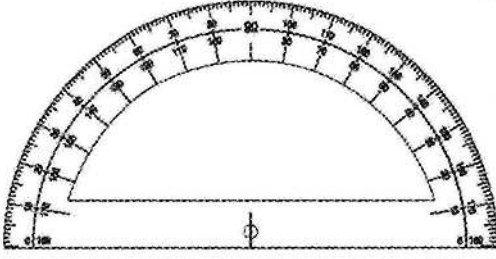


இரசக் கண்ணாடி வெப்பமானி

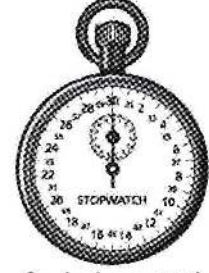
உரு 1.2 நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டத்தைக் கொண்ட அளவீட்டு உபகரணங்கள்

## வட்ட அளவுத்திட்டம்

முழு வட்டம் அல்லது வட்ட வில்லின் பகுதி சமமான பகுதிகளாக வகுக்கப்பட்டு வட்ட அளவுத்திட்டம் தயாரித்துக் கொள்ளலாம். உரு 1.3 இற் காட்டப்பட்டுள்ள இரண்டு நேர்கோடுகளுக்கிடையேயான கோணத்தை அளப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் பாகைமானி, நிறுத்தற் கடிசாரம் போன்றன வட்ட அளவுத் திட்டத்தைக் கொண்டுள்ள உபகரணங்களுக்கு சில உதாரணங்களாகும்.



பாகைமானி



நிறுத்தற் கடிகாரம்

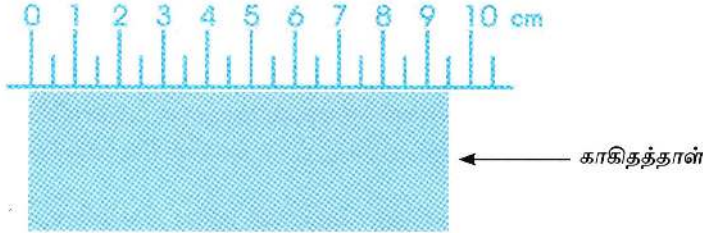
உரு 1.3 வட்ட அளவுத்திட்டத்தைக் கொண்ட அளவீட்டு உபகரணங்கள்

## அளவீடுகள்

அளவீட்டு உபகரணமொன்றைப் பயன்படுத்தி யாதேனும் பௌதிகக் கணியத்தின் பருமனை அளந்து பெறப்படும் பெறுமானம் அளவீடு (measurement) என அழைக்கப்படும்.

உதாரணமாக மீற்றர் அளவுச் சட்டத்தை பயன்படுத்தி காகிதத்தாள் ஒன்றின் நீளத்தை அளத்தல் பற்றி கருதுவோம்.

உரு 1.4 இற் காட்டியவாறு காகிதத்தாளையும் மீற்றர் அளவுச்சட்டத்தையும் வைக்கும் போது காகிதத்தாளின் நீளத்தின் அளவீடு 9.5 cm எனக் கொள்ளப்படும்.

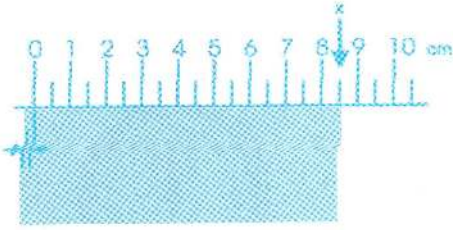


உரு 1.4 காகிதத்தாளின் நீளத்தை அளத்தல்

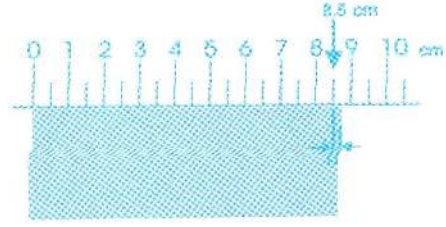
## அளவீட்டு வழி

பெரும்பாலான சந்தர்ப்பங்களில் அளவீட்டு உபகரணத்தினால் பெறப்படும் அளவீடுகள் அப்பௌதிகக் கணியத்தின் உண்மையான பெறுமானத்தை நூற்றுக்கு நூறு வீதம் திருத்தமாகத் தருவதில்லை. அவ்வாறு திருத்தமானதாக அமையாமைக்கு அளவீட்டு உபகரணங்களிலும், அளவீட்டுச் செயற்பாடுகளில் காணக்கூடிய பல்வேறு விதத்திலான வழக்கள் காரணமாக அமையலாம். தேவைக்குப் பொருத்தமானவாறு திருத்தமாகப் பெறக்கூடிய வகையில் வழக்களை குறைத்துக் கொள்வதே எம்மால் செய்யக்கூடியதொன்றாகும்.

அளவீட்டு வழி ஏற்படுவதைக் காணக்கூடிய ஒன்றிலிருந்தொன்று வேறுப்பட்ட இரு சந்தர்ப்பங்கள் உரு 1.5 (a), உரு 1.5 (b) ஆகியவற்றின் மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளது.



(a)



(b)

உரு 1.5 அளவீட்டு வழு

உரு 1.5 (a) இல் அளவுச்சட்டத்தில் பூச்சியம் காட்டப்பட்டுள்ளது. நீளத்தை அளவிட வேண்டிய காகிதத் தாளின் ஒரு அந்தத்தின் மீது திருத்தமாக அமையாத வகையில் வைக்கப்பட்டுள்ள சந்தர்ப்பம் காட்டப்பட்டுள்ளது. அவ்வாறான சந்தர்ப்பத்தில் நீளம் தொடர்பாகப் பெறப்படும் வாசிப்பு ( $x$ ) அளவீடாகத் தெரிவு செய்வதனால் அளவீட்டில் வழு ஏற்படலாம். அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்தை சரியாக இடப்படுத்துவதன் மூலம் அவ்வாறான வழுக்களை இலகுவாக நீக்கிக் கொள்ளலாம்.

உரு 1.5 (b) யில் அளவுச்சட்டத்தில் பூச்சியம் காகிதத்தாளின் ஒரு விளிம்பு மீது சரியாக வைக்கப்பட்டுள்ள சந்தர்ப்பத்தைக் காட்டுகின்றது. எனினும் இங்கு காகித்தாளின் மற்றைய விளிம்பு அளவுச்சட்டத்தின் இரண்டு அளவிடைகளுக்கு இடையில் காணப்படுகின்றது. இச்சந்தர்ப்பத்தில் அளவீட்டின் காகிதத்தாளின் விளிம்பிற்கு அண்மையிலுள்ள வாசிப்பு அளவீடாகக் கொள்ளப்படும். இதன்போது உண்மையான பருமனுக்கும் அளவீட்டுக்கும் இடையே சமமின்மை காணப்படும். இதுவே அளவீட்டு வழுவாகும். அளவு கோலிலுள்ள அளவுத்திட்டத்தில் இரு சிறு பிரிவுகளுக்கிடையேயான இடைவெளி குறைவாகவுள்ள அளவீட்டுக் கருவியைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் இக் குறைபாட்டைப் போக்கிக் கொள்ளலாம்.

இரண்டு அளவுத்திட்ட கோடுகளுக்கிடையேயான இடைவெளி உபகரணத்தின் சிறு அளவுத்திட்டம் என அழைக்கப்படும் யாதேனுமோர் கருவியினால் அளக்கக்கூடிய மிகச் சிறிய பெறுமானம் அவ் அளவுத்திட்டதிலுள்ள சிறு அளவுத்திட்டமாகும்.

### பூச்சிய வழு (zero error)

அளவீட்டு உபகரணத்தால் பூச்சியம் காட்டப்பட வேண்டிய சந்தர்ப்பத்தில் பூச்சிய மல்லாத வாசிப்பைக் காட்டுதல் பூச்சியவழு என அழைக்கப்படும். யாதேனுமோர் அளவீட்டைப் பெறும்போது குறித்த பூச்சிய வழுவின் பெறுமானத்தைக் கண்டறிய முடியுமாயின் அப்பெறுமானத்தை அளவீட்டுடன் கூட்டுவதன் மூலமாகவோ அல்லது கழிப்பதன் மூலமாகவோ அவ்வளவீட்டை திருத்தமானதாக்கிக் கொள்ளலாம்.

அளவீட்டைப் பெறும்போது பெறப்படும் வாசிப்பிலிருந்து பூச்சியவழுப் பெறுமானம் கழிக்கப்பட வேண்டிய சந்தர்ப்பம் போன்று பூச்சிய வழுப் பெறுமானம் கூட்டப்பட வேண்டிய சந்தர்ப்பங்களையும் காணக்கூடியதாகவுள்ளது. இவ்வாறான

சந்தர்ப்பங்களுக்கு உதாரணங்களாக தராசுத் தட்டில் சுமையொன்றை வைக்காத சந்தர்ப்பத்தில் தராசினால் பூச்சிய வழி காட்டப்படும் இரு வெவ்வேறு சந்தர்ப்பங்கள் உரு 1.6 இற் காட்டப்பட்டுள்ளன.

பூச்சியத்திற்கு பின்னதாக பூச்சியவழுவைக் காட்டும் சந்தர்ப்பம் உரு 1.6 (a) இலும் பூச்சியத்திற்கு முன்னதாக பூச்சியவழுவைக் காட்டும் சந்தர்ப்பம் உரு 1.6 (b) யிலும் காட்டப்பட்டுள்ளது. உரு 1.6 (a) இற் காட்டப்பட்டுள்ள சந்தர்ப்பத்தில் தராசுத் தட்டின் மீது சுமையை வைத்து பெற்றுக் கொள்ளப்படும் வாசிப்பிலிருந்து இப் பூச்சியவழு கழிக்கப்பட வேண்டும். அதே போன்று உரு 1.6 (b) யிற் காட்டப்பட்டுள்ள சந்தர்ப்பத்தில் தராசுத் தட்டின் மீது சுமையை வைத்து பெறப்படும் வாசிப்புடன் பூச்சிய வழி கூட்டப்பட வேண்டும்.



(a) வாசிப்பிலிருந்து பூச்சியத்திருத்தம் கழிக்கப்பட வேண்டிய சந்தர்ப்பம்



(b) வாசிப்பிலிருந்து பூச்சியத்திருத்தம் கூட்டப்பட வேண்டிய சந்தர்ப்பம்

உரு 1.6

சில கருவிகளில் பூச்சியவழுவைத் திருத்தும் பொருட்டு பூச்சியத்தை செப்பஞ்செய்யக் கூடிய வசதிகள் காணப்படுகின்றன. பெரும்பாலான தராசுகளில் இத்தகைய வசதிகள் காணப்படுகின்றன. பொறிமுறைத் தராசுகளின் பூச்சியத்தை திருத்தமாக செப்பஞ்செய்யக்கூடிய திருகாணி காணப்படுவதுடன் இலத்திரனியற் தராசுகளின் பூச்சியத்தை செப்பஞ் செய்யக் கூடிய பொத்தான் காணப்படும். இவ்வாறான உபகரணங்களிலிருந்து அளவீட்டைப் பெறுமுன்னர் பூச்சியத் திருத்தம் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டியது அவசியமாகும். அவ்வாறாக பூச்சியத் திருத்தம் மேற்கொள்ளக்கூடிய உபகரணமான இலத்திரனியற் தராசு உரு 1.7 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



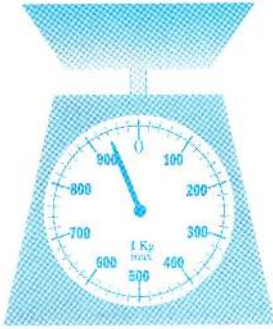
உரு 1.7 இலத்திரனியற் தராசு

அதே போன்று இலகுவாக பூச்சியத் திருத்தம் மேற்கொள்ள முடியாத உபகரணங்களையும் காணக்கூடியதாக உள்ளது.

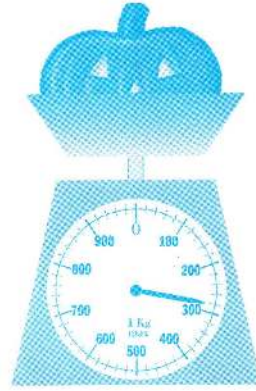
இத்தகைய பூச்சியத் திருத்தம் மேற்கொள்ள முடியாத உபகரணங்களிலிருந்து அளவீடுகளைப் பெறும்போது உபகரணத்தால் காட்டப்படும் வாசிப்பையும் பூச்சிய வழுவையும் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பின்னர் சந்தர்ப்பத்திற்குப் பொருந்தும் வகையில் கருவியின் வாசிப்புடன் பூச்சியத் திருத்தப் பெறுமானத்தைக் கூட்டுவதன் மூலமாகவோ அல்லது கழிப்பதன் மூலமாகவோ உண்மையான பெறுமானத்தைப் பெற்றுக் கொள்ளலாம்.

### உதாரணம் 1

பூச்சியத் திருத்தமாக பூச்சியத்திற்கு முன்னராக 60 g காட்டும் தராசினால் யாதேனும் பொருளொன்றின் திணிவை அளக்கும் போது காட்டும் வாசிப்பு 280 g எனக் கொள்வோம். அது உரு 1.10 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



(a) பொருளைத் தராசு மீது வைக்க முன்னர்



(b) பொருளைத் தராசு மீது வைத்த பின்னர்

உரு 1.10 பூச்சிய வழுவைக் கொண்ட தராசு

$$\begin{aligned}
 \text{இதன் போது பொருளின் உண்மையான திணிவு} &= \text{வாசிப்பு} + \text{பூச்சியத்திருத்தம்} \\
 &= 280 \text{ g} + 60 \text{ g} \\
 &= 340 \text{ g}
 \end{aligned}$$

### இழிவெண்ணிக்கை

அளவீட்டுக் கருவியின் அளவுத் திட்டத்தில் காணப்படும் மிகச் சிறிய அளவீட்டின் பெருமன் இழிவெண்ணிக்கை என அழைக்கப்படும்.

சில மீற்றர்க் கோல்கள் 1 mm சிறு பிரிவுகளுடன் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. எனினும் புடவைகளை அளப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் மீற்றர்க் கோல்களின் பெரும் பாலானவை 0.5 cm அல்லது 1 cm சிறு பிரிவுகளைக் கொண்டிருக்கும். 1 mm சிறு பிரிவுகளைக் கொண்ட மீற்றர்க் கோலில் 1 mm அளவான சிறிய அளவீடுகளைப் பெற்றுக் கொள்ள முடியாமையினும் 1 cm சிறு பிரிவுகளைக் கொண்ட மீற்றர்க் கோலிலிருந்து பெறக் கூடிய இழிவெண்ணிக்கை 1 cm ஆகும்.



எனவே மிகத் திருத்தமான அளவீட்டைப் பெறும் போது அளவுத்திட்டம் இயன்றளவு சிறிய பெறுமானத்தைக் கொண்டுள்ள அளவீட்டுக் கருவிகளைப் பயன்படுத்துவது பொருத்தமானதாகும். எனினும் அளவீட்டுக் கருவிகளின் அளவுத் திட்டத்தில் வகுக்கக் கூடிய இடைவெளி மிகச் சிறிதாகையால் அது வரையறுக்கப்பட்டதாகும். உதாரணமாக மீற்றர்க் கோலில் 1 mm இடைவெளியிலுள்ள இரு கோல்களைக் கருதுவோம். இவ்வாறான 1 mm இடைவெளியிலுள்ள இரண்டு கோடுகளுக்கிடைப்பட்ட பகுதியை மேலும் சிறு பிரிவுகளாக வகுப்பது சிரமமானதொன்றாகும். இதனால் சிறு அளவிடைகளைப் பெறுவதற்காக பல்வேறு நுட்பமுறைகளைப் பயன்படுத்தும் தேவைப்பாடு ஏற்படும்.

## மிகச் சிறிய தூரத்தை அளப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் நுட்ப முறைகள்

மிகத் திருத்தமான அளவீடுகளைத் தரக் கூடிய உபகரணங்கள் தயாரிக்கும் போது சிறிய அளவீடுகளை மேலும் சிறிதாக்கிக் கொள்வதற்காக பல்வேறு நுட்ப முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. நீளத்தை அளக்கும் கருவிகளில் அவ்வாறான நுட்ப முறைகள் அல்லது தத்துவங்கள் இரண்டு பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

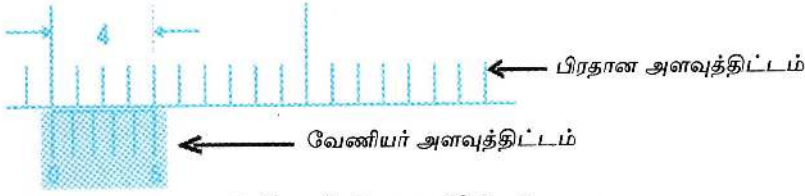
1. வேணியர் அளவுத்திட்டத் தத்துவம் (வேணியர் கோட்பாடு)
2. நேர்கோட்டு - வட்ட அளவுத்திட்ட நுட்பமுறை (திருகுக் கோட்பாடு)

### 1.1 ⇨ வேணியர் அளவுத்திட்டம்

பிரான்ஸ் நாட்டுக் கணிதவியலாரான பியரே வேணியர் (1580 - 1637) என்பவரால் முதன் முறையாக வேணியர் அளவுத் திட்டம் முன்வைக்கப்பட்டது.

பியரே வேணியரினால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்ட வேணியர் படிவகுக்கை முறையில் இரண்டு அளவுத்திட்டங்கள் பயன்படுத்தப்படும். அவை பிரதான அளவுத் திட்டம் வேணியர் அளவுத்திட்டம் என்பனவாகும். வேணியர் அளவுத் திட்டமானது பிரதான அளவுத்திட்டம் மீது நகரக்கூடிய வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் நீளம் பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் சில பகுதிகளின் நீளத்திற்கும் சமமாகும். வேணியர் அளவுத்திட்டத்தில் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை பிரதான அளவுத் திட்டத்திலுள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கையை விட பொதுவாக ஒன்றினால் கூடும் வகையில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

வேணியர் அளவுத்திட்ட படிவகுக்கை தொடர்பாக விளங்கிக் கொள்வதற்காக பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் நான்கு பிரிவுகளின் நீளம் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் நீளமாகத் தெரிவு செய்யப்பட்டுள்ள சந்தர்ப்பத்தைக் கருதுவோம். அத்தகைய சந்தர்ப்பத்தில் வேணியர் அளவுத்திட்டம் உரு 1.11 இற் காட்டியவாறு 5 சிறு பிரிவுகளாக வகுக்கப் பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம்.



உரு 1.11 வேணியர் அளவுத்திட்டம்

இங்கு வேணியர் அளவுத்திட்டத்திலுள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை பிரதான அளவுத்திட்டத்திலுள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கையை விட அதிகமாகும். இதனால் வேணியர் அளவுத்திட்டத்திலுள்ள பிரிவொன்றின் பருமன் (நீளம்) பிரதான அளவுத்திட்டத்திலுள்ள பிரிவொன்றின் பருமனை விடக் குறைவாகும்.

இதனடிப்படையில்

$$\begin{aligned}
 &\text{பிரதான அளவுத்திட்டத்திலுள்ள 4 பிரிவுகளின் நீளம்} &&= 4 \text{ அலகுகள்} \\
 &\text{வேணியர் அளவுத்திட்டத்திலுள்ள 5 பிரிவுகளின் நீளம்} &&= 4 \text{ அலகுகள்} \\
 &\text{இதன்படி வேணியர் அளவுத்திட்டத்தில் பிரிவொன்றின் நீளம்} &&= \frac{4}{5} \text{ அலகுகள்} \\
 &\text{எனவே பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் ஒரு பகுதிக்கும்} \\
 &\text{வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் ஒரு பகுதிக்கும் இடை} &&= (1 - \frac{4}{5}) \\
 &\text{யேயான வித்தியாசம்} &&= \frac{1}{5} \text{ அலகுகள்}
 \end{aligned}$$

உரு 1.11 இல் பிரதான அளவுத்திட்டத்தினதும் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தினதும் பூச்சியங்கள் ஒன்றோடொன்று பொருந்திய நிலை காட்டப்பட்டுள்ளது. இதன்போது,

$$\left. \begin{aligned}
 &\text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் 1 எனும் அமைவுக்கும் வேணியர்} \\
 &\text{அளவுத் திட்டத்தின் 1 எனும் அமைவுக்கும் இடையேயான} \\
 &\text{வித்தியாசம்.}
 \end{aligned} \right\} = \frac{1}{5} \text{ அலகுகள்}$$

$$\left. \begin{aligned}
 &\text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் 2 எனும் அமைவுக்கும் வேணியர்} \\
 &\text{அளவுத் திட்டத்தின் 2 எனும் அமைவுக்கும் இடையேயான} \\
 &\text{வித்தியாசம்}
 \end{aligned} \right\} = \frac{2}{5} \text{ அலகுகள்}$$

$$\left. \begin{aligned}
 &\text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் 3 எனும் அமைவுக்கும் வேணியர்} \\
 &\text{அளவுத் திட்டத்தின் 3 எனும் அமைவுக்கும் இடையேயான} \\
 &\text{வித்தியாசம்.}
 \end{aligned} \right\} = \frac{3}{5} \text{ அலகுகள்}$$

$$\left. \begin{aligned}
 &\text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் 4 எனும் அமைவுக்கும் வேணியர்} \\
 &\text{அளவுத் திட்டத்தின் 4 எனும் அமைவுக்கும் இடையேயான} \\
 &\text{வித்தியாசம்}
 \end{aligned} \right\} = \frac{4}{5} \text{ அலகுகள்}$$

$$\left. \begin{aligned}
 &\text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் 5 எனும் அமைவுக்கும் வேணியர்} \\
 &\text{அளவுத் திட்டத்தின் 5 எனும் அமைவுக்கும் இடையேயான} \\
 &\text{வித்தியாசம்}
 \end{aligned} \right\} = \frac{5}{5} = 1 \text{ அலகுகள்}$$

பிரதான அளவுத்திட்டம் மீது வேணியர் அளவுத்திட்டத்தை நகரச் செய்வதன் மூலம் பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் யாதேனுமோர் நேர்கோட்டுடன் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் யாதேனுமோர் நேர் கோட்டைப் பொருந்தச் செய்யலாம்.

உரு 1.11 இற் காட்டப்பட்டுள்ள சந்தர்ப்பத்திலிருந்து வேணியர் அளவுத்திட்டத்தினதும் பிரதான அளவுத் திட்டத்தினதும் முதலாவது கோடு பொருந்தும் வகையில் வேணியர் அளவுத்திட்டம் நகர்த்தப்பட்டுள்ளதாகக் கொள்வோம். இதன் போது வேணியர் அளவுத் திட்டமானது பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பருமனின் (தூரத்தின்)  $1/5$  பங்கு பயணித்துள்ளது. இது பிரதான அளவுத்திட்டத்தினாலும் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தினதும் கோடுகள் பொருந்தும் தூரமாகும். இத்தூரம் இவ்வதாரணத்திற் குரிய இழிவெண்ணிக்கையாகும்.

இதனடிப்படையில் இழிவெண்ணிக்கையை காண்பதற்காக பின்வரும் தொடர்பை முன்வைக்கலாம்.

$$\text{இழி வெண்ணிக்கை} = 1 - \frac{\text{பிரதான அளவுத்திட்டம் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை}}{\text{வேணியர் அளவுத்திட்டம் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை}}$$

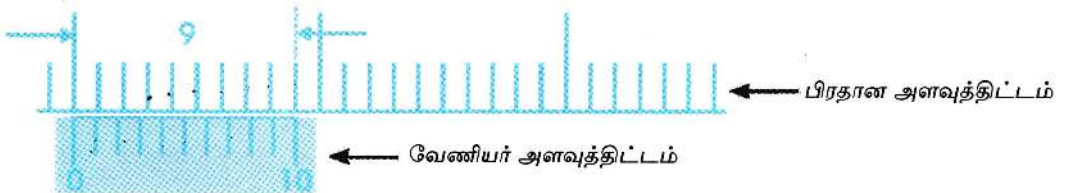
அதாவது பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியக் கோட்டுக்கும் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியக் கோட்டுக்கும் இடையில் யாதேனுமோர் பொருள் வைக்கப்பட்டிருப்பின் அதன் பருமன் தொடர்பின் கூறக்கூடிய மிகச்சிறிய நீளமே இழிவெண்ணிக்கையாகும்.

யாதேனுமோர் பொருளானது பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்திற்கும் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்திற்கும் இடையில் வைக்குமிடத்து வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின்  $n$  எனும் கோடு பிரதான அளவுத் திட்டத்தின் கோட்டுடன் பொருந்துகின்றது. எனின்

$$\text{பொருளின் பருமன்} = n \times \frac{1}{5} \text{ ஆகும்.}$$

$$(\text{இங்கு } n \leq 5)$$

அடுத்ததாக பிரதான அளவுத்திட்டத்தில் மில்லி மீற்றரிற் படிவகுக்கை செய்யப்பட்டுள்ள சந்தர்ப்பத்தில் பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் 9 mm நீளம் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் நீளமாகத் தெரிவு செய்யப்பட்ட சந்தர்ப்பத்தை நோக்குவோம். உருப் பெருப்பிக்கப்பட்ட அத்தகையதோர் அளவுத்திட்டம் உரு 1.12 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 1.12 - 9 mm நீளமுடைய பகுதி 10 சிறு பிரிவுகளாக வகுக்கப்பட்ட வேணியர் அளவுத்திட்டம்

இவ்வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் நீளம் 10 சமனான பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படுமிடத்து அதன் மூலம் அளக்கக்கூடிய மிகக் சிறிய அளவீடு அதாவது இழிவெண்ணிக்கை

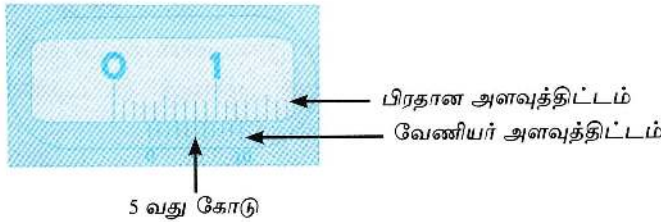
$$= 1 - \frac{\text{பிரதான அளவுத்திட்டத்திலுள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை}}{\text{வேணியர் அளவுத்திட்டத்திலுள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை}}$$

$$= 1 - \frac{9}{10} = \frac{1}{10} = 0.1 \text{ mm}$$

இதனடிப்படையில் இழிவெண்ணிக்கை = 0.1 mm

வேணியர் அளவுத்திட்டம் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள உபகரணத்தின் வேணியர் அளவுத்திட்டம் பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் அலகுகளினூடே பயணிக்கக்கூடிய தூரத்தைக் காணும் போது பிரதான அளவுத்திட்டக் கோட்டுடன் பொருந்தும் வேணியர் அளவுத்திட்டக் கோட்டை இனங்காண வேண்டுமென்பது மேலே விளக்கப்பட்டது வேணியர் அளவுத் திட்டத்தை கொண்ட உபகரணத்தினால் யாதேனுமோர் பொருளின் பருமனை அளக்கும் போது அப்பொருளின் பருமனானது வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியக் கோடு பயணித்துள்ள மொத்தத் தூரமாகும்.

பொருளொன்றின் பருமன் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தைக் கொண்ட உபகரணத்தின் மூலம் அளக்கும் சந்தர்ப்பத்தில் பிரதான அளவுத்திட்டத்தினதும் வேணியர் அளவுத் திட்டத்தினதும் அமைவு உரு 1.13 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 1.13 குறித்த அளவீட்டின் போது பிரதான அளவுத் திட்டத்தினதும் வேணியர் அளவுத் திட்டத்தினதும் அமைவு

இவ்வருவிற் காட்டயவாறு பிரதான அளவுத்திட்டம் வழியே வேணியர் அளவுத்திட்டம் பயணித்துள்ள மொத்த நீளம் 3 mm இலும் சற்று அதிகமாகும். இங்கு பிரதான அளவுத்திட்டத்துடன் பொருந்தும் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் கோடு 5 ஆகும். இதனடிப்படையில் 3 mm அடையாளத்திற்கு அப்பால் பயணித்துள்ள தூரமானது இங்கு இழிவெண்ணிக்கையான 0.1 mm இன் 5 மடங்காகும்.

இதனடிப்படையில் பொருளின் முழு நீளம் = 3 + (0.1 × 5) = 3.5 mm ஆகும்.

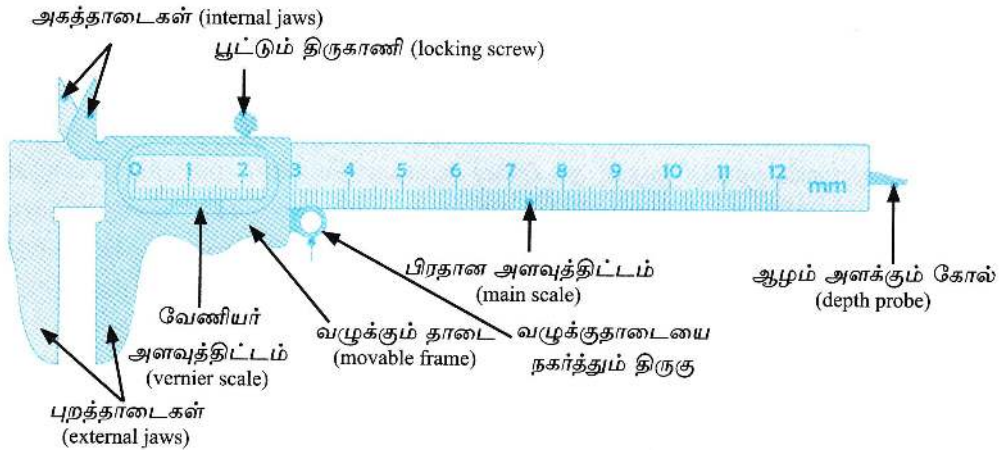
அதாவது யாதேனும் பொருளின் அளவீடு வேணியர் அளவு மொத்த அலகுகளின் எண்ணிக்கை (N) க்கும் அதனை அண்மித்து பயணித்துள்ள தூரத்தினதும் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமனாகும்.

இதன்படி

$$\text{அளவீடு} = N + (\text{இழிவெண்ணிக்கை} \times n)$$

### 1.1.1 வேணியர் இடுக்கிமானி (vernier calliper)

வேணியர் இடுக்கிமானியானது இயந்திரவியற் பொறியியலின் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் அளவீட்டுக் கருவியாகும். கடையியந்திரத் தொழினுட்பவியலாளர்கள் தமது நிர்மாணிப்புகளின் போது சிறிய பொருள்களின் விட்டங்களை அளப்பதற்காக வேணியர் இடுக்கிமானியைப் பயன்படுத்துவர். பொருளொன்றின் தடிப்பை அளத்தல் வெளி விட்டத்தை அளத்தல் உள் விட்டத்தை அளத்தல் ஆழத்தை அளத்தல் போன்ற நடவடிக்கைகளின் போது விசேடமாகப் பயன்படுத்தக்கூடிய வகையில் இவ்வுபகரணம் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. 0.1 mm, 0.25 mm, 0.025 mm, 0.05 mm, 0.04 mm, 0.02 mm, 0.01 mm ஆகிய இழிவெண்ணிக்கைகளைக் கொண்ட வேணியர் இடுக்கிகள் பொதுவாகப் பயன்பாட்டில் உள்ளன. பொதுவாக பாடசாலை ஆய்கூடங்களில் 0.1 mm இழிவெண்ணிக்கையை உடைய வேணியர் இடுக்கிமானிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வேணியர் இடுக்கிமானியின் அடிப்படைப் பகுதிகள் உரு 1.14 இற் காட்டியுள்ளவாறு இனங்கண்டு கொள்ளலாம்.



உரு 1.14 வேணியர் இடுக்கிமானி

### நிலையான பகுதி

வேணியர் இடுக்கிமானியின் நகரமுடியாத பகுதி நிலையான பகுதியாகும். ஒரு புறத்தாடையும் ஒரு அகத்தாடையும் இதனுடன் தொடர்புறும் பிரதான அளவுத்திட்டம் இந் நிலையான பகுதியின் மீதே அமைந்திருக்கும்.

## வழுக்கும் பகுதி

நிலையான பகுதி மீது வழுக்கிச் செல்லக்கூடிய வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ள பகுதியே வழுக்கும் பகுதியாகும் நிலையான பகுதி மீது தொடர்புற்றுக் காணப்படாத புறத் தாடையும் அகத்தாடையும் வழுக்கும் தட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்கு மேலதிகமாக ஆழத்தை அளக்கும் கோல் ஒன்றும் இதனுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. பிரதான அளவுத்திட்டத்துடன் வெளித் தெரியக்கூடிய வகையில் வேணியர் அளவுத் திட்டம் இப்பகுதியிலேயே படிவகுக்கை செய்யப்பட்டுள்ளது.

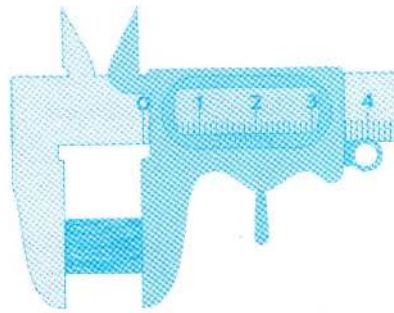
## புறத்தாடைகள் (வெளித்தாடைகள்)

யாதேனும் பொருளொன்றின் புற அளவீட்டைப் பெறும் சந்தர்ப்பங்களில் வெளித் தாடைகள் பயன்படுத்தப்படும். உதாரணமாக,

- உருளையொன்றின் வெளி விட்டத்தை அளத்தல்
- சிறிய உலோகக் குற்றியின் நீளத்தை அளத்தல்
- மரக்கீலமொன்றின் தடிப்பை அளத்தல்

போன்றவற்றைக் குறிப்படலாம்.

உரு 1.15 இற் காட்டியவாறு புறத்தாடைகள் இரண்டிற்கும் இடையில் பொருளைச் சிறைப்படுத்துவதன் மூலம் அதன் தடிப்பை அளந்து கொள்ள முடியும். பொருளின் தடிப்பு இடத்துக்கிடம் சிறிதளவில் வேறுபடலாமென்பதால் ஒன்றுக்கொன்று வேறுபட்ட அமைவுகள் சிலவற்றின் வாசிப்புகளைப் பெற்று அதன் சராசரிப் பெறுமானத்தைப் பெறுவதன் மூலம் தடிப்பின் திருத்தமான பெறுமானத்தைப் பெற முடியும்.

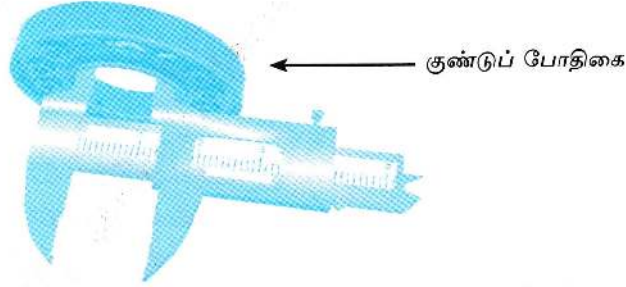


உரு 1.15 பொருளொன்றின் தடிப்பை அளப்பதற்காக வேணியர் இடுக்கிமானியின் புறத்தாடைகளுக்கிடையே பொருளை வைக்கும் விதம்

## அகத்தாடைகள் (உட்தாடைகள்)

தொழில்நுட்ப கருமங்களின் போது குறித்த போதிகையின் உட்துவாரத்தின் விட்டம், உலோகக் குழாயின் உள்விட்டம் போன்ற அளவீடுகளைப் பெறுவதற்காக உட்தாடைகள் பயன்படுத்தப்படும் இங்கு பல்வேறு அமைவுகள் தொடர்பாக சில வாசிப்புகளைப் பெறுவதன் மூலமாகவும் அவற்றின் சராசரியைப் பெறுவதன் மூலமும் அளவீட்டின் திருத்தமான தரவைப் பெற்றுக் கொள்ளலாம்.

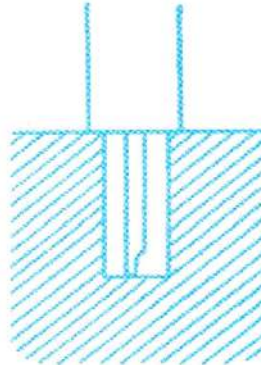
உரு 1.16 இல் குண்டுப் போதிகையொன்றின் விட்டத்தை அளப்பதற்காக வேணியர் இடுக்கிமானி பயன்படுத்தப்படும் சந்தர்ப்பம் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 1.16 அகத்தாடைகள் மூலம் போதிகையொன்றின் துவாரத்தின் விட்டத்தை அளத்தல்

## ஆழத்தை அளக்கும் கோல்

துவாரமொன்றின் ஆழத்தை அளத்தல் போன்ற சந்தர்ப்பத்தில் வேணியர் இடுக்கிமானியின் ஆழத்தை அளக்கும் கோல் பயன்படுத்தப்படும் உரு 1.17 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. கூர் முனை துவாரத்தின் அடிப்பகுதியைத் தொடுகையுறச் செய்து சராசரி வாசிப்பைப் பெறும் வகையின் அளவீடு பெறப்படும். இங்கு அடியின் பல்வேறு அமைவுகளிலிருந்து சில வாசிப்புகள் பெறப்பட்டு அவற்றின் சராசரிப் பெறுமானத்தைக் கணிப்பதன் மூலம் திருத்தமான அளவீட்டுப் பெறுமானத்தை பெற்றுக் கொள்ள முடியும்.



உரு 1.17 துளையொன்றின் ஆழத்தை அளத்தல்

## நகர்த்தக்கூடிய சட்டகம்

நிலையான தாடை மீது நகர்த்தக்கூடிய தாடை (வழுக்கும் தாடை) யை இலகுவாக அங்குமிங்கும் கொண்டு செல்வதற்கேற்றவாறு நகர்த்தும் சட்டகம் பயன்படுத்தப்படும்.

## பூட்டும் திருகாணி

யாதேனும் அளவீட்டைப் பெறும் சந்தர்ப்பமொன்றின் போது வாசிப்பைப் பெற்றுக் கொள்ளும் வரையில் வழுக்கும் தாடை அசையாத வண்ணம் இறுக்கிக் கொள்வதற்கான பூட்டும் திருகாணி பயன்படுத்தப்படும்.

## வேணியர் இடுக்கிமானியைப் பயன்படுத்தி அளவீட்டைப் பெற்றுக் கொள்ளல்

வேணியர் இடுக்கிமானியைப் பயன்படுத்தி அளவீட்டைப் பெறும்போது பின்வரும் படிமுறைகள் பின்பற்றப்பட வேண்டும்.

1. உபகரணத்தின் இழிவெண்ணிக்கையை அறிந்து கொள்ளல்.
2. உபகரணத்தின் பூச்சியவழுவை அறிந்து கொள்ளல்
3. உபகரணத்தினால் காட்டப்படும் வாசிப்பைப் பெற்றுக் கொள்ளல்

## இடுக்கிமானி மூலம் வாசிப்பைப் பெற்றுக் கொள்ளல்

முதலில் வழுக்கும் தாடை அசையக்கூடியவகையில் திருகாணியைத் தளர்த்தி உரு 1.18 இற் காட்டியவாறு தாடைகளுக்கிடையே பொருளைச் சிறைப்படுத்துக. துளையொன்றின் ஆழத்தை அளக்கும் சந்தர்ப்பமெனின் வேணியர் இடுக்கிமானியின் வாட்பகுதி முடிச்சுடன் தொடுகையுறும் வண்ணம் வைத்து, கூர் அடியுடன் தொடுகையுறும் வரையில் துவாரத்தினுள் அமிழ்த்துக. பின்னர் பூட்டும் திருகாணியை இறுக்கி வாசிப்பைப் பெற்றுக் கொள்ளும் வரையில் வழுக்கும் தாடை அசையாத வண்ணம் வைத்துக் கொள்க.

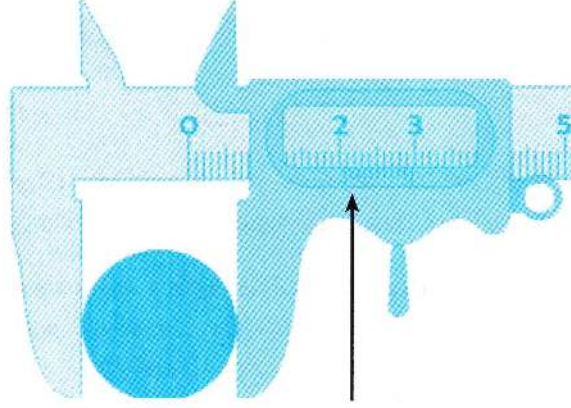
இழிவெண்ணிக்கை குறிப்பிடப்பட்டுள்ள பூச்சியவழுவற்ற வேணியர் இடுக்கிமானியைப் பயன்படுத்தி வாசிப்பைப் பெற்றுக் கொள்ளும் விதத்தை முதலில் நோக்குவோம். இதுவரை மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள 1, 2 ஆகிய படிமுறைகள் பின்பற்றப்பட வேண்டிய தேவையற்றது என்பதால் நேரடியாக மூன்றாவது வாசிப்பைப் பெறுவது (படிமுறை 3) பொருத்தமானது.

இழிவெண்ணிக்கை 0.1 mm ஆகவும் பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் ஒரு பகுதி 1 mm ஆகவுள்ள உபகரணமொன்று தெரிவு செய்யப்படுமிடத்து பிரதான அளவுத் திட்டத்தின் 9 mm நீளமானது வேணியர் அளவுத் திட்டத்தின் 10 பிரிவுகளாக வகுக்கப்பட்டுள்ள மையைக் காணலாம்.

அவ்வாறான வேணியர் கருவியிலிருந்து வாசிப்பைப் பெறுகையில் கீழே தரப்பட்டுள்ள படிமுறைகளைப் பின்பற்றுக.

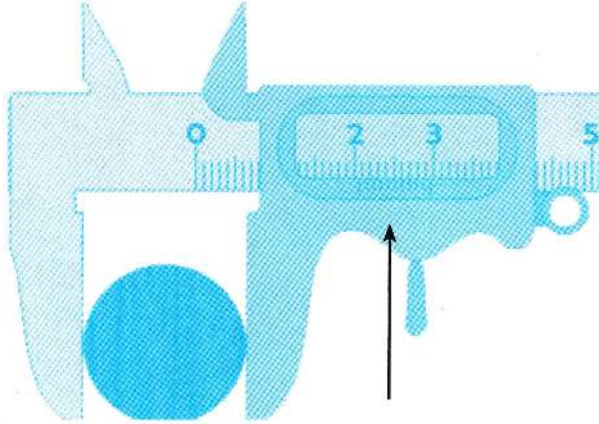


- i) வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்திற்கு முன்னதாக காணப்படும் பிரதான அளவுத் திட்டத்தின் வாசிப்பைப் பெறல் (வேணியர் அளவுத்திட்டத்தில் பூச்சியம் வரையுள்ள பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பிரிவுகளின் பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை) (உரு 1.18)



உரு 1.18 பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பெறுமானத்தை அறிதல்

- ii) வேணியர் கோடு பிரதான அளவுத் திட்டத்தில் கோட்டுடன் பொருந்தும் அமைவைக் கண்டுப்பிடித்து பொருந்தும் வேணியர் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கையை குறித்துக் கொள்ளல். (உரு 1.19)

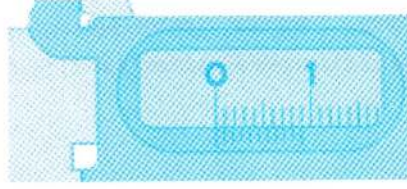


உரு 1.19 வேணியர் அளவுத்திட்டத்தை குறித்துக் கொள்ளல்

- iii) வேணியர் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கையை இழிவெண்ணிக்கையுடன் பெருக்கி வேணியர் அளவுத்திட்ட வாசிப்பைப் பெறுதல்.

$$\begin{aligned}
 \text{அளவீடு} &= \text{பிரதான அளவுத்திட்ட வாசிப்பு} + \text{வேணியர் அளவுத்திட்ட வாசிப்பு} \\
 &= \text{பிரதான அளவுத்திட்ட வாசிப்பு} + (\text{பொருந்தும் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை} \\
 &\quad \times \text{இழிவெண்ணிக்கை})
 \end{aligned}$$

## உதாரணம் 1



உரு 1.20

குறித்தவொரு அளவீட்டைப் பெறும் சந்தர்ப்பத்தில் பிரதான அளவுத்திட்டமும் வேணியர் அளவுத்திட்டமும் அமைந்திருந்த விதம் உரு 1.20 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.

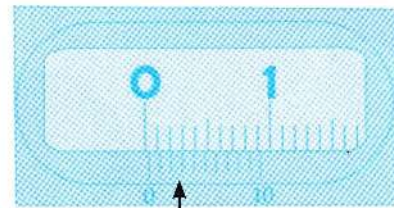
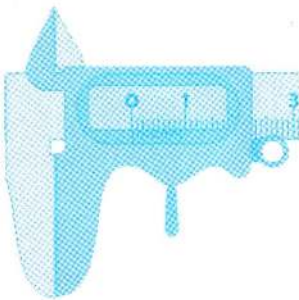
இங்கு வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்துக்கு முன்னதாக காணப்படும் பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பெறுமானம் பூச்சியமாகும். வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியம் பிரதான அளவுத்திட்டக் கோட்டுடன் பொருந்தியுள்ளது. அளவீடு பூச்சியமென்பதை பின்வருமாறு விளங்கிக் கொள்வோம்.

$$\begin{aligned} \text{அளவீடு} &= \text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} + \text{வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} \\ &= \text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} + (\text{பொருந்தும் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை} \\ &\quad \times \text{இழிவெண்ணிக்கை}) \end{aligned}$$

$$= 0 + (0 \times 0.1 \text{ mm})$$

$$= 0$$

## உதாரணம் 2



மூன்றாவது கோடு

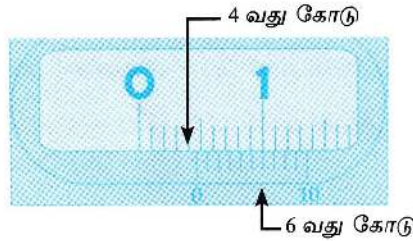
உரு 1.21

மற்றுமொரு அளவீட்டின் போது பிரதான அளவுத்திட்டத்தினதும் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தினதும் அமைவுகள் உரு 1.21 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இங்கு வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்திற்கு முன்னதாகவுள்ள பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பெறுமானம் பூச்சியமாகும். எனவே பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு பூச்சியமாகும். வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் மூன்றாவது கோடு பிரதான அளவுத்திட்டக் கோட்டுடன் பொருந்தியுள்ளது. எனவே அளவீடு பின்வருமாறு கணிக்கப்படும்.

$$\begin{aligned}
 \text{அளவீடு} &= \text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} + \text{வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} \\
 &= \text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} + (\text{பொருந்தும் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை} \\
 &\quad \times \text{இழிவெண்ணிக்கை}) \\
 &= 0 + (3 \times 0.1 \text{ mm}) \\
 &= 0.3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### உதாரணம் 3



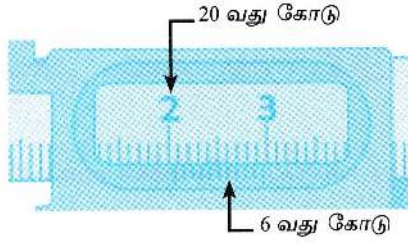
உரு 1.22

இவ்வதாரணத்தில் (உரு 1.22) வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்திற்கு முன்னதாகவுள்ள பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு 4 mm ஆகும். எனவே பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பெறுமானம் 4 mm ஆகும்.

அடுத்ததாக வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் ஆறாவது கோடு பிரதான அளவுத்திட்டக் கோட்டுடன் பொருந்தியுள்ளது.

$$\begin{aligned}
 \text{அளவீடு} &= \text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} + \text{வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} \\
 &= \text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} + (\text{பொருந்தும் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை} \\
 &\quad \times \text{இழிவெண்ணிக்கை}) \\
 &= 4 \text{ mm} + (6 \times 0.1 \text{ mm}) \\
 &= 4.6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## உதாரணம் 4



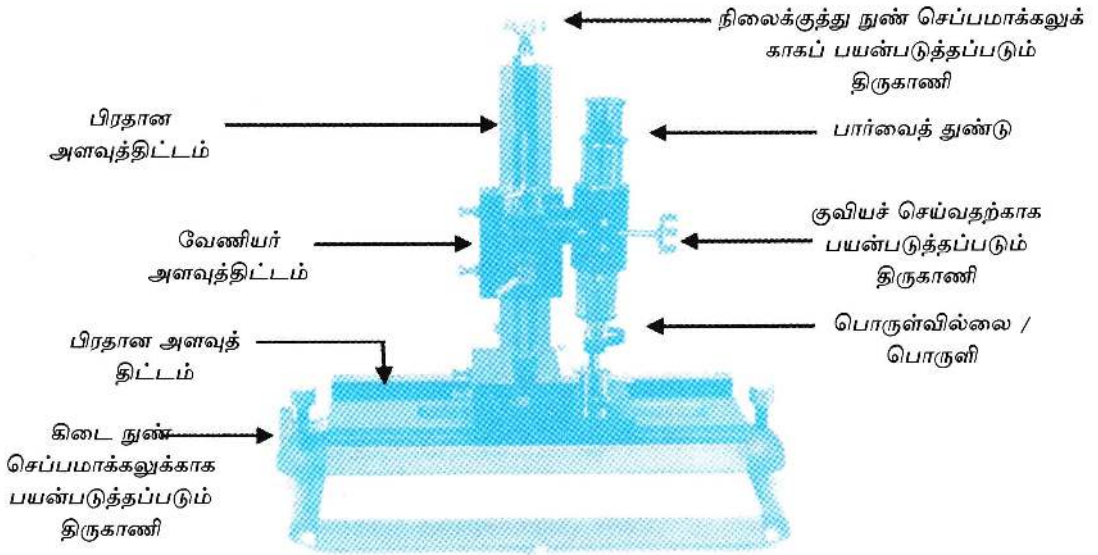
உரு 1.23

இவ்வதாரணத்தில் (உரு 1.23) வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்திற்கு முன்னதாகவுள்ள பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பெறுமானம் 20 mm ஆகும். எனவே பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பெறுமானம் 20 mm ஆகும். அதன் பின் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் 6 வது கோடு பிரதான அளவுத் திட்டத்தின் கோட்டுடன் பொருந்தியுள்ளது.

$$\begin{aligned} \text{அளவீடு} &= \text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} + \text{வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} \\ &= \text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் வாசிப்பு} + (\text{பொருந்தும் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை} \\ &\quad \times \text{இழிவெண்ணிக்கை}) \\ &= 20 \text{ mm} + (6 \times 0.1 \text{ mm}) \\ &= 20 \text{ mm} + 0.6 \text{ mm} \\ &= 20.6 \text{ mm} \\ &= 2.06 \text{ cm} \end{aligned}$$

### 1.1.2 நகரும் நுணுக்குக்காட்டி (travelling microscope)

மயிர்த்துளைக் குழாயின் விட்டம் போன்ற வேணியர் இடுக்கிமானி மூலமாகவோ அல்லது நுண்மானி திருகுக்கணிச்சி மூலமாகவோ அளக்க முடியாத சில அளவீடுகளைப் பெறுவதற்காக நகரும் நுணுக்குக்காட்டி பயன்படுத்தப்படும். அதே போன்று பௌதிக ரீதியாக அண்மிக்க முடியாத பொருட்களின் அளவீடுகளைப் பெறுவதற்காகவும் இதனைப் பயன்படுத்தலாம். வெறுங்கண்ணாற் பார்ப்பதற்குப் பதிலாக நுணுக்குக் காட்டியைப் பயன்படுத்தி அதன் மூலம் பொருளை உருப்பெருக்கிப் பார்க்கக்கூடியதாக விருந்தல். ஒரே தளத்தில் அமைந்துள்ள நிலைக்குத்து மற்றும் கிடைத்திசைகள் வழியே தனித்தனியாக அளவீட்டுப் பெறுமானங்களைப் பெறக்கூடியதாக இருத்தலும் இதன் சிறப்பம்சமாகும். இவ்வுபகரணம் நிலைக்குத்தாகவும் கிடையாகவும் அமைந்துள்ள இரு பிரதான அளவுத்திட்டங்களையும் அவற்றுடன் தொடர்புடைய இரு வேணியர் அளவுத் திட்டங்களையும் கொண்டுள்ளது. எனவே இங்கு வாசிப்பைப் பெறல் வேணியர் இடுக்கிமானிக்கு ஒப்பானதாகும். பகுதிகள் பெயரிடப்பட்ட நகரும் நுணுக்குக்காட்டியின் அமைப்பு உரு 1.24 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 1.24 நகரும் நுணுக்குக்காட்டியின் பகுதிகள்

பெரும்பாலான நகரும் நுணுக்குக்காட்டிகளில் பிரதான அளவுத் திட்டத்தின் 0.5 mm பகுதிகள் 49 உடன் வேணியர் அளவுத் திட்டத்தின் 50 பகுதிகள் பொருந்தும் வகையில் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே இங்கு இழிவெண்ணிக்கை 0.01 mm ஆகும்.

$$\text{வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் ஒரு பகுதியின் நீளம்} = \frac{0.5 \times 49}{50} \text{ mm} = \frac{49}{100} \text{ mm}$$

இழிவெண்ணிக்கை = பிரதான அளவுத் திட்டத்தில் நீளம் - வேணியர் அளவுத் திட்டத்தில் பிரிவொன்றின் நீளம்

$$\% \text{ இழிவெண்ணிக்கை} = \frac{1}{2} - \frac{49}{100} \text{ mm} = 0.01 \text{ mm}$$

நகரும் நுணுக்குக்காட்டியின் பார்வைத்துண்டின் மீது கண்ணை வைத்து நோக்கும் போது இரண்டு குறுக்குக் கம்பிகளை அவதானிக்கலாம். நகரும் நுணுக்குக்காட்டி மூலம் வாசிப்பைப் பெறும் போது அவ்விரு குறுக்குக் கம்பிகள் மீதும் அளவீடு பெறப்பட வேண்டிய பொருள் குவியச் செய்யப்படும் வகையில் உபகரணம் செப்பஞ் செய்யப்பட வேண்டும். இதனைத் திருத்தமாகச் செய்வதற்காக நுண் செப்பமாக்கித் திருகாணியைப் பயன்படுத்தலாம். இதன் மூலம் யாதேனும் நீளத்தை அளக்கும் போது தேவையான இரண்டு தானங்களின் வாசிப்புகளைப் பெற்று அவற்றின் வித்தியாசத்தைக் கணிப்பதன் மூலம் நீளத்தின் பருமனைப் பெற்றுக் கொள்ள முடியும்.

