செய்முறை பௌதிகம்

(முதலாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

த. கமலக்கண்ணன்,

சி. இருட்டிணசாமி,

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்

தமிழக அரசு

செய்முறை பௌதிகம்

(முதலாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

ஆசிரியர்கள்

த. கமலக்கண்ணன்,
இணை பௌதிகப் பேராசிரியர்,
மாநிலக் கல்லூரி, சென்னை.

சீ. கிருட்டிணசாமி,
பௌதிகப் பேராசிரியர்,
அரசினர் கலைக் கல்லூரி, கோவை.

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்

தமிழக அரசு

First Edition--July 1969

B.T.P. No. 196

© Bureau of Tamil Publications

PRACTICAL PHYSICS for B.Sc., Book-I
D. Kamalakkannan and
S. Krishnaswamy

Price Rs. 4—50

Printed by
GAUTAMA PRINTERS,
118, Purasawalkam High Road,
Madras - 7.

அணிந்துரை

(திரு. செ. மாதவன், தமிழகக் கல்வி-தொழில் அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கி எட்டு ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் விஞ்ஞானப் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டுசெய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் மாணவர்க்குக் கலை, அறிவியல் பாடங்களைத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டு தோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்ல வேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே, குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல். உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல்,. புள்ளியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழி பெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம் நூல்களை வெளியிட்டுவருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான '**செய்முறை பௌதிகம்—I**' என்ற இந் நூல் தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகத்தின் **196**ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை **231** நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும்; அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம்கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

செ. மாதவன்

பொருளடக்கம்

பக்கம்

1. பொது பௌதிகமும் பொருளியல்புகளும்

'வெர்னியர்' காலிப்பர் ... 1
திருகு அளவி ... 5
கோளமானி ... 8
ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல் ... 13
இரட்டை ஒளியியல் நெம்புகோல் ... 16
பௌதிகத் தராசு ... 24
நுண்குழாயின் ஆரம் ... 29
'ஆர்க்கிமிடீஸ்' தத்துவம் ... 34
அடர்த்திக் குப்பி ... 38
'நிக்கல்சன்' திரவமானி ... 41
'பாயில்' விதி ... 44
'ஃபார்ட்டின்' பாரமானி ... 50
ஒரு முனை விசைகள் ... 52
இணை விசைகள் ... 59
சாய்தளம் ... 67
கூட்டு ஊசலி ... 71
'கேட்டர்' ஊசலி ... 74
நீட்சி முறையில் 'யங்' குணகம் ... 78
வளைவு முறையில் 'யங்' குணகம்-வளைசட்டம் ... 81
வளைவு மூலம் 'யங்' குணகம்-சீரிலா வளைவு ... 85
வளைவு மூலம் 'யங்' குணகம் - சீரானவளைவு ... 92
நிலைமுறுக்கு - விறைப்புக் குணகம் ... 100
முறுக்கலைவுகள் மூலம் விறைப்புக் குணகம் ... 107
முறுக்கலைவுகள் மூலம் நிலைமத் திருப்புத் திறன் ... 110
'சியேர்ள்' முறையில், q, n, and σ. ... 113
இருநூல் ஊசலி ... 116
நுண்புழை ஏற்றம் மூலம் பரப்பு இழுவிசை ... 120
பரப்பு இழுவிசை - துளி எடை முறை ... 123
'சியேர்ள்' முறுக்குத் தராசு ... 128
'க்யூன்கே' துளி ... 131
திரவத்தின் பாகுநிலை எண் ... 134
திரவங்களின் பாகுநிலை எண்களை ஒப்பிடல் ... 139

2. வெப்ப இயல் (Heat)

	பக்கம்
திடப்பொருளின் நீட்டப் பெருக்க எண்	... 142
திரவத்தின் தோற்றப் பெருக்க எண்	... 145
காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண்	... 146
காற்றின் பருமப் பெருக்க எண்	... 150
திடப்பொருளின் வெப்ப எண்	... 152
திரவத்தின் வெப்ப எண்	... 157
நீரின் தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தம்	... 160
பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பம்	... 163
நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்	... 167
திடப்பொருளின் உருகுநிலை	... 170
திரவத்தின் கொதிநிலை	... 174
' நியூட்டன் ' குளிர்வு விதி	... 176
குளிர்வு முறையில் திரவத்தின் வெப்ப எண்	... 180
நற்கடத்தியின் வெப்பக் கடத்துத் திறன்	... 183
அரிதிற் கடத்தியின் வெப்பக் கடத்துத் திறன் (' லீஸ் ' ஆய்கருவி)	... 186
வெப்ப எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று (' சியோர்ள் ' முறை)	... 190

3. ஒளியியல் (Light)

ஒளிமானிகள்	... 194
திட, திரவப் பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள் - நேர்விலகல் முறை	... 196
திட, திரவப் பொருள்களின் ஒளிவிலகல் எண்கள் - மாறுநிலைக்கோண முறை	... 201
குவி, குழி ஆடிகளின் குவியத் தூரங்கள்	... 204
குவி, குழி வில்லைகளின் குவியத் தூரங்கள்	... 208
குவி, குழிவில்லையாக்கப்பட்ட கண்ணாடியின் ஒளி விலகல் எண்	... 215
திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண் - திரவவில்லை	... 218
நுண்ணோக்கியின் உருவப் பெருக்குத் திறன்	... 221
தொனிநோக்கியின் பகுதிறன்	... 224

	பக்கம்
நிறமாலை மானி	... 226
நிறமாலை மானி - திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண்	.. 232
நிறமாலை மானி - I, d வரைகோடு	... 233
நிறமாலை மானி i_1, i_2 வரைகோடு 'ஸ்டோக்ஸ்' வாய்பாடு	... 236
சிறுகோண முப்பட்டகம்	... 241
நிறமாலைமானி - முப்பட்டகத்தின் பிரிதிறன்	... 244
'நியூட்டன்' வளையங்கள்	... 245
'ப்ரெனலின்' இரட்டைப் பட்டகம்	... 248
விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி செலுத்துகைக் கீற்றணி	... 253
விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி - சிறுமத்திசை மாறுகோணம்	... 257
நிறமாலைமானி - 'ப்ரானோபர்' வரிகள்	... 260
போலரி மீட்டர்	... 261

செய்முறை பௌதிகம்

(முதல் புத்தகம்)

1. பொது பௌதிகமும் பொருளியல்புகளும்

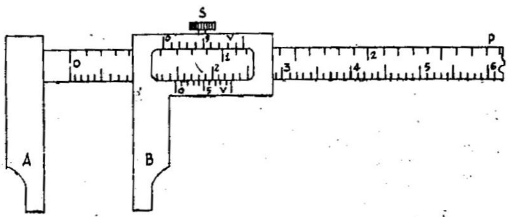
வெர்னியர் காலிப்பர்
(Vernier Calipers)

நோக்கம்

வெர்னியர் காலிப்பரின் உதவியால் சிறிய பரிமாணங்களை (எடுத்துக்காட்டாக ஒரு உருளையின் நீளம், விட்டம்) அளத்தல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

வெர்னியர் காலிப்பர், வெர்னியரின் தத்துவத்தில் உருவான கருவியாகும். இதில் நீண்ட செவ்வகவடிவமான ஒரு உலோகப் பட்டை(P) உள்ளது.இப்பட்டையின் ஓர் ஓரத்தில் சென்டி மீட்டர், மில்லி மீட்டர் அளவுக்குறிகளும், எதிர் ஓரத்தில் அங்குலமும் அதன்



படம் 1·1

பிரிவுகளும் உள்ள அளவுக் குறிகளும் பொறிக்கப்பட்டுள்ளன. இதுவே முதன்மைக் கோலாகும் (Main Scale). கெட்டியான ஒரு தாடை (A) உலோகக் கோலின் ஒரு முனையில் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இத்தாடையின் உட்புறம் சமதளமாக உள்ளது. முதன்மைக் கோலின்மீது நகருமாறு ஓர் உலோகத்துண்டு

(V) அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் இரு வெர்னியர் கோல்கள், (Vernier Scales) ஒவ்வொரு வெர்னியர் கோலும் அதற்கு இணையான முதன்மைக் கோல் மீது நகருமாறு பொறிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த உலோகத் துண்டை அதன்மீதுள்ள திருகின் (S) உதவியால் முதன்மைக்கோல்மீது தேவையான இடத்தில் நிலையாக நிறுத்தலாம். இவ்வுலோகத் துண்டுடன் மற்றொரு தாடை (B) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இத்தாடையின் உட்புறம், சமதளமாய் உள்ளது. இருதாடைகளும் ஒன்றையொன்று தொட்டிருக்கும் பொழுது முதன்மைக்கோலின் சுழியும் அதற்கு இணையான வெர்னியரின் சுழியும் ஒரே நேர்க்கோட்டில் அமையும்.

செய்முறை

வெர்னியர் காலிப்பரை ஆராய்ந்து அதன் அங்குலப் பகுதி முதன்மைக்கோலில் ஒரு சிறிய பகுதியின் நீளத்தைக் காண். அங்குலப்பகுதி வெர்னியரிலுள்ள மொத்தப் பிரிவுகளைக் கணக்கிடு. வெர்னியரின் சுழி, மூலக்கோலில் ஒரு குறிப்பிட்ட கோட்டுடன் ஒன்றிக்குமாறு அமைத்து, வெர்னியர் பகுதிகளின் மொத்த நீளத்தைக் காண். வெர்னியர் பிரிவு ஒன்றின் நீளத்தைக் கணக்கிடு முதன்மைக்கோல் பிரிவின் நீளத்திற்கும் வெர்னியர் பிரிவு ஒன்றின் நீளத்திற்குமுள்ள மாறுபாடே வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை (Least Count) ஆகும்.

வெர்னியரின் தொடக்கப் பிழையைக் (Zero Error) காண இரு தாடைகளும் இணைந்திருக்குமாறு செய். வெர்னியரின் சுழியும் முதன்மைக் கோலின் சுழியும் ஒரு நேர்க்கோட்டில் அமைகின்றனவா என்று பார். அவ்வாறு அமைந்தால், தொடக்கப் பிழை இல்லை என்று கொள். அவ்வாறில்லாமல் வெர்னியரின் சுழி, முதன்மைக்கோலின் பிரிவுகளின்மேல் இருந்தால் அது மிகை நிலைத் தொடக்கப் பிழை (Positive Zero error) ஆகும். ஒரு மூலக்கோல் பிரிவுடன் ஒன்றிக்கும் வெர்னியர் பிரிவின் எண்ணிக்கையைக் காண். இதை 'n' எனக் கொண்டால், தொடக்கப் பிழை + ($n \times$ மீச்சிற்றளவை). அவ்வாறுள்ள கருவியால் காணும் அளவுகளுக்குச் செய்ய வேண்டிய திருத்தம் — ($n \times$ மீச்சிற்றளவை). அவ்வாறில்லாமல் வெர்னியரின் சுழி முதன்மைக் கோலின் சுழிக்கு மறுபுறம் (அதாவது முதன்மைக் கோல் பகுதிகளுள்ள பிரிவுகளுக்கு மறுபுறம்) அமையுமாயின், குறைநிலை தொடக்கப் பிழை (Negative zero error) ஆகும். ஒரு முதன்மைக்கோல் பகுதியுடன் ஒன்றிக்கும் வெர்னியர் பிரிவின் எண்ணிக்கையைக் காண். இதை 'n எனவும், வெர்னியரிலுள்ள பிரிவுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையை N எனவும் கொண்டால், கருவியின் தொடக்கப் பிழை—$(N-x) \times$ மீச்சிற்றளவை. அளவுகளுக்குச் செய்யவேண்டிய திருத்தம் $+(N\text{-}x) \times$ மீச்சிற்றளவை.

உருளையின் நீளத்தைக்காண அதை நீளவாக்கில் வெர்னியரின் இருதாடைகளுக்கிடையில் வைத்து மென்மையாகப்பற்று. முதன் மைக்கோல் பிரிவுகளின்மீது வெர்னியர் சுழியின் நிலையைக் கவனி. வெர்னியர் சுழிக்கு மிக அருகில் இடப்பக்கம் முதன்மைக்கோல் பிரிவைக் காண். இதுவே முதன்மைக்கோல் காட்சிப் பதிவு (Main scale Reading). முதன்மைக்கோல் பிரிவுடன் ஒன்றிக்கும் வெர்னியர் பிரிவின் எண்ணிக்கையைக்காண். அதை வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவையால் பெருக்கி வெர்னியர் கோல் அளவை (Vernier Scale Reading) கணக்கிடு. முதன்மைக்கோல் காட்சிப்பதிவு வெர்னியர் கோல் அளவு, தொடக்கப் பிழைக்கான திருத்தம் இவற்றைக் கூட்டினால் உருளையின் நீளம் கிடைக்கும்.

இவ்வாறே உருளையின் நீளத்தைப் பல இடங்களில் அளந்து காட்சிப்பதிவுகளை அட்டவணைப்படுத்து. உருளையின் சராசரி நீளத் தைக் கணக்கிடு. அவ்வாறே உருளையின் சராசரி விட்டத்தையும் கணக்கிடு.

பரிமாணங்களை பிரிட்டிஷ் முறையிலும் மெட்ரிக்கு முறையிலும் காண்.

காட்சிப் பதிவுகள்

i. வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை.

	பிரிட்டிஷ் முறையில்	மெட்ரிக்கு முறையில்
1. முதன்மைக்கோல் பிரிவின் நீளம்		
2. வெர்னியரிலுள்ள மொத்தப் பிரிவுகள்		
3. வெர்னியர் பிரிவுகளின் மொத்த நீளம்		
4. ஒரு வெர்யர் பிரிவின் நீளம்		
5. மீச்சிற்றளவை (ஒரு முதன்மைக் கோல் பிரிவின் நீளம்—ஒரு வெர் னியர் பிரிவின் நீளம்)		
6. தொடக்கப் பிழை		
7. திருத்தம்		

ii. பரிமாணங்கள்.

பரிமாணம்	வரிசை எண்	பிரிட்டிஷ் முறையில்				மெட்ரிக்கு முறையில்			
		முதன்மைக் கோல் அளவீடு	வெர்னியர்கோல் அளவீடு	திருத்தம்	மொத்தம்	முதன்மைக் கோல் அளவீடு	வெர்னியர்கோல் அளவீடு	திருத்தம்	மொத்தம்
உருளையின் நீளம்									
உருளையின் விட்டம்									

முடிவு

உருளையின் சராசரி நீளம் :
உருளையின் சராசரி விட்டம் :

திருகு அளவி
(Screw Gauge)

நோக்கம்

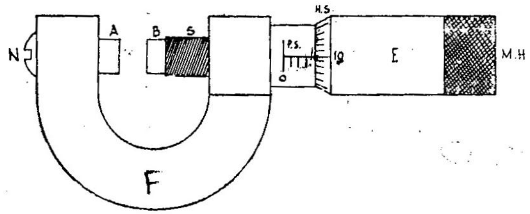
திருகு அளவியைக்கொண்டு *(1)* கண்ணாடித் தகட்டின் தடிப்பு, *(2)* மெல்லிய கம்பியின் விட்டம் இவைகளைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

திருகு அளவி, கண்ணாடித்தகடு, மெல்லிய கம்பி.

அமைப்பு

திருகு அளவியில் U போன்ற உலோகச் சட்டம் 'F' உள்ளது. இதன் ஒரு முனையில் உட்புறம் திருகு மறைகள் கொண்ட ஒரு குழாய் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இம்மறையின் வழியே நீண்ட சீரான திருகு S செல்லுகிறது. அதன் ஒரு முனை B சமதளமாக அமைந்துள்ளது. இத்திருகுடன் ஓர் உலோக உறை (Sleeve) E இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வுறையின் ஒரு முனை சரிவாக



படம் 1·2

விருக்கும். இச்சரிவு வட்டமுழுதும் சமப்பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. இதுவே உச்சிக்கோல் (Head Scale) எனப்படும். திருகாணியைத் தேவைக்கு அதிகமாகத் திருப்பாமல் தடுக்க அதன் உச்சியில் ஒருவழித் தடை அமைப்பு (Ratchet) உள்ளது. திருகு (S) உட்செல்லும் குழாயின் மேற்புறத்தில் அக்குழாயின் அச்சுக்கு இணையாக ஒரு கோடு வரையப்பட்டுள்ளது. இது குறிப்புக்கோடு (Index Line) எனப்படும். இக்கோட்டின்மேல் பிரிவுகள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இதுவே புரிக்கோல் (Pitch Scale) எனப்படும். திருகாணியின் சமதளமான B என்ற முனைக்கு எதிரில் U வடிவ உலோகச் சட்டத்தின் மறு பக்கத்தில் ஒரு குமிழ் N பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இக்குமிழின் உள் முனை A சமதளமாக உள்ளது. A, B என்ற இரு சமதளங்களும் தொடும்பொழுது புரிக்கோலின் சுழியின் உச்சிக்

கோல் குறிக்கப்பட்டுள்ள சரிவான முனை ஒன்றியிருக்கும். மேலும் உச்சிக்கோலின் சுழி குறிக்கோட்டுடன் ஒன்றியிருக்கும்.

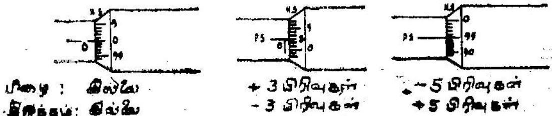
செய்முறை

திருகு அளவியில் புரிக்கோலின் பிரிவு ஒன்றின் நீளத்தைக் காண். உச்சிக்கோலை இரட்டைப்படை எண்ணிக்கை முழுச்சுற்றுகள் சுழற்றி, அது புரிக்கோலின்மேல் நகரும் நீளத்தைக் காண். இந்நீளத்தைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையால் வகுத்துப் புரியிடைத் தூரத்தைக் (Pitch) கணக்கிடு.

புரியிடைத் தூரத்தை உச்சிக்கோலிலுள்ள மொத்தப் பகுதிகளால் வகுத்து, திருகு அளவியின் மீச்சிற்றளவையைக் காண்.

கருவியின் தொடக்கப் பிழையைக் காணத் திருகைச் சுழற்றி இரண்டு சமதளங்களும் ஒன்றையொன்று தொடுமாறு அமைத்துக் கொள். இந்நிலையில் குறிப்புக்கோட்டுடன் உச்சிக்கோலின் சுழி ஒன்றியிருந்தால், திருகுமானியில் தொடக்கப் பிழை இல்லை. அவ்வாறில்லாவிடில் தொடக்கப்பிழை உள்ளது. உச்சிக்கோலின் சுழி குறிப்புக்கோட்டைக் கடந்திருந்தால், கருவிக்குக் குறைநிலை தொடக்கப்பிழை(Negative zero error) உள்ளது. சுழி எவ்வளவு உச்சிக்கோல் பிரிவுகள் மூலம் குறிப்புக்கோட்டைக் கடந்துள்ளது என்று காண். அது x-ஆனால் தொடக்கப் பிழை $-x\times$ மீச்சிற்றளவையாகும். அதற்கான திருத்தம் $+x\times$ மீச்சிற்றளவை ஆகும். அவ்வாறில்லாமல் உச்சிக்கோலின் சுழி குறிப்புக்கோட்டை அடைவதற்கு முன்னரே இரு சமதளங்களும் தொட்டுவிட்டால் கருவிக்கு மிகை நிலை தொடக்கப் பிழை (Positive zero error) உள்ளது. குறிப்புக்கோட்டை அடைய உச்சிக்கோலின் சுழி எவ்வளவு உச்சிக்கோல் பிரிவுகளின் மூலம் திருகப்படவேண்டும் என்று காண். அது y-ஆனால் தொடக்கப்பிழை $+y\times$ மீச்சிற்றளவையாகும். அதற்கான திருத்தம் $-y\times$ மீச்சிற்றளவையாகும்.

எடுத்துக்காட்டு



படம் 1·3.

கொடுத்துள்ள கண்ணாடித் தகட்டை சமதளங்களுக்கிடையே பிடித்து, உறையைச் சுழற்றி இருசமதளங்களும் தகட்டை மென்மையாகப் பற்றுமாறு செய். புரிக்கோலில் தெரியும் முழுப்பகுதி

களைக் குறித்துக்கொள். இதுவே புரிக்கோல் காட்சிப்பதிவு (Pitch scale reading). குறிப்புக் கோட்டுடன் சேர்ந்திருக்கும் உச்சிக்கோல் பிரிவின் எண்ணிக்கையைக் காண். இதை மீச்சிற்றளவையால் பெருக்கி உச்சிக்கோல் அளவைக் (Head scale reading) கணக்கிடு. புரிக்கோல் அளவு, உச்சிக்கோல் அளவு, தொடக்கப் பிழைக்கான திருத்தம் இவற்றைக் கூட்டித் தகட்டின் தடிப்பைக் கணக்கிடு.

இதே போன்று கண்ணுடித் தகட்டைப் பல இடங்களில் மென்மையாகப்பற்றித் தகட்டின் தடிப்பைக் கணக்கிடு. காட்சிப்பதிவுகளை அட்டவணைப்படுத்து. தகட்டின் சராசரித் தடிப்பைக் கணக்கிடு.

காட்சிப் பதிவுகள் :

புரிக்கோல் பகுதி ஒன்றின் நீளம் :

உச்சிக்கோல் சுழற்றப்படும் முழுச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை } ...

புரிக்கோலின்மீது உச்சிக்கோல் நகர்ந்த நீளம் } ...

$$\text{புரியிடைத்தூரம்} = \frac{\text{புரிக்கோலின்மீது உச்சிக்கோல் நகர்ந்த நீளம்}}{\text{சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை}}$$

உச்சிக்கோலின் மொத்தப் பகுதிகள்.

$$\text{மீச்சிற்றளவை} = \frac{\text{புரியிடைத்தூரம்}}{\text{உச்சிக்கோலின் மொத்தப் பகுதிகள்}}$$

தொடக்கப் பிழை : $\pm$

திருத்தம் : $\mp$

கண்ணுடித்தகட்டின் தடிப்பு

வரிசை எண்	புரிக்கோல் குறியீடு	இசைந்த உச்சிக் கோல் பகுதி	உச்சிக் கோல் குறியீடு	திருத் தம்	திருத்தப் பட்ட அளவு

சராசரி =

இம்முறையிலேயே கம்பியின் விட்டத்தைக் காண். கம்பியின் விட்டத்தைப் பல இடங்களில் அளக்கும் பொழுது ஒவ்வோர் இடத்திலும் இரு செங்குத்துத் திசைகளில் விட்டத்தை அள.

முடிவு

கண்ணடித்தகட்டின் தடிப்பு =
கம்பியின் விட்டம் =

கோளமானி
(Spherometer)

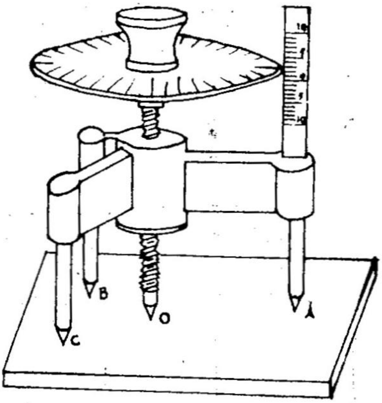
நோக்கம்

கோளமானியைக்கொண்டு *(1)* ஒரு கண்ணடித் தகட்டின் தடிப்பைக் காணல், *(2)* ஒரு கோளப்பரப்பின் ஆரத்தைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள் : கோளமானி, சமதளக் கண்ணடித் தகடு, கண்ணடித்துண்டு, கோளவடிவத் தளம். (Spherical surface).

அமைப்பு

கோளமானி சிறிய கண்ணடித்துண்டின் தடிப்பையும், சிறிய இடைவெளிகளேயும், கோள வடிவத்தளத்தின் ஆரத்தையும் அள



படம் 1·4

விடப் பயன்படுகிறது. இக் கருவியில் கீழ்ப்பாகம் கூர்மையாக உள்ள ஒரு சீரான திருகு (O) ஒரு உலோக முக்காலிச் சட்டத்தின் நடுவேயுள்ளமறை (N) யினுள் இயங்குகிறது. இதனுடைய மூன்று கூர்மையான கால்களின் (A, B, C,) மீது சட்டம் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இம்மூன்று கால்களும் ஒரு சமப்பக்க முக்கோணத்தின் மூன்று மூலேகளில் அமைகின்றன. திருகின்மேல், வட்டமான ஒரு தட்டுப்பொருத்தப்பட்டு, அத்தட்டின் விளிம்பு (HS) குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையுள்ள சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. இதுவே வட்டக்கோல் (Circular scale) எனப்படும். வட்டக்கோலேச் சுழற்றித் திருகை இயக்கத் தட்டின்மேல் வரியமைப்

புள்ள தலைப்பாகம் (Milled head) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. மில்லி மீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ள புரிக்கோல் எனப்படும் ஓர் அளவு கோல் (PS) ஒரு காலின்மேல் செங்குத்தாகவும், வட்டக்கோலின் விளிம்பைத் தொட்டாற்போல இருக்குமாறும் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

செய்முறை

கோளமானியிலுள்ள புரிக்கோலின் ஒரு சிறிய பிரிவின் நீளத்தை அள. புரிக்கோலின் கீழ்ப்பிரிவை அதன் சுழியாகக்கொள். வட்டக்கோலின் சுழி புரிக்கோலின் பிரிவு ஒன்றுக்கு நேராக அமையுமாறு செய். வட்டக்கோலை இரட்டைப்படை எண்ணிக்கை முழுச்சுற்றுகள் சுழற்று. புரிக்கோலில் வட்டக்கோலின் விளிம்பு நகர்ந்த தொலைவைக் கணக்கிடு. இத்தொலைவைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையால் வகுத்துக் கோளமானியின் புரியிடைத் தூரத்தைக் காண். வட்டக்கோலின்மீதுள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கையைக் கண்டுகொள். புரியிடைத்தூரத்தை வட்டக்கோலிலுள்ள பிரிவுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையால் வகுத்து கருவியின் மீச்சிற்றளவையைக் கணக்கிடு.

ஒரு சமதளக் கண்ணாடித்தகட்டைக் கிடையாக அமைத்து அதன்மீது கோளமானியை வை. திருகை இயக்கி அதன் கூரான பாகம் கண்ணாடித்தகட்டைச் சற்றே தொடுமாறு அமை. இந்நிலையில் திருகின் கூரான முனையும், கண்ணாடித்தகட்டில் தெரியும் அதன் பிம்பமும் ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும். அவ்வாறே கோளமானியின் நிலையான மூன்று கால்களும் கண்ணாடித்தகட்டின்மீது அமைய வேண்டும். இந்நிலையில் வட்டத் தகட்டைச் சற்றே திருப்பினால் கருவி திருகைப்பற்றிச் சுழலும். இச் சோதனை "சுழற்சிச் சோதனை" (Rotation test) எனப்படும். இது கருவியின் மூன்று நிலையான கால்களும் திருகின் கூரான முனையும் சமதளத்தைத் தொட்டிருப்பதைக் காட்டும். திருகு சற்றே அதிகமாகத் திருகப்பட்டால் கோளமானியிலுள்ள திருகின் கூரான முனையும் ஏவையேனும் இரு கால்களும் கண்ணாடித்தகட்டைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும். கருவியை மெதுவாக அழுத்தினால், அது திருகின், முனையில் பக்கவாட்டில் ஆடும். வட்டக்கோலின் மேற்பரப்புத் தாண்டியிருக்கும் புரிக்கோல் அளவைக் குறித்துக்கொள். இதுவே புரிக்கோல் அளவு. புரிக்கோலின் முனையுடன் ஒன்றிக்கும் வட்டக்கோல் பிரிவைக் கண்டு, அதைக் கருவியின் மீச்சிற்றளவையால் பெருக்கி, வட்டக்கோல் காட்சிப் பதிவைக் கணக்கிடு. புரிக்கோல் அளவையும் வட்டக்கோல் அளவையும் கூட்டினால் கோளமானியின் தொடக்க அளவு

(Zero reading) கிடைக்கும். கண்ணுடித் தகட்டின்மேல் மூன்று இடங்களில் கோளமானியை வைத்து, தொடக்கக் காட்சிப்பதிவு களைக் காண். சராசரியைக் கணக்கிடு. காட்சிப் பதிவுகளைப் பின் வருமாறு அட்டவணைப்படுத்து.

காட்சிப் பதிவுகள்

புரிக்கோல் பகுதியின் நீளம் :

வட்டக்கோல் சுழலும் முழுச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை

வட்டக்கோலின் மேற்பரப்பு புரிக்கோலின்மீது நகர்ந்த தொலைவு

$$\text{புரியிடைத்தூரம்} = \frac{\text{வட்டக்கோலின் மேற்பரப்புப் புரிக்கோலின் வழி நகர்ந்த தொலைவு}}{\text{சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை.}}$$

வட்டக்கோலிலுள்ள மொத்தப் பகுதிகள் :

$$\text{மீச்சிற்றளவை} = \frac{\text{புரியிடைத்தூரம்}}{\text{வட்டக்கோலிலுள்ள மொத்தப்பகுதிகள்}}$$

வரிசை எண்	புரிக்கோல் அளவீடு	வட்டக்கோல் அளவீடு	கோளமானியின் தொடக்க அளவீடு

சராசரித் தொடக்க அளவீடு :

(i) **கண்ணுடித்துண்டின் தடிப்பு :** வட்டக்கோலைத் திருகி உயர்த்திக் கண்ணுடித்துண்டை திருகின் கூரான முனைக்குக் கீழ் அமையும்படி வை. மற்ற மூன்று நிலையான கால்களும் கண்ணுடித் தகட்டின்மீதே இருக்கவேண்டும். வட்டக்கோலைச் சுழற்றித்திருகின் கூரான முனை கண்ணுடித் துண்டின் மேற்பரப்பைச் சற்றே தொடு மாறு அமை. இந்நிலையில் மூன்று நிலையான கால்களும் கண்ணுடித் தகட்டைத் தொட்டிருக்கவேண்டும். இதைச் 'சுழற்சிச் சோதனை' மூலம் அறியலாம். புரிக்கோல் அளவையும், வட்டக்கோல் அளவையும் முன்போலக்கண்டு, மொத்தக்காட்சிப் பதிவைக் கணக்கிடு.

திருகின் கூரான முனை கண்ணாடித் துண்டின் மேற்பரப்பைப் பல இடங்களில் தொடுமாறு அமைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச்செய். காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணைப்படுத்து. சராசரியைக் கணக்கிடு.

வரிசை எண்	புரிக்கோல் அளவு	வட்டக்கோல் அளவு	மொத்த அளவு

சராசரி :

திருகின் கூரான முனை கண்ணாடித்துண்டைத் தொடும்பொழுது கிடைக்கும் காட்சிப்பதிவிலிருந்து கோளமானியின் தொடக்கக் காட்சிப்பதிவைக் கழித்துக் கண்ணாடித்துண்டின் தடிப்பைக் கணக்கிடு.

(ii) **கோளப்பரப்பின் ஆரம் :** புரிக்கோலின் கீழ்ப்பாகத்திலுள்ள பிரிவை அதன் சுழியாகக்கொண்டு, கிடைமட்டக் கண்ணாடித் தகட்டின்மீது கோளமானியை வைத்துக் கருவியின் தொடக்கக்காட்சிப் பதிவைக் காண். ஒரு குவிபரப்பின் ஆரத்தைக் காணத் திருகை மேல் நோக்கி நகர்த்தியபின் கருவியை குவிப்பரப்பின்மீது வை. குழிப்பரப்பின் ஆரத்தைக் காணக் கருவியை குழிப்பரப்பின் மீது வை. வட்டக்கோலைச் சுழற்றி திருகின் கூர்மையான பாகம் கோளப்பரப்பைத் தொடுமாறு அமை. மூன்று நிலையான கால்களும் கோளப் பரப்பைத் தொட்டிருக்க வேண்டும். இதைச் 'சுழற்சிச் சோதனை' மூலம் அறியலாம். புரிக்கோல் மற்றும் வட்டக்கோல் காட்சிப்பதிவுகளைக் கண்டு மொத்த அளவீட்டைக் கணக்கிடு. கோளப்பரப்பின்மேல் பல இடங்களில் கருவியை வைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். அளவீடுகளை அட்டவணைப் படுத்து. சராசரி அளவீட்டைக் காண். கோளப்பரப்பின்மீது கருவியின் காட்சிப்பதிவிற்கும் அதன் தொடக்க அளவிற்குமுள்ள மாறுபாடே கோளவடிவப் பரப்பின் உயரம் (அது குவி பரப்பானால்) அல்லது ஆழம் (அது குழிப்பரப்பானால்) எனப்படும்.

கோளமானியை ஒரு காகிதத்தின்மீது வைத்து மெதுவாக அழுத்து. அதன் மூன்று கால்களும் திருகின் கூரான முனையும் காகிதத்தில் நான்கு புள்ளிகளை உண்டாக்கும். கால்களிடையே உள்ள நீளத்தை (l) அள.

காட்சிப் பதிவுகள் :

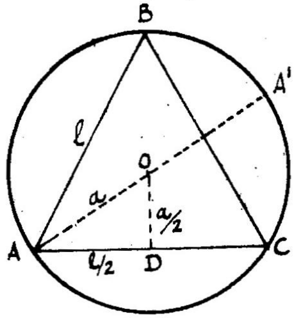
	வரிசை எண்	புரிக்கோல் காட்சிப் பதிவு	வட்டக் கோல் காட்சிப் பதிவு	மொத்த காட்சிப் பதிவு	சராசரி
சமத்தளத்தின் மேற் காட்சிப் பதிவு					X_1
கோளத்தளத்தின்மீது காட்சிப் பதிவு					X_2

குவித்தளத்தின் உயரம் அல்லது குழித்தளத்தின் ஆழம் $\Big\}$ $(h) = X_1 \backsim X_2$

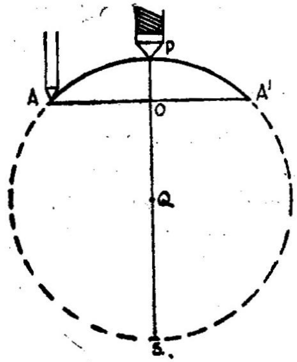
கோளப் பரப்பின் ஆரத்தைக் (R) கீழ்க்காணும் வாய்பாட்டைக்கொண்டு கணக்கிடு.

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

கோளப் பரப்பின் ஆரத்தைக் (R) காண அக்கோளத்தின் மையம் மூலமும் படம் (i)ல் காட்டியுள்ள AO என்ற கோட்டின் வழியாகவும் செல்லும் கோளத்தின் வெட்டுமுகத்தை (Section) ஆராய்வோம். படம் (ii) நமக்குக் கிடைக்கிறது. இதில் A கோளப் பரப்பைக் கோளமானியின் ஒருகால் தொடுமிடத்தையும், P திருகின் கூரான முனை கோளப் பரப்பைத்தொடும் புள்ளியையும், Q கோளத்தின் மையத்தையும், PQ S கோளத்தின் விட்டத்தையும் குறிக்கின்றன. PS என்ற விட்டம் AA'க்குச் செங்குத்தாக அமையும். AO திருகின் கூரான முனைக்கும் நிலையான கால்களில் ஒன்றுக்குமிடையே உள்ள நீளத்தை (அவை யாவும் ஒரே தளத்தைத் தொட்டிருக்கும் பொழுது) குறிக்கும். இதை 'a' எனக் கொள்வோம்.



படம் 1·5 (i)



படம் 1·5 (ii)

$$QP = QS = R$$
$$AO = OA' = a$$
$$OP = H$$
$$OS \times OP = AO \times OA'$$
$$(2R - h)\, h = a^2$$
$$2Rh - h^2 = a^2$$
$$R = \frac{a^2}{2h} + \frac{h}{2}$$

$$AD = \frac{AC}{2} = \frac{l}{2} = AO \cos 30 = a\frac{\sqrt{3}}{2}$$

அல்லது $a = \frac{l}{\sqrt{3}}$

ஆதலால் $R = \frac{l^2}{6h} + \frac{h}{2}$

முடிவு

கண்ணாடித்துண்டின் தடிப்பு :
கோளவடிவ தளத்தின் ஆரம் :

ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல்
(Single Optic Lever)

நோக்கம்

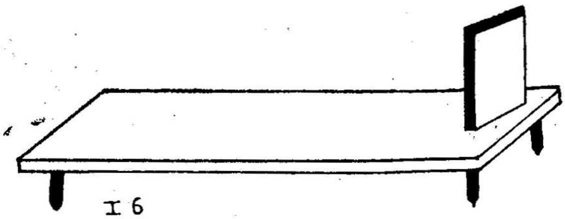
ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோலைக்கொண்டு மெல்லிய கண்ணாடித் துண்டின் தடிப்பைக் காணல்,

தேவையான கருவிகள்

ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல், மெல்லிய கண்ணாடித் துண்டு, தொலை நோக்கியும் அளவுகோலும்.

அமைப்பு

ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோலில் ஒரு செவ்வக வடிவமான சிறு உலோகப்பட்டைக்கு மூன்று கூரான கால்கள் பொருத்தப் பட்டுள்ளன. இம்மூன்று கால்களும் ஒரு நீண்ட சமபக்கமுக்கோணத் தின் உச்சிகளில் அமையும். இக்கால்களில் இரண்டு உலோகப்



படம் 1·6

பட்டையின் ஓர் அகலப்பக்கத்திலும், மூன்றாவது கால் மற்றோர் அகலப்பக்கத்தின் நடுவிலும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. உலோகப் பட்டையின் மேல் தளத்தில் அதற்குச் செங்குத்தாக ஒரு சிறிய சமதள ஆடித்துண்டு பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

செய்முறை

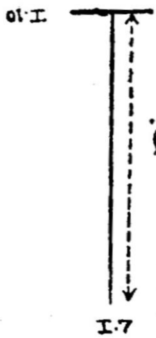
ஒளியியல் நெம்புகோலைக் கிடைமட்டமான ஒரு கண்ணாடித் தகட்டின்மேல் வை. தாங்கியில் பொருத்தப்பட்ட தொலை நோக்கியையும் அளவுகோலையும் ஒளியியல் நெம்புகோலில் உள்ள சமதள ஆடிக்கு எதிரிலும், அதிலிருந்து ஏறத்தாழ ஒரு மீட்டர்த் தொலைவிலும் வை. அளவுகோலைச் செங்குத்தாகப் பொருத்து. தொலைநோக்கியிலுள்ள குறுக்கிணைக் கம்பிகள் தெளி வாகத் தெரியுமாறு கண்ணருகு கருவியைச் (eye piece) சரிசெய். நோக்கியைத் திருப்பி, அதன் அச்சு, சமதள ஆடியின் மையம் வழி யாகச் செல்லுமாறு பொருத்து. ஆடியில் எதிரொளிப்பதால் உண்டாகும்.

அளவுகோலின் பிம்பம் தெளிவாகத் தெளியுமாறு தொலை நோக்கியைக் குவியப்படுத்திச் சரி செய். குறுக்கிணைக் கம்பியின் இடைக்கம்பியுடன் ஒன்று சேர்ந்து தெரியும் அளவுகோலின் குறி யீட்டைக் குறித்துக்கொள். ஒளியியல் நெம்புகோலின் பின் இரு கால்களையும் நகர்த்தாமல், முன்னால் உள்ள ஒற்றைக்காலை மட்டில்

சிறிது தூக்கி அதன் கீழே கொடுக்கப்பட்ட கண்ணுடித்துண்டை வை. கண்ணுடித் துண்டின் தடிப்பு அளவு உயரத்திற்கு இந்தக் கால் தூக்கப்படுகிறது. பின் கால்கள் இரண்டும் பழைய நிலையிலேயே உள்ளன. இதனுல் சமதள ஆடி ஒரு சிறிய கோணத்தின் மூலம் சுழற்றப்படுகிறது. படுகதிர்களுக்கிடைகோணம் இக்கோணத்தைப்போல இருமடங்காகும். இப்பொழுது கிடைமட்டக் குறுக்கிணைக் கம்பியுடன் ஒன்றிக்கும் அளவு கோலின் குறியீட்டைக் குறித்துக்கொள். இரு குறியீடுகளுக்குமுள்ள வேறுபாட்டைக் கணக்கிடு.

இதே போன்று ஒளியியல் நெம்புகோலின் முன் காலைக் கண்ணுடித் துண்டின்மேல் பல இடங்களில் வைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். சராசரி வேறுபாட்டைக் கணக்கிடு. இதை 'd' எனக்கொள்.

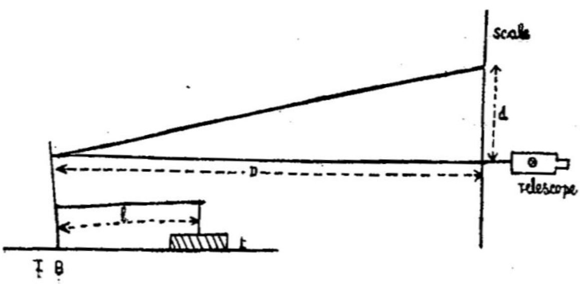
அளவு கோலுக்கும் சமதள ஆடிக்குமிடையே உள்ள தொலைவை (D) அள. ஒளியியல் நெம்புகோலை ஒரு காகிதத்தின்மேல் வைத்து மெதுவாக அழுத்து. மூன்று கால்களும் காகிதத்தில் மூன்று புள்ளிகளை உண்டாக்கும். முன் உள்ள ஒற்றைக் காலிலிருந்து பின்னுள்ள இரு கால்களை இணைக்கும் நேர்க்கோட்டுக்கு ஒரு நேர்க்குத்து வரைந்து, அதன் நீளத்தை (l) அள.



படம் 1·7

கணக்கிடுதல்

கண்ணுடித் தகட்டின் தடிப்பை 't' எனக்கொண்டால் $\frac{t}{l}$ சமதள ஆடி சுழலும் கோணத்தை (அது மிகச் சிறியதாகையால்) கொடுக்கும்.



படம் 1·8

படுகதிர்களின் இடை ஆதலால் கோணம் $= \frac{2t}{l}$

$$\frac{2t}{l} = \frac{d}{D}$$

அல்லது $$t = \frac{l \times d}{2D}$$

காட்சிப் பதிவுகள்

ஒளியியல் நெம்புகோலின் கால்களுக்கிடையே உள்ள தொலேவு : l செ. மீ.

அளவு கோலுக்கும் சமதள ஆடிக்குமிடையே உள்ள தொலேவு : D செ. மீ.

வரிசை எண்	தொடக்க அளவுகோல் குறியீடு	இறுதி அளவு கோல் குறியீடு	மாறுபாடு 'd'	தடிப்பு $t = \frac{d \times l}{2D}$

சராசரி :

முடிவு

கண்ணுடித் துண்டின் சராசரித் தடிப்பு :

இரட்டை ஒளியியல் நெம்புகோல்
(Double Optic Lever)

நோக்கம்

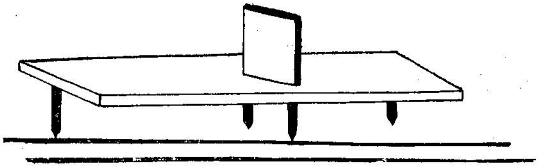
இரட்டை ஒளியியல் நெம்புகோலேக் கொண்டு (1) ஒரு கண்ணுடித் துண்டின் தடிப்பையும் (2) ஒரு குவிபரப்பின் ஆரத்தையும் காணல்,

தேவையான கருவிகள்

இரட்டை ஒளியியல் நெம்புகோல், மெல்லிய கண்ணுடித் துண்டு குவிபரப்புத் தொலைநோக்கியும் அளவு கோலும்.

அமைப்பு

இரட்டை ஒளியியல் நெம்புகோலில் ஒரு செவ்வக வடிவ மான உலோகத் தகட்டிற்கு அதன் பக்கங்களின் மையங்களில் நான்கு கூரான கால்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. உலோகத் தகட்டின் அகலங்களின் மையங்களில் உள்ள கால்களை இணைக்கும்



I.9

படம் 1·9

கோடு, நீளங்களின் மையங்களில் உள்ள கால்களை இணைக்கும் கோட்டிற்கு நேர்க்குத்தாக அமையும். உலோகத் தகட்டின்மேல் செங்குத்தாக ஒரு சிறிய சமதள ஆடித்துண்டு பொருத்தப்பட் டுள்ளது. ஆடியின் தளம் உலோகத்தகட்டின் நீளங்களின் மையங் களிலுள்ள கால்களை இணைக்கும் கோட்டின் மூலம் செல்லுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. உலோகத்தகட்டின் நீளங்களின் மையங் களில் உள்ள கால்களுள் மற்ற இருகால்களைவிடச் சற்று அதிகம் நீண்டிருக்கும்.

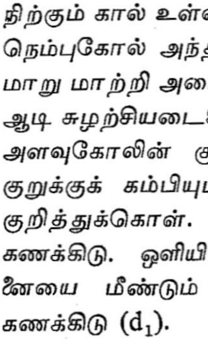
இக்கருவியைக் கிடைமட்டமான ஒரு தளத்தின்மேல் வைத்தால் அது நடுவே உள்ள இரட்டைக்கால்களிலும், உலோகப்பட்டையின் ஓரங்களில் அமைந்துள்ள கால்களில் ஒன்றிலும் ஆக மூன்று கால் களில் நிற்கும்.

செய்முறை

1. **கண்ணுடித் துண்டின் தடிப்பைக் காணல்:** ஒளியியல் நெம்புகோல் நடுவிலுள்ள இருகால்களிலும் மற்றுமுள்ள இருகால் களில் ஒன்றின்மீதும் அமர்ந்திருக்குமாறு அதைக் கிடை மட்டமான கண்ணுடித் தகட்டின்மேல் வை. தாங்கியில் பொருத்தப் பட்ட தொலை நோக்கியையும் அளவு கோலையும் ஒளியியல் நெம்பு கோலில் உள்ள சமதள ஆடிக்கு எதிரிலும், அதிலிருந்து ஏறத்தாழ ஒரு மீட்டர் தொலைவிலும் வை. அளவு கோலைச் செங்குத்தாகப் பொருத்து. தொலை நோக்கியிலுள்ள குறுக்குக் ~~இணைக்~~கம்பிகள் இணைப்

தெளிவாகத் தெரியுமாறு கண்ணருகு கருவியைச் சரி செய். தொலை நோக்கியைத் திருப்பி அதன் அச்சுச் சமதள ஆடியின் மையம் வழியாகச் செல்லுமாறு பொருத்து. ஆடியில் எதிரொளிப்பதால் உண்டாகும் அளவு கோலின் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு தொலை நோக்கியைக் குவியப்படுத்து. கிடையான குறுக்கிணைக் கம்பியுடன் ஒன்றிக்கும் அளவு கோலின் குறியீட்டைக் குறித்துக் கொள். கிடைமட்டக் கண்ணாடித் தகட்டைத் தொடாமல் உயர்ந்து நிற்கும் கால் உள்ள முனையை மெதுவாகக் கீழே சாய்த்து, ஒளியியல் நெம்புகோல் அந்தக் காலிலும் நடுவே உள்ள கால்களிலும் அமரு மாறு மாற்றி அமை. நெம்புகோலின் நிலை மாறுவதால் சமதள ஆடி சுழற்சியடைகிறது. ஆதலால், தொலைநோக்கியில் காணப்படும் அளவுகோலின் குறியீடும் மாறுபடுகிறது. இப்பொழுது கிடைக் குறுக்குக் கம்பியுடன் ஒன்றிக்கும் அளவு கோலின் குறியீட்டைக் குறித்துக்கொள். இரு அளவீடுகளுக்குமுள்ள மாறுபாட்டைக் கணக்கிடு. ஒளியியல் நெம்புகோலைச் சிறிது நகர்த்தி இச்சோதனையை மீண்டும் இரு முறை செய். சராசரி மாறுபாட்டைக் கணக்கிடு (d_1).

ஒளியியல் நெம்புகோலின் நடுவே உள்ள இரு கால்களுக்கடியில் கண்ணாடித் துண்டை வை. முன் போல ஒளியியல் நெம்புகோல் முன்னுள்ள கால் கிடைமட்டக் கண்ணாடித் தகட்டைத் தொடும் பொழுதும், பின்னுள்ள கால் அத்தகட்டைத் தொடும்பொழுதும் தொலைநோக்கியில் காணப்படும் இரு காட்சிப் பதிவுகளைக் குறித்துக்கொள். இவற்றினிடையே உள்ள மாறுபாட்டைக் கணக்கிடு.



படம் 1·10

ஒளியியல் நெம்புகோலைச் சிறிது நகர்த்தி இச்சோதனையை மீண்டும் இருமுறை செய்து சராசரி மாறுபாட்டைக் காண் (d_2).

ஒளியியல் நெம்புகோலை ஒரு காகிதத்தின் மேல் வைத்து நான்கு கால்களும் காகிதத்தைத் தொடுமாறு மெதுவாக அழுத்து. நீளவாக்கில் அமைந்துள்ள இரு கால்களுக்கிடையே உள்ள தொலைவை ($2l$) துல்லியமாக அள. நடு விரண்டு கால்களுக்கிடைத் தொலைவை ($2l$) துல்லியமாக அள. அளவுகோலுக்கும் சமதள ஆடிக்கு மிடையே உள்ள தொலைவை (D) அள.

கணக்கிடுதல்

நடுவில் கால்களின் நீளம், நீளவாக்கிலுள்ள கால்களின் நீளத்தை விட 'x' அதிகம் எனக்கொள்வோம். ஒளியியல் நெம்பு கோல் நடுவில் உள்ள கால்கள் மீதும், நீளவாக்கிலுள்ள இரு கால்களில் ஒன்றின்மீதும் நிற்கும்பொழுது, சமதள ஆடி செங்குத்துத் தளத்துடன் உண்டாக்கும் கோணத்தின் மதிப்பு $\frac{x}{l}$ ஒளியியல் நெம்புகோலை நடுவிலுள்ள கால்கள்மீதும் மற்றக் காலின்மீதும் அமருமாறு மாற்றி யமைத்தால், ஆடி சுழற்றப்படும் கோணத்தின் மதிப்பு $\frac{2x}{l}$ ஆடியிலிருந்து வரும் படுகதிர் $\frac{2\times 2x}{l}$ அல்லது $\frac{4\ x}{l}$ என்ற கோணத்தின் மூலம் சுழற்றப்படும்.

ஆதலால், $\frac{4x}{l} = \frac{d_1}{D}$

அல்லது $x = \frac{l\times d_1}{4\ D}$

't' தடிப்புள்ள கண்ணடித்துண்டு நடுவேயுள்ள கால்களின்கீழ் வைக்கப்பட்டால், அக்கால்களுக்கும் மற்ற இரு கால்களின் நீளத்திற்கும் உள்ள மாறுபாடு $(x+t)$ ஆக மாறும். இந்நிலையில் குறியீடுகளின் மாறுபாடு d_2 ஆனதால்,

$$\frac{4\ (x+t)}{} = \frac{d_2}{D}$$

$$\text{அல்லது} \quad (x+t) = \frac{l.\ d_2}{4\ D}$$

$$t = \frac{l\cdot d_2}{4\ D} - x$$

$$t = \frac{ld_2}{4D} - \frac{ld_1}{4D}$$

$$t = \frac{l\ (d_2 - d_1)}{4D}$$

இவ் வாய்பாட்டைக்கொண்டு tஐக் கணக்கிடலாம்.

அளவீடுகள்

நீளவாக்கிலுள்ள கால்களின் இடையேயுள்ள
தொலைவு : $2\ l$ செ. மீ.
அளவு கோலுக்கும் சமதள ஆடிக்கும்
இடையே உள்ள தொலைவு : D செ. மீ,

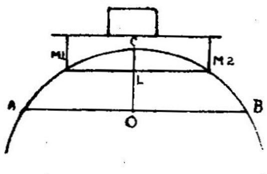
வரிசை எண்	ஒளியியல் நெம்புகோல் சமதளக் கண்ணுடித் தகட்டின்மீது உள்ள பொழுது			நடுவில் உள்ள கால்கள் கண்ணுடித் துண்டின்மீது அமரும் பொழுது			கண்ணுடித் துண்டின் தடிப்பு
	துவக்கக் குறியீடு	இறுதிக் குறியீடு	மாறுபாடு d_1	தொடக்கக் குறியீடு	இறுதிக் குறியீடு	மாறுபாடு d_2	$t = \frac{l(d_2 - d_1)}{4D}$

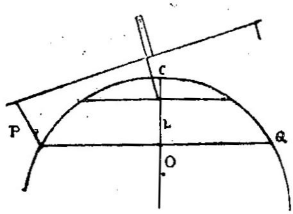
சராசரி :

2. குவிபரப்பின் ஆரத்தை அளத்தல்: ஒளியியல் நெம்பு கோலைக் கொடுக்கப்பட்டுள்ள குவிபரப்பின்மீது வைத்து நடுவி லுள்ள இரு கால்களும் நீளவாக்கிலுள்ள இரு கால்களில் ஒன்றும் குவிதளத்தைத் தொடுமாறு அமை. தொலை நோக்கி மூலம் பார்த்துக் கிடைக்குறுக்கிணைக் கம்பியுடன் ஒன்றிக்கும் அளவு கோலின் குறியீட்டைக் காண். ஒளியியல் நெம்புகோலை நடுவிலுள்ள கால்கள், பின்னுலுள்ள மற்றொருகால் இவைமீது நிற்குமாறு சாய்த்து வை. அளவீட்டைக் காண். இவ்விரு அளவீடுகளுக்குமிடையே உள்ள மாறுபாட்டைக் கணக்கிடு (d_3).

குவிபரப்பின் ஆரம் R ஆனுல்,

$$R = \frac{(l^2-b^2)}{(d_3-d_1)} \times \frac{2D}{l_1}$$





I 11

படம் 1·11 (i) படம் 1·11 (ii)

படம் (i)ல் ஒளியியல் நெம்புகோலில் நடுவிலுள்ள கால்கள் குவிதளத்தைத் தொடும் புள்ளிகளை M_1, M_2 குறிக்கின்றன. $M_1 M_2 = 2b$.

ஆதலால், $(2R-LC)\ LC = b^2$

அல்லது $2R \times LC = b^2$(LC^2 சிறியதெனத் தள்ளப்பட்டது.)

படம் (ii)ல் ஒளியியல் நெம்புகோலின் நீளவாக்கிலுள்ள கால்கள் குவிதளத்தைத் தொடும் புள்ளிகளை P, Q குறிக்கின்றன. $PQ = 2\ l$.

ஆதலால், $(2R-OC)\ OC=l^2$
அல்லது $2R\times OC=l^2$ (OC^2 சிறியதெனத் தள்ளப்பட்டது.)

AB என்ற நாண் PQ என்ற நாணுக்கு நேர்க்குத்தாகவும், PQ-ன் மையமான O-ன் வழியாகவும் செல்கிறது.

ஆதலால், PQ = AB.

நடுவிலுள்ள நெருங்கிய கால்களுக்கும் நீளவாக்கிலுள்ள விலகிய கால்களுக்கும் உயரத்திலுள்ள மாறுபாடு = OL.

$$\text{ஆதலால், } OL = (d_3-d_1)\ \frac{l}{4D}$$

$$2R\ (OC-LC) = (l^2-b^2)$$
$$2R \cdot OL = (l^2-b^2)$$

$$2R\ \ \times(d_1 d_3)-\frac{l}{4D}=(l^2-b^2)$$

$$\text{அல்லது, } R = \frac{(l^2-b^2)}{(d_3-d_1)}\times\ \frac{2D}{l}$$

காட்சிப் பதிவுகள்

நடுவிலுள்ள கால்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு : 2b செ.மீ.
நீளவாக்கிலுள்ள கால்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு: $2l$ செ. மீ.
அளவுகோலுக்கும் சமதள ஆடிக்குமிடையேயுள்ள தொலைவு : D செ. மீ.

வரிசை எண்	ஒளியியல் நெம்புகோல் கிடைமட்டக் கண்ணுடித்தகட்டின் மேலுள்ள பொழுது			ஒளியியல் நெம்புகோல் குவிதளத்தின் மேலுள்ள பொழுது			குவிதளத்தின் ஆரம்
	தொடக்கக் குறியீடு	இறுதிக் குறியீடு	மாறுபாடு d_1	தொடக்கக் குறியீடு	இறுதிக் குறியீடு	மாறுபாடு d_3	$R=\frac{(l^2-b^2)}{(d_3-d_1)}\times\frac{2D}{l}$

சராசரி :

முடிவு

1. கண்ணுடித்துண்டின் தடிப்பு :
2. குவிதளத்தின் ஆரம் :

பௌதிகத் தராசு
(Physical Balance)

நோக்கம்

1. பௌதிகத் தராசைக் கொண்டு ஒரு பொருளின் எடையை மில்லிகிராம் அளவில் காணல்.

2. பொருளின் எடைக்குக் காற்றின் மிதவைக்கான திருத்தத்தைக் (Buoyancy Correction) கணக்கிடல்.

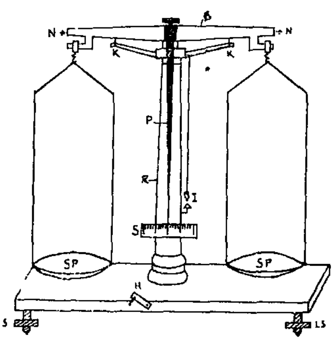
3. எடைக்கும் தராசின் உணர்திறனுக்கும் (Sensibility) உள்ள தொடர்பைக் குறிக்கும் வரை படம் வரைதல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

பௌதிகத் தராசு, எடைப்பெட்டி, பொருள்.

அமைப்பு

பௌதிகத் தராசின் உதவியால் ஒரு பொருளின் எடையைத் திருத்தமாகக் காணலாம். பௌதிகத் தராசில் கிடைமட்ட உலோகத்தூலம்(Metallic beam) ஒன்று உள்ளது (B). அதன் நடுவே ஒரு அகேட்டு கத்திவிளிம்பு(Agate knife-edge) செங்குத்தாக அமைந்த உலோகத் தண்டின் உச்சியிலுள்ள அகேட்டுப் பரப்பின்மீது நிற்கின்றது. இவ்வுலோகத் தண்டு கிடைமட்ட மரப்பலகைமீது பொருத்தப்பட்ட உள்ளீடற்ற தூணின் (R) உட்புறம் மேலும் கீழும் நகரக்கூடியதாக உள்ளது. நடுவிலுள்ள கத்தி முனைக்குச் சம தூரத்தில் தூலத்தின் இருமருங்கிலும் மேல் நோக்கிய கத்தி முனைகள் உள்ளன. தூலத்தின் இரு முனைகளிலும் இரண்டு திருகு மறைகள் (N, N) உள்ளன. தூலத்தின் முனைகளிலுள்ள கத்தி முனைகளிலிருந்து பக்கத்திற்கு ஒன்றாகத் தொங்கும் சம எடையுள்ள இருகொக்கிகளிலிருந்து (Stirrups) சம எடையுள்ள தட்டுகள் (SP, SP) தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. தூலத்தின் மையத்தில் குறி முள் ஒன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இக் குறிமுள்ளின் மறுமுனை தூணின் அடிப்பாகத்தில் பொருத்தப்பட்ட தந்த அளவு கோலின் (S) முன்னால் இயங்குகிறது. தூண் செங்குத்தாக நிற்கின்றதா என்பதைக் குண்டு நூல் (I) மூலம் அறியலாம். கிடைமட்டமாக உள்ள மரப்பலகையின்கீழ்ப் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரு திருகு



படம் 1·12

களின் (L, S) உதவியால் தூணைச் செங்குத்தாக நிறுத்தலாம். பலகையின் முன் புறமுள்ள கைப்பிடியின் (H) உதவியால் உள்ளீடற்ற தூணின் உட்புறம் இயங்கும் தண்டைக் கீழே இறக்கித் தூலம் தூணின் மேலுள்ள தாங்கிகளில் (K, K) நிற்குமாறு செய்யலாம். இப்பொழுது தூலம் உபயோகிக்காத நிலையில் உள்ளது (arrested) எனப்படும். தேவையான பொழுது கைப்பிடியை எதிர்த்திசையில் திருப்பித் தூலத்தை இயங்குமாறு (released) செய்யலாம்.

செய்முறை

1. பொருளின் எடையை மில்லிகிராம் திருத்தமாகக் காணல் :

தராசின் இரு தட்டுகளும் காலியாக உள்ள பொழுது கைப்பிடியை வலப்புறம் திருப்பிக் குறிமுள் தந்த அளவுகோலின் பிரிவுகள்மீது அலையுமாறு செய். சில தொடக்க அலைவுகளைக் குறி முள் முடித்த பின் இடப்புறம் தொடங்கி அடுத்தடுத்து ஐந்து மாறு நிலைப் புள்ளிகளை (Turning points)—இடப்புறம் மூன்றும் வலப் புறம் இரண்டுமாக—குறித்துக்கொள். மூன்று இட மாறுநிலைப் புள்ளிகளின் சராசரியையும், இரண்டு வல மாறு நிலைப்புள்ளிகளின் சராசரியையும் கணக்கிடு. இவ்விரு சராசரிகளின் சராசரியைக் கணக்கிடு. இதுவே தராசின் சுழி நிலைப்புள்ளி (Zero resting point) ஆகும்; இதை R_0 எனக் கொள். பிறகு பொருளை இடத்தட்டில் வைத்து, வலத்தட்டில் எடைகளை இறங்கு வரிசையில் வைத்து, வலத்தட்டிலுள்ள மொத்த எடை ஏறத்தாழப் பொருளின் எடைக்குச் சமமாக இருக்குமாறு செய்து தராசின் நிலைப்புள்ளியைக் காண். இதை R_1 என்று கொள். R_1 சுழிநிலைப் புள்ளியைவிட அதிகமாக இருந்தால், மேலும் 10 மில்லி கிராம் (·01 கிராம்) எடையை வலத்தட்டில் கூட்டியும், குறைவாக இருப்பின் 10 மில்லி கிராம் எடையை வலத்தட்டில் குறைத்தும் நிலைப் புள்ளியை மறுபடியும் காண். இதை R_2 எனக் கொள். R_1 , R_2 இவைகளில் ஒன்று R_0-ஐவிட அதிகமாகவும், மற்றொன்று குறைவாகவும் இருத்தல் வேண்டும். அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்து.

காட்சிப் பதிவுகள்

தட்டிலுள்ள எடை		மாறுநிலைப் புள்ளிகள்		மாறுநிலைப் புள்ளிகளின் சராசரி		நிலைப் புள்ளி	சரியான எடை
இடம்	வலம்	இடம்	வலம்	இடம்	வலம்		
O	O						
பொருள்	W						
	w ± ·01						

கணக்கிடுதல்

வலத்தட்டில் W கிராம் எடை உள்ளபொழுது தராசின் நிலைப்புள்ளி R_1 எனவும், அது சுழிநிலைப்புள்ளி (R_0)யைவிட அதிகம் எனவும் கொள்வோம். R_2 என்ற மற்றொரு நிலைப்புள்ளி (W+·01) கிராமுக்குக் காண வேண்டும். அது சுழி நிலைப் புள்ளியைவிடக் குறைவாக இருத்தல் வேண்டும்.