உதாரணமாக சிறிய குழாயொன்றின் துவாரத்தின் விட்டத்தை அளக்கும் விதத்தை நோக்குவோம்.



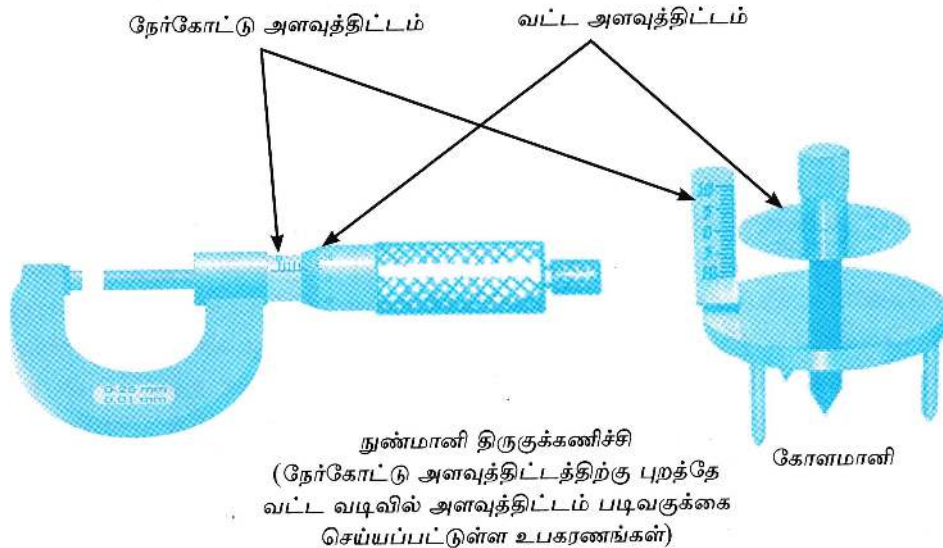
உரு 1.25 குழாயொன்றின் குறுக்குவெட்டை அளத்தல்

நகரும் நுணுக்குக்காட்டியினுள் இரு குறுக்குக் கம்பிகளுடன் குழாயின் குறுக்கு வெட்டின் இரு அமைவுகள் உரு 1.25 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இங்கு துவாரத்தின் தெரிவு செய்யப்பட்ட விட்டத்தின் இரு பக்க அமைவுகள்  $D_1$ ,  $D_2$  எனக் கொள்வோம். நகரும் நுணுக்குக்காட்டியினை  $D_1$ ,  $D_2$  ஆகிய அமைவுகளுக்கு தனித்தனியாக குவியச் செய்து அதன் அமைவு தொடர்பான வாசிப்புகளைப் பெற வேண்டும். அவ்வாறு பெறப்பட்ட வாசிப்புகளிடையேயான வித்தியாசத்தைக் கணிப்பதன் மூலம் குழாயின் விட்டத்தைப் பெறலாம்.

## 1.2 ⇨ நேர்கோட்டு - வட்ட அளவுத்திட்ட முறை (திருகுக் கோட்பாடு)

நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டத்தைச் சுற்றி அல்லது அதற்கு வெளியே காணப்படும் வகையில் வட்ட அளவுத்திட்டத்தைப் பயன்படுத்தி நீளத்தின் இழிவெண்ணிக்கையை (நுண் அளவுத்திட்டத்தைப்) பெறும் வகையில் கட்டியெழுப்பப்பட்டுள்ள அளவீட்டு முறையே நேர்கோட்டு வட்ட அளவுத்திட்ட முறையாகும். இவ்வளவுத்திட்டத்தைக் கொண்டுள்ள இரு உபகரணங்கள் உரு 1.26 இற் காட்டப்பட்டுள்ளன.



உரு 1.26

இவ்விரு வகை உபகரணங்களிலும் வட்ட அளவுத்திட்டத்துடன் கூடிய பகுதி சுழலும் போது அது நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டத்துடன் பயணிக்கும் விதத்தில் நிர்மாணிக்கப்பட்டுள்ளது. வட்ட அளவுத்திட்டம் ஒரு சுழற்சியைப் பூர்த்தி செய்யும் போது நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டத்தைக் கடக்கும் தூரம் புரியிடைத்தூரம் என அழைக்கப்படும். வட்ட அளவுத்திட்டமானது சுழலும் பகுதியின் பரிதி வழியே படிவகுக்கை செய்யப்பட்டுள்ளது.

வட்ட அளவுத்திட்டமானது  $x$  எண்ணிக்கையான பிரிவுகளாக வகுக்கப்பட்டிருப்பின் வட்ட அளவுத்திட்டம் ஒரு முழுமையான சுழற்சியைப் பூரணப்படுத்தும் போது பிரதான அளவுத்திட்டத்தினைக் கடக்கும் வட்ட அளவுத்திட்டப் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை  $x$  இற்குச் சமனாகும். இதனடிப்படையில் வட்ட அளவுத்திட்டத்தின் போது நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டம் வழியே பயணிக்கும் தூரம் புரியிடைத்தூரம் இற்குச் சமனாகும்.

எனவே வட்ட அளவுத்திட்டமானது நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டம் வழியே பயணிக்கும் தூரத்தை அளவிடக்கூடிய மிகச்சிறிய பருமனானது புரியிடைத்தூரம் இற்குச் சமனாகும். இதனடிப்படையில் நேர்கோட்டு - வட்ட அளவுத்திட்டத்துடன் கூடிய அளவீட்டு உபகரணங்களில் இழிவெண்ணிக்கை - புரியிடைத்தூரம் எனக் காட்ட முடியும்.

#### உதாரணம் 5

குறித்த உபகரணமொன்றின் புரியிடைத்தூரம் 1mm ஆவதுடன் வட்ட அளவுத்திட்டத்தில் 100 சிறு பிரிவுகள் உள்ளதாகக் கொள்வோம். இதன்போது,

$$\text{இழிவெண்ணிக்கை} - \frac{\text{புரியிடைத்தூரம்}}{x} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ mm}$$

#### உதாரணம் 6

மற்றுமொர் உபகரணத்தின் புரியிடைத் தூரம்  $\frac{1}{2}$  mm ஆவதுடன் வட்ட அளவுத்திட்டத்தில் 50 சிறு பிரிவுகள் உள்ளதாகக் கொள்வோம். இதனடிப்படையில்

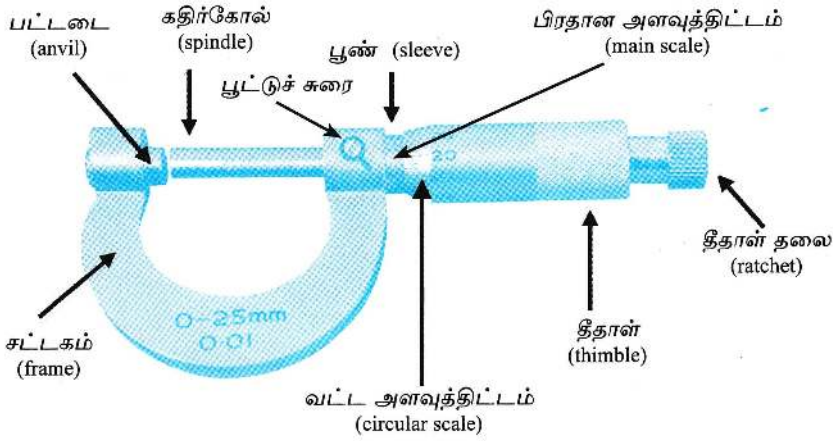
$$\begin{aligned} \text{இழிவெண்ணிக்கை} &= \frac{1/2}{50} \text{ mm} = \frac{1}{100} \text{ mm} \quad \text{ஆகும்.} \\ &= 0.01 \text{ mm} \quad \text{ஆகும்.} \end{aligned}$$

### 1.2.1 நுண்மானி திருகுக்கணிச்சி (micrometer screw gauge)

நுண்மானி திருகுக்கணிச்சியானது தொழினுட்பத்துறையில் பரவலாகப் பயன்பாட்டிலுள்ள உபகரணமாகும். மின் வரிச்சுருட் கம்பிகளின் விட்டத்தை அளப்பதற்காக மின் தொழினுட்பவியலாளர்கள் இதனைப் பரவலாகப் பயன்படுத்துவர். அதேபோன்று

உலோகத் தகடுகள் போன்ற உற்பத்திகளின் தடிப்பின் உண்மைத் தன்மையைப் பரீட்சிப்பதற்காகவும், பெரும்பாலான நுண்ணிய அளவீடுகளைப் பெறுவதற்காகவும் இது பயன்படுத்தப்படும். இவ்வுபகரணம் 14 ம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த விலியம் கஸ்கொயின் என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டதாகக் கூறப்படுகிறது.

நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டம் 1 mm சிறு பிரிவுகளாகப் படிவடுக்கை செய்யப்பட்டிருப்பின் வட்ட அளவுத்திட்டம் 100 சமமான பிரிவுகளாகவும், நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டம்  $\frac{1}{2}$  mm சிறு பிரிவுகளாகப் படிவகுக்கை செய்யப்பட்டிருப்பின் வட்ட அளவுத்திட்டம் 50 சமமான பிரிவுகளாகவும் அமையும் விதத்தில் பெரும்பாலான திருகாணி நுண்மானிகளில் அளவுத்திட்டம் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். அத்தகைய திருகாணி நுண்மானிகளின் இழிவெண்ணிக்கை 0.01 mm ஆகும்



உரு 1.27 நுண்மானித் திருகுக்கணிச்சி

நுண்மானித் திருகுக்கணிச்சியின் அடிப்படைப் பகுதிகள் உரு 1.27 இற் காட்டப் பட்டுள்ளன. இங்கு ஒரு அந்தத்தில் நிலையாகக் உள்ள பட்டடை காணப்படும். சட்டகத்தின் மறு அந்தத்தினூடாக பட்டடையை நோக்கியவாறு கதிர்கோல் காணப்படும். கதிர்கோலுடன் தீதாளும் தீதாள் தலையும் அகத்தே இணைந்திருப்பதுடன் தீதாள் தலையைச் சுழற்றுவதன் மூலம் அதனை கதிர்க் கோலுடன் கதிர்க்கோலின் அச்ச வழியே முன்னோக்கியோ அல்லது பின்னோக்கியோ நகரச் செய்யலாம். அதே போன்று நிலையாகக் காணப்படும் விளிம்பு பற்றிச் சுழலும் தீதாள், விளிம்பு மீது அடையாளமிடப்பட்டுள்ள பிரதான அளவுத்திட்டம் வழியே பயணிக்கக் கூடியது.

பூச்சிய வழுவற்ற திருகாணி நுண்மானியின் கதிர்கோலுடன் பட்டடையைச் தொடுகையுறச் செய்யும் போது நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியமும் வட்ட அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியமும் ஒன்றோடொன்று பொருந்துதல் வேண்டும்.

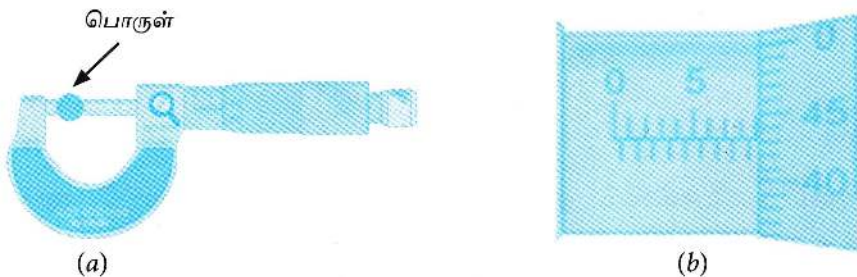
அளவீடு பெறப்படும் சந்தர்ப்பத்தில் பருமன் அளக்கப்பட வேண்டிய பொருள் பட்டடைக்கும் கதிர்கோலுக்கும் இடையில் சிறைப்படுத்தப்படும் பட்டடைக்கும்



கதிர்கோலுக்கும் இடையில் பொருள் நெருக்குவதைத் தவிர்ப்பதற்காக பொருளானது தீதாள் தலையைச் சுழற்றுவதன் மூலம் பொருள் சிறைப்படுத்தப்படும். இங்கு தொழிற்படும் பற்சக்கரப் பொறிமுறை (ratchet mechanism) மூலம் தேவையற்ற நெருக்கல்கள் ஏற்படுவதற்கு முன்பாக கதிர்கோல் முன்னோக்கிச் செல்வது தடுக்கப்படும். தீதாள் தலையை மேலும் சுழற்றப்படும் போது 'டிக்' எனும் ஒலி பிறப்பிக்கப்படும் வேளையில் அது வாசிப்பு பெறப்படுவதற்கு பொருத்தமான நிலையில் உள்ளது எனக் கொள்ளப்படும். வாசிப்பு பெறப்படும் முன்னர் பூட்டைத் தொழிற்படுத்தி வாசிப்புகளின் வழக்கள் ஏற்படுவதைத் தவிர்த்துக் கொள்ளலாம்.

### நுண்மானித் திருகுக்கணிச்சி மூலம் அளவீட்டைப் பெற்றுக் கொள்ளல்

அளவீட்டைப் பெற எதிர்பார்க்கும் பொருள் வாசிப்புப் பெறுவதற்கு ஏற்றவாறு பட்டடைக்கும் கதிர்க்கோலுக்குமிடையே அசையா வண்ணம் சிறைப்படுத்தி வைக்கப்படல் வேண்டும். இதன்போது தீதாள் தலையைப் பிடித்து சுழற்றுவதன் மூலம் கதிர்கோலைப் பொருளை நோக்கிக் கொண்டுவரல் வேண்டும். பொருத்தமான வகையில் பொருள் சிறைப்படுத்தப்பட்டிருக்கும் சந்தர்ப்பத்தில் தீதாள் தலையை மேலும் சுழற்றுகையில் 'டிக்' எனும் ஒலி கேட்கும் அதன் பின்னர் வாசிப்புப் பெறும் போது முதலில் பிரதான அளவுத்திட்டத்திற் காட்டப்படும் பெறுமானத்தை குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். அதன் பின்னர் பிரதான அளவுத்திட்டத்துடன் பொருந்தும் வட்ட அளவுத்திட்டத்தின் சிறுபிரிவுகளின் எண்ணிக்கையை இழிவெண்ணிக்கையுடன் பெருக்கும் போது வட்ட அளவுத்திட்டப் பெறுமானம் கிடைக்கப்பெறும் பிரதான அளவுத்திட்டப் பெறுமானத்துடன் வட்ட அளவுத்திட்டப் பெறுமானத்தைக் கூட்டி தேவையான அளவீடு பெறப்படும்.



உரு 1.28 கோளவடிவான பொருளொன்றின் விட்டத்தை அளத்தல்

### உதாரணம் 7

சிறிய கோளமொன்றின் விட்டத்தை அளப்பதற்காக அக்கோளம் பட்டடைக்கும் கதிர்க்கோலுக்குமிடையே சிறைப்படுத்தி வைக்கப்பட்டுள்ள விதம் உரு 1.28 (a) இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. அச்சந்தர்ப்பத்திலான நேர்கோட்டு மற்றும் வட்ட அளவுத்திட்டத்தின் அமைவு உரு 1.28 (b) யிற் காட்டப்பட்டுள்ளது. இச்சந்தர்ப்பத்தில் பின்வரும் விதத்தில் அளவீடு பெறப்படும்.

$$\text{புரியிடைத்தூரம்} = \frac{1}{2} \text{ mm}$$

$$\text{வட்ட அளவுத்திட்டத்திலுள்ள சிறு பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை} = 50$$

$$\text{இழிவெண்ணிக்கை} = \frac{1}{100} \text{ mm}$$

வட்ட அளவுத் திட்டத்தின் பூச்சியத்தைத் தாண்டியுள்ள நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டத்தின் சிறுபிரிவுகளின் எண்ணிக்கை (பிரதான அளவுத் திட்டத்தின் பெறுமானம்) = 9

நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டத்துடன் பொருந்தும் வட்ட அளவுத் திட்டக் கோடு (சிறு பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை) = 43

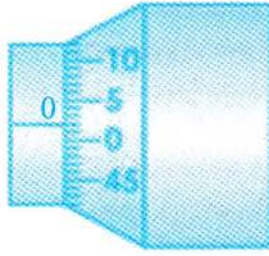
$$\begin{aligned} \text{வட்ட அளவுத்திட்டப் பெறுமானம்} &= \text{வட்ட அளவுத்திட்டத்துடன் பொருந்தும் சிறு பிரிவு} \times \text{இழிவெண்ணிக்கை} \\ &= 43 \times 0.01 \text{ mm} \\ &= 0.43 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{அளவீடு} &= \text{பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பெறுமானம்} + \text{வட்ட அளவுத்திட்டத்தின் பெறுமானம்} \\ &= 8.5 \text{ mm} + 0.43 \text{ mm} \\ &= 8.93 \text{ mm} \end{aligned}$$

## பூச்சியவழு

கதிர்க்கோலும் பட்டடையும் ஒன்றையொன்று தொடுகையுறும் போது பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியமும் வட்ட அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியமும் ஒன்றுடனொன்று பொருந்தாமையினால் பூச்சியவழு ஏற்படும்.

வட்ட அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியக்கோடு நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்துடன் பொருந்துவதற்கு முன்னராக பட்டடையும் கதிர்க்கோலும் ஒன்றையொன்று தொடுகையுறும் விதத்திலான பூச்சியவழுச் சந்தர்ப்பத்தைக் கருதுவோம். அத்தகையதோர் சந்தர்ப்பம் உரு 1.29 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. இப் பூச்சியவழுப் பெறுமானம் பொதுவான வாசிப்பைப் பெறும் விதத்திலேயே பெற்றுக் கொள்ள முடியும். இத்தகைய வழுக்களைக் கொண்ட உபகரணத்திலிருந்து பெற்றுக்கொள்ளும் அளவீட்டை திருத்தமாக்கிக் கொள்ளும் போது பொருளின் பருமன் தொடர்பாக பெற்றுக்கொள்ளும் வாசிப்பிலிருந்து பூச்சியவழுவைக் கழித்தல் வேண்டும்.

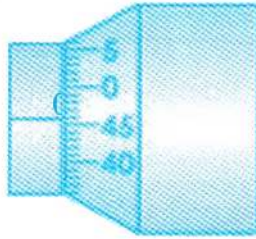


$$\begin{aligned} \text{பூச்சிய வலு} &= 0 + 2 \times 0.01 \\ &= 0.02 \text{ mm} \end{aligned}$$

உரு 1.29 வாசிப்பிலிருந்து பூச்சியவழுவைக் கழிக்கவேண்டிய சந்தர்ப்பம்

இதனடிப்படையில் உரு 1.29 இற் காட்டப்பட்டுள்ள பூச்சிய வழுவானது ( $2 \times$  இழிவெண்ணிக்கை) ஆகும். இவ்வுபகரணத்தைப் பயன்படுத்தி அளவீடு பெறப்படும் எல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் வாசிப்பிலிருந்து இப்பெறுமானத்தைக் கழிக்க வேண்டும்.

அடுத்ததாக கதிர்க்கோலுடன் பட்டடையும் ஒன்றையொன்று தொடும் போது வட்ட அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியக்கோடு பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்தைத் தாண்டியுள்ள விதத்திலான பூச்சியவழுவைக் கொண்டுள்ள சந்தர்ப்பம் பற்றி நோக்குவோம் அவ்வாறானதோர் சந்தர்ப்பம் உரு 1.30 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு நேர்க்கோட்டு அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியக்கோட்டுடன் வட்ட அளவுத் திட்டத்தின் எத்தனையாம் சிறு அளவுத்திட்டம் பொருந்துகின்றது என்பதை இனங்கண்டு மொத்தச் சிறு பிரிவுகளின் எண்ணிக்கையிலிருந்து அது கழிக்கப்படும். அவ்வாறு பெறப்படும் பெறுமானத்தை இழிவெண்ணிக்கையாற் பெருக்கும் போது பூச்சியவழுவைக் கிடைக்கப்பெறும். இவ்வழுவை அளவீட்டுடன் கூட்டப்பட வேண்டும்.



$$\begin{aligned} \text{பூச்சிய வலு} &= (50 - 46) \times 0.01 \\ &= 0.04 \text{ mm} \end{aligned}$$

உரு 1.30 வாசிப்புடன் பூச்சியவழுவைக் கூட்டப்படும் சந்தர்ப்பம்

உரு 1.30 இற் காட்டியவாறு பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்துடன் பொருந்தும் வட்ட அளவுத்திட்டம் 46 ம் சிறு பிரிவு என்பதால் பூச்சியவழுவை  $[(50 - 46) \times$  இழிவெண்ணிக்கை] ஆகும். இவ்வுபகரணத்தைப் பயன்படுத்தி அளவீடு பெறப்படும் போது இப்பூச்சியவழுவொன்று அளவீட்டுக்குரிய வாசிப்புடன் கூட்டப்பட வேண்டும்.

### 1.3 ⇒ மிகச்சிறிய திணிவுகளை அளத்தல்

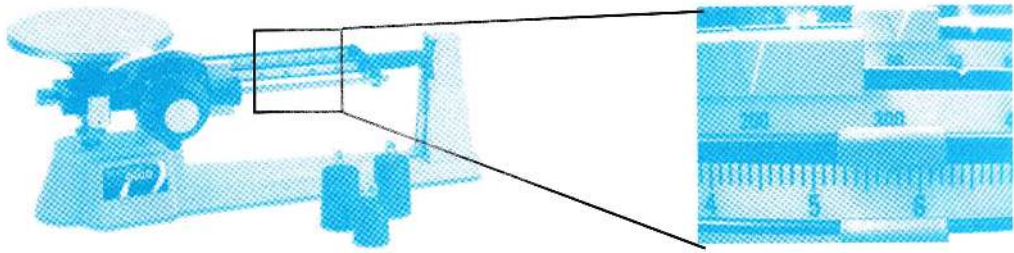
மிகச்சிறிய திணிவுகளின் அளவீட்டைப் பெறும் சந்தர்ப்பங்களில் மிகச்சிறிய திணிவுகளைக் கொண்ட நிலைக்கற்கள் பயன்படுத்தப்படுவதைக் காணலாம். இரசாயனத் தராசின் பயன்பாட்டை இதற்கு உதாரணமாகக் குறிப்பிடலாம். தங்கத்தின்

நிறையை அளக்கும் சந்தர்ப்பங்களில் இத்தகைய தராசு பயன்படுத்தப்படுவதுண்டு. விற்றராசுகளைப் பயன்படுத்தி சிறிய அளவீடுகளைப் பெறும் சந்தர்ப்பங்களில் வில்லானது மிகவும் சிறிய சுமைக்கும் உணர்திறன் மிக்கதாக இருக்க வேண்டும். தற்காலத்தில் மிகச்சிறிய திணிவுகளை அளவிடுவதற்காக இலத்திரனியற் தராசுகள் பயன்படுத்தப்படுவதுண்டு. இலத்திரனியற் தராசுகளில் பொருளின் நிறை தொடர்பான அளவீடுகள் நேரடியாக இலக்கங்களால் வெளிப்படுத்தப்படும்.

அதேபோன்று படிமுறைக்கும் படிமுறை வாசிப்பதன் மாறுபடுவதனால் அப்படி முறைகள் உபகரணத்தால் அளவிடப்படக்கூடிய மிகச்சிறிய பெறுமானமாகும். தங்கத்தின் திணிவை அளவிடுகையில் பயன்படுத்தப்படும் பெரும்பாலான தராசுகளின் இழிவெண்ணிக்கை 0.01 g ஆகும். திணிவின் மிகச்சிறிய அளவீட்டைப் பெறுவதற்காக மும்மைக்கோல் தராசு பயன்படுத்தப்படும் சட்டத்தராசு வகைகளுள் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வரும் தராசு வகையே மும்மைக்கோல் தராசாகும்.

### 1.3.1 மும்மைக்கோல் தராசு (Tripple beam balance)

திருப்பத்தைச் சமநிலைப்படுத்தும் தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்ட உபாயங்களூடன் கூடிய தராசு வகையே மும்மைக்கோல் தராசாகும். தராசுத் தட்டின் மீது வைக்கப்படும் சுமையினால் துலாக்கோலின் திரும்பற்புள்ளி மீது ஏற்படுத்தப்படும் திருப்பம் கோலின் மீது தொங்கவிடப்படும் சுமை மூலம் சமநிலைப்படுத்தப்படுவதே இதன் தத்துவமாகும். மும்மைக்கோல் தராசு ஒன்றின் அமைப்பு உரு 1.31 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



மும்மைக்கோல் தராசு

மும்மைக்கோல் தராசின் அளவுத்திட்டம்

உரு 1.31 மும்மைக் கோல்

மும்மைக்கோல் தராசின் நிறைக்கற்கள் யாவற்றையும் பூச்சிய அமைவிற்குக் கொண்டு வரும் போதும் தராசுத் தட்டின் மீது எந்தவொரு பொருளும் வைக்காதபோதும் காட்டி பூச்சிய அமைவில் இருத்தல் வேண்டும். அவ்வாறல்லாவிடின் அதிற் பூச்சிய வழு காணப்படும். பூச்சியத்தை செப்பஞ்செய்யும் திருகாணியைச் சுழற்றுவதன் மூலம் காட்டியை பூச்சிய அமைவிற்குக் கொண்டுவரச் செய்து பூச்சியத்திருத்தத்தை மேற்கொள்ளலாம்.

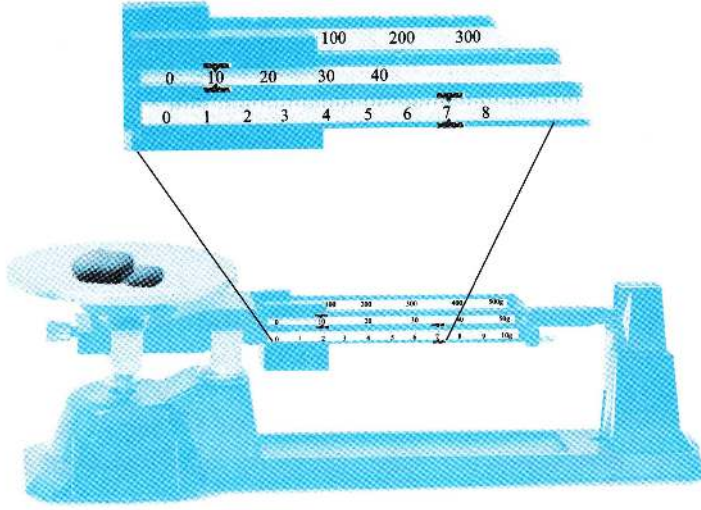
சட்டகத்திலுள்ள கோல்களின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ள சுமைகள் ஒன்றிலிருந்தொன்று வேறுபட்டதாகும். அத்துடன் சிறிய சுமையை கோலின் அந்தத்திற்குக் கொண்டு செல்லும் போது திருப்பத்தை ஏற்படுத்துவதுடன் பெரிய சுமை அதற்கு நேரொத்த, கூடிய திருப்பத்தை ஏற்படுத்தும் திருப்பமானது திரும்பற்புள்ளிக்கும் சுமைக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் சுமையின் பருமன் ஆகியவற்றிற் தங்கியிருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். சிறிய சுமையை மாத்திரம் பயன்படுத்துமிடத்து திணிவின் இழிவெண்ணிக்கையைப் பெற்றுக் கொள்ள முடியுமாயினும் பெரிய திணிவொன்றை அளவீடு செய்யும் போது கோலின் நீளத்தை தற்போது காணப்படும். நீளத்தை விட பெருமளவு அதிகரிக்க வேண்டியேற்படும். அதற்குத் தீர்வாக கோல்களின் நீளம் குறைக்கப்பட்டு அதற்குப் பதிலாக மூன்று கோல்கள் மீது வெவ்வேறு பருமன்களைக் கொண்ட சுமைகள் தொங்கவிடப்படும் வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

இங்கு பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள மிகச்சிறிய நிறை கோலின் வழியே நகரச் செய்து அளவிடக்கூடிய மிகச்சிறிய திணிவே தராசின் இழிவெண்ணிக்கையாகும். சிறிய சுமை தொங்கவிடப்பட்டுள்ள கோலின் மீது குறிக்கப்பட்டுள்ள அடுத்துள்ள இரு கோடுகளுக்கிடையிட்ட வித்தியாசமே இழிவெண்ணிக்கையாகக் குறிப்பிடப்படும். மும்மைக்கோல் தராசின் விவரக்குறிப்பு கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

1. இழிவெண்ணிக்கை 0.1 g
2. முற் கோலின் முழு அளவுத்திட்ட வாசிப்பு 10 g
3. நடுக்கோலின் முழு அளவுத்திட்ட வாசிப்பு 500 g
4. பிற்கோலின் முழு அளவுத்திட்ட உச்ச திணிவு 100 g
5. மேலதிக சுமைகளைத் தொங்கவிடாது அளவிடக் கூடிய உச்ச திணிவு 610 g
6. சுமைகளைத் தொங்கவிடுவதன் மூலம் அளவிடக்கூடிய உச்ச திணிவு 2610 g

இத்தகைய உபகரணங்களிலுள்ள கோலின் திரும்பற்புள்ளி மிகவும் ஒப்பமானது என்பதால் தராசுக் கோல் மிக இலகுவாக அலைவுறும். இதனால் இதன் மூலம் விரைவாக அளவீடுகளைப் பெறுவது சிரமமானதாகும். இத்தகைய பிரச்சினைகளைக் குறைத்துக் கொள்வதற்காக இவ்வகைத் தராசுகளின் காந்தத் தணித்தல் முறை பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இங்கு கோலானது விரைவாக ஓய்வடையும். இதன் மூலம் விரைவாக வாசிப்பைப் பெற இயலும்.

மும்மைக்கோற் தராசைப் பயன்படுத்தி திணிவை அளக்கும் போது தராசுத் தட்டின் மீது பொருளை வைத்து, அதன் மூலம் ஏற்படுத்தப்படும் திருப்பத்திற்குச் சமனானதும் எதிரானதுமான திருப்பத்தை கோலின் மீது காணப்படும் சுமை மூலம் வழங்குவதன் மூலம் கோலைச் சமநிலைப்படுத்த வேண்டும். சமநிலைப்படுத்தலின் போது கோலின் மீதுள்ள பெரிய சுமையிலிருந்து ஆரம்பித்து சிறிய சுமை வரை கோலின் மீது உரிய அமைவுகளுக்கு சுமையைக் கொண்டு செல்ல வேண்டும். சமநிலையின் போது பெரிய சுமையிலிருந்து சிறிய சுமை வரை அதன் அமைவுகள் வெளிகாட்டும் பெறுமானங்களைக் கூட்டுவதன் மூலம் அளவீட்டைப் பெற்றுக் கொள்ள முடியும்.



உரு 1.32 மும்மைக்கோல் தராசு மூலம் திணிவை அளத்தல்

மும்மைக்கோல் தராசின் தட்டு மீது வைக்கப்பட்டுள்ள திணிவு தொடர்பில் ஒவ்வொரு சுமையினதும் அமைவுகள் உரு 1.32 இற் காட்டப்பட்டுள்ளன.

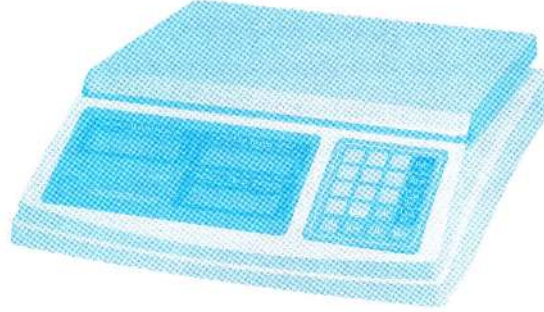
இதனடிப்படையில் பெற்றுக்கொள்ளப்படும் வாசிப்புகளினடிப்படையில்

$$\begin{aligned} \text{பொருளின் திணிவு} &= 0 \text{ g} + 10 \text{ g} + 7 \text{ g} \\ &= 17 \text{ g} \end{aligned}$$

### 1.3.2 இலத்திரனியற் தராசு (Electronic balance)

நிறையை அளக்கும் தேவைப்பாடுகளுக்காக தற்காலத்தில் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் அளவீட்டு உபகரணமே இலத்திரனியற் தராசு ஆகும். மிகச்சிறிய திணிவுகள் முதற்கொண்டு மிகப்பெரிய திணிவையும் அளக்கக்கூடிய வகையில் பல்வேறு வகையான இலத்திரனியற் தராசுகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. தராசின் மீது சுமையை வைத்தவுடனேயே வாசிப்பை வெளிக்காட்டுதல் இதன் சிறப்பியல்பாகும். தராசுத் தட்டின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் நிறை எண்ணியற் காட்சிப்பலகை மூலம் வெளிக்காட்டப்படும். ஒன்றுக்கொன்று வேறுபட்ட இழிவெண்ணிக்கைகளை உடைய பல்வேறுவகையான இலத்திரனியற் தராசுகள் உள்ளன. இத்தகைய இலத்திரனியற் தராசுகளுக்கு மின்னை வழங்கி சிறிது நேரத்தின் பின் அதனைப் பயன்படுத்த முடியும். அந்நேரத்துள் தன்னியக்கமாக பூச்சிய அமைவைப் பெற்றுக்கொள்ளும் அவ்வாறல்லாத சந்தர்ப்பங்களில் பூச்சியத்தை காட்டும் பொத்தானை அழுத்தி பூச்சிய அமைவைச் செப்பஞ் செய்து கொள்ளல் வேண்டும். இன்று பயன்பாட்டிலுள்ள பெரும்பாலான இலத்திரனியற் தராசுகளின் தட்டில் முதலில் ஒரு பொருளை வைத்து அதன் நிறையை அறிந்து கொண்ட பின் தராசை மீள ஆரம்பம் செய்து (பொருள்

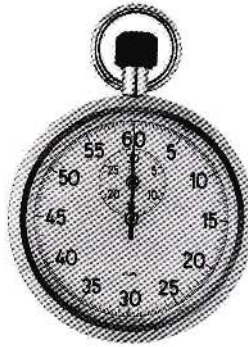
தட்டில் இருக்கும் போதே வாசிப்பைப் பூச்சியத்திற்குக் கொண்டு வந்து) மற்றுமொரு பொருளை அத்தட்டின் மீது வைத்து இரண்டாவதாக வைக்கப்பட்ட பொருளின் நிறையை மாத்திரம் அளவிடக்கூடிய வகையில் வசதிகள் காணப்படுகின்றன. பொதுவாகப் பயன்பாட்டிலுள்ள இலத்திரனியற் தராசு வகையொன்று உரு 1.33 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 1.33 இலத்திரனியற் தராசு

## 1.4 ⇨ காலத்தை அளத்தல்

### சாதாரண நிறுத்தற் கடிகாரம்



உரு 1.34 நிறுத்தற் கடிகாரம்

சாதாரண நிறுத்தற் கடிகாரம் மூலம்  $\frac{1}{10}$  s அளவிலான காலத்தை திருத்தமாக அளவிடலாம். இது 10 செக்கனிலும் குறைவான காலத்தை அளப்பதற்குப் பொருத்தமானதன்று. இதன் மூலம் அலைவுக்காலம் அளவிடப்படும் போது அளவீட்டின் செம்மையை அதிகரிப்பதற்காக மொத்தக் காலம் 10 செக்கனிலும் அதிகரிக்கும் வகையில் அதிக எண்ணிக்கையான அலைவுகளுக்கு எடுக்கும் காலம் அளவிடப்படும் உரு 1.34 இல் நிறுத்தற் கடிகாரம் காட்டப்பட்டுள்ளது.

## இலக்கமுறை நிறுத்தற் கடிகாரம்

தற்போது பாவனையிலுள்ள இலக்கமுறை நிறுத்தற் கடிகாரம் மூலம்  $\frac{1}{100}$  s அளவிலான மிகக்குறுகிய காலத்தையும் அளவிட முடியும். ஏனைய நிறுத்தற் கடிகாரங்களைப் போன்று இலக்கமுறை நிறுத்தற் கடிகாரங்களிலும் கால மதிப்பீட்டின் ஆரம்பம், முடிவு மீண்டும் பூச்சியத்திற்குக் கொண்டுவரல் போன்ற செய்கைகளை இலகுவாகச் செய்யக்கூடிய வசதிகள் உள்ளன. இத்தகைய நிறுத்தற் கடிகாரங்கள் குறிப்பாக அலைவு தொடர்பான பரிசோதனைகளில் சில அலைவுகளுக்கான காலத்தை (உதாரணமாக 50 அலைவுகளுக்கு எடுக்கும் காலத்தை) அளப்பதற்குப் பொருத்தமானதாகும். அதன் மூலம் ஒரு அலைவுக்கு எடுக்கும் காலத்தை திருத்தமாக அளவிட முடியும் உரு 1.35 இல் இலக்கமுறை நிறுத்தற் கடிகாரம் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 1.35 இலக்க முறை நிறுத்தற் கடிகாரம்

## 1.5 ⇨ வழு மதிப்பீடு

யாதேனும் அளவீட்டின் திருத்தமான பெறுபேற்றைப் பெற்றுக் கொள்ளலானது அவ்வளவீடு எந்தளவிற்கு வழுக்களின்றி செம்மையாகப் பெறப்பட்டது என்பதிற்தங்கியுள்ளது. பயன்படுத்தப்படும் உபகரணங்களுக்கேற்ப அளவீட்டின் நிச்சயமின்மை காரணமாக பெறுபேறுகளில் வழுக்கள் ஏற்படலாம். ஒருவர் மீற்றர் அளவுச்சட்டத்தைப் பயன்படுத்தி யாதேனுமோர் நீளத்தை கிட்டிய மில்லி மீற்றருக்கு வாசிப்பைப் பெற்றார் எனின் அவ்வாசிப்பின் வழு  $\pm 0.5$  mm ஆகும் உதாரணமாக யாதேனுமோர் அளவீட்டை 184 mm எனப் குறிப்பிடப்படுமிடத்து அது 185 அல்லது 183 அல்லது 184 இற்குக் கிட்டியதாகவிருக்கும் போதேயாகும். இங்கு நாம் 184.5 இலும் குறைந்த 183.5 இலும் கூடிய என முடிவு செய்வோம். இதன் போது எம்மால் ஏற்படக்கூடிய வழு 0.5 mm அல்லது அதனிலும் குறைந்த பெறுமானமாகையால் வழுவின் உச்ச பெறுமானம் 0.5 mm எனக் கொள்ளப்படும். எனவே அவரது அளவீடு 184 mm எனின் வழுவை உள்ளடக்கி அது  $184 \pm 0.5$  mm எனக் குறிப்பிடலாம்.

வாசிப்பொன்றின் வழுவானது பெறுபேற்றிற் செலுத்தும் தாக்கத்தைக் கருத்திற் கொண்டு பின்னவழு அல்லது சதவீத வழு சகிதம் அளவீட்டைக் குறிப்பிடுவது சில சந்தர்ப்பங்களில் பயனுள்ளதாக அமையும்.



$$\text{பின்ன வழு} = \frac{\text{வழு}}{\text{அளவீடு}}$$

$$\text{சதவீத வழு} = \frac{\text{வழு}}{\text{அளவீடு}} \times 100$$

$$\text{பின்ன வழு} = \frac{\Delta R}{R}; \text{ அளவீட்டை } R \text{ எனவும் வழுவை } \Delta R \text{ எனவும் கொள்ளுமிடத்து}$$

$$\text{சதவீத வழு (percentage error)} = \frac{\Delta R}{R} \times 100$$

அளவீட்டு உபகரணமொன்றிலிருந்து வாசிப்பைப் பெறும்போது அதன் மூலம் ஏற்படக்கூடிய வழு அவ்வுபகரணத்தின் இழிவெண்ணிக்கைக்குச் சமனாகும்.

### உதாரணம் 9

இழிவெண்ணிக்கை 0.1 mm ஆகவுள்ள வேணியர் இடுக்கிமானியிலிருந்து 25.4 mm ஐ வாசிப்பாகப் பெறப்படும் சந்தர்ப்பத்தைக் கருதுவோம்.

a) அளவீட்டில் ஏற்படக்கூடிய வழு = 0.1 mm

b) அளவீட்டின் பின்ன வழு =  $\frac{0.1 \text{ mm}}{25.4 \text{ mm}}$   
=  $\frac{1}{254}$

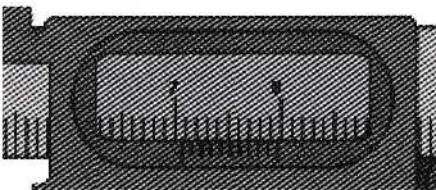
c) அளவீட்டின் சதவீத வழு =  $\frac{0.1 \text{ mm}}{25.4 \text{ mm}} \times 100 \%$   
= 0.39 %



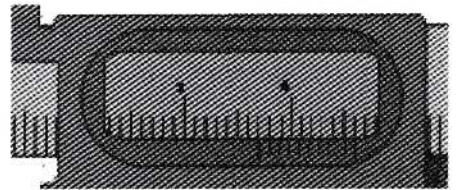
(01) குறித்தவோர் வேணியர் இடுக்கிமானியின் பிரதான அளவுத்திட்டம்  $\frac{1}{2}$  mm சிறு பிரிவுகளாகப் படிவகுக்கை செய்யப்பட்டுள்ளது. அதில் வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் 20 பிரிவுகள் பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் 19 பிரிவுகளுடன் பொருந்துகின்றது எனின் இழிவெண்ணிக்கையைக் காண்க. அவ்வுபகரணத்தைப் பயன்படுத்தி 4 cm நீளம் திருத்தமாக அளவிடப்பட்டது எனின் அதன் பெறுமானம் திருத்தமாக எடுத்துரைக்கப்பட்ட சதவீத வழுவைக் காண்க.

- (02) இழிவெண்ணிக்கை 0.1 mm ஆகவுள்ள வேணியர் இடுக்கிமானியின் புறத் தாடைகள் ஒன்றுடனொன்று தொடுகையுற்றிருக்கும் போது வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியமானது பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியத்திலிருந்து இடப்புறமாக சென்றிருந்ததுடன் வேணியரின் 6 பிரிவுகள் பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் பிரிவுகளுடன் பொருந்தியது இவ்வுபகரணத்தின் மூலம் குழாயொன்றின் விட்டத்தை அளக்கும் போது வேணியர் அளவுத்திட்டத்தின் பூச்சியமானது பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் 10 பிரிவுகளைத் தாண்டியிருந்ததுடன் வேணியர் அளவிடையில் 5 பிரிவுகள் பிரதான அளவுத்திட்டத்துடன் பொருந்தியது குழாயின் விட்டத்தை காண்க.
- (03) பொருத்தமான அளவீட்டு உபகரணத்தைப் பயன்படுத்தி 6 mm ஆரையுடைய செப்புக் குழாயின் உள்விட்டத்தைத் துணியும் முறையை விளக்குக.
- (04) குறித்தவொரு திருகாணி நுண்மானியின் தீதாள் ஒரு முழுச் சுழற்சியடையும் போது அது நேர்கோட்டு அளவுத்திட்டம் வழியே 1 mm தூரம் பயணிப்பதுடன், வட்ட அளவுத்திட்டத்திலுள்ள சிறு பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை 100 ஆகும். பட்டடையும், கதிர்கோலும் ஒன்றுடனொன்று தொடுகையுறும் சந்தர்ப்பத்தில் வட்ட அளவுத்திட்டம் பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் 1 mm அடையாளத்திற்கும் 2 mm அடையாளத்திற்கும் இடையே அமைவதுடன் வட்ட அளவுத்திட்டத்தின் 45 ஆவது பிரிவு பிரதான அளவுத்திட்டத்துடன் பொருந்துகின்றது. கம்பியொன்றின் விட்டத்தை அளக்குமிடத்து வட்ட அளவுத்திட்டமானது பிரதான அளவுத்திட்டத்தின் 7 mm அடையாளத்திற்கும் 8 mm அடையாளத்திற்கும் இடையில் அமைந்துள்ளது. வட்ட அளவுத்திட்டத்தின் 33 வது பிரிவு பிரதான அளவுத்திட்டத்துடன் பொருந்தியுள்ளது. கம்பியின் திருத்தமான விட்டத்தைக் காண்க.
- (05) திரவப் பாத்திரமொன்றின் மயிர்த்துளைக் குழாயொன்று நிலைக்குத்தாக அமிழ்த்தப்பட்டுள்ளது எனின் பாத்திரத்திலுள்ள நீர் திரவ மேற்பரப்பிலிருந்து குழாயினுள் உள்ள திரவ மேற் பரப்பிற்குள்ள நிலைக்குத்து உயரத்தை அளப்பதற்குப் பயன்படுத்தக் கூடிய பொருத்தமான அளவீட்டு உபகரணம் யாது? நீங்கள் அவ்வளவீட்டை மேற்கொள்ளும் விதத்தை விளக்குக.
- (06) பின்வரும் உருக்களில் காட்டப்பட்டிருக்கும் வாசிப்புகளைக் காண்க.

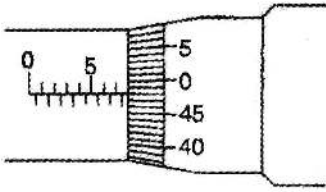
(i)



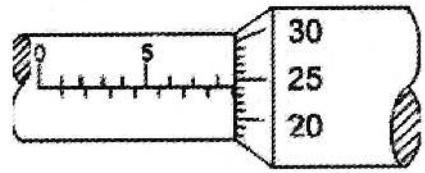
(ii)



(iii)



(iv)



- வெப்ப இடமாற்றம்
- வெப்பக் கொள்ளளவு
- தன்வெப்பக் கொள்ளளவு
- வெப்பக் கடத்தல்
- மேற்காவுகை
- கதிர்ப்பு
- திண்மப் பதார்த்தங்களின் விரிவு
- திரவ விரிவு

நீர் அடங்கிய கேத்தலை அடுப்பின் மீது வைத்து அடுப்பை மூட்டும் போது சிறிது நேரத்தின் பின் நீரின் வெப்பநிலை அதிகரித்து அது கொதிக்க ஆரம்பிக்கும். அறைவெப்பநிலையிற் காணப்படும் பாத்திரத்தினுள் கொதிக்கும் நீரிற் சிறிதளவை இடும் போது பாத்திரத்தின் வெப்ப நிலை அதிகரிக்கும். பின்னர் பாத்திரத்தினதும் அதனுட் காணப்படும் நீரினதும் வெப்பநிலை படிப்படியாகக் குறையும்.

நெருப்பிலிருந்து கேத்தலுக்கு சக்தி வழங்கப் படுவதனால் கேத்தலினதும் அதில் அடங்கியுள்ள நீரினதும் வெப்பநிலை உயர்வடைகின்றது. கொதிக்கும் நீரைப் பாத்திரத்தினுள் இடும் போது நீரில் அடங்கியுள்ள சக்தியின் ஒரு பகுதி

பாத்திரத்திற்குச் செல்லும். இதனால் பாத்திரத்தின் வெப்பநிலை உயர்வடையும். கொதிநீர் அடங்கிய பாத்திரத்தை சூழலுக்கு திறந்து வைக்கும் போது வெப்பம் சூழலை நோக்கிப் பாயும்.

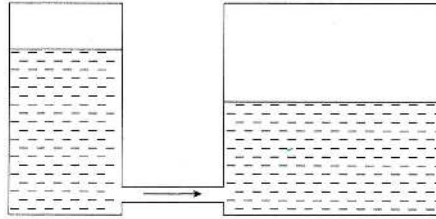
இவ்வாறாக வெப்பநிலை கூடிய பொருளிலிருந்து வெப்பநிலை குறைந்த பொருளை நோக்கிய சக்திப் பாய்ச்சலை பௌதிகவியலில் வெப்பம் என அழைக்கப்படும். வெப்பம் ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொர் பொருளை நோக்கிப் பாய்ந்து செல்லல் வெப்ப இடமாற்றம் என அழைக்கப்படும்.

பொருளொன்றுக்கு வெப்பத்தை வழங்கும் போது அச்சக்தி பொருள் ஆக்கப்பட்டுள்ள பதார்த்தத்தின் மூலக்கூறுகளின் எழுமாற்று இயக்கத்தை நேரொத்த இயக்க சக்தி வடிவில் காணப்படும். அறை வெப்பநிலையிற் காணப்படும் நீரின் மூலக்கூறுகள் எழுமாற்றாக பல்வேறு திசைகளில் இயங்கியவாறும் ஒன்றுடனொன்று மோதியவாறும் காணப்படும். வெப்பம் வழங்கப்படுமிடத்து இவ்வியக்கம் மேலும் மேலும் அதிகரிக்கும். மேலும் மூலக்கூறுகள் ஆக்கப்பட்ட பகுதியும் வெப்பத்தை உறிஞ்சி அவற்றின் அதிர்வுச் சக்தியை அதிகரித்துக் கொள்ளும். நீரைக் குளிர்ச் செய்யும் போது நீர் மூலக்கூறுகளின் எழுமாற்று இயக்கமும் மூலக்கூறுகளில் தேக்கிவைக்கப்பட்டுள்ள அதிர்வுச் சக்தியும் குறைவடையும்.

## வெப்பத்திற்கும் வெப்பநிலைக்கும் இடையேயான வேறுபாடு

மேலே குறிப்பிட்டவாறு பொருளொன்றுக்கு வெப்பமாக வழங்கப்படும் சக்தியானது அதன் மூலக்கூறுகளின் இயக்க சக்தியாகக் காணப்படும். பொருளொன்றில் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள வெப்பத்தின் அளவானது அப்பொருளின் சகல மூலக்கூறுகளினதும் இயக்க சக்திகளின் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமனாகும் வெப்பநிலை எனப்படுவது பொருளொன்றில் காணப்படும் வெப்ப மட்டமாகும். இவ்வெப்ப மட்டம் அல்லது வெப்பநிலையானது மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்கச் சக்திக்கு நேர்விகிதசமனான பெறுமானமாகும்.