ஆதலால், ·01 கிராம் எடை அதிகரித்தால் தராசின் நிலைப் புள்ளி $R_1 - R_2$ பிரிவுகள் குறையும்.

$(R_1 - R_2)$ பிரிவுகள் நிலைப்புள்ளியைக் குறைக்க ·01 கிராம் எடை கூட்ட வேண்டும்.

$(R_1 - R_0)$ பிரிவுகள் நிலைப்புள்ளியைக் குறைக்க

$$\cdot 01 \times \frac{R_1 - R_0}{R_1 - R_2}$$ கிராம் எடை கூட்ட வேண்டும்.

பொருளின் மில்லிகிராம் துல்லியமான எடை

$$W + \cdot 01 \times \frac{R_1 - R_0}{R_1 - R_2} \text{ கிராம்.}$$

2. பொருளின் எடைக்குக் காற்றின் மிதவைக்கான திருத்தத்தைக் காணல் (Correction due to buoyancy of air):

தராசில் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட பொருளின் எடைக்கு காற்றின் மிதவைக்கான திருத்தம் செய்யப்பட்டால்தான் வெற்றிடத்தில் பொருளின் உண்மையான எடை கிடைக்கும். எடை காணப்படும் பொருளின் பருமன் வலத்தட்டில் வைக்கப்படும் எடைகளின் பருமனைவிடப் பன்மடங்கு மிகுதியாக இருந்தால், இத்திருத்தம் மிக முக்கியமாகிறது. வலத்தட்டில் வைக்கப்பட்டுள்ள எடையை W_1 எனவும், எடை ஆக்கப்பட்டுள்ள உலோகத்தின் அடர்த்தியை d_1 எனவும், பொருளின் அடர்த்தியை d எனவும் காற்றின் அடர்த்தியை 's' எனவும் கொள். வெற்றிடத்தில் பொருளின் எடை W' ஆனால்,

$$\text{காற்றில் பொருளின் தோற்ற எடை} = W - \frac{w}{d} \times s$$

$$\text{காற்றில் எடைகளின் தோற்ற எடை} = W_1 - \frac{w_1}{d_1} \times s$$

இவை இரண்டும் சமம்.

ஆதலால், $W\left(1-\frac{s}{d}\right)=W_1\left(1-\frac{s}{d_1}\right)$

$$W=\frac{W_1\left(1-\frac{s}{d_1}\right)}{\left(1-\frac{s}{d}\right)}$$

$$=W_1\left(1-\frac{s}{d_1}\right)\left(1+\frac{s}{d}\right) \text{ ஏறத்தாழ}$$

$$=W_1\left(1-\frac{s}{d_1}+\frac{s}{d}\right)$$

3. எடை–உணர்திறன் வரை படம் (Load sensibility graph):

நிலைப்புள்ளியைத் தந்த அளவுகோலில் ஒரு பிரிவு மாற்றத் தராசின் ஒரு தட்டில் கூட்டப்படவேண்டிய மில்லிகிராம்களே தராசின் உணர்திறன் எனப்படும். தராசின் உணர்திறன் மாறிலி அன்று. அது தட்டுகளில் உள்ள எடையைப் பொறுத்தது. பத்து மில்லிகிராம் எடையை ஒரு தட்டில் அதனால் நிலைப்புள்ளியில் ஏற்படும் மாறுபாட்டைக் கண்டு, உணர்திறனைக் கணக்கிடலாம்.

$$\text{உணர்திறன்} = \frac{10}{\text{நிலைப்புள்ளியில் ஏற்படும் மாறுபாடு}} \text{ மில்லிகிராம் / பிரிவு}$$

தராசின் சுழிநிலைப்புள்ளியைக் காண். வலத்தட்டில் ஒரு 10 மில்லிகிராம் எடையை வைத்து, நிலைப்புள்ளியை மறுபடியும் காண். இவ்விரு அளவீடுகளிலிருந்து மேற்கூறிய சமன்பாட்டைக் கொண்டு தட்டுகளில் எடை இல்லாதபொழுது தராசின் உணர்திறனைக் கணக்கிடு.

தட்டுக்கு ஒன்றாக இரண்டு 10 கிராம் எடைகளை வை. நிலைப்புள்ளியைக் காண். பின்னர் 10 மில்லிகிராம் எடையை வலத் தட்டில் கூட்டி நிலைப்புள்ளியைக் காண். நிலைப்புள்ளியின் மாறுபாட்டைக் கண்டு உணர்திறனைக் கணக்கிடு.

இவ்வாறே ஒவ்வொரு தட்டிலும் 20, 30, 40......முறையே வைக்கப்படும்பொழுது உணர்திறனைக் கண்டுகொள். தட்டுகளில் வைக்கப்படும் எடை அத்தராசைக்கொண்டு காணக்கூடிய மீப்பேர் எடையை மீறக்கூடாது. அளவீடுகளை அடுத்தபக்கத்தில் காட்டியுள்ளவாறு அட்டவணைப்படுத்து.

ஒவ்வொரு தட்டிலுமுள்ள எடை	நிலைப்புள்ளி			வலத்தட்டில் 10 மில்லிகிராம் கூட்டியபின் நிலைப்புள்ளி			நிலைப்புள்ளியில் மாறுபாடு	உணர்திறன்
	மாறுநிலைப்புள்ளி		நிலைப் புள்ளி	மாறு நிலைப்புள்ளி		நிலைப் புள்ளி		
	இடம்	வலம்		இடம்	வலம்			
0								
10 கிராம்								
20 ,,								
30 ,,								
...								
...								
...								

X - அச்சில் எடையையும், *Y* - அச்சில் உணர்திறனையும் குறித்து வரைபடம் வரை.

நுண்குழாயின் ஆரம்
(Radius of a Capillary Tube)

நோக்கம்

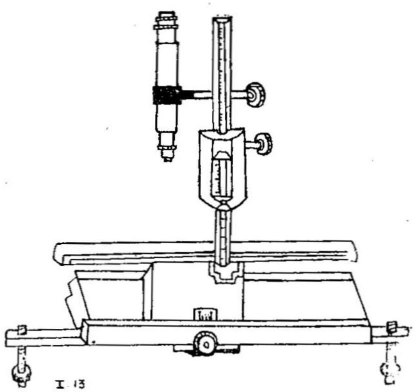
ஒரு நுண்குழாய்த் துளையின் (Capillary tube) சராசரி ஆரத்தை (1) ஒரு வெர்னியர் நுண்ணோக்கியைக் கொண்டு (Vernier Microscope) நேரிடையாகவும், (2) அதனுள் பாதரசத்தைப் புகுத்தியும் அளவிடல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

இயங்கு நுண்ணோக்கி, நுண்குழாய், சிறிது அளவு பாதரசம், ஒரு சிறிய கண்ணாடிக் குவிதட்டு.

அமைப்பு

வெர்னியர் நுண்ணோக்கியில் குறைவான உருப்பெருக்கத் திறனுள்ள (low power) ஒரு நுண்ணோக்கி ஒரு சட்டத்துடன் இணைக்கப்பெற்றுள்ளது. இச் சட்டத்தை அளவுகோல் பொறிக்கப்பட்டுள்ள ஒரு செங்குத்துத் தூணில் மேலும் கீழும் நகர்த்தவும், குறிப்பிட்ட நிலையில் பொருத்தவும் முடியும். செங்குத்துத் தூண் ஒரு கிடைமட்டமான செவ்வக உலோகத் தகட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. செவ்வக உலோகத் தகடு கிடைமட்டமான ஓர் உலோக அளவுகோலை ஒட்டியும் அதற்கு இணையாக முன்னும் பின்னும் நகருமாறும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆதலால், நுண்ணோக்கியைக் கிடைமட்ட, மேலும் செங்குத்துத் திசைகளில் நகர்த்த முடியும். இவ்வாறு இயக்க ஓர் 'அடுக்கு-பற்றுச் சக்கர அமைப்பு' (Rack and pinion arrangement) அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இரு அளவுகோல்களுக்கும் வெர்னியர்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. நுண்ணோக்கியிலுள்ள கண்ணருகு கருவியில் குறுக்கிணைக் கம்பிகள் உள்ளன. நுண்ணோக்கியை அதன் அச்சுக்கிடையாகவும் செங்குத்தாகவும் இருக்குமாறு பொருத்த முடியும். இக் கருவியில் ஒரு மேடை (Stage) அமைக்கப்பட்டுள்ளது. நுண்ணோக்கி செங்குத்து நிலையிலுள்ளபொழுது அதன் மூலம் இம்மேடை மீது வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள்களை ஆராயலாம்.

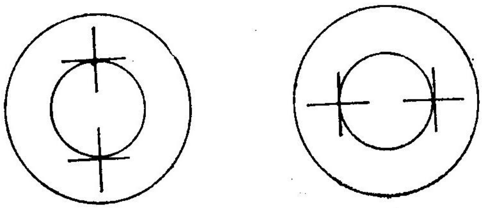


படம் 1·13

1. நுண்குழாய்த் துளையின் ஆரத்தை நேரிடையாக அளவிடல்:

நுண்ணோக்கியை அதன் அச்சுக் கிடைமட்டமாக இருக்குமாறு பொருத்து. அதன்முன் ஒரு வெள்ளைக் காகிதத்தைப் பிடி. குறுக்கிணைக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு கண்ணருகு கருவியைச் சரிசெய். ஒரு கம்பி கிடைமட்டமாகவும் மற்றொன்று செங்குத்தாகவுமிருக்குமாறு அமை. நுண்குழாயை அதன் அச்சுக் கிடைமட்டமாக இருக்குமாறு நுண்ணோக்கியின்முன் ஒரு தாங்கியில் பொருத்து. நுண்குழாயின் அச்சும் நுண்ணோக்கியின் அச்சும் ஒரே நேர்க்கோட்டில் அமையவேண்டும். குழாயின் வெட்டுமுகம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு நுண்ணோக்கியைக் குவியப்படுத்திச் சரிசெய்.

இரு வெர்னியர்களின் மீச்சிற்றளவைகளைக் கணக்கிடு. நுண்ணோக்கியை நகர்த்திச் செங்குத்துக் குறுக்கிணைக் கம்பி துளையின் ஒரு முனையில் தொடுகோடான (Tangential) நிலையில் உள்ளவாறு அமை. கிடைமட்டக் குறுக்கிணைக்கம்பி துளையின் விட்டம் வழியாக நகருமாறும் அமையவேண்டும். வெர்னியரின் உதவிகொண்டு கிடைமட்ட அளவுகோலில் காட்சிப்பதிவைக் காண். நுண்ணோக்கியைக் கிடைத்தளத்தில் நகர்த்தி, செங்குத்துக் குறுக்கிணைக் கம்பி துளையின்



படம் 1·14

மறுமுனையில் தொடுவியலாக உள்ளவாறு அமை. காட்சிப்பதிவை எடு. இவ்விரு காட்சிப் பதிவுகளுக்குமுள்ள மாறுபாடு துளையின் விட்டத்தைக் கொடுக்கும். நுண்ணோக்கியைச் செங்குத்துத்தளத்தில் இயக்கிக் கிடைமட்டக் குறுக்கிணைக் கம்பி துளையின் மேல் முனையில் தொடுகோடாக அமையுமாறும், செங்குத்துக் குறுக்கிணைக் கம்பி துளையின் ஒரு விட்டம் வழியாக இயங்குமாறும் அமை. செங்குத்து அளவுகோலில் குறியீட்டைக் காண். நுண்ணோக்கியை நகர்த்தி, கிடைமட்டக் குறுக்கிணைக் கம்பி துளையின் கீழ் முனையில் தொடுகோடாக உள்ளவாறு அமை, குறியீட்டைக் காண். இரு குறியீடுகளுக்குமுள்ள மாறுபாடு செங்குத்துத் திசையில் துளையின் விட்டத்தைக் கொடுக்கும்.

குழாயைத் திருப்பி மேலும் இரு தொகுதி அளவீடுகளைக் காண்.

அவ்வாறே குழாயின் மறு முனையை நுண்ணோக்கி மூலம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு அமைத்துக் குறியீடுகளைக் காண். அவற்றை அட்டவணைப்படுத்து. சராசரி விட்டத்தைக் கணக்கிடு. விட்டத்தை இரண்டால் வகுத்து ஆரத்தைக் கொள்.

காட்சிப் பதிவுகள்

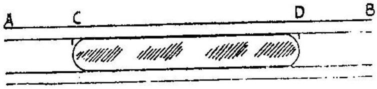
வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை: 1. செங்குத்து அளவுகோலில் ...
2. கிடைமட்ட அளவுகோலில்...

வரிசை எண்	செங்குத்து அளவுகோல் குறியீடுகள்			கிடைமட்ட அளவுகோல் குறியீடுகள்		
	துளையின் மேல் முனையில்	துளையின் கீழ் முனையில்	மாறுபாடு	துளையின் இடமுனையில்	துளையின் வலமுனையில்	மாறுபாடு
		சராசரி :			சராசரி :	

நுண்குழாய்த் துளையின் சராசரி விட்டம் :
நுண்குழாய்த் துளையின் சராசரி ஆரம் :

2. பாதரச இழை மூலம் நுண்குழாய்த் துளையின் ஆரம் காணல் ;

நுண்ணோக்கியை அதன் அச்சுச் செங்குத்தாக இருக்குமாறு பொருத்து. குறுக்கிணைக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியும்படி கண்ணருகு கருவியைச் சரிசெய். ஒரு கம்பி ரச இழைக்குச்செங் குத்தாக இருக்குமாறு அமை. நுண்குழாய்க்குள் சிறிது பாதரசத்தை உறிஞ்சு. நுண்குழாய்க்குள் பாதரச இழையின் நீளம் ஏறத்தாழ 10 செ. மீ. இருத்தல்வேண்டும். இழை துண்டுபடக்கூடாது. நுண்குழாயை மேடைமீது நுண்ணோக்கிக்குக் கீழே வை. குழாயின் அச்சு நுண்ணோக்கி நகரும் கிடைமட்ட அச்சுக்கு இணையாக இருக்கவேண்டும். பாதரச இழை தெளிவாகத் தெரியுமாறு நுண்ணோக்கியைக் குவியப்படுத்து. நுண்ணோக்கியை நகர்த்தி ஒரு குறுக்கிணைக் கம்பி பாதரச இழையின் ஒரு முனைக்குத் தொடுகோடாக உள்ளவாறு அமை. கிடைமட்ட அளவு கோலில் குறியீட்டைக் காண். நுண்ணோக்கியை நகர்த்தி அதே குறுக்கிணைக் கம்பி பாதரச இழையின் மறுமுனைக்குத் தொடுகோடாக உள்ளவாறு அமை. கிடைமட்ட அளவு கோலில் காட்சிப் பதிவை மறுபடியும் காண். இரு காட்சிப் பதிவுகளுக்குமுள்ள மாறுபாடு பாதரச இழையின் நீளத்தைத்தரும். மெதுவாகக் குழாயை அசைத்துக் குழாயினுள் பாதரச இழையின் நிலையைச் சற்று மாற்றி அமை. முன்போலப் பாதரச இழையின் நீளத்தை அள. பாதரச இழையைக் குழாயினுள் பல இடங்களில் இருக்குமாறு செய்து, சோதனையைத் திரும்பச் செய். காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணைப்படுத்து. பாதரச இழையின் சராசரி நீளத்தைக் கணக்கிடு.



படம் 1·15

ஒரு சிறிய கண்ணாடிக் குவி தகட்டின் நிறையை மில்லிகிராம் திருத்தமாகக் காண். நுண்குழாயிலுள்ள பாதரசம் முழுவதையும் கண்ணாடித் தட்டிற்கு மாற்றி, மறுபடியும் கண்ணாடித் தட்டின் நிறையை மில்லிகிராம் திருத்தமாகக் காண். இவ்விரு நிறைகளுக்குமுள்ள மாறுபாடு பாதரசத்தின் நிறையாகும்.

காட்சிப் பதிவுகள்

வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை ......

வரிசை எண்	நுண்ணேக்கியின் காட்சிப் பதிவுகள்		பாதரச இழையின் நீளம்
	பாதரச இழையின் ஒரு முனையில்	பாதரச இழையின் மறு முனையில்	

சராசரி :

சிறிய கண்ணடித் தட்டின் நிறை :
பாதரசத்துடன் சிறிய கண்ணடித் தட்டின் நிறை :
பாதரசத்தின் நிறை :

கணக்கிடுதல்

பாதரச இழையின் நீளத்தை 'l' செ. மீ. எனவும், பாதரச இழையின் எடையை 'm' கிராம் எனவும், பாதரசத்தின் அடர்த்தியை 'd' கிராம் / க. செ. மீ. எனவும் கொள்வோம்.

நுண்குழாய்த் துளையின் ஆரம் 'r' செ. மீ. ஆனால்,
பாதரசத்தின் பருமன் $\pi r^2 l$ க. செ. மீ.
பாதரசத்தின் நிறை $\pi r^2 ld$ கிராம்.

ஆதலால், $\pi r^2 ld = m$

$$r^2 = \frac{m}{\pi ld}$$

அல்லது $r = \sqrt{\frac{m}{\pi ld}}$

முடிவு

நுண்குழாய்த் துளையின் ஆரம்
1. நேரிடையாக அளவிடும் முறையில்
2. பாதரச இழை முறையில்

குறிப்பு

வெர்னியர் நுண்ணேக்கியில் 'பின்னடிப்புப் பிழை'(Backlash error) தவிர்க்கப்பட, அக்கருவியை ஒரே திசையில் நகர்த்திக் காட்சிப் பதிவுகளை எடு.

ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவம்
(Principle of Archimedes)

நோக்கம்

ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவத்தைக் கொண்டு கீழ்க்காண்பவற்றின் ஒப்பு அடர்த்திகளைக் காணல்.

1. நீரைவிட அடர்த்தி மிகுந்துள்ள ஆனால், நீரில் கரையாத திடப்பொருள்.

2. நீரில் மிதக்கும்: ஆனால், நீரில் கரையாத திடப்பொருள்.
3. ஒரு திரவம்.
4. நீரில் கரையும் திடப்பொருள்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

தராசு, எடைப்பெட்டி, நீர்மநிலையியல் இருக்கை (Hydrostatic bench), ஒரு முகவையில் (Beaker) நீர், ஒரு முகவையில் திரவம், திடப்பொருள்கள், தேன் மெழுகு (Bee's wax).

செய்முறை

1. நீரைவிட அடர்த்தி மிகுந்துள்ள, ஆனால், நீரில் கரையாத திடப் பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி

(எடுத்துக்காட்டுகள்: கண்ணாடி, உலோகம்)

சம நீளமுள்ள இரு நூல் துண்டுகளை எடுத்துக்கொள். தராசில் தட்டுக்கு ஒன்றாக அவற்றை வை. தராசின் சுழிநிலைப் புள்ளியைக் காண். கொடுக்கப்பட்டுள்ள பொருளை ஒரு நூலின் உதவியால் தரா சின் இடத்தட்டின் கொக்கியிலிருந்து தொங்கவிட்டு அதன் எடை யைக் காண் (w_1). இடத்தட்டுக்குக் குறுக்காக நீர்ம நிலையியல் இருக்கையைத் தட்டினைத் தொடாதவாறு வை. நீர் உள்ள முக வையைத் தராசின் எந்தப் பாகத்தையும் தொடாதவாறு இருக்கை யின்மீது வை. கொக்கியிலிருந்து தொங்கும் திடப்பொருள் நீரில் முழுவதும் அமிழ்ந்திருக்குமாறும், முகவையின் எந்தப் பாகத்தையும் தொடாமலும் தொங்க வேண்டும். திடப்பொருள் மீது காற்றுக் குமிழிகள் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கக் கூடாது. தராசின் தூலம் மேலும் கீழும் அசையும்பொழுதும் திடப்பொருள் நீரில் முழுவதும் மூழ்கி யிருக்க வேண்டும். நீரில் திடப்பொருளின் எடையைக் காண் (w_2).

காட்சிப் பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

காற்றில் திடப்பொருளின் எடை w_1 ... கிராம்
நீரில் திடப்பொருளின் எடை w_2 ... கிராம்
நீரில் திடப்பொருளின் தோற்ற எடை இழப்பு
(apparent loss of weight): $(w_1 - w_2)$ ... கிராம்

திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி $= \frac{w_1}{w_1 - w_2} =$

2. நீரில் மிதக்கும் ஆனால், நீரில் கரையாத திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி (எடுத்துக்காட்டுகள்: தக்கை, மரம்)

தக்கையின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காண்பதாகக் கொள்வோம். தக்கையுடன் சேர்த்துக் கட்டி நீரில் போட்டால், மூழ்குமாறு ஒரு கனமான திடப்பொருளை எடுத்துக்கொள். இது மூழ்கி (Sinker) எனப்படும். தக்கையை இடத்தட்டில் வைத்து அதன் எடையைக் காண் (w_1). மூழ்கியை நூலின் ஒரு மூலையிலும், தக்கையை அந் நூலின் இடையிலும் கட்டி இவற்றை இடததட்டின் கொக்கியி லிருந்து தொங்கவிடு. மூழ்கி இடத்தட்டின் குறுக்காக வைக்கப் பட்டுள்ள நீர்ம நிலையியல் இருக்கையின் மேலிருக்கும் முகவையி லுள்ள நீரில் மூழ்கியும், தக்கை காற்றிலும் இருக்க வேண்டும். இந்நிலையில் அவற்றின் எடையைக் காண் (w_2). தக்கையையும் மூழ்கியையும் சேர்த்துக் கட்டி இரண்டும் நீரில் மூழ்கியிருக்குமாறு செய்து, நீரில் அவற்றின் எடையைக் காண் (w_3).

காட்சிப் பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

தக்கையின் எடை w_1 ... கிராம்
தக்கை காற்றிலும், மூழ்கி நீரிலும் உள்ள
நிலையில் எடை w_2 ... கிராம்
நீரில் தக்கை, மூழ்கி இவற்றின் எடை w_3 ... கிராம்
நீரில் தக்கையின் தோற்ற எடை இழப்பு $w_2 - w_3$ ... கிராம்

தக்கையின் ஒப்பு அடர்த்தி: $\frac{w_1}{w_2 - w_3} =$

3. திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி

கொடுக்கப்பட்டுள்ள திரவத்திலும் நீரிலும் கரையாத ஒரு திடப்பொருளைத் தேர்ந்தெடு. காற்றில் அதன் நிறையைக் காண் (w_1). திரவமுள்ள முகவையை இடத்தட்டுக்குக் குறுக்காக உள்ள நீர்ம நிலையியல் இருக்கைமீது வைத்து, திடப்பொருளைக் கொக்கியி லிருந்து தொங்கவிட்டு, அது திரவத்தில் மூழ்கி இருக்குமாறு அமைத்து, திரவத்தில் அதன் நிறையைக் காண் (w_2). அவ்வாறே நீரில் அத்திடப்பொருளின் எடையைக் காண் (w_3).

காட்சிப் பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

காற்றில் திடப்பொருளின் எடை w_1 ... கிராம்
திரவத்தில் திடப்பொருளின் எடை w_2 ... கிராம்
நீரில் திடப்பொருளின் எடை w_3 ... கிராம்
திரவத்தில் திடப்பொருளின் தோற்ற எடை இழப்பு $w_1 - w_2$ ... கிராம்
நீரில் திடப்பொருளின் தோற்ற எடை இழப்பு $w_1 - w_3$ ... கிராம்

திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி = $\frac{\text{திரவத்தில் பொருளின் தோற்ற எடை இழப்பு}}{\text{நீரில் பொருளின் தோற்ற எடை இழப்பு}}$

$$= \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_3}$$

4. நீரில் கரையும் திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல் (எடுத்துக்காட்டுகள் : தாமிர சல்பேட்டுப் படிகம், கற்கண்டுக் கட்டி):

இதை (*a*) திடப்பொருள் கரையாத திரவத்தைக்கொண்டும் (*b*) திடப்பொருளுக்கு மெழுகுப் பூச்சுக் கொடுத்தும் ஆகிய இரு முறைகளில் காணலாம்.

(*a*) திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தியை அது கரையாத திரவத்தைக்கொண்டு காணல் :

திடப்பொருளின் எடையைக் காற்றில் காண் (w_1). திடப் பொருள் கரையாததும். ஒப்பு அடர்த்தி தெரிந்ததுமான ஒரு திரவத்தை முகவையில் எடுத்துக்கொண்டு, தக்கவாறு அமைத்து, திரவத்தில் திடப்பொருளின் எடையைக் காண் (w_3).

காட்சிப்பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

காற்றில் திடப்பொருளின் எடை $= w_1$ ...... கிராம்
திரவத்தில் திடப்பொருளின் எடை $= w_2$ ...... கிராம்
திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி : s

திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி $= \frac{w_1}{w_1 - w_2} \times s = ...$

(b) திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தியை அதற்கு மெழுகுப் பூச்சுக்கொடுத்துக் காணல் :

திடப்பொருளை நூலின் ஒரு முனையில் கட்டிக் காற்றில் அதன் எடையைக் காண் (w_1). உருகுநிலையைவிடச் சற்றே அதிகமான வெப்பநிலையிலுள்ள உருகிய மெழுகில் திடப்பொருளைச் சில முறை அமுக்கி எடு. திடப்பொருளுக்கு ஒரு பாதுகாப்பு மெழுகுப் பூச்சு

உண்டாகும். இப்பூச்சு, திடப்பொருள் நீரில் கரையாதவாறு பாது காக்கும். மெழுகுப் பூச்சுத் தரப்பட்டுள்ள திடப்பொருளின் எடையைக் காற்றிலும் (w_2) நீரிலும் (w_3) காண். மெழுகின் அடர்த்தியை அட்டவணைகளிலிருந்து கொள்.

காட்சிப் பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

காற்றில் திடப்பொருளின் எடை: w_1 ...... கிராம்

காற்றில் மெழுகுப் பூச்சுத் தரப்பட்டுள்ள திடப்பொருளின் எடை: w_2 ...... கிராம்

நீரில் மெழுகுப் பூச்சுத் தரப்பட்டுள்ள திடப்பொருளின் எடை: w_3 ...... கிராம்

மெழுகின் அடர்த்தி: d ...... கிராம்/க.செ.மீ.

திடப்பொருளின்மீது பூசப்பட்டுள்ள மெழுகின் எடை

$(w_2 - w_1)$ ...... கிராம்

அம்மெழுகின் பருமன் $\approx \dfrac{w_2 - w_1}{d} \approx$ ......க.செ.மீ.

நீரில் திடப்பொருள், மெழுகுப்பூச்சு இவற்றின்

தோற்ற எடை இழப்பு $(w_2 - w_3)$ ...... கிராம்

ஆதலால், திடப்பொருள், அதன்மேல் பூசப்பட்ட மெழுகு

இவற்றின் பருமன் $(w_2 - w_3)$ ...... க.செ.மீ

திடப்பொருளின் பருமன் $\approx$

$$\left\{ (w_2 - w_3) = \frac{(w_2 - w_1)}{d} \approx \right\} \quad \text{......க.செ.மீ.}$$

$$\text{திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \left\{ \frac{w_1}{(w_2 - w_3) - \dfrac{(w_2 - w_1)}{d}} \right\}$$

முடிவு

1. நீரில் கரையாத நீரைவிட மிகுந்த திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி ......
2. நீரில் மிதக்கும் திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி (தக்கை) ......
3. திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி ......
4. நீரில் கரையும் திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி
   (a) முதல் முறையில் ......
   (b) இரண்டாம் முறையில் ......

அடர்த்திக் குப்பி
(Specific Gravity Bottle)

நோக்கம்

கீழ்க்காணும் பொருள்களின் ஒப்பு அடர்த்தியை (Specific Gravitiy) ஒரு அடர்த்தியைக் காணல் :

1. ஒரு திரவம்
2. சிறிய துகள்களாக்கப்பட்ட நீரில் கரையாத ஒரு திடப் பொருள்.
3. சிறிய துகள்களாக்கப்பட்ட நீரில் கரையும் ஒரு திடப் பொருள்.

ஆய்கருவிகள்

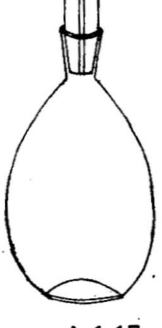
அடர்த்திக் குப்பி, தராசு, எடைப் பெட்டி, பொருள்கள், முகவை, நீர், திரவம்.

அமைப்பு

அடர்த்திக் குப்பி என்பது குறிப்பிட்ட கொள்ளளவுள்ள சிறிய கண்ணாடியாலான குப்பியாகும். குறுகிய அதன் கழுத்து நீண்ட கண்ணாடி அடைப்பானல் மூடப்பட்டுள்ளது. அடைப்பானின் நீள வாக்கில் ஒரு நுண்ணிய துளை உள்ளது. குப்பியைத் திரவத்தினல் நிரப்பி அடைப்பானைப் பொருத்திஞல் குப்பியின் கொள்ளளவுக்கு மேல் அதனுள்ளிருக்கும் திரவம் அடைப்பானிலுள்ள துளை வழியாக வெளியேறும். நிலையான வெப்பநிலையில் குப்பிக்குள் காற்றுக் குமிழிகள் இல்லாமல் திரவத்தை நிரப்பி, அடைப்பானைப் பொருத்திஞல், குப்பிக்குள் இருக்கும் திரவத்தின் பருமன் ஒரே அளவுள்ளதாய் இருக்கும்.

செய்முறை

1. **திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி** : ஈரமற்ற, துப்புரவான, காலி அடர்த்திக் குப்பியின் எடையைக் காண் (W_1). குப்பியைத் திரவத்திஞல் நிரப்பி, அடைப்பானைப் பொருத்து. குப்பியினுள் காற்றுக் குமிழிகள் இல்லாமலும், அடைப்பானிலுள்ள துளை திரவத்தால் நிரப்பப்பட்டும் இருக்கவேண்டும். ஒரு துவாலையிஞல் குப்பியின் வெளிப்புறத்தை நன்கு துடை. குப்பியை அதன் கழுத்தைப் பிடித்துத் தூக்கு. அதை ஒருபோதும் உள்ளங்கையில் வைக்காதே. அப்படிச் செய்தால் உள்ளங்கையின் வெப்பத்தால் குப்பியிலுள்ள திரவம் விரிவடைந்து வெளியேறும். திரவம் நிரப்பப்பட்டுள்ள குப்பியின் எடையைக் காண் (W_2). திரவத்தை வெளியே கொட்டிவிட்டு, குப்பியைத் துப்புரவாக்கு. பின்னர் அதை நீரிஞல் நிரப்பி எடையைக்காண் (W_3). பின்னர்க் குப்பியை நிரப்பும் திரவத்தின் எடை (W_2-W_1). குப்பியை நிரப்பும் நீரின் எடை(W_3-W_1). நீர் திரவம் ஆகியவற்றின் பருமன் சமம்.



படம் 1·17

காட்சிப்பதிவுகள்

அடர்த்திக் குப்பியின் எடை : W_1 கிராம்
திரவம் நிரம்பியுள்ள அடர்த்திக் குப்பியின் எடை : W_2 கிராம்
நீர் நிரம்பியுள்ள அடர்த்திக் குப்பியின் எடை : W_3 கிராம்

$$\text{திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி} \approx \frac{\text{திரவத்தின் எடை}}{\text{சமப் பருமனுள்ள நீரின் எடை}}$$

$$\approx \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1} \approx$$

2. **நீரில் கரையாத திடப்பொருளின் ஒப்படர்த்தி :** (எடுத்துக்காட்டாகக் காரீயக் குண்டுகள், உலோகக் கம்பித் துண்டுகள், மணல், சிறிய கண்ணாடிக் குண்டுகள்.)

ஈரமற்ற, துப்புரவான, காலி அடர்த்திக் குப்பியின் எடையைக் காண் (W_1). கொடுக்கப்பட்டுள்ள திடப்பொருள் துண்டுகளை (ஏறத்தாழ குப்பியின் கொள்ளளவில் மூன்றில் ஒரு பங்கு) குப்பியினுள் போட்டு எடையைக்காண் (W_2). தேவையான முன்னெச்சரிக்கைகளைக் கொண்டு, திடப்பொருள் துண்டுகளின்மீது நீரை ஊற்றிக் குப்பியில் மிகுதியுள்ள இடத்தை நீர் நிரப்புமாறு செய்து, குப்பியின் எடையைக் காண் (W_3). குப்பியிலுள்ளவற்றை வெளியே கொட்டிவிட்டு, அதை நீரால் நிரப்பி எடையைக் காண் (W_4).

காட்சிப்பதிவுகள்

அடர்த்திக் குப்பியின் எடை : W_1 ...கிராம்
திடப்பொருளுடன் அடர்த்திக் குப்பியின் எடை : W_2 ...கிராம்
திடப்பொருளுடனும் மிகுதியுள்ள இடத்தை நிரப்பியுள்ள நீருடனும் அடர்த்திக் குப்பியின் எடை } W_3 ...கிராம்
நீர் நிரம்பியுள்ள அடர்த்திக் குப்பியின் எடை } W_4 ...கிராம்

கணக்கிடுதல்

திடப்பொருளின் எடை $(W_2 - W_1)$ ...கிராம்
மிகுதியுள்ள இடத்தை நிரப்பும் நீரின் எடை $(W_3 - W_2)$ ...கிராம்
முழுக்குப்பியை நிரப்பும் நீரின் எடை $(W_4 - W_1)$ ...கிராம்
திடப்பொருளுக்குச் சமப் பருமனுள்ள நீரின் எடை } $(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)$ ...கிராம்

$$\text{திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} = \quad ...$$

3. நீரில் கரையும் திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி : (எடுத்துக் காட்டாக உப்பு, சர்க்கரை.)

துப்புரவான ஈரமில்லாத அடர்த்திக் குப்பியின் எடையைக் காண் (w_1). கொடுக்கப்பட்டுள்ள நீரில் கரையும் திடப்பொருள் துண்டுகளை (ஏறத்தாழக் குப்பியின் கொள்ளளவில் மூன்றில் ஒரு பங்கு) குப்பியினுள் போட்டு எடையைக் காண் (w_2). இந்தத் திடப் பொருள் கரையாத ஒரு திரவத்தை எடுத்துக்கொள். தேவையான முன்னெச்சரிக்கைகளைக்கொண்டு திடப்பொருளின்மீது திரவத்தை ஊற்றி, குப்பியில் மிகுதியுள்ள இடத்தை திரவம் நிரப்பும்படி செய்து, குப்பியின் எடையைக் காண் (w_3). குப்பியிலுள்ளவற்றை வெளியேகொட்டிவிட்டு அதைத் திரவத்தால் நிரப்பி எடையைக் காண் (w_4). குப்பியைத் துப்புரவாக்கு. அதை நீரால் நிரப்பி எடையைக் காண் (w_5).

காட்சிப்பதிவுகள்

அடர்த்திக் குப்பியின் எடை :	w_1 ... கிராம்
நீரில் கரையும் திடப்பொருளுடன் அடர்த்திக் குப்பியின் எடை	w_2 ... கிராம்
திடப்பொருளுடனும் மிகுதியுள்ள இடத்தை நிரப்பியுள்ள திரவத்துடனும் அடர்த்திக் குப்பியின் எடை	w_3 ... கிராம்
திரவம் நிரம்பிய அடர்த்திக் குப்பியின் எடை :	w_4 ... கிராம்
நீர் நிரம்பிய அடர்த்திக் குப்பியின் எடை :	w_5 ... கிராம்

கணக்கிடுதல்

திடப்பொருளின் எடை : $(w_2 - w_1)$ ... கிராம்

திடப்பொருளுக்குச் சமப் பருமனுள்ள திரவத்தின் எடை : $(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)$

$$\text{திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{w_4 - w_1}{w_5 - w_1} = \ldots$$

$$\left.\begin{array}{c}\text{திரவத்துடன் ஒப்பிட்ட திடப்}\\ \text{பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி}\end{array}\right\} = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} = \ldots$$

$$\left.\begin{array}{c}\text{திடப்பொருளின்}\\ \text{ஒப்பு அடர்த்தி}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c}\text{திரவத்துடன் ஒப்}\\ \text{பிட்ட திடப்பொரு}\\ \text{ளின் ஒப்பு அடர்த்தி}\end{array}\right\} \times \left\{\begin{array}{c}\text{திரவத்தின்}\\ \text{ஒப்பு}\\ \text{அடர்த்தி}\end{array}\right\}$$

$$= \frac{w_2 - w_1}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} \times \frac{w_4 - w_1}{w_5 - w_1}$$

முடிவு

திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி : ...
நீரில் கரையாத திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி : ...
நீரில் கரையும் திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி : ...

நிக்கல்சன் திரவமானி
(Nicholson's Hydrometer)

நோக்கம்

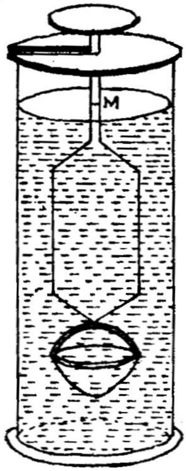
நிக்கல்சன் திரவமானியைக்கொண்டு (1) ஒரு திடப்பொருள், (2) ஒரு திரவம் இவற்றின் ஒப்பு அடர்த்திகளைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

நிக்கல்சன் திரவமானி, எடைப்பெட்டி, உயரமான கண்ணாடிச் சாடிகளில் நீர், திரவம், ஒரு திடப்பொருள்.

அமைப்பு

நிக்கல்சன் திரவமானி ஒரு 'மாறா அமிழ்வு திரவமானி' (Constant immersion hydrometer). இதில் உள்ளீடற்ற நீண்ட ஓர் உலோக உருளைக்கு இரு புறத்திலும் உலோகக் கூம்புகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. கீழ்ப்பாகத்திலுள்ள கூம்புடன் ஒரு வாளி இணைக்கப்பட்டுள்ளது. திரவங்களில் திரவமானி செங்குத்தாக மிதக்குமாறு இவ்வாளியில் தக்க பளுவேற்றப்பட்டுள்ளது. மற்றொரு கூம்புக்கு மேற்பாகத்தில் வட்டமான ஒரு தட்டைத் தாங்கியுள்ள நீண்ட மெல்லிய ஓர் உலோகத்தண்டு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இத்தட்டின்மேல் எடைகளையும், பொருள்களையும் வைக்க முடியும். தண்டின்மேல் நிலையான குறி (M) உள்ளது. சோதனைகளைச் செய்து குறியீடுகளைக் காணும்பொழுது திரவமானி இக்குறி வரையில் திரவத்தில் அமிழ்ந்திருக்கவேண்டும்.



படம் 1·18

செய்முறை

1. திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி : குறைவான பருமனுள்ள திடப்பொருள்களின் ஒப்பு அடர்த்திகளை நிக்கல்சன் திரவமானியைக்கொண்டு காணலாம். உயரமான கண்ணாடிச் சாடியில் நீரை எடுத்துக்கொள். நிக்கல்சன் திரவமானியை நீரில் செங்குத்தாக மிதக்கவிடு. திரவமானிமீது காற்றுக் குமிழிகள் ஒட்டிக்கொண்டிராமலும், அது சாடியின் பக்கங்களைத் தொடாமலும் மிதக்க வேண்டும். தட்டின்மேல் எடைகளை வைத்துத் திரவமானி நீரில் நிலையான குறி வரை அமிழுமாறு செய். தட்டிலுள்ள மொத்த எடையைக் காண் (W_1). கொடுக்கப்பட்டுள்ள பொருளைத் திரவமானியின் உச்சியிலுள்ள தட்டில் வை. மேலும் தட்டில் எடைகளைச் சேர்த்துத் திரவமானி நிலையான குறி வரையில் அமிழுமாறு செய். தட்டில் சேர்க்கப்பட்டுள்ள எடைகளைக் காண் (W_2). பின்னர்த் திடப்பொருளைத் திரவமானியின் அடிப்பாகத்திலுள்ள வாளியில் வை. தக்கைபோன்ற மிதக்கக்கூடிய பொருளாயிருந்தால், அதை ஒரு சிறு நூலைக்கொண்டு வாளியுடன் சேர்த்துக் கட்டு. இப்பொழுது திரவமானியை நிலையான குறி வரையில் நீரில் அமிழுமாறு செய்யத் தட்டில் சேர்க்கப்படவேண்டிய எடையைக் காண் (W_3).

காட்சிப்பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

திரவமானியை நிலையான குறிவரை அமிழச்செய்யத் தேவையான எடை	W_1	... கிராம்
உச்சியிலுள்ள தட்டில் திடப்பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளபொழுது திரவமானியை நீரில் நிலையான குறி வரை அமிழச்செய்ய, சேர்க்கப்பட வேண்டிய எடை	W_2	... கிராம்
கீழேயுள்ள வாளியில் திடப்பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளபொழுது திரவமானியை நீரில் நிலையான குறி வரை அமிழச்செய்ய, சேர்க்கப்பட வேண்டிய எடை	W_3	... கிராம்

காற்றில் திடப்பொருளின் எடை $(W_1 - W_2)$ ... கிராம்

நீரில் திடப்பொருளின் எடை $(W_1 - W_3)$ ... கிராம்

நீரில் திடப்பொருளின் தோற்ற எடை இழப்பு $(W_3 - W_2)$ ... கிராம்

திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி = காற்றில் திடப்பொருளின் எடை / நீரில் அதன் தோற்ற எடை இழப்பு

$$= \frac{W_1 - W_2}{W_3 - W_2} =$$

2. திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி : இதை (*a*) நிக்கல்சன் திரவ மானியின் எடையைக் கண்டும், (*b*) நீரிலும் திரவத்திலும் கரையாத திடப்பொருளைக் கொண்டும் ஆகிய இரு முறைகளில் காணலாம்.

(*a*) திரவமானியின் எடையைக் கண்டு திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல் :

ஈரமில்லாத, துப்புரவாக்கப்பட்ட நிக்கல்சன் திரவமானியின் எடையை ஒரு வில் தராசைக் கொண்டு காண் (w). திரவமானியை உயரமான ஒரு கண்ணாடிச் சாடியிலுள்ள நீரில் மிதக்கவிடு. தேவையான முன்னெச்சரிக்கைகளைக் கொண்டு, திரவமானியை நிலையான குறி வரையில் நீரில் அமிழ்ந்திருக்குமாறு செய்யத் தட்டில் வைக்க வேண்டிய எடையைக் காண் (w_1). அவ்வாறே திரவமானியைத் திரவத்தில் நிலையான குறி வரை அமிழ்ந்திருக்குமாறு செய்யத் தேவையான எடையைக் காண் (w_2). அதே குறி வரையில் நீரிலும் திரவத்திலும் அமிழ்வதால், திரவமானி வெளியேற்றும் நீரின் பருமனும் திரவத்தின் பருமனும் சமம்.

காட்சிப் பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

திரவமானியின் எடை :	w ... கிராம்
நீரில் திரவமானியை நிலையான குறிவரை அமிழச்செய்யத் தேவையான எடை	w_1 ... கிராம்
திரவத்தில் திரவமானியை நிலையான குறிவரை அமிழச்செய்யத் தேவையான எடை	w_2 ... கிராம்
திரவமானியால் வெளியேற்றப்பட்ட நீரின் எடை	$w+w_1$ ... கிராம்
திரவமானியால் வெளியேற்றப்பட்ட திரவத்தின் எடை	$w+w_2$ ... கிராம்

$$\text{திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி} = \frac{\text{திரவத்தின் எடை}}{\text{சமப்பருமனுள்ள நீரின் எடை}} = \frac{w+w_2}{w+w_1}$$

(*b*) ஒரு திடப்பொருளைக் கொண்டு திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தியைக் காணல் :

திரவமானியை நீரில் மிதக்கவிடு. திடப்பொருள் உச்சியிலுள்ள தட்டிலும், கீழேயுள்ள வாளியிலும் வைக்கப்படும்பொழுது திரவ மானியை நிலையான குறி வரை அமிழச்செய்யத் தேவையான எடைகளைத் (w_1,w_2) தனித்தனியாகக் காண். திரவமானியைத் திரவத்தில் மிதக்களிட்டு மேற்கூறியவாறு சோதனையைத் திரும்பச் செய்து எடைகளைக் (w_3,w_4) காண்.

காட்சிப்பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

உச்சியிலுள்ள தட்டில் திடப்பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பொழுது திரவமானியை நீரில் நிலையான குறி வரை அமிழச்செய்யத் தேவையான எடை	W_1 ... கிராம்
கீழேயுள்ள வாளியில் திடப்பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளபொழுது திரவமானியை நீரில் நிலையான குறி வரை அமிழச்செய்யத் தேவையான எடை	W_2 ... கிராம்
உச்சியிலுள்ள தட்டில் திடப்பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளபொழுது திரவமானியை திரவத்தில் நிலையான குறி வரை அமிழச்செய்யத் தேவையான விடை	W_3 ... கிராம்
கீழேயுள்ள வாளியில் திடப்பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பொழுது திரவமானியைத் திரவத்தில் நிலையான குறி வரை அமிழச்செய்யத் தேவையான எடை	W_4 ... கிராம்

நீரில் திடப்பொருளின் தோற்ற எடை இழப்பு $= W_2 \quad W_1 = \ldots$ கிராம்

திரவத்தில் திடப்பொருளின் தோற்ற எடை இழப்பு $= W_4 \quad W_3 = \ldots$ கிராம்

திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி $\frac{W_4 - W_3}{W_2 - W_1} =$

முடிவு

1. திடப்பொருளின் ஒப்பு அடர்த்தி =
2. திரவத்தின் ஒப்பு அடர்த்தி
   (*a*) முதல் முறையில் = ...
   (*b*) இரண்டாம் முறையில் = ...

பாயில் விதி

(Boyle's Law)

நோக்கம்

(*a*) பாயில் விதி ஆய்கருவியைக் (Boyle's law apparatus) கொண்டும், (*b*) நுண்குழாயைக் (Quill tube) கொண்டும் பாயில் விதியை மெய்ப்பித்தல்.

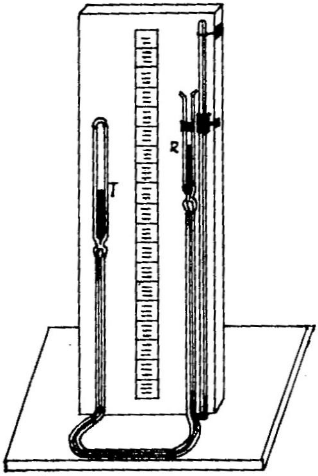
தேவையான ஆய்கருவிகள்

பாயில் விதி ஆய்கருவி, நுண்குழாய், ஃபார்ட்டின் பாரமானி, அளவுகோல்.

(a) பாயில் விதி ஆய்கருவி

அமைப்பு

உச்சியில் மூடப்பட்டதும் சீரான குறுக்களவுள்ளதுமான ஒரு கண்ணாடிக் குழாய் (T) இரு முனைகளும் திறந்துள்ள மற்றொரு கண்ணாடிக் குழாயுடன் (R) கெட்டியான ரப்பர்க் குழாயினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு குழாய்களும் செங்குத்தான நீண்ட மரப்பலகையில் பொருத்தப் பட்டுள்ளன. இக்கண்ணாடிக் குழாய் களுக்கிடையில் ஒரு மீட்டர் அளவு கோல் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. R என்ற மூலக் குழாய் (Reservoir tube) தாங்கியோடு இணைக்கப்பட்டு ஒரு செங்குத்தான தண்டின்மீது மேலும் கீழும் நகருமாறும் தேவையான இடத்தில் பற்றிப் பொருத்துமாறும் அமைந்துள்ளது. இந்தக் கண்ணாடிக் குழாய்களின் அடிப்பாகமும் ரப்பர்க் குழாய் முழுவதும் துப்புரவான ஈர மில்லாத பாதரசத்தால் நிரப்பப்பட் டுள்ளன. மூடப்பட்ட குழாயில் பாதரசத்திற்குமேல் ஈரமில்லாதகாற்று உள்ளது.



படம் 1·19

செய்முறை

ஃபார்ட்டின் பாரமானியைக் கொண்டு வளி அழுத்தத்தைக் காண். வளி அழுத்தத்தைப் படித்தரம் பார். இரு கண்ணாடிக் குழாய்களிலும் பாதரச மட்டம் ஒரே அளவாய் இருக்குமாறு மூலக் குழாயை அமை. மூடப்பட்டுள்ள குழாயில் உள்ள காற்றின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்திற்குச் சமம். மூடப்பட்டுள்ள குழாயின் உச்சி முனை மட்டம், மற்றும் அதனுள்ளிருக்கும் பாதரச மட்டம் இவற்றின் அளவீடுகளைக் குறித்துக்கோள். இவை இரண்டிற்குமுள்ள மாறுபாடு காற்றுத் தம்பத்தின் (Air Column) நீளத்தைக் கொடுக்கும். குழாயின் குறுக்களவு மாறிலியாதலால், காற்றுத் தம்பத்தின் நீளம் காற்றின் பருமனுக்கு நேர் விகிதத்தி லுள்ளது. அடுத்து மூலக் குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டம் மூடப் பட்டுள்ள குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டத்திற்குமேல் இருக்கும்படி அமை. பாதரச மட்டங்களின் அளவீடுகளைக் குறி. அவற்றின் மாறுபாட்டைக் கணக்கிடு. இம்மாறுபாட்டையும் வளி அழுத்தத் தையும் கூட்டினால் மூடப்பட்ட குழாயிலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் கிடைக்கும். காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத்தையும் கணக்கிடு. மூலக் குழாயை மேலும் உயர்த்திச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். பின்னர் மூலக் குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டம் மூடப்பட்டுள்ள குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டத்திற்குக் கீழே இருக்கும்படி அமைத்துப் பாதரச மட்டங்களின் மாறுபாட்டைக் காண். இம்மாறுபாட்டை வளி அழுத்தத்திலிருந்து கழிக்க மூடப்பட்ட குழாயிலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் கிடைக்கும். காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத்தையும் கணக் கிடு. மூலக் குழாயை மேலும் இறக்கிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். அளவீடுகளைப் பின் வருமாறு அட்டவணைப்படுத்து.

காட்சிப்பதிவுகள்

படித்தரப்பட்ட வளி அழுத்தம் : H ... செ.மீ. பாதரசம்

மூடப்பட்ட முனையின் அளவீடு : 'a'......செ. மீ.

வரிசை எண்	மூடப்பட்ட குழாயில் பாதரச மட்டம் 'b' செ. மீ.	மூலக்குழாயில் பாதரச மட்டம் 'e' செ. மீ.	காற்றுத் தம்பத்தின் நீளம் $(b \backsim a) = l$ செ. மீ.	பாதரச மட்டங்களின் மாறுபாடு $(c \backsim b) = h$	மொத்த அழுத்தம் $P = H \pm h$	மொத்த அழுத்தம் × காற்றுத் தம்ப நீளம் $P \times l$

கடைசிப் பத்தியிலுள்ள $P \times l$ மதிப்புகள் ஏறத்தாழ மாறிலியாயிருப்பதைக் காணலாம்; இது பாயில் விதியை மெய்ப்பிக்கிறது.

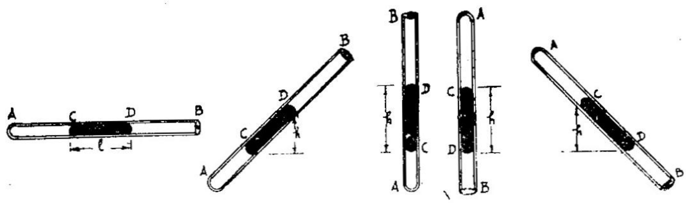
(b) நுண்குழாய்

அமைப்பு

ஏறத்தாழ மூன்று மில்லிமீட்டர்கள் விட்டமும், ஒரு மீட்டர் நீளமும், சீரான குறுக்களவுமுள்ள ஒரு நுண்குழாய் வழியே வெப்பமான காற்றைச் சிறிது நேரம் செலுத்திய பின்னர், அதனுள் சிறிது பாதரசம் உறிஞ்சப்படுகிறது. பாதரச இழையின் நீளம் ஏறத்தாழ 20 செ. மீ. இருக்கும். நுண் குழாயின் ஒரு முனை அம்முனைக்கும் பாதரச இழைக்குமிடையே ஈரமற்ற நீண்டகாற்றுத் தம்பம் அமையுமாறு மூடப்பட்டுள்ளது. பாதரச இழை துண்டு படாமல் இந்த நுண்குழாய் ஒரு மீட்டர் அளவுகோல்மேல் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதுவே 'நுண்குழாய் (Quill Tube)' என்று சுருக்கமாக வழங்கப்படுகிறது.

செய்முறை

நுண்குழாயைக் கிடைமட்டமாக அமை. நுண்குழாயின் மூடிய முனைக்கும் பாதரச இழைக்குமிடையேயுள்ள காற்றின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்திற்குச் சமம் (H). நுண்குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள அளவுகோலில் அக்காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத்தை (l) அள. குழாயின் குறுக்களவு சீரானதால் இந்த நீளம் காற்றுத் தம்பத்தின் பருமனுக்கு நேர்விகிதமாயிருக்கும். நுண்குழாயைத் திறந்த முனை



படம் 1·20

படம் 1·20

மேல் நோக்கி இருக்குமாறு செங்குத்தாக நிறுத்து. திறந்தமுனைமேல் நோக்கியிருக்கும்பொழுது குழாய்க்குள் அடைபட்டிருக்கும் காற்றின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்தைவிட மிகையாக இருக்கும். பாதரச இழையின் இரு முனைகளின் (C, D) உயரங்களை மேசையின் மேற்பரப்பிலிருந்து அளவிடு. இவற்றினிடையேயுள்ள மாறுபாட்டைக் கணக்கிடு. இது பாதரச இழையின் செங்குத்து உயரத்தைக் கொடுக்கும் (h). அடைபட்டுள்ள காற்றின் அழுத்தம் (H+h) ஆகும். காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத்தை (l) அளவுகோலில் காண். நுண் குழாயைச் சாய்வாகவும் திறந்த முனை மேல்நோக்கி யிருக்குமாறும் அமைத்துக்

சோதனையைத் திரும்பச் செய். பின்னர்க்குழாயைச் செங்குத்தாகவும் திறந்த முனை கீழ்நோக்கி இருக்குமாறும் பொருத்து. திறந்த முனை கீழே இருந்தால் குழாயினுள் அடைபட்டுள்ள காற்றின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும். பாதரச இழையின் இருமுனைகளின் உயரத்தை மேசையின் மேற்பரப்பிலிருந்து அளந்து, பாதரச இழையின் செங்குத்து உயரத்தைக் கணக்கிடு (h). அடைபட்டுள்ள காற்றின் அழுத்தம் (H—L) காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத்தை அளவிடு.

நுண்குழாயைச் சாய்வாகவும் திறந்தமுனை கீழ்நோக்கியிருக்குமாறும் அமைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்து.

காட்சிப்பதிவுகள்

வளி அழுத்தம் : H செ. மீ. பாதரசம்

வரிசை எண்	நுண்குழாயின் நிலை	பாதரச இழையின் செங்குத்து உயரம்			மொத்த அழுத்தம்	காற்றுத் தம்பத்தின் நீளம்	மொத்த அழுத்தம் × காற்றுத் தம்ப நீளம்
		மேசையின் பரப்பிலிருந்து ஒரு முனையின் உயரம்	மேசையின் பரப்பிலிருந்து மறுமுனையின் உயரம்	மாறுபாடு h	$P=(H \pm h)$	l	$P \times l$
		செ. மீ.	செ. மீ.	செ. மீ.		செ. மீ.	

கடைசிப் பத்தியிலுள்ள $P \times l$ மதிப்புகள் ஏறத்தாழ மாறிலியாக இருப்பதைக் காணலாம். இது பாயில் விதியை மெய்ப்பிக்கிறது.

முடிவு

பாயில் விதி மெய்ப்பிக்கப்பட்டது.

வரைபடம்

(i) X அச்சில் காற்றின் அழுத்தத்தையும் Y அச்சில் காற்றுத் தம்ப நீளத்தையும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரை. அது 'செவ்வக அதிபர வளையமாக (Rectangular Hyperbola)' அமையும்.

(ii) X அச்சில் காற்றின் அழுத்தத்தையும் Y அச்சில் காற்றுத் தம்பத்தின் தலைகீழ் பின்னத்தையும் (Reciprocal) $\left(\frac{i}{l}\right)$ கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரை. இது ஒரு நேர்கோடாய் இருக்கும்.

ஃபார்ட்டின் பாரமானி

(Fertin's Baro meter)

நோக்கம்

ஃபார்ட்டின் பாரமானியைக் கொண்டு வளியழுத்தம் காணல்.

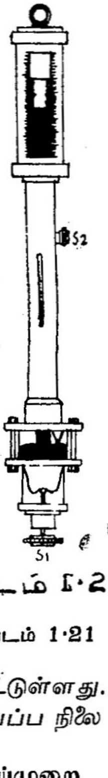
தேவையான ஆய்கருவி

ஃபார்ட்டின் பாரமானி.

அமைப்பு

ஃபார்ட்டின் பாரமானியின் அடிப்பாகத்தில் கண்ணாடியாலான மிடா (cistern) உள்ளது. இம்மிடாவின் கீழ்ப்பாகம் கெட்டியான மலை ஆட்டுத் தோலால் (Chamois leather) ஆனது. இது ஒரு திருகின்மேல் அமர்த்தப்பட்டுள்ளது. இத்திருகின் உதவியால் தோலை மேலும் கீழும் நகர்த்த முடியும். மிடாவின் அடிப்பாகம் பாதுகாப்பிற்காக ஒரு பித்தளைத் தகட்டினால் மூடப்பட்டுள்ளது. மேற்பாகம் வழியாக மிடாவிலுள்ள பாதரச மட்டத்தைக் காணலாம். ஏறத்தாழ 100 செ. மீ. நீளமுள்ள ஒரு பாரமானிக் குழாய் (Barometer tube) செங்குத்தாகவும், அதன் திறந்த முனை மிடாவிலுள்ள பாதரசத்தில் அமிழ்ந்திருக்குமாறும் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இக்குழாய் பாதுகாப்பாக ஒரு பித்தளை உறையினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த உறையின் அடிப்பாகம் மிடாவிற்கு மூடி போல அமையும். இந்த உறையின் மேற்பாகத்தில் பிரிட்டிஷ் மற்றும் மெட்ரிக்கு அளவுகோல்கள் பொறிக்கப்பட்டுள்ளன.

இம் மூடியின் அடிப்பாகத்தில் ஒரு தந்தக் குறிமுள் (Ivory Index) உள்ளது. இக்குறி முள்ளின் முனையும் பாரமானி உயரத்தை (Barometric height) அளவிடப் பித்தளை உறையின் உச்சியில் பொறிக்கப்பட்டுள்ள அளவுகோல்களின் சுழிகளும் ஒரே கிடைமட்டத்தில் அமையும். ஆதலால், மிடாவிலுள்ள பாதரச மட்டம் தந்தக் குறி முள்ளின் முனையைச் சற்றே தொடுமாறு அமைந்தால், பாதரச மட்டம் அளவு கோல்களின் சுழிகளுடன் ஒன்றிக்கும். பித்தளை உறையின் மேற்பாகத்தில் பாரமானிக் குழாய்க்கு முன்னும் பின்னும் செவ்வக வடிவான துளைகள் உள்ளன. முன்னால் உள்ள துளைக்கு இரு பக்கங்களிலுமே அளவுகோல் குறியீடுகள் பொறிக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு அளவு கோல்களுக்குமிசைந்த வெர்னியர்கள் பொறிக்கப்பட்டுள்ள ஓர் உலோகத் துண்டு துளையில் மேலும் கீழும் இயங்குமாறு அமைந்துள்ளது. அவ்வாறே குழாய்க்குப் பின்புறமுள்ள துளையிலும் அதே மாதிரி மற்றொரு துண்டு இயங்குகிறது. இவ்விரு துண்டுகளையும் ஒரு திருகைக்கொண்டு (S_2) இயக்கலாம். முன்புறமுள்ள உலோகத் துண்டின் கிடைமட்ட அடிப்பாகம் இவ்விரு வெர்னியர்களின் சுழிகளாகும். பித்தளை உறையிலுள்ள துளைகளுக்குப் பின்புறம் பாரமானி பொருத்தப்பட்டுள்ள மரப்பலகையில் ஒரு வெண்மையான கண்ணாடித்தகடு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இது குழாயில் உள்ள பாதரசமட்டத்தைத் தெளிவாகக் காணப் பயன்படுகிறது. உலோக உறையில் முன்னுள்ள துளையில் இயங்கும் உலோகத்தண்டின் அடிப்பாகமும், பின்னுள்ள துளையில் இயங்கும் தண்டின் அடிப்பாகமும் ஒரே கிடைமட்டத்தில் தெரியுமாறு பார்த்து இடமாறு தோற்றப் பிழையை (Parallax Error) அகற்றி, பாரமானி உயரத்தைத் திருத்தமாகக் காணலாம். உலோக உறையின்மேல் ஒரு வெப்ப நிலைமானி (*T*) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இது வளி அழுத்தத்தைக் காணும்பொழுது காற்றின் வெப்ப நிலை அறியப்பயன்படுகிறது.



படம் 1·2

படம் 1·21

செய்முறை

பாரமானியைச் செங்குத்தாக நிறுத்து. வெர்னியர்களின் மீச்சிற்றளவைகளைக் கணக்கிடு. கீழ்ப்பாகத்திலுள்ள திருகை (S_2) இயக்கி மிடாவிலுள்ள பாதரச மட்டம் தந்தக் குறிமுள்ளின் முனையைச் சற்றே தொடுமாறு செய். இந்நிலையில் குறி முள்ளின் முனையும் பாதரசப் பரப்பில் தெரியும் அதன் பிம்பத்தின்

முனையும் ஒன்றையொன்று தொட்டிருக்கும். பக்கவாட்டிலுள்ள திருகை (S_2) இயக்கி வெர்னியர் பொறிக்கப்பட்டுள்ள உலோகத் துண்டின் கிடைமட்டமான அடிப்பாகம் குழாயினுள்ளிருக்கும் பாத ரசக் குவி தளத்திற்குத் தொடுகோடான நிலையிலிருக்குமாறு அமை. இடமாறு தோற்றப் பிழை நீக்கப்படல் வேண்டும். மூலக்கோல் அளவீட்டையும் வெர்னியர் அளவீட்டையும் கூட்டி மொத்த அள வீட்டைக் கணக்கிடு. இது வளி அழுத்தத்தைத் தரும். பாரமானி யில் பொருத்தப்பட்டுள்ள வெப்பநிலைமானியைக் கொண்டு காற் றின் வெப்பநிலையைக் காண்.