உரு 2.1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு வெவ்வேறு மட்டங்களில் நீரைக் கொண்டுள்ள இரண்டு தாங்கிகளை குழாயொன்றினால் இணைக்கும் போது இரு தாங்கிகளினதும் நீர் மட்டம் ஒன்றுக்கொன்று சமனாகும் வரையில் உயர் நீர் மட்டத்தைக் கொண்டுள்ள தாங்கியிலிருந்து தாழ்ந்த நீர் மட்டத்திலுள்ள தாங்கியை நோக்கி நீர் பாயும். இவ்வாறே வெப்பநிலை கூடிய பொருளையும் வெப்பநிலை குறைந்த பொருளையும் ஒன்றையொன்று தொடுகையுறும் வண்ணம் அருகருகே வைக்கும் போது வெப்பநிலை கூடிய பொருளிலிருந்து வெப்பநிலை குறைந்த பொருளை நோக்கி வெப்பம் பாயும்.



உரு 2.1 குழாயொன்றினால் ஒன்றுடனொன்று தொடுக்கப்பட்டுள்ள இரு நீர்த்தாங்கிகள்

இம்மாதிரியில் தாங்கியின் நீர் மட்டம் பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை ஒத்துக் காணப்படுவதுடன், தாங்கியில் அடங்கியுள்ள நீரினளவு பொருளில் அடங்கியுள்ள வெப்பத்தின் அளவை ஒத்துக் காணப்படுகிறது. தாங்கிகளிரண்டையும் குழாயொன்றினால் இணைக்குமிடத்து உயர் நீர் மட்டத்தைக் கொண்ட தாங்கியிலிருந்து தாழ்ந்த நீர் மட்டத்தைக் கொண்ட தாங்கியை நோக்கிப் பாயுமேயொழிய கூடிய நீரைக் கொண்ட குறைந்த நீரைக் கொண்ட தாங்கியை நோக்கி நீர் பாய்ந்தோடுவதில்லை. (எனினும் பொருளில் நடைபெறும் வெப்பக் கதிர்ப்பின் போது இவ்வெடுத்துக் காட்டு பொருள்தாது.) எனவே பொருளிலிருந்து வெப்பம் பாய்ந்தோடும் போது வெப்பம் பாயும் திசையைத் தீர்மானிப்பது பொருள்களிரண்டினதும் வெப்பநிலையே (வெப்பமட்டமே) யன்றி பொருள்களிரண்டிலும் காணப்படும் வெப்பத்தின் அளவில் தங்கியிருப்பதில்லை.

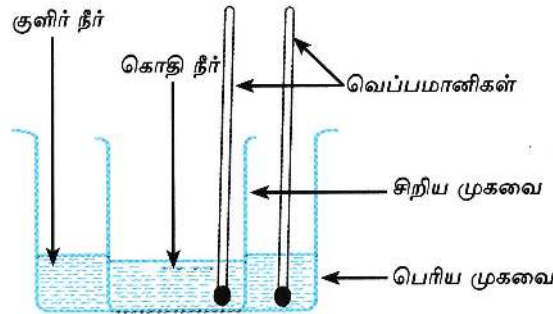
## 2.1 ⇨ வெப்ப இடமாற்றம்

வெப்பமடைந்த பொருளொன்றை குளிர்ான திரவமொன்றினுள் இடப்படும் சந்தர்ப்பத்தைக் கருதுவோம். இங்கு சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ான பொருளை நோக்கி வெப்பம் இடமாற்றமடையும். இதன்போது சூடான பொருள் குளிர்ச்சியடைவதோடு குளிர்ான பொருள் வெப்பமடையும்.

ஒன்றுக்கொன்று வேறுபட்ட வெப்பநிலையிலுள்ள இரண்டு பொருள்களை ஒன்றுடனொன்று தொடுகையுறும் வகையில் வைக்கும் போது யாது நடைபெறும்? இதுபற்றி அறிந்துகொள்வதற்காக பின்வரும் செயற்பாட்டில் ஈடுபடுவோம்.

### செயற்பாடு 1

பெரிய முகவையொன்றினுள் குளிர் நீரையிட்டு அதன் ஆரம்ப வெப்பநிலையை வெப்பமானியின் மூலம் அளந்து கொள்க. சிறிய முகவையொன்றினுள் கொதி நீரை இட்டு அதன் ஆரம்ப வெப்பநிலையை அளந்து கொள்க. பின்னர் கொதி நீரைக் கொண்ட முகவையை குளிர்நீரைக் கொண்ட முகவையினுள் வைக்க. (உரு 2.2) சில நிமிடங்களின் பின்னர் பெரிய முகவையினுள் காணப்படும் நீரின் வெப்பநிலையை அளக்க. அதன் வெப்பநிலை ஆரம்பத்திலிருந்த வெப்பநிலையை விட அதிகரித்திருப்பதைக் காணலாம். மேலும் சிறிய முகவையிலிருந்த நீரின் வெப்பநிலை குறைவடைந்திருப்பதையும் அவதானிக்கலாம். இதிலிருந்து கொதி நீரிலிருந்து குளிர் நீரை நோக்கி வெப்பம் பாய்ந்தோடியிருப்பதை அறியலாம். இங்கு கொதிநீரின் வெப்பநிலை படிப்படியாகக் குறைந்துகொண்டு செல்வதையும், குளிர் நீரின் வெப்பநிலை படிப்படியாக அதிகரித்துக் கொண்டு செல்வதையும் எம்மால் அறிய முடியும். வெப்பநிலையை தொடர்ச்சியாக அளந்துகொண்டு செல்லுமிடத்து பெரிய முகவையிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையும் சிறிய முகவையிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையும் ஒரே பெறுமானத்தை அடைவதை உங்களால் அவதானிக்க முடியும்.



உரு 2.1 கொதி நீரிலிருந்து குளிர் நீரை நோக்கி வெப்பம் பாய்வதை அவதானித்தல்

நீர் தொடர்பாக மாத்திரமன்றி வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளிற் காணப்படும் எல்லா வகையான பொருட்கள் தொடர்பாகவும் மேற்கூறிய கருத்து பொருந்தும். உயர் நீர் மட்டத்திலிருந்து தாழ் நீர் மட்டத்தை நோக்கி நீர் பாய்ந்தோடுவதைப் போன்று வெப்ப சக்தியும் எப்போதும் உயர் வெப்பநிலையைக் கொண்ட பொருளிலிருந்து தாழ் வெப்பநிலையைக் கொண்ட பொருளை நோக்கிப் பாயும்.

மேற்படி செயற்பாட்டின் போது குளிர் நீர் அடங்கிய பாத்திரம் அதனைச் சூழவுள்ள கொதிநீர்ப் பாத்திரத்தால் வெளிவிடப்படும் வெப்பத்தை அகத்துறிஞ்சும். இங்கு புறச்சூழலுக்கு விடுவிக்கப்படும் வெப்ப இழப்பைப் புறக்கணிக்குமிடத்து கொதி நீர் அடங்கிய பாத்திரம் வெளிவிடும் வெப்பத்தின் அளவு குளிர் நீரும் பாத்திரமும் அகத்துறிஞ்சிய வெப்பத்தின் அளவுகளின் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமனாகவிருக்கும். இறுதியில் இவ்வாறான வெப்ப இடமாற்றம் காரணமாக முழுக் கலவையும் பாத்திரமும் ஒரே வெப்பநிலையை அடையும். இது வெப்பச் சமநிலைச் சந்தர்ப்பம் என அழைக்கப்படும்.

### 2.1.1 ⇨ வெப்பக் கொள்ளளவு

யாதேனும் பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை ஓரலகினால் அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு அப்பொருளின் வெப்பக் கொள்ளளவு என அழைக்கப்படும்.

அதனடிப்படையில் பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை யாதேனும் பெறுமானத் திற்கு அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு, பொருளின் வெப்பக் கொள்ளளவினதும் அதிகரிக்கப்பட்ட வெப்பநிலையினதும் பெருக்கத்திற்குச் சமனாகும். இதனடிப்படையில்,

$$\text{தேவையான வெப்பத்தின் அளவு } (Q) = \text{வெப்பக் கொள்ளளவு } (C) \times \text{அதிகரிக்கப்பட்ட வெப்பநிலையின் அளவு } (\theta)$$

வெப்பத்தின் அளவு J யினாலும் வெப்பநிலை K யினாலும் அளவிடப்படுமிடத்து வெப்பக் கொள்ளளவின் அலகு  $J K^{-1}$  ஆகும். ஒரே திரவியத்தினால் ஆக்கப்பட்ட பல்வேறு பொருள்களின் வெப்பக் கொள்ளளவுகள் ஒன்றிலிருந்தொன்று வேறுபடும்.

### தன்வெப்பக் கொள்ளளவு (specific heat capacity)

யாதேனும் பதார்த்தத்தின் ஓரலகுத் திணிவின் வெப்பநிலையை ஒரு அலகினால் அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு அப்பதார்த்தத்தின் தன் வெப்பக் கொள்ளளவு என அழைக்கப்படும்.

யாதேனும் பதார்த்தத்தின் குறித்த திணிவின் வெப்பநிலையை குறித்தளவு அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான சக்தியினளவு அப்பதார்த்தத்தின் திணிவினதும், தன்வெப்பக் கொள்ளளவினதும் அதிகரித்த வெப்பநிலையின் அளவினதும் பெருக்கத்துக்குச் சமனாகும். இதனடிப்படையில்,

$$\text{வெப்பத்தின் அளவு } (Q) = \text{திணிவு } (m) \times \text{தன்வெப்பக் கொள்ளளவு } (c) \times \text{அதிகரித்த வெப்பநிலையின் அளவு } (\theta)$$

வெப்பநிலை K யிலும் திணிவு kg யிலும் வெப்ப சக்தியினளவு J யிலும் அளக்கப்படுமிடத்து தன்வெப்பக் கொள்ளளவின் அலகு  $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$  ஆகும்.

சில பதார்த்தங்களின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவுகள் கீழேயுள்ள அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 2.1 சில பதார்த்தங்களின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவுகள்

பதார்த்தங்கள்	தன்வெப்பக் கொள்ளளவு ( $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ )
பித்தளை	380
செப்பு (Cu)	400
இரும்பு (Fe)	460
கண்ணாடி	670
அலுமினியம் (Al)	900
நீர்	4200

ஒரலகு வெப்பநிலையின் பருமனைக் கருதுமிடத்து கெல்வின் (K) இனதும் செல்சியஸ் ( $^{\circ}\text{C}$ ) அளவினதும் பெறுமானங்கள் ஒரே அளவினதாகும். எனவே வெப்பநிலை வீச்சைக் கருதும் போது கெல்வின் அளவிற்குப் பதிலாக செல்சியஸ் அளவை அதே விதத்தில் பயன்படுத்தலாம்.

### உதாரணம் 1

1. 5 kg நீரின் வெப்பநிலையை 20 K யினால் அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவைக் காண்க.

1 kg நீரின் வெப்பநிலையை 1 K யினால் அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான வெப்பத்தினளவு

$$= 4200 \text{ J}$$



∴ 5 kg நீரின் வெப்பநிலையை 1 K யினால் அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான வெப்பத்தினளவு

$$= 2 \times 4200 \text{ J}$$

∴ 5 kg நீரின் வெப்பநிலையை 20 K யினால் அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான வெப்பத்தினளவு

$$= 2 \times 4200 \times 20 \text{ J}$$

$$= 420,000 \text{ J}$$

மேற்காட்டிய விடை ( $5 \times 4200 \times 20$ ) இனாற் பெறப்பட்டது

$$5 \text{ kg} \quad \times \quad 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad \times \quad 20 \text{ K}$$

திணிவு                      தன்வெப்பக் கொள்ளளவு                      வெப்பநிலை மாற்றம்

m

c

$\theta$

அதாவது,  $\boxed{\text{வெப்பத்தின் அளவு} = m c \theta}$

ii. 4 kg செப்பின் வெப்பநிலையை  $30^\circ\text{C}$  யிலிருந்து  $50^\circ\text{C}$  வரை அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவைக் காண்க.

அட்டவணை 2.1 இன்படி செப்பின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு ( $c$ )  $400 \text{ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்

$$\begin{aligned} \text{தேவையான வெப்பத்தின் அளவு} &= m \times c \times \theta \\ &= 4 \times 400 \times (50 - 30) \text{ J} \\ &= 32000 \text{ J} \end{aligned}$$

iii. 2 kg தேங்காயெண்ணெயின் வெப்பநிலையை  $30^\circ\text{C}$  யிலிருந்து  $50^\circ\text{C}$  வரை அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவைக் காண்க. தேங்காயெண்ணெயின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு  $2200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  எனக் கொள்க.

அட்டவணை 2.1 இன்படி செப்பின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு ( $c$ )  $400 \text{ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்

$$\begin{aligned} \text{தேவையான வெப்பத்தின் அளவு} &= m \times c \times \theta \\ &= 2 \times 2200 \times (50 - 30) \text{ J} \\ &= 88000 \text{ J} \end{aligned}$$

- iv. 750 g நீரின் வெப்பநிலை 100 °C யிலிருந்து 30 °C வரை குறைவடையும் போது வெளிவிடப்படும் வெப்பத்தின் அளவைக் காண்க.

$$\begin{aligned} \text{வெளிவிடப்படும் வெப்பத்தின் அளவு} &= m \times c \times \theta \\ &= 0.75 \times 4200 \times (100 - 30) \text{ J} \\ &= 220\,500 \text{ J} \end{aligned}$$

- v. 1.5 kg திணிவுடைய செப்புப் பாத்திரத்தினுள் 30 °C வெப்பநிலையிலுள்ள 2 kg நீர் அடங்கியுள்ளது. பாத்திரத்தினதும் நீரினதும் வெப்பநிலையை 100 °C வரை அதிகரிப்பதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவைக் காண்க.

$$\begin{aligned} \text{பாத்திரம் பெற்றுக் கொள்ளும் வெப்பத்தின் அளவு} &= m \times c \times \theta \\ &= 1.5 \times 400 \times (100 - 30) \text{ J} \\ &= 42\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{நீர் பெற்றுக் கொள்ளும் வெப்பத்தின் அளவு} &= 2 \times 4200 \times (100 - 30) \text{ J} \\ &= 588\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{தேவையான மொத்த வெப்பத்தின் அளவு} &= 42\,000 \text{ J} + 588\,000 \text{ J} \\ &= 630\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

- vi. 0.5 kg திணிவுடைய கண்ணாடிப் பாத்திரத்தினுள் 30 °C வெப்பநிலையிலுள்ள 1.5 kg நீர் அடங்கியுள்ளது. அந்நீரைக் கொதிக்கும் வரை வெப்பமேற்றுவதற்காக புறத்தே வழங்கப்பட வேண்டிய வெப்பத்தின் அளவைக் காண்க. நீர் கொதிக்கும் வெப்பநிலை 100 °C எனக் கொள்க.

அட்டவணை 2.1 இன் படி கண்ணாடியின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு  $670 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்.

$$\begin{aligned} \text{பாத்திரம் பெற்றுக் கொள்ளும் வெப்பத்தின் அளவு} &= m \times c \times \theta \\ &= 0.5 \times 670 \times (100 - 30) \text{ J} \\ &= 23\,450 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{நீர் பெற்றுக் கொள்ளும் வெப்பத்தின் அளவு} &= m \times c \times \theta \\ &= 1.5 \times 4200 \times (100 - 30) \text{ J} \\ &= 441\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{தேவையான மொத்த வெப்பத்தின் அளவு} &= 23\,450 \text{ J} + 441\,000 \text{ J} \\ &= 464\,450 \text{ J} \end{aligned}$$

vii. அலுமினியப் பாத்திரமொன்றின் திணிவு 0.8 kg ஆகும். அதனுள் 30 °C வெப்பநிலையிலுள்ள தேங்காயெண்ணெய் 1.5 kg உள்ளது. தேங்காயெண்ணெயின் வெப்பநிலையை 50 °C வரை உயர்த்தத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவைக் காண்க. தேங்காயெண்ணெயின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு 2 200 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> ஆகும்.

அட்டவணை 2.1 இன் படி அலுமினியத்தின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு 900 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> ஆகும்.

$$\begin{aligned} \text{பாத்திரம் பெறும் வெப்பத்தின் அளவு} &= m \times c \times \theta \\ &= 0.8 \times 900 \times (50 - 30) \text{ J} \\ &= 14\,400 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{தேங்காயெண்ணெய் பெறும் வெப்பத்தின் அளவு} &= m \times c \times \theta \\ &= 1.5 \times 2200 \times (50 - 30) \text{ J} \\ &= 66\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{தேவையான மொத்த வெப்பத்தின் அளவு} &= 14\,400 \text{ J} + 66\,000 \text{ J} \\ &= 80\,400 \text{ J} \end{aligned}$$

## 2.1.2 நிலைமாற்றம்

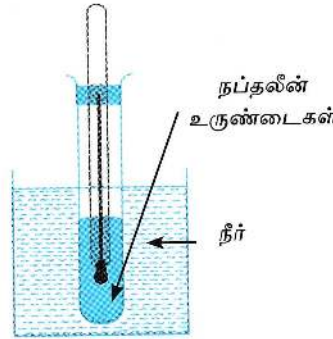
பதார்த்தங்களின் நிலைகளான திண்மம், திரவம், வாயு ஆகிய மூன்று நிலைகளுள் ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு மாற்றமடைதல் நிலைமாற்றம் எனப்படும். இத்தகைய நிலைமாற்றத்தின் போது வெப்பம் அகத்துறிஞ்சப்படலோ அல்லது வெப்பம் காலப்படலோ நிகழும். எனினும் இவ்வெப்ப இடமாற்றம் காரணமாக வெப்பநிலையில் மாற்றம் ஏற்படுவதில்லை. எனவே இவ்வாறாக இடமாற்றப்படும் வெப்பம் மறைவெப்பம் என அழைக்கப்படும்.

இதுபற்றி மேலும் விளங்கிக் கொள்வதற்காக மேற்கொள்ளக்கூடிய செயற்பாடு பற்றி நோக்குவோம்.

### செயற்பாடு 2

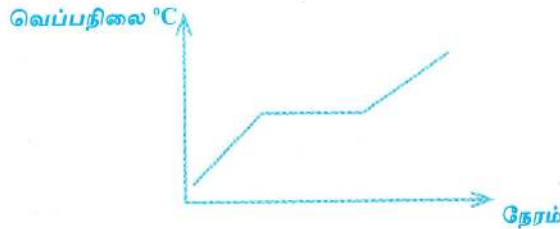
கற்பூர உருண்டைகள் (நப்தலீன் உருண்டைகள்) சிலவற்றை நன்கு தூளாக்கி பரிசோதனைக் குழாயின் மூன்றிலொரு பங்கு நிரம்பும் வகையில் இட்டு, குழாயை மெதுவாக வெப்பமேற்றி அதனைத் திரவமாக்குக. திரவமாகிய நப்தலீனினுள் அதன் குழிழ் இருக்கத்தக்கதாக வெப்பமானியொன்றைப் பொருத்துக. பின்னர் உரு 2.3 இற் காட்டியவாறு பரிசோதனைக் குழாயின் அரைவாசியளவு நீரினுள் அமிழ்ந்தி இருக்கத்தக்கதாக குளிர் நீர் அடங்கிய பாத்திரத்தினுள் நிலைக்குத்தாக வைத்து பொருத்துக. பின்னர் பன்சன் சுடரடுப்பினால் நீர்ப் பாத்திரத்தை மெதுவாக

வெப்பமேற்றி ஒவ்வொரு 30 செக்கன்களுக்கு ஒரு தடவை வெப்பமானியின் வாசிப்பைக் குறித்துக் கொள்க.



உரு 2.3 நப்தலீனில் நிலைமாற்றம் அடையும் விதத்தை தேடியறிதல்

இங்கு நப்தலீன் தொடர்பாக வெப்பநிலை எதிர் நேர வரைபை வரையும் போது உரு 2.4 இற் காட்டியவாறான வரைபு பெறப்படும். ஆரம்பத்தில் நப்தலீனின் வெப்பநிலை படிப்படியாக அதிகரிப்பதையும் பின்னர் புறத்தே வெப்பம் வழங்கப்பட்ட போதிலும் நப்தலீனின் வெப்பநிலை சிறிது நேரம் வரை அதிகரிக்காது மாறிலியாகக் காணப்படுவதையும் அவதானிக்கலாம். இக்காலப்பகுதியுள் நப்தலீன் திண்ம நிலையிலிருந்து படிப்படியாக திரவ நிலைக்கு மாறுவதை அவதானிக்கலாம். நீர் அடங்கிய முகவையை மேலும் வெப்பமேற்றும் போது திரவ நப்தலீனின் வெப்பநிலை மேலும் படிப்படியாக அதிகரிக்கும்.



உரு 2.4 நப்தலீன் உருகித் திரவமாகும் போது வெப்பநிலை வேறுபடும் விதம்

யாதேனும் பதார்த்தமொன்றிற்கு வெப்பம் கிடைக்குமிடத்து அவ்வெப்ப சக்தி யானது மூலக்கூறுகளின் அல்லது அணுக்களின் இயக்க சக்தி அதிகரிப்பதற்கும், மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயான தூரத்தை அதிகரிப்பதற்கும் பயன்படுத்தப்படும். அதிகரிக்கும் இயக்க சக்தி காரணமாக பதார்த்தத்தின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும். எனினும் பதார்த்தத்தில் இருக்கும் மூலக்கூறுகளின் தன்னமைவு மாறாது திண்ம நிலையிலேயே காணப்படும். நிலைமாற்றத்தின் போது கிடைக்கப்பெற்ற சகல வெப்பமும் மூலக்கூறுகளை திண்ம நிலையில் ஒன்றுடனொன்று பிணைத்து வைத்திருந்த மூலக்கூற்றிடைக் கவர்ச்சி விசையை உடைத்து திரவ நிலைக்கு மாற்றுவதற்காக விரயமாகும். இதன்போது இயக்க சக்தி மாறாதமையால் திரவத்தின்

வெப்பநிலை உயர்வடையாது வெப்பத்தை உறிஞ்சுதல் மாத்திரம் நடைபெறும். இவ்வெப்பமே **மறைவெப்பம்** என அழைக்கப்படும். பதார்த்தமொன்று திரவ நிலையிலிருந்து ஆவி நிலைக்கு மாறும் போதும் இதே செயற்பாடு நடைபெற்று வெப்பநிலை மாற்றமடையாது வெப்ப உறிஞ்சல் நடைபெறும். இந்நிலைமாற்றம் மறுதலையாக நடைபெறும் போது அதாவது ஆவியானது திரவமாக மாறும் போதும் திரவம் திண்மமாக மாறும் போதும் வெப்பநிலை மாறாது வெப்பம் வெளிவிடப்படல் நடைபெறும்.

### நிலைமாற்ற வகைகள்

- ☞ உருகுதல் - திண்ம நிலையிலுள்ள பொருள் ஒன்று திரவ நிலைக்கு மாற்ற மடைதல்.
- ☞ ஆவியாதல் - திரவ நிலையிலுள்ள பொருள் ஒன்று ஆவி நிலைக்கு மாற்ற மடைதல்.
- ☞ ஒடுங்குதல் - ஆவி நிலையிலுள்ள பொருள் ஒன்று திரவ நிலைக்கு மாற்ற மடைதல்.
- ☞ உறைதல் - திரவ நிலையிலுள்ள பொருள் ஒன்று திண்ம நிலைக்கு மாற்ற மடைதல்.

### உருகலின் தன்மறை வெப்பம் (latent heat of fusion)

உருகுநிலையிற் காணப்படும் யாதேனும் திண்மப் பதார்த்தத்தின் ஓரலகுத் திணிவை அதன் வெப்பநிலை மாறாதிருக்க முற்றாக திரவ நிலைக்கு மாற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு உருகலின் தன்மறை வெப்பம் என அழைக்கப்படும்.

உருகலின் தன்மறை வெப்பம்  $L$  எனின் திணிவுடைய பொருளை அதன் வெப்பநிலை மாறாதிருக்க திண்ம நிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு மாற்றுவதற்கு வழங்கப்பட வேண்டிய வெப்பத்தின் அளவு  $Q$  எனின்,

$$Q = m L \text{ இனாற் தரப்படும்.}$$

இதனடிப்படையில்  $L = \frac{Q}{m}$  ஆகும். உருகலின் தன்மறைவெப்பத்தின் அலகு  $J \text{ kg}^{-1}$  ஆகும்.

உறைதலின் போது அதாவது திரவ நிலையிலிருந்து திண்ம நிலைக்கு மாறும் போது உருகலின் தன்மறை வெப்பத்துக்குச் சமனான அளவு வெப்பம் வெளிவிடப்படும்.

## உதாரணம் 2

பனிக்கட்டியின் உருகலின் தன்மறை வெப்பத்தைக் காண்பதற்காக மேற்கொள்ளப் படும் பரிசோதனையின் உபகரண ஒழுங்கமைப்பு உரு 2.5 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது

இப்பரிசோதனையின் ஆரம்பத்தில் கலோரிமானியினுள் அறை வெப்பநிலையிலும் சிறிது கூடிய வெப்பநிலையுடைய நீர் சேர்க்கப்பட்டு, பின்னர் நீரின் வெப்பநிலை அறை வெப்பநிலையிலும் சிறிது குறையும் வரை வடிதாளில் ஒற்றியெடுக்கப்பட்ட பனிக்கட்டித் துண்டுகள் சிறிது சிறிதாக இடப்பட்டது. இப்பரிசோதனையின் போது பெறப்பட்ட வாசிப்புகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளது. அவற்றினடிப்படையில் பனிக்கட்டியின் உருகலின் தன்மறை வெப்பத்தைக் காண்க.

### வாசிப்புகள்

செப்புக் கலோரிமானியினதும் கலக்கியினதும் திணிவு = 200 g

செப்புக் கலோரிமானியினதும் கலக்கியினதும் நீரினதும் திணிவு = 250 g

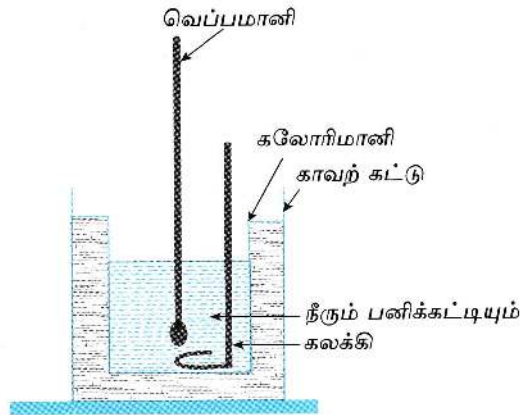
அறை வெப்பநிலை = 25 °C

பனிக்கட்டி இட முன்னர் நீரின் வெப்பநிலை = 35 °C

பனிக்கட்டி இடப்பட்ட பின்னர் நீரின் இறுதி வெப்பநிலை = 15 °C

செப்புக் கலோரிமானி, கலக்கி, நீர் பனிக்கட்டி என்பவற்றின் திணிவு = 265 g

இப்பரிசோதனைக்காக பயன்படுத்தப்பட்ட உபகரண ஒழுங்கமைப்பு உரு 2.5 இற் தரப்பட்டுள்ளது.



உரு 2.5 பனிக்கட்டியின் உருகலின் தன்மறை வெப்பத்தைக் காணல்

**கணித்தல்**

பனிக்கட்டி இடமுன்னர் நீரின் திணிவு = 250 g - 200 g  
 = 50 g  
 = 0.05 kg

பனிக்கட்டித் துண்டுகளின் திணிவு = 265 g - 250 g  
 = 15 g  
 = 0.015 kg

செப்பின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு = 400 J kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>

பனிக்கட்டியின் உருகலின் தன்மறை வெப்பம் L எனக் கொள்வோம்.

பனிக்கட்டி திரவ நிலைக்குள்ளாகும் போது } = 0.015 L  
 பெற்றுக்கொண்ட வெப்பம்

திரவப் பனிக்கட்டி நீரின் இறுதி வெப்ப } = 0.015 × 4200 × (15 - 0) J  
 நிலையை அடையும் போது பெற்றுக் }  
 கொண்ட வெப்பம்

கலோரிமானி 15 °C வெப்பநிலை வரை } = 0.2 × 400 × (35 - 15) J  
 குளிர்ச்சியடையும் போது இழந்த வெப்பம் }

கலோரிமானியிலுள்ள நீர் 15 °C வெப்பநிலை } = 0.05 × 4200 × (35 - 15) J  
 வரை குளிர்ச்சியடையும் போது இழந்த }  
 வெப்பம்

எடுகோளாக கலோரிமானியிலிருந்து புறத்தே வெப்பம் இழக்கப்படவில்லை எனக் கொள்ளப்படின,

பனிக்கட்டி உருகும் போதும் அதிலிருந்து கலோரிமானி மற்றும் அதிலடங்கி }  
 தோன்றிய நீர் 15 °C வரை வெப்பமடையும் = யுள்ள நீரிலிருந்து வெளியேறிய }  
 போதும் பெற்றுக்கொண்ட வெப்பம் வெப்பம்

$$\begin{aligned}
0.015 L + 0.015 \times 4200 \times (15 - 0) & \\
& = 0.20 \times 400 \times (35 - 15) + 0.05 \times 4200 \times (35 - 15) \\
0.015 L + 945 & = 1600 + 4200 \\
0.015 L & = 4855 \\
L & = \frac{4855}{0.015} \\
& = 323667 \text{ J kg}^{-1}
\end{aligned}$$

### ஆவியாதலின் தன்மறைவெப்பம் (latent heat of vaporisation)

கொதிநிலையிற் காணப்படும் யாதேனும் திரவப் பதார்த்தத்தின் ஓரலகுத் திணிவை அதன் வெப்பநிலை மாறாதிருக்க முற்றாக ஆவி நிலைக்கு மாற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு ஆவியாதலின் தன்மறை வெப்பம் என அழைக்கப்படும்.

ஆவியாதலின் தன்மறை வெப்பம்  $L$  எனின்  $m$  திணிவுடைய பொருளை அதன் வெப்பநிலை மாறாதிருக்க திண்ம நிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு மாற்றுவதற்கு வழங்கப்பட வேண்டிய வெப்பத்தின் அளவு  $Q$  எனின்  $Q = m L$  இனாற் தரப்படும்.

இதனடிப்படையில்  $L = \frac{Q}{m}$  ஆகும். உருகலின் தன்மறைவெப்பத்தின் அலகு  $\text{J kg}^{-1}$  ஆகும்.

ஒடுங்கலின் போது அதாவது ஆவி நிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு மாறும் போது ஆவியாதலின் தன்மறை வெப்பத்துக்குச் சமனான அளவு வெப்பம் வெளிவிடப்படும்.

### உதாரணம் 3

நீரின் ஆவியாதலின் தன்மறைவெப்பத்தைக் காண்பதற்காக மேற்கொள்ளப்பட்ட பரிசோதனையின் உபகரண ஒழுங்கமைப்பு உரு 2.6 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இங்கு நீர் அடங்கிய பாத்திரத்தை நீரின் கொதிநிலை வரை வெப்பமேற்றும் போது தோன்றும் கொதிநீராவி குழாயொன்றின் வழியாக நீரைக் கொண்டுள்ள கலோரிமானியினுட் செலுத்தி ஒடுங்கலடையச் செய்யப்படும். இப்பரிசோதனையின் போது பெறப்பட்ட வாசிப்புகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன. அதனடிப்படையில் நீரின் ஆவியாதலின் தன்மறை வெப்பத்தைக் காண்க.

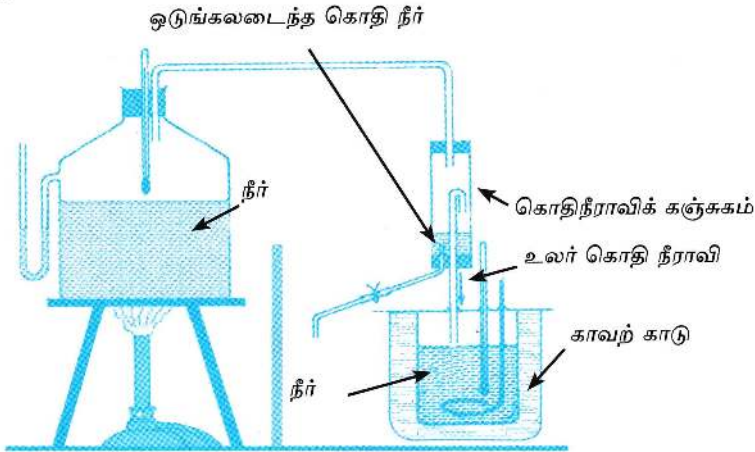
### வாசிப்புகள்

செப்புக் கலோரிமானியினதும் கலக்கியினதும் திணிவு	= 200 g
செப்புக் கலோரிமானியினதும் கலக்கியினதும் நீரினதும் திணிவு	= 380 g
நீரினதும் கலோரிமானியினதும் ஆரம்ப வெப்பநிலை	= 25 °C



கொதிநீராவி செலுத்தப்பட்ட பின்னர் நீரினதும் கலோரிமானியினதும் இறுதி வெப்பநிலை	} = 40 °C
செப்புக் கலோரிமானி, கலக்கி, நீர், மற்றும் ஒடுக்கமடைந்த கொதிநீராவியின் திணிவு	} = 385 g
கொதிநீராவியின் வெப்பநிலை	} = 100 °C

இப்பரிசோதனைக்காக பயன்படுத்தப்பட்ட உபகரண ஒழுங்கமைப்பு உரு 2.6 இற்  
தரப்பட்டுள்ளது.



உரு 2.6 பனிக்கட்டியின் உருகலின் தன்மறை வெப்பத்தைக் காணல்

### கணித்தல்

குளிர் நீரின் திணிவு = 380g - 200 g  
= 180 g  
= 0.18 kg

ஒடுங்கலடைந்த கொதிநீராவியின் திணிவு = 385 g - 380 g  
= 5 g  
= 0.005 kg

செப்பின் தன்வெப்பக் கொள்ளவு = 400 J kg<sup>-1</sup> °K<sup>-1</sup>

பனிக்கட்டியின் உருகலின் தன்மறை வெப்பம்  $L$  எனக் கொள்வோம்.

கொதிநீராவி ஒடுங்கலடையும் போது இழந்த வெப்பம் = 0.005 L

$$\left. \begin{array}{l} \text{ஒடுங்கலின் போது தோன்றிய நீர் } 40^\circ\text{C வரை} \\ \text{குளிர்ச்சியடையும் போது இழந்த வெப்பம்} \end{array} \right\} = 0.005 \times 4200 \times (100 - 40) \text{ J}$$

$$\text{கலோரிமானியினால் பெற்றுக் கொள்ளப்பட்ட வெப்பம்} = 0.2 \times 400 \times (40 - 25) \text{ J}$$

குளிர் நீர் வெப்பம் அடையும் போது

$$\text{பெற்றுக் கொண்ட வெப்பம்} = 0.18 \times 4200 \times (40 - 25) \text{ J}$$

எடுகோளாக கலோரிமானியிலிருந்தும் அதிலடங்கியுள்ளவற்றிலிருந்தும் வெப்ப இழப்பு ஏற்படவில்லை எனக் கொள்ளப்படிள்

கொதிநீராவியாலும் கொதிநீரினாலும் கலோரிமானியினாலும் அதிலடங்கியுள்ள நீரி இழக்கப்பட்ட வெப்பம் = னாலும் பெற்றுக்கொள்ளப்பட்ட வெப்பம்

$$0.005 L + 0.005 \times 4200 \times (100 - 40) = 0.20 \times 400 \times (40 - 25) + 0.18 \times 4200 \times (40 - 25)$$

$$0.005 L + 1260 = 1200 + 11340$$

$$0.005 L = 11280$$

$$L = 11280$$

$$0.005$$

$$= 2.26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$$

நீரின் ஆவியாதலின் தன் மறைவெப்பம்  $2.3 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$  ஆகும். நீரின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு  $4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  ஆகும். இதனடிப்படையில் நீரின் ஆவியாதலின் தன்மறை வெப்பமானது, நீரின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவை விட 547 மடங்கு அதிகமாகும். ஆவி ஒடுங்கலடையும் போது இவ்வாறாக பெருமளவு வெப்பம் விடுவிக்கப்படும். இதன் காரணமாக கொதிநீராவியால் ஏற்படும் பாதிப்பு கொதிநீரினால் ஏற்படும் பாதிப்பை விட அதிகமாகும்.

### 2.1.3 ஆவியாக்கலும் (vaporisation) ஆவியாதலும் (evaporation)

திரவமொன்றை வெப்பமேற்றுகையில் போது அது யாதேனுமோர் வெப்பநிலையை அடையும் போது கொதித்து ஆவியாக நிலைமாற்றமடைவதை நாம் அறிவோம். இது ஆவியாக்கல் என அழைக்கப்படும். திரவம் கொதிக்க ஆரம்பிக்கும் வெப்பநிலை அத்திரவத்தின் கொதிநிலை என அழைக்கப்படுவதுடன் அது திரவத்தின் மேலே உள்ள வளியின் அழுக்கத்துக்கு ஏற்ப வேறுபடும்.

யாதேனும் திரவம் திரவ நிலையிலிருந்து ஆவி நிலைக்கு மாறுதலானது கொதி நிலையிலும் குறைவான எந்தவொரு வெப்பநிலையிலும் நடைபெறலாம். இதனை விளங்கிக் கொள்வதற்காக பின்வரும் அன்றாட வாழ்வின் சில நிகழ்வுகளை உதாரணமாகக் கொள்ளலாம்.

ஈரமான ஆடைகள் கொடியிற் கட்டித் தொங்கவிடப்படும் போது அவை சிறிது நேரத்தின் பின்னர் உலர்ந்துவிடும். வீட்டினுள் நிலத்தில் சிறிதளவு நீர் சிந்தியவுடன் அதனை மெல்லிய படையாகப் பரப்பிவிடும் போது சிறிது நேரத்தின் பின்னர் தரை விரைவாக உலர்ந்துவிடுவதைக் காணலாம். அதேபோன்று மதுசாரம், ஓடிக்கலோன் போன்றவற்றின் போத்தல்களை அவற்றின் மூடி திறந்த நிலையில் வைக்கும் போது விரைவில் வெற்றுப் போத்தல்களாகிவிடுவதைக் காணலாம். திரவ நிலையிலிருந்து ஆவி நிலைக்கு நிலைமாற்றமடைகின்றமையே இதற்குக் காரணமாகும். எந்தவொரு வெப்பநிலையிலும் நடைபெறக்கூடிய இச் செயற்பாடு திரவத்தின் ஆவியாதல் என அழைக்கப்படும். இது கொதிநிலையில் மட்டும் நடைபெறும் கொதித்தல் செயற்பாட்டிலிருந்து வேறுபட்டதாகும்.

திரவமொன்றின் கொதித்தலுக்கும் ஆவியாதலுக்கும் இடையே காணப்படும் அடிப்படை வேறுபாடுகள் பின்வரும் அட்டவணை 2.2 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 2.2 கொதித்தலையும் ஆவியாதலையும் ஒப்பிடல்

கொதித்தல்	ஆவியாதல்
1. குறித்த அழுக்கத்தின் கீழ் தரப்பட்ட திரவத்தின் கொதித்தல் குறித்த வெப்ப நிலையிலேயே நடைபெறும்.	எல்லா வெப்பநிலையிலும் நடைபெறலாம்.
2. வெப்பம் வழங்கப்படும் போது திரவம் கொதித்து இறுதி வரை வெப்பநிலை மாறாது அதன் கொதிநிலையில் காணப்படும்.	ஆவியாதலின் போது புறத்தே வெப்பம் வழங்கப்படாதவிடத்து திரவத்தின் வெப்ப நிலை குறைந்து திரவம் குளிர்ச்சியடையும்.
3. கொதிக்கும் போது திரவத்தின் உள்ளே சகல பகுதிகளிலும் குமிழிகள் தோன்றும். ஆவி வெளியேறும். எனவே இது வெறுங் கண்ணால் அவதானிக்கக்கூடிய செயற்பாடாகும்.	ஆவியாதலின் போது ஆவி திரவத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து மாத்திரம் வெளியேறும்.
4. கொதிக்கும் வீதம் திரவத்தின் வெப்ப நிலை (கொதிநிலை) க்கேற்ப வேறுபடுவதில்லை	ஆவியாதல் வீதம் திரவத்தின் வெப்ப நிலையில் தங்கியிருக்கும்.
5. கொதிக்கும் வீதம் திறந்த திரவ மேற்பரப்பின் பரப்பளவில் தங்கியிருப்பதில்லை.	ஆவியாதல் வீதம் திறந்த திரவ மேற்பரப்பின் பரப்பளவில் தங்கியிருக்கும்.
6. கொதிக்கும் வீதம் காற்றின் மீது தங்கியிராது	ஆவியாதல் வீதம் காற்று, அழுக்கம் என்பவற்றின் மீது தங்கியிருக்கும்.

## 2.2 ⇒ வெப்ப இடமாற்ற முறைகள் (methods of heat transfer)

வெப்பம் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்குப் பயணஞ் செய்தல் வெப்ப இடமாற்றம் எனப்படும். வெப்ப இடமாற்றம் மூன்று விதங்களில் நடைபெறும். அவையாவன,

- ☞ கடத்தல் (conduction)
- ☞ மேற்காவுகை அல்லது உடன்காவுகை (convection)
- ☞ கதிர்ப்பு அல்லது கதிர்வீசல் (radiation)

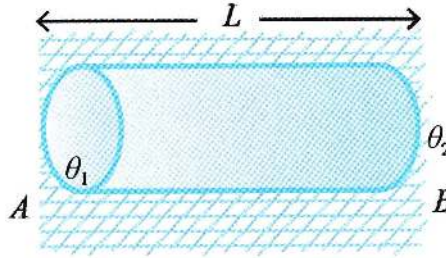
### 2.2.1 ⇒ வெப்பக் கடத்தல்

கொதிக்கும் நீரைக் கொண்ட குவளையினுள் உலோகக் கரண்டியொன்றை இட்டு அதன் பிடியைச் சிறிது நேரம் தொட்டுக்கொண்டிருக்க. சிறிது நேரத்தின் பின்னர் மேலும் தொட முடியாத அளவிற்கு கரண்டியின் பிடி வெப்பமடைந்திருப்பதைக் காணலாம். கொதி நீரினுள் இருக்கும் கரண்டியின் அந்தத்திலிருந்து அதன் பிடி வரை வெப்பம் பயணிப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். இங்கு வெப்பநிலை கூடிய இடத்திலிருந்து வெப்பநிலை குறைந்த இடத்தை நோக்கி வெப்பம் இடமாற்றமடைகின்றது. இங்கு உலோகக் கரண்டி வழியே வெப்பமானது கடத்தல் எனும் முறையினால் பாய்ந்து செல்கின்றது.

திண்மப் பதார்த்தங்களினூடாக வெப்பமானது கடத்தல் முறையினால் நன்கு இடமாற்றமடைகின்றது. வெப்பம் எனப்படுவது துணிக்கைகளின் இயக்கச்சக்தியாகும். திண்மப் பதார்த்தங்களில் துணிக்கைகள் ஒன்றுடனொன்று நன்கு இறுக்கமாகப் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் துணிக்கைகளின் இயக்க சக்தி அடுத்துள்ள துணிக்கைகளுக்கு படிப்படியாக பயணிப்பதன் மூலம் ஒரு அந்தத்திலிருந்து மற்ற அந்தம் வரை பயணிக்கும். திரவங்களைப் பொறுத்தவரையில் அதன் துணிக்கைகள் நெருக்கமாக பிணைக்கப்பட்டிருப்பதில்லை. எனவே திரவங்கள் வழியே வெப்பம் மிக அரிதாகவே கடத்தப்படும். எனவே திரவங்கள் மிக அரிதிற் கடத்திகளாகும்.

- வெப்பக் கடத்திகள் (heat conductors) - உலோக வகைகள்
- வெப்ப அரிதிற்கடத்திகள் (heat insulators) - பிளாத்திக்கு, பலகை, கடதாசி, எபனைற்று

## கோலொன்றின் வழியே வெப்பக் கடத்தல்



உரு 2.7 காவலிடப்பட்ட கோலொன்றின் வழியே வெப்பப் பாய்ச்சல்

உரு 2.7 இற் காட்டியவாறு  $A$  எனும் அந்தத்தில் மாறா வீதத்தில் வெப்பம் வழங்கும்  $L$  நீளத்தைக் கொண்ட உலோகக் கோல் பற்றிக் கருதுக. வெப்பத்தை வழங்கும் போது  $A$  எனும் அந்தத்தில் வெப்பநிலை அதிகரிப்பதுடன், கோல் வழியே வெப்பம்  $B$  எனும் அந்தத்தை நோக்கி இடம்பெயரும். கோல் நன்கு காவலிடப்பட்டிருப்பின் இங்கு சூழலுக்கு  $B$  எனும் அந்தத்தினூடாக மாத்திரமே வெப்ப இழப்பு நடைபெறும். ஆரம்பத்தில்  $B$  எனும் அந்தத்தின் வெப்பநிலை சூழல் வெப்பநிலைக்கு அண்ணளவாகச் சமனாக அமைவதோடு, அதன் மூலம் சூழலுக்கு இழக்கப்படும் வெப்பத்தின் அளவு குறைவாகும்.  $B$  யின் வெப்பநிலை படிப்படியாக உயரும் போது அதனை நேரொத்து வெப்ப இழப்பும் அதிகமாகும். அதேபோன்று கோல் வழியே வெப்பம் பாய்தல் தொடர்ந்து நடைபெறுவதால் கோலினுள் ஓர் வெப்பப் படித்திறன் காணப்படும். குறித்தவோர் சந்தர்ப்பத்தில்  $A$  எனும் அந்தத்தில் வெப்பம் வழங்கப்படும் வீதம்  $B$  எனும் அந்தத்தில் வெப்பம் விரயமாகும் வீதத்திற்குச் சமமாகும். இச்சந்தர்ப்பத்தில் கோல் வழியே மேலும் வெப்பநிலையில் மாற்றம் ஏற்படாது. இது உறுதியான நிலை (Steady state) எனப்படும்.

உறுதியான நிலையில் கோல் வழியே  $t$  நேரத்தில் கடத்தியிலிருந்து பாயும் வெப்பத்தின் அளவு  $Q$  எனக் கொள்ளப்படின வெப்பம் பாயும் வீதம்  $\frac{Q}{t}$  கோலின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு  $A$  யிற்கும் கோலின் ஓரலகு நீளத்தின் வெப்பநிலை வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கும் (வெப்பநிலைப் படித்திறன்) நேர்விகித சமன் எனக் காட்ட முடியும். கோலின்  $A, B$  ஆகிய அந்தங்களின் வெப்பநிலைகள் முறையே  $\theta_1, \theta_2$  எனின் வெப்பநிலைப் படித்திறன்  $\frac{\theta_1 - \theta_2}{L}$  ஆகும்.

$$\frac{Q}{t} \propto A \text{ ————— (2.1)}$$

$$\frac{Q}{t} \propto \frac{\theta_1 - \theta_2}{L} \text{ ————— (2.2)}$$

2.1 மற்றும் 2.2 இலிருந்து  $\frac{Q}{t} \propto A \times \left( \frac{\theta_1 - \theta_2}{L} \right)$

இதன்படி  $\frac{Q}{t} = KA \left( \frac{\theta_1 - \theta_2}{L} \right)$

இங்கு  $K$  என்பது விகிதசம மாறிலியாகும். இது வெப்பக் கடத்தாறு எனப்படும்.  $K$  யின் அலகு  $W m^{-1} K$  ஆகும். இங்கு  $K$  யினால் பதார்த்தங்களின் வெப்பக் கடத்துதிறன் பற்றிய அளவீடே காட்டப்படுகின்றது. வெப்பக் கடத்துதிறன் பதார்த்தத்திற்குப் பதார்த்தம் வேறுபடும். இதனால் திரவியங்களின் வெப்பக் கடத்தாறும் வேறுபடும்.

**உதாரணம் 4**

(i) சதுரமுகி உலோகக் குற்றியின் பக்கம் ஒன்றின் நீளம் 0.1 m ஆகும். அதன் அந்தங்களான A மற்றும் B ஆகியவற்றின் வெப்பநிலைகள் முறையே 100°C மற்றும் 15°C ஆகும். அதன் ஏனைய பகுதிகள் யாவும் வெப்பக் காவலிப் பதார்த்தத்தால் காவலிடப்பட்டுள்ளது. உலோகத்தின் வெப்பக் கடத்தாறு 250  $W m^{-1} K^{-1}$  எனின் உறுதியான நிலையில் B எனும் அந்தத்தின் வழியே வெப்பம் பாயும் வீதத்தைக் காண்க.

உலோகத்தின் வெப்பக் கடத்தாறு (K) = 250  $W m^{-1} K^{-1}$

உலோகக் குற்றியின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பளவு (A) = 0.1 m × 0.1 m  
= 0.01 m<sup>2</sup>

உலோகக் குற்றியின் A, B ஆகிய அந்தங்களுக்கிடையிட்ட தூரம் (L) = 0.1 m

A, B ஆகிய அந்தங்களுக்கிடையிட்ட வெப்பநிலை வேறுபாடு ( $\theta_1 - \theta_2$ ) = (100 - 15)°C  
= 85°C

$$\frac{Q}{t} = \frac{KA(\theta_1 - \theta_2)}{L}$$

வெப்பம் பாயும் வீதம்  $\left( \frac{Q}{t} \right) = \frac{250 \times 0.01 \times 85}{0.1}$   
= 2125  $J s^{-1}$

(ii) 12 cm தடிப்புடைய செங்கற் சுவரொன்றில்  $2 \text{ m}^2$  பரப்பளவினூடாக மணித்தியாலத்திற் கடத்தப்படும் வெப்பத்தின் அளவைக் காண்க. சுவரின் ஒரு பக்கத்தின் வெப்பநிலை  $8^\circ\text{C}$  உம் மறு பக்கத்தின் வெப்பநிலை  $28^\circ\text{C}$  உம் ஆகும். செங்கல்லின் வெப்பக் கடத்தாறு  $0.13 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்.

சுவரின் இரு அந்தங்களுக்கிடையேயான வெப்பநிலை வேறுபாடு ( $\theta_1 - \theta_2$ ) =  $(28 - 8)^\circ\text{C}$

$$= 20^\circ\text{C}$$

சுவரின் தடிப்பு ( $L$ )

$$= 12 \text{ cm}$$

$$= 0.12 \text{ m}$$

சுவர்ப் பகுதியின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு ( $A$ )

$$= 2 \text{ m}^2$$

காலம் ( $t$ )

$$= 1 \text{ h}$$

$$= 3600 \text{ s}$$

செங்கல்லின் வெப்பக் கடத்தாறு ( $K$ )

$$= 0.13 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\frac{Q}{t} = KA \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{L}$$

$$Q = KA \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{L} \times t$$

$$= \frac{0.13 \times 2 \times 20 \times 3600}{0.12}$$

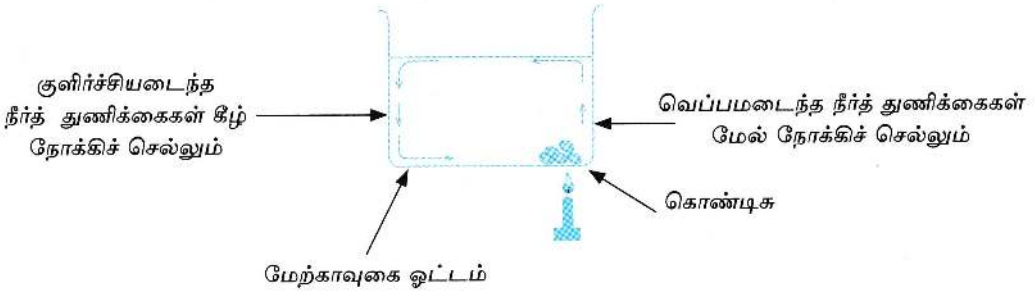
$$= 156000 \text{ J}$$

ஓட்டுச் சூளைகளின் சுவர்கள் தடிப்பு கூடிய களிமண் சுவர்களினால் ஆனது. களி வெப்ப அரிதிற் கடத்தியாதலாலும் தடிப்பான சுவராதலாலும் கடத்தல் மூலமான வெப்ப இழப்பு மிகக் குறைவாகும்.

குளிர் நாடுகளில் யன்னல் கண்ணாடிகள் அவற்றிடையே நடுவில் வளிப்படை காணப்படும் வகையிலேயே அமைக்கப்படும். வளியின் வெப்பக் கடத்தாறு குறைவு என்பதால் இவ்வாறான யன்னல்களுடாக வீட்டினுள் உள்ள வெப்பம் வெளியே இடமாற்றப்படுவது மிகக் குறைவாகும்.

## 2.2.2 மேற்காவுகை அல்லது உடன்காவுகை

முகவையொன்றினுள் சிறிதளவு நீரை எடுத்து அதன் அடியில் கொண்டிசுப் பளிங்கொன்றை இட்டு, மெழுகுதிரியால் பக்கமாக வெப்பமேற்றும் போது பின்வரும் உரு 2.8 இற் காட்டியவாறு ஊதா நிறம் பரம்பிச் செல்வதை அவதானிக்கலாம்.



உரு 2.8 நீரின் மேற்காவுகை

இது எவ்வாறு நடைபெறுகின்றது? முகவையின் அடியில் காணப்படும் நீர் வெப்பமடையும் போது அந்நீர்த் துணிக்கைகளின் அடர்த்தி குறைந்து மேல்நோக்கிச் செல்லும். இதன்போது வெப்பமேற்றப்படும் இடத்திற்கு சேய்மையிலுள்ள குளிர் நீர்த் துணிக்கைகள் முகவையின் அடியை நோக்கிச் சென்று மீண்டும் வெப்பமேற்றப்பட்டு மீண்டும் மேல் நோக்கிச் செல்லும். கொண்டிசுப் பளிங்குகளின் ஊதா நிறம் பரவிச் செல்லும் விதத்திலிருந்து இது நடைபெறும் முறை பற்றி விளங்கிக் கொள்ளலாம். ஊதா நிறக் கொண்டிசு துணிக்கைகள் நீர்த் துணிக்கைகளுடனேயே பயணிக்கும்.

திரவங்களில் காணப்படும் திரவத் துணிக்கைகள் வெப்பமடைந்து மேல் நோக்கிச் சென்றவாறு வெப்பம் இடமாற்றப்படும். இவ்வாறாக வெப்பமடைந்த துணிக்கைகள் ஓரிடத்திலிருந்து இன்னோரிடத்திற்குப் பயணித்தல் மேற்காவுகை அல்லது உடன்காவுகை எனப்படும். திரவங்களை விட வாயுக்களில் விரைவாக மேற்காவுகை நடைபெறும்.

வளியினூடு மேற்காவுகை நடைபெறுவதை பின்வரும் செயற்பாட்டின் மூலம் எடுத்துக் காட்டலாம்.

### செயற்பாடு 3

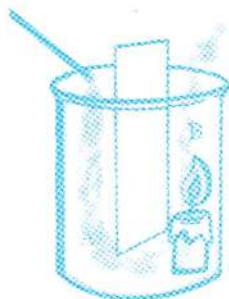
உரு 2.9 இற் காட்டியவாறு முகவையொன்றின் மத்தியில் காட்போட் அட்டையொன்றை இறுக்குக. ஒளிபாத மெழுகுதிரியொன்றை அதன் ஒரு பகுதியிற் பொருத்துக. ஊதுவர்த்தியொன்றைக் கொளுத்தி அதிலிருந்து புகை வெளியேறச் செய்க.



உரு 2.9 மெழுகுதிரியைக் கொளுத்த முன்னர் ஊதுவர்த்திப் புகை மேலெழும் விதம்



புகை வளியில் மேல் நோக்கிச் செல்வதைக் காணலாம். இப்போது மெழுகுதிரியைக் கொளுத்துக. அதன்போது ஊதுவர்த்திப் புகை உரு 2.10 இற் காட்டியவாறு பயணிப் பதைக் காணலாம்.



உரு 2.10 மெழுகுதிரியைக் கொளுத்திய பின்னர் ஊதுவர்த்திப் புகை பயணிக்கும் விதம்

ஊதுவர்த்திப் புகை இவ்வாறு பயணிப்பதற்கான காரணத்தை நோக்குவோம்.

ஊதுவர்த்தியினால் பிறப்பிக்கப்படும் புகை வளியின் வெப்பநிலையை விட அதிகமாதலால் அதன் அடர்த்தி வளியின் அடர்த்தியிலும் குறைவாகும். இதனால் மெழுகுதிரியைக்கொளுத்த முன்னரான சந்தர்ப்பத்தில் ஊதுவர்த்தியின் புகை மேல்நோக்கிப் பயணிக்கும். மெழுகுதிரியைக் கொளுத்தியதும் அதற்கு மேலாகவுள்ள வளி வெப்பமடைந்து மேல்நோக்கிச் செல்லும். அவ்வாறு மேல்நோக்கிச் சென்ற வளி காணப்பட்ட பிரதேசத்தில் ஏற்பட்ட வளிக்கான வெற்றிடத்தை நிரப்புவதற்காக ஊதுவர்த்தி காணப்பட்ட பிரதேசத்திலுள்ள குளிரான வளி கீழ்நோக்கிச் செல்லும். இக் குளிர் வளியுடன் ஊதுவர்த்தியிலிருந்து வரும் புகையும் கீழ்நோக்கிச் செல்லும்.

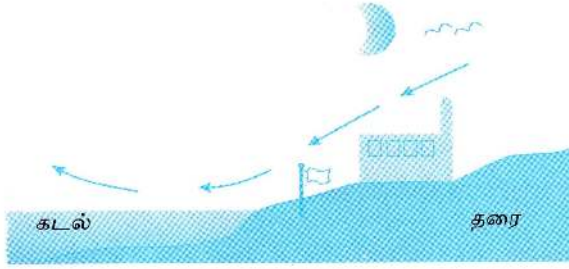
இவ்வாறாக வெப்பமடைந்த வளி மேல்நோக்கிச் செல்லும், அக்குறைவை நிரப்புவதற்காக வேறு பக்கமிருந்து குளிரான வளி கீழ்நோக்கி வருவதுமே மேற்காவுகை ஓட்டமாகும். கடற்காற்று, தரைக்காற்று என்பன மேற்காவுகை ஓட்டம் காரணமாகவே ஏற்படுகின்றது.

பகல் நேரங்களில் தரையின் வெப்பநிலை கடலின் வெப்பநிலையை விட அதிகமாகும். எனவே தரையை அண்டிய வளிப்படை வெப்பமடைந்து மேல் நோக்கிச் செல்லும். இவ்வெற்றிடத்தை நிரப்புவதற்காக கடற் பிரதேசத்திலிருந்து தரையை நோக்கி குளிர் காற்று வீசும். பகல் நேரத்தில் இவ்வாறாக கடலிலிருந்து தரையை நோக்கி வீசும் காற்று கடற்காற்று எனப்படும். உரு 2.11 இல் கடற்காற்று வீசும் போது மேற்காவுகை ஓட்டம் தரையை நோக்கிப் பாயும் விதம் எடுத்துக் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 2.11 கடற் காற்று

பகல் நேரத்தில் வெப்பமடையும் கடல் நீர் மெதுவாகவே குளிர்ச்சியடையும். இதனால் இரவு நேரத்தில் கடல் நீரிலிருந்து பெருமளவு வெப்பம் வெளிவிடப்படும். இவ்வெப்பம் காரணமாக கடலை அண்டியுள்ள வளி வெப்பமடைந்து மேல் நோக்கிச் செல்லும். இதன் போது தரையிலிருந்து கடலை நோக்கி வளி இழுத்துச் செல்லப்படும். இது தரைக்காற்று என அழைக்கப்படும். உரு 2.12 இல் தரைக்காற்று வீசும் போது மேற்காவுகை ஓட்டம் கடலை நோக்கிப் பாயும் விதம் எடுத்துக் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 2.12 தரைக் காற்று

இயற்கை மேற்காவுகை, செயற்கை மேற்காவுகை என்பன மேற்காவுகையின் இரு வடிவங்களாகும்

பாய்மமொன்றில் புறக்கலக்கம் ஏதுமின்றி இயற்கையான மேற்காவுகை ஓட்டம் ஏற்படுவதன் மூலம் வெப்பம் இடமாற்றமடைதல் இயற்கை மேற்காவுகை எனப்படும். இயற்கை மேற்காவுகையின் போது மேற்காவுகை ஓட்டத்தின் செயற்பாடு புவியீர்ப்பின் செல்வாக்கினால் ஏற்படுகின்றது.

பாய்மம் செயற்கையாக கலக்கத்துக்கு உட்படுத்துவதன் மூலம் துணிக்கைகளின் இயக்கம் காரணமாக வெப்பம் இடமாற்றமடைதல் செயற்கை மேற்காவுகை என அழைக்கப்படும். வியர்வை ஏற்படும் சந்தர்ப்பத்தில் உடலைக் குளிர்த்துவதற்காக காற்று வீசுதல் இதற்கு ஓர் உதாரணமாகும்.

## 2.2.3 கதிர்ப்பு அல்லது கதிர்வீசல்

துணிக்கைகளின் பங்குபற்றலின்றி வெப்பம் இடமாற்றமடைதல் கதிர்ப்பு அல்லது கதிர்வீசல் என அழைக்கப்படும். இதற்கு முன்னர் நாம் கலந்துரையாடிய கடத்தல், மேற்காவுகை ஆகியவற்றிற்கு துணிக்கைகள் அவசியமாகும். அதாவது அவ்விரு முறைகளிலும் வெப்ப இடமாற்றத்திற்கு ஊடகம் அவசியமாகும். எனினும் கதிர்ப்பின் போது வெப்ப இடமாற்றத்திற்கு ஊடகம் அவசியமற்றது.

புவிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையே வளியோ அல்லது வேறு துணிக்கைகளோ அற்ற வெற்று வெளியே காணப்படுகின்றது. எனவே சூரியனிலிருந்து காலப்படும் வெப்பம் வெப்பக் கடத்தல் மூலமாகவோ அல்லது மேற்காவுகை மூலமாகவோ புவியை வந்தடைய முடியாது. எனவே சூரியனிலிருந்து வெப்பம் புவியை அடைவதற்கான ஒரேயொரு வழி கதிர்ப்பு மூலமாகவேயாகும். கதிர்ப்பின் போது வெப்பம் மின்காந்த அலைகளாக இடமாற்றப்படும். பிரதானமாக மின்காந்தத் திருசியத்தில் செங்கீழ்க் கதிர்கள் எனப் பெயரிடப்பட்ட பகுதி மூலமாகவே வெப்பக் கதிர்கள் கதிர்ப்படைகின்றன. இப்பகுதி காரணமாகவே சூரிய ஒளி எமக்கு வெப்பமான தொன்றென உணரப்படுகின்றது. செங்கீழ்க் கதிர்களின் அலைநீளம்  $8 \times 10^{-7} \text{ m}$  இலிருந்து  $4 \times 10^{-4} \text{ m}$  வரையான வீச்சிற் காணப்படும். சகல மின்காந்த அலைகளைப் போன்று வெப்பக் கதிர்ப்பும் அதாவது செங்கீழ்க் கதிர்களும் வெற்றிடத்தினூடாக  $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  எனும் கதிரிற் பயணிக்கும்.

வெப்பக் கதிர்ப்பு வீதம் இரண்டு காரணிகள் மீது தங்கியுள்ளது.

- ☞ மேற்பரப்பின் தன்மை
- ☞ மேற்பரப்பின் பரப்பளவு

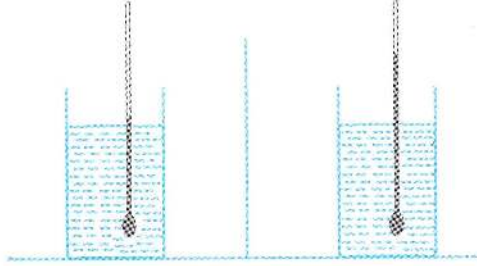
### மேற்பரப்பின் தன்மை

வெப்பக் கதிர்ப்பு அல்லது செங்கீழ்க் கதிர்கள் அலைகளுக்குரிய சகல இயல்புகளையும் கொண்டிருப்பதோடு, வெப்பக் கதிர்ப்பு கொண்டுள்ள விசேட சிறப்பியல்பானது கருநிற, அழுத்தமான (இருண்ட) மேற்பரப்புகள் மீது வெப்பக் கதிர்கள் படும் போது அவை மேற்பரப்புகளால் அகத்துறிஞ்சப்படுவதாகும். அதேபோன்று வெப்பமாகக் காணப்படும் கருநிற, அழுத்தமான மேற்பரப்புகளுக்கு வெப்பக் கதிர்களை நன்கு காலும் இயல்பும் உண்டு. ஒப்பமானதும் மினுக்கமானதுமான மேற்பரப்புகள் வெண்ணிற ஒளியையும் வெப்பக் கதிர்களையும் தெறிப்படையச் செய்யக்கூடியன.

கதிர்ப்பும் அகத்துறிஞ்சலும் மேற்பரப்பின் தன்மையில் தங்கியுள்ளமையை விளங்கிக் கொள்வதற்காக பின்வரும் செயற்பாட்டில் ஈடுபடுவோம்.

## செயற்பாடு 4

தகரப்பேணிகள் இரண்டை எடுத்து ஒன்றின் வெளிமேற்பரப்பை நன்கு மினுக்க மாக்குக. மற்றையதன் மேற்பரப்பை விளக்குச் சவாலையின் மீது பிடித்து கரி படியச் செய்வதன் மூலம் அதனை கருப்பு அழுத்தமான மேற்பரப்பாக மாற்றுக. இரண்டு பேணிகளையும் காட்போட் அட்டையொன்றினால் வேறாக்கி வைக்க. (காட்போட் அட்டை வெப்ப அரிதிற் கடத்தியாகும்) இரண்டு பாத்திரங்களிலும் நீரை நிரப்பி உரு 2.13 இற் காட்டியவாறு ஒவ்வொன்றினுள்ளும் வெப்பமானிகளைப் பொருத்துக. பின்னர் இரண்டு பேணிகள் மீதும் நன்கு சூரிய ஒளி விழச் செய்க.



உரு 2.13 கதிர்ப்பானது மேற்பரப்பின் தன்மை மீது தங்கியுள்ள விதத்தை எடுத்துக் காட்டல்

எப்பாத்திரத்தில் மிக விரைவான வெப்ப அதிகரிப்பு காணப்படும்? வெளிப்புறத்தே கருப்பு நிறமாகவும், அழுத்தமாகவும் காணப்படும் மேற்பரப்பைக் கொண்ட பாத்திரத்தின் வெப்பநிலை விரைவாக அதிகரித்திருப்பதையும், கருப்பு, அழுத்தமான மேற்பரப்பையுடையவை கூடிய வீதத்தில் வெப்பக் கதிர்ப்பை அகத்துறிஞ்சிக் கொள்ளும். இதனால் அப்பாத்திரத்தின் வெப்பநிலை விரைவாக அதிகரித்திருக்கும்.

மினுக்கமான மேற்பரப்புகளில் வெப்பக் கதிர்கள் தெறிப்படையும். இதனால் மினுக்கமான மேற்பரப்புடைய பாத்திரத்திற்கும் அதனுள் நிரப்பப்பட்டுள்ள நீருக்கும் வெப்பம் அகத்துறிஞ்சப்படல் குறைவாகக் காணப்படும். மினுக்கமான மேற்பரப்பினால் வெப்பக் கதிர்ப்பை உறிஞ்சும் வீதம் குறைவாயிருப்பதோடு வெப்பத்தைக் கதிர்க்கும் வீதமும் குறைவாகக் காணப்படும்.

பிரகாசமான, மினுக்கமான மேற்பரப்புகளைக் கொண்ட கேத்தலிலிருந்து வெப்பக் கதிர்ப்படைதல் மிகக் குறைவு என்பதால் இதிலுள்ள நீர் இலகுவில் ஆறுவதில்லை. மோட்டர் வாகனக் கதிர்த்திகளில் கறுப்புநிறம் பூசப்பட்டிருக்கும். வெப்பக் கதிர்ப்பை நன்கு உறிஞ்சுவதற்காகவே இவ்வாறு செய்யப்பட்டுள்ளது.

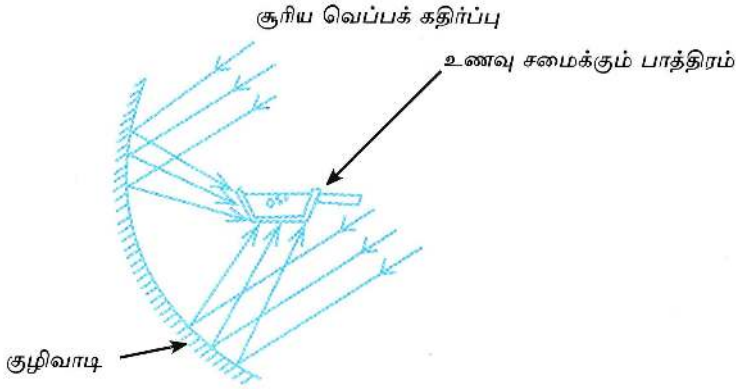
பதார்த்தமொன்றில் வெப்பம் கூடிய இடத்திலிருந்து வெப்பம் குறைந்த இடத்தை நோக்கி இடமாற்றமடைதல் கதிர்ப்பிற்குப் பொருந்தாது. உதாரணமாக குறைந்த வெப்பநிலையைக் கொண்ட பொருளால் காலப்படும் கதிர்ப்பை கூடிய வெப்ப நிலையைக் கொண்ட பொருளால் அகத்துறிஞ்ச முடியும். எனினும் வெப்பத்தை வெளிவிடும் போது வெப்பநிலை குறைந்த பொருளை விட வெப்பநிலை கூடிய பொருளினால் அதிகளவு வெப்பம் வெளிவிடப்படும்.

## மேற்பரப்பின் பரப்பளவிற்கேற்ப வெப்பக் கதிர்ப்பு

மேற்பரப்பின் பரப்பளவு அதிகரிக்கும் போது வெப்ப அகத்துறிஞ்சலும் வெப்பக் கதிர்ப்பும் அதிகரிக்கும். உதாரணமாக மோட்டர் வாகனக் கதிர்த்திகள் அதன் மேற்பரப்பு அதிகரிக்கும் வகையில் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது.

பெற்றோல் களஞ்சியசாலைகளிலுள்ள தாங்கிகளின் வெளிமேற்பரப்பு மினுக்கமான தாகக் காணப்படும். சூரியனிலிருந்து வரும் செங்கீழ்க் கதிர்களைத் தெறிப்படையச் செய்வதற்காகவே அவ்வாறு செய்யப்பட்டுள்ளது. இதன் மூலம் தாங்கியின் வெப்ப நிலை உயர்வடைவது தடுக்கப்படும்.

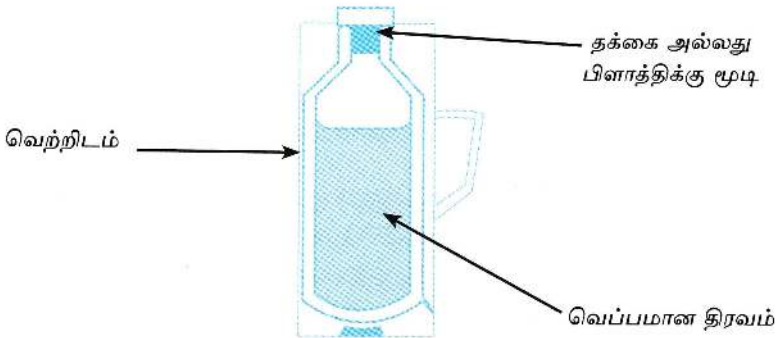
சூரியனிலிருந்து வரும் செங்கீழ்க் கதிர்களை (வெப்பக் கதிர்களை) குழிவான மேற்பரப்பு மூலம் ஒரு புள்ளியிற் குவிவடையச் செய்து சூரிய அடுப்பு தயாரிக்கப் பட்டுள்ளது. அவ்வாறான ஒழுங்கமைப்பு உரு 2.14 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 2.14 சூரிய அடுப்பு

## வெப்பக் குடுவை

வெப்பக் குடுவையினுள் (உரு 2.15) இடப்படும் திரவப் பதார்த்தங்கள் நீண்ட நேரம் சூடாகக் காணப்படும். இது எவ்வாறு நடைபெறுகிறது எனப் பார்ப்போம்.



உரு 2.15 வெப்பக் குடுவை

இங்கு அடங்கியுள்ள திரவத்திலிருந்து வெப்பம் வெளியேறக்கூடிய முறைகளுள் ஒன்று மேற்காவுகையாகும். திரவத்தின் மேலே காணப்படும் வளி வெப்பமடைந்த பின் மேல் நோக்கிச் செல்வதன் மூலம் இது நடைபெறும். குடுவை மூடப்பட்டிருக்கும் தக்கை அல்லது பிளாத்திக்கினாலான மூடியினால் மேற்காவுகை தடுக்கப்படும்.

வெப்பம் வெளியேறக்கூடிய மற்றொரு முறை கடத்தலாகும். இதனைத் தடுப்பதற்காக குடுவையின் சுவர் இரண்டு கண்ணாடிப் படைகளால் ஆக்கப்பட்டு அப்படைகளுக்கிடையிலான இடைவெளியிலுள்ள வளி அகற்றப்பட்டு வெற்றிடமாக்கப்பட்டுள்ளது. வெப்பக் கடத்தலுக்காக ஊடகம் அவசியமென்பதால் இவ்வுபாயம் மூலம் குடுவையின் சுவர்களினூடான வெப்ப இடமாற்றம் தடுக்கப்படும். அதேபோன்று வெற்றிடத்தினூடாக மேற்காவுகையும் தடுக்கப்படும்.

கதிர்ப்பு மூலமான வெப்ப இழப்பைத் தடுப்பதற்காக வெற்றிடத்தின் இரு புறத்திலுமுள்ள கண்ணாடி மேற்பரப்புகளில் வெள்ளிப் பூச்சு பூசப்பட்டுள்ளது. குடுவையினுள்ளேயிருந்து வெளிநோக்கியோ அல்லது வெளியிலிருந்து குடுவையை நோக்கியோ வரும் வெப்பக் கதிர்கள் வெள்ளி மேற்பரப்பினால் தெறிப்படையச் செய்யப்படும்.

வெப்பக் குடுவைகள் வெப்பமான பொருள்களை சூடான நிலையில் வைத்திருப்பதற்கு மாத்திரம் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. புறத்தேயிருந்து அதனுள் வெப்பம் செல்ல முடியாததாயினால் ஐஸ்கிரீம் போன்ற குளிர்ச்சியான பொருட்களையும் அதனுள் இட்டு நீண்ட நேரம் குளிர்ச்சியான நிலையில் வைத்திருக்க முடியும்.

## பச்சை வீட்டு விளைவு

சூரிய கதிர்ப்பிற் காணப்படும் கட்புல வீச்சுக்குரிய கதிர்கள் கண்ணாடியினூடாக ஊடுகடத்தப்பட முடிந்தாலும், அலைநீளம் கூடிய செங்கீழ் (வெப்பக்) கதிர்கள் கண்ணாடியினால் அகத்துறிஞ்சப்பட முடியாமேயன்றி ஊடுகடத்தப்பட முடியாது. பூங்காவியலில் பயன்படுத்தப்படும் கண்ணாடியாலான வீடுகள் அல்லது பச்சை இல்லங்களின் தொழிற்பாடுகள் மேற்கூறிய இயல்பை அடிப்படையாகக் கொண்டே உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. பச்சை இல்லங்களில் சிலவகைத் தாவர இனங்களுக்கு உசிதமான வெப்பநிலை பேணப்படும். குறிப்பாக குளிரான காலநிலை நிலவும் நாடுகளில் பூக்கன்றுகள், காய்கறிகள் மற்றும் வேறுவகைத் தாவரங்களின் நாற்றுக்களை பேணுவதற்காக இத்தகைய பச்சை இல்லங்கள் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

பகல் வேளைகளில் பச்சை இல்லத்தினூட்புகும் சூரியக் கதிர்கள், அதனுட் காணப்படும் தாவரக் கன்றுகள், மண் மற்றும் சுவர்கள் போன்றவற்றினால் அகத்துறிஞ்சப்படும். இவ்வாறாக அதிகளவு அகத்துறிஞ்சப்படும் கதிர்கள் கட்புலக் கதிர்களாயினும், அவற்றுள் பெரும்பாலும் வெளிக் காலப்படுவது செங்கீழ் (வெப்பக்) கதிர்களாகும். இவ் வெப்பக் கதிர்களுக்கு கண்ணாடிச் சுவர்களினூடாக வெளிநோக்கி ஊடுகடத்தப்பட முடியாததாயினால் அவை பச்சை இல்லத்தினுள் தேங்கியிருந்து உள்ளே நிலவும்

வெப்பநிலையை அதிகரிக்கச் செய்யும். பச்சை இல்லமானது மூடிய அறை என்பதால் மேற்காவுகை மூலமாக வெப்பம் வெளியேறுவதும் தடுக்கப்படுகின்றது.

புவியின் வளிமண்டலத்திலும் இதற்குச் சமமான செயற்பாடு நடைபெறுவதால் வளிமண்டலத்தின் வெப்பநிலை அதிகரிப்பது கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இது பச்சை இல்ல விளைவு என அழைக்கப்படும். புவியின் வளிமண்டலத்தினால் சூரியக் கதிர்களில் காணப்படும் கட்புல ஒளி ஊடுகடத்தப்படுவதுடன், செங்கீழ்க் (வெப்பக்) கதிர்கள் அகத்துறிஞ்சப்படும். வளிமண்டலத்திற் காணப்படும் காபனீரொட்சைட்டு ( $CO_2$ ) வாயுவானது செங்கீழ்க்கதிர்களை நன்கு அகத்துறிஞ்சக்கூடியது. எனவே வளிமண்டலத்திற் காணப்படும் காபனீரொட்சைட்டு ( $CO_2$ ) வாயுவின் செயற்பாடானது பச்சை இல்லத்திலுள்ள கண்ணாடிச் சுவர்களின் தொழிற்பாட்டை ஒத்தது எனலாம். வளிமண்டலத்தினூடாகத் தரையை வந்தடையும் சூரியக் கதிர்களில் பெருமளவில் காணப்படுவது கட்புல ஒளியாவதுடன், அதனுடன் சிறிதளவு செங்கீழ்க் கதிர்களும் கழியூதாக் கதிர்களும் காணப்படும். தாவரங்கள், மண், உட்பட பிறவற்றினாலும் இக்கதிர்கள் அகத்துறிஞ்சப்பட்டு பின்னர் செங்கீழ்க் (வெப்பக்) கதிர்களாக வெளிவிடப்படும். இவ்வெப்பக் கதிர்கள் வளிமண்டலத்தினால் அகத்துறிஞ்சப்பட்டு தேக்கி வைக்கப்படுவதனால் வளிமண்டலத்தினதும் புவி மேற்பரப்பினதும் வெப்பநிலைகள் அதிகரிக்கின்றன.

பெற்றோல், டீசல், நிலக்கரி போன்ற எரிபொருட்கள் எரியும் போது பெருமளவு காபனீரொட்சைட்டு வாயு வளிமண்டலத்தினுள் விடுவிக்கப்படுகின்றது. இதனால் அண்மைக் காலமாக புவி மேற்பரப்பின் வெப்பநிலை அதிகரித்துச் செல்வது ஆய்வுகள் மூலம் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இது பூகோள வெப்பமடைதல் (Global warming) என அழைக்கப்படும். விஞ்ஞான ரீதியான மதிப்பீடுகளின்படி கடந்த 30 ஆண்டுகளில் வளிமண்டலத்திலுள்ள  $CO_2$  வாயுவின் அளவு சுமார் 10 % அதிகரித்துள்ளமையினால் காரணமாக உலகின் காலநிலையில் மாற்றங்கள் (Climatic changes) ஏற்பட ஏதுவாய் மைந்துள்ளமை கண்டறியப்பட்டுள்ளது. அதுமட்டுமன்றி வளிமண்டல  $CO_2$  வாயுவின் அளவு அடுத்த பத்தாண்டுகளில் இருமடங்காக அதிகரிக்குமிடத்து புவியின் சராசரி வெப்பநிலை சுமார்  $2^\circ C$  யினால் அதிகரிக்கக்கூடுமெனவும் மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறாக புவிமேற்பரப்பின் வெப்பநிலை அதிகரித்தலானது நெடுங்கால பாதகமான விளைவுகளை ஏற்படுத்தியுள்ளது. துருவப் பிரதேசங்களை அண்மித்த பனிப்பாறைகள் உருகி சமுத்திர மட்டம் உயர்தலும், பெரும்பாலான நாடுகளின் கரையோரப் பிரதேசங்கள் கடலில் மூழ்குதலும் அத்தகைய பாதகமான விளைவுகளாகும். மேலும் நீண்டகால வரட்சியினால் வெப்பவலய நாடுகளின் விவசாய உற்பத்திகள் பெரும்பாலும் குறைவடையக்கூடும்.

## 2.3 ⇒ வெப்ப விரிவு (thermal expansion)

வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது பொருட்களின் பருமனில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு வெப்ப விரிகை என அழைக்கப்படும். பதார்த்தங்களின் திண்ம, திரவ, வாயு ஆகிய மூன்று நிலைகளிலும் வெப்பவிரிவு நடைபெறும்.

பதார்த்தங்கள் ஆக்கப்பட்டுள்ள மூலக்கூறுகள் அல்லது அணுக்களிடையேயான மூலக்கூற்றிடைக் கவர்ச்சி விசை மூலம் அவை சமநிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இச் சமநிலை அமைவில் அணுக்கள் எப்போதும் அதிர்வுற்ற நிலையில் காணப்படும். வெப்பத்தை வழங்கும் போது அணுக்களின் அதிர்வுக் கதி அதிகரிப்பதனால் அவற்றின் இயக்க சக்தி அதிகரிக்கும். அத்துடன் மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயான தூரமும் அதிகரிப்பதனால் விரிவு ஏற்படும்.

அதேபோன்று பொருளொன்றிலிருந்து வெப்பம் அகற்றப்படும் போது இயக்க சக்தியும் மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயான சராசரித் தூரமும் குறைவடையும். இதன் போது பொருட்களில் ஏற்படும் அளவுரீதியான குறைவு சுருக்கம் என அழைக்கப்படும்.

### 2.3.1 திண்மப் பதார்த்தங்களின் விரிவு

விரிவு தொடர்பில் முதலாவதாக திண்மப் பதார்த்தங்களின் விரிவு தொடர்பாகக் கவனஞ் செலுத்துவோம். திண்மப் பதார்த்தங்களில் மூன்று விதங்களின் நடைபெறலாம்.

- ✦ நீள விரிவு
- ✦ பரப்பளவு விரிவு
- ✦ கனவளவு விரிவு

#### நீள விரிவு (linear expansion)

திண்மப் பதார்த்தங்களின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது அதன் நீளத்தில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு நீள விரிவு எனப்படும்.

கோலின் ஆரம்ப நீளம்  $l_1$  அதன் வெப்பநிலை  $\theta$  யினால் அதிகரிக்கும் போது இறுதி நீளம்  $l_2$  உம் எனின் கோலில் ஏற்பட்ட நீள அதிகரிப்பு ( $l_2 - l_1$ ) ஆகும்.

இவ்வாறாக அதிகரித்த நீளம் அதன் ஆரம்ப நீளத்திற்கு நேர்விகித சமனென்பது பரிசோதனை ரீதியாகக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

இதன்படி  $l_2 - l_1 \propto l_1$  — (2.3)

மேலும் இந்நீள அதிகரிப்பு வெப்பநிலை மாற்றத்திற்கு நேர்விகித சமன் என பரிசோதனைகள் மூலம் அறியப்பட்டுள்ளது.



இதன்படி  $l_2 - l_1 \propto \theta$  — (2.4)

(2.3), (2.4) என்பவற்றிலிருந்து,

$$l_2 - l_1 \propto l_1 \theta$$

$$l_2 - l_1 = \alpha l_1 \theta$$

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \theta} \text{ — (2.5)}$$

இதன்படி  $l_2 = l_1 (1 + \alpha \theta)$

இங்கு  $\alpha$  என்பது விகித சம மாறிலியாகும். இது நீட்டல் விரிகைக் குணகம் அல்லது நீள விரிகைத்திறன் (linear expansivity) என அழைக்கப்படும். நீட்டல் விரிகைக் குணகம் பதார்த்தத்திற்கேற்ப வேறுபடும்  $\alpha$  யின் அலகு  $K^{-1}$  ஆகும்.

மேற்காட்டப்பட்ட சமன்பாட்டிற்கமைய நீள விரிகைத்திறனை ( $\alpha$ ), யாதேனும் பதார்த்தத்தாலான பொருளொன்றின் ஓரலகு நீளத்தின் வெப்பநிலையை ஓரலகால் அதிகரிக்கும் போது அதன் நீளத்தில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு என வரைவிலக்கணப் படுத்தலாம்

சில பதார்த்தங்களின் நீள விரிகைத்திறன் அட்டவணை 2.3 இற் தரப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 2.3 - சில பதார்த்தங்களின் நீள விரிகைத்திறன்

பதார்த்தம்	$\alpha$ ( $K^{-1}$ )
பனிக்கட்டி	$5.1 \times 10^{-5}$
ஈயம்	$2.9 \times 10^{-5}$
அலுமினியம்	$2.5 \times 10^{-5}$
பித்தளை	$1.9 \times 10^{-5}$
உருக்கு	$1.2 \times 10^{-5}$
கொங்கிறீற்று	$1.2 \times 10^{-5}$
செங்கல்	$0.9 \times 10^{-5}$
கண்ணாடி	$0.9 \times 10^{-5}$
மரப்பலகை	$0.03 \times 10^{-5}$

## உதாரணம் 5

சூழல் வெப்பநிலை  $22^\circ\text{C}$  ஆகவுள்ள போது செப்பினாலான கம்பியொன்றின் நீளம் 50 m ஆகும். சூழல் வெப்பநிலை  $32^\circ\text{C}$  வரை அதிகரிக்கும் போது கம்பியின் புதிய நீளத்தைக் காண்க. செப்பின் நீட்டல் விரிவுக் குணகம்  $1.65 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்

சமன்பாடு 2.5 இன்படி கம்பியின் புதிய நீளம்  $l_2$  எனின்,

$$\begin{aligned} l_2 &= l_1 (1 + \alpha \theta) \\ &= 50 [1 + 1.65 \times 10^{-5} \times (32 - 22)] \text{ m} \\ &= 50 \times 1.000165 \text{ m} \\ &= 50.00825 \text{ m} \end{aligned}$$

## திண்மம் ஒன்றின் பரப்பளவு விரிவு (area expansion)

வெப்பநிலை அதிகரிப்பு காரணமாக திண்மப் பொருளொன்றின் பரப்பளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு பரப்பளவு விரிவு எனப்படும்

யாதேனும் திண்மம் ஒன்றின் ஆரம்ப பரப்பளவு  $A_1$  உம், வெப்பநிலையை  $\theta$  அளவு அதிகரிக்கும் போது அதன் புதிய பரப்பளவு  $A_2$  உம் எனின் பரப்பளவு அதிகரிப்பு ( $A_2 - A_1$ ) ஆகும்.

இவ்வாறான பரப்பளவு அதிகரிப்பானது ஆரம்ப மேற்பரப்பளவிற்கு நேர் விகிதசமன் என பரிசோதனைகள் மூலம் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

$$\text{இதன்படி } A_2 - A_1 \propto A_1 \text{ — (2.6)}$$

மேலும், இங்கு ஏற்பட்ட பரப்பளவு அதிகரிப்பானது வெப்பநிலை மாற்றத்துக்கு நேர்விகிதசமன் என பரிசோதனைகள் மூலம் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

$$A_2 - A_1 \propto \theta \text{ — (2.7)}$$

(2.6), (2.7) என்பவற்றிலிருந்து,

$$\begin{aligned} A_2 - A_1 &\propto A_1 \theta \\ A_2 - A_1 &= \beta A_1 \theta \\ \beta &= \frac{A_2 - A_1}{A_1 \theta} \text{ — (2.8)} \end{aligned}$$

$$A_2 = A_1(1 + \beta \theta)$$

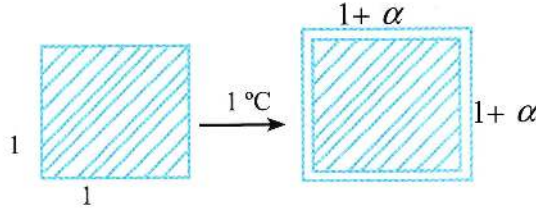
இங்கு  $\beta$  என்பது விகிதசம மாறிலியாகும். இது பரப்பளவு விரிகைக் குணகம் அல்லது பரப்பளவு விரிகைத்திறன் (area expansivity) என அழைக்கப்படும்.

$\beta$  இன் அலகு  $K^{-1}$  ஆகும்.  $\beta$  ஆனது விரிவடையும் பொருளில் தங்கியுள்ளது.

மேலே சமன்பாடு 2.8 இன்படி யாதேனும் பதார்த்தமொன்றின் ஓரலகுப் பரப்பளவின் ( $1 m^2$ ) வெப்பநிலையை ஓரலகுப் பாகையினால் அதிகரிக்கும் போது அதன் பரப்பளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு பரப்பளவு விரிகைத்திறன் ( $\beta$ ) என அழைக்கப்படும்.

### நீட்டல் விரிவுக் குணகத்துக்கும் பரப்பளவு விரிவுக் குணகத்துக்கும் இடையேயான தொடர்பு

ஓரலகுப் பரப்பளவுடைய பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை ஓரலகுப் பாகையினால் ( $1^\circ C$ ) அதிகரிக்கும் போது அதன் பரப்பளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு  $\beta$  எனவும் அதன் பக்கமொன்றில் ஏற்படும் நீள அதிகரிப்பு  $\alpha$  எனவும் கொள்ளப்படின்,



உரு 2.16 பரப்பளவு விரிவு

இதனடிப்படையில் உரு 2.16 இற் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு பரப்பளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு  $\beta$  ஆனது பொருளின் புதிய பரப்பளவு  $(1 + \alpha)^2$  இற்கும் ஆரம்பப் பரப்பளவு  $1^2$  இற்கும் இடையேயான வித்தியாசமாகும்.

$$\begin{aligned} \text{அதாவது} \quad \beta &= (1 + \alpha)^2 - 1^2 \\ &= 1^2 + 2\alpha + \alpha^2 - 1 \\ &= 2\alpha + \alpha^2 \end{aligned}$$

$\alpha$  என்பது மிகச் சிறிய பெறுமானம் என்பதால்  $\alpha^2$  ஆனது புறக்கணிக்கத்தக்கது

எனவே,

$$\beta = 2\alpha$$

### உதாரணம் 6

பித்தளைக் குற்றியொன்றின் பக்கம் ஒன்றின் நீளம்  $30^\circ C$  யில் 10 cm ஆகும். வெப்ப நிலையை  $70^\circ C$  வரை அதிகரிக்கும் போது குற்றியொன்றின் முகமொன்றின் மேற்பரப்பளவு யாது?

பித்தளையொன்றின் நீட்டல் விரிகைத்திறன்  $1.9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்

$30^\circ \text{C}$  யில் முகமொன்றின் மேற்பரப்பளவு  $A_1 = 10 \times 10 = 100 \text{ cm}^2$

பரப்பளவு விரிகைத்திறன்  $\beta = 2\alpha = 2 \times 1.9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1} = 3.8 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

$70^\circ \text{C}$  யில் முகமொன்றின் மேற்பரப்பளவு ( $A_2$ )  $= A_1(1 + \beta\theta)$

$$= 100 (1 + 3.8 \times 10^{-5} \times 40)$$

$$= 100.152 \text{ cm}^2$$

### திண்மம் பதார்த்தமொன்றின் கனவளவு விரிவு (volume expansion)

திண்மப் பொருளொன்றின் வெப்பநிலை அதிகரிப்பு காரணமாக அதன் கனவளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு கனவளவு விரிவு என அழைக்கப்படும்.

யாதேனும் பொருளொன்றின் ஆரம்பக் கனவளவு  $V_1$  உம், வெப்பநிலை  $\theta$  யினால் அதிகரிக்கும் போது கனவளவு  $V_2$  உம் எனின் கனவளவு அதிகரிப்பு ( $V_2 - V_1$ ) ஆகும். இவ்வதிகரிப்பு ஆரம்பக் கனவளவிற்கு நேர்விகித சமன் எனப் பரிசோதனை வாயிலாகக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

$$V_2 - V_1 \propto V_1 \text{ ——— (2.9)}$$

மேலும் இக் கனவளவு அதிகரிப்பு வெப்பநிலை மாற்றத்துக்கு நேர்விகித சமன் எனப் பரிசோதனை வாயிலாகக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

$$V_2 - V_1 \propto \theta \text{ ——— (2.10)}$$

(2.9), (2.10) என்பவற்றிலிருந்து,

$$V_2 - V_1 \propto V_1 \theta$$

$$V_2 - V_1 = \gamma V_1 \theta$$

$$\gamma = \frac{V_2 - V_1}{V_1 \theta} \text{ ——— (2.11)}$$

$$V_2 = V_1(1 + \gamma \theta)$$

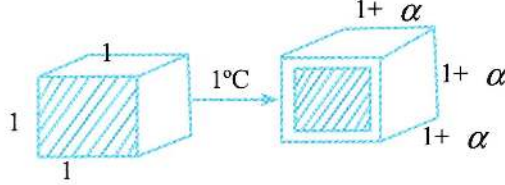
இங்கு  $\gamma$  என்பது விகிதசம மாறிலியாகும். இது கனவளவு விரிகைக் குணகம் அல்லது கனவளவு விரிகைத்திறன் (volume expansivity) என அழைக்கப்படும்.

$\gamma$  இன் அலகு  $\text{K}^{-1}$  ஆகும்.  $\gamma$  ஆனது விரிவடையும் பொருளில் தங்கியுள்ளது.

மேலே சமன்பாடு 2.11 இன்படி யாதேனும் பதார்த்தமொன்றின் ஓரலகு ஆரம்பக் கனவளவின் ( $1 \text{ m}^3$ ) வெப்பநிலையை ஓரலகுப் பாகையினால் அதிகரிக்கும் போது அதன் கனவளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு கனவளவு விரிகைத்திறன் ( $\gamma$ ) என அழைக்கப்படும்.

## நீட்டல் விரிவுக் குணகத்துக்கும் கனவளவு விரிவுக் குணகத்துக்கும் இடையேயான தொடர்பு

ஓரலகுக் கனவளவுடைய பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை ஓரலகுப் பாகையினால் ( $1^\circ\text{C}$ ) அதிகரிக்கும் போது அதன் கனவளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு  $\gamma$  எனவும் அதன் பக்கமொன்றில் ஏற்படும் நீள அதிகரிப்பு  $\alpha$  எனவும் கொள்ளப்படின்,



உரு 2.17 கனவளவு விரிவு

இதனடிப்படையில் உரு 2.17 இற் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு கனவளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு  $\gamma$  ஆனது பொருளின் புதிய பரப்பளவு  $(1 + \gamma)^3$  இற்கும் ஆரம்பப் பரப்பளவு 1 இற்கும் இடையேயான வித்தியாசமாகும்.

$$\begin{aligned} \text{அதாவது, } \gamma &= (1 + \alpha)^3 - 1 \\ &= 1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3 - 1 \\ &= 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3 \end{aligned}$$

$\alpha$  என்பது மிகச் சிறிய பெறுமானம் என்பதால்  $\alpha^3$  ஆனது புறக்கணிக்கத்தக்கது

எனவே,  $\gamma = 3\alpha$

### உதாரணம் 7

பித்தளைக் குற்றியொன்றின் பக்கம் ஒன்றின் நீளம்  $20^\circ\text{C}$  யில் 10 cm ஆகும். பித்தளையை  $70^\circ\text{C}$  வரை வெப்பமேற்றும் போது குற்றியொன்றின் கனவளவு யாது?

பித்தளையொன்றின் நீட்டல் விரிகைத்திறன்  $1.9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்

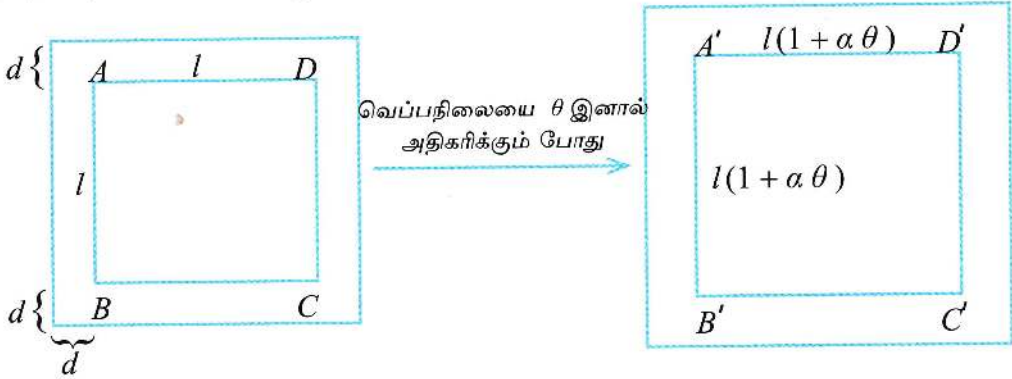
$$20^\circ\text{C} \text{ யில் முகமொன்றின் கனவளவு} = 10 \times 10 \times 10 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$\text{கனவளவு விரிகைத்திறன் } (\gamma) = 3\alpha = 3 \times 1.9 \times 10^{-5} = 5.7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$\begin{aligned} 70^\circ\text{C} \text{ யில் குற்றியின் கனவளவு } (V_2) &= V_1(1 + \gamma\theta) \\ &= 1000(1 + 5.7 \times 10^{-5} \times 50) \\ &= 1002.85 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

இப்போது இடைவெளியுடன் கூடிய தகடு ஒன்றின் வெப்பநிலையை அதிகரிக்கும் போது இடைவெளியின் அளவு அதிகரிக்கும் பெறுமானத்தைக் கணிப்போம்.

கற்றலை இலகுவாக்கும் பொருட்டு உரு 2.18 இற் காட்டியவாறு சதுரவடிவான தகடு ஒன்றின் சரி மத்தியில் சதுர வடிவான இடைவெளி காணப்படும் சந்தர்ப்பத்தைக் கருதுவோம். இடைவெளியின் பக்கம் ஒன்றின் நீளம்  $l$  உம், இடைவெளியிலிருந்து தகட்டின் கிட்டிய அந்தத்திற்கு இடைப்பட்ட தூரம்  $d$  உம் எனக் கொள்வோம். தகட்டின் வெப்பநிலையை  $\theta$  யினால் அதிகரிக்கும் போது இடைவெளியின் பக்கம் ஒன்றின் நீளம்  $l(1 + \alpha\theta)$  ஆக மாறும்.



உரு 2.18 இடைவெளியுடன் கூடிய தகடு ஒன்றின் விரிவு

இடைவெளியின் ஆரம்பப் பரப்பளவு  $A_1$  உம் அதன் வெப்பநிலையை  $\theta$  யினால் அதிகரிக்கும் போது பரப்பளவு  $A_2$  உம் எனின்,

$$A_1 = l^2 \quad \text{-----} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} A_2 &= l(1 + \alpha\theta) \times l(1 + \alpha\theta) \\ &= l^2(1 + \alpha\theta)^2 \quad \text{-----} \quad (2.13) \end{aligned}$$

(2.12) மற்றும் (2.13) ஆகிய சமன்பாடுகளுக்கமைய இடைவெளியில் ஏற்படும் பரப்பளவு அதிகரிப்பு,

$$\begin{aligned} A_2 - A_1 &= l^2(1 + \alpha\theta)^2 - l^2 \\ &= l^2(1 + \alpha^2\theta^2 + 2\alpha\theta) - l^2 \\ &= l^2\alpha^2\theta^2 + 2\alpha\theta l^2 \quad \text{-----} \quad (2.14) \end{aligned}$$

(இங்கு  $\alpha$  மிகச் சிறிய பெறுமானம் என்பதால்  $l^2\alpha^2\theta^2$  என்பவற்றைப் புறக்கணிக்கும் போது  $l^2\alpha^2\theta^2 \approx 0$ )

$$A_2 - A_1 = 2\alpha\theta l^2$$

அடுத்ததாக இடைவெளிக்குப் பதிலாக அது தகடு எனக் கொண்டு மேற்படி கணித் தலை மீண்டும் மேற்கொள்வோம்.

ABCD இடைவெளியின் பரப்பளவைக் கொண்ட தகட்டின் வெப்பநிலையை  $\theta$  யினால் அதிகரிக்கும் போது,

$$A_2 = A_1(1 + \beta \theta)$$

இதனால் தகட்டில் ஏற்பட்ட பரப்பளவு அதிகரிப்பு

$$A_2 - A_1 = A_1 \beta \theta$$

$$\beta = 2 \alpha$$

$$A_2 - A_1 = A_1 2 \alpha \theta$$

$$(2.12) \text{ இலிருந்து } A_1 = l^2 \text{ என்பதைப் பிரதியிடும் போது } A_2 - A_1 = l^2 2 \alpha \theta \text{ ——— (2.15)}$$

மேற்படி இரண்டு முறைகளிலும் மேற்கொள்ளப்பட்ட கணித்தல்களின் விளைவுகள் சமனாகும். இதன்படி இவ்வாறான நாற்பக்கக் வடிவான தகட்டின் இடைவெளியின் விரிவைக் கருதும் போது அத்தகடு ஆக்கப்பட்டுள்ள பதார்த்தத்தினாலேயே ஆனதா என்பது பற்றி கருத்திற் கொண்டு கணித்தல்களைச் செய்ய வேண்டும் என்பது புலனாகிறது. இவ்வாறான எண்பெறுமானமுடைய கணித்தல்களைச் செய்யும் போது இடைவெளி அல்லது துவாரம் ஒரே பதார்த்தத்தாலானதா என்பதைக் கருத்திற் கொண்டு சமன்பாடுகளைப் பிரயோகித்தல் வேண்டும். மேற்காட்டியவாறு உள்ளீடற்ற திண்மங்கள் தொடர்பாக கனவளவு விரிவு கருத்திற் கொள்ளப்பட்டு உரிய சமன்பாடுகளைப் பிரயோகிப்பது பொருத்தமானது என எடுத்துக் காட்ட முடியும். இவ்வாறாக தகடு ஒன்றின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது இடைவெளியில் விரிவு ஏற்படாது என்பதையும் அதாவது இடைவெளியின் பருமன் குறைவடைவதில்லை என்பதையும், மாறாக இடைவெளியின் பருமன் அதிகரிக்கும் என்பதும் இதிலிருந்து புலனாகின்றது.

### உதாரணம் 8

மெல்லிய அலுமினியத் தகடொன்றில்  $0^\circ\text{C}$  யில் 1.00 cm ஆரையுடைய துவாரம் ஒன்றுள்ளது. தகட்டின் வெப்பநிலையை  $100^\circ\text{C}$  வரை அதிகரிக்கும் போது துவாரத்தின் ஆரை யாது? அலுமினியத்தின் நீட்டல் விரிகைத்திறன்  $2.5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

மெல்லிய அலுமினியத் தகட்டிலுள்ள துவாரத்தின் ஆரை ( $l_1$ ) = 1.00 cm

வெப்பநிலையில் ஏற்பட்ட மாற்றம் ( $\theta$ ) =  $100^\circ\text{C}$

அலுமினியத்தின் நீட்டல் விரிகைத்திறன் ( $\alpha$ ) =  $2.5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

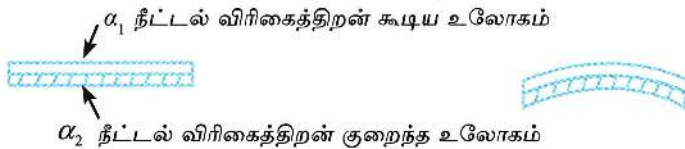
துவாரத்தின் புதிய ஆரை  $l_2$  எனின் துவாரத்தைக் கருதாது அது அலுமினியத் தகடு எனக் கொண்டு  $l_2 = l_1(1 + \alpha \theta)$  எனும் சமன்பாட்டைப் பிரயோகிப்பின்,

$$l_2 = 1(1 + 2.5 \times 10^{-5} \times 100)$$

$$= 1.002 \text{ cm}$$

## விரிவின் பாதிப்புகளும் அவற்றின் பாவணைகளும்

- ஒன்றுக்கொன்று வேறுபட்ட விரிகைத்திறன்களைக் கொண்ட இரண்டு உலோக நாடாக்களை ஒன்றுடனொன்று தறைவதன் மூலம் ஈருலோக கீலம் (bimetallic strip) தயாரிக்கப்படுகின்றது. ஈருலோக கீலங்களை வெப்பமேற்றும் போது விரிவடைந்து உலோக வில்லின் வெளிப்பக்கமாக வளைவதுடன், குளிர்டையும் போது வில்லின் உட்பக்கமாக வளையும். வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது ஈருலோக நாடாவின் தோற்றம் உரு 2.19 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



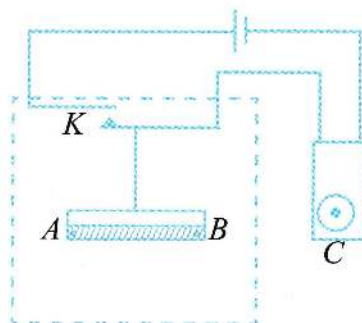
அறை வெப்பநிலையின் போது

வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது

உரு 2.19 ஈருலோக கீலத்தின் தொழிற்பாடு

ஈருலோக கீலத்தின் இத்தகைய நடத்தையை அடிப்படையாகக் கொண்டு ஈருலோக வெப்பமானி, ஈருலோக வெப்பநிலைக் கட்டுப்படுத்தி (thermostat), தீ அனர்த்த சமிக்கைக் கருவி (fire alarm) போன்றன ஆக்கப்பட்டுள்ளன.