வளி அழுத்தத்தைப் படித்தரம் பார்த்தல் (Standardisation of Atmospheric Pressure) :

ஃபார்ட்டின் பாரமானியிலுள்ள உலோக அளவு கோல்கள் $0°C$ வெப்பநிலையில் சரியான அளவீடுகளைக் குறிக்கும். வெப்பநிலை மாறுபட்டால் அதற்குத் தகுந்த திருத்தம் செய்யவேண்டும். அதுவே 'வளி அழுத்தத்தைப் படித்தரம் பார்த்தல்' எனப்படும்.

காற்றின் வெப்பநிலையை $t°C$ எனவும், அளவுகோல் ஆக்கப்பட் டுள்ள உலோகத்தின் நீட்டப் பெருக்க எண்ணை (Ceoffieient of linear expansion) 'a' எனவும், பாதரசத்தின் தனிப்பெருக்க எண்ணை (Cofficient of real expansion) 'C' எனவும், காணப்பட்ட வளி அழுத்த்தை Ht எனவும் கொள்வோம். படித்தரம் பார்த்த வளி அழுத்தத்தை (Ho) கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடு.

$$Ho = Ht\,(1 - ct + at)$$

முடிவு

வளி அழுத்தம்.........செ. மீ. பாதரசம்.

ஒரு முனை விசைகள்
(Concurrent Forces)

நோக்கம்

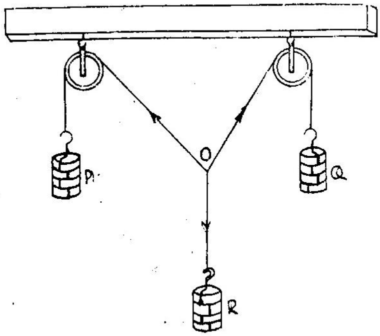
விசை இணைகர விதி (Parallelogram law of forces), விசை முக் கோணம் (Triangle of forces), லேமி தேற்றம் (Lami's theorem), டேஞ்சன்ட் விதி (Tangent law) இவற்றைச் சரிபார்த்தல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

இரு மென்மையான, லேசான, உராய்வற்ற (Smooth, light, frictionless) கப்பிகள் (pulleys), துளையிடப்பட்டுள்ள எடைகள் (slotted weights), அவற்றைத் தாங்கும் கொக்கிகள், வட்டக்கோண மானி (circular protractor).

செய்முறை

கிடைமட்டமாயுள்ள விறைப்பான (Rigid) தாங்கியிலிருந்து இரு கப்பிகளை அவற்றினிடையேயுள்ள தொலைவு ஏறத்தாழ 40 செ. மீ. இருக்குமாறு தொங்கவிடு. நீளமான ஒரு நூலை இவ்விரு கப்பிகளின்மீது செல்லுமாறு பொருத்து. இந்நூலிலிருந்து எடைகளைத் தாங்கும் இரு கொக்கிகளை, முனைக்கு ஒன்றாகத் தொங்கவிடு. மற்றொரு நூலின் ஒரு முனையை முதல் நூலுடன் இரு கப்பிகளுக்கிடையில் கட்டு. இரண்டாவது நூலின் மறுமுனையிலிருந்து எடைகளைத் தாங்கும்



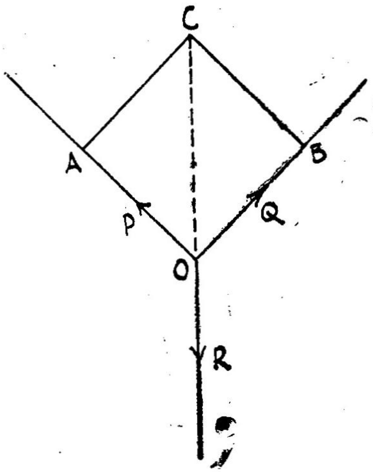
படம் 1.22

மூன்றாவது கொக்கியைத் தொங்கவிடு. தகுந்த துளையிடப்பட்ட எடைகளைக் கொக்கிகளில் மாட்டி, எடைகளைச் சமநிலையில் இருக்குமாறு செய். எடைகள் தடையில்லாமலும், எதன்மீதும் படாமலும் தொங்கவேண்டும். முதல் நூலின் இரு பகுதிகளுள் ஒவ்வொன்றும் செங்குத்தாயுள்ள இரண்டாவது நூலுடன் ஒரு கோணத்தை உண்டாக்குமாறு அமைகின்றன. இம்மூன்று பகுதி நூல்களுக்கிடையேயுள்ள மூன்று கோணங்களையும் வட்டக் கோணமானியைக் கொண்டு அளவிடு. நூல்களின் பகுதிகள் இணையுமிடத்தை O எனவும், அவற்றின் இழுவிசைகளை (tensions) P, Q, R என்றும் (படம் 22) கொள்வோம். நூலின் இழுவிசை அதன் முனையில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள எடைக்குச் சமம். வரை பலகையின்மேல் பொருத்தப்பட்ட காகிதத்தில் P, Q, R என்ற விசைகளின் திசைகளைக் குறிக்கும் கோடுகளை, அளக்கப்பட்ட கோணங்களின் உதவி கொண்டு வரை. விசைகளின் திசைகளையும் அவற்றின் அளவெண்களையும் (Magnitudes) குறி. எடைகளையும், கப்பிகளிடையேயுள்ள தொலைவையும் மாற்றி மேலும் இரண்டு தொகுதி அளவீடுகளைக் கண்டு மேற்கூறியவாறு படங்களை வெவ்வேறு காகிதங்களில் வரை.

1. விசை இணைகர விதியைச் சரிபார்த்தல்

இவ்விதியின்படி 'ஒரு புள்ளியில் தாக்கும் இரு விசைகளை ஓர் இணைகரத்தின் அடுத்துள்ள (adjacent) இரு பக்கங்களால் அளவெண்ணிலும் திசையிலும் (magnitude and direction) குறிக்கப்படுமானுல், அவற்றின் விளைவு விசை (resultant), அவ்விரு பக்கங்களுக்குமிடையேயுள்ள இணைகரத்தின் மூலை விட்டத்தினுல் அளவெண்ணிலும் திசையிலும் குறிக்கப்படும்.

தகுந்த அளவுத்திட்டத்தில் (scale) P, Q என்ற விசைகளைக் குறிக்கும்கோடுகளின்மேல்முறையே அவ்விசைகளுக்குநேர்விகிதமாக இருக்குமாறு OA, OB என்ற நீளங்களைக் குறி. OA, OB இவற்றை அடுத்துள்ள பக்கங்களாகக்கொண்ட OACB என்ற இணைகரத்தைவரை. OC என்ற மூலை விட்டத்தை வரை. R எனும் விசை P, Q என்ற இரு விசைகளின் சமனி (Equilibrant) இணைகர விதியின்படி விசை P,Q ஆகிய இரு விசைகளின் விளைவு விசையை OC குறிக்க வேண்டும். அளவு திட்டத்தால் மூலை விட்டத்தின் நீளத்தைப் பெருக்கி, விளைவு விசையின் அளவெண்ணைக்காண். அதுRன் அளவெண்ணுக்குச் சமம் என்று காட்டு. மூலை விட்டத்திற்கும் Rஐக் குறிக்கும் கோட்டிற்குமிடையேயுள்ள கோணத்தை அள. அது 180 பாகைகளாய் இருக்கும். இவை மூலைவிட்டம் P, Q என்ற விசைகளின் விளைவு விசையைக் குறிக்கிறதைக் காட்டும்.



படம் 1.23.

ஒவ்வொரு தொகுதி அளவீடுகளைக்கொண்டும் இவ்வாறே விசை இணைகர விதியைச் சரிபார். காட்சிப் பதிவுகளை வருமாறு அட்டவணைப்படுத்து :

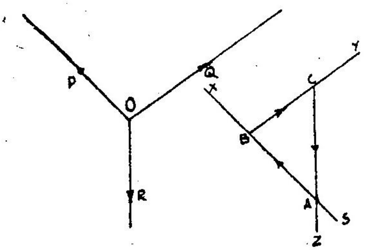
வரிசை எண்	P கிராம் எடை	Q கிராம் எடை	R (சமனி)	மூலைவிட்டத்தின் நீளம் OC	மூலைவிட்டம் குறிக்கும் விசையின் அளவெண் (விளைவுவிசை)	மூலைவிட்டத்திற்கும் சமனிக்குமிடையேயுள்ள கோணம்

2. விசை முக்கோணத்தைச் சரிபார்த்தல்

ஒரு புள்ளியில் ஒரே தளத்தில் செயற்படும் மூன்று விசைகள் சம நிலையிலிருந்தால், அம்மூன்றையும் முறைமையில் கொள்ளப் படும் (taken in order) ஒரு முக்கோணத்தின் மூன்று பக்கங்களால் அளவெண்ணிலும் திசையிலும் குறிக்கலாம்.

P,Q,R என்ற விசைகள் O என்ற புள்ளியில் செயற்பட்டுச் சம நிலையிலுள்ளன. விசை முக்கோணத்தைச் சரிபார்க்க இம்மூன்று விசைகளையும் முறைமையில் கொள்ளப்படும் ஒரு முக்கோணத்தின் பக்கங்களால் குறிக்கலாம் என்று காட்ட வேண்டும்.

S என்ற புள்ளியிலிருந்து P-ன் திசைக்கு இணையாக SX என்ற கோடு வரை. SX மேல் B என்ற ஏதாவது ஒரு புள்ளியிலிருந்து Q-ன் திசைக்கு இணையாக B Y என்ற கோடு வரை. B Y மேல் C என்ற ஏதாவது ஒரு புள்ளியிலிருந்து Rன் திசைக்கு இணையாக C Z என்ற கோடு வரை. CZ என்ற கோடு, S X என்ற கோட்டை Aயில் வெட்டும். ABC ஒரு முக்கோணமாக அமையும். இம்முக்கோணத்தின் AB, BC, CA என்ற பக்கங்கள் முறையே P, Q, R, என்ற விசைகளைத் திசையில் குறிக்கின்றன. ஏனெனில், இப்பக்கங்கள் முறையே அவ்விசைகளின் திசைக்கு இணையானவை. இப்பக்கங்கள் அவ்விசைகளை முறையே அளவெண்ணிலும் குறிக் கின்றன என்று காட்ட, இப்பக்கங்களின் நீளங்களை அளந்து



படம் 1·24

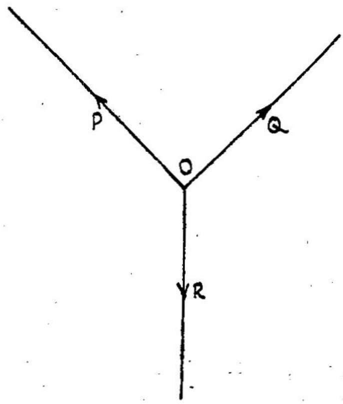
$\frac{P}{AB} = \frac{Q}{BC} = \frac{R}{CA}$ என்று காட்டு.

ஒவ்வொரு தொகுதி அளவீட்டையும் கொண்டு இவ்வாறே விசை முக்கோணத்தைச் சரிபார். காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணைப் படுத்து.

வரிசை எண்	விசைகள் கிராம் எடையில்			பக்கங்களின் நீளங்கள் சென்டி மீட்டரில்			$\frac{P}{AB}$	$\frac{Q}{BC}$	$\frac{R}{CA}$
	P	Q	R	AB	BC	CA			

3. **லேமி தேற்றத்தைச் சரிபார்த்தல்**

ஒரு புள்ளியில் ஒரே தளத்தில் செயற்படும் மூன்று விசைகள் சமநிலையில் இருந்தால், ஒவ்வொரு விசையும் மற்ற இரு விசைகளி னிடையேயுள்ள கோணத்தின் சைனுக்கு (sine of the angle) நேர் விகிதமாகும்.



படம் 1·25

விசைகளின் அளவெண்களும் அவற்றினிடையேயுள்ள கோணங் களும் அளவிடப்பட்டுள்ளன. லேமி தேற்றத்தைச் சரிபார்க்க,

$$\frac{P}{\sin QOR} = \frac{Q}{\sin ROP} = \frac{R}{\sin POQ}$$

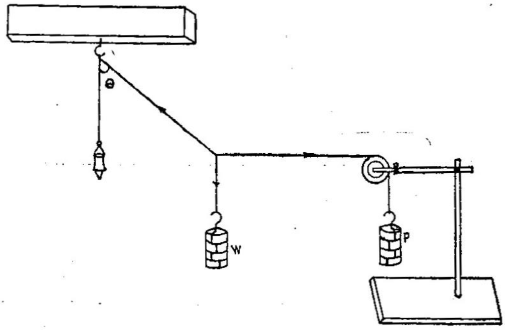
என்று காட்டு.

ஒவ்வொரு தொகுதி அளவீடு களைக் கொண்டும் இவ்வாறே லேமி தேற்றத்தைச் சரிபார். காட்சிப்பதிவுகளை வருமாறு அட்ட வணைப்படுத்து:

வரிசை எண்	விசைகள் கிராம் எடையில்			$Q\widehat{O}R$	$R\widehat{O}P$	$P\widehat{O}Q$	$\frac{P}{\sin QOR}$	$\frac{Q}{\sin ROP}$	$\frac{R}{\sin POQ}$
	P	Q	R						

4. டேஞ்சன்ட் விதியைச் சரிபார்த்தல்

கிடைமட்டமாயுள்ள விறைப்பான ஒரு தாங்கியில் ஒரு கொக்கியைப் பொருத்து. நீளமான ஒரு நூலை எடுத்து, ஒரு முனை



படம் 1·26

யைக் கொக்கியில் கட்டு. மற்றொரு முனையிலிருந்து எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கியைத் தொங்கவிடு. மற்றொரு நூலின் முனையை முதல் நூலின் நடுவில் கட்டு. இரண்டாவது நூலைச் செங்குத்தான தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கப்பியின்மீது செலுத்தி நூலின் மறுமுனையில் எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கியைத் தொங்கவிடு. இரு கொக்கிகளிலுள்ள எடைகளையும், கப்பி நிலையையும் மாற்றி, கப்பிக்கும் முதல் நூலுக்குமிடையேயுள்ள இரண்டாவது நூலின் பகுதி கிடைமட்டமாக அமையுமாறு செய். கொக்கியிலிருந்து ஒரு குண்டு நூலைத் (plumb line) தொங்கவிடு. முதல் நூலுக்கும் குண்டு நூலுக்குமிடையேயுள்ள கோணத்தை அளவிடு. இக் கோணத்தை O எனவும், முதல் நூலின் கீழ் முனையில் தொங்கும் எடையை W எனவும், கப்பிமீது செல்லும் இரண்டாவது நூலிலிருந்து தொங்கும் எடையை P எனவும் கொள்வோம்.

$P = W \tan \theta$. இதுவே டேஞ்சன்ட் விதி எனப்படும். இது லேமி தேற்றத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைமையாகும். காட்சிப் பதிவுகளிலிருந்து இதை மெய்யெனக் காட்டு.

W, P இவற்றின் மதிப்புகளை மாற்றியமைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். காட்சிப் பதிவுகளை வருமாறு அட்டவணைப்படுத்து.

வரிசை எண்	W	P	θ	$\tan \theta$	$W \tan \theta$

முடிவு

விசை இணைகர விதி, விசை முக்கோணம், லேமி தேற்றம், டேஞ்சன்ட் விதி முதலியன சரிபார்க்கப்பட்டன.

இணை விசைகள்
(Parallel Forces)

நோக்கம்

1. இரு ஒருபோக்கு இணை விசைகளின் (Like parallel forces) விளை விசையையும், இரு சமமில்லாத எதிர்ப்போக்கு இணை விசைகளின் (Unlike parallel forces) விளைவு விசையையும் காணல்.

2. ஒரு தள இணை விசைகள் (Coplanar parallel forces) செயற்படும் ஒரு விறைப்பான பொருள் (Rigid body) சம நிலையிலிருக்கத் தக்க தகுதிகளைச் சரிபார்த்தல்.

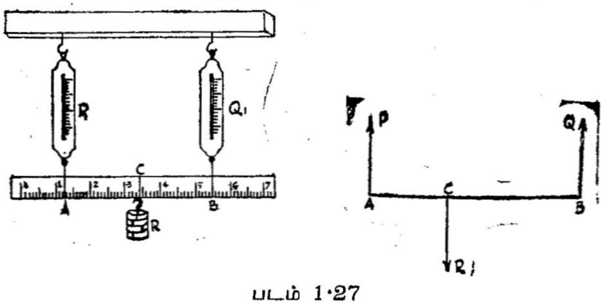
தேவையான பொருள்கள்

ஒரு மீட்டர் அளவுகோல், துளையிடப்பட்ட எடைகள், அவற்றைத் தாங்கும் கொக்கிகள், நூல் வளையங்கள்.

செய்முறை

1. இரு ஒருபோக்கு இணை விசைகளின் விளைவு விசையைக் காணல்.

விறைப்பான கிடைமட்டத் தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரு கொக்கிகளிலிருந்து இரு வில் தராசுகளைத் தொங்கவிடு. நூல்



படம் 1·27

வளையங்களைக் கொண்டு வில் தராசுகளின் கீழ் முனைகளிலிருந்து மீட்டர் அளவுகோலைக் கிடைமட்டமாகவும் அவைகளுடன் சமச்சீராகவும் (Symmetrical) தொங்கவிடு. வில் தராசுகளைச் செங்குத்தாக நிறுத்து. அவைகளில் தொடக்கக் குறியீடுகளைக் காண்.

இவற்றை P_0, Q_0 எனக் கொள்வோம். இவ்விரு குறியீடுகளின் கூட்டுத் தொகை மீட்டர் அளவுகோலின் எடைக்குச் சமம். இரு வில் தராசுகளுக்குமிடையே மீட்டர் அளவுகோலிலிருந்து ஒரு நூல் வளையத்தின் உதவியால் எடைகளைத் தாங்கும் ஒரு கொக்கியைத் தொங்கவிடு. கொக்கியிலுள்ள ஏடையையும் (R) அது தொங்க விடப்பட்டுள்ள இடத்தையும் (C) சரிசெய்து அளவுகோல் கிடை மட்டமாக இருக்கும்படி அமை. வில் தராசுகளின் குறியீடுகளைக் காண். இவற்றை P_1, Q_1 எனக் கொள்வோம்.

$$P_1 - P_0 = P$$
$$Q_1 - Q_0 = Q$$

P, Q இவற்றை A, B என்ற புள்ளிகளில் மேல் நோக்கிச் செயற்படும் ஒருபோக்கு இணை விசைகளாகக் கொள்ளலாம். R இவ்விசைகளின் சமனி. அது C என்ற புள்ளியில் கீழ் நோக்கிச் செயற்படுகிறது. ஆதலால், அவ்விசைகளின் விளைவு விசை C யில் மேல் நோக்கிச் செயற்படுவதாகவும், அதன் அளவெண் Rக்குச் சமமாகவும் இருக்கும். A, B என்ற புள்ளிகளில் செயற்படும் P, Q என்ற ஒரு போக்கு இணை விசைகளின் விளைவு விசையின் அளவெண் அவ்விரு விசைகளின் அளவெண்களின் மொத்த மதிப்பையொத்தது $(P+Q)$. விளைவு விசை C என்ற புள்ளியில் செயற்படுமானால், $P \times AC = Q \times BC$.

AC, BC இவைகளை அளவிடு. அளவீடுகளிலிருந்து $R=P+Q$, மேலும் $P \times AB = Q \times BC$ என்று காட்டு.

Rன் மதிப்பை மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்து.

வரிசை எண்	வில் தராசு Iல் குறியீடு			வில் தராசு IIல் குறியீடு			P+Q	தொங்க விடப் பட்ட எடை R	AC	BC	P×AC	Q×BC
	தொடக்கத்தில் P_0	இறுதியில் P_1	மாறுபாடு $P_1 - P_0 =$ P	தொடக்கத்தில் Q_0	இறுதியில் Q_1	மாறுபாடு $Q_1 - Q_0 =$ Q						

2. சமமில்லாத இரு எதிர்ப்போக்கு விசைகளின் விளைவு விசை.

இதைக் காண முன்பு கண்ட அளவீடுகளையே பயன்படுத்தலாம். P, R இவற்றை மீட்டர் அளவுகோலில் A, C என்ற புள்ளிகளில் செயற்படும் எதிர்ப்போக்கு இணை விசைகளாகக் கொள்ளலாம். Q இவற்றின் சமனி. அது B என்னும் புள்ளியில் மேல் நோக்கிச் செயற்படுகிறது, ஆதலால், P, R என்ற விசைகளின் விளைவு விசை Bயில் கீழ் நோக்கிச் செயற்படுவதாயும், Qக்குச் சமமாயும் இருக்கும்.

A, C என்ற புள்ளிகளில் முறையே செயற்படும் P, R என்ற சமமில்லாத இரு எதிர்ப்போக்கு இணை விசைகளின் விளைவு விசையின் அளவெண் அவ்விரு விசைகளின் அளவெண்களுக்கிடையே உள்ள மாறுபாட்டையொத்தது (P—R). இணைவிசை B-யில் செயற்படுமானால், $P \times AB = R \times BC$. கண்டுள்ள அளவீடுகளை மாற்றியமைத்து $Q=P-R$; $P\times AB=R\times BC$ என்ற சமன்பாடுகளை நிலை நாட்டு. பின் வருமாறு அட்டவணைப்படுத்து :

வரிசை எண்	வில் தராசு Iல் குறியீடு			வில் தராசு IIல் குறியீடு			தொங்க விடப் பட்ட எடை	P – R	AB	BC	P×AB	R×BC
	தொடக்கத்தில் P_0	இறுதியில் P_1	மாறுபாடு $P_1 - P_0 = P$	தொடக்கத்தில் Q_0	இறுதியில் Q_1	மாறுபாடு $Q_1 - Q_0 = Q$	R					

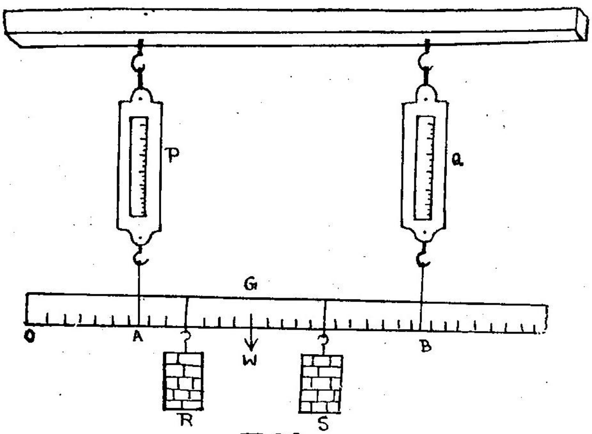
3. சமநிலைத் தகுதிகள் (Conditions of equilibrium) :

ஒரு தள இணை விசைகளால் தாக்கப்படும் விறைப்பான ஒரு பொருள் சம நிலையிலிருக்கத் தேவையான தகுதிகளாவன:

1. ஒரு திசையில் செயற்படும் விசைகளின் அளவெண்களுடைய கூட்டுத் தொகை எதிர்த்திசையில் செயற்படும் விசைகளின் அளவெண்களுடைய கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம்.

2. விசைகளின் தளத்திலேயே உள்ள ஒரு புள்ளியைச் சார்ந்த அவ்விசைகளுடைய திருப்புத்திறன்களின் (Moment) எண்ணியல் தொகை (algebraic sum) சுழியாகும். அல்லது, விசைகளின் தளத்திலேயே உள்ள ஒரு புள்ளியைச் சார்ந்த அவ்விசைகளின் வலஞ்சுழி திருப்புத் திறன்களின் கூட்டுத்தொகை (sum of the clockwise moments) அதே புள்ளியைச் சார்ந்த இடஞ்சுழி திருப்புத் திறன்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் (Sum of the anti-clockwise moments) சமம்.

உறுதியான கிடைமட்டத் தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரு கொக்கிகளிலிருந்து இரு வில் தராசுகளைத் தொங்கவிடு. நூல்



I.28

வளையங்களைக் கொண்டு வில் தராசுகளின் கீழ் முனைகளிலிருந்து சீரான மீட்டர் அளவு கோலைக் கிடைமட்டமாகவும் அவைகளுடன் சமச்சீராகவும் தொங்கவிடு. வில் தராசுகள் செங்குத்தாகவும் அளவுகோல் கிடை மட்டமாகவுமிருக்குமாறு சரிசெய். வில் தராசுகளின் குறியீடுகளைக்காண். இவற்றை P_0, Q_0 எனவும் அளவுகோலின்

எடையை W எனவும் கொண்டால், $W = P_0 + Q_0$. அளவு கோலின் எடை அதன் ஈர்ப்பு மையம் (Centre of gravity) G வழியாகச் செயற்படும். சீரான அளவுகோலாதலால், அதன், மையமும் ஈர்ப்பு மையமும் ஒன்றே. மற்றும் இரு நூல் வளையங்களை அளவுகோல் மீது C, D என்ற இடங்களில் மாட்டி அவற்றிலிருந்து இரு எடைகள் தாங்கும் கொக்கிகளைத் தொங்க விடு. இக்கொக்கிகளில் முறையே R, S என்ற எடைகளைப் போடு. எடைகளையும் அவற்றின் நிலைகளையும் மாற்றியமைத்து வில் தராசுகள் செங்குத்தாகவும்அளவுகோல் கிடைமட்டமாகவும் இருக்குமாறு செய். இந்நிலையில் வில் தராசுகளின் குறியீடுகளைக் காண். அளவு கோலில் ஏதாவது ஒரு குறிப்பிட்ட (O) புள்ளியிலிருந்து அக் கோலில் பல விசைகள் செயற்படும் புள்ளிகளின் தொலைவுகளைத் தனித்தனியே அளவிடு. விசையின் அளவெண்ணை ஒரு புள்ளிக்கும் அவ்விசைக்குமிடையே உள்ள செங்குத்து நீளத்தால் பெருக்கினுல். அப்புள்ளியைச் சார்ந்த அவ்விசையின் திருப்புத்திறன் கிடைக்கும், திருப்புத்திறன் இடஞ்சுழியாக அமைந்தால், அதை நேராகவும் (Positive), வலஞ்சுழியாக அமைந்தால், அதை எதிராகவும் (Negative) கொள்ள வேண்டும்.

அதேபோல ஒரு திசையில் செயற்படும் விசைகளை நேராகவும், எதிர்த்திசையில் செயற்படும் விசைகளை எதிராகவும் கொள்ள வேண்டும்.

தகுதிகளை நிலை நாட்ட, $P+Q=R+S+W$ என்றும் $P \times OA + Q \times OB = R \times OC + S \times OD + W \times OG$ என்றும் கணக்கிட்டுக் காட்டு.

எடைகளின் மதிப்புகளையும் அவற்றின் நிலைகளையும் மாற்றி யமைத்து, சோதனையைத் திரும்பச் செய். அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்து.

காட்சிப்பதிவுகள்

முதலாவது வில் தராசின் தொடக்கக் குறியீடு P_0

இரண்டாவது வில் தராசின் தொடக்கக் குறியீடு Q_0

அளவுகோலின் எடை $W = P_0 + Q_0$

(i) முதல் தகுதி

வரிசை எண்	P	Q	R	S	W	P+Q	R+S+W

(ii) இரண்டாம் தகுதி

வரிசை எண்	OA	OB	OC	OD	OG	இடஞ்சுழி திருப்புத் திறன்களின் கூட்டுத்தொகை $P \times OA + Q \times OB$	வலஞ்சுழி திருப்புத் திறன்களின் கூட்டுத் தொகை $R \times OC + S \times OD + W \times OG$

முடிவு

1. இரு ஒருபோக்கு இணை விசைகளின் விளைவு விசையையும், இரு சமமில்லாத எதிர்ப்போக்கு இணை விசைகளின் விளைவு விசையையும் தரும் விதிகள் சரிபார்க்கப்பட்டன.

2. ஒருதள இணை விசைகள் தாக்கப்படும் ஒரு விறைப்பான பொருள் சம நிலையில் இருக்கத்தக்க தகுதிகள் சரிபார்க்கப்பட்டன.

சாய்தளம்
(Inclined Plane)

நோக்கம்

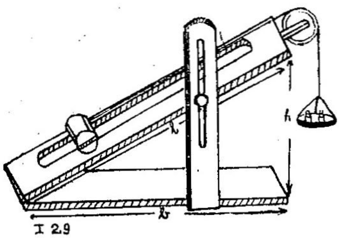
சாய்தளத்தின் எந்திர லாபத்தை (Mechanical advantage) 1. திறன் (Power) அதன் தளத்திற்கு இணையாகச் செயற்படும் பொழுதும், 2. திறன் கிடைமட்டமாகச் செயற்படும்பொழுதும் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

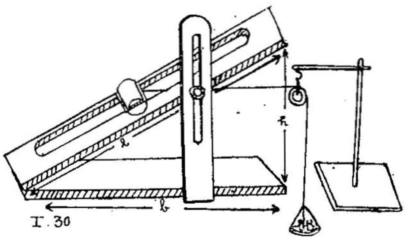
சாய்தளம், எடைத் தட்டு (scale pan), எடைப் பெட்டி, மீட்டர் அளவுகோல்.

அமைப்பு

சாய்தளத்தில் கிடைமட்டமாய் அமைந்துள்ள பலகையின் ஒரு முனையும் நீள்சதுரமான மரப்பலகையின் ஒரு முனையும் கீலால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இம்மரப்பலகையைச் செங்குத்தான ஒரு கட்டையின் உதவியால் சாய்வாக நிறுத்தவும், அந்நிலையில் பற்றிப்



படம் 1·29



படம் 1·30

பொருத்தவும் (clamp) கூடும். இவ்வமைப்பின் உதவி கொண்டு தளத்திற்கும் கிடைமட்டப் பலகைக்குமிடையே உள்ள சாய்வை (inclination) மாற்றி அமைக்க முடியும். இம்மரப்பலகையில் இதன் நீளத்திற்கு இணையாக ஒரு நீண்ட துளை உள்ளது. இப்பலகைமீது வழுவழுப்பான கண்ணாடித் தகடு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ஒரு நீள் சதுரச் சட்டத்தில் இயங்கும் கனமான உருளை சாய்தளத்தின் மீது உள்ளது. ஒரு நூலின் முனை இச்சட்டத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள கொக்கியில் கட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த நூல் சாய்தளத்தின் உச்சியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு சிறிய உராய்வில்லாத கப்பியின்மீது செலுத்தப்பட்டு, அதன் மறு முனையில் எடைத்தட்டுத் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. நூல் தளத்திற்கிணையாக அமையும் இந்நிலையில் (படம் 29) திறன் சாய்தளத்திற்கு இணையாகச் செயற்படும்.

நூலைச் சாய்தளத்திலுள்ள துளை வழியாகவும் ஒரு செங்குத்துத் தாங்கியிலுள்ள கப்பி மீதும் செலுத்தி நூலின் மேற்பகுதி கிடைமட்டமாக அமையும்படி செய்யலாம். இந்நிலையில் (படம் 30) திறன் கிடைமட்டமாகச் செயற்படும்.

செய்முறை

1. **திறன் சாய்தளத்திற்கிணையாக :** எடைத்தட்டின் நிறையைக் காண். நூல் சாய்தளத்திற்கிணையாக இருக்குமாறு அமை. உருளையின் எடையை வில் தராசைக் கொண்டு காண். தளத்தின் சாய்வுக்கோணம் (Angle of inclination) ஏறத்தாழ 20 பாகைகள் (degrees) இருக்குமாறு பற்றிப் பொருத்து. எடைத்தட்டில் எடைகளை வைத்து உருளை சாய்தளத்தின்மீது சமநிலையிலிருக்குமாறு செய்ய முடியும். இந்த எடை உருளைக்கும் சாய்தளத்திற்குமிடையேயுள்ள உராய்வைப் பொறுத்து மாறுபடும். உராய்வின் விளைவை நீக்கி, உருளையைச் சாய்தளத்தின்மீது சம நிலையில் நிறுத்தத் தேவையான திறனைப் பின் வருமாறு காணலாம் :

உருளையை மெதுவாகத் தளத்தின் மேல் நோக்கித் தள்ளினால், அது சீரான வேகத்துடன் (uniform speed) நகருமாறு எடைத்தட்டில் வைக்கப்படும் எடையைச் சரி செய். இதை P_1 எனக் கொள்வோம். அவ்வாறே உருளை தளத்தின் உச்சியிலுள்ள பொழுது மெதுவாகக் கீழ் நோக்கித் தள்ளப்பட்டால், அது சீரான வேகத்துடன் நகருமாறு எடைத்தட்டிலுள்ள எடையைச் சரிசெய். இதை P_2 எனக் கொள்வோம். எடைத்தட்டின் நிறையை x எனக் கொண்டால், உருளையைச் சமநிலைப்படுத்தத் தேவையான திறன்,

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} + X.$$

சாய்தளத்தின் அடிப் பாகத்திலுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியின் செங்குத்து உயரத்தைக் கிடைமட்டப் பலகையின் மேற்பரப்பிலிருந்து அளவிடு. அப்புள்ளி வரை சாய்தளத்தின் நீளத்தைக் கீழ் முனையிலிருந்து அள. உயரத்தை 'h' எனவும், நீளத்தை 'l' எனவும் உருளையின் எடையை 'w' எனவும் கொள்வோம்.

திறன் தளத்திற்கு இணையாகச் செயற்படும்பொழுது சாய்தளத்தின் எந்திர லாபம் $\frac{W}{P} = \frac{1}{\sin \theta} = \frac{l}{h}$

எடுத்துள்ள அளவீடுகளைக் கொண்டு இச்சமன்பாட்டை மெய்ப்பி.

சாய்வுக் கோணத்தை மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்து.

காட்சிப்பதிவுகள்

உருளையின் எடை : w
எடைத்தட்டின் எடை : x
சாய்தளத்தின் நீளம் : l

வரிசை எண்	எடைத்தட்டிலுள்ள எடைகளின் மதிப்பு—உருளை சீரான வேகத்துடன்			திறன் $P = \frac{P_1+P_2}{2} + x$	சாய்தளத்தின் உயரம் h	$\frac{W}{P}$	$\frac{l}{h}$
	மேல் நோக்கி நகர P_1	கீழ் நோக்கி நகர P_2	சராசரி $\frac{P_1+P_2}{2}$				

2. **திறன் கிடைமட்டமாக :** உருளை இயங்கும் சட்டத்தின் மீதுள்ள கொக்கியில் ஒரு முனை கட்டப்பட்டுள்ள நூலை, தளத்திலுள்ள நீண்ட துளை வழியாகவும் செங்குத்துத் தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கப்பி மீதும் செலுத்தி, நூலின் மேற்பகுதி கிடைமட்டமாக அமையும்படி செய். முன் போல உருளையை, அது மெதுவாகத் தள்ளப்பட்டால், சாய்தளத்தின் மேலும் கீழும் சீரான வேகத்துடன் சிறிது நீளம் நகருமாறு செய்ய எடைத்தட்டில் வைக்க வேண்டிய எடைகளைக் காண். இவற்றின் சராசரியுடன் எடைத்தட்டின் எடையைக் கூட்டித் திறனைக் கணக்கிடு.

சாய்தளத்தின் அடிப்பாகத்திலுள்ள குறிப்பிட்ட ஒரு புள்ளியிலிருந்து கிடைமட்டப் பலகையின் மேற்பரப்புக்கு ஒரு குத்துக் கோடு வரை. இதன் உயரத்தை அளவிடு. இதுவே சாய்தளத்தின் உயரம். கீல் முனையிலிருந்து லம்பம் கிடைமட்டப் பலகையின் மேற்பரப்பைத் தொடும் புள்ளி வரை அடித்தளத்தின் அகலத்தை அளவிடு. இவற்றை முறையே 'h' எனவும் 'b' எனவும் கொண்டால்,

$$\frac{W}{P} = \frac{1}{\tan\theta} = \frac{b}{h}$$

இச்சமன்பாட்டை மெய்ப்பி.

சாய்வுக் கோணத்தை மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்து.

காட்சிப்பதிவுகள்

உருளையின் எடை : w
எடைத்தட்டின் எடை : x
சாய்தளத்தின் அகலம் : b

வரிசை எண்	எடைத்தட்டிலுள்ள எடைகளின் மதிப்பு—உருளை சீரான வேகத்துடன்			திறன்	சாய் தளத்தின் அகலம்	$\frac{W}{P}$	$\frac{b}{h}$
	மேல் நோக்கி நகர P_1	கீழ் நோக்கி நகர P_2	சராசரி $\frac{P_1+P_2}{2}$	$P=\frac{P_1+P_2}{2}+x$	b		

முடிவு:

திறன் தளத்திற்கிணையாகச் செயற்படும்பொழுது சாய்தளத்தின் எந்திர லாபம் $\frac{1}{\sin\theta}$ எனவும், திறன் கிடைமட்டமாகச் செயற்படும்பொழுது சாய்தளத்தின் எந்திர லாபம் $\frac{1}{\theta\tan}$ எனவும் மெய்ப்பிக்கப்பட்டது. θ தளத்தின் சாய்வுக் கோணத்தைக் குறிக்கும்.

கூட்டு ஊசலி
(Compound Pendulum)

நோக்கம்

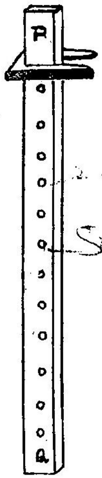
கூட்டு ஊசலியைக் கொண்டு ஈர்ப்பு முடுக்கத்தையும், ஊசலியின் ஈர்ப்பு மையத்தைச் சார்ந்த சுழவியக்க ஆரத்தையும் (Radius of gyration) கணக்கிடல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

கூட்டு ஊசலி, நிறுத்து கடிகாரம்.

அமைப்பு

கூட்டு ஊசலி ஏறத்தாழ 1 மீட்டர் நீளமும், 2 செ.மீ. அகலமும் 0·5 செ. மீ. தடிப்புச் செவ்வக வெட்டுமுகமும் உடைய ஓர் உலோகப் பட்டை. இப்பட்டையில் சமத் தொலைவுகளில் ஒரே விட்டமுள்ள பல துளைகள் உள்ளன. ஏதாவது ஒரு துளையில் பொருத்தப்பட்ட கத்தி முனையிலிருந்து இவ்வுலோகப் பட்டையைத் தொங்கவிட முடியும். கத்தி முனை விறைப்பான கிடைமட்டமாகவுள்ள ஒரு தளத்தின் மேற்பரப்பில் தாங்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 1·31

செய்முறை

கூட்டு ஊசலியின் ஒரு முனையை P என்றும் மற்றொரு முனையை Q என்றும் குறிப்பிடு. அம்முனையிலுள்ள முதல் துளையில் கத்தி முனையைப் பொருத்து. Pயிலிருந்து கத்தி முனையின் தொலைவை அளவிடு. சுவரில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கிடைமட்டத் தளத்தின்மேல் கத்தி முனை அமர்ந்திருக்குமாறு ஊசலியைத் தொங்கவிடு. ஊசலி நிலையாயுள்ள பொழுது அதன் நீளத்திற்கு இணையான செங்குத்துக் கோட்டைச் சுவரின்மீது வரை. இக்குறிப்புக் கோடு ஊசலியின் அலைவு நேரத்தைத் திருத்தமாகக் காணப் பயன்படுகிறது. ஊசலியைச் சிறிய வீச்சுடன் அலைந்தாடுமாறு செய். சில தொடக்க வீச்சுகளை நீக்கிப் பின்னர் ஊசலி 50 அலைவுகளுக்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தை ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தைக் கொண்டு காண். சோதனையைத் திரும்பச் செய்து 50 அலைவுகளுக்கான நேரத்தை மறுமுறை காண். இந்நேரங்களின் சராசரியைக் கொண்டு ஊசலியின் அலைவு நேரத்தைக் கணக்கிடு. கத்தி முனையை அடுத்த துளையில் மாற்றிப் பொருத்திச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். இவ்வாறே ஊசலியிலுள்ள ஒவ்வொரு துளையிலும் கத்தி

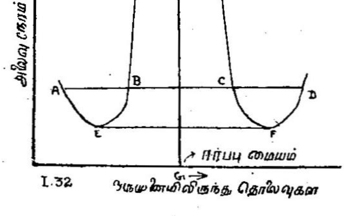
முனையைப் பொருத்தி அலைவு நேரத்தைக் காண். குறிப்பிட்ட முனைக்கும் (*P*) ஈர்ப்பு மையத்திற்கும் வெளியேயுள்ள துளைகளில் ஊசலி தொங்கவிடப்படும் பொழுது அது தலை கீழாக மாறும். அதாவது, *P* என்ற முனை கீழும், மறுமுனை (*Q*) மேலும் அமையும். இப்பொழுதும் துளைகளின் தொலைவை *P* முனையிலிருந்தே அளக்க வேண்டும்.

காட்சிப்பதிவுகள்

வரிசை எண்	குறிப்பிட்ட முனையிலிருந்து கத்திமுனையின் தொலைவு செ.மீ.	50 அலைவுகளுக்கான நேரம் (செகண்டு)			அலைவு நேரம்
		1	2	சராசரி	

கணக்கிடுதல்

குறிப்பிட்ட முனையிலிருந்து கத்தி முனையின் தொலைவுகளை *X* அச்சிலும் அலைவு நேரங்களை *Y* அச்சிலும் கொண்டு, ஒரு வரை படம் வரை. இவ்வரைபடத்தில், ஒன்றை ஒன்று தொடாமலும். ஒரே உருவமைப்பு உள்ளனவும் ஈர்ப்பு மையத்தைக் குறிக்கும் புள்ளி வழியாக வரையப்பட்டுள்ள *X* அச்சுக்குச் செங்குத்துக் கோட்டிற்குச் சமச் சீராய் உள்ளனவுமான இரு வளைவு கோடுகள் கிடைக்கும்,



படம் 1. 32

X அச்சுக்கிணையான ஒரு கோடு இவ்வரைபடத்தை *A*,*B*,*C* *D* என்ற நான்கு புள்ளிகளில் வெட்டுகிறது. ஆதலால், ஊசலியின் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவு நேரத்திற்கு நான்கு வெவ்வேறு தொங்கு மையங்கள் (Centres of suspension) உள்ளன. அதே அலைவு நேரமுள்ள இணை மாற்றுத் தனி ஊசலியின் நீளம் (Length of the equivalent simple pendulum) *AB* அல்லது *CD*க்குச் சமம். இதை '*l*' எனக் கொள்வோம். அலைவு நேரம் *T* ஆனால்,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

அல்லது $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$

நான்கு மாறுபட்ட அலைவு நேரங்களுக்கு இணை மாற்றத் தனி ஊசலியின் நீளங்களைக் கண்டு ஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் கணக்கிடு. பின் வருமாறு அட்டவணைப்படுத்து :

இணைமாற்றுத் தனி ஊசலியின் நீளம் 'l' செ.மீ.	அலைவு நேரம் T செக.	$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$ செ.மீ./செ.க.$_2$

சராசரி :

சுழவியக்க ஆரம் (K)

ஒரு கத்தி முனைமேல் ஊசலியைக் கிடைமட்டமாக வைத்து அதன் ஈர்ப்பு மையத்தைக் காண். P முனையிலிருந்து ஈர்ப்பு மையத்தின் தொலைவைக் காண். ஈர்ப்பு மையத்தைக் குறிக்கும் புள்ளியில் X அச்சுக்கு ஒரு செங்குத்துக்கோடு வரை. இரு வளைவு கோடுகளுக்கும் அடிப்பாகங்களில் தொடுகோடாக அமையும் X அச்சுக்கான இணைகோட்டை வரை. இக்கோடு வளைவுகளைத் தொடும் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள நீளத்தை (EF) அளவிடு. இது சுழவியக்க ஆதரத்தைப்போல இரு மடங்காகும். சுழவியக்க ஆரத்தைக் கணக்கிடு. $K = \frac{EF}{2}$

முடிவு

1. சோதனை செய்யுமிடத்தில் ஈர்ப்பு முடுக்கம் = செ.மீ/செ க.^{2}
2. உலோகப்பட்டையின் ஈர்ப்பு மையத்தைச் சார்ந்த சுழவியக்க ஆரம் } $K = \ldots$ செ.மீ.

கேட்டர் ஊசலி
(Kater's Pendulum)

நோக்கம்

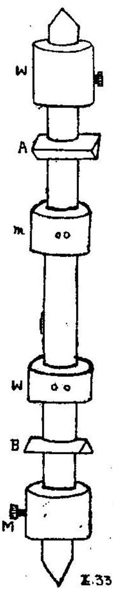
கேட்டர் ஊசலியைக்கொண்டு ஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

கேட்டர் ஊசலி, நிறுத்து கடிகாரம்.

அமைப்பு

கேட்டர் ஊசலியில் ஏறத்தாழ 150 செ.மீ. நீளமும் 1 செ.மீ. விட்டமுமுள்ள உருளை வடிவப் பித்தளை அல்லது எஃகினுலான ஒரு தண்டு உள்ளது. இத்தண்டின் இருமுனைகளும் கூராக்கப்பட்டுள்ளன. இத்தண்டின்மேல் நகருமாறு, ஏறத்தாழ 8 செ.மீ. நீளமும், 3 செ.மீ. விட்டமுமுள்ள ஓர் உலோக உருளையும் (*M*), அதே வடிவமைப்புள்ள ஒரு மர உருளையும் (*W*) உள்ளன. மேலும் ஒன்று மரத்தாலும் (*w*), மற்ருென்று உலோகத்தாலுமான (*m*) சமவடிவமைப்புள்ள இரு சிறிய உருளைகளும் இத்தண்டின்மீது நகருமாறு உள்ளன. எல்லா உருளைகளுக்கும் திருகுகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இத்திருகுகளின் உதவியால் உருளைகளைத் தண்டின்மேல் எந்த இடத்திலும் பற்றிப் பொருத்தலாம். தண்டின்மேல் நகருமாறு ஒரே வடிவமைப்புள்ள இரு கத்திமுனைகளும் உள்ளன. இவற்றிலுள்ள திருகுகளின் உதவியால் தண்டின்மேல் எந்த இடத்திலும் இவற்றைப் பற்றிப் பொருத்தலாம். இரு கத்தி முனைகள் ஒன்றுக்கொன்று எதிராக இருக்கும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு விறைப்பான தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கிடைமட்டமான கண்ணுடி அல்லது உலோகத் தகட்டின் மேற்பரப்பில் கத்தி முனையை நிறுத்திக் கேட்டர் ஊசலியைத் தொங்கவிட்டுத் தடையில்லாமல் அலைந்தாடுமாறு செய்யலாம். பெரிய உருளைகள் தண்டுடன் சமச்சீராகவும், அவ்வாறே சிறிய உருளைகளும் தண்டுடன் சமச்சீராகவும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. காற்றினுல் ஏற்படும் தடையை (Resistance due to air) ஈடு செய்ய மர உருளைகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.



படம் 33.

செய்முறை

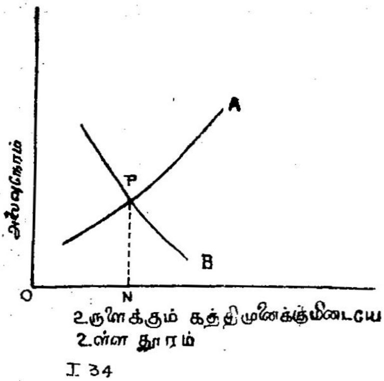
இரு கத்தி முனைகளும் அவற்றைச் சார்ந்த ஊசலின் அலைவு நேரங்கள் சமமாயிருக்குமாறு ஊசலியின் ஈர்ப்பு மையத்திற்கு இரு புறமும் அமைந்தால், கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு இணைமாற்றுத் தனி ஊசலியில் நீளத்தைத் தரும். அலைவு நேரமும் கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவும் தெரிந்தால், ஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் கணக்கிடலாம். ஆனால், இரு கத்திமுனைகளைச்சார்ந்த ஊசலியில் அலைவு நேரங்கள் சமமாயிருக்கக் கத்தி முனைகளின் நிலைகளைச் சோதனை மூலம் கண்டறிவது மிகக்கடினம். ஆதலால், ஊச லியின் அலைவு நேரங்கள் ஏறத்தாழச் சமமாகவுள்ள இரு கத்தி முனைகளின் நிலைகளைக் கண்டு, சிறிய திருத்தம் செய்து, ஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் கணக்கிட முடியும்.

1. **பெசல் முறை** (Bessel's Method) : தண்டின் மையத்திற்கு இருபுறமும் இரு கத்திமுனைகளைப் பொருத்து. மையத்திற்கும் ஒவ்வொரு கத்திமுனைக்குமிடையே ஒவ்வொன்றாக இரு சிறிய உருளைகளைப் (m, w) பற்றிப் பொருத்து. உருளை கத்தி முனையிலிருந்தும் மையத்திலிருந்தும் சமத் தொலைவில் அமையவேண்டும். மர உருளையின் மையத்திற்கும் அதன் அருகேயுள்ள கத்தி முனைக்குமிடையேயுள்ள தொலைவு உலோக உருளையின் மையத்திற்கும் அதனருகேயுள்ள கத்தி முனைக்குமிடையேயுள்ள தொலைவுக்குச் சமமாயிருக்க வேண்டும். தண்டின் முனைகளில் இரு பெரிய உருளைகளைப்பொருத்து. உலோக உருளைக்கும் (M) அதனருகில் உள்ள கத்தி முனைக்கும் (B) இடையேயுள்ள தொலைவும் மர உருளைக்கும் (W) அதனருகிலுள்ள கத்தி முனைக்கும் (A) இடையேயுள்ள தொலைவும் சமமாயிருத்தல் வேண்டும். ஊசலியை (A) என்ற கத்தி முனையில் தொங்கவிட்டு, 50 அலைவுகளுக்கான நேரத்தைக் கண்டு, அலைவு நேரத்தைக் கணக்கிடு. அவ்வாறே (B) என்ற கத்தி முனையில் ஊசலியைத் தொங்கவிட்டு அலைவு நேரத்தைக் காண். கத்தி முனைக்கும் அதனருகேயுள்ள பெரிய உருளையின் மையத்திற்குமிடையேயுள்ள தொலைவை அள. ஒவ்வொரு பெரிய உருளையையும் அதனருகேயுள்ள கத்திமுனையை நோக்கி 5 செ.மீ. நகர்த்தி, சோதனையைத் திரும்பச் செய். இவ்வாறு பெரிய உருளைகளின் பல நிலைகளுக்குக் காட்சிப்பதிவுகளைக் கண்டு அட்டவணைப்படுத்து.

காட்சிப்பதிவுகள்

வரிசை எண்	பெரிய உருளைக்கும் அருகிலுள்ள கத்தி முனைக்குமிடையேயுள்ள தொலைவு 'x' செ.மீ.	கத்தி முனை A		கத்தி முனை B	
		50 அலைவுகளுக்கான நேரம் செக.	அலைவு நேரம் T_1 செக.	50 அலைவுகளுக்கான நேரம் செக.	அலைவு நேரம் T_2 செக.

X அச்சில், உருளைக்கும் அருகிலுள்ள கத்தி முனைக்குமிடையே யுள்ள தொலைவையும், Y அச்சில் அலைவு நேரங்களையும் கொண்டு, இருகத்திமுனைகளிலும்காணப் பட்ட காட்சிப்பதிவுகளைக் கொண்டு ஒரே தாளில் வரை படம் வரை. படத்தில் காட்டியுள்ளது போல இரு கோடுகள் கிடைக்கும். இவ்விரு கோடுகளும் P என்ற புள்ளியில் வெட்டும். P யிலிருந்து X அச்சுக்கு PN என்ற நேர்குத்துக்கோடு வரை. ONன் மதிப்பைக் காண். ஒவ்வொரு பெரிய உருளையும் அதன் அருகிலுள்ள கத்தி முனையிலிருந்து இந்தத் தொலைவில் இருக்குமாறு அமை. இந்நிலையில் இரு கத்தி முனைகளையும் சார்ந்த ஊசலியில் அலைவு நேரங்களைக் காண். இவைகளின் மாறுபாட்டுக்கும் அலைவு நேரத்திற்குமுள்ள விகிதம் 2 சதவிகிதத்தைவிடக் குறைவாயிருக்க வேண்டும். இல்லாவிடில், சிறிய உருளைகளைச் சமச் சீரமைப்பு மாறாமல், சிறிது தொலைவு நகர்த்தி, இரு கத்தி முனைகளையும் சார்ந்த அலைவு நேரங்களின் மாறுபாட்டிற்கும் அலைவு நேரத்திற்குமுள்ள விகிதம் '2' சதவிகிதத்தைவிடக் குறைவாயிருக்குமாறு செய். இந்த அலைவு நேரங்களை T_1, T_2 எனக் கொள்வோம்,



படம் 1. 34

ஊசலியை ஒரு பெரிய கத்தி முனைமேல் கிடைமட்டமாக வைத்து அதன் ஈர்ப்பு மையத்தைக் காண். ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து ஒவ்வொரு கத்தி முனையின் தொலைவையும் திருத்தமாக அள. இவற்றை h_1, h_2 எனக் கொள்வோம். பெசல் மாற்ற (Bessel's modification) சமன்பாட்டின்படி,

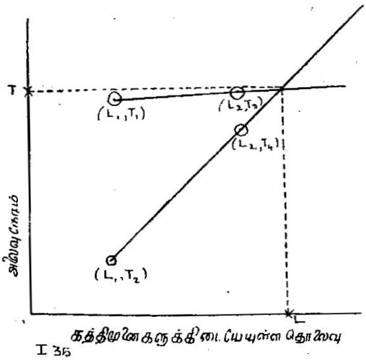
$$(h_1+h_2) = \frac{g}{4\pi^2}\left\{\frac{h_1\ T_1^{\,2} - h_2\ T_2^{\,2}}{h_1 - h_2}\right\}$$

$$g = 4\pi^2 \left\{\frac{h_1^{\,2} - h_2^{\,2}}{h_1T_1^{\,2} - h_2T_2^{\,2}}\right\}$$

இதைக்கொண்டு ஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் கணக்கிடு.

2. இடைச்செருகல் முறை (Interpolation method) : இரு கத்தி முனைகளைச் சார்ந்த ஊசலியின் அலைவு நேரங்களைக் காண். இரு கத்தி முனைகளுக்குமிடையேயுள்ள தொலைவை (L_1)

திருத்தமாக அள. மர உருளைக்கு அருகிலுள்ள கத்தி முனையை 3 அல்லது 4 செ.மீ. நகர்த்தி, மறுபடியும் இரு கத்தி முனைகளைச்சார்ந்த ஊசலியின் அலைவு நேரங்களைக் காண். இப்பொழுது இரு கத்தி முனைகளுக்குமிடையேயுள்ள தொலைவை (L_2) திருத்தமாக அள. A கத்தி முனையைச் சார்ந்த அலைவு நேரங்களை T_1, T_3 எனவும், B கத்தி முனையைச் சார்ந்த அலைவு நேரங்களை T_2, T_4 எனவும் கொள்வோம். கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவை X அச்சிலும், அலைவு நேரத்தை Y அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் வரை.



படம் 35.

L_1, T_1) (L_2, T_3) குறிக்கும் புள்ளிகள் வழியாக நேர் கோடு வரை. அவ்வாறே (L_1, T_2), (L_2, T_4) குறிக்கும் புள்ளிகள் வழியாக மற்றொரு நேர் கோடு வரை. இவ்விருகோடுகளும் ஒரு புள்ளியில் வெட்டும். இப்புள்ளியின் நிலையை வரைபடத்தில் குறிக்கும் 'கத்தி முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவையும் (L)," 'அலைவு நேரத்தையும் (T) கண்டுகொள். இந்த அலைவு நேரத்திற்கு (T) இணைமாற்றுத் தனி ஊசலியின் நீளம் L ஆகும். $g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$ என்ற சமன்பாட்டைக்கொண்டு ஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் கணக்கிடு.

முடிவு

சோதனை செய்யப்படுமிடத்தில் ஈர்ப்பு முடுக்கம்

1. பெசல் முறையில் ...செ.மீ./செக^2
2. இடைச்செருகல் முறையில் ...செ.மீ./செக^2

நீட்சி முறையில் கம்பியாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் 'யங்' குணகம்

(Young's Modulus of the material of a wire by stretching)

நோக்கம்

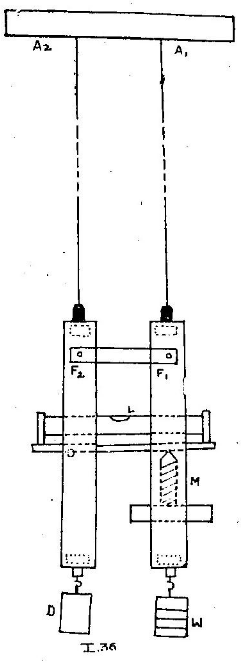
நீட்சி முறையில் கம்பியாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் 'யங்' குணகம்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

சியேர்ள் நீட்சிமானி (Searle's extensometer), திருகு அளவி, துளையிடப்பட்ட எடைகள், எடைதாங்கி (weight hanger), மீட்டர் அளவுகோல்.

அமைப்பு

சியேர்ள் நீட்சி மானியில் ஏறத்தாழ 4 மீட்டர் நீளமுள்ள கூரையில் விறைப்பாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள திருகு கவ்வியில் (Chuck) ஒரு முனை (A_1) இணைக்கப்பட்டுத் தொங்கும். கம்பியின் அடிமுனையில் ஒரு செவ்வக உலோகச் சட்டம் (F_1) இணைக்கப் பட்டுள்ளது. எடை தாங்கி (w) இந்த உலோகச் சட்டத்திலிருந்து தொங்கவிடப் பட்டுள்ளது. இக்கம்பியை ஒத்த மற்றொரு கம்பி அதன்முனை (A_2), மற்றொரு திருகுகவ்வி யுடன் இணைக்கப்பட்டு முதற்கம்பிக்குப் பக்கத்தில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இரண்டாவது கம்பியின் அடி முனையிலும் முதற்கம்பியின் அடி முனையிலிருந்து தொங் கும் உலோகச் சட்டத்தை ஒத்த மற்றொரு உலோகச் சட்டம் (F_2) தொங்கவிடப்பட் டுள்ளது. இச்சட்டத்தின் அடியில் ஒரு பாழ்ச் சுமை (D) தொங்குகிறது. முதற்கம்பியுடன் ஒத்திட்டுப் பார்க்க இரண்டாவது கம்பி உள்ளது. இரு உலோகச்சட்டங்களும் ஓர் இரசமட்டத்தைத் (L) தாங்குகின்றன. இரச மட்டம் ஒரு முனையில் ஒரு சட்டத்துடன் கீல் முளையால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது (hinged). மற்ற முனை வேறு சட்டத்திலமைந்துள்ள மைக்ராமீட்டர் திருகின் (Micrometer Screw) மேலும் அமர்ந்துள்ளது (M).



படம் 1·36

செய்முறை

நீட்சி மானியிலுள்ள மைக்ரா மீட்டரின் புரியிடைத்தூரத்தைக் கண்டு அதன் மீச்சிற்றளவையைக் கணக்கிடு. எடை தாங்கியில் முறைக்கு 500 கிராம் ஆக (இந்த எடையின் மதிப்பு, கம்பியின் ஆரத் தையும் கம்பியாக்கப்பட்டுள்ள பொருளையும் பொறுத்து மாறுபடும்) எடைகளை வரிசையாகக் கூடுதலாக்கு. எடை தாங்கியில் போடப் படும் பெரும எடைக் கம்பி, அதன் மீட்சி எல்லைக்கு (Elastic limit)

உள்ளாகவேயிருக்குமாறு அமையவேண்டும். முறைக்கு 500 கிராம் ஆக எடைகளை வரிசையாகக் குறை. இவ்வாறே பலமுறை திரும்பச் செய். இது கம்பியை மீட்சிப்போக்கில் (Elastic mood) அமைக்கும். கம்பியிலுள்ள வளைவுகளும் (Kinks) அகற்றப்படவேண்டும்.

எடைதாங்கியில் பாழ்ச்சுமை மட்டுமிருக்கும்போது மைக்ரா மீட்டரைச் சரிசெய்து இரசமட்டத்தில் காற்றுக்குமிழி மையத்திலிருக்குமாறு அமை. காட்சிப்பதிவைக் காண். எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கியில் 500 கிராம் எடையைக் கூட்டு. இவ்வாறே ஒவ்வொரு முறையும் 500 கிராம் எடையைக் கூட்டி, எடையின் மதிப்புக் குறிப்பிட்ட பெரும அளவு ஆகும்வரை காட்சிப் பதிவுகளைக் காண். அவ்வாறே படிப்படியாக எடையை 500 கிராம் குறைத்துக் காட்சிப் பதிவுகளைக் காண். ஒரு குறிப்பிட்ட எடைக்கு (எடுத்துக் காட்டாக, 2,000 கிராம்) நீட்சியின் பல்வேறு மதிப்புகளைக்கண்டு, அந்த எடைக்கான சராசரி நீட்சியைக் கணக்கிடு.

திருகு அளவியைக் கொண்டு கம்பியின் பல இடங்களில்—ஒவ்வோரிடத்திலும் இரு செங்குத்துத் திசைகளில்—விட்டத்தை அளந்து, சராசரி விட்டத்தைக் காண். கம்பியின் சராசரி ஆரத்தைக் கணக்கிடு (r).

காட்சிப்பதிவுகள்

1. **நீட்சி** மைக்ராமீட்டரின் மீச்சிற்றளவை...........மி.மீ.

வரிசை எண்	எடை கிராம்	மைக்ராமீட்டர் காட்சிப் பதிவுகள்: எடை அதிகரிக்கும் பொழுது மி.மீ.	எடை குறையும்பொழுது மி.மீ.	சராசரி மீ.மீ.	நீட்சி (e) 2000 கிராமுக்கு மி.மீ.
1	பாழ்ச்சுமை X				
2	X + 500				
3	X +1000				
4	X +1500				
5	X +2000				...
6	X +2500				...
7	X +3000				...
8	X +3500				...

சராசரி......மி.மீ. = ...செ.மீ.

2. கம்பியின் விட்டம்

திருகு அளவியின் புரியிடைத்தூரம்.........மி.மீ.
திருகு அளவியின் மீச்சிற்றளவை...........மி.மீ.
தொடக்கப் பிழை ....மி.மீ.
திருத்தம் ....மி.மீ.

வரிசை எண்	புரிக்கோல் குறியீடு	இசைந்த உச்சிக்கோல் பகுதி	உச்சிக் கோல் குறியீடு	திருத்தம்	திருத்தப் பட்ட அளவு

சராசரி ....

கம்பியின் விட்டம் ....மி.மீ.
கம்பியின் ஆரம் (r) =......மி.மீ =.......செ.மீ.
கம்பியின் நீளம் (L)........செ.மீ.

கணக்கிடுதல்

$$\text{'யங்' குணகம் } Q = \frac{\text{தகை (stress)}}{\text{திரிபு (strain)}}$$

$$= \frac{\text{நீட்டுவிசை}}{\text{பரப்பு}} \div \frac{\text{நீட்சி}}{\text{மொத்த நீளம்}}$$

$$Q = \frac{2000 \times g}{\pi r^2} \times \frac{L}{e} \quad \text{டைன்/செ.மீ.}^2$$

'யங்' குணகத்தைக் கணக்கிடு.

முடிவு

கம்பியாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் 'யங்' குணகம்......டைன்/செ.மீ.^{2}

வளைவு முறையில் 'யங்' குணகம்

(Young's modulus by Bendiug)

நோக்கம்

வளைசட்டத்தின் (Cantilever) எடை தாங்கும் முனையின் இறக்கங்களை (Depressions) குண்டூசியையும், வெர்னியர் நுண்ணோக்கி

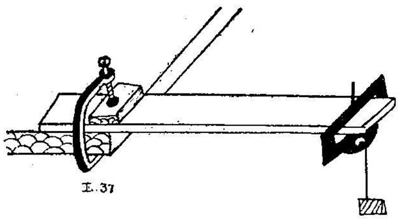
யையும் கொண்டு அளந்து, அவ்வளைசட்டமாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் 'யங்' குணகத்தைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

நீண்ட செவ்வக வடிவமான உலோகம் அல்லது மரத்தாலான பட்டை, வெர்னியர் நுண்ணோக்கி, துளையிடப்பட்ட எடைகள், எடை தாங்கி, G-பற்றிப் பொருத்திகள் (G-clamps).

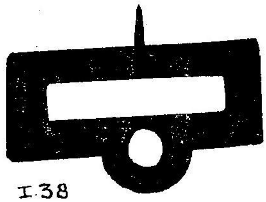
செய்முறை

நீண்ட, செவ்வக வடிவான சீரான பட்டையை மேசையின் ஒரு ஓரத்தில் அதன் நீளம் மேசையின் நீளத்திற்கு இணையாகவும்,



படம் 1. 37

மேசையின் முனையுடன் ஒன்றிக்குமாறும் அமை. ஏறத்தாழப் பட்டையின் நீளத்தில் ஐந்தில் நான்கு பங்கு மேசைக்கு வெளியே இருக்குமாறு பட்டையை அமைத்து மேசையின்மீதுள்ள பட்டையின் பகுதியில் இரு இடங்களில் கெட்டியாகப் பற்றிப் பொருத்து. மேசைக்கு வெளியே இருக்கும் பட்டையின் பாகம் வளைசட்டமாய் அமையும். எடை தாங்கி மாட்டும் உலோக அமைப்பைப் பட்டையில் செருகு. இந்த அமைப்பிலேயே ஒரு குண்டூசியும் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த எடை தாங்கும் உலோக அமைப்பை வளைசட்டத்தின் பற்றில்லா (free) முனையருகில் பொருத்தி, எடைதாங்கியை அதிலுள்ள துளையிலிருந்து தொங்கவிடு. தகுந்த பாழ்ச்சுமையை எடை தாங்கியில் போடு. நுண்ணோக்கியை அதன் அச்சுக் கிடைமட்டமாக இருக்குமாறும், அச்சுக்குண்டூசியின் முனைவழியே செல்லுமாறும் பொருத்து. குண்டூசி தெளிவாகத் தெரியுமாறு நுண்ணோக்கியைக் குவியப்படுத்து.



படம் 1. 38

முறைக்கு 100 கிராமாக (இந்த எடையின் மதிப்பு வளைசட்டத்தின் பரிமாணங்களையும், அது ஆக்கப்பட்டுள்ள பொருளையும் கொண்டு மாறுபடும்) எடைகளை வரிசையாகக் கூடுதலாக்கு. அவ்வாறு போடப்படும் பரும எடை, வளைசட்டத்தை அதன் மீட்சி எல்லைக்குள்ளாகவே இருக்குமாறு அமையவேண்டும். முறைக்கு

100 கிராமாக எடைகளை வரிசையாகக் குறை. இவ்வாறு பல முறை திரும்பச் செய். இது வளைசட்டத்தை மீட்சிப்போக்கில் அமைக்கும்.

வளைசட்டத்தின் முனையில் பாழ்ச்சுமை மட்டுமுள்ள பொழுது குறுக்கிணைக் கம்பிகள் வெட்டும் புள்ளியுடன் குண்டூசியின் முனை ஒன்றிக்குமாறு நுண்ணோக்கியைச் சரிசெய். காட்சிப்பதிவைக் காண். 100 கிராம் எடையைக் கூட்டு. வளைசட்டம் கீழ் நோக்கி நகர்வதால் குண்டூசி முனையின் நிலை மாறுபடும். நுண்ணோக்கியை நகர்த்தி, குண்டூசியின் முனை குறுக்குக் கம்பிகள் வெட்டும் புள்ளியுடன் ஒன்றிக்குமாறு செய். காட்சிப்பதிவைக் காண். இரு காட்சிப் பதிவுகளுக்கிடையேயுள்ள மாறுபாடு வளைசட்டத்தின் இறக்கத்தைத் தரும். இவ்வாறே முறைக்கு 100 கிராம் எடையைக் கூட்டி, எடையின் மதிப்புக் குறிப்பிட்ட பெரும அளவு ஆகும்வரை காட்சிப் பதிவுகளைக் காண். ஒரு குறிப்பிட்ட எடைக்கு (எடுத்துக்காட்டாக 400 கிராம்) இறக்கத்தின் பல்வேறு மதிப்புகளைக் கண்டு அந்த எடைக்கான சராசரி இறக்கத்தைக் கணக்கிடுக.

மேசையின் விளிம்பிலிருந்து எடை தொங்கவிடப்பட்டுள்ள புள்ளிவரை வளைசட்டத்தின் நீளத்தைத் திருத்தமாக அள.

வளைசட்டத்தின் நான்கு வெவ்வேறு நீளங்களுக்கு அதே குறிப்பிட்ட எடைக்கு (400 கிராம்) இறக்கங்களைக் காண்க.

வளைசட்டத்தை வெளியே எடுத்து திருகு அளவியைக் கொண்டு அதன் சராசரி தடிப்பையும், காலிப்பரைக் கொண்டு அதன் சராசரி அகலத்தையும் காண். கணக்கிடுதலில் தடிப்பின் மூன்றும் அடுக்கு (Third Power) வருவதால், தடிப்பை மிகத் திருத்தமாகக் காண்.

கணக்கிடுதல்

'l' நீளமும், 'b' அகலமும், 'd' தடிப்புமுள்ள வளைசட்டத்தில், குறிப்பிட்ட எடை 'M' உண்டாக்கும் இறக்கம் 'e' எனவும், வளைசட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் '**யங்**' குணகம் 'q' எனவும் கொள்வோம்.

$$e = \frac{Mgl^3}{3qAK^2}$$

வளைசட்டத்தின் வெட்டுமுகம் செவ்வக வடிவானதால், $AK^2 = \frac{bd^3}{12}$

$$\text{ஆதலால், } e = \frac{4\,mgl^3}{bd^3 e}$$

$$\text{அல்லது } Q = \frac{4\,mg}{bd^3} \times \frac{l^3}{e}$$

இச் சமன்பாட்டில் l, e தவிர மற்றவை மாறிலிகள். ஆதலால், $\frac{l^3}{e}$ ன் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிட்டு இச் சமன்பாட்டைக்கொண்டு '**யங்**' குணகத்தைக் கணக்கிடு.

காட்சிப் பதிவுகள்

வளைசட்டத்தின் இறக்கம்

வரிசை எண்	வளை சட்டத்தின் நீளம் 'l' செ.மீ.	எடை கிராம்	நுண்ணோக்கிக் காட்சிப் பதிவுகள் செ.மீ.			எடை கிராம்	நுண்ணோக்கிக் காட்சிப் பதிவுகள் செ.மீ.			400கிராமுக்கு இறக்கம் 'e' செ.மீ.	$\frac{l^3}{e}$
			எடை கூடுதலாகும் பொழுது	எடை குறையும் பொழுது	சராசரி		எடைகூடுதலாகும் பொழுது	எடை குறையும் பொழுது	சராசரி		
1		X $X+100$ $X+200$ $X+300$				$X+400$ $X+500$ $X+600$ $X+700$				சராசரி	
2										சராசரி	
3										சராசரி	

சராசரி $\frac{l^3}{e} =$

வளைசட்டத்தின் சராசரி தடிப்பு : d ...... செ.மீ.
வளைசட்டத்தின் சராசரி அகலம் : b ...... செ.மீ.

$$q = \frac{4\,Mg}{bd^3}\left(\frac{l^3}{e}\right) = \qquad \ldots\ldots \text{டைன் / செ.மீ.}^2$$

முடிவு

வளைசட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின்
'யங்' குணகம் ...டைன்/செ. மீ.^{2}

வளைவு மூலம் 'யங்' குணகம் சீரிலா வளைவு
(Young's Modulus By Bending Non-Uniform Bending)

1. குண்டூசி—நுண்ணோக்கி முறை

நோக்கம்

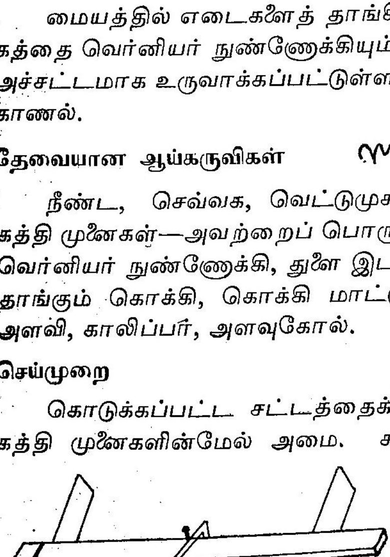
மையத்தில் எடைகளைத் தாங்கி உள்ள ஒரு சட்டத்தின் இறக்கத்தை வெர்னியர் நுண்ணோக்கியும் குண்டூசியும் கொண்டு அளந்து அச்சட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் 'யங்' குணகத்தைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

நீண்ட, செவ்வக, வெட்டுமுகமுள்ள சீரான சட்டம், இரு கத்தி முனைகள்—அவற்றைப் பொருத்த உயரமான இரு தாங்கிகள், வெர்னியர் நுண்ணோக்கி, துளை இடப்பட்ட எடைகள், எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கி, கொக்கி மாட்டும் உலோக அமைப்பு, திருகு அளவி, காலிப்பர், அளவுகோல்.

செய்முறை

கொடுக்கப்பட்ட சட்டத்தைக் கிடையாகவும், சமச்சீராகவும் கத்தி முனைகளின்மேல் அமை. கத்திமுனைகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு 50 செ.மீ. அல்லது அதற்கு மேல் இருக்குமாறு அமை. ஒரு எடைதாங்கி மாட்டும் உலோக அமைப்பைப் பட்டையில் செருகி அது இரு கத்தி முனைகளின் மையத்தில் சட்டத்தின்மீது அமையுமாறு பொருத்து. எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கியைத் தொங்க விட்டு அதில் ஒரு தக்க பாழ்ச்சுமையைப் போடு. எடைகளை முறையாகக் கூட்டியும் குறைத்தும், சட்டத்தை மீட்சிப் போக்கில் அமை.



படம் 1. 39

நுண்ணோக்கியைச் சட்டத்தின் முன் வை. அதன் அச்சுக் கிடையாய் இருக்கும்படி பொருத்து. எடை தாங்கும் உலோக அமைப்பிலுள்ள குண்டூசி தெளிவாகத் தெரியுமாறு நுண்ணோக்கியைக் குவியப்படுத்து. எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கியில் பாழ்ச்சுமை மட்டுமுள்ளபொழுது, குண்டூசியின் முனை, குறுக்கிணைக் கம்பிகள் வெட்டும் புள்ளியுடன் ஒன்றிக்குமாறு அமை. செங்குத்து அளவுகோலில் காட்சிப் பதிவைக் காண். கொக்கியில் 500 கிராம் எடையைக் (இந்த எடை சட்டத்தின் பரிமாணங்களையும், அது உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளையும் பொறுத்து மாறுபடும்) கூட்டு. சட்டம் கீழ் நோக்கி நகர்வதால் குண்டூசி முனையின் நிலை மாறுபடும். நுண்ணோக்கியை நகர்த்திக் குண்டூசி முனை, குறுக்கிணைக் கம்பிகள் வெட்டும் புள்ளியுடன் ஒன்றிக்குமாறு செய். செங்குத்து அளவுகோலில் காட்சிப் பதிவைக் காண். ஒவ்வொரு முறையும் 500 கிராம் எடையைக் கூட்டி எடையின் மொத்த மதிப்புக் குறிப்பிட்ட பெரும அளவு ஆகும்வரை காட்சிப் பதிவுகளைக் காண். அவ்வாறே ஒவ்வொரு முறையும் 500 கிராம் எடையைக் குறைத்துக் காட்சிப் பதிவுகளைக் காண். ஒரு குறிப்பிட்ட எடைக்கு (எடுத்துக்காட்டாக, 2000 கிராம்) இறக்கத்தின் பல்வேறு மதிப்புகளைக் காட்சிப் பதிவுகளிலிருந்து கண்டு, அந்த எடைக்கான சராசரி இறக்கத்தைக் கணக்கிடு. கத்தி முனைகளுக்கு இடையே உள்ள சட்டத்தின் நீளத்தைத் திருத்தமாக அள.

கத்தி முனைகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவை மாற்றி அமைத்து, சோதனையைத் திரும்பச் செய். கத்தி முனைகளுக்கிடையே உள்ள சட்டத்தின் வெவ்வேறு நீளங்களுக்கு அதே குறிப்பிட்ட எடைக்கு (2000 கிராம்) இறக்கங்களைக் காண்.

சட்டத்தை வெளியே எடுத்துத் திருகு அளவியைக் கொண்டு அதன் சராசரி தடிப்பையும், காலிப்பரைக் கொண்டு அதன் சராசரி அகலத்தையும் அள.

காட்சிப்பதிவுகள்

I. மையத்தில் எடை தொங்கவிடப்படுகையில் சட்டத்தின் இறக்கம்

நுண்ஞேக்கியிலுள்ள வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை.. ...செ. மீ.

வரிசை எண்	சுத்தி முனைகளிடையேயுள்ள சட்டத்தின் நீளம் 'l' செ. மீ.	எடை கிராம்	நுண்ஞேக்கிக் காட்சிப் பதிவுகள் செ. மீ.			எடை கிராம்	நுண்ஞேக்கிக் காட்சிப் பதிவுகள் செ. மீ.			இறக்கம் 2000 கிராமுக்கு 'e' செ. மீ.	$\frac{e^3}{l}$
			எடை அதிகரிக்கும் பொழுது	எடை குறையும் பொழுது	சராசரி		எடை அதிகரிக்கும் பொழுது	எடை குறையும் பொழுது	சராசரி		
1		X $X+500$ $X+1000$ $X+1500$				$X+2000$ $X+2500$ $X+3000$ $X+3500$					...
2											...
3											...

சராசரி $\frac{l^3}{e} = \ldots$

கத்தி முனைகள்மீது சமச்சீராக அமைந்துள்ள செவ்வக வெட்டு முகமுள்ள சட்டத்தின் மையத்தில் தொங்கும் குறிப்பிட்ட நிலையான எடை, M, அந்தப் புள்ளியில் உண்டாக்கும் இறக்கம் 'e' ஆனால்,

$$e = \frac{M g l^3}{4 b d^3 Y}$$

l —— கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு

g —— ஈர்ப்பு முடுக்கம்

b —— சட்டத்தின் அகலம்

d —— சட்டத்தின் தடிப்பு

Y —— சட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் யங் குணகம்.

$$\text{ஆதலால் } Y = \frac{Mg}{4bd^3} \times \frac{l^3}{e}$$

இவ்வாய்பாட்டில் l, e தவிர மற்றவை மாறிலிகள். எனவே, $\frac{l^3}{e}$ மாறிலியாக இருக்க வேண்டும். ஆதலால் $\frac{l^3}{e}$ன் சராசரி மதிப்பைக் காட்சிப் பதிவுகளிலிருந்து கண்டு, வாய்பாட்டைக் கொண்டு யங் குணகத்தைக் கணக்கிடு.

முடிவு

சட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் 'யங்' குணகம் ...டைன்/செ.மீ.^{2}

2. ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல் முறை

நோக்கம்

மையத்தில் எடைகளைத் தாங்கியுள்ள ஒரு சட்டத்தின் இறக்கத்தை ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல் மற்றும் 'தொலை நோக்கியும் - அளவுகோலும்' கொண்டு அளந்து அச்சட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் 'யங்' குணகத்தைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

நீண்ட செவ்வக வெட்டுமுகமுள்ள, சீரான சட்டம், இரு உயரமான கத்தி முனைகள், ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல், 'தொலை நோக்கியும் - அளவுகோலும்', துளையிடப்பட்ட எடைகள், எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கி, எடை தாங்கி மாட்ட உலோக அமைப்பு, திருகு அளவி, காலிப்பர், அளவுகோல்.

செய்முறை

கொடுக்கப்பட்ட சட்டத்தைக் கிடையாகவும், சமச்சீராகவும் கத்தி முனைகளின்மேல் அமை. கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு 50 செ.மீ. அல்லது அதற்குமேல் இருக்குமாறு அமை. ஒரு எடைதாங்கி மட்டும் உலோக அமைப்பைப் பட்டையில் செருகி அது இரு கத்தி முனைகளின் மையத்தில் சட்டத்தின்மீது அமையுமாறு பொருத்து. எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கியைத் தொங்கவிட்டு அதில் ஒரு தக்க பாழ்ச்சுமையைப்போடு. எடைகளை முறையாகக் கூட்டியும் குறைத்தும் சட்டத்தை மீட்சிப் போக்கில் அமை. துணைச் சட்டத்தை கத்தி முனைகள்மேல் வை. இரு சட்டங் களின் மேற்பரப்பும் ஒரே தளத்தில் அமைய வேண்டும். முன்னு லுள்ள ஒற்றைக்கால் சோதனைக்கான சட்டத்தின் மையப்புள்ளி மேலிருக்குமாறும், பின் இரு கால்களும் துணைச் சட்டத்தின்மேல் அமருமாறும் ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோலை வை. தொலை நோக்கி யையும் அளவு கோலையும், ஒளியியல் நெம்பு கோலிலுள்ள சமதள ஆடிக்கு எதிரிலும், அதிலிருந்து ஏறத்தாழ ஒரு மீட்டர் தொலை விலும் வை. அளவுகோலைச் செங்குத்தாகப் பொருத்து. தொலை நோக்கியிலுள்ள கண்ணருகு கருவியைக் குறுக்குக் கம்பிகள் தெளி வாகத் தெரியுமாறு சரி செய். தொலை நோக்கியைத் திருப்பி அதன் அச்சு, ஒளியியல் நெம்புகோலிலுள்ள சமதள ஆடியின் மையம் வழி யாகச் செல்லுமாறு அமை. எதிரொளிப்பால் ஆடியில் தோன்றும் அளவுகோலின் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு தொலை நோக்கி யைக் குவியப்படுத்து. கிடையான குறுக்குக் கம்பியுடன் ஒன்றிக்கும் அளவுகோலின் அளவுக் குறியீட்டைக் காண். முறைக்கு 50 கிரா மாக (இந்த எடை, சட்டத்தின் பரிமாணங்களையும் அது உருவாக்கப் பட்டுள்ள பொருளையும் பொறுத்து மாறுபடும்) எடைக் கொக்கி யில் எடைகளைக் கூட்டு. சட்டம் கீழ்நோக்கி நகர்வதால், ஒளியியல் நெம்புகோலின் நிலை மாறும். ஆதலால், தொலை நோக்கியின் கிடை யான குறுக்கிணைக் கம்பியுடன் ஒன்றிக்கும் அளவுகோலின் அளவுக் குறியீடு மாறும். ஒவ்வொரு முறையும் 50 கிராம் கூட்டி எடையின் மதிப்பு ஒரு குறிப்பிட்ட பெரும அளவு ஆகும் வரை காட்சிப் பதிவு களைக் காண். எடையில் ஒரு குறிப்பிட்ட மாறுபாட்டிற்கு (எடுத் துக்காட்டாக, 200 கிராம்) இணையான தொலை நோக்கி மூலம் காணப்படும் அளவுகோல் குறியீடுகளின் மாறுபாட்டின் பல மதிப் புகளைக் காட்சிப் பதிவுகளிலிருந்து காண். சராசரி மாறுபாட்டைக் கணக்கிடு.

அளவுகோலுக்கும் ஒளியியல் நெம்புகோலிலுள்ள சமதள ஆடிக்குமிடையேயுள்ள தொலைவை (D) அள.

சட்டத்தை வெளியே எடுத்து, திருகு அளவியைக் கொண்டு அதன் சராசரி தடிப்பையும், காலிப்பரைக் கொண்டு அதன் சராசரி அகலத்தையும் அள. ஒளியியல் நெம்புகோலை ஒரு காகிதத்தின்மீது வைத்து மெதுவாக அழுத்து. கால்கள் உண்டாக்கும் மூன்று புள்ளிகளிலிருந்து முன்னுல் உள்ள கால்களை இணைக்கும் கோட்டிற்கு ஒரு லம்பம் வரைந்து, அதன் நீளத்தை அள (x).

காட்சிப் பதிவுகள்

சட்டத்தின் சராசரித் தடிப்பு : d		... செ.மீ.
சட்டத்தின் சராசரி அகலம் : b		... செ.மீ
ஒளியியல் நெம்புகோலின் கால்களுக்கிடையேயுள்ள செங்குத்துத் தொலைவு	X	... செ.மீ.
அளவுகோலுக்கும் ஆடிக்குமிடையேயுள்ள தொலைவு	D	... செ.மீ.
கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள சட்டத்தின் நீளம்	l	... செ.மீ.

காட்சிப் பதிவுகள்

எடை கிராம்	தொலைநோக்கிக் காட்சிப்பதிவுகள் செ. மீ.			எடை கிராம்	தொலை நோக்கிக் காட்சிப்பதிவுகள் செ.மீ.			மாறுபாடு 200கிராமுக்கு s
	எடை அதிகரிக்கும் பொழுது	எடை குறையும் பொழுது	சராசரி		எடை அதிகரிக்கும் பொழுது	எடை குறையும் பொழுது	சராசரி	
X				$X + 200$				
$X + 50$				$X + 250$				
$X + 100$				$X + 300$				
$X + 150$				$X + 350$				

200 கிராமுக்குச் சராசரி மாறுபாடு : s ... செ.மீ.

கணக்கிடுதல்

இறக்கம் வருமாறு கணக்கிடப்படும் :

குறிப்பிட்ட எடை Mக்குத் தொலை நோக்கிக் காட்சிப் பதிவுகளின் மாறுபாட்டை 's' எனக்கொண்டால், எதிரொளிப்புக் கதிர்களிடையேயுள்ள கோணம் $\frac{s}{D}$. ஆதலால், ஆடி திரும்பும் கோணம் $\frac{s}{2D}$. இறக்கம் Y ஆனல் ஆடி திரும்பும் கோணம் $\frac{Y}{x}$ க்குச் சமம்.

ஆதலால், $\frac{Y}{x} = \frac{s}{2D}$

அல்லது, $Y = \frac{sx}{2D}$

யங் குணகம் $(q) = \frac{Mgl^3}{4bd^3Y}$

ஆதலால், $q = \frac{Mgl^3}{4bd^3} \times \frac{2D}{sx}$

இச்சமன்பாட்டைக்கொண்டு 'யங்' குணகத்தைக் கணக்கிடு.

கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவை மாற்றியமைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். யங் குணகத்தின் சராசரி மதிப்பைக் காண்.

முடிவு

சட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் **'யங்'** குணகம் ...டைன்/செ.மீ^{2}.

வளைவு மூலம் 'யங்' குணகம் சீரான வளைவு
(Young's Modulus By Bending Uniform Bending)

குண்டூசி நுண்ணோக்கி முறை

நோக்கம்

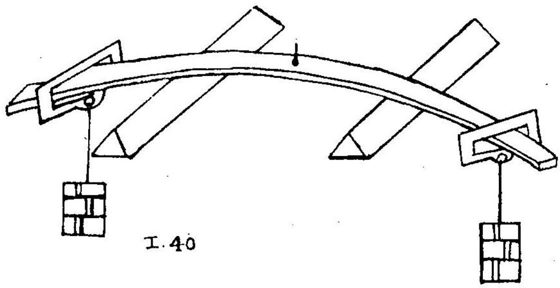
இரு முனைகளிலும் சமச்சீராகத் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள சம எடைகளினால், சீராக வளையும் ஒரு சட்டத்தினுடைய மையத்தின் ஏற்றத்தை வெர்னியர் நுண்ணோக்கியையும் குண்டூசியையும் கொண்டு அளந்து, அச்சட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் யங் குணகத்தைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

நீண்ட, செவ்வக வெட்டுமுகமுள்ள சீரான சட்டம், இரு உயரமான கத்தி முனைகள், வெர்னியர் நுண்ணோக்கி, துளை போடப்பட்ட எடைகள், எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கிகள், அளவுகோல், திருகு அளவி, காலிப்பர், எடை தாங்கி மாட்ட உலோக அமைப்புகள்.

செய்முறை

கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு 50 செ.மீ-க்கு மேலிருக்குமாறு அமைத்து, அவற்றின்மீது சட்டத்தைக் கிடையா



படம். 1·40

கவும் சமச்சீராகவும், வை. சட்டத்தின் மையப் புள்ளியில் மெழுகினுதவியினால் ஒரு குண்டூசியைச் செங்குத்தாக நிறுத்து. இரு எடை தாங்கி மாட்டும் உலோக அமைப்புகளை முனைக்கு ஒன்றாகச் சட்டத்தில் செருகு. ஒவ்வொரு எடை தாங்கும் அமைப்பும் அதன் அருகிலுள்ள கத்தி முனையிலிருந்து சமத் தூரத்தில் அமைய வேண்டும். ஒவ்வொன்றிலும் எடைகளைத் தாங்கும் ஒரு கொக்கியை மாட்டிச் சம அளவுள்ள ஒரு தக்க பாழ்ச்சுமையை அமை. ஒவ்வொரு கொக்கியிலும் சம எடையைக் கூட்டு. இவ்வாறே எடையை முறையாகக் கூட்டியும் குறைத்தும் சட்டத்தை மீட்சிப்போக்கில் அமை.

நுண்ணோக்கியைச் சட்டத்தின் முன் வை. அதன் அச்சு கிடையாக இருக்குமாறு பொருத்து. சட்டத்தின்மீதுள்ள குண்டூசி தெளிவாகத் தெரியுமாறு நுண்ணோக்கியைக் குவியப்படுத்து. எடைகளைத் தாங்கும் இரு கொக்கிகளிலும் சம அளவு பாழ்ச்சுமை மட்டுமுள்ள பொழுது, குண்டூசியின் முனை குறுக்கிணைக்கம்பிகள் வெட்டும் புள்ளியுடன் ஒன்றிக்குமாறு அமை. செங்குத்து அளவுகோலில் காட்சிப் பதிவைக் காண். எடைகளைத் தாங்கும் ஒவ்வோர் கொக்கியிலும் 100 கிராம் எடையைக் கூட்டு (இந்த எடை சட்டத்தின் பரிமாணங்களையும், அது உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளையும்

பொறுத்து மாறும்). சட்டம் சீராக வளையும். அது ஒரு வட்ட வில்லை (Arc of a circle) ஒத்திருக்கும். சட்டத்தின் மையம் மேல் நோக்கி நகருவதால், குண்டூசியின் நிலை மாறுபடும். நுண்ணோக்கியை நகர்த்தி, குண்டூசியின் முனை குறுக்கிழைக் கம்பிகள் வெட்டும் புள்ளியுடன் ஒன்றிக்குமாறு செய். செங்குத்து அளவுகோலில் காட்சிப் பதிவைச் காண். ஒவ்வோர் முறையும் எடைகளைத் தாங்கும் ஒவ்வொரு கொக்கியிலும் 100 கிராம் எடையைக் கூட்டி எடையின் மொத்த மதிப்பு குறிப்பிட்ட பெரும அளவு ஆகும் வரை காட்சிப் பதிவு களைக் காண். அவ்வாறே ஒவ்வொரு முறையும் 100 கிராம் எடையை ஒவ்வொரு கொக்கியிலிருந்தும் குறைத்துக் காட்சிப் பதிவுகளைக் காண். ஒரு குறிப்பிட்ட எடை (எடுத்துக்காட்டாக, 400 கிராம்) கொக்கிகளில் போடப்படும் பொழுது ஏற்றத்தின் பல்வேறு மதிப்பு களைக் காட்சிப்பதிவுகளிலிருந்து கண்டு, அந்த எடைக்கான சராசரி ஏற்றத்தைக் கணக்கிடு.

கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள சட்டத்தின் நீளத்தை (l) அள. அருகிலுள்ள கத்தி முனையிலிருந்து எடை தொங்கவிடப்பட்டுள்ள புள்ளியின் தொலைவை அள (a).

சட்டத்தை வெளியே எடுத்துத் திருகு அளவியைக் கொண்டு அதன் சராசரி தடிப்பையும், காலிப்பரைக் கொண்டு அதன் சராசரி அகலத்தையும் அள. காட்சிப் பதிவுகளைப் பின் வருமாறு அட்ட வணைப்படுத்து :

காட்சிப் பதிவுகள்

கத்தி முனைகளுக்குக்கிடையேயுள்ள தொலைவு :	(l)	... செ.மீ.
கத்தி முனைக்கும் எடை தொங்கும் புள்ளிக்குமிடையேயுள்ள தொலைவு :	(a)	... செ.மீ.
சட்டத்தின் சராசரித் தடிப்பு :	d (b)	... செ.மீ
சட்டத்தின் சராசரி அகலம் :	b (d)	... செ.மீ.
நுண்ணோக்கியிலுள்ள வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை :		... செ.மீ.

காட்சிப் பதிவுகள்

எடை கிராம்	நுண்ணோக்கிக் காட்சிப்பதிவுகள் செ. மீ.			எடை கிராம்	நுண்ணோக்கிக் காட்சிப்பதிவுகள் செ. மீ.			ஏற்றம் 400 கிராமுக்கு செ. மீ.
	எடை அதிகரிக்கும் பொழுது	எடை குறையும் பொழுது	சராசரி		எடை அதிகரிக்கும் பொழுது	எடை குறையும் பொழுது	சராசரி	
X				$X + 400$				
$X + 100$				$X + 500$				
$X + 200$				$X + 600$				
$X + 300$				$X + 700$				

சராசரி ஏற்றம் . .

கணக்கிடுதல்

ஒவ்வொரு முனையிலும் கூட்டப்பட்ட எடை Mக்குச் சட்டத்தின் மையப்புள்ளியின் ஏற்றம் Y ஆனால்,

$$Y = \frac{Mgal^2}{8qAK^2}$$

செவ்வக வெட்டுமுனை உள்ள பட்டை ஆதலால்,

$$AK^2 = \frac{bd^3}{12}$$

ஆதலால், $$Y = \frac{Mgal^2}{8q\frac{bd^3}{12}} = \frac{3Mgal^2}{2qbd^3}$$

அல்லது, $$q = \frac{3Mgal^2}{2bd^3Y}$$

இவ்வாய்பாட்டைக்கொண்டு யங் குணகத்தைக் கணக்கிடு. கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு, கத்தி முனையிலிருந்து எடைகள் தொங்கும் தொலைவு இவற்றை மாற்றி அமைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். யங் குணகத்தின் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடு.

முடிவு

சட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் யங் குணகம் ......டைன்/செ.மீ.^{2}

ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல் முறை

நோக்கம்

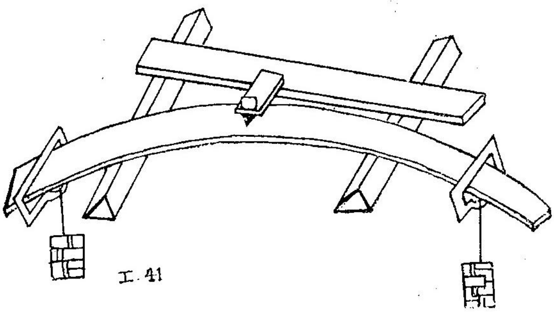
இரு முனைகளிலும் சமச்சீராகத் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள சம எடைகளினால் சீராக வளையும் ஒரு சட்டத்தினுடைய மையத்தின் ஏற்றத்தைத் தொலை நோக்கியும் அளவுகோலும் கொண்டு அளந்து அச் சட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் யங் குணகத்தைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

நீண்ட செவ்வக வெட்டுமுகமுள்ள சீரான சட்டம், துணைச் சட்டம், இரு உயரமான கத்தி முனைகள், தொலை நோக்கியும்-அளவுகோலும், துளை போடப்பட்ட எடைகள், எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கிகள், அளவுகோல், திருகு அளவி, காலிப்பர், எடை தாங்கி மாட்டும் உலோக அமைப்புகள்.

செய்முறை

கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு 50 செ. மீ. க்கு மேலிருக்குமாறு அமைத்து, அவற்றின்மீது சட்டத்தைக் கிடையாக



படம் 1·41

வும் சமச்சீராகவும் வை. துணைச் சட்டத்தையும் கத்தி முனைகள் மேல் வை. இரு சட்டங்களின் மேற்பரப்பும் ஒரே தளத்தில் அமைய வேண்டும். இரு எடை தாங்கி மாட்டும் உலோக அமைப்புகளை முனைக்கு ஒன்றாகச் சட்டத்தில் செருகு. அவைகளை அருகிலுள்ள கத்தி முனையிலிருந்து சமத்தூரத்தில் வைக்க வேண்டும். ஒவ்வொன்றிலும் ஓர் எடை தாங்கும் கொக்கியை மாட்டிச் சம அளவுள்ள ஒரு தக்க பாழ்ச்சுமையை அமை. ஒவ்வொரு கொக்கியிலும் சம எடையைக் கூட்டு. இவ்வாறே எடைகளை முறையாகக் கூட்டியும் குறைத்தும் சட்டத்தை மீட்சிப்போக்கில் அமை. முன்னுலுள்ள ஒற்றைக்கால், சோதனைக்கான சட்டத்தின் மையப்புள்ளி மேலும்,பின் இரு கால்களும் துணைச்சட்டத்தின்மேலும்அமருமாறும் ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோலை வை. தொலை நோக்கியையும் அளவுகோலையும் ஒளியியல் நெம்புகோலிலுள்ள சமதள ஆடிக்கெதிரிலும் அதிலிருந்து ஏறத்தாழ ஒரு மீட்டர் தொலைவிலும் வை. அளவுகோலைச் செங்குத்தாகப் பொருத்து. தொலை நோக்கியிலுள்ள கண்ணருகு கருவியைக் குறுக்கிணைக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு சரி செய். தொலை நோக்கியைத் திருப்பி அதன் அச்சு ஒளியியல் நெம்புகோலிலுள்ள சமதள ஆடியின் மையம் வழியாகச் செல்லுமாறு அமை. எதிரொளிப்பால் ஆடியில் தோன்றும் அளவுகோலின் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு தொலை நோக்கியைக் குவியப்படுத்து. கிடையான குறுக்கிணைக் கம்பியுடன் ஒன்றிக்கும் அளவுகோலின் அளவுக் குறியீட்டைக் காண். எடை தாங்கும் ஒவ்வொரு கொக்கியிலும் 100 கிராம் எடையைக் கூட்டு. (இந்த எடை சட்டத்தின் பரிமாணங்களையும், அது உருவாக்கப்பட்டுள்ள

பொருளையும் பொறுத்து மாறும்.) சட்டம் சீராக வளையும். அது ஒரு வட்ட வில்லை (Arc of a circle) ஒத்திருக்கும். சட்டத்தின் மையம் மேல் நோக்கி நகருவதால் ஒளியியல் நெம்புகோலின் நிலை மாறும். ஆதலால், தொலை நோக்கியின் கிடையான குறுக்கிணைக் கம்பிகளுடன் ஒன்றிக்கும் அளவுகோலின் அளவுக் குறியீடு மாறும். காட்சிப் பதிவைக் காண். ஒவ்வொரு முறையும் எடைகளைத் தாங்கும் ஒவ்வொரு கொக்கியிலும் 100 கிராம் எடையைக் கூட்டி, எடையின் மொத்த மதிப்புக் குறிப்பிட்ட பெரும அளவு ஆகும் வரை காட்சிப் பதிவுகளைக் காண். அவ்வாறே ஒவ்வொரு முறையும் 100 கிராம் எடையை ஒவ்வொரு கொக்கியிலிருந்தும் குறைத்துக் காட்சிப் பதிவுகளைக் காண். குறிப்பிட்ட ஒரு எடை (எடுத்துக்காட்டாக 400 கிராம்) ஒவ்வொரு கொக்கியிலும் போடப்படும் பொழுது தொலை நோக்கி மூலம் காணப்படும் அளவுகோல் குறியீடுகளின் மாறுபாட்டின் பல மதிப்புகளைக் காட்சிப் பதிவுகளிலிருந்து கண்டு சராசரி மாறுபாட்டைக் கணக்கிடு. அளவுகோலுக்கும், ஒளியியல் நெம்புகோலிலுள்ள சமதள ஆடிக்குமிடையேயுள்ள தொலைவை (D) அள.

கத்திமுனைகளுக்கிடையேயுள்ள சட்டத்தின் நீளத்தை (l) அள அருகிலுள்ள கத்தி முனையிலிருந்து எடை தொங்கவிடப்பட்டுள்ள புள்ளியின் தொலைவை அள (a).

சட்டத்தை வெளியே எடுத்துத் திருகு அளவியைக் கொண்டு அதன் சராசரித் தடிப்பையும், காலிப்பரைக்கொண்டு அதன் சராசரி அகலத்தையும் அள. ஒளியியல் நெம்புகோலை ஒரு காகிதத்தின்மீது வைத்து மெதுவாக அழுத்து. கால்கள் உண்டாக்கும் மூன்று புள்ளிகளிலிருந்து முன்னால் உள்ள கால்களை இணைக்கும் கோட்டிற்கு ஒரு நேர்குத்துக் கோடு வரைந்து, அதன் நீளத்தை அள (x).

காட்சிப் பதிவுகள்

சட்டத்தின் சராசரித் தடிப்பு	$= d$	... செ.மீ.
சட்டத்தின் சராசரி அகலம்	$= b$	... செ.மீ.
ஒளியியல் நெம்புகோலின் கால்களுக்கிடையேயுள்ள செங்குத்துத் தொலைவு	$= x$	... செ.மீ.
அளவுகோலுக்கும் ஆடிக்குமிடையேயுள்ள தொலைவு	$= D$	... செ.மீ.
கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு	$= l$	... செ.மீ.
கத்தி முனைக்கும் எடை தொங்கும் புள்ளிக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவு	$= a$	... செ.மீ.

எடை கிராம்	தொலைநோக்கிக் காட்சிப் பதிவுகள் செ. மீ.			எடை கிராம்	தொலைநோக்கிக் காட்சிப் பதிவுகள் செ. மீ.			மாறுபாடு 400 கிராமுக்கு s
X $X + 100$ $X + 200$ $X + 300$				$X + 400$ $X + 500$ $X + 600$ $X + 700$				

சராசரி மாறுபாடு 's'

கணக்கிடுதல்

ஒவ்வொரு முனையிலும் கூட்டப்பட்ட எடை Mக்குச் சட்டத்தின் மையப்புள்ளி ஏற்றம் Y ஆனால்,

$$Y = \frac{3Mgal^2}{2qbd^3}$$

ஆனால், $$Y = \frac{sx}{2D}$$

ஆதலால், $$q = \frac{3Mgal^2}{2bd^3 \times \frac{sx}{2D}}$$

$$q = \frac{3Mgal^2 \times D}{b.d^3.s'x}$$

இந்தச் சமன்பாட்டைக்கொண்டு 'யங்' குணகத்தைக் கணக்கிடு.

கத்தி முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு, கத்தி முனையிலிருந்து எடைகள் தொங்கும் தொலைவு இவற்றைமாற்றி அமைத்து, சோதனையைத் திரும்பச் செய். யங் குணகத்தின் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடு.

முடிவு

சட்டமாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் 'யங்' குணகம் ...டைன்/செ.மீ.^{2}

நிலை முறுக்கு
(Static Torsion)

நோக்கம்

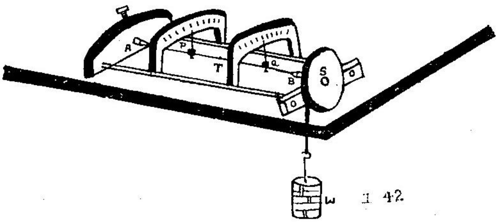
மெல்லிய உருளை வடிவத் தண்டாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் விறைப்புக் குணகத்தை, 'சியேர்ள்' நிலை முறுக்கு ஆய் கருவியைக்கொண்டு காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

சியேர்ள் நிலை முறுக்கு ஆய்கருவி (Searle's static torsion apparatus), துளையிடப்பட்ட எடைகள், எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கி,

அமைப்பு

'ரியோர்ள்' நிலை (Rigid frame) முறுக்கு ஆய்கருவியில் உறுதியான ஓர் உலோகச் சட்டமுள்ளது. இச்சட்டத்தின் ஒரு பக்கத்தில் ஒரு



படம் 1·42

செங்குத்துத் தாங்கி உள்ளது. இதன் நடுவே ஒரு திருகு கவ்வி (A) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சோதனைக்கான தண்டின் (T) ஒரு முனை இத்திருகு கவ்வியினுள் செருகப்பட்டுக் கெட்டியாகப் பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. தண்டின் மற்றொரு முனை உலோகச் சட்டத்தின் மறுபுறமுள்ள ஒரு சக்கரத்தின் (S wheel) மையத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள திருகு கவ்வி (B) மூலம் செலுத்தப்பட்டுக் கெட்டியாகப் பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. சக்கரத்தின் விட்டம் ஏறத்தாழ 10 சென்டி மீட்டராகவும், அதன் தடிப்பு ஏறத்தாழ 1 சென்டி மீட்டராகவுமுள்ளன. சக்கரத்தின் மையத்தில் குண்டுப் பொதிகைகள் (Bal bearings) பொருத்தப்பட்டுள்ளன. சக்கரத்தின் விளிம்பில் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஆணியில் பட்டையான ஒரு கெட்டி நாடாவின் முனை இணைக்கப்பட்டுள்ளது. நாடாவை ஒரு முறை சக்கரத்தைச் சுற்றி அமைக்கலாம். அந்நாடாவின் மறுமுனையில் ஓர் எடை தாங்கும் கொக்கியைத் (W) தொங்கவிடலாம். இக்கொக்கியில் எடைகளைக் கூட்டினால், தண்டு முறுக்கப்படும். தண்டின்மீது இரு குறி முட்கள் (P, Q) பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இக்குறி முட்களின் முனைகள் பாகை அளவுக் குறியீடுகளுள்ள அளவு கோல்கள் (Circular scales) மீது நகருமாறு அமைந்துள்ளன. இவை முறுக்குக் கோணத்தை (Angle of Twist) அளக்கப் பயன்படுகின்றன.

1. அளவுகோல்—குறி முள் முறை

செய்முறை

உருளையிலுள்ள திருகு கவ்வியில் பொருத்தப்பட்ட முனைக்கு அருகில் ஒரு குறி முள்ளைத் தண்டின்மீது பொருத்திப் பற்று. அதன் முனைஒரு வட்ட அளவுகோல் மீது நகருமாறு அமை. மற்றொரு குறி முள்ளை இக்குறி முள்ளிலிருந்து ஏறத்தாழ 30 செ.மீ. தொலைவில் தண்டின்மீது பற்றிப் பொருத்து. அதன் முனையும் மற்றொரு

அளவுகோல்மீது நகருமாறு அமை. எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கியில் தக்க பாழ்ச்சுமையைப் போடு. எடைகளை றையாகக் கூட்டியும் குறைத்தும் தண்டை மீட்சிப் போக்கில் அமை. இரு குறி முட்களும் அளவு கோல்களில் சுழி அளவுக் குறியீடுகளைக் குறிக்குமாறு பொருத்து.

நாடாவை வலம்புரியாகச் சக்கரத்தின்மேல் சுற்று. எடைதாங்கும் கொக்கியில் 100 கிராம் எடையைக் கூட்டு. (இந்த எடை தண்டின் விட்டத்தையும், தண்டு உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளையும் பொறுத்து மாறும்.) ஒவ்வொரு குறி முள்ளின் காட்சிப் பதிவையும் காண். ஒவ்வொரு முறையும் 100 கிராம் எடையைக் கூட்டி, எடையின் மொத்த மதிப்புக் குறிப்பிட்ட பெரும அளவு ஆகும் வரை காட்சிப்பதிவுகளைக் காண். அவ்வாறே ஒவ்வொரு முறையும் 100 கிராம் எடையைக் கொக்கியிலிருந்து குறைத்துக் காட்சிப் பதிவுகளைக் காண்.

நாடாவை இடம்புரி சக்கரத்தின்மேல் சுற்று. முன் போலவே எடைகளை முறையாகக் கூட்டியும் குறைத்தும் காட்சிப்பதிவுகளைக் காண்.

இரு குறி முட்களும் தண்டின்மீது பொருத்தப்பட்டுள்ள புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவை அள (l).

காலிப்பரைக் கொண்டு சக்கரத்தின் விட்டத்தை அளந்து ஆரத்தைக் கணக்கிடு.

திருகு அளவியைக் கொண்டு தண்டின் பல இடங்களில் விட்டத்தை அளந்து, சராசரி விட்டத்தைக் காண். தண்டின் சராசரி ஆரத்தைக் கணக்கிடு. விறைப்புக் குணகம் கணக்கிடப்படும் வாய்பாட்டில் ஆரத்தின் நான்காம் அடுக்கு (Fourth power) உள்ளதால், ஆரம் மிகத் திருத்தமாகக் காணப்பட வேண்டும்.

காட்சிப்பதிவுகள்

தண்டின் சராாசரி ஆரம் ; a...செ. மீ.
சக்கரத்தின் உருளையின் சராசரி ஆரம் : R...செ. மீ.
இரு குறி முட்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு : l ...செ. மீ.

ஏடை கிராம்	முதற்குறி முள்ளின் காட்சிப் பதிவுகள்							இரண்டாம் குறி முள்ளின் காட்சிப் பதிவுகள்							முறுக்குக் கோணங்களிடையேயுள்ள மாறுபாடு
	திருப்புத்திறன் வலம்புரியாக			திருப்புத்திறன் இடம்புரியாக			400 கிராமுக்கு முறுக்குக் கோணம்	திருப்புத் திறன் வலம்புரியாக			திருப்புத்திறன் இடம்புரியாக			400 கிராமுக்குக் முறுக்குக் கோணம் θ_2	$\theta=\theta_2-\theta_1$ பாகைகள்
	எடை கூட்டப் படும் பொழுது	எடை குறைக்கப் படும் பொழுது	சராசரி	எடை கூடும் பொழுது	எடை குறையும் பொழுது	சராசரி	θ^1	எடை கூட்டப் படும் பொழுது	எடை குறைக்கப் படும் பொழுது	சராசரி	எடை கூட்டப் படும் பொழுது	எடை குறைக்கப் படும் பொழுது	சராசரி		
X															
$X+100$															
$X+200$															
$X+300$															
$X+400$															
$X+500$															
$X+600$															
$X+700$															

கணக்கிடுதல்

தண்டாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் விறைப்புக் குண கத்தை η எனவும், எடையை M எனவும், தண்டை முறுக்குவதால் ஏற்படும் இரட்டையின் திருப்புத்திறனை (Moment of the couple) C எனவும், அதனால் தண்டில் உண்டாகும் முறுக்குக் கோணம் θ ரேடியன்கள் எனவும் கொண்டால்,

$$C = \frac{\pi \eta a^4 \theta}{2l}$$

$$C = Mg \cdot R$$

$$\text{ஆதலால், } Mg.R = \frac{\pi \eta a^4 \theta}{2l}$$

$$\eta = \frac{2MgR \cdot l}{\pi a^4 \theta}$$

காட்சிப் பதிவுகளிலிருந்து முறுக்குக் கோணத்தின் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடு. இக்கோணம் பாகைகளில் அளவிடப்பட்டுள்ளது. அதை $\left(\frac{\pi}{180}\right)$ ஆல் பெருக்கி முறுக்குக் கோணத்தை ரேடியன் களில் கொள்.

சமன்பாட்டைக் கொண்டு விறைப்புக்குணகத்தைக் கணக்கிடு

குறி முட்களுக்கிடையே மூன்று நான்கு தொலைவுகளுக்குச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். விறைப்புக் குணகத்தின் சராசரி மதிப்பைக் காண்.

முடிவு

தண்டாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் விறைப்புக் குணகம் ...டைன்/செ.மீ.^{2}

2. 'தொலை நோக்கி - அளவுகோல்' முறை

செய்முறை

ஆய்கருவியிலுள்ள தண்டின்மேல் பொருத்தப்பட்ட குறி முட்களையும் அளவுகோல்களையும் கழற்றி எடு. ஏறத்தாழ 1·5 செ.மீ. பக்கமுள்ள சதுரமான ஒரு சமதள ஆடித்துண்டை மெழுகைக் கொண்டு தண்டின்மேல் பொருத்து. ஆடியின் தளம் செங்குத்தாக இருக்குமாறும், தண்டின் நிலையான முனையிலிருந்து ஆடியின் மையம் ஏறத்தாழ 30 செ.மீ. இருக்குமாறும் அமை. தொலை நோக்கியையும் அளவுகோலையும் சமதள ஆடிக்கெதிரிலும் அதிலிருந்து ஏறத்தாழ ஒரு மீட்டர் தொலைவிலும் வை. அளவுகோலைச் செங்குத்

தாகப் பொருத்து. தொலை நோக்கியிலுள்ள கண்ணருகு கருவியைக் குறுக்கிணைக்கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு சரி செய். தொலை நோக்கியைத் திருப்பி அதன் அச்சுச் சமதள ஆடியின் மையம் வழியாகச் செல்லுமாறு அமை. எதிரொளிப்பால் ஆடியில் தெரியும் அளவுகோலின் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு தொலை நோக்கியைக் குவியப்படுத்து. எடைகளைத் தாங்கும் கொக்கியில் தக்க பாழ்ச்சுமையைப் போடு. எடைகளை முறையாகக் கூட்டியும் குறைத்தும் தண்டை மீட்சிப் போக்கில் அமை. நாடாவை வலம் புரியாகச் சக்கரத்தின்மேல் சுற்று. பாழ்ச்சுமை உள்ள பொழுது தொலை நோக்கியில் காட்சிப்பதிவைக் காண். எடை தாங்கும் கொக்கியில் 200 கிராம் எடையைக் கூட்டு. (இந்த எடை தண்டின் பரிமாணங்களையும், அது உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளையும் பொறுத்து மாறும்) காட்சிப்பதிவைக் காண். ஒவ்வொரு முறையும் 200 கிராம் எடையைக் கூட்டி, எடையின் மொத்த மதிப்பு குறிப்பிட்ட பெரும அளவு ஆகும் வரை காட்சிப்பதிவுகளைக் காண். அவ்வாறே ஒவ்வொரு முறையும் 200 கிராம் எடையைக் குறைத்துக் காட்சிப் பதிவுகளைக் காண்.

நாடாவை இடம்புரியாகச் சக்கரத்தின்மேல் சுற்று. முன் போலவே எடைகளைக் கூட்டியும் குறைத்தும் காட்சிப் பதிவுகளைக் காண்.

தண்டின் நிலையான முனைக்கும், சமதள ஆடியின் மையத்திற்குமிடையேயுள்ள தொலைவை (l) அளந்தெழுது.

அளவுகோலுக்கும். ஆடிக்குமிடையேயுள்ள தொலைவைக் (D) காண்.

இரு குறி முட்களும் தண்டின்மீது பொருத்தப்பட்டுள்ள புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவை அள (l).

காலிப்பரைக் கொண்டு சக்கரத்தின் விட்டத்தை அளந்து ஆரத்தைக் கணக்கிடு.

திருகு அளவியைக் கொண்டு தண்டின் பல இடங்களில் விட்டத்தை அளந்து, சராசரி விட்டத்தைக் காண்; தண்டின் சராசரி ஆரத்தைக் கணக்கிடு. விறைப்புக் குணகம் கணக்கிடப்படும் வாய்பாட்டில் ஆரத்தின் நான்காம் அடுக்கு (Fourth power) உள்ளதால், ஆரம் மிகத் திருத்தமாகக் காணப்பட வேண்டும்.

காட்சிப்பதிவுகள்

தண்டின் சராசரி ஆரம்	: a..............செ.மீ.
சக்கரத்தின் சராசரி ஆரம்	: R.....29.....செ.மீ.
தண்டின் நிலையான முனைக்கும் ஆடிக்குமிடையேயுள்ள தொலைவு	: l.....24.....செ.மீ.
ஆடிக்கும் அளவுகோலுக்குமிடையேயுள்ள தொலைவு	: D.....93.....செ.மீ.

எடை கிராம்	வலம்புரித் திருப்புத்திறன் — தொலை நோக்கிக் காட்சிப் பதிவுகள் செ.மீ.				இடம்புரித் திருப்புத்திறன் — தொலை நோக்கிக் காட்சிப்பதிவுகள் செ.மீ.			800 கிராம் எடைக்கு மாறுபாடு S. செ.மீ.
	எடை கூட்டப்படும் பொழுது	எடை குறைக்கப் படும்பொழுது	சராசரி	800 கிராம் எடைக்கு மாறுபாடு செ.மீ.	எடை கூட்டப்படும் பொழுது	எடை குறைக்கப் படும்பொழுது	சராசரி	
X								
$X+200$								
$X+400$								
$X+600$								
$X+800$			...					
$X+1000$			...					...
$X+1200$			...					...
$X+1400$			...					...
								...
			சராசரி				சராசரி	

800 கிராமுக்குச் சராசரி மாறுபாடு : 's'.............செ.மீ.

கணக்கிடுதல்

தண்டாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் விறைப்புக் குணகம் η எனவும், எடையை M எனவும், தண்டை முறுக்குவதால் ஏற்படும் இரட்டையின் திருப்புத்திறன் C எனவும், அதனுல் தண்டில் உண்டாகும் முறுக்குக்கோணம் θ ரேடியன்கள் எனவும் கொண்டால்,

$$C = \frac{\pi \eta a^4 \theta}{2\, l}$$

$$C = Mg.\, R$$

ஆதலால், $$\eta = \frac{2\, MgRl}{\pi a^4\, \theta}$$

ஆனுல், $$\eta = \frac{s}{2\, D} \text{ ரேடியன்கள்}$$

ஆகையால். $$\eta = \frac{2MgRl}{\pi a^4} \times \frac{2\, D}{s}$$

இச்சமன்பாட்டைக் கொண்டு விறைப்புக் குணகத்தைக் கணக்கிடு.

ஆடிக்கும் தண்டின் நிலையான முனைக்குமிடையேயுள்ள தொலைவை மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். விறைப்பு குணகத்தின் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடு.

முடிவு

தண்டாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின்
விறைப்புக்குணகம்.........டைன்/செ.மீ.^{2}

முறுக்கலைவுகள் மூலம் விறைப்புக் குணகம்
(Rigidity modulus by torsional oscillations)

நோக்கம்

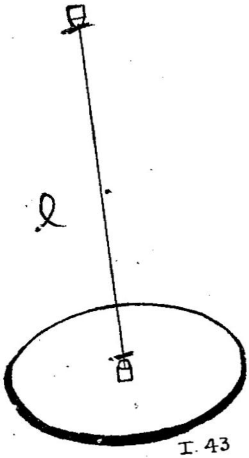
முறுக்கலைவுகள் மூலம் கம்பியாக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பொருளின் விறைப்புக் குணகத்தைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

உலோகக் கம்பி, சீரான வட்ட உலோகத் தகடு, குறி முள், நிறுத்து கடிகாரம், அளவுகோல்.

செய்முறை

சீரான வட்ட உலோகத் தகட்டின் மையத்தில் ஒரு திருகு கவ்வி (Chuch) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கம்பியின் ஒரு முனை திருகு



I. 43

கவ்வியினுள் செலுத்தப்பட்டு கெட்டியாகப் பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பியின் மறுமுனை சுவரில் பொருத்தப்பட்ட தாங்கியிலுள்ள (அல்லது ஒரு விறைப்பான செங்குத்துத் தாங்கியில் பற்றிப் பொருத்தப் பட்ட). திருகு கவ்வியினுள் செலுத்தப் பட்டுக் கெட்டியாகப் பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பியின் நீளத்தைத் தேவையான அளவிற்கு மாற்றி அமைக்க முடியும். வட்ட உலோகத் தகட்டின் விளிம்பில் ஒரு செங்குத்துக்கோடு வரை. இக்குறிக்கு முன் ஒரு பின்னல் ஊசியைச் செங்குத்தாகப் பொருத்து. கம்பியில் வளைவுகள் (Kinks) இருந்தால் அவற்றைப் போக்கு.

மேலே தாங்கியில் பொருத்தப்பட்ட திருகு கவ்வியின் அடி முனைக்கும், வட்டத்தகட்டில் பொருத்தப்பட்ட திருகு கவ்வியின் மேல் முனைக்குமிடையே உள்ள தொலைவைத் திருத்தமாக அள. இதுவே முறுக்கு ஊசலியின் நீளம். வட்டத் தகட்டை அதன் மையத்தைப் பற்றிச் சற்றே முறுக்கி விட்டுவிடு. வட்டத்தகடு முறுக்கலைவுகளைச் செய்யும். வட்டத் தட்டும் அது தொங்க விடப்பட்டுள்ள கம்பியும் பக்கவாட்டில் ஊசலாடக்கூடாது. சில தொடக்க அலைவுகளை நீக்கிய பின்னர், வட்டத் தகட்டின் விளிம்பில் போடப்பட்டுள்ள கோடு பின்னல் ஊசியைத் தாண்டும்பொழுது நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. மறுமுறை அதே திசையில் அக்கோடு பின்னல் ஊசியைத் தாண்டும்பொழுது ஓர் அலைவு முடிந்தது. வட்டத் தகட்டின் 30 முறுக்கலைவுகளுக்கான நேரத்தைக் காண். சோதனையை மூன்று முறை செய்து 30 அலைவுகளுக்கான சராசரி நேரத்தைக் கண்டு, அலைவு நேரத்தைக் (T) கணக்கிடு. ஊசலியின் நீளத்திற்கும் (l) அலைவு நேரத்தின் இருமடிப்பிற்கும் (T^2) உள்ள விகிதத்தைக் கணக்கிடு. கம்பியின் நீளத்தை (ஊசலியின் நீளத்தை) மாற்றிச் சோதனையைப் பலமுறை திரும்பச்செய். $\frac{l}{T^2}$ மாறிலியாக இருக்கும். அதன் சராசரி மதிப்பைக் காண்.

திருகு அளவியைக் கொண்டு கம்பியின் பல இடங்களில் ஒவ்வோர் இடத்திலும் செங்குத்துத் திசைகளில் விட்டத்தை அளந்து

சராசரி விட்டத்தைக் காண். கம்பியின் சராசரி ஆரத்தைக் கணக்கிடு. விறைப்புக் குணகம் கணக்கிடக் கொள்ளும் வாய்பாட்டில் ஆரத்தின் நான்காம் அடுக்கு (Fourth power) உள்ளதால், ஆரம் மிகத் திருத்தமாகக் காணப்பட வேண்டும்.

வட்டத்தகட்டை வெளியே எடுத்து அதன் நிறையைக் காண். அதன் சராசரி ஆரத்தைக் காலிப்பரைக் கொண்டு அள.

காட்சிப்பதிவுகள்

வரிசை எண்	ஊசலியின் நீளம் l	30 அலைவுகளுக்கான நேரம்				அலைவு நேரம் T	$\frac{l}{T^2}$
		1	2	3	சராசரி		

சராசரி $\frac{l}{T^2}$ = ...

கம்பியின் சராசரி ஆரம்	:	r	செ.மீ.
வட்டத்தகட்டின் நிறை	:	M	கிராம்
வட்டத்தகட்டின் சராசரி ஆரம்	:	R	செ.மீ.
வட்டத்தகட்டின் நிலைமத் திருப்புதிறன் I	:	$\frac{MR^2}{2}$	..........கிராம்.செ.மீ.^{2}

கணக்கிடுதல்

முறுக்கு ஊசலியின் அலைவு நேரம் T எனவும், அது பற்றிச் சுழலும் அச்சைச் சார்ந்த வட்டத்தகட்டின் நிலைமத் திருப்புத் திறன் I எனவும், கம்பியிலுள்ள சுழல் இரட்டை/முறுக்கு (Couple per unit twist) C எனவும் கொண்டால்,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$$

ஆனால், $$C = \frac{\pi\eta r^4}{2l}$$

l — கம்பியின் (ஊசலியின்) நீளம்

r — கம்பின் ஆரம்

η — கம்பியாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் விறைப்புக் குணகம்

ஆதலால், $$T = 2\pi \sqrt{\frac{I \times 2l}{\pi \eta r^4}}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 \times I \times 2l}{\pi \eta r^4}$$

அல்லது, $$n = \frac{8\pi I l}{T^2 r^4}$$

$$\eta = \frac{8\pi}{r^4} \times I \times \frac{l}{T^2}$$

இச்சமன்பாட்டில் $\frac{l}{T^2}$, I, r இவற்றின் மதிப்புகளைப் பதிலிட்டு விறைப்புக் குணகத்தைக் கணக்கிடு.

முடிவு

கம்பியாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் விறைப்புக் குணகம்.........டைன் / செ. மீ.^{2}

முறுக்கலைவுகள் மூலம் நிலைமத் திருப்புத் திறன் (Moment of Inertia by Torsional oscillations)

நோக்கம்

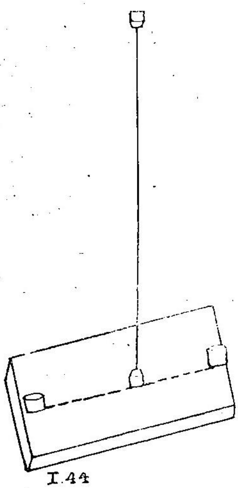
முறுக்கலைவுகள் மூலம் ஒரு தகட்டின் நிலைமத் திருப்புத் திறனையும், கம்பியாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பொருளின் விறைப்புக் குணகத்தையும் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

உலோகக் கம்பி, சீரான செவ்வக வடிவமான உலோகத் தகடு, ஒரே மாதிரியான இரு உருளை வடிவ எடைகள், நிறுத்து கடிகாரம்.

செய்முறை

சீரான செவ்வக வடிவ உலோகத் தட்டின் மையத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள திருகு கவ்வியில் கம்பியின் ஒரு முனையைச் செலுத்திக் கெட்டியாகப் பொருத்து. கம்பியின் நீளம் தேவையான அளவு அமையுமாறு அதன் மற்ருெரு முனையைச் சுவரில் பொருத்தப்பட்டுள்ள தாங்கியில் உள்ள (அல்லது விறைப்பான ஒரு செங்குத்துத் தாங்கியிலுள்ள) திருகு கவ்வியினுள் செலுத்திக்கெட்டியாகப் பொருத்து. உலோகத் தகட்டின் விளிம்பில் ஒரு செங்குத்துக் கோடு வரை.[1] இக்கோட்டிற்கு முன் ஒரு குறி முள்ளைச் செங்குத்தாகப் பொருத்து கம்பியில் வளைவுகள் (Kinks) இருந்தால் அவற்றைப் போக்கு.