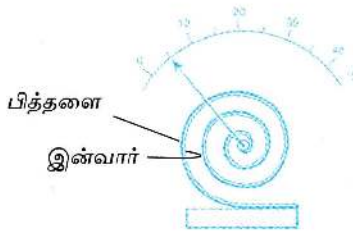
உரு 2.20 இல் ஈருலோக கீலத்தைப் பயன்படுத்தி ஆக்கப்பட்ட தீப்பற்றும் போது அபாய சமிக்கையை பிறப்பிக்கும் மின்மணித் தொகுதி காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 2.20 தீ அபாய சமிக்கை உபகரணம்

$A B$  எனும் ஈருலோக கீலம் சாதாரண வெப்பநிலையில் அதன் மின்சுற்று  $K$  எனும் ஆளிக்கு அருகே திறந்த நிலையிற் காணப்படும். தீப்பற்றிய சந்தர்ப்பத்தில் ஈருலோக கீலம் வெப்பமடைந்து அது நடுவே மேல்நோக்கி விரிவடைவதால்  $K$  எனும் ஆளி மூடப்பட்டு மணி ஒலிக்கும்.





உரு 2.21 ஈருலோக வெப்பமானி

உரு 2.21 இற் காட்டப்பட்டுள்ள ஈருலோக வெப்பமானியானது நீண்ட சுருளியுருவான ஈருலோக கீலத்தினால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. சுருளியின் மையத்தில் காட்டியொன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சுருளியின் மற்றைய அந்தம் வலிமையாக (இறுக்கமாக)ப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது ஈருலோக கீலம் சுருளி பற்றி வன்மையாக சுற்றிக் கொள்ளும். இதன்போது காட்டி அளவுத்திட்டம் வழியே அசையும். ஏனைய வெப்பமானிகளுடன் ஒப்பிடும் போது ஈருலோக வெப்பமானியானது துல்லியமானதன்று. எனினும் அவை தாக்குப்பிடிக்கும் தன்மை கூடியதாயிருப்பதுடன் அவற்றிலிருந்து வாசிப்புகளைப் பெறுவதும் இலகுவாகும்.

2. இழைகளுடன் கூடிய இசைக் கருவிகளின் சுருதியானது சூழல் வெப்பநிலை வேறுபாட்டுக்கேற்ப வேறுபடுவதைக் காணலாம். குளிரான சந்தர்ப்பங்களில் குறித்த இழுவையின் கீழ் இருக்கும் இழைகள் வெப்பநிலை அதிகரிப்போது நீளத்தில் அதிகரிப்பதனால் அதன் இழுவை குறையும். இதனால் ஆரம்பத்தில் காணப்பட்டதை விட வேறுபட்ட சுருதி பிறப்பிக்கப்படும்.
3. காலை வேளைகளில் காணப்படும் குளிர்ச்சியான காலநிலை காரணமாக மின் கம்பிகள் சுருங்கிக் காணப்படும். பகல் வேளைகளில் சூழல் வெப்பநிலை அதிகரித்துக் காணப்படுவதால் மின்கம்பிகளின் நீளம் அதிகரித்து தொய்வான நிலையில் காணப்படும். இதனால் மின்கம்பிகளை பொருத்தும்போது சற்று தொய்வாகப் பொருத்தப்படும்.
4. ஆய்வுகூடங்களில் பயன்படுத்தப்படும் கண்ணாடி முகவைகள் மற்றும் பரிசோ தனைக் குழாய்கள் தயாரிப்பதற்காக சாதாரண கண்ணாடிகளுக்குப் பதிலாக குறைந்த விரிகைத்திறனுடைய பைரெக்ஸ் மற்றும் குவார்ட்ஸ் கண்ணாடிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. காரணம் சாதாரண கண்ணாடிகள் வெப்பமேற்றப்படும் போது வெடித்து உடைந்து விடும்.

## 2.3.2 திரவ விரிவு

திரவங்களுக்கு திட்டமான கனவளவு காணப்பட்டாலும் அவற்றுக்கு திட்டமான வடிவம் இல்லை. எப்போதும் அது அடங்கும் பாத்திரத்தின் தோற்றத்தையே கொண்டிருக்கும். எனவே திரவங்களில் நீட்டல் விரிவையோ அல்லது பரப்பளவு விரிவையோ காண இயலாது. எனினும் திண்மங்களின் கனவளவு விரிவைப் போன்று திரவங்களின் கனவளவு விரிவிற்கும் வரைவிலக்கணம் கூறலாம். யாதேனும் திரவத்தின் ஓரலகு ஆரம்பக் கனவளவின் வெப்பநிலையை ஓரலகால் அதிகரிக்கும் போது அதன் கனவளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு திரவத்தின் கனவளவு விரிவு என அழைக்கப்படும். பொதுவாக திண்மங்களை விட திரவங்களில் அதிகளவு கனவளவு அதிகரிப்பை அவதானிக்கலாம். திரவத்தின் கனவளவு விரிகைத்திறனானது அத்திரவம் காணப்படும் வெப்பநிலையில் தங்கியுள்ளது. எனவே யாதேனும் வெப்பநிலை வீச்சில் வெப்பமேற்றும் போது திரவத்தில் ஏற்படும் கனவளவு விரிவு சீரானதல்ல. எனவே திரவத்தின் கனவளவு விரிவுக் குணகத்துக்காக வழங்கப்படும் பெறுமானம் சராசரி விரிவுக் குணகமாகும்.

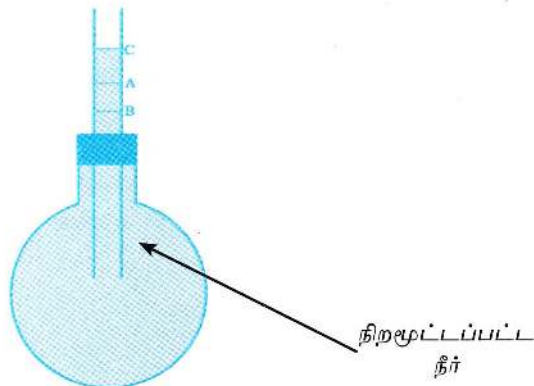
திரவங்கள் எப்போதும் பாத்திரத்தினுள் உள்ளடங்கியிருப்பதால் திரவத்தை வெப்ப மேற்றும் போது பாத்திரமும் வெப்பமடையும். எனவே பாத்திரமும் திரவமும் விரிவுக்குள்ளாகும். இதனால் திரவத்தின் விரிவு தோற்ற விரிவு மற்றும் உண்மை விரிவு என இரண்டு விதங்களில் விளக்கப்படும்.

### திரவமொன்றின் தோற்ற விரிவு

வெப்பநிலை அதிகரிப்புடன் பாத்திரமும் விரிவடைவதால் விரிவடையும் திரவத்தின் குறித்த கனவளவு பாத்திரத்தின் அதிகரித்த கனவளவினுள் அடங்கும். எனவே கனவளவு அதிகரிப்பாகத் தென்படுவது திரவத்தின் ஆரம்ப மட்டத்தை விட புதிய மட்டம் வரையான கனவளவு அதிகரிப்பு மாத்திரமாகும். இதன் போது அவதானிக்கப்பட்ட திரவத்தின் கனவளவு அதிகரிப்பு தோற்றக் கனவளவு விரிவு என அழைக்கப்படும்.

திரவமொன்றில் ஏற்படும் விரிவை அவதானிப்பதற்கு எளிய பரிசோதனையொன்றை மேற்கொள்ளலாம். குடுவையொன்றை நிறமூட்டப்பட்ட நீரால் நிரப்பி, உரு 2.22 இற் காட்டியவாறு மெல்லிய கண்ணாடிக் குழாயை தக்கையொன்றின் உதவியுடன் பொருத்தி குடுவை மூடப்படும். தக்கைக்கு சிறிது மேலாக குழாயினுள் காணப்படும் நீர்நிரல் மேலெழும் வரை சிறிதளவு நீரை ஊற்றி அறை வெப்பநிலையில் நீர் நிரலின் அமைவு அடையாளப்படுத்தப்படும். பின்னர் கொதிநீரைக் கொண்ட தாழியினுள் அமிழ்த்தி குடுவையை வெப்பமேற்றினால் ஆரம்பத்தில் குழாயினுட் காணப்பட்ட நீர் மட்டம்  $A$  யிற்குச் சற்று கீழாக உள்ள  $B$  எனும் புள்ளி வரை கீழிறங்கி பின்னர்  $A$  யிற்கு மேலாக உள்ள  $C$  எனும் புள்ளி வரை மேலெழுவதை அவதானிக்கலாம். இப்பரிசோதனையின் போது, நீர் நிரல் முதலில் கீழிறங்குவதற்குக் காரணம் நீர் வெப்பமடைவதற்கு முன்னதாக குடுவையின் சுவர் வெப்பமடைந்து விரிவடைவதால்

அதன் அகக் கனவளவு அதிகரித்தமையாகும். அதன் பின்னர் நீர் வெப்பமடைவதால் அதில் ஏற்படும் விரிவு காரணமாக நீர் மட்டம் C வரை உயரும்.



உரு 2.22 திரவ விரிவை எடுத்துக் காட்டல்

வெப்பநிலை அதிகரிப்புடன் பாத்திரமும் விரிவடைவதால் விரிவடையும் திரவத்தின் குறித்த கனவளவு விரிவடைந்த பாத்திரத்தின் இடத்தை நிரப்பும். எனவே திரவத்தில் மாத்திரம் ஏற்பட்ட விரிவு திரவத்தின் தோற்ற விரிவினதும் பாத்திரத்தின் கனவளவு விரிவினதும் கூட்டுத் தொகைக்கு சமனாகும்.

### திரவத்தின் தோற்ற கனவளவு விரிகைத்திறன் ( $\gamma_{\text{தோற்ற}}$ )

குறித்த திரவத்தின் ஓரலகுக் கனவளவின் வெப்பநிலையை ஓரலகால் அதிகரிக்கும் போது ஏற்படும் தோற்றக் கனவளவு அதிகரிப்பு அத்திரவத்தின் தோற்ற கனவளவு விரிகைத்திறன் என அழைக்கப்படும்.

### திரவத்தின் உண்மைக் கனவளவு விரிவு

திரவத்தின் உண்மையான கனவளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு அத்திரவத்தின் உண்மையான கனவளவு விரிவு என அழைக்கப்படும்.

திரவத்தின் தோற்றக் கனவளவு விரிவினதும் திரவம் அடங்கியுள்ள பாத்திரத்தின் கனவளவு விரிவினதும் கூட்டுத்தொகை அத்திரவத்தின் உண்மையான கனவளவு விரிவிற்குச் சமனாகும்.

$\text{திரவத்தின் உண்மைக் கனவளவு விரிவு} = \text{திரவத்தின் தோற்ற விரிவு} + \text{திரவம் அடங்கியுள்ள பாத்திரத்தின் விரிவு}$
---

எனக் காட்டலாம்.

## திரவத்தின் உண்மைக் கனவளவு விரிவுத்திறன் ( $\gamma$ ) (திரவத்தின் தனி விரிகைத் திறன்)

திரவமொன்றின் ஓரலகு ஆரம்பக் கனவளவின் வெப்பநிலையை ஒரு அலகினால் அதிகரிக்கும் போது அதன் கனவளவில் ஏற்படும் உண்மையான அதிகரிப்பு அத்திரவத்தின் உண்மைக் கனவளவு விரிவுத்திறன் ( $\gamma$ ) எனப்படும்.

இதன்படி ஆரம்பக் கனவளவு  $V_1$  ஆகவுள்ள திரவத்தின் வெப்பநிலையை  $\theta$  யினால் அதிகரிக்கும் போது அதன் இறுதிக் கனவளவு  $V_2$  எனின் அதன் உண்மைக் கனவளவு விரிகைத்திறன்,

$$\gamma = \frac{V_2 - V_1}{V_1 \theta}$$

$$V_2 = V_1 (1 + \gamma \theta)$$

### உதாரணம் 9

1000 cm<sup>3</sup> இரசத்தின் வெப்பநிலையை 10 °C யிலிருந்து 45 °C வரை அதிகரிக்கும் போது அதன் கனவளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு யாது? இரசத்தின் கனவளவு விரிகைத்திறன்  $1.8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$$V_2 = V_1 (1 + \gamma \theta)$$

$$V_2 = 1000 (1 + 1.8 \times 10^{-6} \times 35)$$

$$V_2 = 1000.063 \text{ cm}^3$$

எனவே கனவளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு  $(V_2 - V_1) = 1000.063 - 1000 = 0.063 \text{ cm}^3$

## வெப்பநிலை அதிகரிப்புடன் திரவத்தின் அடர்த்தியின் மாறல்

வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது திரவம் விரிவடைந்தாலும் அதன் திணிவு மாறிலியாகக் காணப்படும். எனவே அதன் அடர்த்தி குறையும். எனினும் 0 °C - 4 °C வரையான வெப்பநிலை வீச்சில் நீரின் நடத்தை சற்று வேறுபட்டது. இவ்வெப்பநிலை வீச்சில் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது நீரின் விரிவுக்குப் பதிலாக ஒடுங்கி அதன் அடர்த்தி அதிகரிக்கும்.

## திரவ விரிவின் பிரயோகங்கள்

- ★ வெப்பமானி தயாரிப்பின் போது திரவங்கள் பயன்படுத்தப்படும் சந்தர்ப்பங்கள் உண்டு. இரச மற்றும் மதுசார வெப்பமானிகள் இதற்கான உதாரணங்களாகும். இங்கு வெப்பநிலையுடன் திரவத்தின் கனவளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு வெப்பநிலையை அளக்க பயன்படுத்தப்படும்.

★ பவுசர்களுக்கு பெற்றோல் நிரப்பும் போது தாங்கிகளில் சிறிதளவு இடம் இருக்கத்தக்கதாக நிரப்பப்படும். பகல் வேளைகளில் காணப்படும் வெப்பம் காரணமாக ஏற்படும் கனவளவு அதிகரிப்பிற்காக இவ்விடம் ஒதுக்கப்பட்டிருக்கும்.

## பயிற்சிகள்

01. 100 °C வெப்பநிலையிற் காணப்படும் 0.5 kg அலுமினியத் துண்டொன்று 20 °C வெப்பநிலையிற் காணப்படும் 1 kg நீரின்னுள் இடப்படுகின்றது. சூழலுக்கு இழக்கப்படும் வெப்பநிலையைக் கருதாது தொகுதியின் சமநிலை வெப்பநிலையைக் காண்க.

$$\text{அலுமினியத்தின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு} = 900 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{நீரின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு} = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

02. 100 °C வரை வெப்பமேற்றப்பட்ட 0.14 kg திணிவுடைய உலோகத் துண்டொன்று 25 °C வெப்பநிலையிற் காணப்படும் 0.05 kg நீரைக் கொண்ட கலோரிமானியினுள் உடனடியாக இடப்படுகின்றது. கலோரிமானியின் திணிவு 0.12 kg. தன்வெப்பக் கொள்ளளவு 400 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> ஆகும். கலோரிமாணிக்கும் நீருக்கும் கிடைத்த உச்ச வெப்பநிலை 40 °C எனின் சூழலுக்கு இழக்கப்பட்ட வெப்பத்தைக் கருதாது உலோகத் துண்டின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவைக் காண்க.

03. 100 °C வெப்பநிலையிற் காணப்படும் 25 kg நீருக்கு 20 °C வெப்பநிலையிற் காணப்படும் நீரின் 15 kg சேர்க்கப்படும் போது கலவையின் இறுதி வெப்பநிலையாது?

04. குறித்த கலோரிமாணிக்கு 16 °C நீரின் 800 g திணிவு காணப்படுகிறது. அதற்கு 60 °C இலுள்ள திரவத்தின் 40 g சேர்க்கப்பட்ட போது கலவையின் வெப்பநிலை 20 °C ஆகக் காணப்பட்டது. பின்னர் கலோரிமானியினுள் 16 °C வெப்பநிலையில் 40 g காணப்படும் அதேவேளை 60 °C வெப்பநிலையிற் காணப்படும் 80 g நீர் அதனுள் இடப்படுகின்றது. இதன் போது கலவையின் வெப்பநிலை 24 °C ஆகக் காணப்பட்டது. நீரின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு 4 J g<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> எனின் கரைசலின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவைக் காண்க.

05. 2 cm தடிப்புடைய இரும்புத் தகடொன்றின் பரப்பளவு 500 cm<sup>2</sup> ஆகும். அதன் ஒரு பக்கத்தின் வெப்பநிலை 150 K ஆவதோடு மறுபக்கத்தின் வெப்பநிலை 140 K ஆகும். தகட்டினூடாக செக்களிற் பாயும் வெப்பத்தின் அளவைக் காண்க.

$$\text{இரும்பின் வெப்பக் கடத்தாறு} \quad K = 80 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

06. உலோகத் தகடொன்று 4 mm தடிப்புடையது. அதன் இரண்டு மேற்பரப்புகளுக்கு மிடைப்பட்ட வெப்பநிலை வித்தியாசம்  $32^{\circ}\text{C}$  ஆகும். அது  $5\text{ cm}^2$  குறுக்கு வெட்டினூடாக மணித்தியாலத்திற்கு  $840\text{ kJ}$  வெப்பத்தை கடத்துகின்றது. உலோகத்தின் வெப்பக் கடத்தாறைக் காண்க.
07. வளிமண்டல அழுக்கத்தின் கீழ் கொதிநிலை வரை வெப்பமடைந்த நீர் அடங்கிய குடுவையினால் பிறப்பிக்கப்படும் கொதிநீராவி குழாயொன்றினூடாக கலோரிமானிக்கு கொண்டுவரப்படுகின்றது. கலோரிமானியின் திணிவு  $150\text{ g}$  ஆகவும் வெப்பக் கொள்ளளவு  $63\text{ J K}^{-1}$  ஆகவும் காணப்படுவதுடன் அதனுள்  $15^{\circ}\text{C}$  வெப்பநிலையில்  $340\text{ g}$  நீர் காணப்படுகின்றது. கலோரிமானியின் வெப்பநிலை  $71^{\circ}\text{C}$  ஆகும் வரை அதனுள் கொதிநீராவி ஒடுங்கலடைய முடியும்.  $71^{\circ}\text{C}$  யில் கலோரிமானியினதும் அதிலடங்கியுள்ள நீரினதும் திணிவு  $525\text{ g}$  ஆகும். நீரின் ஆவியாதலின் தன்மறை வெப்பத்தைக் காண்க. நீரின் தன்வெப்பக் கொள்ளளவு  $4200\text{ J K}^{-1}$  ஆகும்.
08. நீரின்  $2.0\text{ g}$  திணிவை  $100^{\circ}\text{C}$  வெப்பநிலையில் ஆவியாக மாற்றுவதற்கு  $4500\text{ J}$  சக்தி அவசியமாகும். நீரின் ஆவியாதலின் தன்மறை வெப்பத்தைக் காண்க.
09. (i) பதார்த்தமொன்றிற்கு வெப்பசக்தியை வழங்கும் போது அல்லது வெப்பத்தை அகற்றும் போது அப்பதார்த்தத்தில் பல்வேறு பௌதிக மாற்றங்கள் ஏற்படும். அவ்வாறு ஏற்படக்கூடிய பௌதிக மாற்றங்கள் சிலவற்றைக் குறிப்பிடுக.
- (ii) பொருளொன்றின் வெப்ப விரிவு மற்றும் சுருக்கமடைதல் என்பவற்றால் கருதப்படுவது யாது?
- (iii) பொருளொன்றின் நீளவிரிகைத்திறன் விரிவு என்பதை வரைவிலக்கணப் படுத்துக.
10.  $40^{\circ}\text{C}$  வெப்பநிலையில் பித்தளைக் கோலொன்றின் நீளம்  $500\text{ m}$  உம் அதன் விட்டம்  $3\text{ mm}$  உம் ஆகும். அதனுடன் சமமான நீளமுடையதும் சமமான தடிப்பைக் கொண்டதுமான உருக்குக் கோலொன்று காய்ச்சியிணைக்கப்பட்டுள்ளது. தொகுதியை  $240^{\circ}\text{C}$  வரை வெப்பமேற்றும் போது தொகுதியில் ஏற்படும் நீள அதிகரிப்பைக் காண்க. (பித்தளையின்  $\alpha = 2 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$  உருக்கின்  $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ )
11. குளிரான நூடொன்றின் வெப்பநிலை  $-10^{\circ}\text{C}$  ஆகவுள்ள நூடொன்றில் புகையிரதப் பாதையில்  $8\text{ m}$  நீளமான தண்டவாளம் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. வெப்பநிலை  $30^{\circ}\text{C}$  ஆகவுள்ள நூடொன்றில் தண்டவாளங்கள் ஒன்றுடனொன்று தொடுகையுறுவதைத் தடுப்பதற்காக  $-10^{\circ}\text{C}$  வெப்பநிலையில் இரண்டு தண்டவாளங்களுக்கிடையிட்ட இடைவெளி குறைந்தபட்சம் யாதாகவிருக்க வேண்டும்? உருக்கின்  $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$

12. சுவிற்சலாந்தில் தயாரிக்கப்பட்ட ஊசல் மணிக்கூட்டின் ஊசல் ஆக்கப்பட்டுள்ள உலோகத்தின் நீட்டல் விரிவுக் குணகம்  $2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்.  $15^\circ \text{C}$  வெப்பநிலையில் அதன் அலைவுக் காலம் 2 s ஆகும். இம்மணிக்கூட்டை இலங்கைக்குக் கொண்டு வந்து  $25^\circ \text{C}$  வெப்பநிலையில் உள்ள பிரதேசமொன்றிற் பயன்படுத்தப்படின் ஒரு வாரத்தில் ஏற்படக்கூடிய நேர வழ யாது?
13. அவுஸ்திரேலியாவில் தயாரிக்கப்பட்ட  $12^\circ \text{C}$  வெப்பநிலையில் படிவகுக்கை செய்யப்பட்ட உருக்கு அளவுகோல் இலங்கையில் வீதியொன்றின் கிலோமீற்றர் கற்களைக் பொருத்துவதற்காக  $30^\circ \text{C}$  வெப்பநிலையில் உள்ள நாளொன்றில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வளவு கோலைப் பயன்படுத்தி ஒரு கிலோமீற்றர் தூரத்தை அளக்கும் போது ஏற்படும் வழுவைக் காண்க. இதன் மூலம் 25 km நீளத்தை அளக்கும் போது ஏற்படும் வழு யாது? உருக்கின் நீள விரிகைத்திறன்  $1.1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்.
14.  $10^\circ \text{C}$  யில் 8 cm நீளமும் 2 cm அகலமும் உடைய செவ்வக வடிவான தகடு ஒன்றின் வெப்பநிலை  $60^\circ \text{C}$  ஆக அதிகரிக்கும் போது தகட்டின் பரப்பளவைக் காண்க.  
தகடு ஆக்கப்பட்டுள்ள பதார்த்தத்தின் நீள விரிகைத்திறன்  $a = 8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
15.  $30^\circ \text{C}$  யில் வட்ட வடிவான தோற்றமுடைய அலுமினியத் தகடு ஒன்றின் ஆரை 4 cm ஆகும்.  $100^\circ \text{C}$  யில் உருக்குத் தகட்டிலுள்ள வட்ட வடிவான துவாரத்தில்  $100^\circ \text{C}$  வெப்பநிலையிலுள்ள அலுமினியத் தகட்டை மட்டுமட்டாக உட்செலுத்த முடியும். தொகுதியை  $15^\circ \text{C}$  வரை குளிர்ச் செய்யும் போது அவற்றிடையேயான இடைவெளியின் பரப்பளவு யாது? அலுமினியத்தின் நீள விரிகைத்திறன்  $2.5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  உருக்கின் நீள விரிகைத்திறன்  $1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$
16.  $15^\circ \text{C}$  யில் செப்புக் குழாயொன்றின் உள்விட்டம் 20 cm ஆகும். அதன் நீள விரிகைத்திறன்  $1.65 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும். அவ்வெப்பநிலையில் உருக்குக் கோளத்தின் விட்டம் 20.04 cm ஆகும். உருக்கின் நீள விரிகைத்திறன்  $1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  எனின் கோளத்தை மட்டுமட்டாக குழாயினுள் செலுத்துவதற்குத் தேவையான வெப்பநிலையைக் காண்க.
17.  $20^\circ \text{C}$  யிலுள்ள மெல்லிய உருக்குத் தகடும்  $10^\circ \text{C}$  யிலுள்ள மெல்லிய செப்புத் தகடும் சமமான பரப்பளவைக் கொண்டுள்ளது. உருக்கினதும் செப்பினதும் நீட்டல் விரிவுக் குணகங்கள் முறையே  $1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ,  $1.65 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகுமெனின் இரு தகடுகளினதும் பரப்பளவுகள் சமனாகும் பொது வெப்பநிலையைக் காண்க.
18. நீட்டல் விரிவுக் குணகம்  $1.1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகவுள்ள திரவியத்தாலான குற்றியொன்றின் வெப்பநிலை  $70^\circ \text{C}$  யினால் அதிகரிக்கும் போது ஏற்பட்ட கனவளவு வித்தியாசம்  $2.31 \text{ cm}^3$  எனின் குற்றியின் ஆரம்பக் கனவளவு யாது?

19. உள்ளீடற்ற உருக்குக் கோலொன்றுக்கு  $0^{\circ}\text{C}$  யில் 10 cm வெளிவிட்டத்தையும் 2 mm தடிப்பும் உண்டு. உருக்கின் நீட்டல் விரிவுக் குணகம்  $1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  எனின்  $100^{\circ}\text{C}$  யில் கோளத்திலுள்ள உள்ளீட்டின் கனவளவைக் காண்க.
20. 170 g திணிவுடைய பித்தளைத் துண்டொன்றின் வெப்பநிலை  $0^{\circ}\text{C}$  யிலிருந்து  $30^{\circ}\text{C}$  வரை அதிகரிக்கப்பட்டது. இதன்போது ஏற்படும் கனவளவு அதிகரிப்பைக் காண்க. பித்தளையின் நீட்டல் விரிவுக் குணகம்  $1.9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$  யில் அடர்த்தி  $8.5 \text{ g cm}^{-3}$  ஆகும்
21. இரசத்தின் கனவளவு விரிகைத்திறன்  $1.8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்.  $1000 \text{ cm}^3$  இரசத்தின் வெப்பநிலையை  $10^{\circ}\text{C}$  யிலிருந்து  $35^{\circ}\text{C}$  வரை அதிகரிக்கும் போது அதன் கனவளவில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு யாது?
22.  $10^{\circ}\text{C}$  வெப்பநிலையிலுள்ள திரவத்தின் அடர்த்தி  $800 \text{ kg m}^{-3}$  ஆகும். திரவத்தின் வெப்பநிலையை  $60^{\circ}\text{C}$  வரை அதிகரிக்கும் போது திரவத்தின் புதிய அடர்த்தி யாது? திரவத்தின் உண்மை கனவளவு விரிகைத்திறன்  $6 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும். ஆகும்.
23. கண்ணாடியின் நீள விரிகைத்திறன்  $9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்.  $15^{\circ}\text{C}$  யில்  $100 \text{ cm}^3$  கனவளவுடைய கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலுள்ள திரவத்தின் வெப்பநிலையை  $25^{\circ}\text{C}$  வரை அதிகரிக்கும் போது திரவத்தின் கனவளவு விரிவைக் காண்க. திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் குணகம்  $2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்.
24. 10.010 cm விட்டமுடைய உலோகக் கோலொன்றினுள்  $20^{\circ}\text{C}$  யில் 100.000 cm விட்டமுடைய வளையம் ஒன்றைக் காய்ச்சியிணைக்க வேண்டியுள்ளது. இவ்வளையம்  $90^{\circ}\text{C}$  வெப்பநிலை வரை வெப்பமேற்றினால் அதனைக் கோலுடன் பொருத்த முடியுமா? பித்தளையின் நீள விரிகைத்திறன்  $1.9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும்.
25. இரும்பின் நீள விரிகைத்திறன்  $1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும். பித்தளையின் நீள விரிகைத்திறன்  $1.9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ஆகும். பித்தளை மற்றும் பித்தளையாலான ஈருலோகக் கீலத்தை,
- (a) வெப்பமேற்றும் போது
- (b) குளிர்டையச் செய்யும் போது யாது நடைபெறும் என வரைபடம் ஒன்றின் உதவியுடன் விளக்குக.
- $0^{\circ}\text{C}$  வெப்பநிலையில் இரும்பு, பித்தளைக் கோல்கள் இரண்டும் 10 cm நீளமுடையன. அதன் வெப்பநிலையை  $80^{\circ}\text{C}$  வரை அதிகரிக்கும் போது அதன் நீளங்களுக்கிடையேயான வித்தியாசம் யாது?



- விசை தொடர்பான நியூற்றனின் விதிகள்
- விசைப்பிரிப்பு
- சுய செப்பஞ்செய் விசை
- இரு விசைகளின் விளையுள்
- விசையிணைகர விதி
- விசைத் திருப்பம்
- விசையிணையின் திருப்பம்
- புள்ளி வடிவப் பொருளின் சமநிலை
- விறைப்பான பொருளொன்றின் சமநிலை

இழுத்தல் தள்ளுகைக்குத் தேவையான காரணியே விசை (Force) என மிக எளிதாக விசையை வரைவிலக்கணப்படுத்தலாம். அதாவது யாதேனும் பொருளை இழுக்கும் போது அல்லது தள்ளும் போது அதன் மீது விசை பிரயோகிக்கப்படுகின்றது.

பொருளொன்றுக்கு அகத்தே விசையைப் பிரயோகிப்பதன் மூலம் அதன் இயக்கத் தன்மையை மாற்ற முடியாது. உதாரணமாக நாம் ஒரு மேசை மீது ஏறிக்கொண்டு அம்மேசை மீது எம்மால் ஒரு விசையைப் பிரயோகிப்பதன் மூலம் அதனை இயங்கச் செய்ய இயலாது. அதனை இயங்கச் செய்ய வேண்டுமாயின் நாம் மேசைக்கு புறத்தேயிருந்து அதன் மீது விசையைப் பிரயோகிக்க வேண்டும்.

அத்தகைய விசைகள் புறவிசைகள் என அழைக்கப்படும்.

பொருளொன்றின் மீது புறவிசையைப் பிரயோகிக்கும் போது அது எத்திசையில் பயணிக்குமென்பது சுயமாக எழும் வினாவாகும். எனவே பிரயோகிக்கப்படும் விசைக்கு பருமன் மாத்திரமன்றி திசையும் உண்டு. அத்தகைய கணியங்கள் காவிக்கணியங்கள் (vector quantities) என அழைக்கப்படும். விசையும் ஓர் காவிக்கணியமாகும். ஓய்விலுள்ள பொருளுக்கு புறத்தே விசையைப் பிரயோகிப்பதன் மூலம் அதனை இயங்கச் செய்ய முடியும். விசை பிரயோகிக்கப்பட்டாலும் பொருள் இயங்காத சந்தர்ப்பங்களும் உண்டு. போதுமான அளவு விசை பிரயோகிக்கப்படாமையே இதற்குக் காரணமாகும். உதாரணமாக சுவரொன்றைக் கைளினாற் தள்ளினாலும் அது அசைவதில்லை. எனினும் சுவர் மீது நிலச்சமன் பொறியை (Bull dozer) க் கொண்டு விசையைப் பிரயோகிக்கும் போது யாது நடைபெறும்?

இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் பொருளொன்றுக்கு புறத்தே விசையைப் பிரயோகிப்பதன் மூலம் அதன் வேகத்தைக் கூட்டவோ அல்லது குறைக்கவோ முடியும். பொருள் இயங்கும் திசை வழியே புற விசையைப் பிரயோகிக்கும் போது அதன் வேகம் அதிகரிப்பதுடன் இயங்கும் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் பொருள் மீது விசையைப் பிரயோகிப்பதன் மூலம் அதன் வேகத்தைக் குறைக்கலாம். தரை வழியே தள்ளிச்

செலுத்தப்படும் பொருளொன்றைப் பற்றிச் சிந்திக்க. இயங்கும் திசைக்கு எதிராகத் தொழிற்படும் உராய்வு விசையின் காரணமாக அதன் வேகம் படிப்படியாகக் குறைந்து ஈற்றில் ஓய்வடைகின்றது. அதாவது விசையின் மூலம் பொருளின் இயக்கத் தன்மையை மாற்ற முடியும். அதே போன்று பொருளின் மீது புறவிசை பிரயோகிக்காத வரையில் அதன் இயக்கத்தன்மை மாறுபடாது காணப்படும்.

### 3.1 ⇒ விசையின் இயல்புகள் அதன் தாக்கம் நியூற்றனின் விதிகள்

விசையைப் பூரணமாக விளக்குவதற்கு அவசியமான காரணிகள் மூன்று உள்ளன. விசையின் பருமன். விசை தொழிற்படும் திசை, விசையின் பிரயோகப்புள்ளி என்பனவே அவையாகும்.

விசையின் பருமனை அளவிடுவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் சர்வதேச நியம அலகு நியூற்றன் (N) ஆகும். அளவுத் திட்டப்படி வரையப்பட்ட நேர்கோடு மூலம் விசையைக் குறிப்பீடு செய்யலாம்.

#### உதாரணம் 1

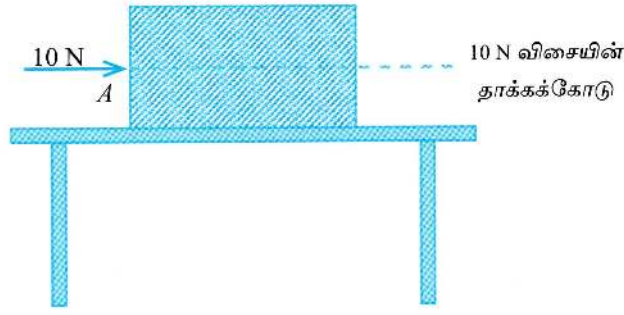
$X$  எனும் புள்ளியிலிருந்து கிழக்குத் திசை வழியே தொழிற்படும் 30 N விசை உருவப்படும் மூலம் குறிப்பீடு செய்யும் விதம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு 1 cm = 5 N எனும் அளவுத்திட்டம் பயன்படுத்தப்படுமிடத்து 30 N விசையைக் குறிப்பீடு செய்வதற்கு 6 cm நீளமான நேர்கோடு வரையப்படல் வேண்டும்.



இங்கு  $XY$  இன் நீளம் மூலம் விசையின் பருமன் குறிப்பீடு செய்யப்படும். அம்புக்குறித் தலையின் மூலம் விசை தொழிற்படும் திசை காட்டப்படும்.  $X$  என்பது விசையின் பிரயோகப் புள்ளியாகும்.

#### உதாரணம் 2

மேசை மீது வைக்கப்பட்டுள்ள மரக்குற்றி பற்றிச் சிந்திக்க. மரக்குற்றியின்  $A$  எனும் புள்ளி மீது புற விசையொன்று பிரயோகிக்கப்படும் விதம் உரு 3.1 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ்விசையின் பருமன் 10 N ஆவதுடன் விசை தொழிற்படும் திசை அம்புக்குறி மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளது. விசையின் பிரயோகப் புள்ளி  $A$  ஆகும். விசையின் தாக்கக்கோடு புள்ளிக் கோட்டினாற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 3.1 விசையின் தாக்கக்கோடு

புறவிசையொன்றைப் பிரயோகிக்கும் வரை ஓய்விலுள்ள பொருள் தனது இயக்கத்தை ஆரம்பிக்காது. அதே போன்று சீரான வேகத்துடன் இயங்கும் பொருளொன்றுக்கு புறவிசை பிரயோகிக்காத வரையில் அதே வேகத்துடன் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும். புறவிசையொன்றைப் பிரயோகிக்கும் போதே இவ்விரு நிலைமைகளிலும் மாற்றமேற்படும். இது தொடர்பாக முதன்முதலாக அறிந்து எடுத்துரைத்தவர் சேர் ஐசாக் நியூற்றன் என்பவராவார். அது நியூற்றனின் முதலாவது விதி என அழைக்கப்படும்.

### 3.1.1 ⇒ நியூற்றனின் முதலாவது விதி

புறவிசை தாக்காத வரையில் ஓய்விலுள்ள பொருள் தொடர்ந்தும் ஓய்விலிருப்பதுடன் இயங்கும் பொருள் சீரான வேகத்துடன் இயங்கும். புறவிசையொன்றைப் பிரயோகிப்பதன் மூலமாகவே இந் நிலைமையை மாற்ற முடியும்.

#### உந்தம் (momentum)

கிறிக்கட் அல்லது கரப்பந்து போன்ற விளையாட்டின் போது வேகமாக வரும் பந்தைப் பிடிப்பதற்கு குறித்த அளவு எத்தனத்தைப் பிரயோகிக்க வேண்டுமென்பது நாமறிந்ததே. பந்து மெதுவாகப் பயணிக்கும் போது அதனை நிறுத்துவது இலகுவாக அமைவதுடன் அதன் வேகம் அதிகமாயின் அதனை நிறுத்துவதற்கு பிரயோகிக்க வேண்டிய எத்தனமும் அதிகமாகும். அதாவது பொருளின் கதி அதிகரிக்கும் போது அதனை நிறுத்துவதற்கு எதிராக அப்பொருள் கொண்டிருக்கும் ஆற்றல் அதிகமாகும். கதிக்கு மேலதிகமாக பந்தின் திணிவின் மீதும் இவ்வாற்றல் தங்கியிருக்கும். கிறிக்கட் மென் பந்தை இலகுவாக தடுத்துக் கொள்ளலாம். எனினும் அதே கதியில் பயணிக்கும் நிறை கூடிய கிறிக்கட் பந்தினைத் (Leather ball) தடுப்பது கடினமாகும். போடுகுண்டு போன்ற நிறைகூடிய பொருள் மெதுவாகப் பயணித்தாலும் அதனைத் தடுப்பது கடினமாகும். இவ்வாறாக இயங்கும் பொருளொன்றின் இயக்கத்தன்மையை மாற்றும் இலகுவன்மை அல்லது கடினத்தன்மையைத் தீர்மானிக்கும் பண்பு பௌதிகவியலில் உந்தம் அழைக்கப்படும்.

பொருளின் உந்தம் அப்பொருளின் திணிவினதும் ( $m$ )வேகத்தினதும் ( $v$ ) பெருக்கமாக எடுத்துரைக்கப்படும்.

$$\text{உந்தம்} = \text{திணிவு} \times \text{வேகம்}$$

$$p = m \times v$$

பொருளொன்று ஓய்விலிருக்கும் போது அதில் வேகம் காணப்படாது என்பதால் உந்தம் பூச்சியமாகும். பொருள் எத்துணை பெரிய திணிவைக் கொண்டிருந்தாலும் ஓய்விலிருக்கும் போது அதன் உந்தம் பூச்சியமாகும். யாதேனும் பொருளின் வேகம் அதிகரிக்கும் போது அதன் உந்தமும் அதிகரிக்கும். வேகம் குறைவடையும் போது உந்தமும் குறைவடையும் மிகவும் சிறிய திணிவைக் கொண்டுள்ள பொருளாயினும் வேகம் அதிகமாயின் அதில் கூடிய உந்தம் காணப்படும். ஈயச்சன்னத்தின் திணிவு மிகவும் சிறிதாகும். எனினும் அது துவக்கிலிருந்து வெளியேறும் போது அதிக வேகத்தைக் கொண்டிருப்பதால் கூடிய உந்தம் காணப்படும். மேலே கிறிக்கெட் பந்து தொடர்பான உதாரணத்தில் லெதர் பந்து உயர் உந்தத்தைக் கொண்டிருப்பதால் பந்தைத் தடுப்பது கடினமாகும். அதாவது அதன் உந்தத்தை மாற்றி பந்தின் இயக்கத்தைத் தடுப்பதற்கு பாரிய புறவிசையொன்றைப் பிரயோகிக்க வேண்டும்.

திணிவின் நியம அலகு kg ஆவதுடன் வேகத்தின் நியம அலகு  $\text{m s}^{-1}$  ஆகும். எனவே உந்தத்தின் அலகு  $\text{kg m s}^{-1}$  ஆகும்.

### உந்தத்துடன் தொடர்புடைய பிரசினங்கள் சிலவற்றைத் தீர்ப்போம்.

1. 2 kg திணிவுடைய பொருளொன்று  $5 \text{ m s}^{-1}$  வேகத்துடன் இயங்கும் கணத்தில் அதன் உந்தத்தைக் காண்க.

$$\begin{aligned} \text{உந்தம்} &= mv \\ &= 2 \text{ kg} \times 5 \text{ m s}^{-1} \\ &= 10 \text{ kg m s}^{-1} \end{aligned}$$

2. பொருளொன்றின் திணிவு 250 g ஆகும். அதன் வேகம்  $8 \text{ m s}^{-1}$  ஆகும். அக்கணத்தில் அதன் உந்தத்தைக் காண்க.

$$\begin{aligned} \text{உந்தம்} &= mv \\ &= 250/1000 \text{ kg} \times 8 \text{ m s}^{-1} \\ &= 2 \text{ kg m s}^{-1} \end{aligned}$$

(இங்கு திணிவானது கிராமிற் தரப்பட்டுள்ளமையால் அதனை பிரதியிடும் போது நியம அலகான கிலோ கிராமிற்கு அலகு மாற்றம் செய்யப்பட்டுள்ளது.)

3. பொருளொன்றின் திணிவு 10 kg ஆகும். அதன் வேகம் 20 cm s<sup>-1</sup> ஆகவுள்ள கணத்தில் அதன் உந்தம் யாது?

$$\begin{aligned} \text{உந்தம்} &= mv \\ &= 10 \text{ kg} \times 20 / 100 \text{ m s}^{-1} \\ &= 2 \text{ kg m s}^{-1} \end{aligned}$$

### 3.1.2 ⇨ நியூற்றனின் இரண்டாம் விதி

பொருளொன்றில் ஏற்படும் ஆர்முடுகலானது அப்பொருள் மீது பிரயோகிக்கப்படும் புற விசைக்கு நேர்விகித சமனாவதுடன் அப்பொருளின் திணிவிற்கு நேர்மாறு விகித சமனாகும்.

இதனடிப்படையில்  $m$  திணிவுடைய பொருளின் மீது  $F$  எனும் புறவிசை தொழிற்படு மிடத்து அதன் ஆர்முடுகல்  $a$  எனின்,

$$a \propto F$$

$$a \propto \frac{1}{m} \text{ எனும் தொடர்பைப் பெறலாம்.}$$

இங்கு  $k$  மாறிலியாகும் போது  $a = k \frac{F}{m}$  அல்லது  $F = \frac{1}{k} ma$  என எழுத முடியும்.

இங்கு மாறிலியான  $k$  யின் பெறுமானம் 1 எனக் கொண்டு விசையின் அலகு பெறப்பட்டுள்ளமையால் மேற்படி சமன்பாடு  $F = ma$  எனும் வடிவைப் பெறும்.

அதனடிப்படையில் ஓரலகுத் திணிவிற்கு ஓரலகு ஆர்முடுகலைப் பெற்றுக் கொடுப்பதற்காக பிரயோகிக்கப்பட வேண்டிய விசை 1 என வரைவிலக்கணப்படுத்து மிடத்து  $k$  யின் பெறுமானம் 1 ஆக அமையும்.

நியூற்றனின் இரண்டாம் விதியை மற்றொரு விதத்திலும் எடுத்துரைக்கலாம். அதாவது பொருளொன்றின் மீது பிரயோகிக்கப்படும் விசை அதன் உந்த மாற்ற வீதத்திற்கு நேர்விகிதசமம் என்பதாகும்.

உந்தம் எனப்படுவது திணிவினதும் வேகத்தினதும் பெருக்கம் என்பதால் மாறாத் திணிவுடைய பொருளொன்றின் உந்த மாற்ற வீதம் என்பது பொருளின் திணிவினதும் ( $m$ ) வேக மாற்றவீதத்தினதும் பெருக்கமாகும். நாம் ஆர்முடுகல் ( $a$ ) எனக் குறிப்பிடுவது வேக மாற்ற வீதத்தையே ஆகும். எனவே உந்த மாற்ற வீதத்தை  $ma$  எனக் குறிப்பிடலாம். இதனடிப்படையில் மேற்காட்டிய மாறிலியை  $F \propto ma$  என எழுதலாம். நேர்விகிதசம மாறிலியின் பெறுமானம் 1 ஆகுமாறு விசையின் அலகைத் தெரிவு செய்வதன் மூலம் இதனை  $F = ma$  என எழுதிக் காட்டலாம்.

விசையை அளக்கும் நியம அலகு நியூற்றன் (N) என இதற்கு முன்னர் நாம் குறிப்பிட்டோம். நியூற்றனின் 2ம் விதியிலிருந்த பெறப்பட்ட நேர்விகிதசம மாறிலியின் பெறுமானம் 1 ஆகுமாறு இவ்வலகு வரைவிலக்கணப்படுத்தப்பட்டது. எனவே எனும்  $F = m a$  சமன்பாட்டினடிப்படையில்

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m s}^{-2} \text{ என எழுதலாம்.}$$

எனவே ஒரு நியூற்றன் எனப்படுவது 1 kg திணிவின் மீது 1 m s<sup>-2</sup> ஆர்முடுகலை ஏற்படுத்தவல்ல விசையாகும்.

### இனி எளிய பிரசினங்கள் சிலவற்றைத் தீர்ப்போம்.

1. 2.5 kg திணிவின் மீது 4 ms<sup>-2</sup> ஆர்முடுகலை ஏற்படுத்துவதற்குத் தேவையான விசையைக் காண்க.

$$\begin{aligned} F &= m a \\ &= 2.5 \text{ kg} \times 4 \text{ m s}^{-2} \\ &= 10 \text{ N} \quad (\text{kg m s}^{-2} \text{ என்பது நியூற்றனாகும்}) \end{aligned}$$

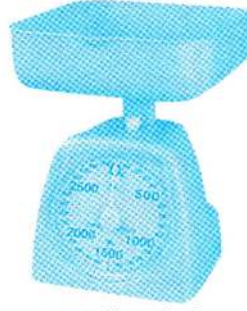
2. 15 kg திணிவிற்கு 20 mms<sup>-2</sup> ஆர்முடுகலை ஏற்படுத்துவதற்குத் தேவையான விசை எவ்வளவு?

$$\begin{aligned} F &= m a \\ &= 15 \text{ kg} \times 20/1000 \text{ m s}^{-2} \\ &= 0.3 \text{ N} \end{aligned}$$

3. 5 kg திணிவின் மீது அது இயங்கும் திசை வழியே 15 N விசை பிரயோகிக்கப்பட்டின் அது பெற்றுக்கொள்ளும் ஆர்முடுகல் யாது?

$$\begin{aligned} F &= m a \\ a &= F/m \\ &= \frac{15 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = \frac{15 \text{ kg m s}^{-2}}{5 \text{ kg}} \\ &= 3 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

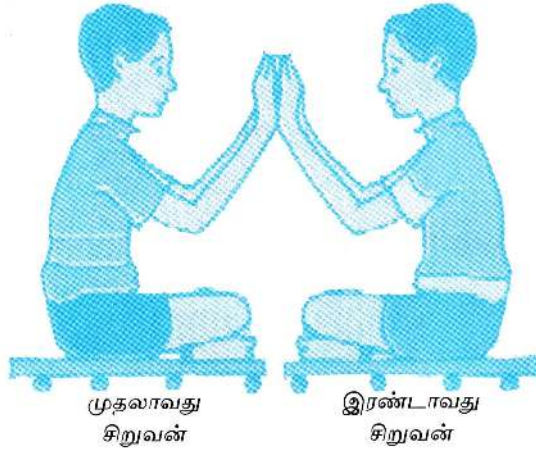
இப்போது பின்வரும் உதாரணத்தைப் பார்ப்போம். நெருக்கற் தராசு (kitchen scale) ஒன்று கீழே தரப்பட்டுள்ளது.



உரு 3.2 நெருக்கற் தராசு

இந்நெருக்கற் தராசின் தட்டு மீது பொருளொன்றை வைக்கும் போது தராசின் வாசிப்பு அதன் நிறையைக் காட்டும். பொருளொன்று புவியினாற் கவரப்படும் விசை அதன் நிறை மூலம் காட்டப்படும். பொருளின் நிறைக்குச் சமனான விசை தட்டினாற் பொருள் மீது பிரயோகிக்கப்படுவதனால் அப்பொருள் தட்டின் மீது சமநிலையிற் காணப்படுகின்றது.

கண்ணாடி உருண்டைகள் சிலவற்றின் மீது இரண்டு பலகைத் துண்டுகளை வைத்த, இப் பலகைத் துண்டுகள் மீது சமமான நிறையுடைய இருவர் அமர்ந்து கொண்டு உரு 3.3 இற் காட்டியவாறு ஒருவரது கைகள் மீது மற்றையவரது கைகளை வைத்து ஒருவர் (முதலாவது சிறுவன்) மற்றையவரைத் (இரண்டாவது சிறுவனைத்) தள்ளும் போது இருவரும் சமனான தூரம் எதிரெதிர்த் திசைகளிற் தள்ளப்படுவதை அவதானிக்கலாம். இங்கு இரண்டாவது சிறுவனால் தன்னால் உணர முடியாவிட்டாலும் முதலாவது சிறுவனால் பிரயோகிக்கப்படும் விசைக்குச் சமனானதும், எதிரானதுமான விசையை முதலாவது சிறுவனுக்கு எதிராகப் பிரயோகிக்கப்படுவதைக் காண முடிகின்றது.



உரு 3.3 நியூற்றனின் மூன்றாம் விதியைப் பரீட்சித்தல்

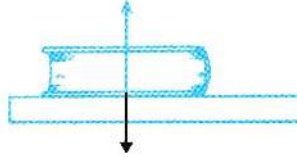
இங்கு ஒரு பொருளினால் மற்றொரு பொருள் மீது விசையைப் பிரயோகிக்கும் ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் இரண்டாவதாகக் குறிப்பிட்ட பொருளினால் முதலாவதாகக் குறிப்பிடப்பட்ட பொருள் மீது சமனான விசையைப் பிரயோகிக்கப்படுகின்றமை தெளிவாகின்றது. அதாவது ஒவ்வொரு தாக்கத்திற்கும் சமனானதும் எதிரானதுமான மறுதாக்கம் காணப்படுகின்றமை புலனாகின்றது. இத்தொடர்பினை முதன்முதலாகக் கண்டறிந்தவர் சேர் ஐசாக் நியூற்றன் ஆகும். இது நியூற்றனின் மூன்றாம் விதி என அழைக்கப்படும்.

### 3.1.3 ⇒ நியூற்றனின் மூன்றாம் விதி

ஒவ்வொரு தாக்கத்திற்கும் சமனானதும் எதிரானதுமான மறுதாக்கம் உண்டு.