I.44

மேலே தாங்கியில் பொருத்தப்பட்ட திருகு கவ்வியின் அடி முனைக்கும், தகட்டில் பொருத்தப்பட்ட திருகு கவ்வியின் மேல் முனைக்குமிடையே உள்ள தொலைவைத் திருத்தமாக அள (l). தகட்டை அதன் மையத்தைப்பற்றிச் சற்றே சுழற்றி விட்டுவிடு. தகடு முறுக்கலைவுகளைச் செய்யும். சில தொடக்க அலைவுகளை நீக்கிய பின்னர் நிறுத்து கடிகாரத்தைக் கொண்டு 20 முறுக்கலைவுகளுக்கான நேரத்தைக் காண். சோதனையை மூன்று முறை செய்து 20 அலைவுகளுக்கான சராசரி நேரத்தைக் கண்டு அலைவு நேரத்தைக் கணக்கிடு (T_1). தகட்டின் மேற்பரப்பில் அதன் மையம் வழியாகச் சமச்சீராகச் செல்லும் நேர் கோட்டை வரை. திருகு கவ்வியின் புறத்திற்கு ஒன்ருகவும், அதற்கு மிக அருகிலும், தட்டின் மையத்திலிருந்து ஒரே தொலைவிலும், ஒத்த இரு உருளை வடிவ எடைகளைத் தகட்டின்மீது இக்கோட்டில் வை. இந்நிலையில் தகட்டின் 20 முறுக்கலைவுகளுக்கான நேரத்தை மும்முறை கண்டு, சராசரி அலைவு நேரத்தைக் கணக்கிடு (T_2). தகட்டின் மையத்திற்கும் ஒவ்வோர் உருளையின் மையத்திற்குமிடையே உள்ள தொலைவைத் திருத்தமாக அள (d_1). உருளைகளைக் கோட்டின்மீது நகர்த்தி, அவை தகட்டின் விளிம்புகளுக்கு அருகிலும் தகட்டின் மையத்திலிருந்து சமத்தொலைவில் இருக்குமாறும் அமை. தகட்டின் மையத்திற்கும் ஒவ்வொரு உருளையின் மையத்திற்குமிடையேயுள்ள தொலைவை அள (d_2). இந்நிலையில் தகட்டின் சராசரி முறுக்கலைவு நேரத்தைக் காண் (T_2).

திருகு அளவியைக்கொண்டு கம்பியின் பல இடங்களில் விட்டத்தை அளந்து, சராசரி விட்டத்தைக் காண், கம்பியின் சராசரி ஆரத்தைக் கணக்கிடு.

தராசைக்கொண்டு இரு உருளைகளின் மொத்த எடையைக் காண் (2 m).

காட்சிப்பதிவுகள்

உருளைகளின் மொத்த எடை	;	2 m	………	கிராம்
கம்பியின் சராசரி ஆரம்	:	r	………	செ.மீ
தகடு தொங்கவிடப்பட்டுள்ள கம்பியின் நீளம்	:	l	………	செ.மீ.

தகட்டின்மீது உருளைகளின் நிலை	20 முறுக்கு அலைவுகளுக்கான நேரம் செ. க.				அலைவு நேரம் செ.க.
	1	2	3	சராசரி	
தகட்டின்மீது உருளைகளில்லாமல்					…(T_1)
தகட்டின் மையத்திற்கும் உருளையின் மையத்திற்குமிடையேயுள்ள தொலைவு (d_1)…செ.மீ. ஆக உள்ள நிலையில்					…(T_2)
தகட்டின் மையத்திற்கும் உருளையின் மையத்திற்குமிடையேயுள்ள தொலைவு (d_2)…செ.மீ. ஆக உள்ள நிலையில்					…(T_3)

கணக்கிடுதல்

தகட்டின் நிலைமத் திருப்புத்திறனை I எனவும், ஒவ்வோர் உருளையின் மையம் மூலம் செல்லும் செங்குத்து அச்சைச் சார்ந்த நிலைமத் திருப்புத்திறன் எனவும் கொள்வோம்.

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}} \quad — 1$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I+2i+2md_1^2}{C}} \quad — 2$$

$$T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{I+2i+2md_2^2}{C}} \quad — 3$$

$$T_3^2 - T_2^2 = \frac{4\pi^2}{C}\left(I + 2i + m\,d_2^2 - I + 2i + 2\,m\,d_1^2\right)$$

$$= \frac{4\pi^2}{C} \times 2m\,(d_2^2 - d_1^2)$$

$$C = \frac{4\pi^2}{(T_3^2 - T_2^2)} \times 2\,m\,(d_2^2 - d_1^2)$$

ஆதலால், $$T_1^2 = \frac{4\pi^2 \times I \times (T_3^2 - T_2^2)}{4\pi^2 \times 2m\,(d_2^2 - d_1^2)}$$

அல்லது, $$I = \frac{2m\,(d_2^2 - d_1^2) \times T_1^2}{(T_3^2 - T_2^2)}$$

$$\eta = \frac{8\pi I l}{T_1^2\, r4}$$ — 1-லிருந்து

$$C = \frac{1}{2}\frac{\pi r\, r4}{l}$$ ஆதலால்,

ஆனல், $$\frac{I}{T_3^2} = \frac{2m\,(d_2^2 - d_1^2)}{(T_3 -{}^2 T_2^2)}$$

ஆதலால், $$\eta = \frac{16\pi\, m\, l\,(d_2^2 - d_1^2)}{r^4(T_3^2 - T_2^2)}$$

சமன்பாடுகளைக் கொண்டு நிலைமத் திருப்புத்திறன், விறைப்புக் குணகம் ஆதியவற்றைக் கணக்கிடு.

தகடு தொங்கவிடப்பட்டுள்ள கம்பியின் நீளத்தை மாற்றி அமைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்.

நிலைமத் திருப்புத்திறன், விறைப்புக் குணகம் ஆகியவற்றின் சராசரி மதிப்புகளைக் கணக்கிடு.

முடிவு

தகட்டின் நிலைமத் திருப்புத்திறன் (I) = ... கிராம் செ.மீ.^{2}

கம்பியாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் விறைப்புக் குணகம் } η = ... டைன். செ.மீ.^{2}

சியேர்ள் முறையில்

(q, n, σ q, n and σ by Searle's method)

நோக்கம்

கம்பியாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் **'யங்'** குணகம், விறைப்புக் குணகம், **'பாய்ஸான்'** விகிதம் ஆகியவற்றை சியேர்ள் முறையில் காணல்,

தேவையான ஆய்கருவிகள்

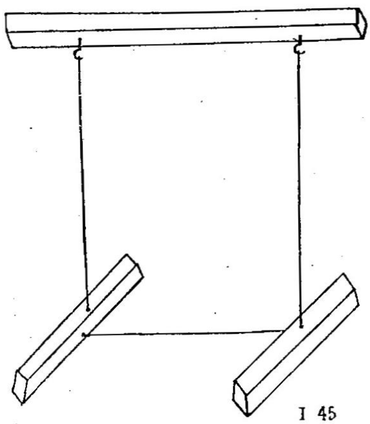
சியேர்ள் ஆய்கருவி, நிறுத்து கடிகாரம்.

அமைப்பு

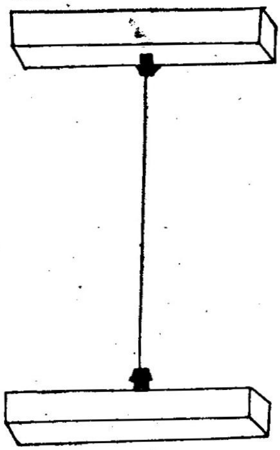
சியேர்ள் ஆய்கருவியில் சீரானதும், சதுரம் அல்லது வட்ட வெட்டு முசுமுடையதுமான ஒரே உருவமைப்புள்ள இரு எஃகு அல்லது பித்தளைச் சட்டங்கள் (AB, CD) உள்ளன. அவற்றின் நீளம் ஏறத் தாழ 30 செ. மீ. ஒவ்வொரு சட்டத்தின் மையத்திலும் ஒரு திருகு கவ்வி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சோதனையில் கொள்ளப்படும் கம்பியின் இரு முனைகளையும் இவ்விரு திருகு கவ்விகளில் நுழைத்துக் கெட்டியாகப் பிடிக்கலாம். விறைப்பான தாங்கியிலிருந்து முறுக் கற்ற நூல்களைக்கொண்டு இவ்விரு சட்டங்களும் தொங்கவிடப் பட்டுள்ளன. நூல்களின் நீளங்கள் சமமாய் இருக்கும். நூல்கள் இணையாக இருக்குமாறும் சட்டங்கள் ஒரே கிடைத்தளத்தில் இருக் குமாறும் தொங்கவிடப்பட வேண்டும்.

செய்முறை

சட்டங்களின் முனைகள் நெருங்கியிருக்குமாறு ஒரு நூலால் கட்டு. இந்நூலைக் கொளுத்தி அறுத்தால், சட்டங்கள் கிடைத்



I 45



I 46

தளத்தில் அசையும். அலைவுகள் முறையாக இருக்க வேண்டும். நிறுத்து கடிகாரத்தைக் கொண்டு 20 அலைவுகளுக்கான நேரத்தைக் காண்.சோதனையைப் பல முறை திரும்பச் செய்து 20 அலைவுகளுக் கான நேரத்தைக் காண். சோதனையைப் பல முறை திரும்பச் செய்து 20 அலைவுகளுக்கான சராசரி நேரத்தைக் கண்டு அலைவு நேரத்தைக் கணக்கிடு (T_1).

ஒரு சட்டத்தை அதன் மையத்தில் விறைப்பான தாங்கியில் கெட்டியாகப் பற்றிப் பொருத்து. மற்றொன்று ஆய்கருவியிலுள்ள கம்பியிலிருந்து தொங்கும். அப்படித் தொங்கும் சட்டத்தின் மையத்தைப் பற்றி அது முறுக்கலைவுகள் செய்யுமாறு திருப்பி விடு. 20 அலைவுகளுக்கான நேரத்தை நிறுத்து கடிகாரத்தைக் கொண்டு காண். சோதனையைப் பல முறை திரும்பச்செய்து 20 அலைவுகளுக்கான சராசரி அலைவு நேரத்தைக் கணக்கிடு (T_2). இரு திருகு கவ்விகளுக்குமிடையேயுள்ள கம்பியின் நீளத்தை அள (l). திருகு அளவியைக்கொண்டு பல இடங்களில் விட்டத்தை அளந்து சராசரி விட்டத்தைக் காண். கம்பியின் சராசரி ஆரத்தைக் கணக்கிடு. கணக்கிடக் கொள்ளப்படும் வாய்பாட்டில் ஆரத்தின் நான்காம் மடிப்பு உள்ளதால், ஆரத்தை மிகத் திருத்தமாகக் காண வேண்டும்.

ஒவ்வொரு சட்டத்தின் நிறை, நீளம், அகலம் இவற்றைத் தனித் தனியே அள. காட்சிப் பதிவுகளிலிருந்து சட்டத்தின் சராசரி நிறை (M), நீளம் (L), அகலம் (B) ஆகியவற்றைக் கணக்கிடு.

காட்சிப்பதிவுகள்

முதற் சோதனை

வரிசை எண்	20 அலைவுகளுக்கான நேரம் செக.				அலைவு நேரம்
	1	2	3	சராசரி	T_1 செக.

இரண்டாம் சோதனை (முறுக்கு அலைவுகள்)

வரிசை எண்	20 அலைவுகளுக்கான நேரம் செக.				அலைவு நேரம்
	1	2	3	சராசரி	T_2 செக.

கம்பியின் சராசரி ஆரம் : r .... செ. மீ.
கம்பியின் நீளம் l .... செ. மீ.

சட்டத்தின் நிலைமத் திருப்புத்திறன்

ஒரு சட்டத்தின் நிறை		=		கிராம்
மற்றச் சட்டத்தின் நிறை		=		கிராம்
சராசரி நிறை;	M		......	கிராம்
ஒரு சட்டத்தின் நீளம்		=		செ.மீ.
மற்றச் சட்டத்தின் நீளம்		=		செ.மீ.
சராசரி நீளம்:	L		......	செ.மீ.
ஒரு சட்டத்தின் அகலம்		=		செ.மீ.
மற்றச் சட்டத்தின் அகலம்		=		செ.மீ.
சராசரி அகலம்:	B		......	செ.மீ.
சட்டத்தின் நிலைமத் திருப்புத் திறன்			......	

$$I = M \times \left(\frac{L^2+B^2}{12}\right)$$

$= \ldots\ldots$ கிராம் செ. மீ.^{2}

'யங்' குணகம் $q = \dfrac{8\pi I l}{T_1^2 r^4}$......டைன்/செ. மீ.^{2}

விறைப்புக் குணகம் $\eta = \dfrac{8\pi I l}{T_2^2 r^4}$......டைன்/செ. மீ.^{2}

பாய்ஸான் விகிதம் $\sigma = \dfrac{T_2^2}{2T_1^2} - 1$

முடிவு

கம்பியாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின்

(1) யங் குணகம்..............டைன்/செ. மீ.^{2}

(2) விறைப்புக் குணகம்......டைன்/செ. மீ.^{2}

(3) பாய்ஸான் விகிதம்......

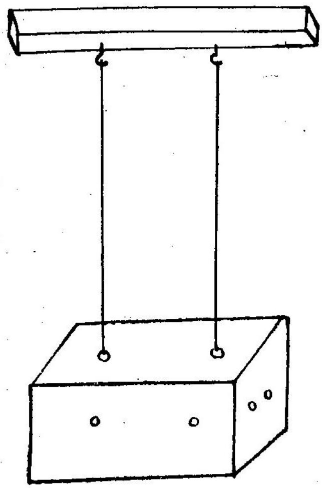
இருநூல் ஊசலி
(Bifilar Pendulum)

நோக்கம்

ஒரு திண்பொருளின் (Rigid body) நிலைமத் திருப்புத்திறன் (Moment of Inertia) காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

செவ்வகவெட்டு முகத்தையுடைய மரம் அல்லது உலோகத்தாலான ஒரு பாளம் (Block), நிறுத்து கடிகாரம், நூல்.



I. 47

அமைப்பு

இச்சோதனையில் கொள்ளப்படும் உலோகம் அல்லது மரத்தால் ஆன பாளம் ஒரு செவ்வக இணைகரத் திண்மம் (Rectangular Parallelopiped). இதன் நீளம், அகலம், தடிப்பு ஆகியவற்றை முறையே *a*, *b*, *c* எனக் கொள்வோம். *ab*, *bc*, *ca* ஆகிய பரிமாணங்களை (dimension) முறையே பக்கங்களாகக் கொண்ட மூன்று முகங்களுள் ஒவ்வொன்றிலும் சமச்சீராக இரு கொக்கிகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. அவ்விருகொக்கிகளில் இருநூல்களைக் கட்டி விறைப்பான தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரு கொக்கிகளிலிருந்து பாளத்தைத் தொங்கவிடலாம். இதுவே இரு நூல் ஊசலி (அதாவது, இரு கெட்டியான நூல்களால் தொங்கவிடப்பட்ட ஊசலியாகும்).

செய்முறை

இரு நூல்களை ஒரு முகத்திலுள்ள இரு கொக்கிகளில் கட்டி விறைப்பான தாங்கியிலிருந்து பாளத்தைத் தொங்கவிடு. நூல்களின் நீளம் சமமாயிருக்க வேண்டும். இரு நூல்களும் செங்குத்துத் தளத்தில் அமையுமாறு பாளம் நிலையாகும். நூல்கள் கட்டப்பட்டுள்ள முகத்தின் ஈர்ப்பு மையம் இரு நூல்களின் மையத்தில் அமையும். நூல்கள் இணையாயிருக்குமாறு அமைக்கலாம்; ஆனால், அந்த அமைப்பு இன்றியமையாததன்று. பாளம் தொங்கும்பொழுது நூல்கள் செங்குத்துத் தளத்திலும் அவற்றின் நீளங்கள் சமமாகவும் இருத்தல் இன்றிமையாதது. ஈர்ப்பு மையம் வழியாகச் செல்லும் செங்குத்து அச்சைப் பற்றிச் சுழலுமாறு பாளத்தை மெதுவாகத் திருப்பிப் பின்னர் விட்டுவிடு. பாளம் அலைவுடன் ஆடும். நிறுத்து கடிகாரத்தைக் கொண்டு 20 அலைவுகளுக்கான நேரத்தைக் காண். சோதனையை இரு முறை திரும்பச் செய்து 20 அலைவுகளுக்கான சராசரி நேரத்தைக் (T) கணக்கிடு. பாளம் தொங்கும் நூலின் நீளத்தை (*l*) அள. நூல்கள் பாளத்தில் கட்டப்பட்டிருக்கும் புள்ளி

களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவையும் ($2d_1$) அவை விறைப்பான தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவையும் ($2d_2$) அளவிடு. நூல்கள் இணையாய் இருந்தால், இவ்விரு தொலைவுகளும் சமமாயிருக்கும். பாளத்தின் நிறையைக் (M) காண்.

கணக்கிடுதல்

ஈர்ப்பு முடுக்கத்தை 'g' எனவும், ஈர்ப்பு மையம் வழியாகச் செல்லும் ஒரு செங்குத்து அச்சைச் சார்ந்த பாளத்தின் நிலைமத் திறனை I எனவும் கொண்டால்,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I\,l}{Mgd_1d_2}}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 I\,l}{Mgd_1d_2}$$

அல்லது, $$I = \frac{T^2 Mgd_1d_2}{4\pi^2 l}$$

இவ்வாய்பாட்டைக் கொண்டு நிலைமத் திருப்புத்திறனைக் கணக்கிடு.

நூல்களின் நீளத்தை மாற்றியமைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்.

இவ்வாறே பாளத்தை மற்ற இருமுகங்களிலுள்ள கொக்கி களிலிருந்து முறையே தொங்கவிட்டுச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். அளவீடுகளை அட்டவணைப் படுத்து.

காட்சிப்பதிவுகள்

வரிசை எண்	பாளத்தின் நிலை	நூலின் நீளம் l செ. மீ.	$2d_1$ செ. மீ.	$2d_2$ செ. மீ.	20 அலைவுகளுக்கான நேரம் செக.				அலைவுநேரம் T செக.	நிலைமத்திருப்புத்திறன் I கிராம் செக.^{2}
					1	2	3	சராசரி		
	முகம் *ac* கிடையாக									
	முகம் *bc* கிடையாக									
	முகம் *ab* கிடையாக									

பாளத்தின் எடை M ....கிராம்

சரி பார்த்தல்

வெவ்வேறு முகங்கள் கிடையாகவுள்ள பொழுது பாளத்தின் நிலைமத் திருப்புத்திறன் வெவ்வேறாய் இருக்கும். நிலைமத்திருப்புத் திறனைப் பாளத்தின் பரிமாணங்களை அளந்தும் கணக்கிடலாம்.

பாளங்களின் பரிமாணங்களைத் திருத்தமாக அளவிடு. a, b என்ற இரு பக்கங்களையுடைய முகத்திற்குச் செங்குத்தான அச்சைச் சார்ந்த நிலைமத் திருப்புத் திறன் I பின் வரும் சமன்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

$$I = M \left\{ \frac{a^2+b^2}{12} \right\}$$

M—பாளத்தின் நிறை.

மூன்று முகங்களும் கிடையாக உள்ள நிலையில் செங்குத்து அச்சைப்பற்றிய பாளத்தின் வெவ்வேறு நிலைமத் திருப்புத்திறன்களைக் கணக்கிடு. இவற்றைச் சோதனை மூலம் கண்டறிந்த மதிப்புகளுடன் ஒத்திட்டுப்பார்.

முடிவு

வரிசை எண்	பாளத்தின் நிலை	பாளத்தின் நிலைமத்திருப்புத் திறன் கிராம். செ. மீ.^{2}	
		சோதனை மூலம்	கணக்கிடப் பட்டது
1	முகம் a c கிடையாக		
2	முகம் b c கிடையாக		
3	முகம் a b கிடையாக		

நுண்புழை ஏற்றம் மூலம் பரப்பு இழுவிசை (Surface Tension by Capillary Rise)

நோக்கம்

நுண்புழை ஏற்றத்தை அளந்து ஒரு திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையைக் காணல்.

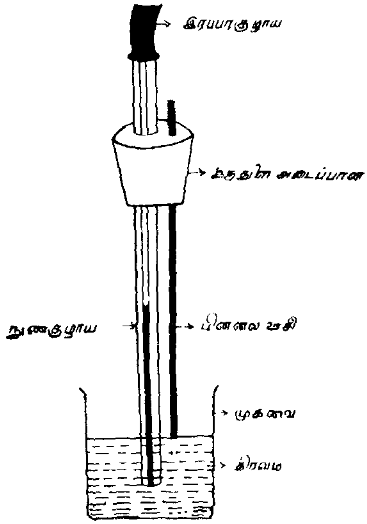
தேவையான ஆய்கருவிகள்

சில நுண்குழாய்கள், வெர்னியர் நுண்ணோக்கி, ஒரு முகவையில் திரவம், ஒரு முகவையில் நீர், பின்னல் ஊசி (Knitting needle), ஹேர் ஆய்கருவு (Hare's apparatus)

செய்முறை

பரப்பு இழுவிசை காணும் சோதனைகளில் கொள்ளப்படும் நுண்குழாய்கள் துப்புரவானவையாக இருக்கவேண்டும். முறையே குழாய்களை எரிசோடா (caustic soda) கரைசல், குழாய் நீர், நைட்ரிக் அமிலம், எண்ணெய்ப் பசையில்லாத நீர் இவற்றில் கழுவு.

இருதுளை அடைப்பானில் ஒரு துளை வழியாக நுண்குழாயையும், மற்றொன்று வழியாகப் பின்னல் ஊசியையும் செருகு. ஒரு தாங்கியிலுள்ள பற்றிப் பொருத்தியில் நுண்குழாயும் பின்னல் ஊசியும் செங்குத்தாக அமையுமாறு அடைப்பானைப் பொருத்து.



I 48

நுண்குழாயின்கீழ்த் திரவமுள்ள ஒரு முகவையை வை. நுண்குழாயின் அடிப்பாகம் திரவத்தில் அமிழ்ந்திருக்க வேண்டும். சிறிய ரப்பர்க்குழாய் ஒன்றை நுண்குழாயின் மேல் முனையில் பொருத்து. இதைச் சில முறை அழுத்திவிட்டால், திரவம் நுண்குழாய்த் துளையை நனைக்கும் (wets) நுண்குழாய்த் துளையிலுள்ள காற்றுக்குமிழிகளும் நீக்கப்படும். நுண்குழாயினுள் திரவம் உயர்ந்து காணப்படும். நுண்குழாய்த் துளையிலுள்ள திரவத் தம்பம் துண்டுபடாமல் இருக்கவேண்டும். பின்னல் ஊசியின் முனை முகவையிலுள்ள திரவத்தின் பரப்பைச் சற்றே தொடுமாறு அமை.

நுண்குழாய்க்கு முன் வெர்னியர் நுண்ணோக்கியை வை. நுண்ணோக்கியின் அச்சுக் கிடைமட்டமாக இருக்குமாறும், அது நுண்குழாயின் அச்சு வழியாகச் செல்லுமாறும் அமை. குறுக்கிணைக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு கண்ணருகுகருவியைச் சரிசெய். நுண்குழாய் தெளிவாகத் தெரியுமாறு நுண்ணோக்கியைக் குவியப் படுத்திச் சரி செய். நுண்ணோக்கியை மேலே அல்லது கீழே நகர்த்தி, திரவத்தின் பிறைத்தளம் (meniscus) தெளிவாகத் தெரியுமாறு நுண்ணோக்கியைச் சரி செய். கிடைக் குறுக்கிணைக் கம்பி பிறைத் தளத்தின் உச்சியில் தொடுகோடாய் இருக்குமாறு அமை. நுண்ணோக்கியிலுள்ள செங்குத்து அளவுகோலில் குறியீட்டைக் காண்.

நுண்குழாய் மற்றும் பின்னல் ஊசி இவற்றின் நிலைகள் மாறாமல் எச்சரிக்கையுடன் திரவமுள்ள முகவையை அப்புறப்படுத்து. நுண்ணோக்கியைக் கீழ்நோக்கி நகர்த்திக் கிடைமட்டக் குறுக்குக்கம்பி பின்னல் ஊசியின் முனையுடன் ஒன்றிக்குமாறு அமை. செங்குத்து அளவுகோலில் குறியீட்டைக் காண். இரு குறியீடுகளுக்குமிடையே யுள்ள மாறுபாடு நுண்புழை ஏற்றத்தைத் தரும். நுண்குழாயைச் சற்று மாற்றியமைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய். சராசரி நுண்புழை ஏற்றத்தைக் கணக்கிடு.

நுண்குழாய்த் துளையின் ஆரத்தைத் திரவத்தின் பிறைத்தளம் அதனுள் அமையுமிடத்தில் காண வேண்டும். துளையின் விட்டம் சீராய் இருந்தால், அதைக் குழாயின் முனைகளிலேயே நுண்ணோக்கி யைக்கொண்டு அளக்கலாம். உருக்கி இழுக்கப்பட்ட குழாயானல் Drawn out tube) பிறைத்தளமமையுமிடத்தில் ஒரு குறியிட்டு அவ் விடத்தில் குழாயைக் குறுக்காக வெட்டி ஆரத்தைக் காணவேண்டும்

ஆரத்தை அளக்கக் குழாயைக் கிடை மட்டமாகப் பொருத்து குழாயின் வெட்டுமுகம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு நுண்ணோக்கி யைக் குவியப்படுத்திச் சரி செய். கிடை மட்டத்திலும் செங்குத்து மட்டத்திலும் விட்டங்களை அளந்து சராசரி விட்டத்தைக் காண் ஆரத்தைக் கணக்கிடு (r).

இவ்வாறே மற்றக் குழாய்களைக் கொண்டு சோதனையைத் திரும்பச் செய்.

ஹேர் ஆய்கருவியைக்கொண்டு திரவத்தின் சராசரி அடர்த்தி யைக் கணக்கிடு (d). திரவத்தின் வெப்பநிலையை ஒரு வெப்பநிலை மானியைக்கொண்டு காண்.

திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை T ஆனல்,

$$T = \frac{rdg}{2}\left(h + \frac{r}{3}\right)$$

$$\left[\frac{r}{3} \text{ பிறைத்தளத்திற்கான திருத்தம்}\right]$$

காட்சிப்பதிவுகள்

திரவத்தின் வெப்பநிலை : t °C

நுண்ணோக்கியிலுள்ள வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை........செ.மீ.

நுண்புழை ஏற்றம்

வரிசை எண்	பிறைத்தளத்தின் அடிப்பாகத்தின் அளவீடு செ. மீ.	பின்னல் ஊசியின் முனையின் அளவீடு செ. மீ.	மாறுபாடு (நுண்புழைஏற்றம்) h செ. மீ.

சராசரி..............

வரிசை எண்	திரவத்தம்ப உயரம் (h_1) செ. மீ.	நீர்த்தம்ப உயரம் (h_2) செ. மீ.	திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி $d=h_2/h_1$

சராசரி

முடிவு

திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை ($t°C$ வெப்ப நிலையில்) ....டைன்/செ.மீ.

பரப்பு இழுவிசை—துளி எடை முறை
(Surface Tension—Drop Weight Method)

நோக்கம்

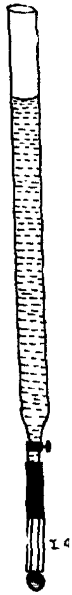
துளி எடைமுறையில் 1. நீரின் பரப்பு இழுவிசை, 2. திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை, 3. திரவம், நீர் இவற்றின் முகவிடைப் பரப்பு விசை (Interfacial Tension) இவற்றைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

பியூரெட்டு, 5 மில்லிமீட்டருக்குக் குறைவான விட்டமுள்ள கண்ணடிக் குழாய்கள், மூன்று சிறிய முகவைகள், நீர், திரவம். தராசு, எடைப்பெட்டி, ஹேர் ஆய்கருவி, வெர்னியர் நுண்ணோக்கி.

செய்முறை

பியூரெட்டைத் துப்புரவாக்கிய பின்னர் ஒரு தாங்கியில் செங்குத்தாக அமையுமாறு பொருத்து. அதன் அடி முனையில் சிறிய ரப்பர்க் குழாயைப் பொருத்து. கொடுக்கப்பட்டுள்ள கண்ணடிக் குழாய்களை முறையே எரி சோடாக் கரைசல் (Caustic soda solution), குழாய் நீர், நைட்ரிக் அமிலம், எண்ணெய்ப்பசை இல்லாத நீர் இவற்றில் கழுவித் துப்புரவு செய். ஒரு கண்ணடிக்குழாயை பியூரெட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள ரப்பர்க் குழாயில் செருகு. ஒரு தாங்கியில், பற்றிப் பொருத்தியினுதவியால் இக்கண்ணடிக் குழாய் செங்குத்தாக இருக்குமாறு அமை. பியூரெட்டுக்கு அடைப்புக் குமிழ் (Stop-cock) இல்லாவிடில் ஒரு திருகு இறுக்கியை (Screw clip) ரப்பர்க் குழாயில் பொருத்து.



1. **நீரின் பரப்பு இழுவிசை:** பியூரெட்டில் நீரைக் கொள். பியூரெட்டுக்கடியில் ஒரு முகவையை வை. கண்ணடிக்குழாய் முழுவதும் காற்றுக்குமிழிகளில்லாமல் நீர் நிரம்புமாறு செய்த பின்னர், அக்குழாயிலிருந்து நீர் தனித்தனி துளிகளாகவும், ஒரு நிமிடத்திற்கு ஏறத்தாழ நான்கு துளிகள் குழாயிலிருந்து வெளியேறுமாறும் அடைப்புக் குமிழைச் (திருகு இடுக்கியை) சரிசெய்.

துப்புரவாக்கப்பட்ட, ஈரமில்லாத ஒரு சிறிய முகவையின் எடையைக் காண். அதை பியூரெட்டுக்கு அடியில் வைத்துக் குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கை (எடுத்துக்காட்டாக 100) நீர்த்துளிகளைத் திரட்டு. பின்னர் நீருடன் முகவையின் நிறையைக் காண். கண்ணடிக்குழாயை வெளியே எடுத்துக் கிடைமட்டத் தாங்கியில் பொருத்தி, இயங்கு நுண்ணோக்கியைக்கொண்டு அதன் வெளி விட்டத்தை இரு செங்குத்துத் திசைகளில் அள. சராசரி வெளி விட்டத்தைக் கண்டு ஆரத்தைக் (r) கணக்கிடு.

இச்சோதனையைப் பாரஃபின் மெழுகு (Paraffin Wax) பூசப்பட்ட கண்ணடிக்குழாயைக்கொண்டும் செய்யலாம். கண்ணடிக்குழாயின்

ஒரு முனையை உருகிய பாரஃபின் மெழுகில் தோய்த்து எடு. குழாயின் உட்புறத்தில் மெழுகு இல்லாமல் சுரண்டி எடு. குழாயின் விளிம்பில் (rim) மட்டும் மெழுகுப் பூச்சுள்ளவாறு செய். இக் கண்ணடிக்குழாயை பியூரெட்டுக்கு அடியில் பொருத்தி, சோதனையை மேற்கூறியவாறே செய். ஆனல், இக்குழாயின் உள் விட்டத்தைக் கண்டு அதன் உள் ஆரத்தைக் கணக்கிடு. மெழுகுப் பூச்சுள்ளதால் திரவம் குழாயின் விளிம்பை ஈரமாக்க முடியாது. துளிகள் குழாயின் உள் விட்டத்தைக்கொண்டே அமையும்.

ஒரு துளியின் எடையை 'm' எனவும், ஈர்ப்பு முடுக்கத்தை 'g' எனவும், பரப்பு இழுவிசையை 'T' எனவும் கொண்டால்,

$$T = \frac{mg}{\pi r}$$

π-ன் மதிப்பை 3·8 எனக் கொள்ளவேண்டும். இது ராலே திருத்தம் (Rayleigh's Correction) எனப்படும்.

ஆதலால், $T = \frac{mg}{3{\cdot}8\, r}$

பரப்பு இழுவிசையைக் கணக்கிடு.

2. திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை

இவ்வாறே பியூரெட்டில் திரவத்தை நிரப்பிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்து திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையைக் கணக்கிடு.

காட்சிப் பதிவுகள்

திரவம்	குழாய்	விட்டம் 'r' செ.மீ.	முகவையின் எடை w_1 கிராம்	100 துளி களுடன் முகவையின் எடை w_2 கிராம்	100 துளி களின் எடை (w_2-w_1) கிராம்	ஒரு துளியின் எடை m $\times \frac{w_2-w_1}{100}$ கிராம்	பரப்பு இழுவிசை $T = \frac{mg}{3 \cdot 8r}$ டைன் செ.மீ.
	i துப்புரவானது ii மெழுகுப் பூச்சுள்ளது						
	i துப்புரவானது ii மெழுகுப் பூச்சுள்ளது						

துப்புரவான குழாயின் வெளி விட்டம் : செ,மீ.
மெழுகுப் பூச்சுள்ள குழாயின் உள் விட்டம் : செ.மீ.

3. திரவம், நீர் இவற்றின் முகவிடைப் பரப்பு விசை

திரவம், நீர் இவற்றுள் அடர்த்தி அதிகமுள்ளதை பியூரெட்டில் கொள். நீர் அதிக அடர்த்தி உள்ளது எனக் கொள்வோம். பியூரெட்டில் நீரைக்கொள். பியூரெட்டின் அடிப்பாகத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரப்பர்க் குழாயில் ஒரு துப்புரவான கண்ணுடிக் குழாயைச் செருகு. கண்ணுடிக் குழாய்ச் செங்குத்தாக அமையுமாறு பற்றிப் பொருத்து. கண்ணுடிக் குழாயிலிருந்து நீர் நிமிடத்திற்குப் பத்து முதல் பதினைந்து வரை தனித் தனி துளிகளாக வெளியேறுமாறு அடைப்புக் குமிழை (திருகு இடுக்கியை)ச் சரிசெய். துப்புரவான ஒரு முகவையில் ஏறத்தாழ அரை அளவிற்குத் திரவத்தைக்கொண்டு அதன் எடையைக் காண். பின்னர் முகவையை பியூரெட்டின்கீழ் வைத்து, கண்ணுடிக் குழாயின் வாய் திரவத்தினுள் அமிழ்ந்திருக்குமாறு அமை. திரவத்தினுள் நீர்த்துளிகள் உருவாகும். 100 துளிகளைத் திரட்டிய பின்னர் முகவையின் எடையைக் காண். காட்சிப்பதிவுகளிலிருந்து திரவத்தினுள் உருவான 100 துளிகளின் எடையைக் கண்டு, ஒரு துளியின் எடையைக் கணக்கிடு. நுண்ணோக்கியைக்கொண்டு கண்ணுடிக்குழாயின் உள் ஆரத்தை (r) அள.

ஹேர் ஆய்கருவியைக்கொண்டு திரவம், நீர் இவற்றின் அடர்த்திகளின் விகிதத்தைக் காண்.

$$\frac{\text{திரவத்தின் அடர்த்தி}}{\text{நீரின் அடர்த்தி}} = \frac{d_2}{d_1} \text{ எனக்கொண்டால்,}$$

$$\text{திரவத்தில் நீர்த்துளியின் தோற்ற எடை} = m\,g\left(1 - \frac{d_2}{d_1}\right)$$

ஆதலால், திரவம், நீர் இவற்றின் முகவிடைப் பரப்பு விசை

$$T = \frac{mg}{3{\cdot}8r}\left(1 - \frac{d_2}{d_1}\right)$$

காட்சிப் பதிவுகள்

திரவத்துடன் முகவையின் எடை : w_1 .... கிராம்

100 நீர்த்துளிகள், திரவம் இவற்றுடன் முகவையின் எடை : w_2 .... கிராம்

100 நீர்த்துளிகளின் எடை : $(w_2 - w_1)$ .... கிராம்

ஒரு நீர்த்துளியின் எடை : $m = \frac{(w_2 - w_1)}{100} =$ ...... கிராம்

கண்ணுடிக் குழாயின் சராசரி ஆரம் : r 3.245×10^{-3} செ. மீ.

ஹேர் ஆய்கருவி

வரிசை எண்	நீர்த்தம்பத்தின் உயரம் h_1	திரவத் தம் பத்தின் உயரம் h_9	$\frac{\text{திரவத்தின் அடர்த்தி}}{\text{நீரின் அடர்த்தி}} = \frac{d^2}{d^1} = h_1/h_2$

$$\text{சராசரி} \quad \frac{d_2}{d_1} = \ldots\ldots\ldots$$

$$T = \frac{m g}{3{\cdot}8r}\left(1 - \frac{d_2}{d_1}\right) = \quad \ldots\ldots \text{ டைன்/செ,மீ}$$

முடிவு

சோதனைக்கூட வெப்பநிலையில்

1. நீரின் பரப்பு இழுவிசை .... டைன்/செ.மீ.
2. திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை .... டைன்/செ.மீ.
3. திரவம், நீர் இவற்றின் முகவிடைப் பரப்பு விசை .... டைன்/செ.மீ

'சியேர்ள்' முறுக்குத் தராசு
(Searle's Torsion Balance)

நோக்கம்

'சியேர்ள்' முறுக்குத் தராசைக்கொண்டு ஒரு திரவத்தின் பரப்பு, இழுவிசையைக் காணல்.

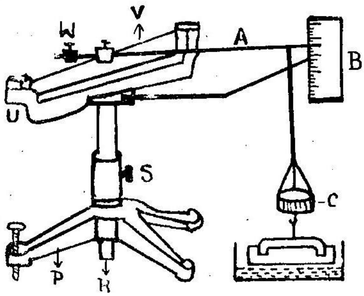
தேவையான ஆய்கருவிகள்

'சியேர்ள்' முறுக்குத் தராசு, ஆழமற்ற தட்டம் (Shallow basin). மெல்லிய செவ்வகக் கண்ணாடித் தகடுகள், காலிப்பர், திருகு அளவி, எடைப்பெட்டி.

அமைப்பு

சியேர்ள் முறுக்குத் தராசைக்கொண்டு ஒரு திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையைக் காணலாம். இதில் ஒரு முக்கவை உலோகச் சட்டம் (p) உள்ளது. இவ்வுலோகச் சட்டத்தின் மையத்திலுள்ள துளையில் மேலும் கீழும் நகருமாறு ஒரு செங்குத்துத் தண்டு (R) உள்ளது. இந்தத் தண்டின் உச்சியில் ஒரு ப-வடிவ உலோக அமைப்பு (U) பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

பக்கவாட்டில் அமைந்துள்ள ஒரு திருகைக் (S) கொண்டு தண்டை எந்நிலையிலும் பற்றிப் பொருத்தலாம். ப-வடிவ உலோக அமைப்பில் குறுக்காகக் கிடையான எஃகுக் கம்பி (v) இழுத்துப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கம்பிமீது நகருமாறு அதன் மையத்தில் ஒரு சிறிய உலோகப்பட்டை உள்ளது. இவ்வுலோகப் பட்டையை ஒரு திருகைக்கொண்டு கம்பி மீது பற்றிப் பொருத்தலாம். இவ்வுலோகப் பட்டையுடன் ஒரு நீண்ட குறி முள் (A) இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



I.50

இக்குறி முள்ளின் முனை ஒரு செங்குத்து அளவுகோலின் (B) அளவுக்குறிகள் (Graduations) மீது நகருமாறு அமைந்துள்ளது. குறி முள்ளின் மறுமுனை உலோகப்பட்டையின் மறுபுறம் சிறிது தொலைவு நீண்டிருக்கும். இம்முனையில் ஓர் எடை (w) செருகப்பட்டுள்ளது. குறி முள்ளின்மேல் எடையின் நிலையை மாற்றியமைத்துப் பற்றிப் பொருத்த முடியும். அளவுகோல்மீது நகரும் குறி முள்ளின் முனையிலிருந்து ஏறத்தாழ ஓர் செண்டி மீட்டர் தொலைவில் குறி முள்ளிலிருந்து ஓர் எடைத்தட்டு (C) தொங்க விடப்பட்டுள்ளது. இந்த எடைத்தட்டின் அடியில் ஒரு கொக்கி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இக்கொக்கியிலிருந்து ஓர் உலோகச் சட்டத்துடன் இணைக்கப்பட்ட கண்ணுடித் தகட்டைத் தொங்கவிடலாம். முக்கவையின் ஒரு காலில் உள்ள மறையில் இயங்கும் ஒரு திருகின் (D) உதவியால் அக் காலின் நிலையைச் செங்குத்துத் தளத்தில் மாற்றியமைக்கலாம்.

செய்முறை

ப-வடிவ உலோக அமைப்பைத் திருப்பி எடையைத் தாங்கும் குறிமுள்ளின் முனை திருகு பொருத்தப்பட்டுள்ள் காலுக்கு நேர்மேலே யுள்ளவாறு அமை. குறி முள்ளைத் தாங்கும் செங்குத்து விசை எஃகுக் கம்பியில் 'முறுக்கை' (Torsion) உண்டாக்கும். விசை அகற்றப்பட்டால் கம்பியிலுள்ள முறுக்கு இரட்டை (Torsional Couple) அதைச் சமநிலைக்குக் கொண்டு வரும்.

செவ்வகக் கண்ணாடித் தகட்டைத் தூசு, எண்ணெய்ப் பசையில் லாமல் துப்புரவு செய். அதை எடைத்தட்டின்கீழ்த் தொங்கும் உலோகச் சட்டத்தில் பொருத்து. தகட்டின் கீழ்பாகம் கிடைமட்ட மாக இருக்குமாறு அமை. குறி முள்ளின்மீதுள்ள எடையை (w) மாற்றி அமைத்துக் குறி முள்ளைக் கிடைமட்டமாக்கு. கொடுக்கப் பட்டுள்ள திரவத்தை ஆழமற்ற ஒரு தட்டத்தில் எடுத்துக்கொண்டு திரவத்தின் மேற்பரப்புக் கண்ணாடித் தகட்டின் அடிப்பாகத்திற்கு மிக அருகிலிருக்குமாறு தட்டத்தைப் பொருத்து. உலோகச் சட் டத்தைச் சற்றே கீழ் நோக்கித் தள்ளிக் கண்ணாடித்தகட்டின் அடிப் பாகம் திரவத்தில் அமிழுமாறு செய். திரவத்தின் பரப்பு இழு விசையால் கண்ணாடித் தகடு கீழ் நோக்கி இழுத்துப் பிடிக்கப்படு கிறது. கண்ணாடித் தகட்டைச் சற்று மேல் நோக்கி நகர்த்தினால் அதன் அடிப்பாகம் திரவத்தின் பரப்பைவிட்டு விலகுமாறு ப-வடிவ உலோக அமைப்பைப் பொருத்து. ஒரு காலில் பொருத்தப்பட்ட திருகை இயக்கிக் கண்ணாடித் தகட்டை மேல் நோக்கி நகருமாறு செய். குறிப்பிட்ட ஒரு நிலையில் கண்ணாடித்தகடு திரவத்தின் பரப்பை விட்டு விலகும். இவ்வாறு விலகுமுன் குறி முள் காட்டும் அளவு கோல் பிரிவைக் குறித்துக்கொள். குறி முள் நிலையான பின் கண்ணாடித்தகட்டைத் துடைத்து ஈரம் போக்கு. மேலே குறிக்கப் பட்டுள்ள பிரிவு வரை குறி முள் நகருமாறு எடைத்தட்டில் எடை களை வை. இந்த எடையைக் குறித்துக்கொள். சோதனையைப் பல முறை திரும்பச் செய்து சராசரி எடையைக் கணக்கிடு.

கண்ணாடித் தகட்டை வெளியே எடுத்துக் காலிப்பரைக் கொண்டு அதன் அடிப்பாகத்தின் சராசரி நீளத்தையும் (l), திருகு அளவியால் அதன் சராசரித் தடிப்பையும் (t) அள.

கண்ணாடித்தகட்டின் கீழ் முனையின் நான்கு பக்கங்களிலும் திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை செயற்படுகிறது. இதனால் கண்ணா டித்தகடு கீழ்நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. திரவத்தின் பரப்பு இழு விசை T ஆனால், இவ்விசையின் மதிப்பு $=2\,(l+t)\ T$. எடைத் தட்டில் வைக்கப்படும் எடை 'm' ஆனால், இந்த எடையாலுண்டாகும் கீழ் நோக்கு விசை $m\,g$ ஆகும்.

ஆதலால், $2\,(l+t)\,T = mg$

அல்லது $T = \dfrac{mg}{2\,(l+t)}$

காட்சிப்பதிவுகள்

கண்ணுடித் தகட்டின் அடிப்பாகத்தின் சராசரி நீளம்	l	....	செ.மீ.
கண்ணுடித்தகட்டின் சராசரித் தடிப்பு:	t	....	செ.மீ.
எடைத்தட்டில் வைக்கப்படும் சராசரி எடை	m	....	கிராம்.

$$T = \frac{mg}{2\,(l+t)}$$

என்ற சமன்பாட்டைக் கொண்டு திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையைக் கணக்கிடு.

முடிவு

திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை $t\,°\,C$ வெப்பநிலையில்)
= .... டைன்/செ. மீ.

'க்யூன்கே' துளி
(Quincke's Drop)

நோக்கம்

பாதரசத்தின் பரப்பு இழுவிசையையும், கண்ணுடியுடன் பாதரசத்தின் சேர் கோணத்தையும் (Angle of contact) 'க்யூன்கே' துளி முறையில் காணல்.

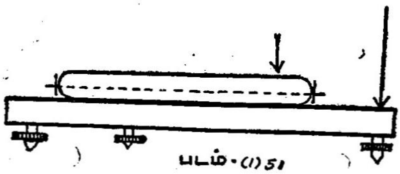
தேவையான ஆய்கருவிகள்

துப்புரவாக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணுடித் தகடு, துப்புரவான ஈரம் போக்கப்பட்ட பாதரசம், வெர்னியர் நுண்ணேக்கி, சரிமட்ட மேசை (levelling table), இரு குறி முட்கள் (pointers).

செய்முறை

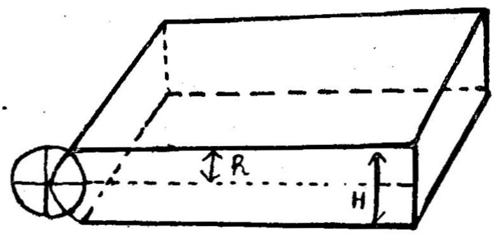
ஒரு குண்டு நூலைத் (Plumb line) தாங்கியிலிருந்து தொங்கவிடு. நுண்ணேக்கியில் குறுக்கிணைக்கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு கண்ணருகு கருவியைச் சரி செய். குண்டு நூலின்மேல் நுண்ணேக்கியைக் குவித்துச் சரிசெய்து செங்குத்துக் குறுக்கிணைக்கம்பி நூலுக்கு இணையாக இருக்குமாறு அமை. இப்பொழுது மற்ருெரு குறுக்கிணைக் கம்பி கிடைமட்டமாக அமையும்.

துப்புரவான கண்ணுடித்தகட்டை மூன்று சரிமட்டத்திருகுகள் (Levelling Screws) பொருத்தப்பட்ட மேசைமேல் வை. இரச மட்டத்தைக் (Spirit level) கொண்டு மேசையின் மேற்பரப்புத் திருத்தமாகக் கிடைமட்டத்தில் அமையும்படி செய். மேசைமீதுள்ள கண்ணுடித் தகட்டின்மேல் ஏறத்தாழ 5 செ.மீ. விட்டமுள்ள ஒரு பெரிய பாதரசத் துளியை அமை. துளியின்மேற்பரப்புத் தட்டையாகவும் கிடைமட்டமாகவும் இருக்கும். செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு குறி முள்ளின் முனை பாதரசத் துளியின் மேற்பரப்பைச் சற்றே தொடுமாறும், செங்குத்தாக நிறுத்தப்பட்ட மற்ருெரு குறி முள்ளின் முனை கண்ணுடித் தகட்டின் மேற்பரப்பைச் சற்றேதொடுமாறும் அமை. இரு குறி முட்களின் வழியாகச்செல்லும் செங்குத்துத்தளம், வெர்னியர் நுண்ணோக்கி நகரும் செங்குத்துத் தளத்திற்கு இணையாக இருக்க வேண்டும்.



படம்-(1) 51

நுண்ணோக்கியைத் துளிமேல் குவியப்படுத்திச் சரி செய். நுண்ணோக்கியைக் கிடைத்தளத்தில் நகர்த்தித் துளியின் குவிதளமுனை (convex edge) தெளிவாகத் தெரியுமாறு சரி செய். செங்குத்துக் குறுக்கிணைக் கம்பி துளியின் முன் நீண்டிருக்கிற (Protuberant) குவித் தள ஓரத்திற்குத் தொடுகோடாக இருக்குமாறு நுண்ணோக்கியைச் சரிசெய். செங்குத்து அளவுகோலில் குறியீட்டைக் காண் (R_1). துளியின் மேல்தளத்தைச் சற்றேதொடும் குறிமுள்ளின்முனை தெளிவாகத் தெரியுமாறு நுண்ணோக்கியை நகர்த்து. குறி முள்ளின் முனை கிடைமட்டக் குறுக்குக் கம்பியைத் தொட்டுத் தோன்றுமாறு செய், செங்குத்து அளவுகோலில் குறியீட்டைக் காண் (R_2). அவ்வாறே கண்ணுடித் தகட்டின் மேற்பரப்பைச் சற்றே தொடும் குறி முள்ளின் முனை கிடைமட்டக் குறுக்குக் கம்பியைத்தொட்டுத் தோன்றுமாறு செய்து செங்குத்து அளவுகோலில் குறியீட்டைக் காண் (R_3).



படம்-(1) 52

சோதனையைப் பல முறை திரும்பச்செய்.

கணக்கிடுதல்

R_2, R_3 காட்சிப் பதிவுகளுக்கிடையேயுள்ள மாறுபாடு துளியின் உயரத்தைத் (*H*) தரும். R_1, R_2 காட்சிப்பதிவுகளுக்கிடையேயுள்ள மாறுபாட்டை '*h*' எனவும், பாதரசத்தின் பரப்பு இழுவிசையை 'T' எனவும், பாதரசத்தின் அடர்த்தியை '*P*' எனவும், கண்ணுடியுடன் பாதரசத்தின் சேர்கோணத்தை θ எனவும் கொள்வோம்.

$$T = \frac{gPh^2}{2}$$

$$\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{H}{h}$$

காட்சிப்பதிவுகள்

வெர்னியர் நுண்ணேக்கியிலுள்ள வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவை } ... செ.மீ.

வரிசை எண்	செங்குத்து அளவு கோலில் குறியீடுகள்			$R_1 - R_2$ $= h$ செமீ.	$R_2 - R_3$ $= H$ செமீ.
	R_1 செமீ.	R_2 செமீ.	R_3 செமீ.		

h, *H* ஆகியவற்றின் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடு. பாதரசத்தின் அடர்த்தியை அட்டவணைகளிலிருந்து கொள். பாதரசத்தின் பரப்பு இழுவிசையையும், கண்ணுடியுடன் பாதரசத்தின் சேர்கோணத்தையும் கணக்கிடு.

முடிவு

பாதரசத்தின் பரப்பு இழுவிசை (T) ....டைன் / செ.மீ.
கண்ணுடியுடன் பாதரசத்தின் சேர்கோணம் (θ).........பாகைகள்.

திரவத்தின் பாகுநிலை எண்
(Coefficient of Viscosity of a liquid)

நோக்கம்

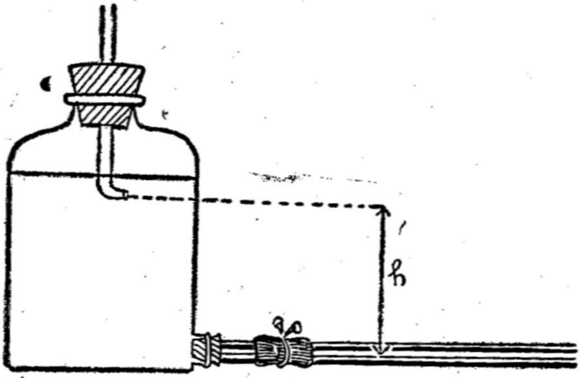
நுண்குழாயில் பாய்சல் ஓட்டத்தின் (Poiseulles' flow) மூலம் ஒரு திரவத்தின் பாகுநிலை எண்ணைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

ஆஸ்பிரேட்டர் (Aspirator), பியூரெட்டு, நுண்குழாய்கள் திரவம், ஹேர் ஆய்கருவி, நிறுத்து கடிகாரம்.

அமைப்பு

1. ஆஸ்பிரேட்டர் என்பது ஏறத்தாழ 3 லிட்டர் கொள்ள ளவுள்ள ஒரு கண்ணாடிக் குப்பி. இக்குப்பியின் புறவாய் (outlet) ஒரு



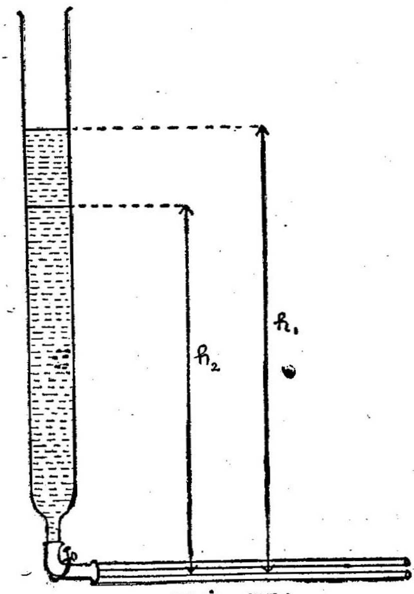
படம். (1) 53

துளை அடைப்பானால் மூடப்பட்டுள்ளது. இத்துளையில் ஒரு சிறிய கண்ணாடிக்குழாய் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கண்ணாடிக்குழாயுடன் ஒரு சிறிய ரப்பர்க்குழாய் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. நுண்குழாயின் ஒரு முனை ரப்பர்க்குழாயினுள் செருகப்பட்டுக் கிடைமட்டமாகத் தாங்கப்பட்டுள்ளது. ரப்பர்க்குழாயின்மேல் ஒரு நசுக்கு இறுக்கி (Pinch-clip) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தேவையில்லாத பொழுது திரவ ஓட்டத்தை நிறுத்த இது பயன்படுகிறது. ரப்பர்க்குழாயை நசுக்கு இறுக்கியைக்கொண்டு மூடி, ஆஸ்பிரேட்டரில் திரவத்தை நிரப்பு. இச்சோதனையில் ஆஸ்பிரேட்டரை விட்டு வெளியேறும் திரவத்தின் பருமன் சிறிதளவே இருக்கும். ஆதலால், ஆஸ்பிரேட்டருக்குள்ளிருக்கும் திரவத்தின் மட்டம் அதிகம் மாறுபடாது. சராசரி மட்டத்தைக்கொண்டு திரவத்தின் அழுத்த முகட்டைக் (Pressure head) கணக்கிடலாம்.

நிலையான அழுத்த முகட்டை வருமாறு அமைக்கலாம்.

ஆஸ்பிரேட்டரின் வாயை ஒருதுளை அடைப்பானால் கெட்டியாக மூடு. நீண்ட கண்ணாடிக்குழாயை அதனுள் செருகி, குழாயின் நீளத்துடன் ஒரு செங்கோணத்தை அமைக்குமாறு வளைக்கப்பட்டுள்ள அதன் அடியிலுள்ள முனை ஆஸ்பிரேட்டரிலுள்ள திரவத்தின் மட்டத்திற்கு ஓரிரண்டு சென்டிமீட்டர்கள் கீழே அமையுமாறு பொருத்து. திரவத்தில் அமிழ்ந்திருக்கும் கண்ணாடிக்குழாயின் முனையில் உள்ள அழுத்தம் வளி அழுத்தத்தை ஒத்திருக்கும் திரவ மட்டம் அம்முனையை அடையும் வரை அழுத்த முகடு நிலையாயிருக்கும்.

2. குறைவான திரவம் கொடுக்கப்பட்டால் அடைப்புக் குமிழில்லாத ஒரு பியூரெட்டைக் கொண்டு சோதனையைச் செய்யலாம் ஒரு தாங்கியில் திரவமுள்ள பியூரெட்டைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தவேண்டும் ரப்பர்க்குழாயைப் பொருத்தி, நுண்குழாயின் ஒரு முனையை ரப்பர்க் குழாயில் செருகு, நுண் குழாய் கிடைமட்டமாக இருக்குமாறு அமைக்க வேண்டும். ரப்பர்க் குழாய் மேல் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு நசுக்கு இறுக்கியால் திரவ ஓட்டத்தை நிறுத்த முடியும். இவ்வமைப்பில் அழுத்த முகடு நிலையாக இராது. அளவுக்குறியீடு செய்யப்பட்ட (graduated) பியூரெட்டானால், வெளியேறிய திரவத்தின் பருமனை எளிதில் காண முடியும்.



படம் - (1.54)

செய்முறை

தொடக்கத்தில் நுண்குழாயின் ஆரத்தை அள. ஈரம் போக்கிய நுண்குழாயினுள் பாதரசத்தை உறிஞ்சு. பாதரச இழை ஏறத்தாழ நுண்குழாய்த் துளையின் நீளத்திற்கு அமையுமாறு செய்ய வேண்டும். பாதரச இழையின் நீளத்தை அள. குழாயிலுள்ள பாதரசத்தை எடை காணப்பட்ட கண்ணாடிக் குழிதட்டில் (Water glass) ஊற்று. பாதரசத்துடன் கண்ணாடித் தட்டின் எடையைக்

காண். பாதரச இழையின் நீளம், அதன் எடை, பாதரசத்தின் அடர்த்தி இவைகளைக் கொண்டு நுண்குழாய்த் துளையின் ஆரத்தைக் கணக்கிடு. இச்சோதனையின் முடிவில் கணக்கிடக் கொள்ளப்படும் பாய்சல் வாய்பாட்டில் (Poiseuille's formula) ஆரத்தின் நான்காம் அடுக்கு (Fourth power) உள்ளதால், ஆரம் மிகத் திருத்தமாகக் காணப்படவேண்டும்.

நுண்குழாயைத் தூசும் எண்ணெய்ப்பசையும் இல்லாமல் துப்புரவாக்கு. இதற்கு அதை முறையே எரிசோடாக் கரைசல், குழாய் நீர், நைட்ரிக் அமிலம், எண்ணெய்ப்பசையில்லாத நீர் இவற்றால் கழுவு. ரப்பர்க்குழாயினுள் நுண்குழாயின் ஒரு முனையைச் செருகி நுண்குழாய்க் கிடைத்தளத்தில் அமையுமாறு பொருத்து. நசுக்கு இறுக்கியை ரப்பர்க்குழாயை விட்டு வெளியே எடுத்துத் திரவம் காற்றுக் குமிழ்களில்லாமல் ரப்பர்க்குழாயை நிரப்பிய பின்னர் நுண்குழாய் மூலம் பாயுமாறு செய். நுண்குழாயிலிருந்து திரவம் மெதுவாக வெளியேறும்.

[முன்னெச்சரிக்கை: ரப்பர்க்குழாய் வழியே திரவத்தின் ஓட்டம். எவ்விதத்தடையுமில்லாமலிருக்க வேண்டும். (அடைப்புக் குமிழ் பொருத்தப்பட்டுள்ள பியூரெட்டாய் இருந்தால், திரவம் அதன் வழியாகவும் எவ்விதத் தடையுமில்லாமல் பாயுமாறு அடைப்புக் குமிழை முழுதும் திறக்கவேண்டும்.) ~~ஒரு சிறிய நூலைத் திரவம் வெளியேறும் நுண்குழாயின் முனையில் தொங்கவிடு. இந்நூலின் வழியே திரவம் சிதறாமல் முகவையினுள் விழும்.~~) ஒரு சிறிய நூலைத் திரவம் வெளியேறும் நுண்குழாயின் முனையில் தொங்கவிடு. இந்நூலின் வழியே திரவம் சிதறாமல் முகவையினுள் விழும்.

ஒரு சிறிய முகவையின் நிறையைக் காண். நுண் குழாய் வழியே திரவத்தின் ஓட்டம் சீராக அமைந்த பின்னர் அதன் முனையின்கீழ் முகவையை வை. உடன் நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. பியூரெட்டில் (அல்லது ஆஸ்பிரேட்டரில்) திரவத்தின் மட்டத்தைக் குறித்துக்கொள். இம்மட்டத்திற்கும், கிடையான நுண்குழாயின் அச்சுக்குமிடையேயுள்ள செங்குத்து உயரத்தை (h_1) அள. விரும்பிய அளவு திரவம் முகவையில் திரட்டப்பட்டவுடன், முகவையை நகர்த்தி, நிறுத்து கடிகாரத்தையும் உடன் நிறுத்து. அதே நேரத்தில் பியூரெட்டில் (அல்லது ஆஸ்பிரேட்டரில்) திரவத்தின் மட்டத்தைக் குறி. நுண்குழாயின் அச்சுக்கும் திரவத்தின் மட்டத்திற்குமிடையேயுள்ள செங்குத்து உயரத்தை (h_2) அள. $\frac{h_1+h_2}{2}$ அழுத்த முகட்டின் உயரத்தைக் கொடுக்கும்.

[நிலையான அழுத்த முகடு (Constant pressure head) அமைக்கப் பட்டிருப்பதால் நுண்குழாயின் அச்சுக்கும் திரவத்தினுள் அமிழ்ந் திருக்கும் கண்ணுடிக்குழாயின் கிடைத்தள முனைக்குமிடையேயுள்ள செங்குத்துத் தூரத்தை அள. அது அழுத்த முகட்டின் உயரத்தைத் (h) தரும்.] திரவம் திரட்டப்பட்ட நேரத்தைக் (t) கணக்கிடு. திரவத்துடன் முகவையின் நிறையைக் கண்டு திரட்டப்பட்ட திர வத்தின் நிறையைக் (M) காண்.

$\frac{ht}{M}$ன் மதிப்பைக் கணக்கிடு. சோதனையைப் பல முறை திரும் பச் செய். $\frac{ht}{M}$ன் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடு.

ஹேர் ஆய்கருவியைக் கொண்டு திரவத்தின் ஒப்படர்த்தியைக் காண்.

காட்சிப்பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

1. நுண்குழாயின் ஆரம்

கண்ணுடிக் குழிதட்டின் நிறை	m_1......	கிராம்
பாதரசத்துடன் கண்ணுடித் தட்டின் நிறை	m_2......	கிராம்
பாதரச இழையின் எடை	$m = a_2 a_2 =$	கிராம்
பாதரச இழையின் நீளம்	1	செ.மீ.

நுண் குழாயின் சராசரி ஆரம் 'a' செ. மீ. ஆனல்,

$$a = \sqrt{\frac{m}{13{\cdot}6 \times \pi \times l}} \quad \text{செ.மீ.}$$

2. திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி

வரிசை எண்	திரவத் தம்பத்தின்உயரம் h_1 செ.மீ,	நீர்த்தம்பத்தின் உயரம் h_2 செ.மீ.	திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி $\frac{h_2}{h_1}$

சராசரி :

ஆதலால், திரவத்தின் அடர்த்தி (d) = ...கிராம்/க. செ. மீ.

3. முகவையின் எடை x_1 ......கிராம்

வரிசை எண்	அழுத்த முகட்டின் உயரம் (h) அல்லது $\frac{h_1+h_2}{2}$ செ.மீ.	திரவம் பாய்ந்த நேரம் t செக.	திரவத்துடன் முகவையின் எடை x_2 கிராம்	திரட்டப்பட்ட திரவத்தின் எடை $M=x_2-x_1$ கிராம்	$\frac{ht}{M}$

சராசரி $\frac{ht}{M}=\ldots\ldots$

'P' என்ற அழுத்த முகட்டினுல் 'l' நீளமுள்ளதும், 'a' ஆரமுள்ளதுமான ஒரு நுண்குழாய் மூலம், 't' நேரத்தில் பாயும் திரவத்தின் பருமன் V எனவும், அத்திரவத்தின் பாகுநிலை எண், 'η' எனவும் கொண்டால். இவற்றினிடையேயுள்ள இணைப்பைக் கீழ்க்காணும் பாய்சல் சமன்பாடு தருகிறது.

$$\frac{V}{t}=\frac{\pi Pa^4}{8l\eta}.$$

ஆனுல், $V=\frac{M}{d}$.

ஆதலால், $\frac{M}{dt}=\frac{\pi Pa^4}{8l\eta}$

P தனி அலகில் (Absolute unit) குறிக்கப்பட வேண்டும். ஆதலால், $P=hdg$ (g — ஈர்ப்பு முடுக்கம்).

$$\frac{M}{dt}=\frac{\pi hdga^4}{8l\eta}$$

அல்லது, $\eta=\left[\frac{\pi d^2a^4g}{8l}\right]\left[\frac{ht}{M}\right]$

இவ்வாய்பாட்டில் மேலே காணப்பட்டுள்ள $\frac{ht}{M}$ ன் சாராசரி மதிப்பைப் பதிலிட்டு (Substitute) திரவத்தின் பாகுநிலை எண்ணைக் கணக்கிடு.

முடிவு

திரவத்தின் பாகுநிலை எண் (சோதனைச்சாலை வெப்ப நிலையில் η = ... டைன்/செ. மீ^{2}. / வேகவாட்ட அலகு

(dyne/cm^2/unit velocity gradient)

திரவங்களின் பாகுநிலை எண்களை ஒப்பிடல் (Comparison of Viscosities of Liquids)

நோக்கம்

இரு திரவங்களின் பாகுநிலை எண்களின் விகிதத்தைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

பியூரெட்டு, நுண்குழாய்கள், நிறுத்து கடிகாரம், ஹேர் ஆய் கருவி, திரவங்கள், முகவைகள்.

செய்முறை

துப்புரவாக்கப்பட்டு ஈரம் போக்கப்பட்ட அடைப்புக் குமிழில்லாத பியூரெட்டைத் தாங்கியில் செங்குத்தாகப் பொருத்து. அதன் அடி முனையில் ஒரு சிறிய ரப்பர்க்குழாயைப் பொருத்து. ரப்பர்க் குழாய்மேல் ஒரு நசுக்கு இறுக்கியைப் பொருத்து. ரப்பர்க் குழாய்க்குள் துப்புரவாக்கப்பட்ட ஒரு நுண்குழாயைச் செருகு. நுண்குழாயின் அச்சுக் கிடைமட்டமாக இருக்குமாறு பொருத்து. ஒரு திரவத்தை பியூரெட்டினுள் ஊற்று. நசுக்கு இடுக்கியை விடுத்து நுண் குழாய் வழியாகத் திரவம் சீராகப் பாயுமாறு செய். பியூரெட்டில் திரவத்தின் மட்டும் சுழி அளவுக் குறியீட்டுக்கு நேராக அமையும் பொழுது நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு பியூரெட்டில் திரவத்தின் மட்டம் முறையே 10, 20, 30, 40, 50 கன சென்டி மீட்டர் அளவுக் குறியீடுகளுக்கெதிரே வர எடுத்துக் கொள்ளும் நேரங்களைக் காண். பியூரெட்டியிலுள்ள திரவத்தைக் கொட்டிவிட்டு, பியூரெட்டையும் நுண்குழாயையும் துப்புரவாக்கு. பின்னர் பியூரெட்டையும் நுண்குழாயையும் முன்னிருந்த நிலைகளிலேயே பொருத்து. இரண்டாவது திரவத்தை பியூரெட்டில் நிரப்பி முன் போலவே காட்சிப்பதிவுகளைக் காண்.

ஹேர் ஆய்கருவியைக் கொண்டு இரு திரவங்களுடைய அடர்த்திகளின் விகிதத்தைக் காண்.

காட்சிப்பதிவுகள் :

1. திரவங்கள் பாயும் நேரங்களின் விகிதங்கள்:

பியூரெட்டின் அளவுக் குறியீடு	முதல் திரவம்		இரண்டாம் திரவம்		$\frac{t_1}{t_2}$
	நிறுத்து கடிகாரக் காட்சிப் பதிவுகள்	10 க.செ.மீ. பாய நேரம் t_1	நிறுத்து கடிகாரக் காட்சிப் பதிவுகள்	10 க.செ.மீ. பாயநேரம் t_2	
க.செ.மீ.					
0					
10					
20					
30					
40					
50					

சராசரி $\frac{t_1}{t_2} = \ldots$

2. திரவங்களுடைய அடர்த்திகளின் விகிதம் :

வரிசை எண்	முதல் திரவத் தம்ப உயரம் h_1	இரண்டாவது திரவத் தம்ப உயரம் h_2	$\frac{\text{முதல் திரவத்தின் அடர்த்தி}}{\text{இரண்டாம் திரவத்தின் அடர்த்தி}}$	$= \frac{h_2}{h_1}$
	செ. மீ.	செ. மீ.		

சராசரி $\frac{h_2}{h_1} = \ldots$

ஆதலால், $\dfrac{\text{முதல் திரவத்தின் அடர்த்தி}}{\text{இரண்டாம் திரவத்தின் அடர்த்தி}} = \dfrac{d_1}{d_2} = \dfrac{h_2}{h_1} = \ldots\ldots$

திரவங்களின் பாகியல் எண்களை முறையே η_1 η_2 எனக்கொண்டால், பாய் சமன்பாட்டின்படி

$$\text{முதல் திரவத்திற்கு } \frac{10}{t_1} = \frac{\pi h d_1 g a^4}{8 l \eta_1} \qquad (1)$$

$$\text{இரண்டாம் திரவத்திற்கு } \frac{10}{t_2} = \frac{\pi h d_2 g a^4}{8 l \eta_2} \qquad (2)$$

அதே நுண்குழாய் உபயோகிக்கப்படுவதால் l, a மாறிலிகளாகவும், அதே நிலையில் பியூரெட்டும் நுண்குழாயும் பொருத்தப்படுவதால் அழுத்த முகட்டின் உயரம் 'h' மாறிலியாகவும் உள்ளன.

$$1 \div 2 \quad \frac{t_2}{t_1} = \frac{n_2}{n_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

$$\text{அல்லது, } \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1}{d_2} \times \frac{t_1}{t_2}$$

$\dfrac{d_1}{d_2}$ மேலும் $\dfrac{t_1}{t_2}$ இவற்றின் சராசரி மதிப்புகளைப் பதிலிட்டுத் திரவங்களின் பாகுநிலை எண்களின் விகிதத்தைக் கணக்கிடு.

முடிவு

முதல் திரவத்தின் பாகுநிலை எண்ணிற்கும் இரண்டாம் திரவத்தின் பாகுநிலை எண்ணிற்குமுள்ள விகிதம் $\dfrac{n_1}{n_2} = \ldots$

2. வெப்ப இயல்
(Heat)

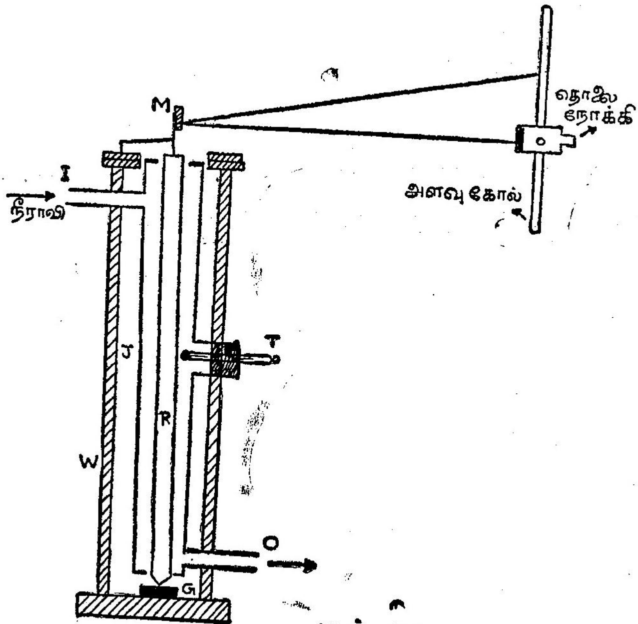
திடப்பொருளின் நீட்டப் பெருக்க எண்
(Coefficient of Linear Expansion of a Solid)

நோக்கம்

ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோலைக் கொண்டு ஒரு திடப் பொருளின் நீட்டப் பெருக்க எண்ணைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

நீட்சிப் பெருக்க ஆய்கருவி (Linear Expansion Apparatus), வெப்பநிலை மானி, ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல், தொலை நோக்கி—அளவுகோல், மீட்டர் அளவுகோல்.



படம் - (௨)

அமைப்பு

ஏறத்தாழ 50 செ. மீ. நீளமும் 5 மி. மீ. விட்டமுமுள்ள நீட்டப் பெருக்க எண் காணப்படவேண்டிய பொருளாலான தண்டு (R) செங்குத்தாக அமைந்த உருளை வடிவ உலோக உறை (J) ஒன்றினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. தண்டு மேல், கீழ் இருபுறங்களிலும் உருளைக் குச்சற்று வெளியே நீண்டிருக்கும். தண்டின் உச்சி முனை சமதளமாக உள்ளது. அதன் கூரான கீழ் முனை நிலையான தளத்தின் (G) மீது அமர்ந்துள்ளது. இதனல் தண்டின் நீட்சிப் பெருக்கம் (Linear-expansion) மேல் நோக்கி மட்டுமே இருக்க முடியும். உலோக உறையின் மேற்பகுதியிலும், கீழ்ப்பகுதியிலும் ஏற்பு வாயாகவும் (inlet), புறவாயாகவும் (outlet) இரு பக்கக் குழாய்கள் (I,O) அமைந் துள்ளன. இவை முறையே நீராவியை உட்செலுத்தவும், வெளி யேற்றவும் பயன்படுகின்றன. உறையின் நடுவேயுள்ள மற்ருெரு பக்கக் குழாய் வழியாக ஒரு வெப்பநிலைமானி (T) பொருத்தப் பட்டுள்ளது. வெப்பநிலை மானியைக்கொண்டு தண்டின் வெப்ப நிலையை அளக்கலாம். உலோக உறை ஒரு செங்குத்து மரச்சட் டத்தில் (W) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அச்சட்டத்தின் கிடைமட் டமான மேற்பரப்பில் உள்ள துளைவழியாக உறையின் மேல் முனை நுழைக்கப்பட்டுள்ளது. உறையினுள் வைக்கப்பட்டுள்ள தண்டின் சமதளமான உச்சி முனை, ஏறத்தாழச் சட்டத்தின் மேற்பரப்பி லுள்ள கிடைமட்டத் தளத்திலேயே அமையும். மரச்சட்டத்தின் மேற்பரப்பிலுள்ள துளையைச் சுற்றிக் கண்ணுடித் தகடு அமைக்கப் பட்டுள்ளது.

செய்முறை

உறையிலுள்ள உலோகத் தண்டை வெளியே எடுத்து அதன் நீளத்தைத் (L) திருத்தமாகக் காண். தண்டை உறையினுள் வை. வெப்பநிலை மானியின் குமிழ் (Bulb) தண்டைத் தொட்டிருக்குமாறு பொருத்து. தண்டின் தொடக்க வெப்பநிலையைக் (t_1) குறித்துக் கொள். முன்னுலுள்ள ஒற்றைக்கசல் தண்டின் மேற்பரப்பின் மையத்திலும், பின் இரு கால்களும் கண்ணுடித் தகட்டின் மேலும் அமருமாறு ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோலை (M) வை. தொலை நோக்கியையும் அளவுகோலையும் ஒளியியல் நெம்புகோலில் பொருத் தப்பட்டுள்ள சமதள ஆடிக்கெதிரிலும், அதிலிருந்து ஏறத்தாழ ஒரு மீட்டர் தொலைவிலும் வை. அளவுகோலை செங்குத்தாகப் பொருத்து. தொலைநோக்கியிலுள்ள கண்ணருகு கருவியைக் குறுக் கிணைக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு சரி செய். தொலை நோக் கியைத் திருப்பி அதன் அச்சு ஒளியியல் நெம்புகோலிலுள்ள சமதள ஆடியின் மையம் வழியாகச் செல்லுமாறு அமை. எதிரொளிப்பால் ஆடியில் தோன்றும் அளவுகோலின் பிம்பம் தெளிவாகத்

தெரியுமாறு தொலை நோக்கியைக் குவியப்படுத்து. கிடைமட்டக் குறுக்கிணைக் கம்பியுடன் ஒன்றிக்கும் அளவுகோலின் அளவுக் குறியீட்டை (s_1) எழுது.

நீண்ட ரப்பர்க் குழாயின் ஒரு முனையை ஆய்கருவியின் ஏற்பு வாயிலும், மற்றொரு முனையை ஒரு கொதிகலத்தின் புறவாயிலும் பொருத்தி, கொதிகலத்தில் உருவாகும் நீராவியை உலோக உறைக்குள் செலுத்து. நீராவி தண்டைச் சூடேற்றி, பின்னர் ஆய்கருவியின் புறவாய் வழியே வெளியேறும். தண்டின் நீட்சிப் பெருக்கம் முழுவதும் மேல்நோக்கியே இருக்கும். தண்டு நீட்சி பெருக்கமடைவதால் ஒளியியல் நெம்புகோலின் கால் மேல் நோக்கி நகர்த்தப்படுகிறது. இதனால் தொலை நோக்கியில் தெரியும் காட்சிப்பதிவு மாறும். தண்டைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் வெப்பநிலை மானியின் காட்சிப்பதிவு நிலையான பின்னர் நீராவியைத் தொடர்ந்து 15 நிமிடங்கள் உலோக உறைக்குள் செலுத்தி நீராவி செலுத்தப்படும் பொழுதே தொலை நோக்கியில் காட்சிப்பதிவையும் (s_2) வெப்பநிலை மானியின் காட்சிப்பதிவையும் (t_2) காண்.

அளவுகோலுக்கும் ஒளியியல் நெம்புகோலிலுள்ள ஆடிக்குமிடையேயுள்ள தொலைவை (D) அள.

ஒளியியல் நெம்புகோலை ஒரு காகிதத்தின்மீது வைத்து மெதுவாக அழுத்து. கால்கள் உண்டாக்கும் மூன்று புள்ளிகளைக் கொண்டு, முன்னுள்ள ஒற்றைக் காலிலிருந்து பின்னுள்ள இரு கால்களை இணைக்கும் நேர் கோட்டிற்கு ஒரு நேர்குத்துக் கோடு வரைந்து, அதன் நீளத்தை (x) அள.

காட்சிப்பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

தண்டின் நீளம்	:	L	செ.மீ.
தண்டின் தொடக்க வெப்பநிலை	:	t_1	°C
தண்டின் இறுதி வெப்பநிலை	:	t_2	°C
தொலைநோக்கியில் தொடக்கக் காட்சிப் பதிவு	:	s_1	செ.மீ.
தொலை நோக்கியில் இறுதிக் காட்சிப் பதிவு	:	s_2	செ.மீ.
தொலை நோக்கிக் காட்சிப் பதிவுகளின் மாறுபாடு	:	$s = (s_2 - s_1) =$	செ.மீ.
ஒளியியல் நெம்புகோலின் முன்காலுக்கும் பின்கால்கள் அமையும் தளத்திற்குமிடையேயுள்ள செங்குத்துத் தொலைவு	:	x	செ.மீ.

தண்டின் நீட்சிப் பெருக்கம் 'l' ஆனல்,

$$l = \frac{sx}{2D}$$

$$\left.\begin{array}{r}\text{தண்டாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள}\\ \text{பொருளின் நீட்டப் பெருக்க எண்}\end{array}\right\} = \frac{l}{L\,(t_2-t_1)} = \frac{sx}{2D\times L(t_2-t_1)}$$

முடிவு

தண்டாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் நீட்டப் பெருக்க எண் } ....

திரவத்தின் தோற்றப் பெருக்க எண்
(Coefficient of Apparent Expansion of a liquid)

நோக்கம்

அடர்த்திக் குப்பியைக்கொண்டு ஒரு திரவத்தின் தோற்றப் பெருக்க எண்ணைக் காணல்.

தவையான ஆய்கருவிகள்

அடர்த்திக் குப்பி, திரவம், நிலையான வெப்பநிலைத் தொட்டி (Constant temperature bath), வெப்பநிலை மானி, தராசு, எடைப் பெட்டி.

செய்முறை

ஈரமற்ற துப்புரவான அடர்த்திக் குப்பியின் நிறையைக் காண் (m_1). முகவையிலுள்ள திரவத்தின் வெப்ப நிலையைக் காண் (t_1). இதுவே திரவத்தின் தொடக்க வெப்பநிலையாகும். அடர்த்திக் குப்பியைத் திரவத்தினுல் நிரப்பி அடைப்பானைப் பொருத்து. குப்பியினுள் காற்றுக் குமிழிகள் இல்லாமலும், அடைப்பானிலுள்ள துளை திரவத்தால் நிரப்பப்பட்டுமிருக்க வேண்டும். ஒரு துவாலையினுல் குப்பியின் வெளிப்புறத்தைத் துடை. குப்பியை அதன் கழுத்தைப் பிடித்துத் தூக்கு. அதை ஒரு போதும் உள்ளங்கையில் வைக்காதே. அப்படிச் செய்தால், கையின் வெப்பத்தால் குப்பியிலுள்ள திரவம் விரிவடைந்து வெளியேறும். திரவம் நிரம்பியுள்ள குப்பியின் நிறையைக் காண் (m_2). குப்பியை ஒரு தாங்கியிலிருந்து, ஒரு நிலையான வெப்பநிலைத் தொட்டியில் தொங்கவிடு. குப்பி தொட்டியிலுள்ள திரவத்தில் கழுத்து வரை அமிழ்ந்திருக்குமாறு பொருத்து. வெப்பநிலைத் தொட்டியின் பெரும வெப்பநிலை அடர்த்தி குப்பியிலிருக்கும் திரவத்தின் கொதிநிலையைவிடக் குறைந்ததாக இருக்க வேண்டும்.

தொட்டிக்குச் சூடேற்று. குப்பியிலுள்ள திரவம் விரிவடைந்து அடைப்பானிலுள்ள துளை வழியே கசியும். இவ்வாறு வெளியேறும் திரவம் தொட்டியிலுள்ள திரவத்துடன் கலக்காமல் மையொற்றும் (வடிகட்டும்) தாளால் (blotting paper) துடை. தொட்டியிலுள்ள திரவம் நிலையான பெரும அளவு வெப்பநிலையை அடைந்ததும், அவ்வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள் (t_2). இதுவே திரவத்தின் இறுதி வெப்பநிலையாகும். திரவம் கசிவது நிற்கும் வரை இச்சீரான வெப்பநிலையில் அடர்த்திக் குப்பியை வை. குப்பியை வெளியே எடுத்துக் குளிர்வித்த பின்னர் அதன் வெளிப்புறத்தைத் துவாலை யால் துடை. எஞ்சியுள்ள திரவத்துடன் குப்பியின் நிறையைக் காண் (m_3).

குறிப்பு : எல்லா எடைகளையும் மில்லிகிராம் திருத்தமாகக் காண்

காட்சிப்பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

அடர்த்திக்குப்பியின் நிறை $= m_1 \ldots\ldots$ கிராம்

திரவம் நிரம்பியுள்ள அடர்த்திக்குப்பியின் நிறை $= m_2 \ldots\ldots$ கிராம்

திரவத்தின் தொடக்க வெப்பநிலை $= t_1 \ldots\ldots$ °C

தொட்டியின் சீரான பெரும அளவு வெப்பநிலை (திரவத்தின் இறுதி வெப்பநிலை) $= t_2 \ldots\ldots$ °C

எஞ்சியுள்ள திரவத்துடன் அடர்த்திக் குப்பியின் நிறை $= m_3 \ldots\ldots$ கிராம்

குப்பியில் கொள்ளப்பட்ட திரவத்தின் நிறை $= m_2 - m_1 \ldots$ கிராம்

குப்பியில் எஞ்சியுள்ள திரவத்தின் நிறை $= m_3 - m_1 = \ldots$ கிராம்

குப்பியிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்ட திரவத்தின் நிறை $= m_2 - m_3 = \ldots\ldots$ கிராம்

திரவத்தின் தோற்றப் பெருக்க எண்

$$= \frac{\text{வெளியேற்றப்பட்ட திரவத்தின் நிறை}}{\left(\text{எஞ்சியுள்ள திரவத்தின் நிறை}\right)\left(\text{வெப்பநிலை மாறுபாடு}\right)}$$

$$= \frac{m_2 - m_3}{(m_3 - m_1)\ (t_2 - t_1)} = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

முடிவு

திரவத்தின் தோற்றப் பெருக்க எண் ....

காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண்
(Pressure Coefficient of Air)

நோக்கம்

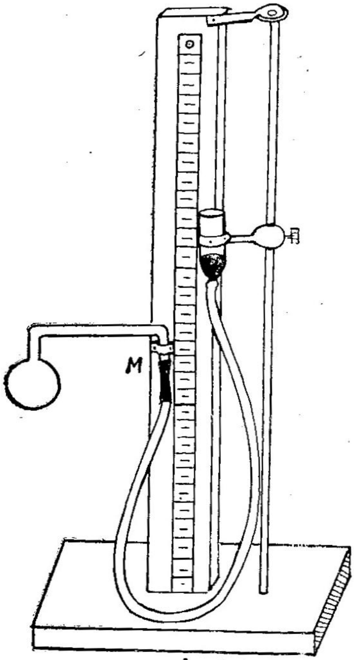
காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண்ணைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

அழுத்தப் பெருக்க எண் ஆய்கருவி (Presswe Coefficient apparatus), தீர்த் தொட்டி (Water balth), வெப்பநிலைமானி..

அமைப்பு

அழுத்தப் பெருக்க எண் ஆய் கருவி, **ஜாலி** ஆய்கருவி (Joly's Apparatus) என்றும் வழங்கப்படுகிறது. **பாயில்** ஆய்கருவியிலுள்ள மூடப்பட்ட குழாய்க்குப் பதில் ஜாலி குமிழைப் (Joly's bulb) பொருத்தி இந்த ஆய்கருவி உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. ஜாலி குமிழில் இருமுறை நேர்கோணத்தில் வளைக்கப்பட்ட நுண்குழாயின் ஒருமுனை, கோள வடிவமான ஒரு குமிழுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. நுண்குழாயின் மறுமுனை பாதரசமுள்ள ரப்பர்க்குழாயில் செருகப்பட்டுள்ளது. ரப்பர்க் குழாய் இணைக்கப்பட்டுள்ள முனைக்குச் சற்று மேலே நுண் குழாய்மேல் ஒரு நிலையான குறி (fixed mark) M போடப்பட்டுள்ளது. குமிழில் உள்ள காற்று குறைபாடில்லாமல் ஈரம் போக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். இதை உறுதியாக்கக் குமிழுள் சில அடர்கந்தக அமிலத் துளிகளை வைக்கலாம்.



படம் - (π) 2

செய்முறை

ஃபார்ட்டின் பாரமானியைக் கொண்டு வளி அழுத்தத்தைக் காண். தொட்டியிலுள்ள நீரில் ஜாலி குமிழ் முழுவதும் அமிழ்ந்திருக்குமாறு நீர்த்தொட்டியை அமை. வெப்பநிலை மானியைக் கொண்டு நீர்த்தொட்டியின் வெப்பநிலையைக் காண். நுண் குழாயில் பாதரச மட்டம் நிலையான குறியுடன் ஒன்றிக்குமாறு ஆய்கருவியிலுள்ள மூலக்குழாயைச் சரிசெய். இரு குழாய்களிலுள்ள பாதரச மட்டங்களின் உயரங்களை ஆய்கருவியிலுள்ள அளவு கோலில் கண்டு, அவற்றின் மாறுபாட்டைக் கணக்கிடு. இம்மாறுபாட்டை வளி அழுத்தத்துடன் கூட்டி (நிலையான குறி மூலக் குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டத்தைவிடத் தாழ்வான நிலையில் இருந்தால்

அல்லது வெளி அழுத்தத்திலிருந்து கழித்து (நிலையான குறி மூலக் குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டத்தைவிட உயர்வான நிலையில் இருந்தால்) ஜாலிக் குமிழிலடைப்பட்டுள்ள காற்றின் அழுத்தத்தைக் கணக்கிடு.

தொட்டியை மெதுவாகவும் சீராகவும் சூடாக்கு. தொட்டியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலை சீராக இருக்க, அதைத் தொடர்ந்து ஒரு கலக்கியால் கலக்கு. நீரின் வெப்பநிலை 40°C ஆனவுடன் சூடேற்றுவதை மட்டுப்படுத்தி, நீரின் வெப்பநிலை அதே அளவில் சில நிமிடங்கள் நிலையாக இருக்குமாறு செய். நுண்குழாயிலுள்ள பாதரசமட்டம் நிலையான குறியுடன் ஒன்றிருக்குமாறு மூலக் குழாயைச் சரி செய். மூலக்குழாயிலுள்ள பாதரசமட்டத்தின் காட்சிப்பதிவுகளைக் காண். இவ்வாறே 50, 60, 70, 80, 90°C வெப்ப நிலைகளிலும் நீரின் கொதிநிலையிலும் காட்சிப்பதிவுகளை எடு.

தொட்டியைக் குளிரவைத்துச் சூடேற்றும் பொழுது காட்சிப் பதிவுகளைக் கண்ட அதே வெப்பநிலைகள் ஒவ்வொன்றிலும் காட்சிப் பதிவுகளை எடு.

கணக்கிடுதல்

ஒவ்வொரு வெப்பநிலையிலும் கண்டுள்ள மூலக்குழாயின் பாதரச மட்டக் காட்சிப்பதிவுகளின் சராசரியைக் கணக்கிடு. இரு குழாய்களிலுமுள்ள பாதரச மட்டங்களின் மாறுபாட்டைக் கண்டு, அந்த வெப்பநிலையில் குமிழுக்குள் இருக்கும் காற்றின் மொத்த அழுத்தத்தைக் கணக்கிடு.

பருமன் மாறாத குறிப்பிட்ட எடையுள்ள காற்றின் அழுத்தம் $t_1°c$, $t_2°c$ வெப்பநிலைகளில் முறையே P_1, P_2 ஆனால், காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண்ணைக் (∝) கீழ்க்காணும் வாய்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

$$\propto = \frac{P_2 - P_1}{P_1 \times t_2 - P_2 x t_1}$$

வளி அழுத்தம் : H 76 செ. மீ. பாதரசம்.

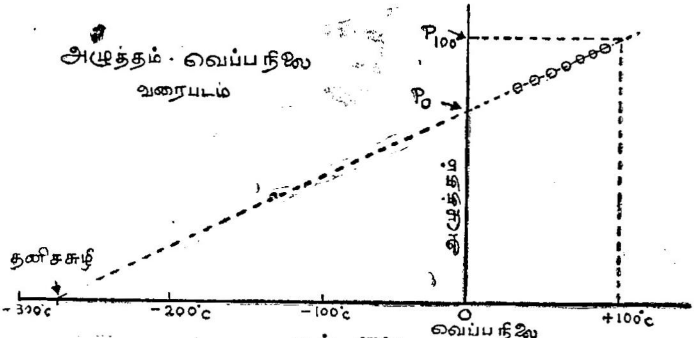
நிலையான குறியின் (M) காட்சிப்பதிவு 25 செ. மீ.

தொட்டியின் வெப்ப நிலை °C	மூலக்குழாயில் பாதரச மட்டத்தின் காட்சிப்பதிவு			பாதரச மட்டங்களின் மாறுபாடு h	மொத்த அழுத்தம் $P = H \pm h$	காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண்
	சூடேற்றும் பொழுது	குளிர்விக்கும் பொழுது	சராசரி			
தொடக்க வெப்பநிலை						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
கொதி நிலை						

சராசரி

வரைபடம்

வெப்பநிலையை X அச்சிலும் மொத்த அழுத்தத்தை Y அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரை. இது ஒரு நேர்கோடாக அமையும்.



படம். (II) 3

அக்கோட்டை இரு புறங்களிலும் நீட்டிக் குமிழுக்குள்ளிருக்கும் காற்றின் அழுத்தங்களை $0°$ L, $100°$ C வெப்பநிலைகளில் காண். இவற்றை முறையே P_0, P_{100} எனக் கொள்.

$$\propto = \frac{P_{100} - P_0}{P_0 \times 100},$$

காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண்ணைக் கணக்கிடு.

X அச்சை வெட்டுமாறு கோட்டை மீண்டும் நீட்டிக் காற்றின் அழுத்தம் சுழியாகும் வெப்பநிலையைக் காண். அதுவே தனிச்சுழி (Absolute zero)

முடிவு

காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண் =........
தனிச்சுழி (absolute zero) =........

காற்றின் பருமப் பெருக்க எண்
(Volume Coefficient of Air)

நோக்கம்

காற்றின் பருமப்பெருக்க எண்ணைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

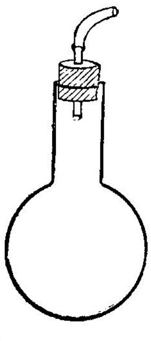
ஏறத்தாழ 500 க. செ. மீ. கொள்ளுமாறு வட்டவடிவ அடிப்பாகத்தை உடைய (round bottomed) கண்ணாடிக் குடுவை, நீர்த் தொட்டி, ஒரு வாளியில் நீர், வெப்பநிலை மானி, திருகு இடுக்கி, அளவுச்சாடி (Graduated jar).

செய்முறை

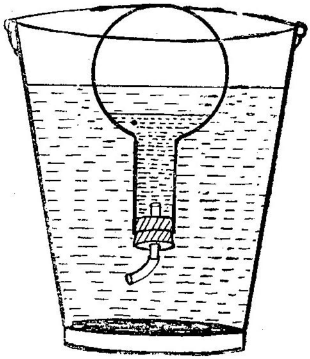
திருத்தமான முடிவு காண இச்சோதனையில் பயன்படுத்தும் கண்ணாடிக் குடுவை துப்புரவாக ஈரம் போக்கப்பட்டிருக்கவேண்டும். இக்குடுவையின் வாயை ஒரு துளை அடைப்பானால் மூடு. துளை யில் ஒரு சிறிய கண்ணாடிக்குழாயைச் செருகு. கண்ணாடிக் குழா யில் சிறிய ரப்பர்க் குழாயைப் பொருத்து. இணைப்புகள் காற் றுப்புகாதவாறு (Air tight) அமைய வேண்டும்.

கண்ணாடிக் குடுவையைச் செங்குத்தாக நீர்த்தொட்டியில் பொருத்து. குடுவையை அதன் கழுத்து வரையில் நீரில் அமிழ்ந் திருக்குமாறு தாங்கியில் பற்றிப் பிடி. தொட்டிக்குச் சூடேற்று. குடு வையை 30 நிமிடங்கள் கொதிக்கும் நீரில் வை. கொதிநீரின் வெப்ப நிலையைக் காண் (t_2). திருகு இடுக்கியைக்கொண்டு ரப் பர்க்குழாயைக் காற்றுப் புகாதவாறு கெட்டியாக மூடு. குடுவை யைத் தொட்டியிலிருந்து வெளியே எடுத்து வாளியிலுள்ள குளிர்ந்த நீரில் தலை கீழாக அமிழ்த்து. குடுவையும் அதனுள்ளிருக்கும் காற் றும் வாளியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையை அடைந்ததும் நீருக் குள்ளேயே திருகு இடுக்கியை நீக்கி ரப்பர்க்குழாயைத் திறந்து விடு. குடுவைக்குள் காற்றின் அழுத்தம் குறைந்துள்ளதால், அத னுள் நீர் நுழைகிறது. வாளியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையைக் காண் (t).

ரப்பர்க்குழாய் நீரை விட்டு வெளியே வாராமல் குடுவையை உயர்த்தி அல்லது தாழ்த்திக் குடுவையிலுள்ள நீர்மட்டம் வாளியி



படம் (II)4



படம் (II)5

லுள்ள நீர்மட்டத்திற்குச் சமமாக இருக்குமாறு பிடி. இந்நிலையில் ரப்பர்க்குழாயைத் திருகு இடுக்கியால் மூடி, குடுவையை வெளியே எடுத்து அதனுள் நுழைந்துள்ள நீரின் பருமனை அளவுச்சாடியால்

அள (x). நீரின் கொதிநிலையில் குடுவை இருந்த பொழுது, திருகு இடுக்கி ரப்பர்க் குழாயில் பொருத்தப்பட்ட மட்டம்வரை, குடுவை முழுவதும் நீரால் நிரப்பி அந்நீரின் பருமனை அள (V).

காட்சிப்பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

வாளியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலை $= t_1$.........°C
நீரின் கொதிநிலை $= t_2$.........°C
குடுவையில் நுழைந்த நீரின் பருமன் $= x$.........க.செ.மீ.
குடுவையின் பருமன் $= T$.........க.செ.மீ.

இரு வெப்ப நிலைகளிலும் குடுவையில் காற்றின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்திற்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். வாளியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையில் குடுவையினுள் காற்றுடன் தெவிட்டிய நீராவியும் (Saturated water vapour) உள்ளதால் இதற்கான திருத்தம் செய்ய வேண்டும். அட்டவணைகளிலிருந்து அவ்வெப்பநிலையில் தெவிட்டிய நீராவி அழுத்தத்தைக் கண்டு எழுது. இதை 'P' எனவும், வளி அழுத்தத்தை p எனவும் கொள்வோம். $(P-p)$ அழுத்தத்தில் குடுவையிலுள்ள காற்றின் பருமன் $(V-x)$ க. செ. மீ. ஆதலால், பாயிலின் விதிப்படி வளி அழுத்தத்தில் (P) காற்றின் பருமன் (V_1) ஐ பின் வருமாறு கணக்கிடு.

$$P \times V_1 = (P-p)\ (v-x)$$

$$V_1 = \frac{(P-p)\ (v-x)}{P}$$

வளி அழுத்தத்தில் குடுவையில் அடைபட்ட காற்றின் பருமன் t_1 °C வெப்ப நிலையில் V_1, கன சென்டிமீட்டராகவும், t_2 °C வெப்ப நிலையில் 'V_1' க. செ. மீ. ஆகவும் உள்ளது. காற்றின் பருமப்பெருக்க எண் $\propto$ - ஆனால்,

$$\propto = \frac{V-V_1}{V_1 \times t_2 - V \times t_1}$$

காற்றின் பரும பெருக்க எண்ணைக் கணக்கிடு.

முடிவு

காற்றின் பருமப்பெருக்க எண்.........

திடப்பொருளின் வெப்ப எண்

(Specific heat of a solid)

நோக்கம்

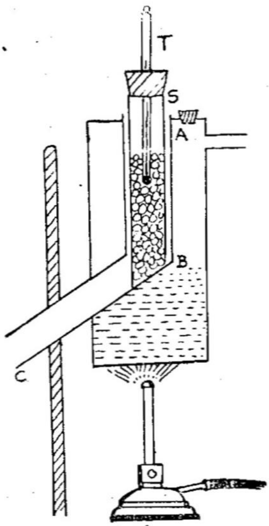
ஒரு திடப்பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் கலவை முறையில் (Method of mixtures) காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

கேலரி மீட்டர் (கலக்கியுடன்), 'சிங்க்ளேர்' சூடேற்றி (Sinclair's Steam Heater), ஓர் உணர்வு நுட்ப வெப்பநிலை மானி (Sensitive thermometer), ஒரு 100°C வெப்பநிலை மானி, தராசு, எடைப்பெட்டி, சிறு துண்டுகளாக்கப்பட்டுள்ள திடப்பொருள், நிறுத்து கடிகாரம்.

அமைப்பு

சிங்க்ளேர் சூடேற்றியில் தாமிரத்தாலான ஓர் உருளை வடிவக் கலத்தினுள் ABC என்ற தாமிரக்குழாய் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.



படம்-(II)6

இக்குழாயின் AB பகுதி செங்குத்தாகவும், BC பகுதி கீழ் நோக்கிச் சரிவாகவும், ABயுடன் ஒரு விரிகோணத்தைத் தாங்குமாறும் அமைந்துள்ளது. AB பகுதியினுள் அடிப்பாகம் சரிவாகவெட்டப்பட்டுள்ள மற்றொரு குழாய்(S)இழைகிறது. இதன் அடிமுனை ABC குழாயின் சரிந்த பகுதியை மூடுமாறு அமைந்துள்ளது. இழை குழாயைப் பொருத்தி அதனுள் வெப்ப எண் காணப்பட வேண்டிய பொருளைச் சிறுதுண்டுகளாகப் போடவேண்டும். கலத்தில் நீரை எடுத்துக்கொண்டு கொதிக்க வைத்தால், நீராவி உண்டாகி AB குழாய்க்கு வெளிப்புறமாகப் பரவித் திடப்பொருளைச் சூடாக்குகிறது. S குழாயின் மேற்புறம் மூடியுள்ள தக்கையின் வழியே வெப்பநிலை மானி செலுத்தப்பட்டுள்ளது. பொருள் துண்டுகளைக் குமிழ் தொடுமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ள இவ்வெப்பநிலைமானி Tயைக் கொண்டு திடப்பொருளின் வெப்பநிலையைக் காணலாம். இழையும்குழாயை (S) மேலே தூக்கினல் சூடேற்றபட்டபொருளின் துண்டுகள் எளிதில் BC பகுதி வழியாக வெளியே விழும். பொருளை நீராவி நேரடியாக அதன்மீது பரவாமல் சீரான பெரும அளவு வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றி எளிதில் கேலரி மீட்டருக்குள் போட, சிங்க்ளேர் சூடேற்றி பயன்படுகிறது.

செய்முறை

திடப்பொருளை மிகச்சிறிய துண்டுகளாக எடுத்துக்கொள். சிங்க்ளேர் சூடேற்றியில் துண்டுகளை வைத்து, அவற்றின் வெப்ப

நிலையைக் காண். ஒரு 100°C வெப்பநிலை மானியையும் பொருத்து. கொதிகலத்தில் நீரைக் கொதிநிலைக்குச் சூடேற்று. திடப்பொருள் இவ்வாறு சூடேற்றப்படும்பொழுது, ஈரம் போக்கப்பட்ட தூய்மையான ஒரு கேலரி மீட்டரை அதன் கலக்கியுடன் நிறை பார். கேலரி மீட்டரின் வெளிப்புறம் மெருகிடப்பட்டு, ஒரு மரப்பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். கேலரி மீட்டருக்கும் பெட்டிக்குமிடையேயுள்ள இடம் பஞ்சால் நிரப்பப்பட்டு இருக்கும். இவ்வமைப்பினுல் வெப்பக்கதிர் வீசல், வெப்பச் சலனம், வெப்பக் கடத்தல் ஆகியவற்றால் கேலரி மீட்டர் வெப்பம் இழப்பதைக் குறைக்கலாம். சூடேற்றியிலுள்ள திடப்பொருள் துண்டுகள் அமிழும் அளவிற்குக் கேலரி மீட்டருக்குள் தண்ணீர் எடுத்துக்கொண்டு, திரும்பவும் கலக்கியுடன் அதன் நிறையைக் காண். கேலரி மீட்டரை உறைக்குள் பொருத்தி, சூடேற்றியிலிருந்து தொலைவில் வை. சூடேற்றியிலுள்ள திடப்பொருளின் வெப்பநிலை சீரான பெரும அளவுக்கு வந்த பின் அதன் அளவைக் குறித்துக்கொள். கேலரி மீட்டரின் தொடக்க வெப்ப நிலையை ஓர் உணர்வு நுட்ப வெப்பநிலைமானியின் உதவியால் காண். சீரான பெரும அளவு வெப்பநிலையில் திடப்பொருள் 10 அல்லது 15 நிமிடங்கள் இருந்த பின்னர், சூடேற்றியில் கீழ் நோக்கிச் சரிந்துள்ள குழாயின் அடிமுனையின் (C) கீழ் கேலரி மீட்டரை வைத்து, உள்ளிருக்கும் நீர் வெளியே சிதறுமல் திடப்பொருள் துண்டுகளைக் கேலரி மீட்டருக்குள் விரைவாகமாற்று. உடன் நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. கேலரி மீட்டரிலுள்ளவற்றை தொடர்ந்து நன்கு கலக்கித் தொடக்கத்திலிருந்து ஒவ்வொரு $\frac{1}{2}$ நிமிட நேர முடிவிலும் வெப்பநிலையைக் கண்டு எழுது. இவ்வாறே கேலரி மீட்டரின் வெப்பநிலை அது அடைந்த பெரும வெப்பநிலையைவிட ஏறத்தாழ 2 டிகிரிகள் குறையும் வரை காட்சிப்பதிவுகளை எடுத்தெழுது.

கேலரி மீட்டரும் அதனுள்ளடங்கியவையும் சுற்றுப்புற வெப்பநிலைக்குக் குளிர்ந்த பின் அவற்றின் மொத்த நிறையைக் காண்.

கதிர் வீச்சுத் திருத்தம் (Radiation Correction)

திடப்பொருளிலிருந்து கேலரி மீட்டரிலுள்ள நீருக்கு வெப்பம் மாற்றப்படும்பொழுது வெப்பக் கதிர்வீச்சால் வெப்பம் இழக்கப்படுகிறது. இதற்கான திருத்தம் செய்யப்பட வேண்டும். எளிதான முறையில் பின் வருமாறு திருத்தத்தைச் செய்யலாம்.

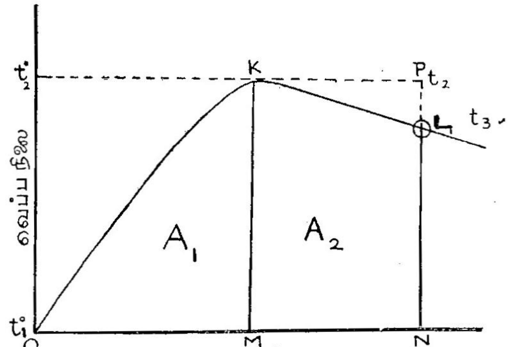
கேலரிமீட்டரின் வெப்பநிலை பெரும அளவை அடையஎடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தைக் காண். இதில் சரிபாதி நேரத்தில் பெரும அளவிலிருந்து குறையும் கேலரி மீட்டரின் வெப்பநிலையின் மதிப்

யைக் காண். இதில் சரி பாதி நேரத்தில் பெரும அளவிலிருந்து குறையும் கேலரி மீட்டரின் வெப்பநிலையின் மதிப்பைக் காண். இதுவே கதிர் வீச்சுத் திருத்தம். இது அரை நேரத் திருத்தம் (Half time correction) எனப்படும். இதைக் கேலரி மீட்டர் அடைந்த பெரும வெப்பநிலையுடன் கூட்டித் திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்பநிலையாகக் கொள். பெரும வெப்பநிலையை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் குறைவாக இருந்தால், அதே அளவு நேரத்தில் பெரும அளவிலிருந்து குறையும் கேலரி மீட்டரின் வெப்பநிலையின் மதிப்பைக் காண். அதில் சரிபாதியைக் கதிர் வீச்சுத் திருத்தமாகக் கொள்.

இவ்விரு முறைகளில் காணும் திருத்தம் தோராயமானது ஏனெனில், இவைகளில் வெப்பநிலை சீராக மாறுபடுகிறது எனக் கொள்ளப்படுகிறது.

சரியான திருத்தத்தை 'பார்ட்டன்' முறையில் (Barton's method) காணலாம். காட்சிப்பதிவுகளிலிருந்து X அச்சில் நேரத்தையும் Y அச்சில் வெப்பநிலையையும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரை. வளைவு கோடு படத்தில் உள்ளது போல அமையும்.

Y அச்சின் தொடக்கப்புள்ளி (O) கேலரி மீட்டரின் தொடக்க வெப்பநிலையையும், (t_1) K கேலரி மீட்டரின் பெரும வெப்பநிலை



படம் - (ா) 7

யையும் (t_2), L பெரும வெப்பநிலையை அடைந்த நேரத்திற்கு 'n' செகண்டுகள் பின்னர் கேலரி மீட்டரின் வெப்பநிலையையும் (t_3) குறிக்கின்றன. ($t_2 - t_3$) தோராயமாக I° அல்லது அதற்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும். வடிவங்கள் OKM, $MKLN$ இவற்றின் பரப்புகளை (முறையே A_1, A_2) வரைபடத்திலிருந்து கணக்கிடு. கதிர் வீச்சுத் திருத்தத்தைப் பின் வருமாறு கணக்கிடு.

$$\text{கதிர் வீச்சுத் திருத்தம்} \quad \delta T = \frac{A_1}{A_2} \times (t_2 - t_3)$$

கதிர் வீச்சினால் மீட்டர் வெப்பமிழக்காமலிருந்தால், அதன் பெருவெப்பநிலை ($t_2 + \delta T$) ஆக இருந்திருக்கும். ஆகவே, திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்பநிலை $(t_2 + \delta T)^\circ C$.

காட்சிப்பதிவுகளும் கணக்கிடுதலும்

கேலரி மீட்டர் + கலக்கியின் நிறை	:	m_1………	கிராம்
கேலரி மீட்டர் உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் வெப்ப எண்	:	x………………	
கோலரி மீட்டர் + கலக்கி + நீரின் நிறை	:	m_2………	கிராம்
கேலரி மீட்டரின் தொடக்க வெப்பநிலை	:	t_1………	$^\circ C$
திடப்பொருளின் சீரான பெரும வெப்ப நிலை	:	T………	$^\circ C$
கேலரிமீட்டர் அடையும் பெருமவெப்பநிலை	:	t_2………	$^\circ C$
கேலரி மீட்டர் + கலக்கி + நீர் + திடப் பொருள் இவற்றின் நிறை	.	m_3……	கிராம்
வரைபடத்திலிருந்து கதிர் வீச்சுத் திருத்தம்	:	δT………	$^\circ C$
கேலரி மீட்டரின் திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்பநிலை	:	$(t_2 + \delta T)$…	$^\circ C$

பார்ட்டன் திருத்தத்திற்கான காட்சிப்பதிவுகள்

நேரம் நிமிடங்கள்	உணர்வு நுட்ப வெப்பநிலை மானியில் காட்சிப்பதிவு

திடப்பொருளின் வெப்ப எண் 's' எனக் கொண்டால்,

பொருள் இழந்த வெப்பம் = கேலரிமீட்டர், நீர் ஆகியவற்றின் வெப்ப லாபம்

$$\left\{m_3 - m_2\right\} s \left\{ T - (t_2 + \delta T) = \left\{m_1 x + (m_2 - m_1)\right\}\right. \left\{t_2 + \delta T - t_1\right\}$$

$$s = \frac{\left\{m_1 x + (m_2 - m_1)\right\} \left\{t_2 + \delta T - t_1\right\}}{\left\{m_3 - m_2\right\} \left\{T - (t_2 + \delta T)\right\}}$$

முடிவு

திடப்பொருளின் வெப்ப எண்...........

திரவத்தின் வெப்ப எண்
(Specific Heat of a Liquid)

நோக்கம்

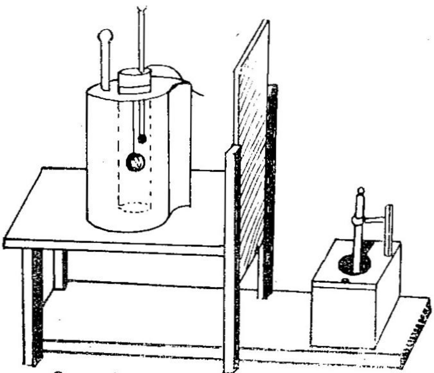
வெப்ப எண் தெரிந்த ஒரு திடப்பொருளைக் கொண்டு ஒரு திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

கிளேஸ்புருக்—ஷா ஆய்கருவி (Glazebrook Shaw apparatus), ஓர் உணர்வுநுட்ப வெப்பநிலை மானி, ஒரு 100°C வெப்பநிலைமானி, தராசு, எடைப்பெட்டி, வெப்ப எண் தெரிந்த திடப்பொருள் கட்டி, திரவம், நிறுத்து கடிகாரம்.

அமைப்பு

'கிளேஸ்புருக்—ஷா' ஆய்கருவியில் இரட்டைச் சுவருள்ள ஒரு தாமிரக்கலம் உள்ளது. இக்கலத்தின் உள் அளவு உள்ளீடற்ற உருளை வடிவாயுள்ளது. இரு சுவர்களுக்கிடையே நீராவியைச் செலுத்தக் கலத்திற்கு அகவாயும் (inlet) புறவாயும் (outlet) உள்ளன. சூடேற்றப் பட வேண்டிய திடப் பொருள் கட்டி (எடுத்துக் காட்டாக, ரப்பர் அடைப்பான் உருளை அல்லது கோள வடிவ திடப் பொருள் கட்டி) ஒரு நூலின் உதவியால் உள் அறைவில் தொங்கவிடப் படும். இந்த அறையின் மேல்வாய் ஒரு துளை அடைப்பானுல் மூடப்



'கிளேஸ் புருக் - ஷா' ஆய்கருவி
படம் - (II) 8

பட்டுள்ளது. துளையில் ஒரு 100°c வெப்பமானி செருகப்பட்டுள்ளது. இது திடப்பொருளின் வெப்பநிலையை அறிய உதவுகிறது கலம் ஒரு மரஅடித்தளத்தின்மேல் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கருவி அமைப்பின் மேல் தளம் அறையின் அடிப்பாகத்தை மூடும். கலத்தின் நிலையை மாற்றி அறையினுள் தொங்கும் சூடேற்றப்பட்ட திடப்பொருளைக்கேலரிமீட்டருக்குள் போடலாம். கலத்தின் வெப்பக் கதிர் வீச்சால் சூடேற்றப்படாமல் தடுக்கக் கேலரி மீட்டர் பொருத்தப்பட்டுள்ள உறைக்கும் கலத்திற்குமிடையே ஒரு மரத் திரை (wooden screen) உள்ளது. தேவையான பொழுது இத்திரையை மேலே தூக்கிக் கேலரி மீட்டர் உள்ள உறையை நகர்த்திக் கலத்துக்குக் கீழே அமைக்கலாம்.

செய்முறை

திடப்பொருளை ஒரு மெல்லிய நூலில் கட்டிச் சூடேற்றியினுள் தொங்கவிட்டு அறையின் வாயை ஒரு துளை அடைப்பானுல் மூடு. ஒரு 100°C வெப்பமானியின் குமிழ் திடப்பொருளைத் தொட்டவாறு அமையும்படி, வெப்பமானியை அடைப்பானில் செருகு. கொதிகலம் ஒன்றில் உருவாகும் நீராவியைக் கலத்தின் சுவர்களிடையே செலுத்தித் திடப்பொருளைச் சூடேற்று. திடப்பொருள் இவ்வாறு சூடேற்றப்படும்பொழுது, ஈரம் போக்கப்பட்ட தூய்மையான ஒரு கேலரி மீட்டரின் நிறையைக் காண். எடுத்துக்கொண்ட திடப் பொருள் அமிழும் அளவிற்குக் கேலரிமீட்டரில் திரவத்தை எடுத்துக் கொண்டு, திரும்பவும் கலக்கியுடன் அதன் நிறையைக் காண். கேலரி மீட்டரை உறைக்குள் பொருத்து. திடப்பொருள் அடையும் சீரான பரும வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள். இவ்வெப்பநிலையில் திடப் பொருள் குறைந்தது 30 நிமிடங்களாவது இருக்கவேண்டும். கேலரி மீட்டரின் தொடக்க வெப்பநிலையை ஓர் உணர்வு நுட்ப வெப்ப நிலை மானியைக்கொண்டு காண். மரத்திரையை அகற்றிக் கேலரி மீட்டர் உள்ள அறையைச்சூடேற்றியின்கீழ் நகர்த்தி,திடப்பொருளை எச்சரிக்கையுடன், விரைவாக நீர் சிதருமல் கேலரி மீட்டருக்குள் மாற்று. உடனே நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. கேலரி மீட்டரிலுள்ளவற்றைத் தொடர்ந்து நன்ருகக் கலக்கித் தொடக்க நிலையிலிருந்து ஒவ்வொரு ½ நிமிட நேர முடிவிலும் வெப்பநிலையைக் காண். இவ்வாறே கேலரி மீட்டரின் வெப்பநிலை அடைந்த பெரும வெப்ப நிலையைவிட ஏறத்தாழ 2 டிகிரிகள் குறையும் வரை காட்சிப்பதிவுகளைக் காண். கேலரி மீட்டரும் அதனுள்ளடங்கியவையும் சூழ் வெப்பநிலைக்குக் குளிர்ந்தபின் அவற்றின் மொத்த நிறையைக்காண். காட்சிப் பதிவுகளிலிருந்து கதிர் வீச்சுத் திருத்தத்தை பார்ட்டன் முறையில் கணக்கிடு.

காட்சிப்பதிவுகள்

கேலரி மீட்டர்+கலக்கியின் நிறை	: m_1........ கிராம்
கேலரி மீட்டராக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் வெப்ப எண்	: x ....
கேலரி மீட்டர்+கலக்கி+திரவத்தின் நிறை	: m_2........ கிராம்
திடப்பொருளின் சீரான பெரும வெப்ப நிலை	: T ....°C
கேலரி மீட்டரின் தொடக்க வெப்ப நிலை	: t_1........... °C
கேலரி மீட்டர் அடையும் பெரும வெப்ப நிலை	: t_2........... °C
கேலரி மீட்டர்+கலக்கி+திரவம்+திடப் பொருள் இவற்றின் நிறை	: w_3...... கிராம்
திடப்பொருளின் வெப்ப எண்	: s ....

பார்ட்டன் திருத்தத்திற்கான காட்சிப் பதிவுகள்

நேரம்-நிமிடங்கள்	வெப்பநிலை °C

கதிர் வீச்சுத் திருத்தம் (வரைமடத்திலிருந்து) δT......°C

கேலரி மீட்டரின் திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்பநிலை } $(i_2+\delta T)$...°C

கணக்கிடுதல்

திரவத்தின் வெப்ப எண்ணை 's_1' எனக் கொண்டால்

கேலரி மீட்டர், திரவம் ஆகியவற்றின் வெப்ப லாபம் } = பொருள் இழந்த வெப்பம்

$$(m+{}_1n+) \quad (m_2-m_1)\ (s_1)\ (t_2+\delta t-t_1)\ m_3-m_2)\ (s)\quad T-(t_2+\delta T)$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் (s_1) கணக்கிடு.

முடிவு

திரவத்தின் வெப்ப எண்...........

நீரின் தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தம்
(Saturation Vapour Pressure of Water)

நோக்கம்

பல வெப்பநிலைகளில் நீரின் தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தங்களைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

அழுத்தப் பெருக்க எண் ஆய்கருவி (ஜாலி ஆய்கருவி), நீர்த் தொட்டி, வெப்பநிலை மானி.

செய்முறை

இச்சோதனையில் அழுத்தப் பெருக்க எண் ஆய்கருவி பயன் படுகிறது. ஆய்கருவியிலுள்ள ஜாலி குமிழுக்குள், சோதனையில் அக்குமிழ் அடையும் எல்லா வெப்ப நிலைகளிலும் அதனுள்ளிருக்கும் ஆவி தெவிட்டு நிலையில் (saturated stage) அமையத் தேவையான நீர் ஊற்றப்பட்டுள்ளது.

ஃ'பார்ட்டின்' பாரமானியைக்கொண்டு வளி அழுத்தத்தைக் காண். தொட்டியிலுள்ள நீரில் ஜாலி குமிழ் முழுவதும் அமிழ்ந் திருக்குமாறு நீர்த்தொட்டியை அமை. வெப்பநிலை மானியைக் கொண்டு நீர்த்தொட்டியின் வெப்பநிலையைக் காண். நுண் குழாயில் பாதரச மட்டம் நிலையான குறியுடன் ஒன்றிக்குமாறு ஆய்கருவியிலுள்ள மூலக்குழாயை மாற்றி அமை. இரு குழாய்களி லுள்ள பாதரச மட்டங்களின் உயரங்களை ஆய்கருவியிலுள்ள அளவு கோலில் கண்டு, அவற்றின் மாறுபாட்டைக் கணக்கிடு. இம்மாறுபாட்டை வளி அழுத்தத்துடன் கூட்டி (நிலையான குறி மூலக் குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டத்தைவிடத் தாழ்வான நிலையில் இருந்தால்) அல்லது வளி அழுத்தத்திலிருந்து கழித்து (நிலையான மூலக் குழாயிலுள்ள குறி பாதரச மட்டத்தைவிட உயர்வான நிலை யிலிருந்தால்) ஜாலி குமிழிலுள்ள காற்று, தெவிட்டிய ஆவி இவற் றின் மொத்த அழுத்தத்தைக் கணக்கிடு.

தொட்டியை மெதுவாகவும் சீராகவும் சூடாக்கு. தொட்டியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலை சீராக இருக்க அதை ஒரு கலக்கியால் தொடர்ந்து கலக்கு. நீரின் வெப்பநிலை $40°C$ ஆனவுடன் சூடேற்றுவதை மட்டுப்படுத்தி நீரின் வெப்பநிலை அதே அளவில் சில நிமிடங்கள் நிலையாக இருக்குமாறு செய். நுண்குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டம் நிலையான குறியுடன் ஒன்றியிருக்குமாறு மூலக்குழாயை மாற்றி அமைத்து மூலக்குழாயிலுள்ள பாதரசமட்டத்தின் காட்சிப் பதிவைக் காண். இவ்வாறே 45°, 50°, 55°,60°, 65°, $70°C$ வெப்ப நிலைகளிலும் காட்சிப்பதிவுகளைக் காண்.

தொட்டியைக் குளிரவைத்துச் சூடேற்றும் பொழுது காட்சிப் பதிவுகளைக் கண்ட அவ்வெப்பநிலைகள் ஒவ்வொன்றிலும் காட்சிப் பதிவுகளைக் கண்டு, பின் வருமாறு அட்டவணைப்படுத்து :

காட்சிப்பதிவுகள் :

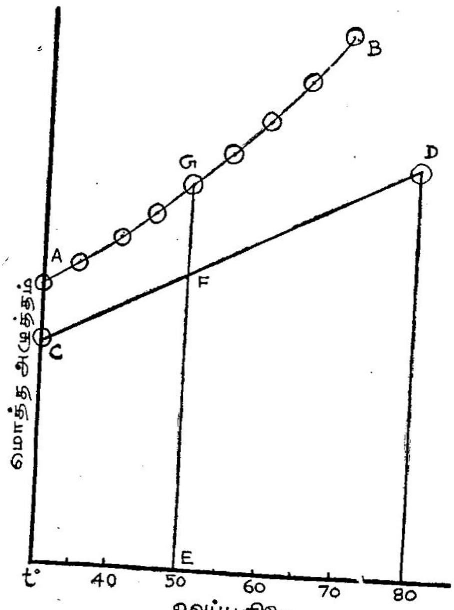
வளி அழுத்தம் : H......செ. மீ/பாதரசம்.
நிலையான குறியின் காட்சிப்பதிவு...........செ.மீ.

தொட்டியின் வெப்பநிலை °C	மூலக்குழாயில் பாதரச மட்டக் காட்சிப் பதிவு			பாதரச மட்டங்களின் மாறுபாடு 'h'	மொத்த அழுத்தம் $\pi = H \pm h$
	சூடேற்றும் பொழுது	குளிர்விக்கும் பொழுது	சராசரி		
t					
40					
45					
50					
55					
60					
65					
70					

கணக்கிடுதல்

குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஜாலி குமிழுக்குள் மொத்த அழுத்தம் அக்குமிழிலுள்ள காற்றின் அழுத்தம், நீரின் தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தம் இவற்றின் கூட்டுத்தொகை. அவ்வெப்பநிலையில் நீரின் தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தம் தெரிந்தால் காற்றின் அழுத்தத்தை மட்டும், அதன் அழுத்தப்பெருக்க எண் $\propto$ வின் மதிப்பு 1/273 என்று கொண்டு, கணக்கிட முடியும். ஏனெனில், காற்றின் பருமன் மாறிலியாய் உள்ளது.

X — அச்சில் வெப்பநிலையையும், Y-அச்சில் மொத்த அழுத்தத்தையும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரை. இது ஒரு வளைவு கோடாக (AB) இருக்கும். தொடக்க வெப்பநிலையில் (t_1, °c) நீரின் தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தத்தை (p) அட்டவணைகளிலிருந்து கொள். தொடக்க வெப்பநிலையில் மொத்த அழுத்தம் π_1 ஆனால், ஜாலி குமிழிலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் மட்டும் ($\pi_1 - p$) ஆகும். இதை P_1 எனக் கொள். சோதனையில்



படம். (II) 9

ஜாலிகுமிழ் எய்திய பெரும அளவு வெப்பநிலைக்கு மேலுள்ளவெப்பநிலையில் [t_2°C (எடுத்துக்காட்டாக 80°C). குமிழிலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் மட்டும் (P_2). பின்வரும் சமன்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடு.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1+\propto t_2}{1+\propto t_1}$$

$\propto$ — காற்றின் அழுத்தப் பெருக்க எண்.

t_1, t_2 என்ற வெப்பநிலைகளில் காற்றின் அழுத்தத்தை மட்டும் காட்டும் இரு புள்ளிகளைக் (C, D) குறி. இப்புள்ளிகளை ஒரு நேர் கோட்டால் இணை. இக்கோட்டிலிருந்து பல வெப்பநிலைகளில் ஆவியற்ற காற்றின் அழுத்தங்களைக் காணலாம்.

குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் (எடுத்துக்காட்டாக 50°C) நீரின் தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தத்தைக் காண். *X*-அச்சில் அவ்வெப்ப நிலையைக் குறிக்கும் புள்ளியிலிருந்து (E) இரு வரைபடக் கோடுகளையும் வெட்டும் செங்குத்துக் கோடு (EFG) வரைந்து இரு கோடுகளுக்குமிடையேயுள்ள தொலைவு *Y*—அச்சில் குறிக்கும் அழுத்தத்தைக் காண். இது அவ்வெப்பநிலையில் நீரின் தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தமாகும். இவ்வாறே மற்ற வெப்பநிலைகளிலும் தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தத்தைக் கண்டு அம்மதிப்புகளை அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகளுடன் ஒப்பிட்டுப்பார்.

முடிவு

வெப்பநிலை	தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தம்	
	வரை படத்திலிருந்து	அட்டவணையிலிருந்து

பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பம்
(Latent heat of fusion of ice)

நோக்கம்

பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

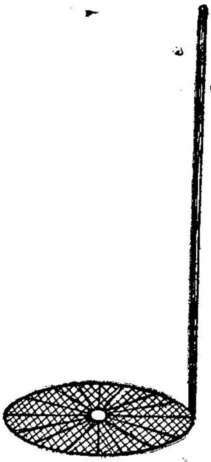
சிறப்பு அமைப்புள்ள கலக்கியுடன் கூடிய கேலரிமீட்டர், நுண்ணளவு காட்டும் வெப்பநிலைமானி, பனிக்கட்டித் துண்டுகள், தராசு, எடைப்பெட்டி, நிறுத்து கடிகாரம்.

அமைப்பு

இச்சோதனையில் உபயோகிக்கப்படும் கேலரி மீட்டரிலுள்ள கலக்கி, சிறப்பு அமைப்புள்ளது. வட்ட வடிவமான கம்பிவலையுள்ள வளையத்திற்குச் செங்குத்தான கம்பி ஒன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

கலக்கி, கேலரி மீட்டர் செய்யப்பட்டுள்ள பொருளாலேயே ஆனது. கேலரிமீட்டரிலுள்ள திரவத்துடன் பனிக்கட்டியைச் சேர்த்துக் கலக்கும்பொழுது பனிக்கட்டி திரவத்தில் அமிழ்ந்திருக்குமாறு செய்ய இக்கலக்கி உதவுகிறது.

செய்முறை



படம்- (அ)10

வலையுள்ள கலக்கியுடன், தூய்மைப்படுத்தப்பட்ட, ஈரமற்ற ஒரு கேலரி மீட்டரின் எடையைக் காண். கேலரி மீட்டரின் வெளிப்புறம் மெருகிடப்பட்டு, ஒரு மர உறைக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். உறைக்கும், கேலரிமீட்டருக்குமிடையேயுள்ள இடம் பஞ்சால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. இவை வெப்பக்கதிர் வீசல், வெப்பச்சலனம், வெப்பக்கடத்தல் ஆகியவற்றால் கேலரி மீட்டர் வெப்பம் ஏற்பதைக் குறைக்கின்றன.

பின்னர், கேலரிமீட்டரில் முக்கால் அளவு நீரை எடுத்துக்கொண்டு, கலக்கியுடன் அதன் நிறையைக் காண். உணர்வுநுட்ப வெப்பநிலை மானியைக் கொண்டு கேலரி மீட்டர் மற்றும் அதனுள் இருப்பவற்றின் தொடக்க வெப்ப நிலையைக் காண். சிறு பனிக்கட்டித் துண்டுகளை மையொற்றும் தாள் (வடிகட்டும் தாள்) மடிப்பில் வைத்து அவற்றின்மீதிருக்கும் நீர்த்திவலைகளையகற்றி, அவற்றைக் கைபடாமல் கேலரி மீட்டரிலுள்ள நீரில் போடு. உடன் நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. பனிக்கட்டித் துண்டுகள் கலக்கிக்கடியில் நீரில் மூழ்கியிருக்குமாறு பார்த்துக்கொள். கேலரி மீட்டரின் வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 5 டிகிரிகள் குறையும் வரை பனிக்கட்டிகளைப் போடு. கேலரி மீட்டரிலுள்ள நீரை நன்றாகத் தொடர்ந்து கலக்கி, அதன் வெப்பநிலையைத் தொடக்கத்திலிருந்து ஒவ்வொரு $\frac{1}{2}$ நிமிட நேர முடிவிலும் காண். இவ்வாறே கேலரி மீட்டரின் வெப்பநிலை. அது அடைந்த சிறும வெப்பநிலையைவிட ஏறத்தாழ 2 டிகிரிகள் கூடுதலாகும் வரை காட்சிப்பதிவுகளைக் காண்.

கேலரி மீட்டரும் அதனுள்ளடங்கியவையும் சுற்றுப்புற வெப்ப நிலைக்குச் சூடானபின் அவற்றின் மொத்த எடையைக் காண்.

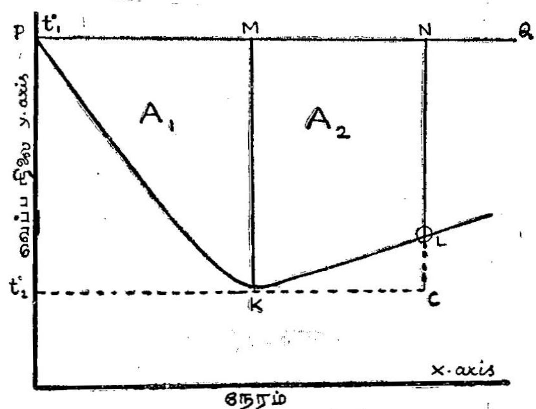
கதிர் வீச்சுத் திருத்தம் : இச்சோதனையில் கேலரி மீட்டரின் வெப்பநிலை சுற்றுப்புற வெப்ப நிலையைவிடக் குறைவதால், கேலரி

மீட்டர் கதிர்வீச்சினால் வெப்பத்தை ஏற்கிறது. இதற்கான திருத்தம் செய்யப்பட வேண்டும். எளிதான முறையில் வருமாறு திருத்தம் செய்யலாம் :

தொடக்கத்திலிருந்து சிறும வெப்ப நிலையை அடையக் கேலரி மீட்டர் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைக் காண். இதில் சரிபாதி நேரத்தில் சிறும அளவிலிருந்து கூடுதலாகும் வெப்பநிலையின் மதிப்பைக் காண். இதுவே கதிர் வீச்சுத் திருத்தம். இது தோராயமானது. திருத்தத்தைக் கேலரி மீட்டர் அடைந்த சிறும வெப்ப நிலையிலிருந்து கழித்து, திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்ப நிலையைக் கொள்.

சரியான திருத்தத்தை 'பார்ட்டன்' முறையில் பின் வருமாறு காணலாம்.

காட்சிப் பதிவுகளிலிருந்து X-அச்சில் நேரத்தையும், Y-அச்சில் வெப்பநிலையையும் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரை. கேலரி மீட்டரின் தொடக்க வெப்பநிலையைக் (t_1) குறிக்கும் புள்ளி (p) மூலம் X— அச்சுக்கு இணையான கோடு (PQ) வரை. சிறும வெப்ப நிலையைக் (t_2) குறிக்கும் புள்ளி (K) யிலிருந்து Y— அச்சுக்கு இணை



படம் - (77)

யான கோடு வரை. இது ($P Q$)வை Mல் வெட்டும். சிறும வெப்ப நிலையை அடைந்த பின்னர் 'n' செகண்டுகளுக்குப் பிறகு வெப்ப நிலையை (t_3) L குறிக்கும். (t_3—t_2) தோராயமாக $1°$ இருக்க வேண்டும்.

L மூலம் Y அச்சுக்கிணையான கோடு வரை. அது PQவை Nல் வெட்டும். வடிவங்கள் PKM, $MKLN$ இவற்றின் பரப்புகளை (முறையே A_1, A_2) வரைபடத்திலிருந்து கணக்கிடு. கதிர் வீச்சுத் திருத்தத்தைப் பின் வருமாறு கணக்கிடு :

$$\text{கதிர் வீச்சுத் திருத்தம் } \delta T = \frac{(t_3 - t_2)}{A_2} \times A_1$$

கதிர்வீச்சினால் கேலரி மீட்டர் வெப்பத்தை ஏற்காமலிருந்தால், அதன் சிறும வெப்பநிலை $(t_2 - \delta T)$ ஆக இருந்திருக்கும். ஆகவே திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்பநிலை $(t_2 - \delta T)°C$.

திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்பநிலை சுற்றியுள்ள வளி மண்டலத்தின் பனி நிலைக்கு (Dew point) மேற்பட்டதாய் இருக்க வேண்டும்.

காட்சிப்பதிவுகள்

கேலரி மீட்டர் + கலக்கியின் எடை	: m_1	......கிராம்
கேலரிமீட்டராக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் வெப்ப எண்	: x	....
கேலரி:மீட்டர் + கலக்கி நீரின் எடை	m_2	......கிராம்
கேலரி மீட்டரின் தொடக்க வெப்ப நிலை	: t_1	......°C
கேலரி மீட்டர் அடைந்த சிறும வெப்பநிலை	: t_2	......°C
கேலரி மீட்டர் + நீர் + கலக்கி + உருகிய பனிக்கட்டி இவற்றின் எடை	: m_3	......கிராம்

'பார்ட்டன்' திருத்தக் காட்சிப் பதிவுகள் ;

நேரம் நிமிடங்கள்	உணர்வு நுட்ப வெப்பநிலை மானியில் காட்சிப் பதிவு

கதிர் வீச்சுத் திருத்தம் (வரைபடத்திலிருந்து δT............°C
திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்பநிலை $(t_2 - \delta T)$ ....°C

கணக்கிடுதல்

பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பத்தை 'L' கேலரிகள் / கிராம் எனக் கொள்வோம்.

பனிக்கட்டி அடைந்த வெப்ப லாபம் = கேலரி மீட்டர் + கலக்கி + நீர் இழந்த வெப்பம்.

$$(m_3 - m_2)\,L + (m_3 - m_2)\,(t_2 + \delta T) = \left\{ m_1\, x + (m_2 - m_1) \right\} \left\{ t_1 - (t_2 - \delta T) \right\}$$

இச்சமன்பாட்டைக்கொண்டு பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் கணக்கிடு.

முடிவு

பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பம்...........கேலரிகள்/கிராம்.

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்
(Latent heat of Steam)

நோக்கம்

கலவை முறையில் நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணல்.

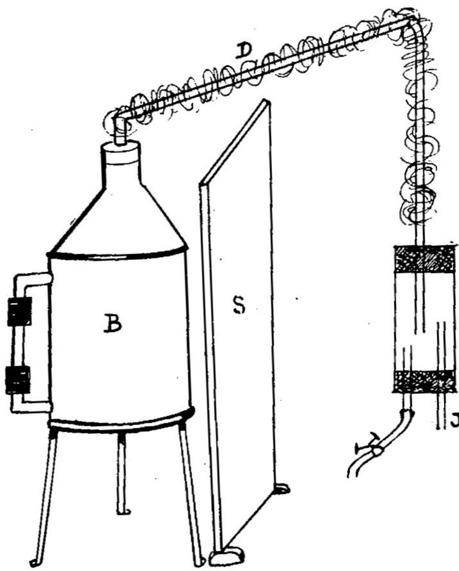
தேவையான ஆய்கருவிகள்

கொதிகலன், நீராவிப்பொறி (Steam trap), கேலரி மீட்டர், 100°C வெப்பநிலை மானி, நுண்ணளவு காட்டும் வெப்பநிலை மானி, தராசு, எடைப்பெட்டி, நிறுத்து கடிகாரம்.

அமைப்பு

ஒரு கொதிகலத்தில் (*B*) உருவாகும் நீராவிப் போக்குக் குழாய் (*D*) வழியாக ஒரு நீராவிப் பொறிக்குள் (*T*) செலுத்தப்படுகிறது. நீராவி குளிர்ச்சியடைவதால் உண்டாகும் நீர்த்துளிகள் கொதிகலத்திற்கே திரும்பிச் செல்லுவதற்காகப் போக்குக் குழாய் கொதி கலத்தின் பக்கம் தாழ்வாகச் சரிந்து உள்ளது. நீராவியின் வெப்ப நிலை மாறுதிருக்க அக்குழாய் பஞ்சினுல் சுற்றப்பட்டுள்ளது. நீராவி

குளிர்வதால் உண்டாகும் நீர்த்திவலைகளை நீக்க நீராவிப் பொறி (T) பயன்படுகிறது. இப்பொறியிலுள்ள மூக்குக் குழாய் (J) வழியாக வெளிவரும் நீராவி ஏறத்தாழ நீர்த்திவலைகளற்ற நீராவியாக இருக்கும்.



படம்- (II) 12

கொதிகலனிலிருந்து வெப்பக்கதிர் வீச்சால் பரவும் வெப்பம் கேலரி மீட்டரைச் சூடாக்காமல் தடுக்க ஒரு மரத்திரை (S) கொதிகலத்திற்கும், நீராவிப் பொறிக்குமிடையே வைக்கப்பட்டுள்ளது.

செய்முறை

தூய்மைப்படுத்தப்பட்ட, ஈரமற்ற ஒரு கேலரி மீட்டரின் நிறையை அதன் கலக்கியுடன் காண். கேலரி மீட்டரில் முக்கால் அளவு நீரை எடுத்துக்கொண்டு, கலக்கியுடன் அதன் நிறையைக் காண். உணர்வுநுட்ப வெப்பநிலை மானியை, அதன் குமிழ் கேலரி மீட்டரிலுள்ள நீரில் இருக்குமாறு பொருத்து.

மூக்குக்குழாய் வழியாக நீராவி சீராக, குறைந்த அழுத்தத்துடன் வெளி வருமாறு செய். கேலரி மீட்டரின் தொடக்க வெப்பநிலையைக் காண். விரைவாகக் கேலரிமீட்டரை நீராவிப்பொறிக்குக் கீழ்க் கொண்டு வந்து மூக்குக்குழாய் கேலரி மீட்டரிலுள்ள நீரில் அமிழ்ந்திருக்குமாறு வை. உடன் நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு.

கேலரி மீட்டரிலுள்ள நீரை நன்ருகத் தொடர்ந்து கலக்கி, அதன் வெப்பநிலையைத் தொடக்கத்திலிருந்து ஒவ்வொரு $\frac{1}{2}$ நிமிட நேர முடிவிலும் காண். கேலரி மீட்டரிலுள்ள வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 5 டிகிரிகள் கூடுதலானவுடன் கேலரி மீட்டரைத் தொலைவிற்கு நகர்த்து. கேலரி மீட்டரிலுள்ள நீரைத் தொடர்ந்து கலக்கி, அது அடைந்த பெரும் வெப்பநிலையைவிட ஏறத்தாழ 2 டிகிரிகள் குறையும் வரை காட்சிப்பதிவுகளை எடு.

கேலரி மீட்டரும் அதனுள்ளடங்கியவையும் சுற்றுப்புற வெப்ப நிலைக்குக் குளிர்ந்த பின் அவற்றின் நிறையைக்காண். வளி அழுத்தத்தைக்கண்டு, நீரின் கொதி நிலையை (நீராவியின் வெப்ப நிலையை)க் கணக்கிடு.

காட்சிப்பதிவுகள்

கேலரி மீட்டர் + கலக்கியின் எடை	:	m_1 ……கிராம்
கேலரி மீட்டராக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் வெப்ப எண்	:	x …………..
கேலரி மீட்டர் + கலக்கி + நீரின் எடை	:	m_2 ……கிராம்
கேலரி மீட்டரின் தொடக்க வெப்பநிலை	:	t_1 ……°C
கேலரி மீட்டர் அடைந்த பெரும நிலை	:	t_2 ……°C
நீராவின்யின் வெப்பநிலை (நீரின் கொதி நிலை	;	T
கேலரி மீட்டர் + கலக்கி + நீர் + குளிர்விக்கப்பட்ட நீராவியின் எடை	:	m_3 ……கிராம்

பார்ட்டன்' திருத்தக் காட்சிப்பதிவுகள்:

நேரம் நிமிடங்கள்	உணர்வு நுட்ப வெப்பநிலை மானியில் காட்சிப் பதிவு °C

கதிர் வீச்சுத் திருத்தம் (வரைபடத்திலிருந்து) $\delta\theta$.........°C
திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்பநிலை $(t_2 + \delta\theta$ ....°C

கணக்கிடுதல்

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தை 'L' கேலரிகள்/கிராம் எனக் கொள்வோம்.

நீராவி இழந்த வெப்பம் = கேலரி மீட்டர் + கலக்கி + நீர் இவற்றின் வெப்பலாபம்.

$$\left((m_3 - m_2) + (m_3 - m_2)\ \left\{T - (t_2 + \delta\theta)\right\} = \left\{m_1 x + (m_2 - m_1\right)\right.$$

$$\left\{t_2 + \delta\theta - t_1\right\}$$

இச்சமன்பாட்டைக்கொண்டு நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் கணக்கிடு.

முடிவு

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்............கேலரிகள்/கிராம்

திடப்பொருளின் உருகு நிலை
(Melting Point of a Solid)

நோக்கம்

1. ஒரு திடப்பொருளின் உருகுநிலையை அதன் குளிர்வுக் கோட்டை வரைந்து காணல்.

2. அத்திடப்பொருளின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் கணக்கிடல்.

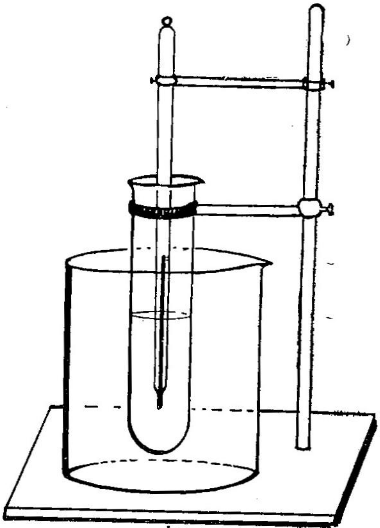
தேவையான ஆய்கருவிகள்

ஒரே மாதிரியான பெரிய குறுக்களவுள்ள இரு சோதனைக் குழாய்கள், வெப்பநிலை மானி, நிறுத்து கடிகாரம்.

செய்முறை

ஒரு சோதனைக்குழாயின் எடையைக் காண். அதில் ஏறத்தாழப் பாதி அளவிற்குத் திடப்பொருளைப் போட்டு எடையைக் காண்.

சோதனைக் குழாயை ஒரு முகவையிலுள்ள நீரில் வை. நீரைச் சூடேற்றிக் கொதிக்கச் செய். திடப்பொருள் முழுவதும் உருகியவுடன் சோதனைக் குழாய்க்குள் ஒரு வெப்பநிலை மானியைவைத்துச் சோதனைக் குழாயிலிருக்கும் திரவத்தின் வெப்பநிலையைக் காண். இவ் வெப்பநிலை திடப்பொருளின் உருகு நிலையைவிட 15 டிகிரிகள் அதிகமானவுடன் சோதனைக் குழாயை வெளியே எடுத்துச் செங்குத்தாக ஒரு தாங்கியில் பொருத்தி, சோதனைக்குழாயின் அடிப்பாகம் ஒரு முகவையினுள் இருக்குமாறு வை. அது முகவையின் எந்தப் பாகத்தையும்



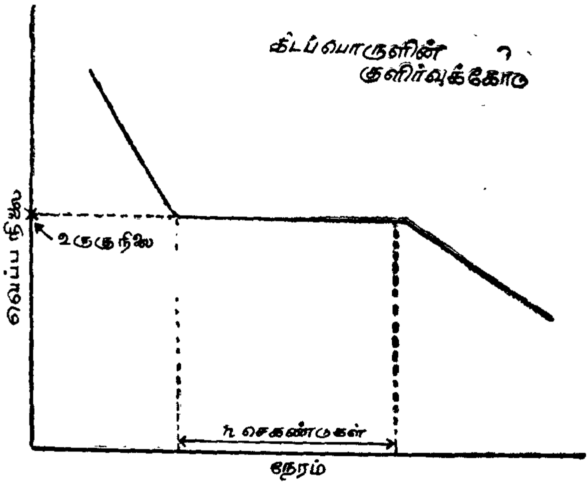
படம். (II) 13

தொடாதவாறு வை. வெப்பநிலை மானியின் குமிழ் சோதனைக் குழாயிலுள்ள திரவத்தின் மையத்திலிருக்குமாறு பொருத்து திரவத்தின் வெப்பநிலையைக் காண். அந்த நேரத்தில் நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. தொடக்கத்திலிருந்து ஒவ்வொரு அரை நிமிட நேர முடிவிலும் சோதனைக் குழாயிலுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையைக் காண். சோதனைக் குழாயிலுள்ள திரவம் உறையத் தொடங்கியவுடன் வெப்பநிலை மானியின் காட்சிப்பதிவு நிலையாகும். சில நிமிடங்கள் நிலையாய் இருந்த பின்னர் வெப்ப நிலை குறையும்.

நிலையான வெப்ப நிலைக்குக் கீழே 5 டிகிரிகள் குறையும் வரை காட்சிப்பதிவுகளைக் காண்.

X அச்சில் நேரத்தையும் Y அச்சில் வெப்ப நிலையையும் கொண்டு ஒரு வரை படம் வரை. இது திடப்பொருளின் குளிர்வுக் கோடாகும். (*Cooling curve*). இக்குளிர்வுக் கோட்டில் X—அச்சுக்கிணையான ஒரு பகுதி உள்ளது. இப்பகுதி மாறாத ஒரு வெப்ப நிலையைக் குறிக்கும். இவ்வெப்ப நிலையே திடப்பொருளின் உருகுநிலையாகும். ஏனெனில், திடப்பொருள் கதிர் வீச்சால் சுற்றுப்புறத்திற்கு இழக்கும் வெப்பம்$_1$, அப்பொருள் உறையும்பொழுது வெளிவிடும் உள்ளுறை வெப்பத்திற்குச் சமம்.

திடப்பொருள் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் கணக்கிட முதற்சோதனைக் குழாயையொத்த இன்னொரு சோதனைக் குழாயின் எடையைக் காண். முதற்குழாயில் திடப்



படம் - (ப)/14

பொருள் உருகிய திரவம் இருக்கும் அதே மட்டத்திற்கு இரண்டாம் குழாயில் நீரை ஊற்றி எடையைக் காண். இச்சோதனைக் குழாயை ஒரு நீர்த் தொட்டியில் (*Water bath*) வைத்துச் சூடாக்கு. அதன் வெப்பநிலை திடப்பொருளின் உருகுநிலைக்கு ஏறத்தாழ 5 டிகிரிகள் அதிகமானவுடன் சோதனைக் குழாயை வெளியே எடுத்து, முதற்சோதனைக் குழாயைப் பொருத்தியது போலப் பொருத்து நிலுத்து கடிகாரத்தை இயக்கி, அதன் வெப்பநிலையை ஒவ்வோர் அரை நிமிட நேரமுடிவிலும் காண். குளிர்வுக் கோட்டை வரை. திடப்பொருளின் உருகுநிலையை T என்று கொள்வோம். நீருள்ள சோதனைக் குழாய் $(T+\frac{1}{2})\,^\circ C$ வெப்ப நிலையிலிருந்து $(T-\frac{1}{2})\,^\circ C$ வெப்ப நிலைக்குக் குறைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைக் குளிர்வுக்கோட்டிலிருந்து காண்.

காட்சிப்பதிவுகள்

முதற்சோதனைக் குழாயின் நிறை	:	m_1...... கிராம்
திடப்பொருளுடன் அச்சோதனைக் குழாயின் நிறை	:	m_2...... கிராம்
திடப் பொருளின் எடை	:	(m_2-m_1)... கிராம்

திடப்பொருளின் குளிர்வுக்கோட்டுக்கான காட்சிப் பதிவுகள்

நேரம் நிமிடங்கள்	வெப்ப நிலை °C

இரண்டாவது சோதனைக்குழாயின் நிறை $= M_1$...... கிராம்

நீருடன் இரண்டாவது சோதனைக் குழாயின் நிறை $= M_2$...... கிராம்

நீரின் நிறை $=(M_2 - M_1)$...... கிராம்

நீரின் குளிர்வுக்கோடு வரையக் காட்சிப்பதிவுகள்

நேரம் நிமிடங்கள்	வெப்ப நிலை °C

கணக்கிடுதல்

திடப்பொருளின் உருகுநிலை : T......... °C

திடப்பொருளின் வெப்பநிலை (உருகு நிலையில்) மாறாமல் இருந்த நேரம் } : n...... செகண்டுகள்

கண்ணாடியின் வெப்ப எண்ணை S எனவும், திடப்பொருளின் உள்ளுறை வெப்பத்தை L கேலரிகள் / கிராம் எனவும் கொள்வோம்.

திடப்பொருள் உள்ள சோதனைக் குழாய் ஒரு வினாடியில் இழக்கும் வெப்பம் } $= \left(\frac{m_2 - m_1}{n}\right) L$ கேலரிகள்

$(T+\frac{1}{2})^\circ$ யிலிருந்து $(T-\frac{1}{2})^\circ$ வரை குளிர் நீருள்ள சோதனைக் குழாய் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் : X...... செகண்டுகள்.

ஒரு வினாடியில் நீர் உள்ள சோதனைக் குழாய் இழந்த வெப்பம் } $= \left\{\frac{m_1 s + (m_2 - m_1)}{x}\right\}$ கேலரிகள்

இரு சோதனைக்குழாய்களும் ஒரே மாதிரியானவையாதலால்,

$$\frac{(w_2 - w_1) L}{n} = \left\{\frac{m_1 s + (m_2 - m_1)}{x}\right\}$$

$$\text{அல்லது, } L = \left\{\frac{m_1 s + (m_2 - m_1)}{(w_2 - w_1)}\right\} \times \frac{n}{x}$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் கணக்கிடு.

முடிவு

திடப்பொருளின் உருகுநிலை ....°C

திடப்பொருள் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் } ....கேலரி / கிராம்.

திரவத்தின் கொதிநிலை

(Boiling point of a liquid)

நோக்கம்

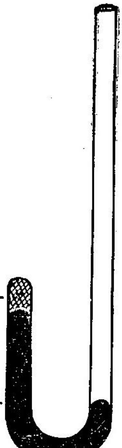
ஒரு திரவத்தின் கொதிநிலையைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

ஒரு முனை மூடப்பட்ட J வடிவக் குழாய், நீர்த்தொட்டி, வெப்பநிலை மானி, பாதரசம்.

செய்முறை

J வடிவக் குழாயின் குட்டையான புயத்தின் முனை மூடப்பட்டுள்ளது. இக்குழாயுள் பாதரசத்தை ஊற்றி, அது குட்டையான புயம் முழுவதும் நிரம்பி இருக்குமாறும், மற்றப் புயத்தில் சிறிதளவு உயரம் இருக்குமாறும் அமை. பாதரசத்தினுள் காற்றுக் குமிழிகளில்லாமல் பார்த்துக்கொள். சில துளிகள் திரவத்தை J வடிவக் குழாய்க்குள் புகுத்தி, திரவம் பாதரசத்திற்கும்மூடப்பட்டுள்ள முனைக்குமிடையே இருக்குமாறு செய். காற்றுக் குமிழிகள் கண்டிப்பாய்த் தவிர்க்கப்படவேண்டும். உயரமான புயத்திலுள்ள பாதரச மட்டம் குட்டைப்புயத்திலிருக்கும் பாதரச மட்டத்தைவிடத் தாழ்வாயிருக்க வேண்டும்.



படம் (II) 15 J வடிவ குழாய்

J வடிவக் குழாயை நீர்த்தொட்டியில் செங்குத்தாகவும், குட்டையான புயம் முழுதும் நீருக்கடியிலும், மற்றப் புயத்திலுள்ள திறந்த முனை நீருக்கு வெளியிலிருக்குமாறும் பொருத்து. அதன் பக்கத்தில் ஒரு வெப்பநிலை மானியை அமை. நீர்த்தொட்டியைச் சூடாக்கு. நீர்த்தொட்டியின் வெப்பநிலை சீராக அமையுமாறு நீரை ஒரு கலக்கியால் தொடர்ந்து கலக்கு. இரு புயங்களிலும் பாதரசம் ஒரே மட்டத்தில் இருக்கும் பொழுது தொட்டியின் வெப்பநிலையைக் காண். நீர்த்தொட்டியின் வெப்பநிலையைச் சற்றே உயர்த்திய பின்னர்த் தொட்டியைச் சூடேற்றுவதை நிறுத்து. மறுபடியும் இரு புயங்களிலும் பாதரசம் ஒரே மட்டத்தில் இருக்கும்பொழுது நீர்த் தொட்டியின் வெப்பநிலையைக் காண். இரு வெப்பநிலைகளின் சராசரியைக் கணக்கிடு. அதுவே திரவத்தின் கொதிநிலை. ஏனெனில், கொதிநிலையில் ஒரு திரவத்தின் தெவிட்டிய அழுத்தம் (Saturated Vapour Pressure) வளி அழுத்தத்திற்குச் சமம். இரு புயங்களிலும் பாதரசம் ஒரே மட்டத்தில் இருந்தால், முனை மூடப்பட்ட புயத்தில் இருக்கும் திரவ ஆவியின் அழுத்தம் வளி அழுத்தத்திற்குச் சமம்.

முடிவு

திரவத்தின் கொதி நிலை.........°C.

நியூட்டன் குளிர்வு விதி
(Newton's Law of Cooling)

நோக்கம்

நியூட்டன் குளிர்வு விதியைச் சரிபார்த்தல், மேலும் ஒரு பரப்பின் கதிர் வீச்சு எண்ணைக் (Emissivity) காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

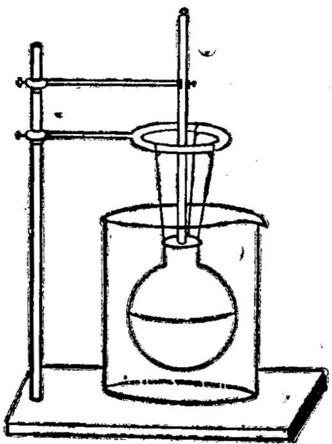
ஒரு கோளவடிவக் கேலரி மீட்டர் (Spherical Calorimeter), பெரிய முகவை, வெப்பநிலை மானி, நிறுத்து கடிகாரம்.

அமைப்பு

கோளக் கேலரி மீட்டர், தாமிரத்தாலானதும் வெளிப்புறம் மங்கலான கறுப்பு நிறமுடையதுமான கோளம். ஒரு சிறு துளையே இதன் வாயாகும். துளையருகில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கொக்கிகளில் நூல்களைக் கட்டிக் கேலரி மீட்டரைத் தாங்கியிலிருந்து தொங்கவிடலாம்.

செய்முறை

துப்புரவாக்கப்பட்ட, ஈரம் போக்கப்பட்ட கோளக் கேலரி மீட்டரின் நிறையைக் காண். அதை ஏறத்தாழ 95° வெப்ப நிலையிலுள்ள நீரால் நிரப்பு. ஒரு தாங்கியிலிருந்து கோளக் கேலரிமீட்டரைத் தொங்கவிடு. கேலரி மீட்டர் முகவையின் பக்கங்களைத் தொடாமல் முகவைக்குள் தொங்குமாறு அமை. கோளக் கேலரி மீட்டரில் ஒரு வெப்ப நிலைமானியைச் செருகி, அதன் குமிழ் கோளத்தின் மையத்தில் இருக்குமாறு அமை. வெப்ப நிலை மானி 85° C குறிக்கையில் நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. பின்னர் வெப்பநிலை 55° ஆகும் வரை ஒவ்வொரு டிகிரி வெப்பநிலை குறைவதற்கும் நேரங்களைக் கணக்கிடு. கேலரி மீட்டர் சுற்றுப்புற



படம் (IV) 16

வெப்பநிலையை அடைந்தவுடன் நீருடன் அதன் எடையைக் காண். அறையின் வெப்ப நிலையைக் காண்.

காட்சிப் பதிவுகள்

வெப்பநிலை	காலம்
85	
84	
83	
...	
...	
...	
...	
...	
...	
...	
...	
58	
57	
56	
55	

கோளக் கேலரி மீட்டரின் நிறை : m_1 ...... கிராம்

கோளக் கேலரி மீட்டர் + நீரின் நிறை : m_2 ...... கிராம்

கோளக் கேலரி மீட்டராக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் வெப்ப எண் : s ......

அறையின் வெப்பநிலை : θ ...... °C

நியூட்டன் குளிர்வு விதியைச் சரி பார்த்தல்.

இவ்விதிப்படி கதிர் வீச்சாலுண்டாகும் ஒரு பொருளின் வெப்ப இழப்பு வீதம், அதன் வெப்ப நிலைக்கும், அதைச் சுற்றியுள்ள வற்றின் வெப்பநிலைக்குமுள்ள சராசரி மிகைப்பாட்டிற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

(The **rate** at which a body loses heat by radiation to its surroundings is directly proportional to the mean excess of temperature of the body over that of its surroundings.)

கோளக் கேலரி மீட்டர், அதனுள் இருக்கும் நீர் இவற்றின் மொத்த வெப்பச் சமநீர் (water equivalent) M எனவும், அதன்

சுற்றுப்புறத்தின் வெப்பநிலை θ எனவும் கொள்வோம். கேலரி மீட்டர் T_1 வெப்பநிலையிலிருந்து T_1 வெப்பநிலைக்குக் குறைய 'n' செகண்டுகள் எடுத்துக்கொண்டால்,

கேலரி மீட்டர் இழந்த வெப்பம் $= M(T_2 - T_1)$

கேலரி மீட்டரின் வெப்ப இழப்பு வீதம் $= \dfrac{M(T_2 - T_1)}{n}$

கேலரி மீட்டரின் சராசரி வெப்பநிலை $= \dfrac{T_2 + T_1}{2}$

சராசரி வெப்பநிலை மிகைப்பாடு $= \dfrac{T_2 + T_1}{2} - \theta$

நியூட்டன் விதிப்படி

$$\frac{M(T_2 - T_1)}{n} \propto \frac{T_2 + T_1}{2} - \theta$$

அல்லது, $$\frac{M(T_2 - T_1)}{n(T_2 + T_1 - \theta)} = \text{மாறிலி}$$

M மாறிலி ஆதலால்,

$$\frac{(T_2 - T_1)}{n\left(\frac{T_2 + T_1}{2} - \theta\right)} = \text{மாறிலி}$$

அதாவது, $\dfrac{\text{வெப்பநிலை குறையும் வீதம்}}{\text{சராசரி வெப்பநிலை மிகைப்பாடு}} = \text{மாறிலி}$

காட்சிப்பதிவுகளிலிருந்து கோளக் கேலரி மீட்டரின் வெப்ப நிலைகளுக்கு வெப்பநிலை குறையும் வீதத்திற்கும், சராசரி வெப்ப நிலை மிகைப் பாட்டுக்குமுள்ள விகிதம் மாறிலி என்று காட்டு. இது நியூட்டன் குளிர்வு விதியை மெய்ப்பிக்கும்.

சுற்றுப்புறமுள்ளவைகளின் வெப்பநிலை : θ.........°C

வெப்பநிலை எல்லைகள் T_2 to T_1	வெப்பநிலை மாற எடுத்துக்கொண்ட நேரம் n	வெப்பநிலை குறையும் வீதம் $\frac{T_2 - T_1}{n}$	சராசரி வெப்பநிலை மிகைபாடு $\frac{T_2 + T_1}{2} - \theta$	$\frac{\text{வெப்பநிலை குறையும் வீதம்}}{\text{சராசரி வெப்பநிலை மிகைப்பாடு}}$

கடைசிப் பத்தியிலுள்ள எண்கள் மாறிலியாக இருக்கும். இது நியூட்டன் குளிர்வு விதியை மெய்ப்பிக்கிறது.

கதிர் வீச்ச எண்

கோளக் கேலரி மீட்டரின் மேற்பரப்பின் கதிர் வீச்ச எண்ணைக் காண, அதன் சராசரி விட்டத்தைக் காலிப்பரால் அளந்து அதன் சராசரி ஆரத்தைக் காண். கேலரி மீட்டரின் மேற்பரப்பைக் கணக்கிடு. கேலரி மீட்டரிலுள்ள துளைக்கு வேண்டிய திருத்தத்தைச் செய்.

குறிப்பிட்ட ஒரு வெப்பநிலையில் ஒரு பரப்பின் கதிர்வீச்ச எண் அப்பரப்பின் வெப்பநிலைக்கும், சுற்றியுள்ளவற்றின் வெப்பநிலைக்குமுள்ள $I°C$ மாறுபாட்டிற்கு ஒரு சதுர செ.மீ. பரப்பிலிருந்து ஒரு விஞடியில் கதிர் வீச்சால் இழக்கப்படும் வெப்பத்திற்குச் சமம்.

கதிர்வீச்ச எண் பரப்பின் வெப்பநிலையைப் பொறுத்துமாறும் குறிபிட்ட ஒரு வெப்பநிலையில் (T) கதிர்வீச்ச எண்ணைக் காண. $(T+\frac{1}{2})°C$யிலிருந்து $(T-\frac{1}{2})°C$ வெப்பநிலை மாறப் பரப்பு எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தைக் காட்சிப்பதிவுகளிலிருந்து காண். இதை $\times$ எனவும், கேலரி மீட்டரின் பரப்பை A எனவும் கொண்டால்,

$$\left.\begin{array}{l}\text{கதிர் வீச்ச எண்}\\ (T°C \text{ வெப்பநிலையில்})\end{array}\right\} = \frac{\left(m_1 x \times (m_2 - m_1)\right)\left(T+\frac{1}{2}-(T-\frac{1}{2})\right)}{X \times A \times (T-\theta)}$$

$$= \frac{\left(m_1 x \times (m_2 - m_1)\right) \times l}{X \times A \times (T-\theta)}$$

குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைகளில் பரப்பின் வெப்பக்கதிர் வீச்ச எண்ணைக் கணக்கிடு.

முடிவு

1 நியூட்டன் குளிர்வு விதி சரி பார்க்கப்பட்டது.

2 பரப்பின் வெப்பக்கதிர் வீச்ச எண்........கேலரி/செக/செ.மீ.^{2} டிகிரி மிகைப்பாடு

குளிர்வு முறையில் திரவத்தின் வெப்ப எண்

(Specific Heat by Cooling)

நோக்கம்

நியூட்டனின் குளிர்வு விதியை உபயோகித்து ஒரு திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

கோளக் கேலரி மீட்டர், வெப்பநிலை மானி, முகவை, நிறுத்து கடிகாரம், திரவம், நீர்.

செய்முறை

துப்புரவாக்கப்பட்ட ஈரம் போக்கப்பட்ட கோளக் கேலரி மீட்டரின் நிறையைக் காண். ஏறத்தாழ 95° வெப்பநிலையுள்ள நீரால் அதை நிரப்பு. ஒரு தாங்கியிலிருந்து கோளக் கேலரி மீட்டரைத் தொங்கவிடு. கேலரி மீட்டர் முகவையின் பக்கங்களைத் தொடாமல் முகவைக்குள் தொங்குமாறு அமை: கோளக் கேலரி மீட்டரில் ஒரு வெப்பநிலை மானியைச் செருகி அதன் குமிழ் கோளத்தின் மையத்திலிருக்குமாறு அமை. வெப்பநிலை மானி 85°C குறிக்கையில் நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. பின்னர் வெப்பநிலை 55°C ஆகும் வரை ஒவ்வொரு டிகிரி வெப்பநிலை குறைவதற்கும் நேரங்களைக் கணக்கிடு. கேலரி மீட்டர் சுற்றுப்புற வெப்பநிலையை அடைந்தவுடன் நீருடன் அதன் நிறையைக் காண்.

நீரை வெளியே கொட்டிவிட்டுக் கேலரி மீட்டரை ஈரம் போக்கு. அதை ஏறத்தாழ 95°C வெப்பநிலையுள்ள திரவத்தால் நிரப்பு. கேலரி மீட்டரை முன் போலவே பொருத்தி, அதனுள் வெப்பநிலை மானியையும் அமை. திரவத்தின் வெப்பநிலை 85°C ஆகும்பொழுது நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. பின்னர் வெப்பநிலை 55°C ஆகும் வரை ஒவ்வொரு டிகிரி வெப்பநிலைக் குறைவிற்கும் ஆகும் நேரங்களைக் கணக்கிடு. கோளக் கேலரி மீட்டர் சுற்றுப்புற வெப்பநிலையை அடைந்ததும் திரவத்துடன் அதன் எடையைக் காண்.

முக்கியக் குறிப்பு

கேலரி மீட்டரில் எடுத்துக்கொள்ளப்படும் நீரின் பருமனும், திரவத்தின் பருமனும் சமமாக இருக்க வேண்டும்.

X அச்சில் நேரத்தையும், Y அச்சில் வெப்பநிலையையும் கொண்டு, நீருக்கும், திரவத்திற்கும் குளிர்வுக்கோடுகள் வரை.

குளிர்வுக் கோடுகளைக் கொண்டு, குறிப்பிட்ட ஒரு வெப்பநிலை யிலிருந்து மற்றொரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைக்கு (எடுத்துக்காட்டாக 85° டிகிரியிலிருந்து 80 டிகிரி வரை) குளிரத் திரவம் எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தையும், நீர் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தையும் காண். இந்நேரங்களின் விகிதங்களைக் காண். இவ்விகிதம் மாறிலி யாயிருக்கும். விகிதத்தின் சராசரி மதிப்பைக் காண்.

கணக்கிடுதல்

கேலரி மீட்டரின் நிறை	:	m_1...........கிராம்
கேலரி மீட்டர்+நீரின் நிறை	:	m_2...........கிராம்
கேலரி மீட்டர்+திரவத்தின் நிறை	:	m_3...........கிராம்
கேலரி மீட்டராக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் வெப்ப எண்	=	x...........

திரவத்தின் வெப்ப எண்ணை s எனவும், திரவம் T_2 டிகிரி யிலிருந்து T_1 டிகிரிக்குக் குளிர எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தை t_2 எனவும் நீர் T_2 டிகிரியிலிருந்து T_1 டிகிரிக்குக் குளிர எடுத்துக் கொள்ளப்படும் நேரத்தை t_1 எனவும் கொள்வோம்.

நியூட்டனின் குளிர்வு விதிப்படி

$$\frac{(m_1+m_2-m_1)\ (T_2-T_1)}{t_1} = \frac{\left(m_1x+(m_3-m_1)s\right)\left(T_2-T_7\right)}{t_2}$$

$$\text{அல்லது,}\ \frac{w_1x+(w_3-w_1)s}{w_1x+(w_2-w_1)} = \frac{t_2}{t_1}$$

$\frac{t_2}{t_1}$ன் சராசரி மதிப்பைக் கொண்டு திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடு.

காட்சிப்பதிவுகள்

வெப்ப நிலை	நேரம்	
	நீர்	திரவம்
85		
84		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
...		
57		
56		
55		

வெப்ப நிலை எல்லைகள்	குளிர எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம்		$\frac{t_2}{t_1}$
	நீர் t_1	திரவம் t_2	
85...80			
80...75			
75...70			
70...65			
65...60			
60...55			

சராசரி $\frac{t_2}{t_1}$ = ...

முடிவு

திரவத்தின் வெப்ப எண் ....

நற்கடத்தியின் வெப்பக் கடத்துத்திறன்
(Thermal conductivity of a good Conductor)

நோக்கம்

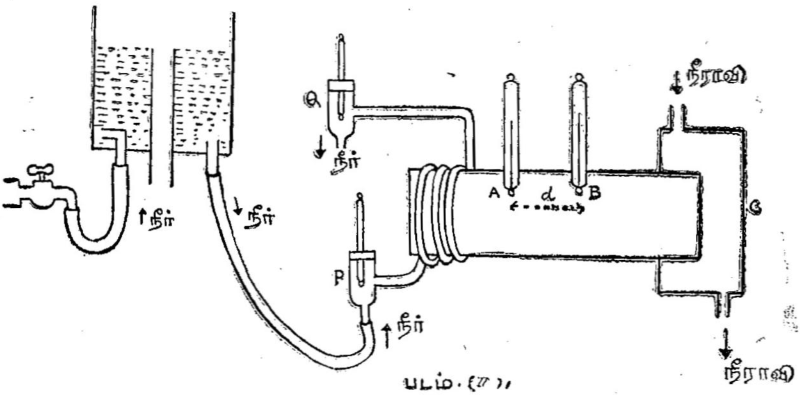
'**சியேர்ள்**' ஆய்கருவியைக் கொண்டு தாமிரத்தின் வெப்பக் கடத்துத் திறனைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

'**சியேர்ள்**' வெப்பக் கடத்துத் திறன் ஆய்கருவி, நிலையான அழுத்த முகட்டைத் தரும் அமைப்பு (Constant pressure head arrangement), முகவை, நிறுத்து கடிகாரம், காலிப்பர், வெப்ப நிலை மானிகள்.

அமைப்பு

'**சியேர்ள்**' வெப்பக் கடத்துத் திறன் ஆய்கருவியில் தாமிரத் தாலான உருளை வடிவத் தண்டு (*R*) உள்ளது. இத்தண்டின் ஒரு முனைமீது நீராவிக்கலம் (C) (Steam Chamber) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இக்கலத்தினுள் நீராவியைச் செலுத்த ஓர் அகவாயும், நீராவியை வெளியேற்ற ஒரு புறவாயும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. தண்டின் மறுமுனையின்மீது ஒரு தாமிரக்குழாய் சுருளாகச் சுற்றப்



படம். (27).

பட்டுள்ளது (*S*). இக்குழாய் மூலம் நீரைச் செலுத்தலாம். குழாயி னுட்செல்லும் நீர், வெளியேறும் நீர் இவற்றின் வெப்பநிலைகளை

அளக்க இரு அமைப்புகள் (P, Q). உள்ளன. தண்டின்மீது அதன் நீளத்திற்குச் செங்குத்தாக A, B என்ற புள்ளிகளில் இரு துளைகள் போடப்பட்டுள்ளன. இத்துளைகளில் சிறிது பாதரசம் விடப்பட்டுத் துளைக்கு ஒன்றாக இரு வெப்பநிலைமானிகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. தண்டு, அதன் முனைகளில் பொருத்தப்பட்டுள்ள நீராவிக்கலம், தாமிரக்குழாய் முதலியன ஒரு பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டு, இடை வெளிகள் கம்பளத்தால் நிரப்பப்பட்டுள்ளன. இவ்வமைப்பு வெப்பக் கடத்தல், வெப்பச்சலனம் முதலியவற்றால் வெப்பம் இழக்கப்படுவதைக் குறைக்கிறது.

செய்முறை

A, B என்ற துளைகளின் மையங்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவைக் (l) காண். காலிப்பரைக் கொண்டு தண்டின் சராசரி விட்டத்தை அளந்து, ஆரத்தைக் (r) கணக்கிடு. துளைக்கு ஒன்றாக இரண்டு வெப்பநிலை மானிகளைத் தண்டில் செருகு. P, Q என்ற அமைப்புகளில் ஒவ்வொன்றிலும் ஒரு வெப்பநிலை மானியைப் பொருத்து. இவை குழாயினுட்புகும் நீரின் வெப்பநிலையையும், குழாயிலிருந்து வெளிச்செல்லும் நீரின் வெப்பநிலையையும் காண உதவுகின்றன.

நீராவிக்கலத்தின் அகவாயை நீராவி உருவாகும் கொதிகலத்துடன் இணை. சீரான வேகத்தில் நீர் தாமிரக்குழாய் மூலம் பாயுமாறு நிலை அழுத்த முகட்டைத் தரும் அமைப்பைச் சரி செய்.

நீராவிக் கலம் பொருத்தப்பட்ட தண்டின் முனை, நீராவியால் சூடேற்றப்படுகிறது. வெப்பம் தண்டின் வழியே கடத்தப்படுகிறது. வெப்பநிலை மானிகளில் காட்சிப்பதிவுகள் மாறுபடுகின்றன ஒரு நிறை காணப்பட்ட முகவையில் குழாயிலிருந்து வரும் நீரைக் குறிப்பிட்ட நேரத்திற்குப் பிடி. நீருடன் முகவையின் நிறையைக் கண்டு, நீரின் நிறையைக் காண். இதிலிருந்து ஒரு வினாடிக்குக் குழாய்மூலம் பாயும் நீரின் நிறையைக் கணக்கிடு. இவ்வாறே மூன்று முறைகள் செய்து ஒரு வினாடிக்குக் குழாய்மூலம் பாயும் நீரின் சராசரி நீறையைக் காண்.

நான்கு வெப்பநிலைமானிகளும் தொடர்ந்து நிலையான காட்சிப் பதிவுகளைக் காட்டும் பொழுது, அவ்வெப்பநிலைகளைக் குறித்துக் கொள்.

தாமிரக்குழாய் மூலம் செலுத்தப்படும் நீரின் வேகத்தை மாற்றியமைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்.

கணக்கிடுதல்

தண்டின்மீது பொருத்தப்பட்டுள்ள வெப்பநிலை மானிகளின் காட்சிப்பதிவுகளை θ_1, θ_2 எனவும், உட்செலுத்தப்படும், வெளி வரும் நீரின் வெப்பநிலைகளை முறையே θ_3, θ_4 எனவும், தண்டின் ஆரத்தை r எனவும், தண்டின்மேல் பொருத்தப்பட்டுள்ள வெப்ப நிலை மானிகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவை d எனவும், ஆய்கருவி யினுள் ஒரு விநாடியில் செலுத்தப்படும் நீரின் நிறையை m எனவும், தண்டாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள திடப்பொருளின் வெப்பக் கடத்துத் திறனை K எனவும் கொண்டால்,

$$m\ (\theta_4-\theta_3)\ =\ K.\ \pi r^2.\ \frac{(\theta_1\theta_2)}{d}$$

$$K\ =\frac{m\ \theta_4-\theta_3)\times d}{\pi r^2\ (\theta_1-\theta_2)}$$

ஒவ்வொரு தொகுதிக் காட்சிப்பதிவுகளிலிருந்தும் வெப்பக் கடத்துத் திறனைக் கணக்கிடு. சராசரியைக் கணக்கிடு.

காட்சிப்பதிவுகள்

தண்டில் பொருத்தப்பட்டுள்ள வெப்பநிலை மானிகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு $= d$......... செ.மீ.
தண்டின் சராசரி ஆரம் $= r$......... செ.மீ

முகவையின் நிறை $= m_1$..........கிராம்

சோதனை எண்	வரிசை எண்	நீருடன் முகவையின் நிறை m_2 கிராம்	நீரின் எடை $m_2 m_1$ கிராம்	நீர் திரட்டப் பட்டநேரம் t செக	ஒரு விநாடி யில் பாயும் நீரின் எடை $m=\frac{m_2-m_1}{t}$
	1				
I	2				
	3				சராசரி :
	1				
II	2				
	3				சராசரி:

		சோதனை I	சோதனை II
தண்டின்மீது பொருத்தப்பட்டுள்ள வெப்பமானிகளின் காட்சிப்பதிவுகள்:			
	θ_1	......	....
	θ_2	......	,.......
உட்செலுத்தப்படும் நீரின் வெப்பநிலை	θ_3	......	....
வெளிவரும் நீரின் வெப்பநிலை	θ_4	......	....
தண்டாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் வெப்பக்கடத்துத் திறன்	K	......	....

முடிவு

தண்டாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள திடப்பொருளின் (நற்கடத்தி) வெப்பக் கடத்துத் திறன்.........கேலரி செக./செ.மீ.^{2}/வெப்பச் சரிவு அலகு.

அரிதிற்கடத்தியின் வெப்பக்கடத்துத் திறன் (லீஸ் ஆய்கருவி)

(Thermal Conductivity of a Bad Conductor) (Lees disc Apparatus)

நோக்கம்

'லீஸ்' வட்டத்தகடு ஆய்கருவியைக்கொண்டு ஒரு அரிதிற் கடத்தியின் (அட்டை) வெப்பக் கடத்துத்திறனைக் காணல்.

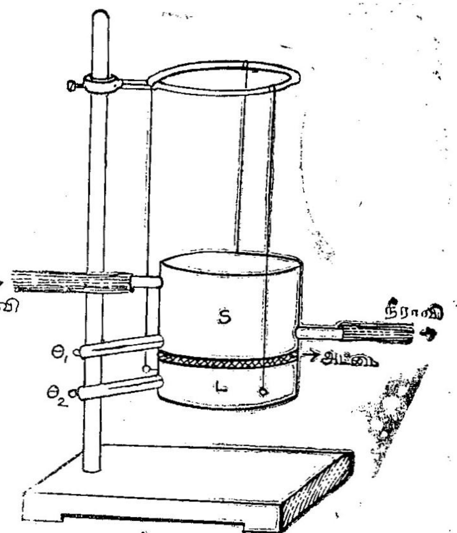
தேவையான ஆய்கருவிகள்

'லீஸ்' ஆய்கருவி, அட்டை, கொதிகலம், வெப்பநிலை மானிகள், காலிப்பர், திருகு அளவி, நிறுத்து கடிகாரம்.

அமைப்பு

லீஸ் வட்டத்தகட்டு ஆய்கருவியில் தாங்கியால் பொருத்தப் பட்டுள்ள ஒரு வளையத்திலிருந்து சமநீளமுள்ள மூன்று நூல்களினால் தொங்கவிடப்பட்ட பித்தளையாலான கனமுள்ள வட்டவடிவத் தகடு (L) உள்ளது. இத்தகட்டின் விட்டமும் தடிப்பும் முறையே

ஏறத்தாழ 10 சென்டிமீட்டரும் ஒரு சென்டிமீட்டரும் இருக்கும். தகட்டின் பக்கவாட்டில் அதன் விட்டத்திற்கு இணையாக ஒரு துளை போடப்பட்டுள்ளது. இதனுள் ஒரு வெப்பநிலை மானியைச் செருக லாம். இத்தகட்டின்மீது ஏறத்தாழ 5 செ.மீ. உயரமும், வட்டத் தகட்டையொத்த விட்டமுமுள்ள கனமான ஓர் உருளை வடிவ நீரா



படம் (II) 18

விக்கலம் (Steam chamber) (S) உள்ளது. இதற்கு அகவாயும், புறவாயும் உள்ளன. இவை முறையே நீராவியை உட்செலுத்தவும் வெளியேற்றவும் பயன்படுகின்றன. நீராவிக்கலத்தின் அடிப் பாகத்திலும் வெப்பநிலை மானியைச் செருக ஒரு துளை உள்ளது. வட்டத்தகடும், நீராவி அறையும் நிக்கல் முலாம் பூசப்பட்டு நன்கு மெருகிடப்பட்டுள்ளன.

செய்முறை

வட்டத்தகட்டைக் கிடை மட்டமாகத் தொங்கவிடு. அட்டையை வட்டத்தகட்டின் விட்டமுள்ள ஒரு வட்டமாக வெட்டி எடுத்துக்கொள். அட்டையை வட்டத்தகட்டின்மீது வை. அட்டை மேல் நீராவிக் கலத்தைப் பொருத்து. மூன்றின் மையங்களும் ஒரே செங்குத்து அச்சிலும், அவற்றின் அமைப்பு ஓர் உருளை வடிவத் திலும் இருக்கவேண்டும். நீராவிக்கலத்திலும் வட்டத்தகட்டிலு முள்ள துளைகளில் வெப்பநிலை மானிகளைச் செருகு.

நீண்ட ரப்பர்க் குழாய் மூலம் கொதிகலத்தில் உருவாகும் நீராவியை நீராவிக்கலத்தினுட்செலுத்து. வெளிப்படும் நீராவியையும் ஒரு நீண்ட ரப்பர்க்குழாயினுல் அப்புறப்படுத்து. நீராவிக் கலத்தின் அடிப்பாகத்திலிருந்து அட்டை மூலம் வெப்பம் வட்டத் தகட்டிற்குக் கடத்தப்படுகிறது. ஆதலால். அதன் வெப்பநிலை உயர்கிறது.

இரு வெப்பநிலை மானிகளிலும் காட்சிப்பதிவுகளைக் காண். 30 அல்லது 40 நிமிடங்களில் காட்சிப்பதிவுகள் நிலைத்து நிற்கும். குறைந்த அளவு 15 நிமிடங்கள் காட்சிப்பதிவுகள் நிலையாக இருந்த பின்னர், நீராவிக்கலம் வட்டத்தகடு இவற்றின் நிலையான வெப்ப நிலைகளைக் குறித்துக்கொள். ஆய்கருவியினுள் நீராவி செலுத்தப்படுவதை நிறுத்து.

அட்டையை எடுத்து நீராவிக்கலத்தை வட்டத்தகட்டின்மேல் வை. மீண்டும் கலத்தினுள் நீராவியைச் செலுத்து. வட்டத்தகட்டின் வெப்பநிலை முன்பு அது அடைந்த வெப்பநிலையைவிட ஏறத்தாழ 10 டிகிரிகள் அதிகமானவுடன் நீராவி செலுத்துவதை நிறுத்தி, நீராவிக்கலத்தை அப்புறப்படுத்து. வட்டத்தகட்டைக் குளிரவிடு. வட்டத்தகட்டின் வெப்பநிலை அது சோதனையின் முதற்பகுதியில் அடைந்த நிலையான வெப்பநிலைக்கு 5° மேலுள்ளபொழுது நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. பின்னர் ஒவ்வொரு டிகிரி வெப்பநிலை குறைவதற்கும் நேரங்களைக் காண். வட்டத்தகடு முதற்சோதனையில் அடைந்த வெப்பநிலையைவிட 5° குறையும் வரை தொடர்ந்து காட்சிப்பதிவுகளைக் காண்.

திருகு அளவியைக் கொண்டு வட்டத்தகடு மற்றும் அட்டை இவற்றின் சராசரித் தடிப்புகளைக் காண். வட்டத்தகட்டின் சராசரி விட்டத்தைக் காலிப்பரைக்கொண்டு அளந்து, அதன் சராசரி ஆரத்தைக் கணக்கிடு. வட்டத்தகட்டின் நிறையைக் காண்.

கணக்கிடுதல்

நீராவிக் கலத்தின் வெப்பநிலை	=	θ_1°C
வட்டத்தகட்டின் நிலையான வெப்பநிலை	=	θ_2°C
அட்டையின் சராசரித் தடிப்பு	=	x செ.மீ.
வட்டத்தகட்டின் சராசரித் தடிப்பு	=	h செ.மீ.
வட்டத்தகட்டின் ஆரம்	=	r செ.மீ.
வட்டத்தகட்டின் நிறை	=	M கிராம்
வட்டத்தகடாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் வெப்ப எண்	=	s

வட்டத்தகட்டின் வெப்பநிலை θ_2 ஆக இருக்கையில் வெப்பநிலை மாறு வீதம் $= \propto$

அட்டையின் வெப்பக்கடத்துத் திறன் $= k$

கொள்கை

வெப்பநிலைகள் மாறிலியாக உள்ளபொழுது அட்டையின் மூலம் ஒரு விஞடியில் கடத்தப்படும் வெப்பம் : $Q = \frac{k \times \pi r^2 \times (\theta_1 - \theta_2)}{x}$ கேலரிகள்

இந்த வெப்பம் வட்டத்தகட்டின் வட்டமான அடிப்பரப்பிஞலும், அதன் வளைந்த பரப்பிஞலும் (Curved surface) வெப்பக்கதிர் வீச்சால் இழக்கப்படுகிறது.

ஒரு விஞடியில் வெப்பக்கதிர்வீச்சால் வட்டத்தகடு இழக்கும் வெப்பம் $= Ms \propto$ கேலரிகள்

முதற்பகுதியில் கதிர்வீச்சால் வெப்பம் இழக்கும் பரப்பு $= \pi r^2 + 2\pi rh$

இரண்டாம் பகுதியில் கதிர்வீச்சால் வெப்பம் இழக்கும் பரப்பு $= 2\pi r^2 + 2\pi rh$

ஆதலால், முதற்பகுதியில் வட்டத் தகட்டின் பரப்பு ஒரு விஞடியில் வெப்பக்கதிர் வீச்சால் இழக்கும் வெப்பம் $= Ms \propto \left[\frac{\pi r^2 + 2\pi rh}{2\pi r^2 + 2\pi rh}\right]$

$$= Ms \propto \left(\frac{r+2h}{2r+2h}\right)$$

ஆதலால், $$\frac{K \times \pi r^2 \times (\theta_1 - \theta_2)}{x} = Ms \propto \left(\frac{r+2h}{2r+2h}\right)$$

அல்லது, $$K = Ms \propto \left[\frac{r+2h}{2r+2h}\right] \times \left[\frac{x}{\pi r^2 \, (\theta_1 - \theta_2)}\right]$$

θ_2° வெப்பநிலையில் 1 விஞடியில் மாறுபடும் வட்டத்தகட்டின் வெப்பநிலை குளிர்வுக்கோடு வரைந்து காணப்படவேண்டும். குளிர்வுக்கோட்டிலிருந்து $(\theta_2 + \frac{1}{2})$ டிகிரியிலிருந்து $(\theta_2 - \frac{1}{2})$ டிகிரிக்கு வட்டத்தகட்டின் வெப்பநிலை மாறுபட எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைக் காண். இது 'n' விஞடிகள் ஆஞல்,

$$\propto = \frac{1}{n} \text{ டிகிரி/செகண்டு.}$$

தகட்டின் குளிர்வுக்கோடு வரைய அட்டவணை

தகட்டின் வெப்பநிலை	நேரம்

θ_2 டிகிரியில் வட்டத்தகட்டின் வெப்பநிலை மாறும் வீதம் (குளிர்வுக்கோட்டிலிருந்து) } : $\propto$ டிகிரி/செக

$$K = Ms \propto \left(\frac{r+2h}{2r+2h}\right) \left(\frac{x}{\pi r^2 (\theta_1 - \theta^2)}\right)$$

என்ற சமன்பாட்டைக்கொண்டு வெப்பக்கடத்துத் திறனைக் கணக்கிடு.

முடிவு

அட்டையின் வெப்பக்கடத்துத் திறன்..............கேலரி/செக/ செ. மீ^{2}/வெப்பநிலைச்சரிவு அலகு.

வெப்ப எந்திர ஆற்றல் இணை மாற்று 'சியோர்ள்' முறை

(Mechanical Equivalent of Heat—Searle's Method)

நோக்கம்

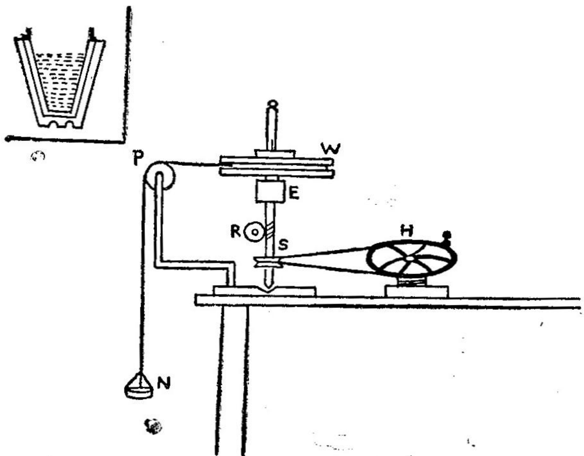
'சியோர்ள்' உராய்வுக் கூம்பு ஆய்கருவியை (Searle's friction Cone apparatus)க் கொண்டு வெப்ப - எந்திர ஆற்றல் இணை மாற்றைக் காணல்.