மேசை மீது வைக்கப்பட்டுள்ள புத்தகம் ஒன்றைக் கருதுக. (உரு 3.4) புத்தகத்தின் நிறையினால் மேசை மீது நிலைக்குத்தாக கீழ்நோக்கி விசை ஒன்று பிரயோகிக்கப்படும். இது தாக்கமாகும். அதற்கு எதிரான திசையில் அதாவது நிலைக்குத்தாக மேல் நோக்கி மேசையினால் புத்தகத்தின் மீது விசை பிரயோகிக்கப்படும். இவ்விசையானது முதலாவது விசைக்கு எதிராகப் பிரயோகிக்கப்படும் மறுதாக்க விசையாகும்.

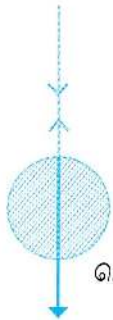
மேசையினால் பொருள் மீது நிலைக்குத்தாக மேல்நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படும் விசை (மறுதாக்கம்)



புத்தகத்தினால் மேசை மீது நிலைக்குத்தாக கீழ்நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படும் விசை (தாக்கம்)

உரு 3.4

இழையினாற் பொருளான்று கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும் போது அப்பொருளினால் இழை மீது கீழ்நோக்கி விசையொன்று பிரயோகிக்கப்படும் அதே வேளை இழையினால் பொருளின் நிறைக்குச் சமனான விசை எதிர்த் திசையில் பிரயோகிக்கப்படும்.



இழையினால் பொருள் மீது மேல்நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படும் விசை (மறுதாக்கம்)

பொருளினால் இழை மீது கீழ்நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படும் விசை (தாக்கம்)

உரு 3.5 இழையினாற் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள பொருள்

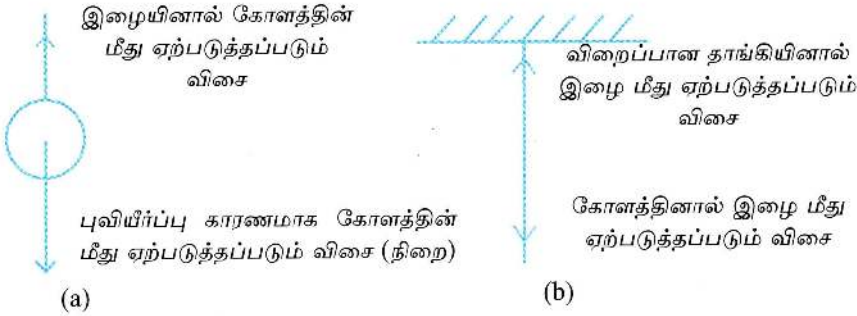


## பொருளொன்றின் மீது தொழிற்படும் புறவிசைகள்

பொருளொன்றின் மீது தொழிற்படும் புறவிசைகள் பற்றி அறிந்திருத்தல் மிக முக்கியமானதாகும். அத்தகைய உதாரணங்கள் சிலவற்றைப் பார்ப்போம்.

### (i) இழையொன்றிற் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள கோளம்

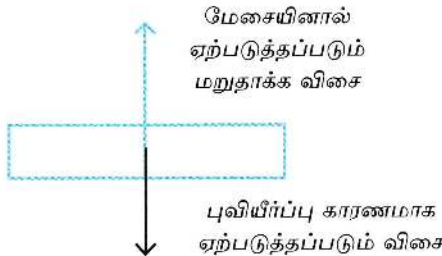
இழையொன்றிற் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள கோளம் ஒன்றின் மீது தொழிற்படும் விசைகள் உரு 3.6 (a) இற் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவற்றுள் ஒரு விசை கோளத்தின் நிறையாகும். அவ்விசை கீழ் நோக்கித் தொழிற்படுவதுடன் அதன் பிரயோகப்புள்ளி கோளத்தின் புவியீர்ப்பு மையமாகும். மற்றைய விசை கோளத்தின் மீது இழையினால் மேல் நோக்கி ஏற்படுத்தப்படும் விசையாகும். அதன் பிரயோகப் புள்ளி இழை கோளத்துடன் தொடுக்கப்பட்டுள்ள புள்ளியாகும்.



உரு 3.6 கோளமொன்றை இழையினாற் கட்டித் தொங்கவிடப்படும் போது கோளத்தின் மீதும் இழை மீதும் தொழிற்படும் விசைகள்

கோளம் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள இழை மீது தொழிற்படும் விசைகள் உரு 3.6 (b) யிற் காட்டப்பட்டுள்ளன. கோளத்தினால் இழை மீது கீழ் நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படும் விசையும் விறைப்பான தாங்கியினால் மேல் நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படும் விசையும் இதிலடங்கும்.

### (ii) மேசை மீது வைக்கப்பட்டுள்ள புத்தகம்



உரு 3.7 மேசை மீது வைக்கப்பட்டுள்ள புத்தகம் மீது தொழிற்படும் விசைகள்

உரு 3.7 இற் காட்டியவாறு மேசை மீது வைக்கப்பட்டுள்ள புத்தகத்தின் மீது இரண்டு விசைகள் தொழிற்படும். இவற்றுள் ஒன்று புவியீர்ப்பு காரணமாக புத்தகம் மீது தொழிற்படும் விசையாகும். மற்றையது மேசையினால் புத்தகம் மீது ஏற்படுத்தப்படும் செவ்வன் மறுதாக்க விசையாகும். இவ்விரு விசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று சமனானதும் எதிரானதுமாகையால் புத்தகம் சமநிலையிற் காணப்படும்.

**(iii) இரண்டு முனைகளின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ள கோல்**

கோல் மீது ஏற்படுத்தப்படும் விசைகள்

முனைகளினால் ஏற்படுத்தப்படும் மறுதாக்க விசைகள்

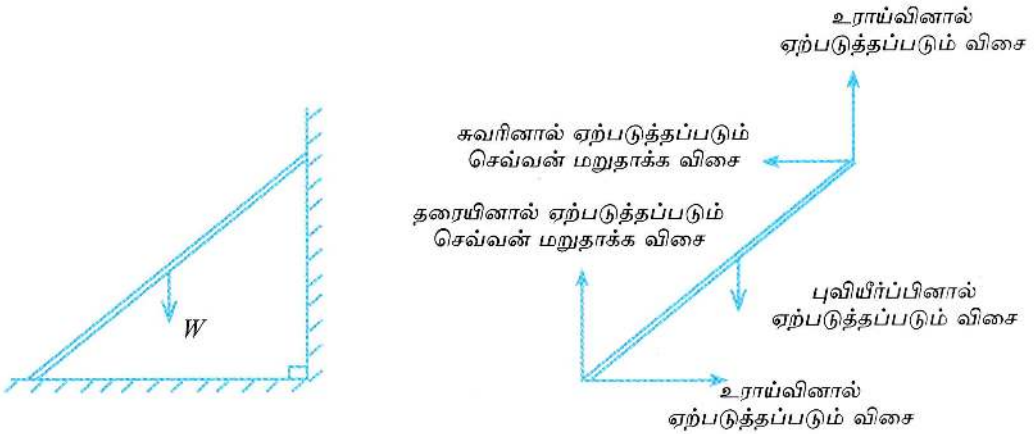


புவியீர்ப்பு காரணமாக ஏற்படுத்தப்படும் விசை

உரு 3.8 இரண்டு முனைகளின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ள கோலின் மீது தொழிற்படும் விசைகள்

உரு 3.8 இற் காட்டப்பட்டள்ளவாறு இரண்டு முனைகளின் மீது கோலொன்றை வைக்குமிடத்து அக்கோலின் மீது இரண்டு முனைகளினாலும் பிரயோகிக்கப்படும் செவ்வன் மறுதாக்கம் மேல்நோக்கியும் கோலின் நிறை கீழ் நோக்கியும் தொழிற்படும்.

**(iv) நிலைக்குத்துச் சவருடன் சாய்வாக வைக்கப்பட்டுள்ள கோல்**

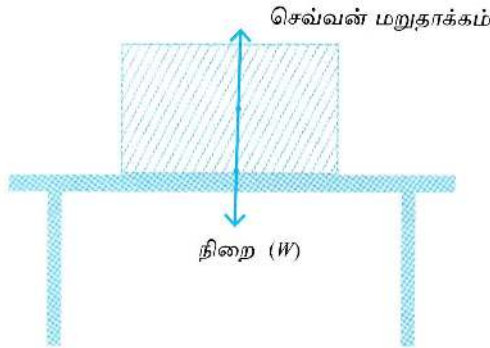


உரு 3.9 நிலைக்குத்துச் சவருடன் சாய்வாக வைக்கப்பட்டுள்ள கோல் மீது தொழிற்படும் விசைகள்

நிலைக்குத்துச் சுவருடன் சாய்வாக வைக்கப்பட்டுள்ள கோல் மீது தொழிற்படும் விசைகள் உரு 3.9 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. கோலின் நிறை தாக்க விசையாக கீழ் நோக்கித் தொழிற்படுவதுடன் தரையினால் ஏற்படுத்தப்படும் செவ்வன் மறுதாக்க விசை மேல் நோக்கித் தொழிற்படும். சுவரினால் ஏற்படுத்தப்படும் செவ்வன் மறுதாக்க விசை சுவருக்குச் செங்குத்தாகத் தொழிற்படும். இவ் விசைகளுக்கு மேலதிகமாக சுவரினாலும், தரையினாலும் உராய்வு விசைகள் பிரயோகிக்கப்படும். இவ்விரு விசைகளும் கோல் வழக்கிச் செல்லாத விதத்திற் தொழிற்படும்.

### 3.1.4 ⇨ சுய செப்பஞ்செய்கை விசைகள்

5 N நிறையுடைய பொருள் இழையொன்றினாற் கட்டித் தொங்கவிடப்படும் போது அது நிலத்தில் விழாதிருப்பதற்கான காரணத்தை அறிவீர்களா? பொருளின் நிறைக்குச் சமனான விசையொன்று மேல் நோக்கித் தொழிற்படுவதே இதற்குக் காரணமாகும். இவ்விசையானது இழையின் இழுவையாகும். 5 N நிறைக்குப் பதிலாக 6 N நிறை தொங்கவிடப்படின் இழை வழியே மேல் நோக்கித் தொழிற்படும் விசை 6 N ஆகும். அவ்வாறே தொங்கவிடப்படும் பொருளின் நிறை 10 N எனின் இழை வழியே மேல்நோக்கித் தொழிற்படும் விசையும் 10 N ஆகும். இழை வழியே மேல்நோக்கித் தொழிற்படும் விசை இவ்வாறாக சுயமாகவே செப்பமாக்கப்படும். இவ்வாறாக சுயமாகவே செப்பமாக்கப்படும் விசை சுயசெப்பஞ்செய்கை விசைகள் என அழைக்கப்படும். இதனடிப்படையில் இழையின் இழுவையானது சுயசெப்பஞ்செய்கை விசையாகும்.



உரு 3.10 பொருளொன்றின் மீது தொழிற்படும் செவ்வன் மறுதாக்கம்

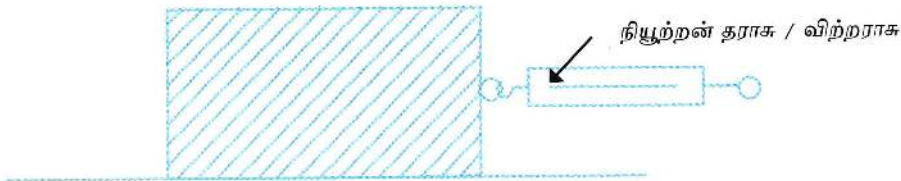
உரு 3.10 இற் காட்டியவாறு மேசை மீது 8 N நிறைவுடைய பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கொள்க. இங்கு மேசையினால் 8 N நிறைக்குச் சமனான விசை பொருள் மீது மேல்நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படுவதனால் பொருள் கீழே விழாதிருக்கின்றது. இங்கு பொருளின் நிறையை 10 N ஆக மாற்றினால் மேசையின் மேற்பரப்பினால் பொருள் மீது பிரயோகிக்கப்படும் விசையும் 10 N ஆகும். இங்கு பொருளினால் மேசை மீது பிரயோகிக்கப்படும் விசைக்கு (நிறைக்கு)ச் சமனான

விசை மேசையின் மேற்பரப்பினால் மேல்நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படுகிறது. இதுவும் சுயசெய்ப்பஞ்செய்கை விசையாகும். இங்கு மேசையினால் பொருள் மீது பிரயோகிக்கப்படும் விசை (மறுதாக்கம்) மேசையின் மேற்பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக அமைவதால் இது செவ்வன் மறுதாக்க விசை என அழைக்கப்படும்.

## உராய்வு (friction)

### செயற்பாடு 2

உரு 3.11 இற் காட்டியவாறு மேசை மீது மரக்குற்றியொன்றை வைக்க. அம் மரக்குற்றியுடன் வளையமொன்றைப் பொருத்தி வளையத்துடன் விற்றராசு ஒன்றைப் பொருத்துக. பின்னர் விற்றராசு மூலம் சிறிய விசையொன்றைப் பிரயோகிக்குக. பிரயோகிக்கப்படும் விசை விற்றராசின் வாசிப்பு மூலம் காட்டப்படும். குறித்தவோர் சந்தர்ப்பத்தில் பிரயோகிக்கப்படும் விசை 2 N எனக் கொள்க. இதன்போது மரக்குற்றி இயங்க ஆரம்பிக்கவில்லையெனின் மேற்பரப்பினால் இயக்கத் திசைக்கு எதிர்திசையில் 2 N விசை பிரயோகிக்கப்படுவதாகக் கருத முடியும். அச்சந்தர்ப்பத்தில் இயக்கத்தை ஆரம்பிப்பதற்கு எதிராகத் தொழிற்படும் இத்தகைய விசை நிலையியல் உராய்வு விசையாகும்.



உரு 3.11 உராய்வு விசையை அளத்தல்

அடுத்ததாக விசையைச் சற்று அதிகரித்து பொருளை இழுக்க. அவ்விசை 3 N ஆகவிருந்தும் பொருள் இயங்கவில்லையெனின் அச்சந்தர்ப்பத்தில் நிலையியல் உராய்வு விசை 3 N ஆகும். நிலையியல் உராய்வு விசை சுயசெய்ப்பஞ்செய்கை விசையாகும்.

இவ்விசையைப் படிப்படியாக அதிகரித்தவாறு இழுக்கும் போது ஒரு கட்டத்தில் 5 N விசையைப் பிரயோகிக்கும் போது பொருள் மட்டுமட்டாக இயங்க ஆரம்பிக்கு மாயின் மேசை மேற்பரப்பினால் 5 N இலும் கூடிய உராய்வு விசையைப் ஏற்படுத்த முடியாதுள்ளமையை ஊகிக்க முடிகின்றது. இவ்வாறாக மேற்பரப்பொன்றினாற் பிரயோகிக்கக்கூடிய உச்ச உராய்வு விசை எல்லை உராய்வு விசை என அழைக்கப்படும்.

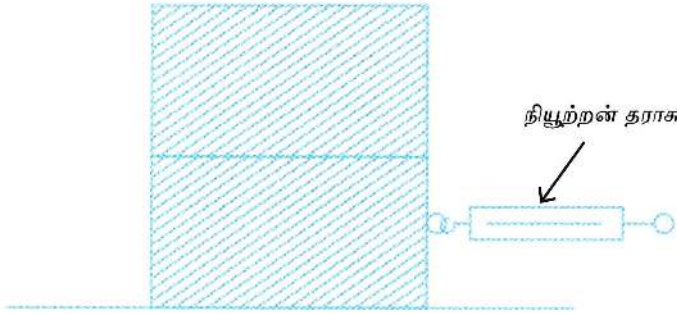
இயக்கம் ஆரம்பித்த பின்னர், தொழிற்படும் உராய்வு விசை எல்லை உராய்வு விசையை விட சற்று குறைவாக இருப்பதை விற்றராசின் வாசிப்பிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம். பொருள் இயங்கும் போது அதன் மீது தொழிற்படும் உராய்வு விசை இயக்கவியல் உராய்வு விசை என அழைக்கப்படும்.

## உராய்வின்பால் செல்வாக்குச் செலுத்தும் காரணிகள்

தொடுகையுறும் மேற்பரப்பின் தன்மை உராய்வின்பால் செல்வாக்குச் செலுத்தும் ஒரு காரணியாகும். கரடான மேற்பரப்பில் உராய்வு அதிகமாகும். உராய்வின் மீது செல்வாக்குச் செலுத்தும் மற்றைய காரணி செவ்வன் மறுதாக்கமாகும்.

### செயற்பாடு 3

மேசை மீது மரக்குற்றியொன்றை வைத்து அதனை இயங்கச் செய்வதற்குத் தேவையான விசையைக் காண்க. இப்போது அதன் மீது உரு 3.12 இற் காட்டியவாறு மற்றுமொரு மரக்குற்றியை வைத்து அதனை இயங்கச் செய்வதற்குத் தேவையான விசையைக் காண்க.



உரு 3.12 உராய்வு விசை செவ்வன் மறுதாக்கத்திற்கேற்ப வேறுபடும் விதத்தைப் பரீட்சித்தல்

இங்கு இரண்டாவது சந்தர்ப்பத்தின் போது அதிகளவு விசை பிரயோகிக்கப்பட வேண்டியுள்ளமை புலனாகின்றது. நிறை அதிகரிக்கும் போது செங்குத்து உதைப்பு அதாவது செவ்வன் மறுதாக்கம் (R) அதிகரிக்கும். செவ்வன் மறுதாக்கம் அதிகரிக்கு மளவிற்கு உராய்வு விசையும் அதிகரிக்கும். எனவே உராய்வு விசையின்பால் செவ்வன் மறுதாக்கம் செல்வாக்குச் செலுத்துகின்றமை புலனாகின்றது. தொடுகையுறும் மேற்பரப்புகளின் பரப்பளவு உராய்விற்கு செல்வாக்குச் செலுத்துமா?

### செயற்பாடு 4

மரக்குற்றியொன்றை எடுத்து அதன் பரப்பளவு கூடிய மேற்பரப்பை மேசையுடன் தொடுகையுறுமாறு வைத்து அதனை இயங்கச் செய்வதற்குத் தேவையான விசையைக் காண்க. பின்னர் பரப்பளவு குறைந்த மேற்பரப்பை மேசையுடன் தொடுகையுறுமாறு வைத்து அதனை இயங்கச் செய்யத் தேவையான விசையைக் காண்க.

இவ்விரு சந்தர்ப்பங்களிலும் கிட்டத்தட்ட ஒரே பருமனுடைய விசையே பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளமையை அறியலாம். இதிலிருந்து உராய்வு விசையானது தொடுகையுறும் மேற்பரப்பின் பரப்பளவிற்கு செல்வாக்குச் செலுத்துவதில்லை என்பது புலனாகின்றது. அதாவது உராய்வு விசையின்பால் செல்வாக்குச் செலுத்தாத காரணி தொடுகையுறும் மேற்பரப்பின் பரப்பளவாகும்.

## உராய்வின் பிரதிகூலங்கள்

பொறியியந்திரங்களில் உராய்வு விசை தொழிற்படுவதனால் சக்தியானது வெப்ப சக்தியாக நிலைமாற்றப்பட்டு விரயமாகின்றது. இதன் காரணமாக பொறிகளின் திறன் குறைகின்றது. மேலும் பொறிகளின் தொடுகையுறும் மேற்பரப்புகள் விரைவாகத் தேய்வுறும். இதனால் பொறிகளில் உராய்வு விசை பிரதிகூலமானதாக அமையும்.

## உராய்வைக் குறைப்பதற்காக மேற்கொள்ளக்கூடிய உத்திகள்

- எண்ணெய் அல்லது கிரீசு இடுதல்
- மேற்பரப்பை ஒப்பமாக்கல்
- குண்டுப் போதிகைகளைப் பயன்படுத்தல்
- உருளிப் போதிகைகளைப் பயன்படுத்தல்
- வளித் தலையணைகளைப் பயன்படுத்தல்
- இயங்கும் அல்லது சுழலும் மேற்பரப்பை வளியிலிருந்து வேறாக்கி வைத்தல். உதாரணம் : ஹூவர்கிராவ்ற் விமானம்

## உராய்வின் அனுகூலமான சந்தர்ப்பங்கள்

ஈரமான தரைகள் அல்லது எண்ணெய் போன்றன சிந்தியுள்ள தரைவழியே நடக்கும் போது வழக்கும் தன்மையைக் காணலாம். அம்மேற்பரப்புகளால் எமது பாதத்தின் மீது பிரயோகிக்கப்படும் உராய்வு விசை குறைவாகவுள்ளமையே இதற்குக் காரணமாகும். இவ்வாறான தரை மீது நடப்பது சிரமமாக அமைவதுடன், அது ஆபத்தானதாகவும் அமையலாம். வழக்காத பாதுகாப்பான முறையில் நடப்பதற்கு உராய்வு விசை அவசியமாகும்.

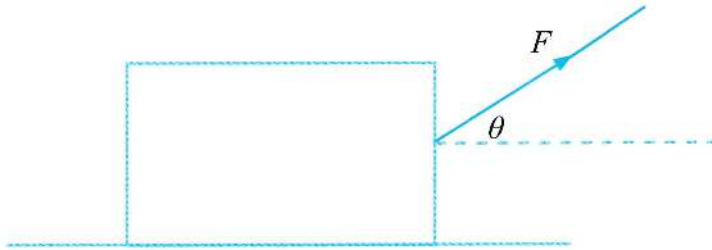
உராய்வு இல்லாவிடின் வாகனங்களின் சில்லுகள் சுழல்வதில்லை. தவாளிப்புகள் தேய்ந்த சில்லுகள் பொருத்தப்பட்டுள்ள வாகனங்கள் மழையுடன் கூடிய நாட்களின் போது வழக்கிச் செல்லும். சில்லுகளில் தவாளிப்புகள் காணப்படுமிடத்து மழைக் காலங்களில் ஏற்படக்கூடிய உராய்வு விசைகளின் குறைவு கட்டுப்படுத்தப்படும். ஈரமான புற்றரையில் நிறுத்தப்பட்டுள்ள வாகனம் பயணத்தை ஆரம்பிக்கும் போது அதன் சில்லு ஒரேயிடத்திற் சுழல்வதைக் காணலாம். உராய்வு விசை குறைவடைவதன் காரணமாகவே இது நிகழ்கின்றது.

### 3.1.5 ⇨ விசைப்பிரிப்பு

கீழே உரு 3.13 இற் காட்டியுள்ளவாறு தரை மீது வைக்கப்பட்டுள்ள ஓரளவு பாரமான பொருளை அதனுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் இழையினால் இழுக்கும் சந்தர்ப்பத்தைக் கருதுக. இங்கு பொருளின் மீது கிடையாக அல்லது கிடையுடன் சாய்வாகவே விசை பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. எனினும் இழைவழியே பிரயோகிக்கும் விசையைப் படிப்படியாக அதிகரிக்கும் போது பொருள் இயங்க ஆரம்பிக்கும். எனினும் இவ்வியக்கம் விசையின் திசையில்லாது தரை வழியே கிடைத் திசை வழியாகவென்பதை அனுபவத்தினூடாக அறிவோம். இதற்குக் காரணம் இழை வழியே பொருள் மீது பிரயோகிக்கும் விசையின் ஒரு பகுதி கிடைத்திசை வழியே தொழிற்படுவதனாலாகும்.

சிறிய பொருளொன்றை தரை மீது வைப்பதற்கு பதிலாக தராசுத் தட்டின் மீது வைத்து மேற்கூறியவாறு இழையொன்றினால் கிடையுடன் சாய்வான திசையில் விசையொன்றைக் கவனமாகப் பிரயோகிக்கும் போது தராசுத் தட்டின் வாசிப்பில் குறைவு ஏற்படுவதைக் காணலாம். பிரயோகிக்கப்படும் விசையின் ஒரு பகுதி நிலைக்குத்துத் திசையில் (மேல் நோக்கித்) தொழிற்படுவதே இதற்குக் காரணமாகும். இதனடிப்படையில் யாதேனும் திசையில் விசையைப் பிரயோகிக்கும் போது அதன் தாக்கம் வேறு திசையிலும் தொழிற்படலாம் என்பது புலனாகின்றது.

யாதேனும் விசையை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான இரு திசைகளில் தொழிற்படும் விதத்தில் கூறுகளாக வகுத்துக் காட்டல் விசைப்பிரிப்பு அல்லது விசைத்துணிப்பு என அழைக்கப்படும். இவ்வாறாக பிரிப்பு செய்யப்பட்ட கூறுகள் அவ்விரு திசைகள் வழியே காணப்படும். விசைக் கூறுகள் என அழைக்கப்படும். இவ்வாறான விசைப் பிரிப்பின் போது எமக்கு விருப்பமான எந்தவொரு திசை வழியேயும் ஒரு கூறையும், தெரிவு செய்யப்பட்ட அத் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் மறு கூறையும் இவ்விரு விசைகளினதும் காவிக் கூட்டுத்தொகை ஆரம்ப விசைக்குச் சமனாகக் காணப்படும்.

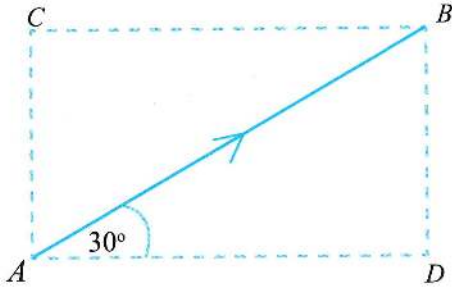


உரு 3.13 கிடையல்லாத விசையைப் பயன்படுத்தி பொருளொன்றை இழுத்தல்.

விசைப் பிரிப்புச் செய்யப்படும் விதத்தை விளங்கிக் கொள்வதற்காக உரு 3.13 இற் காட்டப்பட்டுள்ள விசையின் நிலைக்குத்துக் கூறையும் கிடைக்கூறையும் கணிக்கும் விதத்தை நோக்குவோம்.

இங்கு விசையின் பருமன்  $F = 30 \text{ N}$  எனவும் சாய்வு  $\theta = 30^\circ$  எனவும் கொள்வோம்.

முதலில் விசையை அளவுத்திட்டப்படி வரைவோம். இதற்கான அளவிடை  $1 \text{ cm} = 5 \text{ N}$  எனக் கொண்டால்  $30 \text{ N}$  விசையை வகைக்குறிப்பதற்காக  $6 \text{ cm}$  நீளமான நேர்கோடு வரையப்படல் வேண்டும்.



இங்கு AB யினால்  $30 \text{ N}$  விசையை வகைக்குறிக்கும்  $6 \text{ cm}$  நீளமான நேர்கோடு காட்டப்பட்டுள்ளது.

உரு 3.14 வரைபு முறையைப் பயன்படுத்தி விசையின் கூறுகளைக் காணல்

இவ்வாறாக அளவுத்திட்டப்படி வரையப்பட்ட உரு 3.14 மேலே காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு AC எனும் நேர்கோட்டினால் விசையின் நிலைக்குத்துக் கூறும் AD எனும் நேர்கோட்டினால் விசையின் கிடைக்கூறும் வகைக்குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

AC யின் நீளத்தை அளப்பதன் மூலம் அளவுத்திட்டப்படி நிலைக்குத்துக் கூறின் பருமனை அறிய முடியும்.

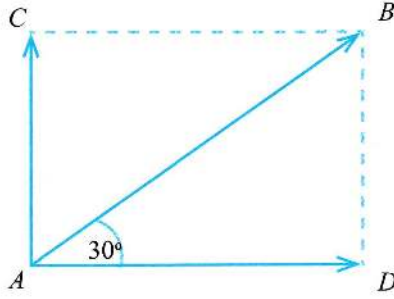
AD யின் நீளத்தை அளப்பதன் மூலம் அளவுத்திட்டப்படி கிடைக்கூறின் பருமனை அறிய முடியும்.

$$\begin{aligned} \text{AC யின் நீளம்} &= 3.0 \text{ cm} \\ \text{நிலைக்குத்துக் கூறு} &= 3.0 \times 5 \text{ N} \\ &= 15.0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AD யின் நீளம்} &= 5.2 \text{ cm} \\ \text{கிடைக்கூறு} &= 5.2 \times 5 \text{ N} \\ &= 26.0 \text{ N} \end{aligned}$$

இங்கு நாம் வரைபு முறை மூலம் விசைப் பிரிப்பை மேற்கொண்டோம். இதற்கு பதிலாக கீழே குறிப்பிட்டவாறு திரிகோண கணித விகிதங்களைப் பயன்படுத்தியும் மிக இலகுவாகவும் திருத்தமாகவும் அக்கணித்தலை மேற்கொள்ளலாம்.





உரு 3.15 - AB எனும் விசையின் கூறுகள்

உரு 3.15 இற் காட்டியவாறு AB எனும் விசையின் கிடை மற்றும் நிலைக்குத்துக் கூறுகள் முறையே AD யும் AC யுமாகும்.

$$\text{சைன் } 30^\circ = \frac{\text{எதிர்பக்கம்}}{\text{செம்பக்கம்}}$$

$$\text{சைன் } 30^\circ = \frac{BD}{AB}$$

$$BD = AB \text{ சைன் } 30^\circ$$

$$BD = 30\text{N சைன் } 30^\circ$$

$$BD = 30 \times 0.5$$

$$= 15 \text{ N}$$

$$BD = AC$$

$$\therefore AC = \text{நிலைக்குத்துக்கூறு}$$

$$= 15 \text{ N}$$

$$\text{கோசைன் } 30^\circ = \frac{\text{அயற்பக்கம்}}{\text{செம்பக்கம்}}$$

$$\text{கோசைன் } 30^\circ = \frac{AD}{AB}$$

$$AD = AB \text{ கோசைன் } 30^\circ$$

$$AD = 30 \text{ N கோசைன் } 30^\circ$$

$$AD = 30 \times 0.8660$$

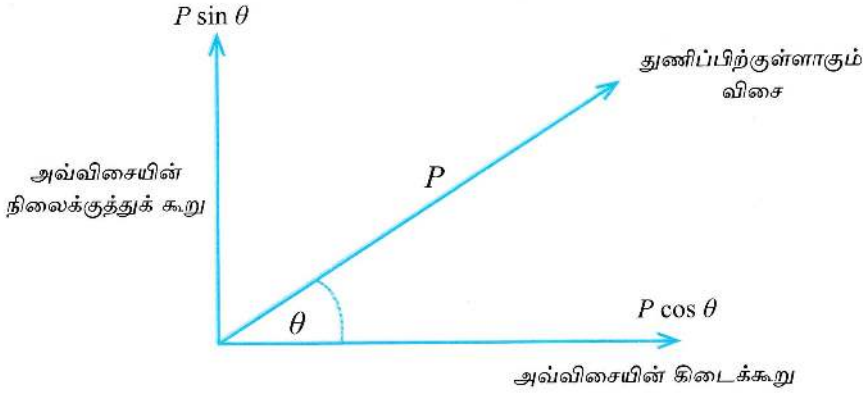
$$= 25.98 \text{ N}$$

$$AD = \text{கிடைக்கூறு}$$

$$\therefore AD = 25.98 \text{ N}$$

இழைவழியே நாம் 30 N விசையைப் பிரயோகிக்குமிடத்து மேற்படி கணிப்பிற்கமைய தரை வழியே கிடைத் திசையில் பொருளை இயங்கச் செய்வதற்காக 25.98 N விசை மாத்திரமே பிரயோகிக்கப்பட்டுள்ளது. விசையின் கிடைத் திசையிலான சாய்வைக் குறைப்பதன் மூலம் கிடைக்கூறின் பெறுமானத்தை அதிகரித்துக் கொள்ள முடியும். பொருளின் இயக்கம் வினைத்திறனுடன் அமைவதற்கு 30 N விசையை கிடைத் திசையில் பிரயோகிக்கப்படல் வேண்டும். இதன்போது விசையின் நிலைக்குத்துக் கூறு பூச்சியமாகும்.

திரிகோண கணித விகிதத்தைப் பயன்படுத்தி  $P$  எனும் விசையைப் பிரிக்கும் போது உரு 3.16 இற் காட்டியவாறு அதன் கூறுகள்  $P \cos \theta$  மற்றும்  $P \sin \theta$  என அமையும்.



உரு 3.16

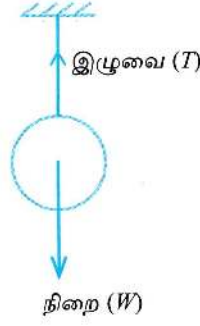
## 3.2 ⇨ விசைகளின் விளையுள்

பொருளொன்றின் மீது தனி விசையொன்று தொழிற்படுமிடத்து அப்பொருளின் நடத்தை பற்றி இதற்கு முன்னர் நாம் கலந்துரையாடியுள்ளோம். பொருளொன்றின் மீது தனியொரு விசை மாத்திரம் தொழிற்படும் சந்தர்ப்பம் மிக அரிதாகும். பல விசைகள் தொழிற்படும் சந்தர்ப்பத்தையே பரவலாக அவதானிக்கக்கூடியதாக உள்ளது. இங்கு அவ்வாறான சந்தர்ப்பங்கள் பற்றிக் கலந்துரையாடுவோம்.

### விசைத்தொகுதி

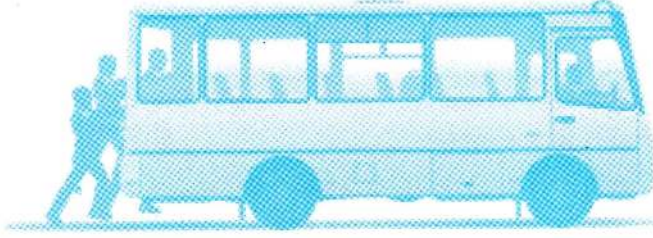
பொருளொன்றின் மீது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட விசைகளைப் பிரயோகிக்கும் போது அவ்விசைகளின் ஊட்டு விசைத்தொகுதி என அழைக்கப்படும்.

இழையொன்றினாற் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள பொருளின் மீது தொழிற்படும் விசைகள் இரண்டாகும். இவற்றுள் ஒரு விசை பொருளின் நிறை ( $W$ ) ஆவதுடன், மற்றைய விசை இழையின் இழுவை ( $T$ ) ஆகும். அவ்விசைகள் தொழிற்படும் விதம் உரு 3.17 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ்விரு விசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரான திசைகளிற் தொழிற்படுகின்றது. இச்சந்தர்ப்பத்தில் விசைத் தொகுதியானது. இரண்டு விசைகளைக் கொண்டுள்ளது.



உரு 3.17 - இரு விசைகளாலான விசைத்தொகுதி

அவ்வாறே உரு 3.18 இற் காட்டியவாறு பேருந்து ஒன்றைப் பலர் சேர்ந்து தள்ளும் சந்தர்ப்பத்தைக் கருதுவோம்.



உரு 3.18 - பலர் ஒன்று சேர்ந்து பேருந்து ஒன்றைத் தள்ளுதல்

பேருந்தைத் தள்ளுவதற்காக ஒவ்வொருவரும் பிரயோகிக்கும் விசைகளுக்கு மேலதிகமாக பேருந்தின் நிறை, பேருந்து தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் தரையின் மேற்பரப்பினால் பேருந்து மீது பிரயோகிக்கும் மறுதாக்கம். உராய்வு விசை போன்ற பல விசைகள் பேருந்து மீது பிரயோகிக்கப்படும். எனவே இவ்விசைத் தொகுதியினுள் பல கூட்டு விசைகள் காணப்படுகின்றன. மேலும் பேருந்து மீது தொழிற்படும் விசைகள் ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு திசைகளிற் தொழிற்படுகின்றன.

எமது சூழலைப் பற்றிக் கற்கும் போது நாம் காணும் ஒவ்வொரு பொருளும் பல கூட்டு விசைகளைக் கொண்ட விசைத் தொகுதியின் கீழ் காணப்படுவதை இனங்காண முடியும்.

### 3.2.1 ⇨ இரண்டு விசைகளின் விளையுள்

பொருளொன்றின் மீது தொழிற்படும் விசைத் தொகுதிக்குரிய எல்லா விசைகளும் சில வேளைகளில் அப்பொருளை ஓய்வில் வைத்திருக்கும். அல்லது இயங்கச் செய்யும் விசைத் தொகுதியொன்றினால் வழங்கப்படும். இவ்விளைவுகளை தனியொரு விசை மூலமாகவும் வெல்ல முடியும். பொருள் ஒன்றின் மீது தொழிற்படும் விசைத் தொகுதிகளுக்குப் பதிலாக பிரயோகிக்கக் கூடிய தனி விசை விளையுள் விசை என அழைக்கப்படும். அல்லது விசைத் தொகுதியொன்றினால் ஏற்படுத்தப்படும் தேறிய விளைவு விசைகளின் விளையுள் எனப்படும்.

இதனடிப்படையில் விசைத் தொகுதியின் கீழ் காணப்படும் பொருள் ஓய்விற் காணப்படுமாயின் அல்லது மாறா வேகத்துடன் இயங்குமாயின் அவ்விசைத் தொகுதியின் விளையுள் அல்லது விசைத் தொகுதிக்குப் பதிலாகப் பிரயோகிக்கக்கூடிய தனி விசை பூச்சியமாகும். ஓய்வில் இருக்கும் அல்லது மாறா வேகத்துடன் இயங்கும் பொருள் மீது தொழிற்படும் விளையுள் விசை பூச்சியமாவதே இதற்குத் காரணமாகும்.

விசைத் தொகுதியொன்றின் விளையுளைக் கணிக்கும் விதத்தை இலகுவாக விளங்கிக் கொள்வதற்காக முதலில் ஒரே நேர்கோட்டிற் தொழிற்படும். இரண்டு விசைகளாலான விசைத் தொகுதியை மாத்திரம் கருதுவோம். பொருளொன்றின் மீது  $P, Q$  எனும் இரு விசைகள் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையிலும் ஒரே திசையிலும் தொழிற்படும் விதம் உரு 3.19 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



ஒன்றுக்கொன்று எதிராகத் தொழிற்படும் இரு விசைகள்



ஒரே திசையிற் தொழிற்படும் இரு விசைகள்

உரு 3.19

இவ்வாறான சந்தர்ப்பங்களில் இரு விசைகளால் ஏற்படுத்தப்படும் விளையுள் விசையின் பருமன் பின்வருமாறு அமையும்.

- ★ இரு விசைகளும் ஒரே திசையிற் தொழிற்படுமாயின் விளையுள் விசையானது அவ்விரு விசைகளினதும் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமனாகும். விளையுளின் திசை விசையின் திசையாகும்.
- ★ இரு விசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று எதிராகத் தொழிற்படுமாயின் விளையுள் விசையின் பருமன் அவ்விரு விசைகளினதும் வித்தயாசத்திற்கும் சமனாகும். விளையுளின் திசையானது பருமன் கூடிய விசையின் திசையில் இருக்கும்.

இதனடிப்படையில்  $P, Q$  என்பவற்றால் ஏற்படுத்தப்படும் விசைகளின் விளையுள்  $R$  எனக் கொண்டால்,

$P, Q$  என்பன ஒரே திசையிற் தொழிற்படின

$R = P + Q$  ஆவதுடன்

$P, Q$  என்பன ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த் திசையிற் தொழிற்படின

$R = P - Q$  ஆகும்.

விசையானது காவிக்கணியம் என்பதனால் பொதுவாக கருதப்படும் இரு விசை களினதும் காவிக்கூட்டுத் தொகை விளையுள் விசைக்குக் சமனானதாகக் கருதப்படும்.

### உதாரணம் 3

பொருளொன்றின் மீது 10 N, 5 N எனும் இரு விசைகள் ஒரே நேர்கோட்டில் ஒன்றுக்கொன்று எதிரான திசையில் தொழிற்படுகின்றது. பொருள் மீது தொழிற்படும் விளையுள் விசையைக் காண்க.



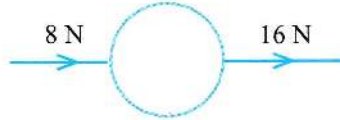
தெரிவு செய்யப்படும் திசை 10 N விசை தொழிற்படும் திசை எனக் கருதுமிடத்து விளையுளானது

$$\begin{aligned} R &= 10 \text{ N} - 5 \text{ N} \\ &= 5 \text{ N} \end{aligned}$$

விளையுளின் திசையானது 10 N விசை தொழிற்படும் திசையாகும்.

### உதாரணம் 4

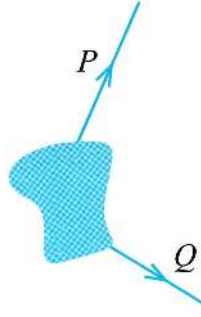
பொருளொன்றின் மீது ஒரே திசையில் ஒரே நேர்கோட்டில் 8 N, 16 N எனும் இரு விசைகள் தொழிற்படுகின்றன. இவ்விரு விசைகளுக்கும் பதிலாகப் பிரயோகிக்கக்கூடிய விளையுள் விசையைக் காண்க.



$$\begin{aligned} \text{விளையுள் விசை } R &= 8 \text{ N} + 16 \text{ N} \\ &= 24 \text{ N} \end{aligned}$$

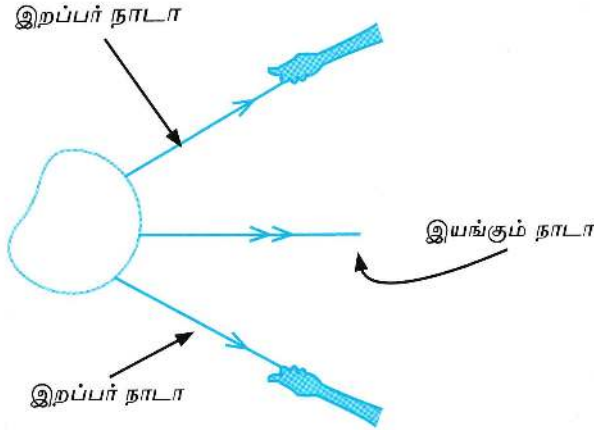
விளையுள் விசையின் திசை அவ்விரு விசைகளும் தொழிற்படும் திசை வழியாகும்.

அடுத்ததாக ஒன்றுக்கொன்று சாய்வாக காணப்படும் போது இரு விசைகளின் விளையுளைக் காணும் விதம் பற்றி கலந்துரையாடுவோம். பொருளொன்றின் மீது ஒன்றுக்கொன்று சாய்வாகத் தொழிற்படும் P, Q எனும் இரு விசைகள் 3.20 இற் காட்டப் பட்டுள்ளது.



உரு 3.20 பொருளொன்றின் மீது தொழிற்படும் ஒன்றுக்கொன்று சாய்வான இரு விசைகள்

மேற்காட்டியவாறான இரு விசைகளின் கீழ் காணப்படும் பொருளானது  $P$  திசை வழியாகவோ அல்லது  $Q$  திசை வழியாகவோ இயங்காது. அவ்வாறான சந்தர்ப்பத்தில் பொருள் இயங்கும் திசை பற்றி அறிந்து கொள்வதற்காக எளிய பரிசோதனையொன்றை மேற்கொள்வோம். உரு 3.21 இற் காட்டியவாறு மேசை மீது வைக்கப்பட்ட பொருளுடன் இரண்டு இறப்பர் நாடாக்களைப் பொருத்தி ஒன்றுடன் ஒன்று நிலையான சாய்வில் இருக்கக்கூடியவாறும். இரு இறப்பர் நாடாக்களும் மேசையின் தளத்தின் மீது காணப்படக்கூடியவாறும் வைத்துக் கொண்டு மெதுவாக இழுப்போம். அச்சந்தர்ப்பத்தில் பொருள் இயங்கும் திசை விளையுள் விசையின் திசையாகும். அவ்விளையுள் விசையின் திசையானது இறப்பர் நாடாக்களினால் விசை பிரயோகிக்கப்பட்ட இரு திசைகளுக்கும் இடைப்பட்ட திசையாகும். என்பதையும் அவதானிக்கலாம்.



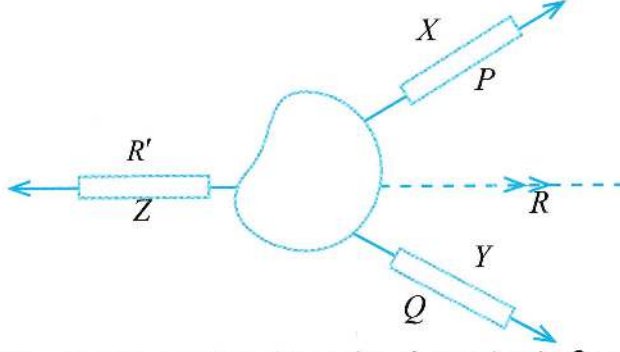
உரு 3.21 ஒன்றுக்கொன்று சாய்வான இரு விசைகளின் விளையுள்

ஒன்றுக்கொன்று சாய்வாகத் தொழிற்படும் இரு விசைகளின் விளையுள் விசையின் பருமனைக் காண்போம்.

இரு விசைகளினதும் விளையுள் விசை ( $R$ ) இற்குச் சமனான விசை ( $R'$ ) ஐப் பிரயோகிக்கும் போது அவ்விரு விசைகளினாலும் ஏற்படுத்தப்படும் இறுதி விளையுள் விசை பூச்சியமாகும். அதாவது ஒன்றுக்கொன்று சாய்வாகக் காணப்படும். இரு விசை

களின் விளையுள் விசைக்கு எதிராக பொருள் ஓய்வில் இருக்குமாறு பிரயோகிக்கப்படும் விசையின் பருமன் விளையுள் விசைக்குச் சமனாகும்.

உரு 3.22 இற் காட்டியவாறு மேசை மீது வைக்கப்பட்ட பொருளுக்கு மேசையின் தளத் தின் மீதே காணப்படுமாறு  $X, Y, Z$  எனும் மூன்று விற்றாசகளைப் பொருத்துவோம்.

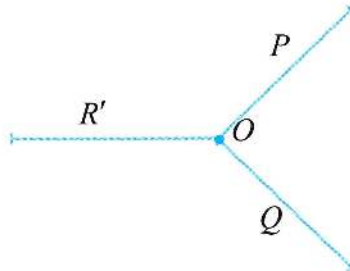


உரு 3.22 ஒன்றுக்கொன்று சாய்வான இரு விசைகளின் விளையுள் மற்றுமொரு விசையினால் சமநிலைப்படுத்தப்படும் விதம்

$X, Y$  என்பவற்றை ஒன்றுக்கொன்று சாய்வாக இருக்கும் வண்ணம் வைத்து இழுக்கும் போது  $Z$  இனால் பிரயோகிக்கப்படும். விசை  $X, Y$  மூலம் பிரயோகிக்கப்படும் விசை களின் விளையுளுக்கு எதிராகத் தொழிற்படும். பொருள் ஓய்விலிருக்கும் யாதேனுமோர் சந்தர்ப்பத்தில்  $X, Y, Z$  என்பவற்றின் வாசிப்புகளை அவதானிக்குமிடத்து அவை  $P, Q, R'$  எனக் கொள்வோம் இங்கு  $R'$  இன் பெறுமானம்  $P, Q$  என்பவற்றின் விளையுள் விசை ( $R$ ) இற்குச் சமமாகும்.

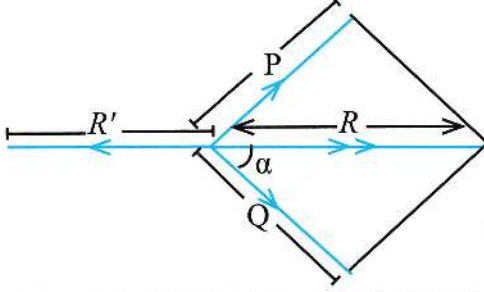
### இரு விசைகளின் விளையுளின் அட்சரகணிதக் குறிப்பீடு

உரு 3.22 இற் காட்டப்பட்டுள்ள விற்றாசுடன் கூடிய ஒழுங்கமைப்பில் பொருள் மீது பிரயோகிக்கப்படும் விசை அட்சரகணித ரீதியாகக் குறிப்பீடு செய்யின் பெறப்படும் வரைபடம் உரு 3.23 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு  $O$  என்பது  $X, Y$  யினாற் பிரயோகிக்கப்படும். இரண்டு விசைகளினதும் தாக்கக்கோடுகள் ஒன்றையொன்று வெட்டும் புள்ளியாகும்.



உரு 3.23 இரு விசைகளின் விளையுளின் கேத்திரகணிதக் குறிப்பீடு

இங்கு  $P, Q$  ஆகிய இரு விசைகளின் விளையுள்  $R$  இற்குச் சமனாகவும் எதிராகவும்  $R'$  எனும் விசை காணப்படும். எனவே  $R'$  இன் தாக்கக் கோட்டின் பருமனுக்குச் சமனாகவும் எதிராகவும்  $R$  தொழிற்படுவதாகக் கூற முடியும். இவ்வரைபடத்தின் கோடுகள் மூலம் குறித்த விசைகளின் திசை காட்டப்படுவதுடன் அந்நேர்கோடுகளின் நீளங்கள் குறித்த விசைகளின் விளையுளுக்கு விகிதசமமாக அமையுமாறு காட்டப்பட்டுள்ளது.



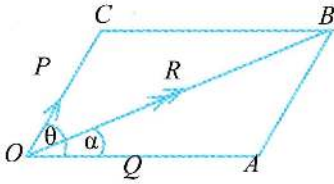
உரு 3.24 - இணைகரமொன்றை நிர்மாணிப்பதன் மூலம் இரு விசைகளின் விளையுள் விசையைக் கணித்தல்

இப்போது உரு 3.24 இற் காட்டியவாறு  $P, Q$  ஆகிய பக்கங்களினாலான இணை கரமொன்றை நிர்மாணிக்கும் போது அதன் மூலைவிட்டத்தின் நீளம்  $R$  இற்குச் சமனாக அமைவதைக் காணலாம். அதிலிருந்து ஒன்றுக்கொன்று சாய்வான இரு விசை களின் விளையுள் அவ்விரு விசைகளையும் பக்கமாகக் கொண்டு அமைக்கப்பட்ட இணைகரத்தின் மூலைவிட்டத்தினால் எடுத்துரைக்கப்படுமென்பது தெளிவாகின்றது.



### 3.2.2 ⇒ விசை இணைகர விதி (law of parallelogram of forces)

புள்ளியொன்றின் மீது தொழிற்படும் ஒன்றுக் கொன்று சாய்வான இரு விசைகள் பருமனிலும் திசையிலும் சமனாகுமாறு உரு 3.25 இற்காட்டியவாறு இணைகரமொன்றின் அடுத்துள்ள பக்கங்களால் குறிக்கப்பட்ட அப் புள்ளிக்கூடாக வரையப்படும் இணைகரத்தின் மூலை விட்டம் இவ்விரு விசைகளினதும் விளையுளைப் பருமனிலும் திசையிலும் குறிக்கும்.



உரு 3.25 விசையிணைகரம்

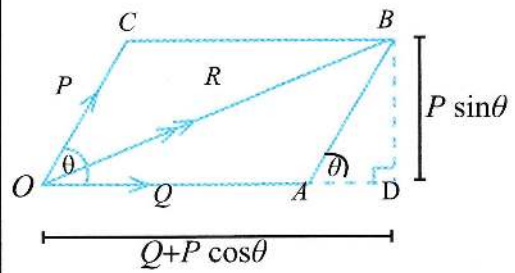
ஒன்றுக்கொன்று  $\theta$  சாய்வில் தொழிற்படும்  $P, Q$  எனும் இரு விசைகளினால் ஏற்படுத்தப்படும் விளையுள்  $R$  ஆகுமாயின்,

$R^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \theta$  எனும் சமன்பாடு மூலம் விளையுளின் பருமனைக் காணலாம்.

விளையுளின் திசை

$$\tan \alpha = \frac{P \sin \theta}{Q + P \cos \theta}$$

எனும் கோவை மூலம் கணிக்கலாம் விளையுள் விசையின் பருமனும் விளையுள் விசையின் திசையும் வலது பக்கத்திலுள்ள சட்டகத்திற் குறிப்பிட்டவாறு OABC எனும் இணைகரத்தைப் பயன்படுத்தி கட்டியெழுப்பலாம்.



$$OD = OA + AD$$

$$= Q + P \cos \theta \quad \text{--- ①}$$

$$DB = P \sin \theta \quad \text{--- ②}$$

$$\therefore OB^2 = OD^2 + DB^2$$

$$R^2 = (Q + P \cos \theta)^2 + P^2 \sin^2 \theta$$

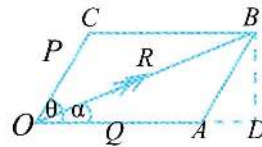
$$= Q^2 + P^2 \cos^2 \theta + 2PQ \cos \theta + P^2 \sin^2 \theta$$

$$= P^2 (\sin^2 \theta + \cos^2 \theta) + Q^2 + 2PQ \cos \theta$$

$$R^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \theta$$

என்பதால்

$$R^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \theta$$



உருவின்படி  $R, Q$  இடையேயான

கோணம்  $\alpha$  ஆகுமிடத்து

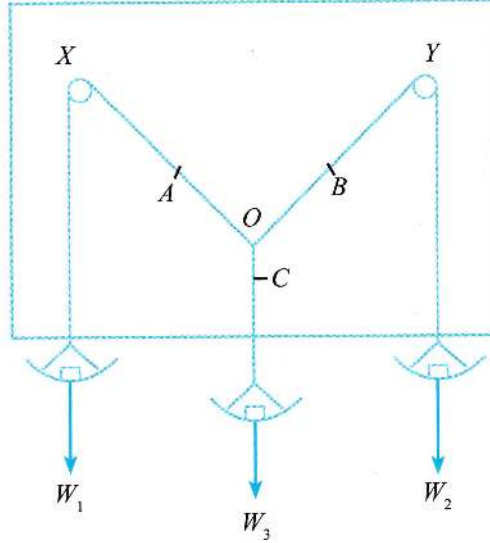
$$\tan \alpha = \frac{BD}{OD} = \frac{P \sin \theta}{Q + P \cos \theta}$$

$$\tan \alpha = \frac{P \sin \theta}{Q + P \cos \theta}$$

எனக் காட்டலாம்

## விசையிணைகர விதியை செய்முறைகளினூடாக வாய்ப்புப் பார்த்தல்

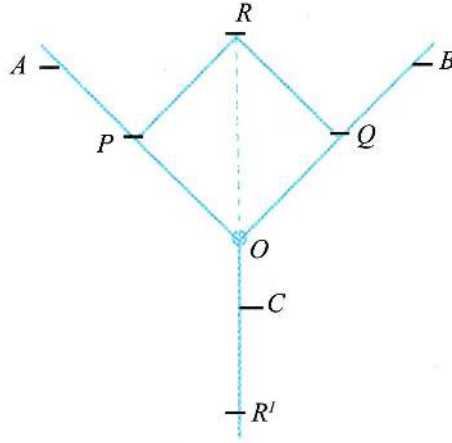
இதற்காக நிலைக்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள பலகையொன்றிற் பொருத்தப்பட்ட இரு கப்பிகளுடாக அனுப்பப்பட்டுள்ள இழையிற் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள மூன்று சுமைகளைப் பயன்படுத்தலாம். இது விசையிணைகர உபகரணம் என அழைக்கப்படும் அத்தகைய ஒழுங்கமைப்பு உரு 3.26 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 3.26 - விசையிணைகர உபகரணம்

$X, Y$  எனும் இரு கப்பிகளுடாக அனுப்பப்பட்டுள்ள  $A, B$  எனும் இரு இழைகளுக்கும்  $C$  எனும் புள்ளியில்  $O$  எனும் இழை பொருத்தப்பட்டு இழைகளின் அந்தங்களில் முறையே  $W_1, W_2, W_3$  எனும் சுமைகள் கட்டித் தொங்கவிடப்படும் போது இழை காணப்படும் விதம் உருவிற் காட்டப்பட்டுள்ளது.

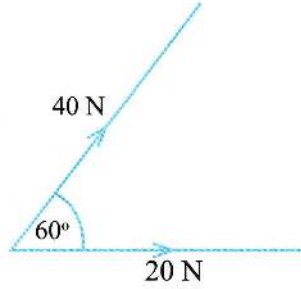
$A, B, C$  ஆகிய இழைகளின் இழுவைகள் முறையே  $W_1, W_2, W_3$  ஆகும். பலகை மீது ஓட்டப்பட்ட கடதாசி மீது  $A, B, C$  ஆகிய இழைகளின் அமைவு குறிக்கப்பட்டு தெரிவு செய்யப்பட்ட அளவிடைகளுக்கேற்ப  $O$  விலிருந்து  $A, B, C$  வழியே முறையே  $W_1, W_2, W_3$  என்பவற்றின் பருமன்களைக் குறித்துக் கொள்க.  $W_1$  இன் பருமன்  $OP$  மூலமும்  $W_2$  இன் பருமன்  $OQ$  மூலமும்  $W_3$  இன் பருமன்  $OR'$  இன் மூலமும் வகைக்குறிக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். இப்போது உரு 3.27 இற் காட்டியவாறு  $OP, OQ$  எனும் அயற் பக்கங்களாகப் காணப்படக்கூடிய இணைகரத்தை அமைத்து அதன் மூலைவிட்டமான  $OR$  இன் நீளத்தை அளப்போம். இதன் போது  $OR = OR'$  ஆவதை அவதானிக்கலாம்.



உரு 3.27 - விசையிணைகர விதியை வாய்ப்புப்பார்த்தல்

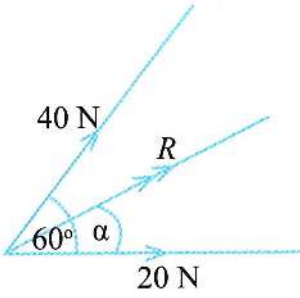
### உதாரணம் 5

ஒன்றுக்கொன்று  $60^\circ$  சாய்வில் தொழிற்படும் இரு விசைகள் உருவிற காட்டப் பட்டுள்ளன. அவ்விரு விசைகளாலும் ஏற்படுத்தப்படும். விளையுளைக் காண்க.



விளையுள் விசையை  $R$  எனக் கொள்வோம் அதனடிப்படையில்

$$\begin{aligned}
 R^2 &= P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \theta \\
 &= 40^2 + 20^2 + 2 \times 40 \times 20 \cos 60^\circ \\
 &= 1600 + 400 + 2 \times 40 \times 20 \times \frac{1}{2} \\
 &= 2800 \\
 R &= \sqrt{2800} \text{ N} \\
 &= 20\sqrt{7} \text{ N}
 \end{aligned}$$



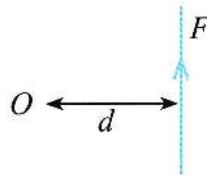
$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{P \sin \theta}{Q + P \cos \theta} \\ &= \frac{40 \times \sin 60^\circ}{20 + 40 \cos 60^\circ} \\ &= \frac{40 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{20 + 40 \times \frac{1}{2}} \\ &= \frac{20\sqrt{3}}{40} \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \tan \alpha &= \frac{\sqrt{3}}{2} \end{aligned}$$

### 3.3 ⇒ விசைத் திருப்பம் (moment of forces)

விசையொன்றைப் பிரயோகிப்பதன் மூலம் ஓய்விலுள்ள பொருளொன்றை இயங்கச் செய்ய முடியுமென்பதையும் இயங்கும் பொருளொன்றின் இயக்கத்தன்மையை மாற்ற முடியுமென்பதையும் நீங்கள் ஏற்கனவே அறிந்து வைத்துள்ளீர்கள். மேலும் யாதேனும் விசை மூலம் விசையின் திசை வழியே இயக்கத்தை ஏற்படுத்தக்கூடிய சந்தர்ப்பம் பற்றியும் நீங்கள் அறிந்து வைத்துள்ளீர்கள். விசையினால் பொருளொன்றை யாதேனும் புள்ளி பற்றி சுழலச் செய்ய முடியுமா? பொருளொன்றைச் சுழற்றுவதில் விசை மாத்திரம் செல்வாக்குச் செலுத்துமா என்பது பற்றி இங்கு ஆராயப்படும்.

#### 3.3.1 விசைத் திருப்பத்தை வரைவிலக்கணப்படுத்தல்

குறித்தவொரு புள்ளியிலிருந்து விசையின் தாக்கக் கோட்டுக்குள்ள செங்குத்துத் தூரத் தினதும் விசையின் பருமனிதனும் பெருக்கம் அப்புள்ளி பற்றிய விசையின் திருப்பம் என அழைக்கப்படும்.

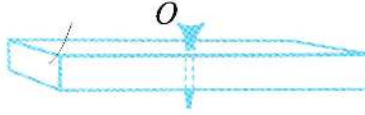


உரு 3.28 - திருப்பத்தை வரைவிலக்கணப்படுத்தல்

இதனடிப்படையில் உரு 3.28 இற் காட்டியவாறு  $O$  எனும் புள்ளியிலிருந்து  $F$  எனும் விசைக்கு உள்ள செங்குத்துத் தூரம்  $d$  ஆகுமெனின்  $O$  எனும் புள்ளி பற்றிய விசைத் திருப்பம்  $Fd$  ஆகும். சர்வதேச அலகு முறைப்படி நீளம் மீற்றரிலும் (m) விசை நியூற்றனிலும் (N) அளக்கப்படுவதால் திருப்பத்தின் அலகு நியூற்றன் மீற்றர் (Nm) ஆகும்.

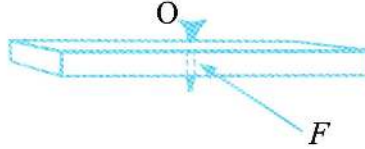
### திருப்பத்தின் முக்கியத்துவம்

உரு 3.29 இற் காட்டியவாறு மரக்கீலமொன்றை எடுத்து அதில்  $O$  எனும் புள்ளியினூடு செல்லும் துளையொன்றை ஏற்படுத்தி ஆணியொன்றினால் மேசையுடன் பொருத்தப் பட்டுள்ளதாகக் கொள்வோம்.



உரு 3.29 - திருப்பத்தைச் சோதிப்பதற்கான ஒழுங்கமைப்பு

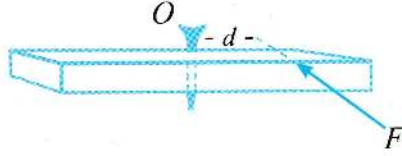
உரு 3.30 இற் காட்டியவாறு ஆணி வழியே கிடைவிசை ( $F$ ) யைப் பிரயோகிக்கும் போது மரக்கீலத்தில் சுழற்சி ஏற்படாது என்பதை இனங்காணலாம். அதாவது  $O$  பற்றி மரக்கீலத்தைச் சுழலச் செய்வதற்காக  $O$  வழியே தொழிற்படக்கூடிய விசையைப் பயன்படுத்தி அதனைச் சுழலச் செய்ய முடியாது. என்பது புலனாகின்றது.



உரு 3.30 - சுழற்சிப் புள்ளியினூடு பிரயோகிக்கும் விசை மூலம் திரும்பலை ஏற்படுத்த முடியாது என்பதை எடுத்துக்காட்டல்

விசைத்திருப்பம் பற்றிய வரைவிலக்கணத்தின்படி இச் சந்தர்ப்பத்தில்  $O$  பற்றி விசைத் திருப்பம்  $O$  எனக் காட்ட முடியும்.  $O$  விலிருந்து விசை ( $F$ ) யின் தாக்கக்கோட்டுக்கு உள்ள செங்குத்துத் தூரம் பூச்சியமாவதே இதற்குக் காரணமாகும்.

$$\begin{aligned} \text{அதாவது, } O \text{ பற்றிய திருப்பம்} &= Fd \\ d &= 0 \text{ ஆகையால்} \\ O \text{ பற்றிய திருப்பம்} &= 0 \end{aligned}$$



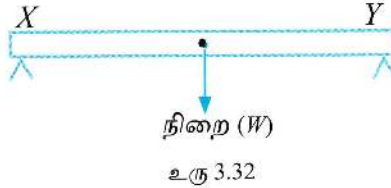
உரு 3.31 - சுழற்சிப் புள்ளியினூடாகச் செல்லாத விசையினால் ஏற்படுத்தப்படும் திருப்பம்

உரு 3.31 இற் காட்டியவாறு  $O$  விற்கு அப்பாலுள்ள அமைவு மீது  $O$  வழியே செல்லாத வகையில் ( $F$ ) எனும் விசை பிரயோகிக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். இதன்போது  $O$  எனும் புள்ளி பற்றி மரக்கீலம் சுழல்வதைக் காணலாம். இச் சந்தர்தர்ப்பத்தில்  $O$  பற்றிய திருப்பம் பூச்சியமன்று. விசையின் தாக்கக் கோட்டுக்கும்  $O$  இற்கும் இடையேயான தூரம் பூச்சியமல்லாதிருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும்.

$$\begin{aligned} \text{எனவே } O \text{ பற்றிய திருப்பம்} &= F.d \\ d &> 0 \text{ ஆகையால்} \\ O \text{ பற்றிய திருப்பம்} &> 0 \end{aligned}$$

இதிலிருந்து குறித்த புள்ளி பற்றி பொருளொன்றை சுழலச் செய்வதற்கு அப்புள்ளி பற்றி திருப்பம் காணப்பட வேண்டுமென்பது புலனாகின்றது.

$X, Y$  எனும் இரு முனைகள் மீது கோலொன்று ஓய்விலிருக்கும் விதம் உரு 3.32 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



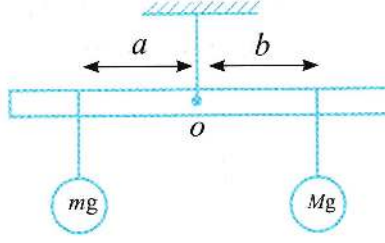
உரு 3.32

இக்கோலில் சுழற்சி நடைபெறாததாகையால் எந்தவொரு புள்ளி பற்றியும் திருப்பம் காணப்படாதென்பது தெளிவாகும்.

இப்போது  $X$  எனும் முனையை அகற்றுவோம் இதன்போது கோல்  $Y$  பற்றி சுழற்சியடையும். அதே போன்று  $X$  இற்குப் பதிலாக  $Y$  வை அகற்றினால் கோலானது  $X$  பற்றி சுழற்சியடையும்  $X$  அல்லது  $Y$  யை அகற்றும் போது எஞ்சியிருக்கும் முனை பற்றி கோலின் நிறை ( $W$ ) யினால் திருப்பம் ஏற்படுத்தப்படுவதே இதற்குக் காரணமாகும்.

இதிலிருந்து கோல் ஓய்விலிருக்கும் போது  $X$  அல்லது  $Y$  பற்றி அதன் நிறையினால் ஏற்படுத்தப்படும் திருப்பத்தினால் ஏற்படுத்தப்படும் சுழலும் ஆற்றலுக்குச் சமனானதும் எதிரானதுமான சுழலுமாற்றல் வேறு திருப்பத்தினால் ஏற்படுத்தப்படுவதே இதற்குக் காரணமாகும்.

அடுத்ததாக மீற்றர்க் கோல் போன்ற சீரான கோலொன்றைக் கிடையாகவும் சமநிலை யாகவும் காணப்படும் வகையில் அதன் நடுப்புள்ளியில் கட்டித் தொங்கவிடுவோம். (உரு 3.33)



உரு 3.33 - இரண்டு சுமைகள் தொங்கவிடப்பட்டு சமநிலைப்படுத்தப்பட்டுள்ள கோல்

இங்கு ஒரு பக்கத்தில்  $a$  தூரத்தில் தெரிந்த  $mg$  சுமையொன்றைத் தொங்கவிட்டு மறு பக்கத்தில் வெவ்வேறு  $b$  தூரங்களில் பொருத்தமான சுமை ( $Mg$ ) களைத் தொங்கவிட்டு சமநிலையடையச் செய்க.

ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் பெற்ற வாசிப்புகளைப் பின்வரும் அட்டவணையிற் குறித்துக் கொள்க.

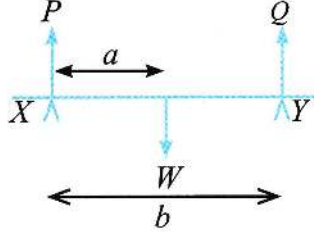
$a \times mg$	$b$	$Mg$	$b \times Mg$

$a$  யும்  $mg$  யும் மாறிலியாதலால் ஒவ்வொரு சமநிலைச் சந்தர்ப்பத்திலும்  $O$  பற்றி  $mg$  யினால் ஏற்படுத்தப்படும் திருப்பம் மாறிலியாகும். பல்வேறு  $b$  தூரங்களில்  $Mg$  யினால் ஏற்படுத்தப்படும் திருப்பமும் மாறிலியாகக் காணப்படுவதையும் எல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் அது  $a \times mg$  இற்குச் சமனாகக் காணப்படுவதையும் அவதானிக்கலாம். அதாவது  $O$  பற்றி ஒரு பக்கமாக ஏற்படுத்தப்படும் திருப்பம் அதன் மறுபக்கமாக ஏற்படுத்தப்படும் திருப்பத்திற்குச் சமனென்பது புலனாகின்றது. சுருங்கக்கூறின் பொருளொன்று சுழலும் ஆற்றல் அதன் திருப்பத்தில் தங்கியுள்ளது எனலாம்.

இதனடிப்படையில் முன்பு கருதிய உரு 3.30 இற் காட்டிய முளைகளின் மீது சமநிலை யில் வைக்கப்பட்ட கோலைக் கருதுமிடத்து அதில்  $X, Y$  ஆகிய முளைகளின் கோல் மீது  $P, Q$  ஆகிய மறுதாக்கம் கோலுக்கு செங்குத்தாக மேல்நோக்கிக் காணப்படும். (உரு 3.34)

## திருப்பக் கோட்பாடு (திருப்புத்திறன் தத்துவம்)

விறைப்பான பொருள் ஒன்றில் பல விசைகள் தாக்கி சமநிலையில் இருப்பின் எந்தவொரு புள்ளி பற்றியும் அவ்விசைத் தொகுதியிலுள்ள விசைகளின் திருப்ப திறன்களின் அட்சர கணித கூட்டுத்தொகை பூச்சியமாகும்.



உரு 3.34

இக்கோல் முளை மீது சமநிலையிற் காணப்படுவதால் அதன் மீது தொழிற்படும் எந்தவொரு புள்ளி பற்றியதுமான திருப்பம் பூச்சியமாக இருத்தல் வேண்டும்.

இதனடிப்படையில் X பற்றிய வலஞ்சுழியான திருப்பத்தைக் கருதுமிடத்து

$$aW - bQ = 0$$

$$Q = \frac{aW}{b}$$

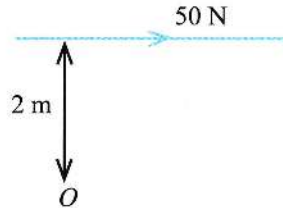
Y எனும் புள்ளி பற்றி வலஞ்சுழித் திருப்பத்தை கருதுமிடத்து

$$bP - (b - a)W = 0$$

$$P = \frac{(b - a)W}{b}$$

### உதாரணம் 6

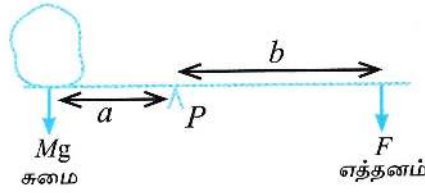
50 N விசையின் தாக்கக் கோட்டுக்கு O எனும் புள்ளியிலிருந்து செங்குத்துத் தூரம் 2 m ஆகும். O பற்றி 50 N விசையினால் ஏற்படுத்தப்படும் திருப்பத்தைக் காண்க.



$$\begin{aligned} O \text{ பற்றிய திருப்பம்} &= \text{விசையின் பருமன்} \times O \text{ விலிருந்து விசைக்குள்ள செங்குத்துத் தூரம்} \\ &= 50 \text{ N} \times 2 \text{ m} \\ &= 100 \text{ N m} \end{aligned}$$



## திருப்பத்தின் பிரயோகங்கள்



உரு 3.35

நெம்பு ஒன்றைப் பயன்படுத்தி இலகுவாக சுமையொன்றை உயர்த்தும் போது திருப்பத் தத்துவம் பயன்படுத்தப்படும். அத்தகையதோர் சந்தர்ப்பம் உரு 3.35 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு P எனும் முனை பற்றி Mg யினால் ஏற்படுத்தப்படும். திருப்பத்தை விட கூடியதும் எதிர்த் திசையிலானதுமான திருப்பத்தை (F) இனால் ஏற்படுத்தப்படும் சந்தர்ப்பத்தில் சுமை Mg உயர்த்தப்படும்.

இத்தொகுதி சமநிலையிலிருக்கும் போது P பற்றி இடஞ்சுழியான திருப்பத்தை கருது மிடத்து

$$Mga - Fb = 0$$

$$Mga = Fb$$

$$F = \frac{Mga}{b}$$

P யிலிருந்து சுமைக்கு உள்ள தூரத்தை விட P யிலிருந்து எத்தனத்துக்கு உள்ள தூரம் அதிகமாகும். வகையில் அதாவது  $a < b$  ஆகும் வகையில் நெம்பை ஒழுங்கமைக்கும் போது சுமையின் நிறையான Mg இலும் குறைந்த விசை F யைப் பிரயோகிப்பதன் மூலம் பொருளை உயர்த்த முடியும்.

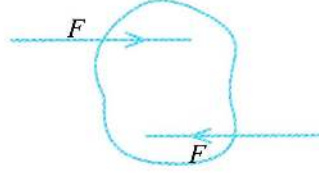


உரு 3.36 - தகடு வெட்டுவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் கத்தரிகோல்

தகடு வெட்டுவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் கத்தரி திருப்பத்தின் மற்றுமோர் பிரயோகமாகும். (உரு 3.36) இங்கு கத்தரியின் பிடிப்பகுதி நீளத்தில் அதிகமாக அமையுமாறும் வெட்டும் அலகுப் பகுதி குறைந்த நீளத்தைக் கொண்டதாக அமையுமாறும் நிர்மாணிக்கப்பட்டுள்ளமையால் குறைந்த எத்தனத்தினால் தகட்டை வெட்ட முடியும்.

## விசையிணை (force couple)

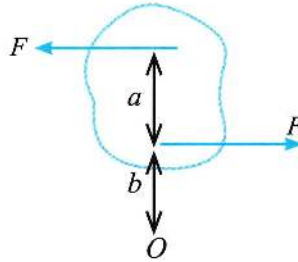
உரு 3.37 இற் காட்டிவாறு ஒன்றுக்கொன்று எதிரானதும் சமனான இடைத்தூரத்திலும், பொருளொன்றின் மீது பிரயோகிக்கப்படும் சமனான பருமனைக் கொண்ட விசைச் சோடி விசையிணை என அழைக்கப்படும்.



உரு 3.37 - விசையிணை

இவ்வாறான விசைச்சோடி பொருளொன்றின் மீது பிரயோகிக்கப்படும் போது அவ் விசைச்சோடி ஒன்றுக்கொன்று எதிரான திசையிற் காணப்படுவதனால் விளையுள் பூச்சியமாகும். இதன் காரணமாக இவ்விசையிணை மூலம் பொருள் நேர்கோட்டுப் பாதையில் இயங்காது. எனினும் அதன் மூலம் பொருள் அவ்விரு விசைகளுக்கிடையிலான ஒரு புள்ளி பற்றி சுழற்சியடையும்.

### 3.3.2 விசையிணையின் திருப்பம் (moment of couple)



உரு 3.38 - விசையிணையின் திருப்பம்

உரு 3.38 இற் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு ஒன்றுக்கொன்று  $a$  இடைத்தூரத்தில் தொழிற்படும் பருமனிற் சமனானதும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரான திசையிற் தொழிற்படுவது மான இரு விசைகளைக் கருதுவோம் அவ்விரு விசைச்சோடியும் தொழிற்படும் தளத்திலமைந்துள்ள யாதேனுமோர் புள்ளி  $O$  எனக் கொள்வோம்.

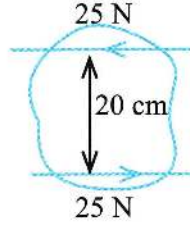
$$\begin{aligned} O \text{ பற்றி திருப்ப} &= F(a + b) - Fb \\ &= Fa \end{aligned}$$

அதாவது விசையிணையின் திருப்பமானது தெரிவு செய்யப்பட்ட புள்ளி காணப்படும் அமைவிற் தங்கியிராது. அத்துடன் விசையின் பருமன் மற்றும் அவற்றுக்கிடைப்பட்ட தூரம் என்பவற்றின் மீது தங்கியிருக்கும். இதனடிப்படையில்,

விசையிணையின் திருப்பம் = ஒரு விசையின் பருமன்  $\times$  இரு விசைகளுக்கும்  
இடைப்பட்ட தூரம் எனக்  
காட்டலாம்

### உதாரணம் 7

பொருளொன்றின் மீது ஒன்றுக்கொன்று சமனானதும் எதிரானதுமான இரு விசைகள் தாக்குகின்றன. ஒரு விசையின் பருமன் 25 N ஆவதுடன், விசைகளுக்கிடைப்பட்ட தூரம் 20 cm ஆகும். இவ்விரு விசைகள் மூலம் தோன்றும் விசையிணையின் திருப்பத்தைக் காண்க.



$$\begin{aligned}
 \text{விசையின் திருப்பம்} &= \text{விசையின் பருமன்} \times \text{விசைகளுக்கிடைப்பட்டதூரம்} \\
 &= 25 \text{ N} \times \frac{20}{100} \text{ m} \\
 &= 5 \text{ N m}
 \end{aligned}$$

### விசையிணையின் பிரயோகம்

நீர்த்திருகுபிடியொன்றைத் திறக்கும் போதும் மூடும் போதும் உரு 3.39 இற் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு நாம் எமது விரல்கள் மூலம் நீர்த்திருகுபிடி மீது விசையிணையையே பிரயோகிக்கின்றோம்.



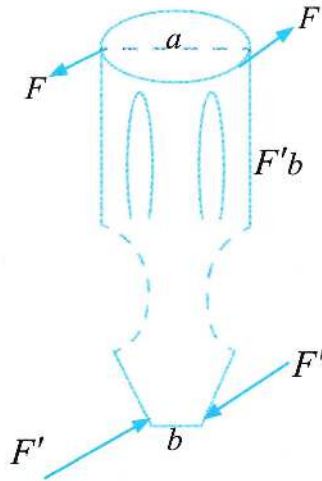
உரு 3.39 நீர்த்திருகுபிடியொன்றைத் திறத்தல்

திருகாணி செலுத்தியைப் பயன்படுத்தி திருகாணியைக் கழற்றும் போதும் இறுக்கும் போதும் திருகாணி செலுத்தியின் பிடி மீது விசையிணையைப் பிரயோகிக்க வேண்டும். அது உரு 3.40 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது.



உரு 3.40 - திருகாணி செலுத்தியினால் திருகாணியைக் கழற்றல்

சிறு விசையிணையைப் பயன்படுத்தி பெரிய விசையிணையை ஏற்படுத்தும் சந்தர்ப்பமாக திருகாணி செலுத்தி பயன்பாட்டைக் குறிப்பிடலாம். உரு 3.41 இற் காட்டியவாறு நாம் விசையிணையைப் பிரயோகிப்பது திருகாணி பிடிக்கு ஆகும். பிடி மீது பிரயோகிக்கும் விசையிணையின் திருப்பத்திற்குச் சமனானதும் எதிரானது மான விசையிணை ஆணியினால் செலுத்தி சமநிலையிற் காணப்படும். பிடி மீது பிரயோகிக்கப்படும் விசையிணையின் திருப்பம்  $Fa$  ஆகும் போது கூர்முனையினால் பிரயோகிக்கப்படும். விசையிணையின் திருப்பம்  $F'b$  யை விட  $Fa$  பெரிதாகும்போது திருகாணி இறுகுதல் அல்லது தளர்தல் ஏற்படும். திருகாணி செலுத்தி சமநிலையிற் காணப்படும் போது  $Fa = F'b$  ஆகும். இதனடிப்படையில் எம்மால் பிரயோகிக்கப்பட வேண்டிய விசை  $F = \frac{b}{a} F'$  ஆகும். பொதுவாக திருகாணி செலுத்திப் பிடியின் விட்டம் ( $a$ ) யை விட கூர்முனையின் அகலம் ( $b$ ) குறைவானபடியால்  $\frac{b}{a} < 1$  ஆகும். எனவே ஆணியினால் திருகாணி செலுத்தி மீது பிரயோகிக்கப்படும். விசையை விட குறைந்த விசையை கையினால் திருகாணி செலுத்தி மீது பிரயோகிப்பதன் மூலம் திருகாணியை இறுக்கவோ தளர்த்தவோ முடியும்.

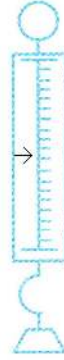


உரு 3.41 - திருகாணி செலுத்தியை எளிய பொறியாகப் பயன்படுத்தும் விதம்

### 3.4 ⇒ விசைகளின் சமநிலை (equilibrium of forces)

பொருளுன்றின் மீது தொழிற்படும் புறவிசை காரணமாக அதில் நேர்கோட்டு அல்லது கோண ஆர்முடுகல் ஏற்படவில்லையெனின், அப்பொருள் விசைச் சமநிலையில் உள்ளதாகக் கொள்ளப்படும். விசைச் சமநிலையிற் காணப்படும் பொருளொன்று சீரான வேகத்தில் இயங்கக் கூடியது. எனினும் கணித்தலை இலகுவாக்கும் பொருட்டு இவ்வலகில் இயக்கமின்றி ஓய்வில் இருக்கும் பொருள் பற்றி மாத்திரம் கவனஞ் செலுத்தப்படும்.

விசைச் சமநிலையிற் காணப்படும் தொகுதிக்கு உதாரணமாக பின்வரும் உரு 3.42 இற் காட்டப்பட்டுள்ளவாறான சுமையொன்று கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள விற்றராசைக் கருதுவோம்.



உரு 3.42 - விற்றராசிற் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள சுமை

இங்கு சுமை மீது இரண்டு விசைகள் தொழிற்படுகின்றன. அவற்றுள் தரையினால் சுமை மீது கீழ்நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படும் புவியீர்ப்பு விசையாகும். மற்றையது சுமை தரையில் விழாத வகையில் தாங்கும் வகையில் வில்லினால் மேல் நோக்கிப் பிரயோகிக்கப்படும் விசையாகும். இவ்விரு விசைகளும் பருமனில் சமனானவையாயினும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரானவையாதலால் சுமை மேல்நோக்கியோ கீழ் நோக்கியோ ஆர்முடுகலடையாது ஓய்விற் காணப்படும். இச்சந்தர்ப்பத்தில் இரு விசைகளும் சமநிலையிற் காணப்படுவதாகவும் சுமையானது அவ்விரு விசைகளின் கீழ் சமநிலையிற் காணப்படுவதாகவும் கூறப்படும்.

புத்தாண்டு கொண்டாட்டங்களின்போது இடம்பெறும் கயிறிழுத்தல் போட்டி அவ்வாறான சந்தர்ப்பத்திற்கு மற்றுமோர் உதாரணமாகும். இங்கு இரு குழுக்களினால் கயிறு இருபுறமும் இழுக்கப்படும். இதனால் இரு குழுக்களால் கயிறு மீது பிரயோகிக்கப்படும் விசை ஒன்றுக்கொன்று எதிரானதாகும். இவ்விரு விசைகளினதும் பருமன் சமனெனின், விசை சமநிலையடைவதன் காரணமாக கயிறு ஓய்விற் காணப்படும். ஒரு திசையில் பிரயோகிக்கப்படும் விசை மற்றைய திசையிற்

பிரயோகிக்கப்படும் விசையை விட சற்று அதிகமாகும்போது கயிற்றில் சமநிலை அற்றுபோய் குறைந்த விசையைப் பிரயோகிக்கும் குழுவுடன் சேர்ந்து கயிறு எதிர்க் குழுவின் திசையில் இழுத்துச் செல்லப்படும்.

### 3.4.1 புள்ளிப் பொருளொன்றின் சமநிலை

பொருளொன்றின் மீது பல்வேறு திசைகளில் விசை தொழிற்படலாம். இவ்விசைகள் யாவும் ஒரே தளத்திற்கு வரையறுக்கப்பட்டிருப்பின் கணித்தல் மிக இலகுவாக அமையும். இதனால் இவ்வலகில் ஒரே தளத்திற்கு வரையறுக்கப்பட்ட விசைகள், அதாவது ஒரு தள விசைகளைக் கொண்ட சந்தர்ப்பங்களை மாத்திரம் கருதுவோம்.

இதற்கு மேலதிகமாக விசைச் சமநிலை பற்றிக் கற்கும்போது முதலில் புள்ளிப் பொருளொன்றின் மீது தொழிற்படும் விசை பற்றிக் கருவது மிக இலகுவாகும். புள்ளிப்பொருள் எனப்படுவது புறக்கணிக்கத்தக்களவு பருமனைக் கொண்ட பொருளாகும். புள்ளிப் பொருளொன்றின் மீது தொழிற்படும் விசை தொடர்பாக நன்கு விளங்கிக் கொண்ட பின்னர் நாம் பிற பொருள்கள் மீது தொழிற்படும் விசைகள் பற்றிக் கருதுவோம். இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட விசைகளின் கீழ் புள்ளிப் பொருளொன்று சமநிலையிற் காணப்படுகின்றதாயின் அவ்விசைகளின் விளையுள் பூச்சியமாயிருக்க வேண்டும். இவ்விசைகள் யாவும் ஒரு தள விசைகளாயின் சகல விசைகளும் அத்தளத்தின் மீது ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான இரு திசைகள் வழியேயான கூறுகளின் கூட்டுத்தொகை வெவ்வேறாக பூச்சியமாகவிருத்தல் வேண்டும்.

ஒரு தள விசைகளின் கீழ் பொருளொன்றின் சமநிலை தொடர்பாக பின்வரும் இரு சந்தர்ப்பங்கள் தொடர்பாக நோக்குவோம்.

↪ இரு விசைகளின் கீழ் சமநிலை

↪ மூன்று விசைகளின் கீழ் சமநிலை

### இரண்டு விசைகளின் கீழ் புள்ளிப் பொருளொன்றின் சமநிலை

இரண்டு விசைகளின் கீழ் புள்ளிக் பொருளொன்று சமநிலையிற் காணப்படுகின்றது எனின் அவ்விரு விசைகளும் ஒரே நேர்கோட்டில் ஒன்றுக்கொன்று எதிரான திசைகளில் சமமான பருமன்களில் தொழிற்பட்டால் மாத்திரமே சாத்தியமாகும்.



உரு 3.43 - இரு விசைகளின் கீழ் சமநிலையிற் காணப்படும் புள்ளிப் பொருள்

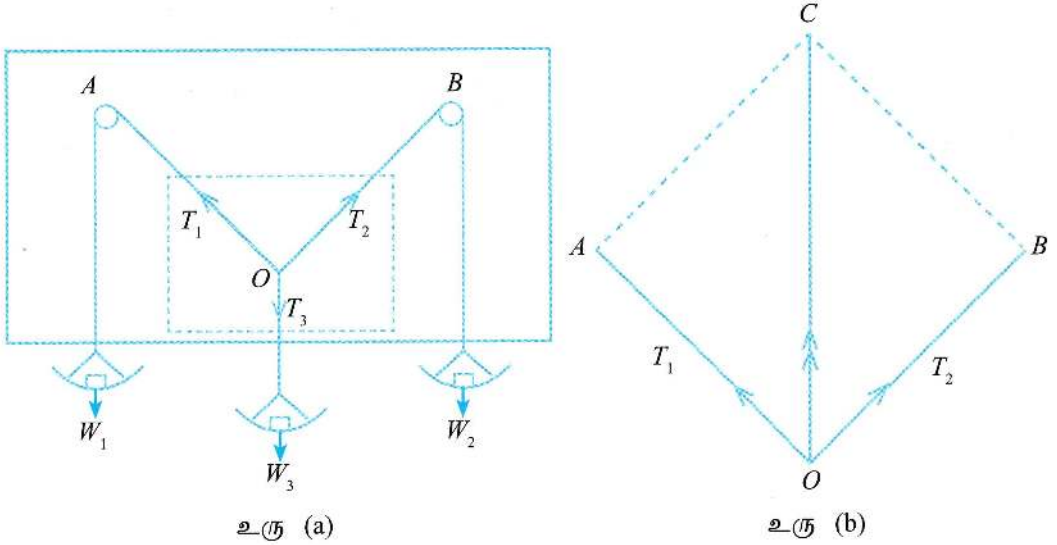
உரு 3.43 இற் காட்டியவாறு  $O$  எனும் புள்ளிப்பொருள்  $F_1, F_2$  ஆகிய விசைகளின் கீழ் சமநிலையடைவதற்கு விளையுள் விசையானது பூச்சியமாகவிருத்தல் வேண்டும். இங்கு  $F_1 = F_2$  ஆகும் போது மாத்திரமே விளையுள் விசை பூச்சியமாகும்.

## மூன்று விசைகளின் கீழ் புள்ளிப் பொருளொன்றின் சமநிலை

மூன்று விசைகளின் கீழ் புள்ளிப் பொருளொன்று சமநிலையிற் காணப்பட வேண்டுமாயின்,

- ★ அம் மூன்று விசைகளும் ஒருதள விசைகளாதல் வேண்டும்.
- ★ மூன்று விசைகளுள் இரு விசைகளின் விளையுள் மூன்றாவது விசையின் பருமனுக்குச் சமமானதும் அதற்கு எதிர்த்திசையிலானதுமாக அமைதல் வேண்டும்.

**செயற்பாடு 5 :** விசையிணைகர உபகரணம் மூலம் மூன்று விசைகளின் சமநிலையை வாய்ப்புப் பார்ப்போம்.



உரு 3.44 - மூன்று விசைகளின் சமநிலை

உரு 3.44 (a) இற் காட்டியவாறு விசையிணைகரண உபகரணத்தில்  $A, B$  என்பவற்றிற் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரு கப்பிகளினூடாக அனுப்பப்பட்டுள்ள இழையின் இரு அந்தங்களிலும்  $W_1$  மற்றும்  $W_2$  எனும் சுமைகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இவ் விழையின்  $O$  எனும் புள்ளியில் மற்றுமோர்  $W_3$  எனும் சுமை பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இங்கு தொகுதியானது  $T_1, T_2, T_3$  ஆகிய இழுவைகள்  $O$  எனும் புள்ளி மீது ஒரே தளத்திற் தொழிற்படும் வகையில் ஒழுங்கமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது  $T_1, T_2, T_3$  ஆகிய விசைகள் ஒருதள விசைகளாகும். பொருத்தமான வகையில்  $W_1, W_2, W_3$  என்பவற்றைத் தெரிவு செய்வதன் மூலம்  $O$  எனும் புள்ளியைச் சமநிலையிற் பேண முடியும்.

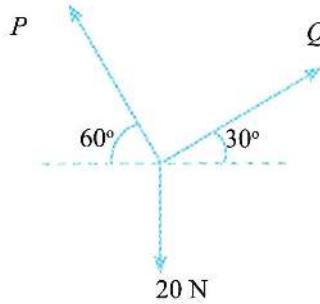
எமக்கு  $T_1, T_2$  ஆகிய இரு விசைகளினதும் விளையுளைக் காண்பதற்காக உரு 3.44 (b) இற் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு விசை இணைகரத்தை வரைய முடியும். உரு (b) யில்  $OA, OB$  யினால் முறையே  $T_1, T_2$  ஆகிய விசைகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.  $OC$  யினால்  $T_1, T_2$  என்பவற்றின் விளையுள் காட்டப்பட்டுள்ளது. இப்போது எமக்கு எஞ்சியிருப்பது  $O$  மீது தொழிற்படும்  $T_3$  விசையாகும். அதாவது மேல்நோக்கித் தொழிற்படும்  $T_1,$

$T_2$  என்பவற்றின் விளையுள்ளான  $OC$  யும் கீழ்நோக்கித் தொழிற்படும்  $T_3$  விசை மாத் திரமாகும்.  $O$  எனும் புள்ளி சமநிலையிற் பேணுவதற்காக இவ்விரு விசைகளும் நேர்கோட்டில் அமைவதுடன் பருமனிற் சமனாகவும் திசையில் எதிரானதாகவும் காணப்பட வேண்டும். இதனால்  $T_1, T_2$  என்பவற்றின் விளையுள் நிலைக்குத்தாக மேல்நோக்கிக் காணப்படுவதுடன் அதன் பருமன்  $T_3$  இற்குச் சமனாதல் வேண்டும்.

உரு 3.44 (a) இற் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு உபகரணத்தை ஒழுங்கமைத்த பின் இழைகள் அமைந்துள்ள விதத்தை வெள்ளைக் கடதாசியொன்றில் குறித்துக் கொள்வதன் மூலம் மூன்று விசைகளினதும் திசையைத் தீர்மானித்துக் கொள்ளலாம். சுமை பிரயோகிக்கப்பட்டுள்ள விதத்திற்கேற்ப  $T_1, T_2$  மற்றும்  $T_3$  விசைகளின் பருமன்கள் முறையே  $W_1, W_2, W_3$  இற்குச் சமனாதல் வேண்டும். இத்தரவுகளை பயன்படுத்தி  $T_1$  மற்றும்  $T_2$  என்பவற்றின் விளையுள் நிலைக்குத்தாக மேல்நோக்கிக் காணப்படுவதையும் அதன் பருமன்  $W_3$  இற்குச் சமனாகக் காணப்படுவதையும் வாய்ப்புப் பார்க்கலாம்.

### உதாரணம் 8

பின்வரும் உருவிற் காட்டப்பட்டள்ள மூன்று விசைகளும் சமநிலையிற் காணப்படு மெனின்  $P, Q$  என்பவற்றின் பருமன்களைக் காண்க.



சமநிலையிச் சந்தர்ப்பத்தில் நிலைக்குத்து மற்றும் கிடைக்கூறுகளின் கூட்டுத்தொகை தனித்தனியாக பூச்சியமாதல் வேண்டும்.

தீர்வு :

கிடைக்கூற்று

$$P \cos 60^\circ - Q \cos 30^\circ = 0$$

$$P \frac{1}{2} - Q \frac{\sqrt{3}}{2} = 0$$

$$P - \sqrt{3}Q = 0$$

$$P = \sqrt{3}Q \text{ ————— } \textcircled{1}$$



நிலைக்குத்துக் கூறு

$$P \sin 60^\circ + Q \sin 30^\circ - 20 = 0$$

$$P \frac{\sqrt{3}}{2} + Q \frac{1}{2} - 20 = 0$$

$$\sqrt{3}P + Q - 40 = 0 \text{ ————— ②}$$

① இற் பெறப்பட்ட சமன்பாட்டை ② இற் பிரதியிட

$$\sqrt{3} \times \sqrt{3}Q + Q - 40 = 0$$

$$3Q + Q - 40 = 0$$

$$4Q - 40 = 0$$

$$Q = 10 \text{ N}$$

Q இன் இப்பெறுமானத்தை சமன்பாடு ① இற் பிரதியிட

$$P = 10\sqrt{3} \text{ N}$$

### 3.4.2 விறைப்பான பொருளொன்றின் சமநிலை

இதுவரை நாம் புள்ளிப் பொருளொன்றின் சமநிலை பற்றிக் கலந்துரையாடினோம். விட்டம் கூடிய பொருள்களும் சில சந்தர்ப்பங்களில் புள்ளிப் பொருளாகக் கருதப்பட முடியும். பந்து ஒன்றின் இயக்கம் தொடர்பான கணித்தலின் போது பந்தின் பருமன் கருத்திற் கொள்ளப்படாது. இதன்மீது தொழிற்படும் சகல விசைகளும் அதன் மையத்தின் மீது தொழிற்படுவதாகக் கருதப்படல் இதற்கு உதாரணமாகும்.

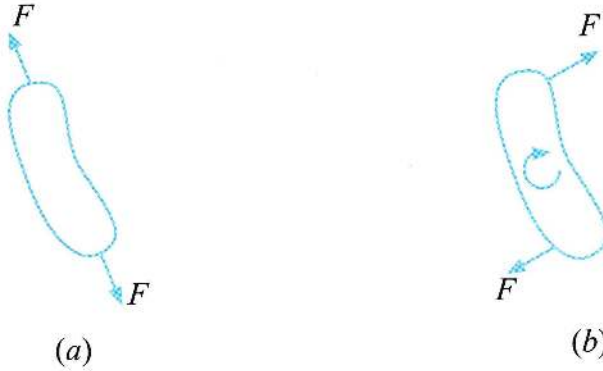
எனினும் சில சந்தர்ப்பங்களில் பொருள் மீது தொழிற்படும் சகல விசைகளும் ஒரு புள்ளி மீது தொழிற்படுவதாகக் கருத முடியாததாக அமைவதுடன், கணித்தலின் போது பொருளின் பருமன் அதன் வடிவம் என்பனவும் கருத்திற் கொள்ளப்பட வேண்டியிருக்கும்.

விட்டம் கூடிய பொருள்களின் சமநிலை தொடர்பாக விளக்கும்போது கருத்திற் கொள்ளப்பட வேண்டிய மற்றொரு விடயம் யாதெனில் சில சந்தர்ப்பங்களில் புற விசை காரணமாக அவற்றின் தோற்றம் மாறுபடுவதாகும். உதாரணமாக மெல்லிய இறப்பர்ப் பந்தொன்றை மேசை மீது வைத்து அதனைக் கையால் அழுத்தும் போது பந்தின் தோற்றம் மாறுபடும். இவ்வாறான சந்தர்ப்பங்களில் சமநிலை தொடர்பான கணித்தல்களை மேற்கொள்வது சிக்கலானது என்பதால் இவ்வலகில் புறவிசை காரணமாக தோற்றத்தில் கருதக்கூடிய அளவிற்கு மாற்றம் ஏற்படாத பொருள்கள் பற்றியே கருத்திற் கொள்ளப்படும். இத்தகைய பொருள்கள் விறைப்பான பொருள்கள் (rigid object) எனப்படும்.

விறைப்பான பொருளொன்றின் மீது பருமனிற் சமனானதும், திசையில் ஒன்றுக் கொன்று எதிரானதுமான இரண்டு விசைகள் பிரயோகிக்கப்படும் போது, அப்பொருள் சமநிலையில் உள்ளதாவெனத் தீர்மானிக்கும் காரணி அவ்விரு விசைகளினதும் தாக்கக் கோடாகும்.

பின்வரும் உரு 3.45 (a) யிற் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு இரண்டு விசைகள் ஒரே நேர்கோடு வழியே தொழிற்படுகின்றது எனின் அவ்விரு விசைகளும் சமப்படுத்தப்படுவதுடன் பொருள் சமநிலையிற் காணப்படும்.

உரு 3.45 (b) யிற் காட்டியவாறு இரு விசைகளும் ஒரே நேர்கோட்டிற் தொழிற்படாவிடின் அவ்விரு விசைகளின் விளையுள் பூச்சியமாக இருந்தாலும் அவற்றினால் பூச்சியமல்லாத திருப்பம் ஏற்படுத்தப்படுகின்றமையால் பொருளானது முறுக்குத்துக்கு உட்படும் இதன் காரணமாக பொருள் சமநிலையிற் காணப்படாது.



உரு 3.45 - விறைப்பான பொருளுக்கு சமமான இரு விசைகள் பிரயோகிக்கப்படும் இரு விதங்கள்

விறைப்பான பொருள் சமநிலையிற் காணப்படுமாயின் அதன்படி ஒருதள விசைகளின் கீழ்,

- ★ பொருள் மீது தொழிற்படும் விளையுள் விசை பூச்சியமாகும்.
- ★ எந்தவொரு புள்ளி பற்றியும் பொருளின் விளையுள் முறுக்கம் (திருப்பம்) பூச்சியமாகும்.

பொருள் மீதான விளையுள் விசை பூச்சியமாதலால் சகல விசைகளினதும் கிடைக் கூறுகளின் கூட்டுத்தொகையும் நிலைக்குத்துக் கூறுகளின் கூட்டுத்தொகையும் வெவ்வேறாக பூச்சியமாகும்.

எந்தவொரு அச்சு பற்றியும் பொருளின் விளையுள் முறுக்கம் பூச்சியமாதலால் எந்தவொரு அச்சு பற்றியும் திருப்பத்தின் அட்சரகணிதக் கூட்டுத்தொகை பூச்சியமாகும். அதாவது அவ்வச்சு பற்றி இடஞ்சுழி திருப்பத்தின் கூட்டுத்தொகை வலஞ்சுழித் திருப்பத்தின் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமனாகும். இது திருப்பம் தொடர்பான தத்துவம் என அழைக்கப்படும்.

ஒருதள விசைகள் பற்றிக் கருதும் போது தொகுதி அமைந்துள்ள தளத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் காணப்படும் அச்சு பற்றியே திருப்பம் கணிக்கப்படும். இவ்வாறான அச்சு ஒரு புள்ளியில் மாத்திரம் தளத்தை வெட்டிச் செல்வதால் பெரும்பாலும் அச்சு பற்றிய திருப்பத்தைக் கணிப்பதற்கு பதிலாக குறித்த புள்ளி பற்றி திருப்பம் கணிக்கப்படும்.

சிவில் பொறியியலாளர்கள் பாலம், கட்டிடம் போன்ற கட்டமைப்புகளைத் (Structure) திட்டமிடும் போது எப்போதும் அது சமநிலையிற் காணப்படுகின்றதாவென்பது பற்றி பரிசீலிக்கப்பட வேண்டும். அத்தகைய ஒழுங்கமைப்பு பூச்சிய விளையுளைக் கொண்டிருப்பதுடன் விளையுள் முறுக்கம் பூச்சியமானதாக இருப்பது பற்றியும் உறுதி செய்து கொள்ளப்படவேண்டும். பாலமானது சீரானது எனின் அது நிர்மாணிக்கப்படும் இடை நடுவேயும் நிர்மாணிக்கப்பட்ட பின்னரும் சமநிலையிற் காணப்படுவது உறுதிப்படுத்தப்பட வேண்டும்.

நிலநடுக்கத்துக்கு தாக்குப் பிடிக்கும் வகையில் கட்டிடங்கள் போன்றவற்றைத் திட்டமிடும் போது விசைச் சமநிலை தொடர்பில் கவனஞ் செலுத்தல் மிக முக்கியமானதாகும்.

நடைமுறையில் இவ்வாறான தொழிநுட்பப் பிரயோகங்களின் போது பெருந் தொகையான விசைகளின் கீழ் சமநிலை தொடர்பாகக் கவனஞ் செலுத்தப்படும். இவ்வாறான சந்தர்ப்பங்கள் பற்றி விபரித்ததும் சிக்கலானதொன்றாகும். இப்பகுதியில் நாம் பிரதானமாக எளிய சந்தர்ப்பமான இரண்டு ஒருதள விசைகளின் கீழும் மூன்று ஒருதள விசைகளின் கீழும் சிறைப்பான பொருளொன்றின் சமநிலை பற்றிக் கலந்துரையாடினோம்.

### இரு விசைகளின் கீழ் விறைப்பான பொருளொன்றின் சமநிலை

விறைப்பான பொருளொன்று இரண்டு விசைகளின் கீழ் சமநிலை அடைவதாயின் அவ்விரண்டு விசைகளும் பருமனிற் சமமானதாக இருப்பதுடன் ஒரே நேர்கோட்டில் எதிரெதிர்த் திசைகளிற் தொழிற்படல் வேண்டும்.

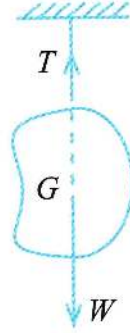
முதலாவதாக இதற்கு முன்னர் நாம் கலந்துரையாடிய விற்றராக ஒன்றில் சுமையொன்று கட்டித் தொங்கவிடப்பட்ட சந்தர்ப்பத்தை மீண்டும் நோக்குவோம்.



உரு 3.46

உரு 3.46 இற் காட்டியவாறு சுமை மீது தொழிற்படும் விசைகளாவன சுமையின் நிறை (தரையை நோக்கி ஈர்த்தல்)  $W$  யும் வில்லின் இழுவை  $T$  யுமாகும். சமநிலையில்  $T$ ,  $W$  என்பன பருமனிற் சமனாயிருத்தலுடன் ஒரே தாக்கத் கோட்டில் எதிரெதிர்த் திசைகளிற் தொழிற்பட வேண்டும்.

இவ்வாறான சந்தர்ப்பத்துக்கு மற்றுமோர் உதாரணமாக பின்வரும் உரு 3.47 இற் காட்டப்பட்டுள்ளவாறான இழையொன்றினால் நிலைக்குத்தாகக் கட்டித் தொங்க விடப்பட்டுள்ள பொருளைக் கருதுவோம்.



உரு 3.47 இழையொன்றினாற் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள பொருள்

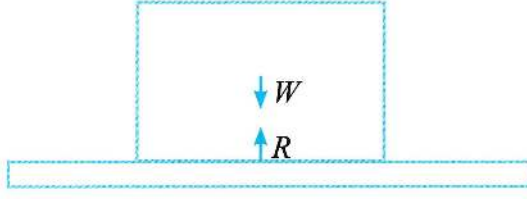
பொருள் சமநிலையிற் காணப்படுமாயின் இப்பொருள் மீது தொழிற்படும் விசைகளாவன பொருள் மீது இழையினாற் பிரயோகிக்கப்படும் இழுவை  $T$  யும் பொருளின் நிறை  $W$  உம் ஆகும். சமநிலைச் சந்தர்ப்பத்தில்  $T$  யும்  $W$  உம் பருமனிற் சமனானதாய் இருப்பதுடன் அவை ஒரே நேர்கோட்டில் எதிரெதிர்த் திசைகளிற் தொழிற்பட வேண்டும்.

### பொருளொன்றின் புவியீர்ப்பு மையம்

எந்தவொரு பொருளும் பெருந்தொகையான மிகச் சிறிய துணிக்கைகளால் ஆனவையாகக் கருதப்பட முடியும். இவ் ஒவ்வொரு துணிக்கையும் புவியினாற் கவரப்படும் விசைகளின் விளையுள் அதாவது பொருளின் நிறையானது. பொருள் எந்த அமைவிற் காணப்பட்டாலும் எப்போதும் ஒரே புள்ளியிலேயே தொழிற்படும். அப்புள்ளியானது பொருளின் புவியீர்ப்பு மையம் என அழைக்கப்படும்.

#### உதாரணம் 9

இப்போது நாம் கிடையான மேசை மீது உரு 3.48 இற் காட்டியவாறு ஓய்விலுள்ள மரக்குற்றி பற்றிக் கவனஞ் செலுத்துவோம். இம் மரக்குற்றியில் ஆர்முடுகல் இல்லையென்பதால் அது சமநிலையிற் காணப்பட வேண்டும்.



உரு 3.48 மேசைமீது சமநிலையிலுள்ள மரக்குற்றி

மரக்குற்றி மீது தொழிற்படும் ஒரு விசை மரக்குற்றியின் நிறையான  $W$  ஆகும். மரக்குற்றியைச் சமநிலையிற் பேணுவதற்காக மேசையினால் மரக்குற்றி மீது பிரயோகிக்கும் மறுதாக்கம்  $R$  ஆனது மரக்குற்றியின் நிறை  $W$  இற்கு பருமனிற் சமனாய் அமைவதுடன் ஒன்றுக்கொன்று எதிரான திசையிலும் ஒரே நேர்கோட்டிலும் தொழிற்படும்.

### செயற்பாடு 6

உரு 3.49 இற் காட்டியவாறு மெல்லிய மரக் கீலத்தின் இரு பக்கங்களிலும் சமனான இறப்பர்ப் பட்டிகைகளைப் பொருத்தி நண்பரின் உதவியுடன் நாடாவை இரு பக்கமாகவும் இழுக்கச் செய்க.



உரு 3.49 இரண்டு இறப்பர் நாடாக்களால் மரக்குற்றியை இழுத்தல்

இங்கு நீங்களும் உங்கள் நண்பரும் மரக்குற்றியுடன் நேர்கோட்டில் இருக்கும் வண்ணம் அமையாவிடத்து மரக்குற்றியை சமநிலையிற் பேண முடியுமா? இறப்பர் நாடா ஈர்க்கப்பட்டிருக்கும் அளவு பற்றி யாது கூற முடியும்?

### மூன்று விசைகளின் கீழ் விறைப்பான பொருளொன்றின் சமநிலை

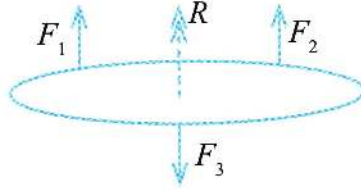
மூன்று விசைகளின் கீழ் பொருளொன்று சமநிலையில் இருக்க வேண்டுமாயின் அம் மூன்று விசைகளும் ஒரு தளத்தில் அமைய வேண்டும் இங்கு இம்மூன்று விசைகளும் அமையக்கூடிய இரு விதங்கள் பற்றி தனித்தனியாக நோக்குவோம்.

- ☞ மூன்று விசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று சமாந்தரமாக உள்ள சந்தர்ப்பம்
- ☞ மூன்று விசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று சாய்வாக உள்ள சந்தர்ப்பம்

#### (i) மூன்று விசைகள் சமாந்தரமாக உள்ள சந்தர்ப்பம்

மூன்று ஒருதள சமாந்தர விசைகளின் கீழ் பொருள் சமநிலையடையுமாயின் அவற்றுள் இரண்டு விசைகளின் விளையுள் மூன்றாம் விசையின் பருமனுக்குச் சமனாகவும், திசையில் எதிரானதாகவும் இருக்க வேண்டும். அத்துடன் அம் மூன்றாம் விசையும், விளையுள் விசையும் ஒரே நேர்கோட்டில் அமைய வேண்டும்.

உதாரணமாக உரு 3.50 இற் காட்டியவாறு  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  ஆகிய மூன்று விசைகளின் கீழ் சமநிலையிலுள்ள விறைப்பான பொருளைக் கருதுவோம்.

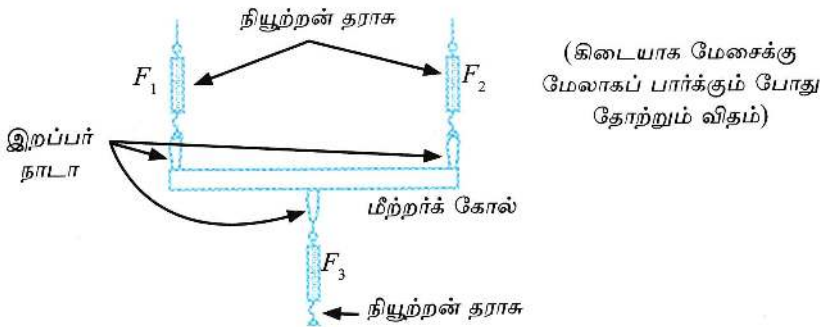


உரு 3.50 மூன்று விசைகளின் கீழ் சமநிலையிலுள்ள பொருள்

$F_1$ ,  $F_2$  ஆகிய விசைகளின் விளையுள்  $R$  எனின் அது பருமனில்  $F_3$  இற்குச் சமனாதல் வேண்டும். திசையில் எதிரானதாயிருத்தல் வேண்டும்.  $R$  உம்  $F_3$  யும் ஒரே நேர்க்கோட்டில் அமைதல் வேண்டும்.

### செயற்பாடு 7

நிறையைக் கருதாது புறக்கணிக்கத்தக்க மீற்றர்க் கோலொன்றை மூன்று சமாந்தர ஒருதள விசைகளின் கீழ் கிடை மேசை மீது சமநிலையில் வைத்திருப்பதற்காக உரு 3.51 இற் காட்டியவாறு உபகரண ஒழுங்கமைப்பைத் தயார் செய்து கொள்க. இங்கு இறப்பர் நாடா பொருத்தமான வகையில் அணியினால் மீற்றர்க் கோலுடன் தொடுக்கப்பட வேண்டியதுடன், இங்கு நியூற்றன் தராசு விசைகளின் பருமனை அளப்பதற்காக பயன்படுத்தப்பட்டது. கோலைச் சமநிலையில் வைத்திருப்பதற்குத் தேவையான மூன்று விசைகளையும் ஒரே நேரத்தில் வழங்குவதற்காக உங்களுக்கு நண்பரின் உதவி தேவைப்படலாம்.



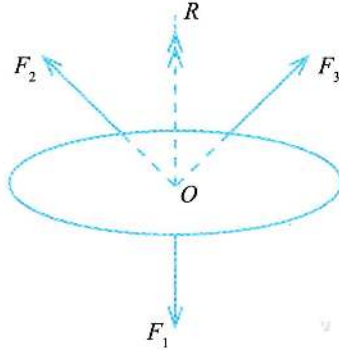
உரு 3.51 மீற்றர்க் கோலொன்றை மூன்று விசைகளின் கீழ் சமநிலையில் வைத்திருத்தல்

விசைகளின் பருமன் மற்றும் அவற்றின் தாக்கக்கோடு என்பன பற்றி உங்களால் யாது கூற முடியும், சமநிலையைப் பேணியவாறு  $F_1$ ,  $F_2$  ஆகிய விசைகளுக்குப் பதிலாகப் பிரயோகிக்கக்கூடிய தனி விசை யாது? அவ்விசையை எத்தானத்திலிருந்து வழங்கப்பட வேண்டும், அதன் பருமன் யாது? அதன் தாக்கக்கோடு யாது? மூன்று ஒருதள சமாந்தர விசைகளின் கீழ் பொருளொன்று சமநிலையடைவதற்கு நாம் குறிப்பிட்ட

நிபந்தனைகளைப் பூர்த்தி செய்யாத வகையில் விசையை பிரயோகிக்கவும் போது பெறக்கூடிய அவதானம் யாது?

**(ii) மூன்று விசைகள் ஒன்றுக்கொன்று சாய்வாகத் தொழிற்படும் சந்தர்ப்பம்**

சமாந்தரமல்லாத மூன்று ஒருதள விசைகளின் கீழ் பொருளொன்று சமநிலையிற் காணப்படுமாயின் அவ்விசைகள் ஒரு புள்ளிக்குரியதாகவிருத்தல் வேண்டும். மூன்று விசைகளும் ஒரு புள்ளியில் அமையும் போது, இதற்கு முன்னர் குறிப்பிட்ட மூன்று விசைகளின் கீழ் புள்ளிப் பொருளொன்றின் சமநிலை பற்றிக் கருதும் போது நாம் கற்றதற்கேற்ப அம் மூன்று விசைகளில் ஏதாவது இரு விசைகளின் விளையுள் மூன்றாவது விசைக்கு பருமனிற் சமனானதாகவும் அதற்கு எதிர்த் திசையில் அமைந்ததாகவும் இருப்பதுடன் அது மூன்றாம் விசையின் தாக்கக் கோட்டிலேயே அமைந்திருத்தல் வேண்டும்.

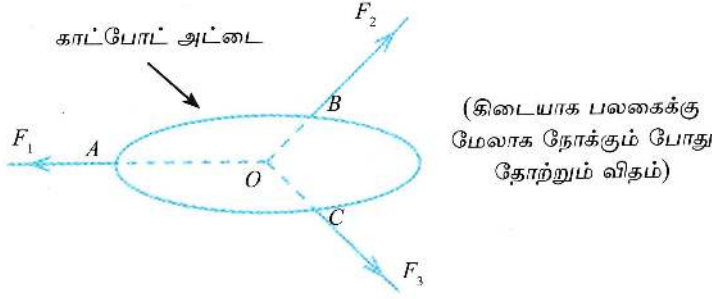


உரு 3.52 பொருளொன்றின் மீது பிரயோகிக்கப்படும் மூன்று சாய்வு விசைகள்

இதனடிப்படையில் உரு 3.52 இற் காட்டப்பட்டுள்ள விசைத் தொகுதியில்  $F_2, F_3$  ஆகிய விசைகளின் விளையுள்  $R$  எனின் பொருளைச் சமநிலையில் வைத்திருப்பதற்கு  $F_1, R$  என்பவற்றின் பருமன் சமனானதாவதுடன் திசையில் ஒன்றுக்கொன்று எதிரானதாயிருத்தல் வேண்டும். அத்துடன் அவ்விரு விசைகளும் ஒரே நேர் கோட்டுக்குரியதாகவும் இருத்தல் வேண்டும்.

**செயற்பாடு 8**

சமாந்தரமல்லாத மூன்று ஒருதள விசைகளின் கீழ் மெல்லிய காட்போட் அட்டையொன்றை மேசை மீது வைக்கப்பட்ட கிடையான பலகை மீது கிடையாக சமநிலையிற் பேணுவதற்காக காட்போட் அட்டைக்கு  $A, B$  மற்றும்  $C$  யில் மூன்று இறப்பர் நாடாக்களை உரு 3.53 இற் காட்டியவாறு பொருத்துக.

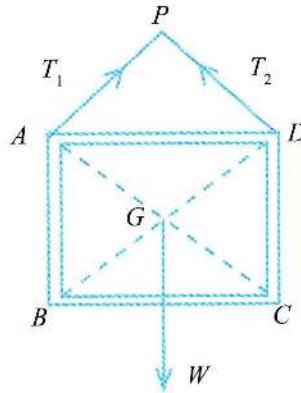


உரு 3.53 மூன்று இறப்பர் நாடாக்களால் இழுக்கப்படும் காட்போட் அட்டை

விற்றராக மற்றும் (பலகை மீது பொருத்தப்பட்ட) ஆணிகள் என்பவற்றைப் பயன்படுத்தி பொருத்தமானவாறு  $F_1, F_2, F_3$  ஆகிய விசைகளை அளந்து கொள்க. காட்போட் அட்டையானது கிடையாகப் பிரயோகிக்கப்பட்ட  $F_1, F_2, F_3$  ஆகிய விசைகளின் கீழ் சமநிலையில் இருக்கும் போது  $F_1, F_2, F_3$  ஆகிய விசைகளின் பருமன் யாது? அவற்றின் தாக்கக் கோட்டை பலகை மீது குறித்துக் கொள்க. இச் செயற்பாட்டுக்காக நண்பரின் உதவியைப் பெற்றுக் கொள்க.  $F_1, F_2, F_3$  என்பன ஒரு தளத்தில் அமையாதுவிடின் உங்களால் சமநிலையைப் பெற்றுக்கொள்ள முடியுமா?  $F_1, F_2, F_3$  என்பவற்றிலிருந்து இரண்டு விசைகளின் விளையுளைக் காண்க. அவ் விரு விசைகளுக்கும் இடைப்பட்ட கோணத்தையும் அளந்து கொள்க. அதன் பின்னர்  $R^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \theta$  எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி உங்களால் இரு விசைகளின் விளையுளின் பருமனைக் காண முடியும். அது மூன்றாம் விசைக்குச் சமனானதாவெனப் பார்க்க.

### மூன்று ஒருதள விசைகளின் செயற்பாட்டை விளக்கும் பிரயோகச் செயற்பாடுகள்

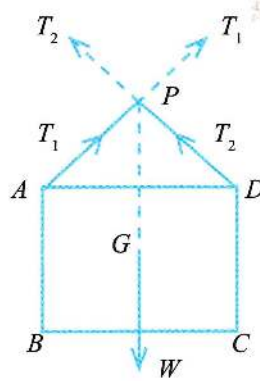
1. இரண்டு இழைகளினால் நிலைக்குத்தாகக் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள சட்டகமிடப்பட்டுள்ள படம்



உரு 3.54 சுவரிற் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள சட்டகமிடப்பட்ட படம்



உரு 3.54 இற் காட்டப்பட்டுள்ள ABCD எனும் செவ்வக வடிவான படச் சட்டகம் சீரான மரக் கீலத்தாலானதாகக் கொள்வோம். P யில் சுவருடன் அறையப்பட்டுள்ள ஒப்பமான ஆணி மீது அச் சட்டகம் நிலைக்குத்தாகத் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இதன்போது படச் சட்டகம் மீது தொழிற்படும் விசைகளாவன சட்டகத்தின் புவியீர்ப்பு மையத்தினூடாக நிலைக்குத்தாக கீழ் நோக்கித் தொழிற்படும் அதன் நிறையும் இரு இழைகளினதும் இழுவைகளான  $T_1$  உம்  $T_2$  உமாகும். இம் மூன்று விசைகளும் ஒரு தளத்திற்குரியவை. பொருள் சமநிலையிலுள்ளது எனின் அம் மூன்று விசைகளும் ஒரு புள்ளிக்குரியதாகத் வேண்டும்.

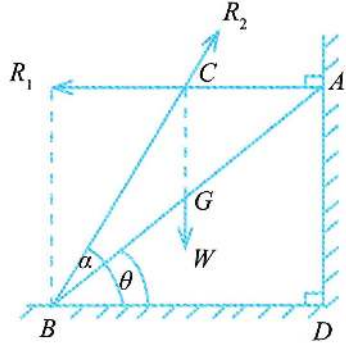


உரு 3.55 படச்சட்டகம் மீது பிரயோகிக்கப்படும் விசை

உரு 3.55இல் படச்சட்டகம் மீது தொழிற்படும் விசைகள் குறித்துக் காட்டப்பட்டுள்ளது. அவ்விசைகளின் தாக்கக் கோடுகள் ஒன்றையொன்று P யிற் சந்திக்கின்றன.  $T_1, T_2$  என்பவற்றின் விளையுள் W விற்கு பருமனிற் சமனாகும். அவ்விளையுளின் திசை W இற்கு எதிரானது என்பதால் அவ்விளையுள் நிலைக்குத்தாக மேல்நோக்கித் தொழிற்படும். அவ்விளையுளும் W உம் ஒரே நேர்கோட்டில் அமையும்.

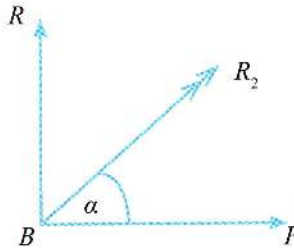
**2. ஒப்பமான சுவருடன் சாய்ந்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஏணி**

உரு 3.56 இற் காட்டியவாறு சுவருடன் சாய்ந்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஏணியின் மீது தொழிற்படும் விசைகள் பற்றிக் கருதுவோம்.



உரு 3.56 சுவருடன் சாய்ந்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஏணி

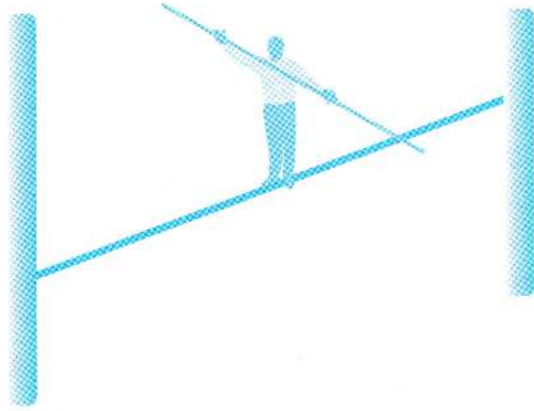
AB எனும் சீரான ஏணி கிடையுடன்  $\theta$  கோணத்தை ஏற்படுத்தியவாறு A எனும் அந்தம் ஒப்பமான நிலைக்குத்துச் சுவருடனும் B எனும் அந்தம் அழுத்தமான தரையுடனும் தொடுகையுறும் வகையில் சமநிலையிலுள்ளது. ஏணியின் நிறை  $W$  அதன் புவியீர்ப்பு மையம்  $G$  யினூடாக நிலைக்குத்தாக கீழ்நோக்கித் தொழிற்படுகின்றது. நிலைக்குத்துச் சுவர் ஒப்பமானதாகையில் சுவரினால் ஏணி மீது ஏற்படுத்தப்படும் மறுதாக்கம்  $R_1$  ஆனது சுவருக்குச் செங்குத்தாகத் தொழிற்படும். B எனும் அழுத்தமான தரையினால் ஏணி மீது ஏற்படுத்தப்படும் மறுதாக்கம்  $R_2$  இன் திசை யாதாகவிருக்கும்? இங்கு ஏணியானது  $W, R_1, R_2$  எனும் விசைகளின் கீழ் சமநிலையிற் காணப்படுவதால் நிச்சயமாக அம் மூன்று விசைகளினதும் தாக்கக் கோடுகள் ஒரு புள்ளியினூடு செல்ல வேண்டும். B எனும் அந்தம் அழுத்தமான தரையுடன் தொட்டுக்கொண்டிருப்பதனால் உரு 3.57 இற் காட்டியவாறு B யில் உராய்வு விசை  $BD$  திசையிலும் ( $F$ ), செவ்வன் மறுதாக்கம் B யில் நிலைக்குத்தாக மேல் நோக்கியும் ( $R$ ) தொழிற்படுவதுடன் அவ்விரு விசைகளினதும் விளையுள்  $R_2$  ஆகும்.



உரு 3.57 அழுத்தமான தரையினால் ஏணி மீது ஏற்படுத்தப்படும் விசை

### 3. வடத்தின் மீது நடத்தல்

சிலவேளை நீங்கள் தரைக்குச் சமாந்தரமாக, தரைக்கு மேலாக பொருத்தப்பட்ட வடத்தின் மீது நடக்கும் சர்க்கஸ் சாதனை வீரரை தொலைக்காட்சியினூடாகவோ அல்லது நேரடியாகவோ பார்த்திருக்கக்கூடும். இத்தகைய வீரர்கள் தமது சமநிலையைப் பேணுவதற்காக கையில் நீண்ட கோலொன்றை ஏந்தியவாறு நடப்பர். உரு 3.56 இல் அவ்வாறானதோர் சந்தர்ப்பம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு சாகச வீரர் மீது தொழிற்படும் விசைகளாவன சாகச வீரரின் நிறை, கோலின் நிறை, வடத்தினால் சாகச வீரர் மீது ஏற்படுத்தப்படும் மறுதாக்கம் என்பனவாகும். அண்ணளவாக இம்மூன்று விசைகளையும் ஒருதள விசைகளாகக் கருத முடியும். கோலின் அமைவை பொருத்தமான வகையில் ஒழுங்குபடுத்திக் கொண்டு மேற்படி மூன்று விசைகளையும் சமநிலையிற் பேணுவதன் மூலம் சாகச வீரர் விழாமல் நிற்க முடியும்.



உரு 3.58 வடத்தின் மீது நடக்கும் சாகச வீரர்

### விசையின் சமநிலையின் பொருட்டு பூர்த்தி செய்யப்பட வேண்டிய தேவைகள்

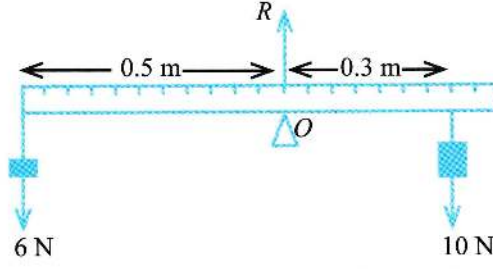
முன்னர் குறிப்பிட்டவாறு ஒருதள விசைகளின் கீழ் விறைப்பான பொருளொன்றின் சமநிலையின் பொருட்டு பூர்த்தி செய்யப்பட வேண்டிய தேவைகள்,

- ↪ பொருளொன்றின் மீது தொழிற்படும் விளையுள் விசை பூச்சியமாதல்
- ↪ எந்தவொரு அச்சு பற்றியும் பொருளின் விளையுள் முறுக்கம் பூச்சியமாதல்

பிரசினங்கள் தீர்க்கும் போது தொகுதி மீது தொழிற்படும் விசைகளின் கிடைக்கூறுகளின் கூட்டுத்தொகையையும் நிலைக்குத்துக் கூறுகளின் கூட்டுத்தொகையையும் வெவ்வேறாக பூச்சியத்திற்கு சமப்படுத்துவதன் மூலம் மேலே குறிப்பிடப்பட்ட முதலாவது தேவை பூர்த்தி செய்யப்படும். அவ்வாறே எந்தவொரு புள்ளி பற்றியும் வலஞ்சுழித் திருப்பங்களின் கூட்டுத்தொகை இடஞ்சுழித் திருப்பங்களின் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமப்படுத்துவதற்கு மேற்குறிப்பிட்ட இரண்டாவது தேவைப்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம்.

### திருப்பம் தொடர்பான தத்துவத்தை விளக்குதல்

திருப்பம் தொடர்பான தத்துவத்தைப் (Principale of moment) பயன்படுத்தி பிரசினம் தீர்க்கும் விதத்தை விளங்கிக் கொள்வதற்காக கீழே உரு 3.59 இற் காட்டப்பட்டுள்ள உதாரணத்தைக் கருதுவோம். இங்கு புறக்கணிக்கத்தக்க நிறையைக் கொண்ட கோல்  $O$  வில் முளையின் மீது அதன் இரு பக்கங்களிலும் சுமை கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டு வைக்கப்பட்டுள்ளது. கோலின் வழியே இச்சுமைகளை அங்குமிங்கும் கொண்டு செல்வதன் மூலம் கோலைச் சமநிலையில் வைத்திருக்க முடியும்.



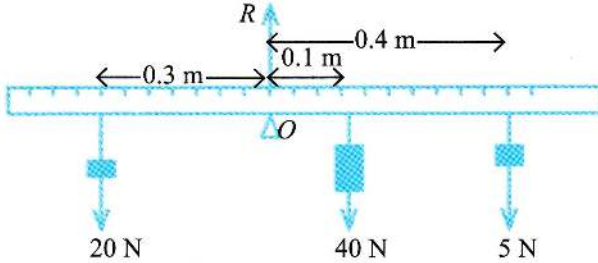
உரு 3.59 முளையின் மீது தாங்கப்பட்டு சுமைகள் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள கோல்

கோல் மீது தொங்கவிடப்பட்டுள்ள 6 N சுமையினால்  
இடஞ்சுழியாக ஏற்படுத்தப்படும் திருப்பம் } = 6 N × 0.5 m = 3 N m

10 N சுமையினால் வலஞ்சுழியாக ஏற்படுத்தப்படும்  
திருப்பம் } = 10 N × 0.3 m = 3 N m

இவ்விரு திருப்பங்களும் பருமனிற் சமனாவதுடன் திசையில் ஒன்றுக்கொன்று எதிரானதாகையால் விளையுள் திருப்பம் பூச்சியமாகும்.

நிறை புறக்கணிக்கத்தக்க கோலொன்று O வில் முளையொன்றினாற் தாங்கப்பட்ட மூன்று இடங்களில் மூன்று சுமைகள் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள விதம் உரு 3.60 இற் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக் கோல் மீது 20 N சுமையினால் O புள்ளி பற்றி இடஞ்சுழியாகத் திருப்பம் ஏற்படுத்தப்படுவதுடன் 40 N, 5 N ஆகிய சுமைகளினால் வலஞ்சுழியான திருப்பம் ஏற்படுத்தப்படும்.



உரு 3.60 முளையொன்றினால் தாங்கப்பட்டு சுமைகள் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள கோல்

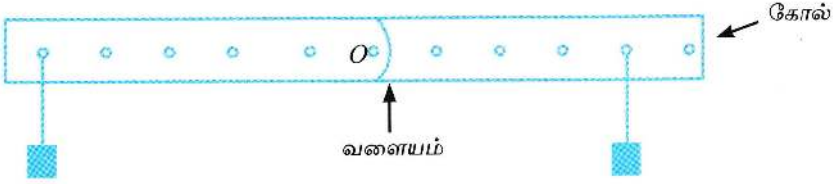
O பற்றிய இடஞ்சுழித் திருப்பம் = 20 N × 0.3 m  
= 6 N m

O பற்றிய வலஞ்சுழித் திருப்பங்களின் கூட்டுத்தொகை = 40 N × 0.1 m + 5 N × 0.4 m  
= 6 N m

இதன்படி O பற்றிய விளையுள் திருப்பம் பூச்சியமாகும்.

## செயற்பாடு 9

சீரான மரக்கோலொன்றைப் பெற்று சமமான தூரங்களில் துளைகளை இடுக. உரு 3.61 இற் காட்டியுள்ளவாறு அதன் கேத்திர கணித மத்திய புள்ளியில் திரும்பலடையுமாறு தாங்கியொன்றினால் கிடையாக சமநிலையில் தாங்கச் செய்க. இவ்வாறாக திரும்பலடைச் செய்யும் போது கோல் சீரானதாகவின்மை காரணமாக சிலவேளை அது கிடையாக சமநிலையிற் காணப்படாது. அவ்வாறான நிலைமையின் போது கோல் வழியே சிறிய கம்பி வளையமொன்றை அங்குமிங்கும் கொண்டு செல்வதன் மூலம் கோலைக் கிடையாகப் பேண முடியும்.

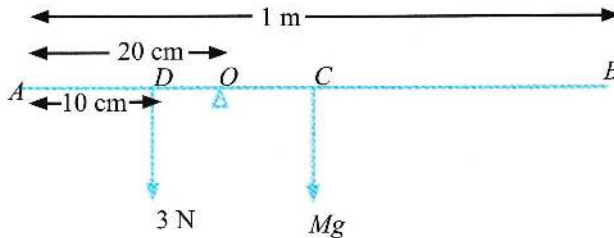


உரு 3.61 O வில் திரும்பலடையச் செய்யப்பட்ட மரக்கோல்

தெரிந்த வேறுபட்ட சுமைகளைக் கோலின் இருபக்கங்களிலும் காணப்படும் துளைகளைப் பயன்படுத்தி வெவ்வேறு தூரங்களிற் தொங்கவிடுவதன் மூலம் கோலைச் சமநிலையடையச் செய்க. ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் இடஞ்சுழித் திருப்பத்தையும் வலஞ்சுழித் திருப்பத்தையும் கணித்து அவற்றின் பருமன்கள் சமனானதாவெனப் பார்க்க.

### உதாரணம் 10

உருவிற் காட்டியுள்ளவாறு 1 m நீளமான சீரான கோலொன்று அதன் ஒரு முனையிலிருந்து 20 cm தூரத்திலுள்ள புள்ளியில் கத்தி விளிம்பினாற் தாங்க வைக்கப்பட்டுள்ளது. அம் முனையிலிருந்து 10 cm தூரத்தில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள 0.2 kg திணிவினால் கோல் கிடையாகச் சமநிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கோலின் திணிவைக் காண்க. ( $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ )



கோலின் திணிவு  $M$  எனின் அதன் நிறை  $Mg$  ஆகும். கோல் சீரானது என்பதால் அதன் நிறை கோலின் மத்திய புள்ளியான  $C$  ஊடாக தொழிற்படும்.

கத்தி விளிம்பு அமைந்துள்ள  $O$  பற்றிய திருப்பத்தைக் கருதின்

இடஞ்சுழித் திருப்பம் = வலஞ்சுழித் திருப்பம்

$$3 \times OD = Mg \times OC$$

$OD = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$ ,  $OC = 50 - 20 = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$  என்பதால் அப்பெறுமானங்களைப் பிரதியிடுவதன் மூலம்

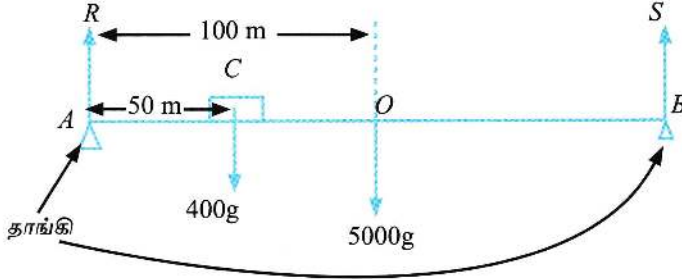
$$3 \times 0.1 = Mg \times 0.3$$

$$0.3 = 3M$$

$$M = \frac{0.3}{3} = 0.1 \text{ kg}$$

### உதாரணம் 11

200 m நீளமும் 5000 kg திணிவுமுடைய  $AB$  எனும் சீரான கிடைப்பாலம் அதன் இரு அந்தங்களும் தாங்கியொன்றின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. 400 kg திணிவுடைய மோட்டர் வாகனமொன்று  $A$  எனும் அந்தத்திலிருந்து 50 m தூரத்தில் நிறுத்தப்பட்டுள்ள போது அத் தாங்கி மீது ஏற்படுத்தப்படும் மறுதாக்கம்  $R$  மற்றும்  $S$  இன் பருமன் என்பவற்றைக் காண்க. ( $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ )



பாலத்தின் நீளம் 200 m என்பதாலும் அது சீரானது என்பதாலும் அதன் நிறை  $A$  எனும் புள்ளியிலிருந்து 100 m தூரத்தில் தொழிற்படும்  $A$  பற்றிய திருப்பத்தைக் கருதுமிடத்து,

வலஞ்சுழித் திருப்பம் = இடஞ்சுழித் திருப்பம்

$$(400 \times 10) \times 50 + (5000 \times 10) \times 100 = S \times 200$$

$$200000 + 5000000 = 200S$$

$$520000 = 2S$$

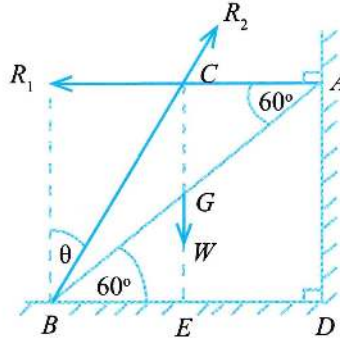
$$S = 26,000 \text{ N}$$

B பற்றித் திருப்பத்தைக் கருதுமிடத்து

$$\begin{aligned} \text{இடஞ்சுழித் திருப்பம்} &= \text{வலஞ்சுழித் திருப்பம்} \\ (5\,000 \times 10) \times 100 + (400 \times 10) \times 150 &= R \times 200 \\ 50\,000 + 6\,000 &= 2R \\ 56\,000 &= 2R \\ R &= 28,000 \text{ N} \end{aligned}$$

### உதாரணம் 12

20 kg திணிவுடைய AB எனும் சீரான கோல் கிடையுடன்  $60^\circ$  கோணத்தை அமைத்தவாறு அதன் A எனும் அந்தம் ஒப்பமான நிலைக்குத்தச் சுவருடனும் B எனும் அந்தம் அழுத்தமான தரையுடனும் தொடுகையுறும் வண்ணம் சமநிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கோலின் இரு அந்தங்களிலும் தொழிற்படும்  $R_1, R_2$  ஆகிய மறுதாக்கங்களைக் கணிக்க. ( $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ )



இக் கோலின் மீது மூன்று விசைகள் மாத்திரமே தொழிற்படும். சுவர் ஒப்பமானது என்பதால் A எனும் புள்ளியின் மறுதாக்கம் சுவருக்குச் செங்குத்தாகும். பொருளொன்று மூன்று ஒருதள விசைகளின் கீழ் சமநிலையிலிருக்கும் போது அம் மூன்று விசைகளும் ஒரே புள்ளியினூடாகப் பயணிப்பதால் A யில் மறுதாக்கம்  $R_1$  உம், நிறை  $W$  இல் வெட்டும் புள்ளி ஊடாக B யில் மறுதாக்கம்  $R_2$  உம் பயணிக்க வேண்டும்.

B எனும் புள்ளி பற்றி திருப்பத்தைக் கணிப்பதன் மூலம்

$$R_1 \times AD = W \times BE$$

கோலின் நீளம்  $l$  எனக் கொண்டால்  $AD = l \sin 60^\circ$ ,  $BE = \frac{1}{2} l \cos 60^\circ$  ஆகும். இதனடிப்படையில்,

$$R_1 \times l \sin 60^\circ = W \times \frac{1}{2} l \cos 60^\circ$$

$$R_1 = \frac{W \cos 60^\circ}{2 \sin 60^\circ} = \frac{(20 \times 10)}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{100}{\sqrt{3}} \text{ N}$$

கோல் AB மீது தொழிற்படும் நிலைக்குத்து விசையைக் கருதுமிடத்து

$$R_2 \cos \theta = W = 200 \quad \text{--- (1)}$$

கோல் AB மீது தொழிற்படும் கிடை விசையைக் கருதுமிடத்து

$$R_2 \sin \theta = R_1 = \frac{100}{\sqrt{3}} \quad \text{--- (2)}$$

(1), (2) சமன்பாடுகளை வர்க்கித்துக் கூட்டுவதன் மூலம்

$$R_2^2 \cos^2 \theta + R_2^2 \sin^2 \theta = 200^2 + \left( \frac{100}{\sqrt{3}} \right)^2$$

$$R_2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) = 200^2 + \left( \frac{100}{\sqrt{3}} \right)^2, \cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1 \text{ ஐப் பயன்படுத்தி}$$

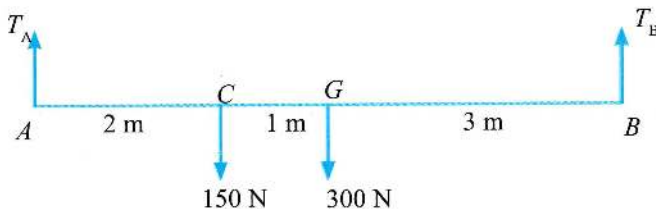
$$R_2^2 = 100^2 \left( 2^2 + \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right)^2 \right)$$

$$R_2 = 100 \times \sqrt{\frac{13}{3}} \text{ N}$$

### உதாரணம் 13

6 m நீளமும் 300 N நிறையையுமுடைய சீரான AB எனும் மரக்கீலமொன்று A, B ஆகிய அந்தங்களில் நிலைக்குத்தாகக் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள கயிறுகள் மூலம் கிடையாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. AC = 2 m ஆகும் வகையில் மரக் கீலம் மீது 150 N நிறை வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு கயிற்றினதும் இழுவையைக் காண்க.

மரக்கீலம் சீரானது என்பதால் அதன் நிறை நடுப்புள்ளி மீது தொழிற்படும். கயிறுகளின் இழுவை  $T_A, T_B$  எனக் கொள்வோம்.





மரக்கீலம் சமநிலையில் இருப்பதால் எந்தவொரு புள்ளி பற்றியும் வலஞ்சுழித் திருப்பம் இடஞ்சுழித் திருப்பத்திற்குச் சமனாகும்.

A பற்றிய திருப்பத்தைக் கருதுமிடத்து

$$T_B \times 6 = 150 \times 2 + 300 \times 3$$

$$6 T_B = 1200$$

$$T_B = 200 \text{ N}$$

நிலைக்குத்து விசைகளின் சமநிலையைக் கருதுமிடத்து

$$T_A + T_B - 150 - 300 = 0$$

$T_B = 200 \text{ N}$  பிரதியிடுவதன் மூலம்

$$T_A = 450 - 200$$

$$= 250 \text{ N}$$

குறிப்பு :

- ★ இங்கு நிலைக்குத்து விசைகளின் சமநிலையைக் கருதுவதற்குப் பதிலாக B பற்றி திருப்பத்தைக் கருதுவதன் மூலமும்  $T_A$  யைக் காணலாம்.
- ★ தெரியாத விசை தொழிற்படும் புள்ளி பற்றி திருப்பத்தைக் கருதியும் கணித்தலை இலகுவாக்கலாம்.

## பயிற்சிகள்

பின்வரும் பயிற்சிகளில்  $g = 10 \text{ m s}^{-2}$  எனக் கொள்க.

01. பொருளொன்றின் மீது கிடையுடன்  $40^\circ$  சாய்வில்  $20 \text{ N}$  விசை பிரயோகிக்கப்படுகிறது. அவ் விசையின் நிலைக்குத்துக் கூறையும் கிடைக் கூறையும் காண்க.
02. பொருளொன்றின் மீது நிலைக்குத்துடன்  $30^\circ$  சாய்வில்  $40 \text{ N}$  விசை பிரயோகிக்கப்படுகிறது. அவ்விசையின் நிலைக்குத்துக் கூறையும் கிடைக்கூறையும் காண்க.
03. தரையிலுள்ள பொருளொன்றின் மீது கயிரொன்று கட்டப்பட்டு தரையுடன்  $30^\circ$  சாய்வில்  $F$  எனும் விசையினால் இழுத்துச் செல்லப்படுகின்றது. இதன் போது விசையின் நிலைக்குத்துக் கூறு  $20 \text{ N}$  எனின்,
  - a. அப்பொருள் இழுக்கப்படும் விசை ( $F$ ) யைக் காண்க.
  - b. அவ்விசையின் கிடைக்கூறைக் காண்க.

04. தரையிலுள்ள குறித்த பொருளுடன் கட்டப்பட்ட கயிறு நிலைக்குத்துடன்  $30^\circ$  சாய்வாக விசை பிரயோகிக்கப்பட்டு இழுத்துச் செல்லப்படுகையில் அவ் விசையின் கிடைக்கூறு 8.66 N எனின்,

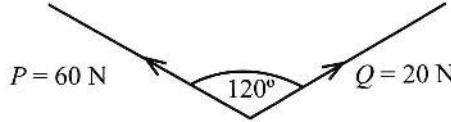
- அவ்விசையைக் காண்க.
- அவ்விசையின் நிலைக்குத்துக் கூறைக் காண்க.

05. தரப்பட்டுள்ள அட்டவணையின் வெற்றிடங்களை நிரப்புக.

விசை ( $F$ )	திணிவு ( $m$ )	ஆர்முடுகல் ( $a$ )
15 N	5 kg	.....
.....	500 g	$10 \text{ m s}^{-2}$
20 N	.....	$2 \text{ m s}^{-2}$
40 N	80 kg	.....

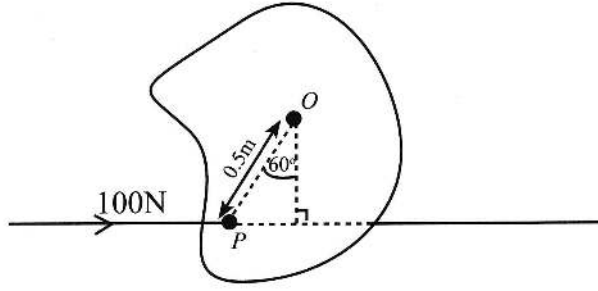
06. ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகவுள்ள 4 N, 3 N எனும் இரு விசைகள்  $O$  எனும் புள்ளி மீது தொழிற்படுகிறது. இவ்விரு விசைகளதும் விளையுளின் பருமனைக் காண்க.

07. பின்வரும் உருவிற் காட்டப்பட்டுள்ள  $O$  எனும் அமைவு மீது ஒன்றுக்கொன்று  $120^\circ$  சாய்வில்  $P, Q$  எனும் இரு விசைகள் தொழிற்படுகின்றது.  $P, Q$  என்பவற்றுக்குப் பதிலாகப் பிரயோகிக்கக்கூடிய தனி விசையைக் காண்க.

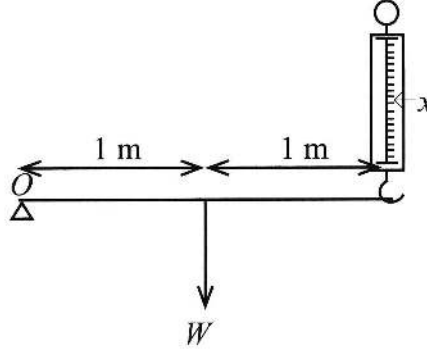


08. ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகத் தொழிற்படும்  $P, Q$  எனும் இரு விசைகளால் 13 N விளையுள் விசை ஏற்படுத்தப்படுகிறது.  $P$  யின் பருமன் 12 N ஆகும் போது  $Q$  வின் பருமன் யாதாகவிருக்கும்?

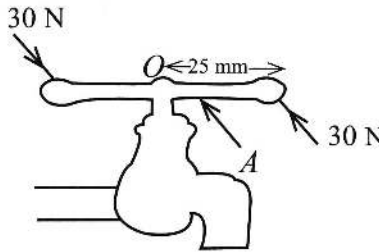
09. பொருளொன்றின் மீது  $P$  எனும் புள்ளியில் தொழிற்படும் 100 N விசை பின்வரும் உருவிற் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொருளில் அமைந்துள்ள  $O$  விற்கும்  $P$  யிற்கும் இடைப்பட்ட தூரம் 0.5 m ஆகும்.  $O$  விலிருந்து விசையின் தாக்கக் கோட்டுக்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துடன்  $OP$  எதிரமைக்கும் கோணம்  $60^\circ$  ஆகும். 100 N விசையினால்  $O$  பற்றி ஏற்படுத்தும் திருப்பத்தைக் காண்க.



10. பின்வரும் உருவிற் காட்டப்பட்டுள்ள நிறை  $W$  உம் நீளம்  $2\text{ m}$  வும் ஆகவுள்ள சீரான கோலின் ஒரு அந்தம்  $O$  எனும் முளை மீது வைக்கப்பட்டுள்ளதுடன் கோலின் மறு அந்தம் விற்றராசுடன் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. கோல் கிடையாகச் சுழற்சியடையாதவாறு காணப்படுகின்றது எனின் விற்றராசின் வாசிப்பு  $x$  யை கோலின் நிறை  $W$  சார்பாகக் காண்க.

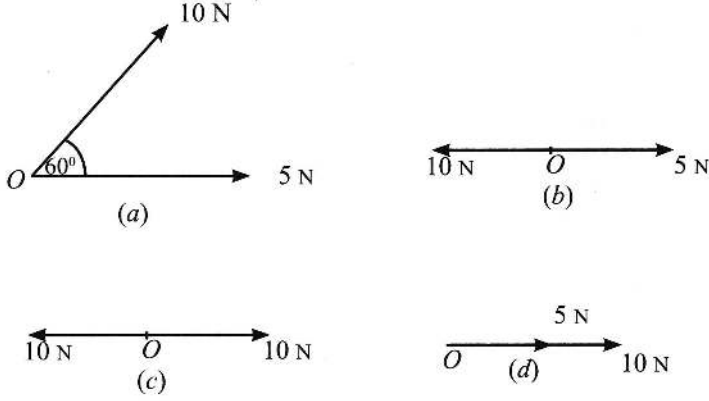


11. நீர்த் திருகுபிடியின் தலை உருவில்  $A$  யினாற் காட்டப்பட்டுள்ளது. தலை மீது தொழிற்படும் விசையிணையின் விசையின் பருமன்  $30\text{ N}$  ஆகும். தலையின் மையப் புள்ளி  $O$  விலிருந்து விசை தொழிற்படும் அமைவுக்குள்ள தூரம்  $25\text{ mm}$  ஆகும். விசையிணையின் திருப்பத்தைக் காண்க.

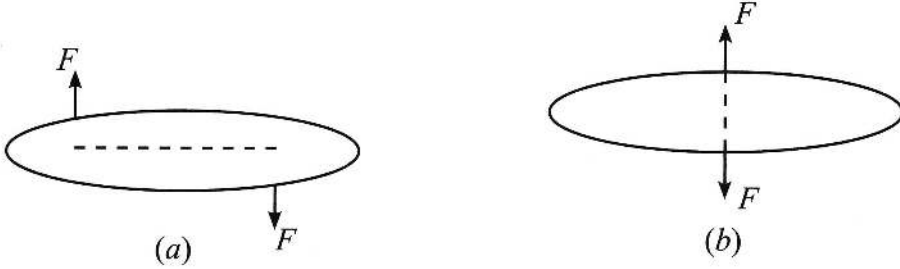


12. சாரதியொருவர் சுக்கான் மீது இரு கைகள் மூலமாகவும் பிரயோகிக்கப்படும் விசையிணை மூலம் அதனைச் சுழற்றுகிறார். சுக்கானின் சில்லுக்கு வரையப்பட்ட தொடலி வழியே விசை பிரயோகிக்கும் வகையில் ஒரு கையினால் பிரயோகிக்கப்படும் விசையின் பருமன்  $10\text{ N}$  ஆகும். சுக்கானின் விட்டம்  $40\text{ cm}$  எனின் பிரயோகிக்கப்படும் விசையிணையின் திருப்பத்தைக் காண்க.

13. பின்வரும் சந்தர்ப்பங்களிடையே  $O$  எனும் புள்ளிப் பொருள் சமநிலையிலுள்ள சந்தர்ப்பம் யாது? ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் விளையுள் விசையின் பருமனைக் காண்க.

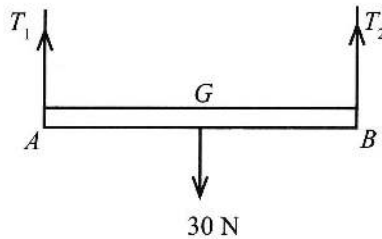


14. பொருளொன்றின் மீது சமமான இரு விசைகள் பிரயோகிக்கப்படும் இரு சந்தர்ப்பங்கள் பின்வரும் உருவிற் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு சந்தர்ப்பங்களிடையே விசைச் சமநிலையிற் காணப்படும் சந்தர்ப்பம் யாது?



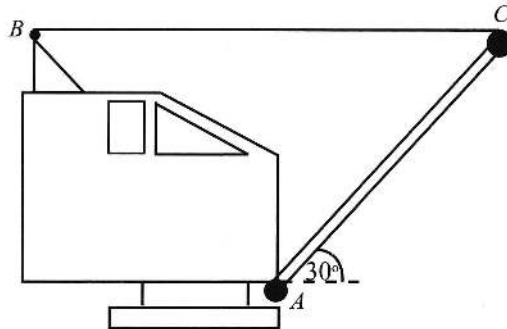
சமநிலையில்லாத சந்தர்ப்பம் அவ்வாறு அமைவதற்கான காரணம் யாது?

15.  $AB$  எனும் சீரான கோல் கிடையாக இரு இழைகளினால் உருவிற் காட்டியவாறு  $A, B$  எனும் அந்தங்களில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.



பொருள் சமநிலையிற் காணப்படுமாயின்  $A, B$  ஆகியவற்றில் இழையின் இழுவைகள்  $T_1, T_2$  என்பவற்றைக் காண்க.

16. நீங்கள் வீட்டுக்கு 1 kg சீனி வாங்கி வந்ததாகக் கொள்வோம். உங்களுக்குக் கிடைத்த சீனியின் திணிவு 1 kg தானாவெனப் பரீட்சிக்க வேண்டியுள்ளது. எனினும் வீட்டில் விற்றராசோ, தட்டுத் தராசோ அல்லது வேறு வகைத் தராசோ இல்லையெனக் கொள்வோம். எனினும் உங்கள் வீட்டில் 1 kg திணிவுடைய தேயிலைப் பைக்கற்றும் நீண்ட மரக்கீலமும் உண்டெனின் அவற்றைப் பயன்படுத்தி சீனியின் திணிவு 1 kg தானாவெனப் பரீட்சிக்கும் விதத்தை எளிய உபகரண ஒழுங்கமைப்பின் படத்தின் துணையுடன் விளக்குக. சீனி அல்லது தேயிலை சுற்றப்பட்ட சுற்றுத்தாளின் நிறை புறக்கணிக்கத்தக்களவு சிறிதெனக் கொள்க.
17. 6 m நீளமும் 30 kg திணிவுடைய மரக்கீலம் கிடைத் தரையில் உள்ளது. தச்சர் ஒருவர் அம் மரக்கீலத்தின் ஒரு அந்தத்தை உயர்த்தி தரையுடன்  $30^\circ$  கோணத்தை அமைக்கும் வகையில் வைக்கிறார். இதற்காக அவராற் பிரயோகிக்கப்பட்ட விசை, அவ்வந்தத்தில் மரக்கீலத்துக்குச் செங்குத்தானது எனின் விசையின் பருமனைக் காண்க.
18. குறித்தவொரு சீரான ஏணி 5 m நீளமானதுடன் அதன் திணிவு 20 kg ஆகும். அதன் மேல் அந்தம் ஒப்பமான நிலைக்குத்துச் சுவருடன் தொடுகையுறும் வண்ணம் வைக்கப்பட்டுள்ளது. மற்றைய அந்தம் அழுத்தமான தரையுடன் தொடுகையுற்றுள்ளது. ஏணியின் கீழ் அந்தம் சுவரிலிருந்து 3 m தூரத்தில் அமைந்துள்ளது. ஏணிக்கும் தரைக்கும் இடையேயான உராய்வு விசையைக் காண்க.
19. கீழே தரப்பட்டுள்ள பாரந்துக்கியின் (crane) AC எனும் புயத்தின் திணிவு 2500 kg உம் அதன் நீளம் 8 m உமாகும். அது A யில் திரம்பலடையும் வகையில் ஒழுங்கமைக்கப்பட்டுள்ளது. AC எனும் புயம் சமநிலையில் இருக்குமாறு அதற்கு BC எனும் கிடைக் கம்பி (cable) தொடுக்கப்பட்டுள்ளது.




- a. AC எனும் புயம் மீது தொழிற்படும் விசைகளை மேலே தரப்பட்ட உருவைப் பிரதி செய்து அதிற் குறித்துக் காட்டுக.
- b. BC எனும் கம்பியின் இழுவையைக் காண்க.





තාක්ෂණවේදය සඳහා භෞතික විද්‍යාව - I කොටස (෧෫)  
2016/T/අති/03/10,000

E.P.D. (SALES DIVISION)



001

**3020018**

SCIENCE FOR TECH: physics - P I (T)

**Rs. 245.00**