தேவையான ஆய்கருவிகள்

'சியேர்ள்' உராய்வுக்கூம்பு ஆய்கருவி, நுண்ணளவு காட்டும் வெப்பநிலை மானி, எடைப்பெட்டி, அளவுகோல், நிறுத்து கடிகாரம்

அமைப்பு

'சியேர்ள்' உராய்வுக் கூம்பு ஆய்கருவியில் ஒன்றுக்கொன்று நன்றாகப் பதியும்படியான இரு கூம்பு வடிவக் கலன்கள் உள்ளன. இவை உலோகத்தினால் செய்யப்பட்டு நன்கு மெருகிடப்பட்டுள்ளன வெளியேயுள்ள கூம்பு எபொனைட்டாலான, (Ebonite) உள்ளீடற்ற உருளை வடிவான ஒரு கலத்தின் (E)அடியில் உள்ள முனைகளின்மேல் பொருந்தும். எபொனைட்டுக்கலம் கூம்புகளுக்கு உறையாகவும் அமைகிறது. இந்த எபொனைட்டுக்கலம் ஓர் இருசின் (Spindle) (S) மேல் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இவ்விருசின் அடிப்பாகத்திலுள்ள கப்பியின் விளிம்பு வழியாகவும், கிடைமட்டமாகப் பொருத்தப் பட்ட ஒரு சக்கரத்தின் (Wheel) விளிம்பு (H) வழியாகவும் ஒரு தோற்பட்டை (Belt) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. உருளையைக் கையால் சுழற்றினால் இருசு சுழலும். இருசு சுழன்றால், எபொனைட்டுக்கலமும் கூம்புகளும் சுழலும். இருசு சுழலும் சுழல்களின் எண்ணிக்கையை அதனுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஓர் எண்ணிக்கைகாட்டி (Counter)



படம்-(II)19

பதிவு (R) செய்கிறது. உள் கூம்பின் மேல் விளிம்பில் இரு செங்குத்து முனைகள் உள்ளன. இம்முனைகளின்மேல் வட்டமான ஒரு மரக்கப்பி (W) பொருந்தும். இம்மரக்கப்பியில் ஒரு புள்ளியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கொக்கியில் நூலின் ஒரு முனை இணைக்கப்

பட்டுக் கப்பியில் ஒரு முறை சுற்றப்பட்ட பின்னர் ஒரு சிறிய கப்பி மேல் (P) செலுத்தப்பட்டுள்ளது. இந்நூலின் மறுமுனையில் ஒரு எடைத்தட்டு (N) தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. பெரிய கப்பியின் நடுவில் இடப்பட்ட துளைமூலம் ஒரு வெப்பநிலை மானியையும், ஒரு கலக்கியையும் உட்கூம்புக்குள் வைக்கலாம். இத்துளையைச் சுற்றி மரக்கப்பியின்மேல் ஒரு காரீய வளையம் கனத்திற்கு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இது இரு கூம்புகளுக்கிடையே உராய்வை உண்டாக்க அழுத்தம் தரும்.

செய்முறை

கலக்கியுடன் இரு கூம்புகளின் நிறையைக் காண். உட்கூம்பில் ஏறத்தாழ முக்காற்பங்கு நீரை எடுத்துக்கொண்டு மறுபடியும் நிறையைக் காண். கூம்புகளை ஆய்கருவியில் திருப்பிப் பொருத்து. சக்கரத்தைக்கொண்டு இருசைச் சீராகச் சுழற்று. எடைத்தட்டிலுள்ள எடைகளை மாற்றி அமைத்து, இருசு சுழலும் பொழுது எடைத்தட்டு மேலே அல்லது கீழே இறங்காமல் நிலையாயிருக்குமாறு செய். உட்கூம்பு நிலைத்து வெளிக்கூம்பு மட்டும் சுழலும். பின்னர் எண்ணிக்கை காட்டியில் தொடக்கக் காட்சிப்பதிவையும், கூம்புகளின் தொடக்க வெப்பநிலையையும் திருத்தமாகக் காண். முன்பு சுழற்றிய அதே சீரான வேகத்தில் சக்கரத்தைச் சுழற்று. எடை மேலே அல்லது கீழே நகராமல் நிலையாய் இருக்கவேண்டும். உருளையைச் சுழற்றத் தொடங்கியவுடன் நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கு. உட்கூம்பிலுள்ள நீரை நன்குகக் கலக்கு. கூம்பின் வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 5 டிகிரிகள் உயர்ந்தவுடன், உருளையைச் சுழற்றுவதை நிறுத்து. தொடர்ந்து கூம்பிலுள்ள நீரைக் கலக்கி, அது அடையும் பெரும அளவு வெப்பநிலையையும் அதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தையும் காண். தொடர்ந்து நீரை அந்த நேரத்தில் சரிபாதி நேரத்திற் குளிரச்செய்து, வெப்பநிலையில் ஏற்படும் மாறுபாட்டைக் காண். இந்த மாறுபாடு கதிர் வீச்சுத் திருத்தத்தைத்தரும். எண்ணிக்கை காட்டியின் இறுதிக்காட்சிப்பதிவைக்காண். நூலின் முனையில் தொங்கும் மொத்த எடையை (எடைத்தட்டு உட்பட)க் காண். ஒரு நூலைப் பெரிய கப்பியில் சுற்றி அதன் பரிதியை அள.

காட்சிப்பதிவுகள்

கூம்புகள் + கலக்கியின் நிறை	:	m_1......கிராம்
கூம்பாக உருவாக்கப்பட்டுள்ள பொருளின வெப்ப எண்	:	s........
கூம்புகள் + கலக்கி + நீரின்நிறை	:	m_2......கிராம்
நீரின் தொடக்க வெப்பநிலை	:	θ_1.........°C
நீர் அடைந்த பெரும அளவு வெப்பநிலை	:	θ_2.........°C

கதிர் வீச்சுத் திருத்தம் : $\int T$ ......°C

திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்பநிலை : $\theta_2 + \int T =$ ......°C

எண்ணிக்கைக் காட்டியின் தொடக்கக்காட்சிப்பதிவு } : N_1..............

எண்ணிக்கை காட்சியின் இறுதிக்காட்சிப்திவு } : N_2..............

இருசு சுழன்ற சுற்றுக்கள் $(N_2 \backsim N_1) = n =$ ....

நூலின் முனையில் தொங்கும் மொத்த எடை } : M.........கிராம்

பெரிய கப்பியின் பரிதி : l...........செ-மீ.

கணக்கிடுதல்

உராய்வுக்கெதிராகச் செய்யப் பட்ட வேலையின் மதிப்பு } $= Mgln$ எர்க்

($g =$ ஈர்ப்பு முடுக்கம்)

இதனால் உண்டான வெப்பம்,

$$= [m_1 s + (m_2 - m_1)] \quad [\theta_2 + \int T - \theta_1] \text{ கேலரி}$$

ஆதலால்,

$$\text{வெப்ப - எந்திர ஆற்றல் இணை மாற்று J} = \frac{Mglu}{(m_1 s + m_2 - m_1)\ (\theta_2 + \int T - \theta_1)} \text{ எர்க்/கேலரி}$$

இச்சமன்பாட்டைக்கொண்டு வெப்ப - எந்திர ஆற்றல் இணை மாற்றைக் கணக்கிடு.

முடிவு

வெப்ப - எந்திர ஆற்றல் இணை மாற்று (J) = ...எர்க்/கேலரி

3. ஒளியியல்

ஒளிமானிகள்
(Photometer)

நோக்கம்

இரு ஒளி மூலங்களில் ஒளி வீசும் திறன்களை (1) புன்சன் ஒளி மானியாலும் (2) ஜாலி ஒளி மானியாலும் ஒப்பிடுதல்.

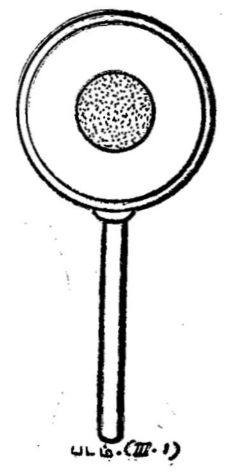
கருவிகள்

புன்சன் ஒளி மானி, ஜாலி ஒளி மானி, வெவ்வேறு ஒளி வீசும் திறனுள்ள ஒளி மூலங்கள் (Light sources).

1. புன்சன் ஒளி மானி

கருவி விளக்கம்

புன்சன் ஒளி மானியில் சுமார் 15 செ. மீ. விட்டமுள்ள, பளபளப்பற்ற கனமான காகித வட்டத்துண்டு ஒரு தாங்கியிலுள்ள வளையத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். காகிதத்தின் மையத்தில் 1 செ.மீ. விட்டமுள்ள வட்டத்திற்குக் கிரீஸ் தடவப்பட்டிருக்கும். கிரீசுள்ள பகுதி வழியாகக் காகிதத்தின் மற்றப்பகுதியைவிட அதிக ஒளி செல்லக்கூடுமாகையால், எதிரொளிப்பில் இப்பகுதி இருண்டு காணும். ஒளி ஊடுருவி வெளி வரும்போது பார்த்தால் கிரீஸ் இடப்பட்ட பகுதியைவிட மற்றப்பகுதி இருண்டு தெரியும்



படம். (III. 1)

செய்முறை

இருட்டறையில் சோதனையைச் செய்ய வேண்டும்.

புன்சன் ஒளி மானியை மேசையின் நடுவில் வைத்து, அதனிரு பக்கங்களிலும் இரண்டு மெழுகு வர்த்திகள் வெவ்வேறு கனமுள்ளனவாக இருக்க வேண்டும்.

வர்த்திச் சுடர்கள் ஒரே கிடைமட்டத்திலும், அவைகளைச் சேர்க்கும் கோடு, ஒளி மானியின் நடுவில் நேர்குத்தாகச் செல்லு மாறும் இருக்க வேண்டும்.

ஒளி மானியை இக்கோட்டில் நகர்த்திக் கிரீசிட்ட பகுதியும் மற்றப் பகுதியும் ஒரே செறிவுடன் (Intensity) தெரியுமாறு வை ஒளி மானியிலிருந்து சுடர்களின் தூரங்களை அள. இந்நிலையில், ஒளி மூலங்களைப் புள்ளி மூலங்களாகக் கருதி (point sources)

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$ என எழுதலாம்.

I_1, I_2 இரண்டும் மூலங்களின் ஒளி வீசும் திறன்கள், d_1, d_2 ஒளி மானியிலிருந்து அவைகளின் தொலைவுகள்.

ஒளி மானியை 180° திருப்பி, மறுபடியும் சோதனையைச் செய்.

அட்டவணை

ஓர் ஒளி மூலத்திலிருந்து ஒளி மானியின் தூரம் d_1	மற்றொரு மூலத்திலிருந்து ஒளி மானியின் தூரம் d_2	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$

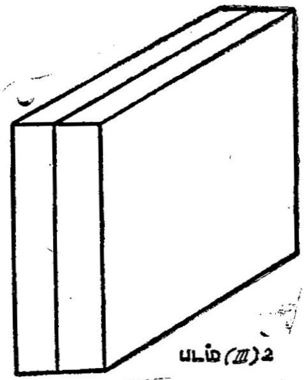
2. ஜாலி ஒளி மானி

கருவி விளக்கம்

ஜாலி ஒளிமானி இரண்டு நீள அகல கனங்களிழைத்தபாரபின் மெழுகுப் பாளங்களால் ஆனது. இடையில் மெல்லிய வெள்ளீயக் காதகித்தை வைத்து இரண்டு பாளங்களும் ஒட்டப்பட்டிருக்கும். ஒரு மரத்தாங்கியின்மீது ஒளி மானி பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

செய்முறை

ஒளி மானியை இரண்டு ஒளி மூலங்களுக்கு இடையே வை. மெழுகுப்பட்டைகளின் மைய நேர்குத்துக்கோடு கிடைமட்டமாக இரு ஒளி மூலங்களின் வழியே செல்லுமாறு இருக்க வேண்டும். இரு மூலங்களிலிருந்து மெழுகுப் பாளங்களுக்குள் செல்லும் கதிர்கள், ஈயக் காகிதத்தில்விழுந்து சிதறும் ஒளியின் செறிவு, இருபக்கங்களிலும் ஒன்றுயிராது. பக்கவாட்டில் பாளங்கள் வெவ்வேறுசெறிவுடன் காணும். ஒளி மானியை நகர்த்தி இரு பக்கங்களும் ஒரே ஒளியுடன் தெரியுமாறு செய்.



படம் (III) 2

ஒளி மானிக்கும் ஓரிரு மூலங்களுக்கும் இடைத் தூரங்களை அளந்து $\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$ என்பதிலிருந்து அவைகளின் ஒளி வீசும் திறன்களை ஒப்பிடு. காட்சிப்பதிவுகளை முன் சோதனை போலவே அட்டவணைப்படுத்து.

ஓர் ஒளி மூலத்திலிருந்து ஒளிமானித்தூரம் d_1 செ.மீ.	மற்ற ஒளி மூலத்திலிருந்து ஒளிமானித் தூரம் d_2 செ.மீ.	$\frac{I}{I_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$

திட திரவப் பொருள்களின் ஒளி விலகல் எண்கள் நேர் விலகல் முறை (Refractive Indices of Solids and liquids)

நோக்கம்

திரவப் பொருள்களின் ஒளி விலகல் எண்களை நிர்ணயித்தல்.

1. இடமாறு தோற்ற முறையில் (parallax method)
2. வெர்னியர் நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்தி

கருவிகள்

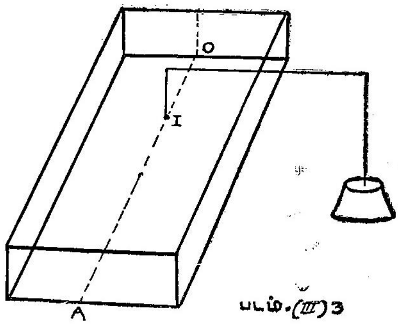
செவ்வகப் பாளக் கண்ணுடி (Glass slab), உயரமான முகவை, நீண்ட குண்டூசிகள், வரை பலகை, கார்க்கில் பொருத்திய பின்னல் ஊசி.

செவ்வகக் கண்ணுடிப்பாளம்

செய்முறை

வரை பலகையில் வரை காகிதத்தைப் படியவை. மூலைகளில் வரை ஊசிகளை அழுத்திக் காகிதம் அசையாமலிருக்கும்படி செய்.

கண்ணுடிப் பாளத்தைத் தாளின்மேல் வைத்து, பாளத்தின் அடித்தளச் செவ்வகத்தை வரை. கார்க்கிலுள்ள நீண்ட பின்னலூசியைப் படத்திலுள்ளவாறு இரு முறை 90°யில் வளை.



படம் (ஈ) 3

செவ்வகத்தின் மேல் ஓரத்தின் நடுவில் கண்ணுடிப் பாளத்தை ஒட்டி ஒரு குண்டூசியை நிறுத்து. குத்துமிடத்தை ‘O’ எனக்குறி.

கண்ணுடிப் பட்டையை அகற்றி ‘A’யிலிருந்து செவ்வகத்தின் நடுவில் செங்குத்துக்கோட்டைவரை. பட்டையைத் திரும்பவும் முன்போல அதன் எல்லையில் வைத்து, கீழ்ப்பக்கமூலம், குண்டூசியைப் பார் அதன் பிம்பம் கண்ணுடிப்பட்டைக்குள் தெரியும். கார்க்கிலுள்ள ஊசியின் முனை பட்டையில் மேற்பரப்பில் சற்றே தொடும்படி வளைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும. பின்னல் ஊசியின் முனையைப் பட்டையின் அடியில் வரையப்பட்ட நடுக்கோட்டின்மேல் நகர்த்தவேண்டும். கீழ்ப்பக்கத்திலிருந்து பட்டையினுள் நோக்கிக் குண்டூசியின் பிம்பமும் பட்டையின்மேலுள்ள ஊசியும் ஒரே கோடாகத் தெரியும்படி, பின்னல் ஊசியின் நிலையைக் காண வேண்டும். இரண்டையும் நோக்கிக்கொண்டு கண்ணை இரு மருங்கிலும் அசைத்தால் அவைகள் பிரிந்து காணுமல் ஒரே கோட்டினுள் சேர்ந்தாற்போலத் தெரியவேண்டும். அதாவது, இடமாறு தோற்றமின்றிக் (parallax) காணப்பட வேண்டும்.

கண்ணுடிப் பாளத்தை ஊசிகளை அசைக்காமல், அகற்றி, அடிப் பக்கத்திலிருந்து பின்னலூசி இருக்கும் தூரத்தையும் குண்டூசியுள்ள தூரத்தையும் அள. இரண்டு முறை செய்து இக்குறிப்புகளை எடு.

கண்ணுடிப் பாளத்தின் நீண்ட பக்கம், உன் கண்ணருகிலிருக்குமாறு திருப்பி வைத்து, செவ்வகத்தை வரைந்து, மறுபடியும் முன் செய்தவாறு தூரங்களை அள.

$$\text{பாளமாக்கப்பட்ட கண்ணுடியின் ஒளி விலகல் எண்} = \frac{\text{பொருளுக்கும் (குண்டூசி) எதிர் பக்கத்திற்குமுள்ள தூரம்}}{\text{பிம்பத்திற்கும் (பின்னலூசி) எதிர்ப்பக்கத்திற்குமுள்ள தூரம்}}$$

$$= \frac{\text{பொருளின் உண்மைத்தூரம் (Real distance)}}{\text{பொருளின் தோற்ற வாயிலான தூரம் (Apparent distance)}}$$

குறிப்புகளையும், கணக்கிட்ட மதிப்புகளையும் கீழுள்ளவாறு பதிவு செய்.

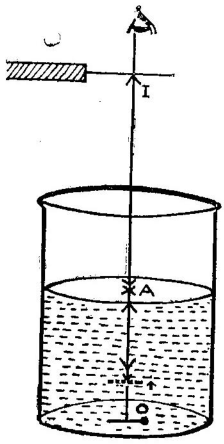
வரிசை எண்	எதிர்ப்பக்கத்திலிருந்து பொருளின் தூரம் AO	எதிர்ப்பக்கத்திலிருந்து பிம்பத்தின் தூரம் AI	ஒளி விலகல் எண் $N = \frac{AO}{AI}$
1			
2			
3			

திரவத்தின் ஒளி விலகல் எண்

செய்முறை

பளபளப்பான ஒரு குண்டூசியை நீண்ட முகவையினுள் கீழ்த் தளத்தில் வை. 8 செ.மீ. அல்லது 10 செ.மீ. ஆழத்திற்கு முகவையில் நீரை அல்லது கொடுத்த திரவத்தை ஊற்று.

பளப்பளப்பான ஒரு குண்டூசியைக் கிடைமட்டமாகப் பற்றியில் பொருத்தி முகவைக்குமேல் உயர்த்தி, தாழ்த்துமாறு இரும்புத் தாங்கியில் (Iron stand) வை. இவ்வூசிக்கு மேலிருந்து கீழே பார்த்துத் திரவத்தினடியிலுள்ள ஊசியின் பிம்பத்தையும் பற்றியியிலுள்ள ஊசியின் நீர்ப்பரப்பில் எதிரொளிப் பிம்பத்தையும் பற்றியிலுள்ள ஊசியின் நிலையை மாற்றி இவ்விரண்டும் இடமாறு தோற்றமின்றித் தோன்றும்படி சரி செய்.



படம்-(II) 4

நீர்ப்பரப்பிலிருந்து மேலே தாங்கியிருக்கும் குண்டூசியின் தூரத்தையும் ஆழத்தையும் அள. நீரின் ஆழத்தை மாற்றி இதைப்போலச் சோதனை செய்து குறிப்புகளை அட்டவணையில் எழுது.

$$\text{திரவத்தின்ஒளி விலகல் எண்} = \frac{\text{முகவையின் திரத்தின் ஆழம்}}{\text{திரவத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து மேலே பற்றியுள்ள குண்டூசிக்குத்தூரம்}}$$

அட்டவணை

வரிசை எண்	முகவையில் திரவத்தின் ஆழம் AO	திரவ மேற்பரப்பிலிருந்து பற்றியிலுள்ள குண்டூசிவரை தூரம் AI	ஒளி விலகல் எண் $\mu = \frac{AO}{AI}$

வெர்னியர் நுண்ணோக்கியால் செவ்வகக் கண்ணாடிப் பாளமாக்கப் பட்ட கண்ணாடியின் ஒளி விலகல் எண் காணல்,

செய்முறை

நுண்ணோக்கியின் வெர்னியர் அளவு கோல், முக்கிய அளவு கோல் இவைகளைப் பார்த்து, வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவைக் கணக்கிடு.

நுண்ணோக்கியின் பொருள் வைக்கும் மேடையில் சிறிது மரத் தூள் அல்லது வைக்கோ போடியம் தூளைத் தூவு. நுண்ணோக்கி யின் கண்ணருகு கருவியை உள்ளிருக்கும் குறுக்குக் கம்பிகள் (Cross wires) தெளிவாகத் தெரியுமாறு செய். நுண்ணோக்கியைச் செங்குத்தாக இருக்குமாறு திருப்பி, மேலும் கீழும் நகர்த்தித் துகள் களுக்குநேராகக் கொணர்ந்து அவைகள் நன்கு தெரியும்படி சரிசெய்.

துகள்கள் பெரிதாகவும் தெளிவாகவும் தெரியுமிடத்தில் நுண் ணோக்கியை நிறுத்திச் செங்குத்து அளவு கோலில் காட்சிப்பதிவை எடு. இதை 'y_1' என்று குறி.

கண்ணாடிப் பாளத்தை மரத்தூள்களின்மீது வை. நுண்ணோக் கியை வெர்னியருடன் உயர்த்தி, இப்பாளத்தினூடே துகள்கள் தெளிவாகத் தெரியுமிடத்தில் நிறுத்தி, முன் போலச் செங்குத்து அளவு கோலின் காட்சிப்பதிவை எடுத்து எழுது. 'y_2' எனக்குறி.

கண்ணாடிப் பாளத்தின் மேற்பக்கத்தில் துகள்களைத் தூவி, நுண்ணோக்கியை மேலும் உயர்த்தி, மறுபடியும் துகள்கள் தெளிவா கத் தெரியுமிடத்தில் நிறுத்து. அளவு கோலில் வெர்னியரின் உதவி யால் சரியான காட்சிப்பதிவைக் குறி ('y_3')

கண்ணாடிப் பாளத்தின் உண்மைக் கனம் $= y_3 - y_2$

தோற்றவியல் கனம் $= y_3 - y_2$

கண்ணாடியின் ஒளி விலகல் எண் $\mu = \dfrac{y_3 - y_1}{y_3 - y_2}$

திரவத்தின் ஒளி விலகல் எண்

செய்முறை

நுண்ணோக்கியின் பொருள் வைக்கும் மேடையில் ஒரு சிறு முகவையை வை. முகவையினுள் அடித்தளத்தில் பளபளப்பான குண்டூசியைச் சிறு தேன் மெழுகுத் துண்டினால் ஒட்டி வை. நுண் ணோக்கியில், இக்குண்டூசி தெளிவாகத் தெரியுமாறு சரி செய்து, அளவு கோலின் வெர்னியருடன் மேலேதூக்கி, குண்டூசி தெளிவாகத் தெரியும் உயரத்தில் பொருத்தி, அதற்கேற்ப அளவுகளைக் குறித்துக் கொள். இதை (y_2) எனக் குறி.

திரவத்தின் மேற்பரப்பில் மரத்துகள்களைத் தூவி, நுண்ணோக்கியை உயர்த்தி, துகள்கள் தெளிவுடன் தெரியும் இடத்தில் வைத்து, அளவு கோல் குறியீடுகளை எழுது, (y_3) எனக் குறி.

திரவத்தின் உண்மை ஆழம் $= y_3 - y_1$

திரவத்தின் தோற்ற ஆழம் $= y_3 - y_2$

திரவத்தின் ஒளி விலகல் எண் 'μ' $= \dfrac{y_3 - y_1}{y_3 - y_2}$

மாறுநிலைக்கோண முறையில் திடதிரவப் பொருள்களின் ஒளி விலகலைக் காணல்

(Refractive index—Critical angle method)

நோக்கம்

மாறுநிலைக் கோணங்களைக் கண்டு பிடித்து, ஒளி விலகல் எண் கணக்கிடுதல்

1. திடப்பொருளுக்கு, 2. திரவப்பொருளுக்கு,

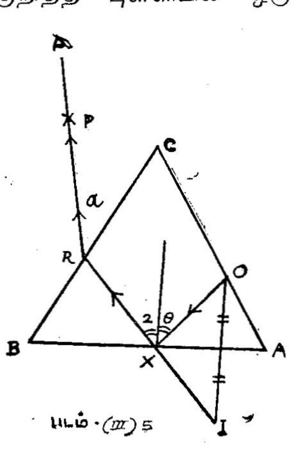
1. கண்ணாடி முப்பட்டகம் (glass prism)

கருவிகள்

முப்பட்டகக் கண்ணாடி, வரை பலகை, குண்டூசிகள்.

செய்முறை

வரை பலகையில் வரை காகிதத்தை நன்றாகப் படியப் பொருத்து. அதன்மீது சமபக்க முப்பட்டகத்தை வை. அதன் கீழ்த்தள முக்கோணத்தை வரைந்து, முப்பட்டகத்தை எடு. முக்கோணத்தின் முனைகளை 'A', 'B', 'C', எனக் குறியிலிருந்து 2 செ. மீ. தூரத்தில் 'AC' கோட்டில் 'O' எனக்குறித்த புள்ளியில் ஒரு குண்டூசியை நிற்க வை. முப்பட்டைக் கண்ணாடியை முக்கோணத்தில் வை. குண்டூசி இதன் பக்கத்தை ஒட்டியிருக்க வேண்டும். 'BC' பக்கத்தின் வழியே, இதன் பிம்பத்தைப் பார். 'B' யிலிருந்து 'C' பக்கமாகப் பிம்பத்தைப் பார்த்துக் கொண்டே கண்ணை நகர்த்து.



படம் (ஈ) 5

ஓரிடத்தில் பிம்பம் தெளிவின்றி மங்கலாகத் தோன்றும். அந்நிலையில் இரண்டு குண்டூசிகளை அப்பிம்பத்துடன் ஒரே நேர் கோட்டிலிருக்குமாறு நிறுத்து. ஊசிகள் நிற்கும் புள்ளிகளை P, Q என்று குறி. முப்பட்டகத்தை அகற்றி 'P', 'Q' வைச் சேர்த்து நேர்கோடு வரை. இக்கோடு 'B,C'யில் 'R' என்ற புள்ளியில் சேரட்டும்.

'O'விலிருந்து 'AB'க்கு நேர்குத்துக்கோடு வரைந்து, ABக்குப் பின்னும் நீட்டு. இக்கோட்டில் 'O'விலிருந்து ABக்குள்ள தூரத்திற் குச் சமமான அளவில் Oவிலுள்ள ஊசியின் பிம்பம் இருக்கும். இவ்விடத்தை I எனக்குறி.

'IR' இவைகளைச் சேர்க்கும் கோடு 'AB'யை 'X'ல் வெட்டும் 'O,X' புள்ளிகளைச் சேர். $\widehat{OXR}$ கோணத்தை அள. இது மாறு நிலைக்கோணத்தைப் போல 'C' இரு மடங்காகும்.

$\hat{C}$ யைக் கணித்து,

$\mu = \frac{1}{\sin C}$ என்பதிலிருந்து ஒளி விலகல் எண் μவைக் கண்டுபிடி.

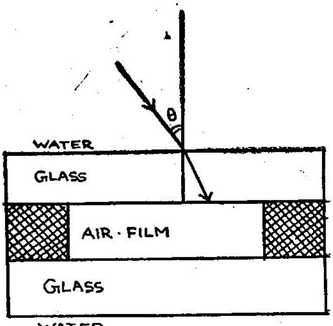
2. திரவத்தின் ஒளி விலகல் எண்

நோக்கம்

திரவத்தின் ஒளி விலகல் எண் கண்டு பிடித்தல்.

கருவிகள்

சதுரப்பக்கங்களுடைய கண்ணுடிக் கிண்ணம் (Trough), சட்டத்தில் பொருத்திய காற்றுச் சிமிழ் (Air cell).



காற்றுச் சிமிழ் படம் (III) 6

விளக்கம்

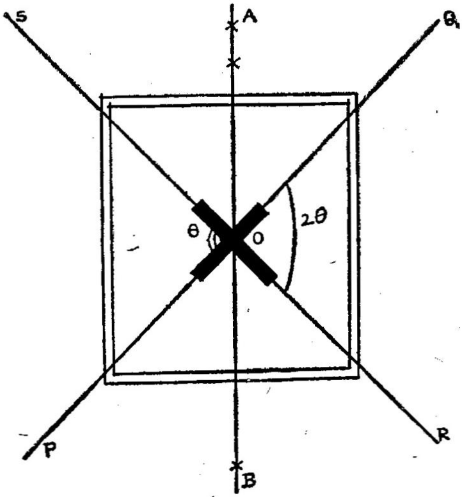
காற்றுச் சிமிழில் இரு மெல்லிய கண்ணுடிப் பட்டைகளுக்கிடையில் காற்று அடைக்கப்பட்டிருக்கும் பட்டைகளின் ஓரங்கள் காற்றோ நீரோ உட்புகாதவாறு நன்ருக ஒட்டப்பட்டிருக்கும்.

இச் சிமிழ் மரச்சட்டத்தில் படத்திலுள்ளபடி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். சிமிழ் செங்குத்தாகவும் 'ப' வடிவச் சட்டத்தின் நடுக்கோட்டிலும் இருக்கும். சட்டத்தைக் கவிழ்த்து வரை பலகையில் வைத்தால், காற்றுச் சிமிழின் கீழ்ப்பக்கம் பலகையிலிருந்து ஒரு செ. மீ. உயரத்திலிருக்கும் 'ப' சட்டத்தின் இரு கால்களில் நடுவிலும் 3 அல்லது 4 செ. மீ. நீளமுள்ள குறி காட்டிகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

செய்முறை

வரை பலகையில் இருக்கும் தாளின்மேல் கண்ணுடிக் கிண்ணத்தை வைத்துப் பக்கங்களையொட்டிச் சதுரத்தை வரை. கிண்ணத்தையகற்றிச் சதுரத்தின் மையச் செங்குத்துக்கோட்டை (AB)

நீளமாக வரைந்து, கிண்ணத்தை மறுபடியும் சதுரத்தின்மீது வை. திரவத்தைக் கிண்ணத்தில் $\frac{3}{4}$ பங்கு உயரம் வரை ஊற்று. காற்றுச்



படம்-(III)7

சிமிழை அதன் அகன்ற பக்கம் முன் வரைந்த கோட்டிற்கு (ABக்கு) செங்குத்தாக இருக்குமாறு வை. ABயில் கிண்ணத்திற்குப் பின் புறத்தில் இரு குண்டூசிகளை வரிசையாக நிறுத்து. முன்னுள்ள குண்டூசியைத் திரவம். காற்றுச்சிமிழ் இவைகளினூடே AB திசை பார். அதே திசையில் பார்த்துக்கொண்டே காற்றுச் சிமிழுள்ள சட்டத்தை அதன் மையச் செங்குத்துக்கோட்டை அச்சாக வைத்து இடப்பக்கம் திருப்பு. ஒரு நிலையில் சிமிழின் மூலம் தெரியும் குண்டூசி மறையும். இந்நிலையில் சட்டத்தை நிறுத்தி, அதிலுள்ள குறி காட்டிகளின் முனைகளுக்கு அருகில் இரு புள்ளிகளை வரை தாளில் குறி (P, Q).

பிறகு இவ்வாறே சட்டத்தை வலப்பக்கம் திருப்பி, குண்டூசி மறையுமிடத்தில் குறி காட்டியின் புள்ளிகளைத் தாளில்குறி (R, S).

காற்றுச் சிமிழையும், கிண்ணத்தையும் அகற்றி 'P', 'Q', 'R', 'S' கோடுகளை வரை. இவை சதுரத்தின் மையத்தில் வெட்டும் புள்ளியை 'O' என்று குறிப்பிடு.

$P\hat{O}S$, $R\hat{O}Q$ இவைகளின் சராசரியைக் கணக்கிடு.

இக்கோணம் மாறு நிலைக்கோணத்தின் இரு மடங்காகும்.

இரண்டு மூன்று முறை, திரும்பச் செய்து 'C' கோணத்தைக் கண்டுபிடித்துத் திரவத்தின் ஒளி விலகல் எண்ணை $\mu = \dfrac{1}{\sin C}$ என்ற வாய்பாட்டினுல் கணக்கிடு.

குவி, குழி ஆடிகளின் குவியத் தூரங்கள்
(Convex, concave mirrors—Focal lengths)

நோக்கம்

குவி, குழியாடிகளின் குவியத் தூரங்களை நிர்ணயித்தல்.

கருவிகள்

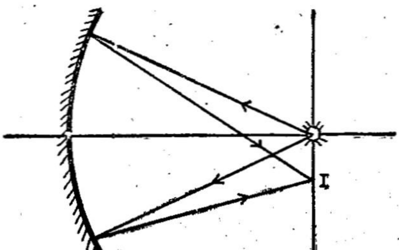
குழியாடி, குவியாடி, சமதள ஆடி, குவி வில்லை (convex lens), இவைகளுக்கேற்ற தாங்கிகள், கட்டைகளில் குத்திய பின்னல் ஊசிகள், கம்பி வலை பொருத்திய பலகை, பால் கண்ணுடித்திரை (ground glass screen)

குழியாடி (Concave mirror)

செய்முறை

குழியாடியின் (concave mirror) அச்சுக் கிடை மட்டமாக இருக்கும்படி தாங்கியில் ஆடியை வை. பலகணிப்பக்கத்திலிருந்து வரும் ஒளி ஆடியில் விழுமாறு ஆடியைத் திருப்பி, நெடுந்தொலைவிலுள்ள ஏதாவது பொருளின் பிம்பம்ஆடியில் எதிரொளிக்கப்பட்டுத் திரையில் விழுமாறு செய். திரைக்கும் ஆடிக்குமுள்ள தூரத்தை பிம்பம் தெளிவாகக் காணும்படி சரி செய். இந்தத் தூரத்தைத் அளா. இது குழியாடியின் குவியத்தூரமாகும். இதன் துல்லிய அளவைப் பின் வரும் முறைகளில் கணக்கிடலாம்:

(*1*) **ஆடியின் கோளப்பரப்பின் வளைவு ஆரமுறை;** ஒளி படும் கம்பி வலைக்கெதிரில் குழியாடியைத் தாங்கியில் வை. கம்பி வலையுள்ள பலகையில் வலையைச் சுற்றி வெள்ளை நிறம் பூசியிருக்கவேண்டும். வலையின் மையமும், ஆடியின் மையமும் ஒரே கிடை மட்டத்திலிருக்கவேண்டும். கம்பி வலைக்குப்பின் விளக்கை வைத்து வலையை ஒளிப்படுத்து. ஆடியை நகர்த்திச் சற்றுத்திருப்பி, வலையின் தெளிவான பிம்பம் வலையின் பக்கத்திலேயே விழுமாறு செய். வலைக்கும் ஆடிக்கும் உள்ள தூரம் ஆடியின் வளைவு ஆரமாகும். இத்தூரத்தில் இரண்டிலொரு பங்கு குவியத்தூரமாகும்.

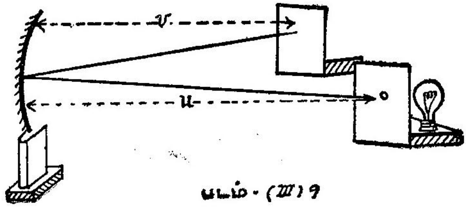


படம் (III) 8

இம்முறை பொருளிலிருந்து ஆடியில் விழும் கதிர்கள், ஆடிப் பரப்பிற்கு நேர்குத்தாக விழும். ஆகையால், விழும் திசையிலேயே எதிரொளிக்கும்.

2. பொருள்களின் பிம்பத்தூர முறை: ஒளிப்படுத்திய கம்பி வலையை ஆடியின் குவியத் தூரத்திற்கு 5 செ.மீ. தள்ளி நிறுத்து. திரைக்கும் ஆடிக்கும் உள்ள தூரம் இதைவிட அதிகமாய் இருக்கவேண்டும். ஆடியி

லிருந்து வரும் கதிர்கள் நன்குக விழும்படி திரையையும் ஆடியையும் நகர்த்தி வை. இவைகளின் இடைத்தூரத்தைச் சரி செய்து பிம்பத்தைத் தெளிவாக்கவேண்டும். ஆடியிலிருந்து பொருளின் (வலை) தூரத்தையும் (u செ.மீ.), ஆடியிலிருந்து பிம்பத்தின் தூரத்தையும் v செ.மீ.) அளந்து குறித்துக்கொள். இம்மாதிரி ஆடிப்பொருளிடைத் தூரத்தை 5 செ. மீ. அதிகப்படுத்தித் திரையின் நிலையைப் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியும் வரை சரி செய்து, அவைகளுக்கேற்ற பிம்பத் தூரங்களைக் (v) கண்டுபிடி. குறைந்தது ஆறு வெவ்வேறு தொலைவுகளின் குறிப்புகள் எடு.



படம் - (III) 9

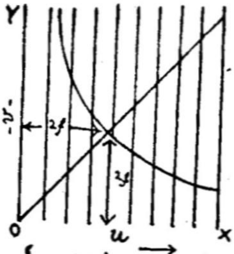
$$=\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$$ என்பதைப் பயன்படுத்தி 'f'ஐக் கணக்கிட வேண்டும்.

கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் குறிப்புகளை எழுது.

வரிசை எண்	குழியாடியிலிருந்து பொருளுக்குத் தூரம் 'u' செ.மீ.	ஆடியிலிருந்து பிம்பத்திற்குத் தூரம் v செ. மீ.	$\frac{1}{u}$	$\frac{1}{v}$	$\frac{uv}{u+v}$ $=f$ செ.மீ.

சராசரிக் குவியத்தூரம் = செ. மீ.

3. வரைபட முறை : (1) X அச்சில் ஆடியிலிருந்து பொருள். தூரங்களையும், Y அச்சில் ஆடியிலிருந்து பிம்பத்தூரங்களையும் குறிப்பிடு. குறிப்பிட்டு இருக்கும் புள்ளிகளை இணைத்தால், இங்குக் காட்டியபடி வரைபடமிருக்கும்.

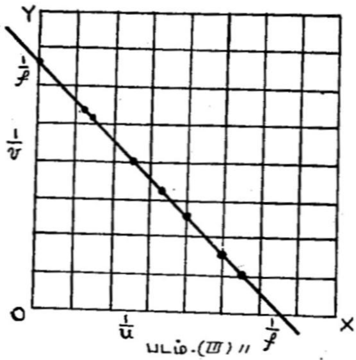


படம். (III) 10

வரை படத்தை. XOY கோணத்தை இரண்டாகப் பிரிக்கும் கோடு வெட்டு மிடத்தைக் காண். அப்புள்ளியிலிருந்து *X*, *Y* அச்சுகளுக்கு நேர்குத்துக் கோடு வரைந்து, '2*f*' ஐக் கண்டு எழுது.

(2) $\frac{1}{u}$வின் கணக்கீடுகளை '*X*' அச்சிலும், $\frac{1}{v}$யின் கணக்கீடுகளை '*Y*' அச்சிலுமாக வைத்து வரை படம் வரை.

வரைகோடு, X, Y அச்சுகளை வெட்டுமிடங்களில், $\frac{1}{f}$ கிடைக்கும். *f*ஐக் கணக்கிடு.



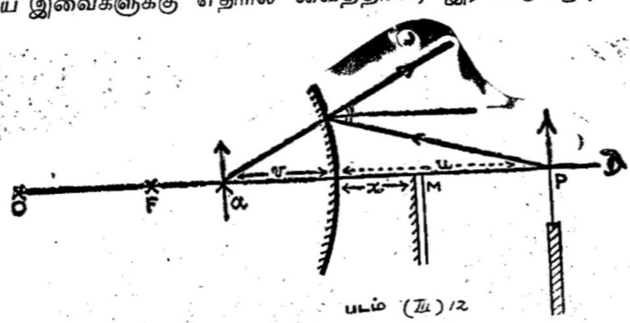
படம். (III) 11

குவி ஆடி
(Convex Mirror - Focal length)

செய்முறை

1. *u*—*v* முறை: குவி ஆடியின் முன் எத்தொலைவில் ஒரு பொருள் இருந்தாலும், திரையில் பிடிபடாத பிம்பமேற்படும். பிம்பத்தின் நிலையை நிருணயிக்க இடமாறு தோற்றமுறையைப் (parallax) பயன்படுத்தலாம்.

குவி ஆடியை அதன் அச்சுக் கிடைமட்டமாயிருக்குமாறு, தாங்கியில் வை. ஒரு சிறு சமதள ஆடிப்பட்டையைத் தாங்கியில் பொருத்தி, குவி ஆடிக்கு முன் படத்திலுள்ளபடி வை. ஒரு பின்னல் ஊசியை இவைகளுக்கு எதிரில் வைத்தால், இரண்டு ஆடிகளிலும்



படம் (III) 12

பிம்பங்கள் தெரியும். இரண்டு பிம்பங்களும் ஆடிகளுக்குப் பின்னுல் மாய பிம்பங்களாய்த் தோன்றும். சமதள ஆடியின் மேலோரம்

குவி ஆடியின் மைய மட்டத்திலிருக்க வேண்டும். சமதள ஆடியை முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி, இரண்டு ஆடிகளிலும் காணப்படும் பிம்பங்களை இடமாறித் தோன்றா வண்ணம் செய்.

ஊசி சமதள ஆடிக்கு எவ்வளவு முன்னுள்ளதோ, அவ்வளவு தூரத்தில் ஆடியின் பின் பிம்பத்தின் நிலையிருக்கும். பின்னல் ஊசியின் நிலையை மாற்றி, அதற்கேற்பச் சமதள ஆடியையும் நகர்த்தி, uவின் அளவை 10 செ.மீ.-லிருந்து 50 செ. மீ. வரை ஆறு தூரங்களுக்குக் குறிப்புகள் எடு.

அட்டவணையில் பதிந்து குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிடு.

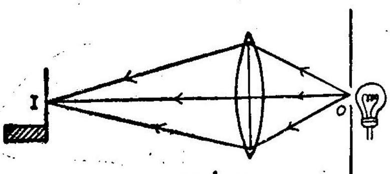
குவியாடியிலிருந்து பொருள் தூரம் u செ.மீ.	குவி ஆடிக்கும் சமதள ஆடிக்கும் தூரம் x	குவி ஆடிக்கும் பிம்பத்திற்கும் தூரம் $(u-2x)=v$.	$f=\frac{uv}{u+v}$

இவற்றில் v எதிர் குறியுள்ளது.

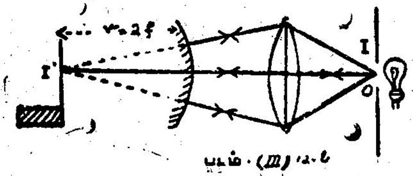
சராசரிக் குவியத்தூரம் = செ.மீ.

துணைக்குவி வில்லை முறை : குவி வில்லையை ஒளிபடுத்தப்பட்ட கம்பி வலைக்கும் திரைக்குமிடையில் தாங்கியில் வைத்து, தெளிவான பிம்பம் விழுமாறு சரி செய்.

குவி ஆடியை, வில்லைக்கும் திரைக்குமிடையில் வில்லையிலிருந்து வரும் கதிர்கள் எதிரொளித்துச்செல்லுமாறு தாங்கியில் பொறுத்து. குவி ஆடியை நகர்த்தி, வலைக்குப் பக்கத்திலேயே தெளிவான பிம்பம் விழுமாறு செய். படத்தில் விளக்கம் தரப்பட்டுள்ளது.



படம் (III) 12.அ



படம் (III) 12.ஆ

குவி ஆடிக்கும். திரைக்குமுள்ள தூரம், குவி ஆடியின் ஆரத்திற்குச் சமம். ஆரம் 2'f' ஆகையால், 'f' ஐக்கணக்கிடு. வில்லை நிலையை மாற்றி இரண்டு மூன்று காட்சிப் பதிவுகளெடு.

குவி, குழி வில்லைகளின் குவியத்தூரங்கள்
(Focal length of convex, concave lenses)

நோக்கம்

குவி, குழி வில்லைகளின் குவியத்தூரங்களை நிருணயித்தல்.

கருவிகள்

குவி, குழி வில்லைகள், வில்லை தாங்கிகள், பின்னல் ஊசிகள், சமதள ஆடி, தொலை நோக்கி, ஒளி படும் கம்பி வலை.

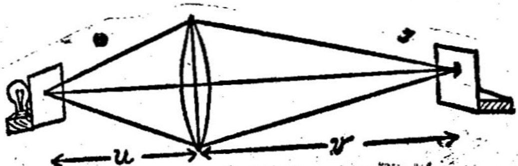
I. குவி வில்லை

செய்முறை

1. **தொலைப்பொருள் பிம்பமுறை :** இம்முறையில் குவி வில்லையைத் தாங்கியில் வைத்து, ஆய்வு கூடத்தின் பலகணியை நோக்கி, தொலைப்பொருள் ஒன்றின் தெளிவான பிம்பம் திரையில் விழுமாறு செய்யவேண்டும். வில்லைக்கும் பிம்பத்திற்கும் உள்ள தூரம் அதன் குவியத் தூரமாகும்.

2. *u—v* முறை : விளக்கு வைத்த கூண்டில் உள்ள கம்பி வலையை வில்லைக்கு முன், குவியத்தூரத்திற்கப்பால் வை. விளக்கை ஏற்று. வில்லையும், வலையும் ஒரே மட்டத்திலிருக்கட்டும். திரையில் பொருளின் பிம்பம் விழுமாறு வில்லைக்கு மறுபுறம் திரையை வை. திரையை நகர்த்தி, வலையின் தெளிவான பிம்பம் ஏற்படச் செய். குவி வில்லையிலிருந்து பொருளின் தூரத்தையும் பிம்பத்தின் தூரத்தையும் அளந்து எழுது.

இம்மாதிரி பொருளை வெவ்வேறு தூரங்களில் நிறுத்தி பிம்பத்தின் தூரங்களைக்கண்டுபிடி.



படம் (ர) 13

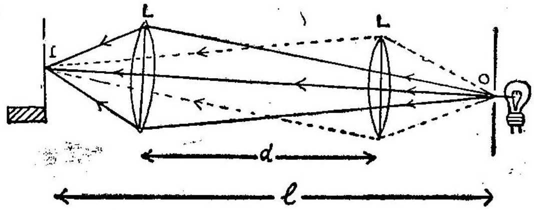
பின்னுள்ள அட்டவணையில் பதித்துக் குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிடு :

வரிசை எண்	வில்லைக்கும் பொருளுக்கும் தூரம் u—செ.மீ.	வில்லைக்கும் பிம்பத்திற்கும் தூரம் v—செ.மீ.	$\frac{1}{u}$	$\frac{1}{v}$	$f=\frac{uv}{u+v}$

சராசரிக் குவியத்தூரம் $f=$

குழியாடிச் சோதனையில் வரைந்தபடி, u. v; $\frac{1}{u}$, $\frac{1}{v}$ இவைகளின் வரை படங்களிலிருந்தும். குவியத் தூரத்தைக் காணலாம்.

3. பிம்பம், பொருள், இடம் மாற்றுமுறை (Conjuge foci method):

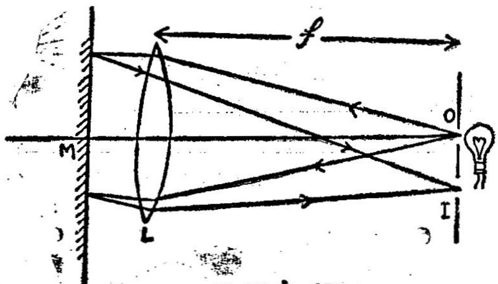


படம் (III) 4

இம்முறையில் பொருளையும் திரையையும் குவியத் தூரத்தைப் போல நான்கு மடங்குக்கு அதிக தூரத்தில் வைத்து, இடையில் வில்லையைத் தாங்கியில் வை. பொருள், வில்லை இரண்டும் ஒரே கிடை மட்டத்திலிருக்குமாறு வை. வில்லையை நகர்த்தினுல் அதன் இரு நிலைகளில் தெளிவான பிம்பங்கள் திரையில் விழும். பிம்பங்களில் ஒன்று சிறிதாகவும், மற்ரென்று உருப்பெருக்கத்துடனும் காணும். திரை, பொருள் இவைகளினிடைத் தூரத்தையும், வில்லையின் இருநிலைகளுக்கிடைத் தூரத்தையும் அளந்து குறித்துக்கொள். இம்மாதிரி மூன்று நான்கு முறை செய்து தூரங்களைக் குறித்துக் கொள். இவைகளை அட்டவணைப்படுத்திக் குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிடு :

வரிசை எண்	பொருளுக்கும் பிம்பத்திற்குமிடைத் தூரம். l செ.மீ.	வில்லையின் இரு நிலைகளுக்கிடைத் தூரம். d செ.மீ.	$f = \frac{l^2 - d^2}{4l}$

4. **சமதள ஆடி முறை :** வில்லையைத் தாங்கியில் ஒளிபடும் வலைக்கு முன் வை. வில்லைக்குப் பின்னால் அதே மட்டத்தில் சமதள ஆடியைச் செங்குத்தாக வில்லையிலிருந்து வரும் கதிர்கள் எதிரொளிக்குமாறு தாங்கியில் வை. வலையை நகர்த்தி. அதன் தெளிவான பிம்பம், அதன் பக்கத்திலேயே விழுமாறு சரிப்படுத்து.



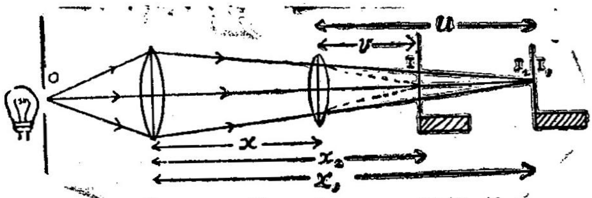
படம் - (ஊ) ௩

பொருளுக்கும், வில்லைக்குமுள்ள தூரம் குவியத்தூரமாகும் இரண்டு மூன்று முறைசெய்து சராசரியைக்கணக்கிட்டுப் பதிவுசெய்

5. **துணை வில்லை முறை :** குவி வில்லையைத்தாங்கியில் ஒளிபடும் வலைமுன் வைத்து. வலையின் தெளிவான பிம்பம் கிடைக்குமாறு திரையை நகர்த்திச் சரிப்படுத்து. வில்லைக்கும் திரைக்கும் இடைத் தூரத்தை அளந்து குறி. குவியத்தூரம் அதிகமுள்ள வில்லையை

முன்பு வைத்த வில்லைக்கும் திரைக்குமிடையே வை. பிம்பம் தெளி விழந்து தெரியும். திரையை வில்லைப் பக்கம் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியும் வரை நகர்த்தி நிறுத்து.

முதல் வில்லையால் குவிக்கப்பட்ட கதிர்கள், இரண்டாவது வில்லையால் மேலும் குவிக்கப்பட்டு, பிம்பம் அருகில் ஏற்படுகிறது.



படம் [illegible] 16

படத்திலுள்ளவாறு தொலைவுகளைக் குறித்து, குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிடு.

தொலைவுகளை அட்டவணைப்படுத்தி இரண்டாவது வில்லையின் 'f'ஐக் கணக்கிடு.

வரிசை எண்	குறுகிய குவியத்தூரவில்லைக்கும் திரைக்கும் தூரம் x_1 செ.மீ.	குறுகிய குவியத் தூரவில்லைக்கும் இரண்டாவது வில்லை வைத்த பிறகு திரைக்குமுள்ள தூரம் x_2 செ.மீ.	இருவில்லைக்கும் உள்ள தூரம் x	$v = x_1 - x$	v $x_2 - x$	$\frac{uv}{u+v} = f$

'*u*' —எதிர்க்குறியுள்ளது.

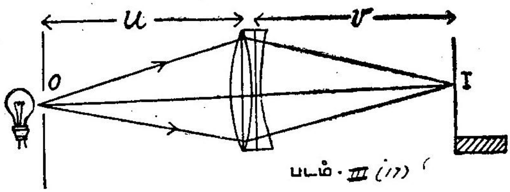
இரண்டு வில்லைகளையும் ஒன்றாக இணைத்து, ஒரு வில்லை மேல் தாங்கியில் வைத்து, இணைப்பின் குவியத் தூரத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$ என்ற வாய்பாட்டில் '*F*' இணைப்பின் குவியத்தூரம் f_1, f_2 வில்லைகளின் தனித்தனி குவியத்தூரங்கள். இதைப் பயன்படுத்தியும் ஒரு வில்லையின் குவியத் தூரத்தை மற்றொன்றோடு இணைத்துக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

குழி வில்லை

(1) செய்முறை

குழி வில்லையுடன், அதன் குவியத் தூரத்தைவிடக் குறைந்த குவியத்தூரமுள்ள குவிவில்லையை இணைத்து, இணைப்புக் குவி வில்லையால் பிம்பம் ஏற்படுகிறதா என்று பார்.



படம் · III (17)

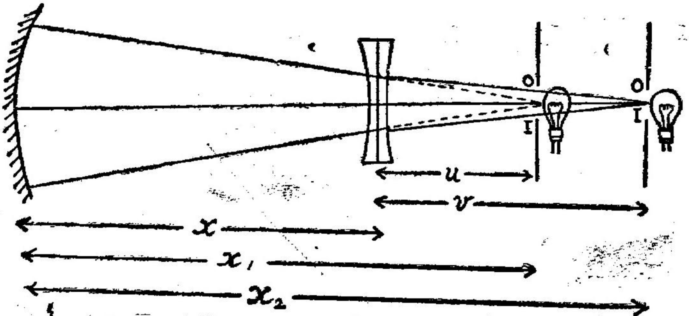
இணைப்பை ஒரு குவி வில்லையாக வைத்து, அதன் குவித் தூரத்தை *u—v* முறையில் கண்டு பிடி. குவி வில்லையின் குவித் தூரத்தைத் தனியே நிருணயித்துக்கொள்.

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$, என்ற வாய்பாட்டில், $F_1 f_1$ இரண்டையும் பயன்படுத்தி, 'f_2' ஐக் கணக்கிடலாம். f_1 *is* $+ ve_1 f_2$ *is* $- ve$

(2) துணைக்குழி ஆடி முறை: ஒளிபடும் வலையின் முன் குழி ஆடியைத் தாங்கியில் வைத்து, தெளிவான பிம்பம் வலையின் பக்கத்திலேயே விழும்படி ஆடியை நகர்த்தி வை. ஆடிக்கும் பொருளுக்கும் உள்ள தூரத்தை அளந்துகொள்.

குழி வில்லையை இவைகளுக்கு இடையில் ஒரே கிடை மட்டத்திலிருக்குமாறு தாங்கியில் வை. குழி வில்லை கதிர்களைப் பரப்புவதால் பிம்பம் தெளிவு இழக்கும். வலையை வில்லைக்கு அப்பால் நகர்த்தி மறுபடியும் பிம்பம் வலைக்கு அருகிலேயே தெளிவாகும்

நிலையில் நிறுத்திக் குழி ஆடிக்கும், இப்போது வலையிருக்கும் இடத்திற்குமிடையே உள்ள தூரத்தை அள. ஆடிக்கும் வில்லைக்கு முள்ள தூரத்தையும் அளந்து குறித்துக்கொள்.



படம்: (III) 19

படத்திலிருந்து $u = (x_1 - x)$ $V = (x_2 - x)$. u *is* $- ve$.

வில்லையை நகர்த்தி நான்கைந்து காட்சிப் பதிவுகளை எடு.

அட்டவணையில் கீழ்க்காணுமாறு பதித்து குவியத்தூரத்தைக் கணக்கிடு.

வரிசை எண்	குழி ஆடிக்கும் வலைக்கும் முதலில் உள்ள தூரம் x_1 செ.மீ.	குழி வில்லையை வைத்த பிறகு ஆடிக்கும் வலையின் மாறிய நிலைக்கும் தூரம் x_2	ஆடிக்கும் வில்லைக்கும் தூரம் x செ.மீ.	$u=(x_1-x)$	$v-(x^2-x_1)$	$\frac{uv}{u+v}=f$

சராசரி 'f' =

குவிவில்லை தொலை நோக்கி முறை தானே இணையாக்கிக் கொள்ளும் முறை (Auto collimation Method):

இம்முறை நீண்ட குவியத்தூர வில்லைகளுக்கு உகந்தது. ஓர் ஆய்வுக் கூடத் தொலை நோக்கியில், 10 அல்லது 15 மீட்டர் தூரத்தில் சுவரில் குறித்துள்ள பிரிவுகளைப் பார்த்து, அவை நன்றாகத் தெரியுமாறு சரி செய்துகொள். இதற்கு முன் கண்ணருகு கருவியை அதிலுள்ள குறுக்குக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு செய்து கொள்.

நீண்ட குவியத்தூர வில்லையைத் தொலை நோக்கியின் பொருளருகு வில்லையுடன் ஒட்டிப் பொருத்திக் கொள். இப்பொழுது தூரத்திலுள்ள பிரிவுகள் தெளிவாகத் தெரியா. தொலை நோக்கியை அதில் ஒட்டிய வில்லையுடன் பிரிவுகளுக்கருகில் கொண்டுபோ. பிரிவுகளுடன் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியும் வரை நகர்த்திக் கொண்டே சென்று, அந்த நிலையில் நிறுத்து. பிரிவுகளுக்கும், தொலை நோக்கியில் பொருத்தப்பட்ட வில்லைக்குமுள்ள தூரம் வில்லையின் குவியத்தூரமாகும்.

குவி, குழிவில்லையாக்கப்பட்ட கண்ணாடியின் ஒளி விலகல் எண் (Refractive Index of the material of Convex & Concave lenses)

நோக்கம்

ஒரு திடப்பொருளின் ஒளி விலகல் எண்ணை அதனால் செய்யப்பட்ட குவி, குழி வில்லைகளைக்கொண்டு நிருணயித்தல்.

கருவிகள்

குவி வில்லை, குழி வில்லை, கட்டையில் பொருத்திய பின்னல் ஊசிகள்

குவி வில்லை

செய்முறை

குவி வில்லையின் குவியத் தூரத்தைக் காண, ஒரு பின்னல் ஊசியைப் பொருளாக வில்லையின் முன் வை. அதன் பிம்பத்தை வில்லையின் மறுபுறம் பார்த்து, இன்னொரு பின்னல் ஊசியை இப் பிம்பத்துடன் இடமாறுகத் தோன்றும் நிலையைக் கண்டுபிடி. முதல் ஊசியிலிருந்து வில்லையின் தூரத்தையும் இரண்டாம் ஊசியிலிருந்து வில்லையின் தூரத்தையும் மீட்டர் அளவு கோலில் அள. இவைகளை u, v என்று குறித்து, திரும்பப் பலமுறை செய்து குவியத் தூரத்தைக் காண்.

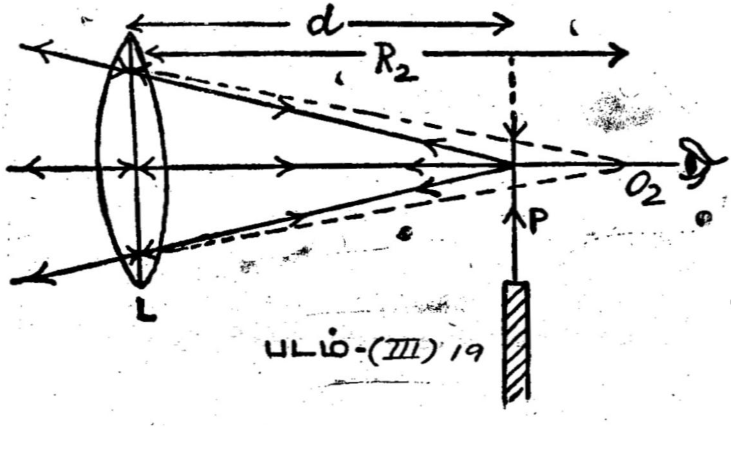
காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணையில் குறி.

வரிசை எண்	u	v	$\frac{uv}{u+v}=f$

வில்லையின் இரு கோளப் பரப்புகளின் ஆரங்களை 'பாய்ஸ்' (*Boy's*) முறையில் காணல்

குவி வில்லையை ஒரு தாங்கியில் அதன் அச்சுக்கோடு கிடைமட்டமாக இருக்குமாறு வை. வில்லையின் ஒரு பக்கத்தைக் கறுப்புத் தாளினுல் மூடு. வில்லைக்கு முன் ஒரு பின்னல் ஊசியை அதன் முனை வில்லையின் அச்சு மட்டத்திலிருக்குமாறு வை. ஊசியின்மேல் ஒளி நன்கு படுமாறு பக்கத்தில் ஒரு விளக்கை வை. விளக்கின் ஒளி எல்லாப் பக்கங்களிலும் பரவாமல் ஊசியில் மட்டும் விழுமாறு மூடியைப் பொருத்து. வில்லையில் நோக்கி ஊசியின் எதிர் ஒளி பிம்பம் தெரிகிறதா என்று கவனி. ஊசியை வில்லைக்கருகில் நகர்த்தி, ஊசியும் அதன் கவிழ்ந்த பிம்பமும் இடமாருகத் தோன்றும் நிலையில் வைத்து, வில்லைக்கும் ஊசிக்கும் உள்ள தூரத்தை அள. இந்த நிலையில் பொருளும் பிம்பமும் உருவத்தில் ஒரே அளவாய் இருக்கும்.

உருவமேற்படும் விளக்கம், படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம்-(III) 19

ஊசியிலிருந்து செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் வில்லையின் முன் பரப்பினுள் சென்று, பின்பரப்பில் எதிரொளித்து, மறுபடியும் ஊசிமுனையிலேயே குவிகின்றன.

கதிர்கள் பின் பக்கப் பரப்பில் நேர்குத்தாக இருந்தால்தான் இப்படி ஏற்படும். கதிர்கள் கோளப் பரப்பின் மையத்திலிருந்து பின் வருமாறு தோன்றும். பின்பக்கப் பரப்பின் ஆரம் R_2 ஆனால்,

$$-\frac{1}{R_2}+\frac{1}{d}=\frac{1}{f}$$ எனச் சமன்படுத்தலாம்.

மாயப்பொருளானதால் R_2, எதிர்க்குறியுடனுள்ளது.

$$R_2=\frac{f\,d}{f-d}$$

இம்மாதிரியே வில்லையைத் திருப்பி, மறுபரப்பின் ஆரத்தைக் கண்டுபிடி. இரண்டு மூன்று முறை செய்து, R_1, R_2வின் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடு. இரு கோளப் பரப்புகளுக்கிடையில் அடைபட்ட ஒரு வில்லைக்கு,

$$\frac{1}{f}=\left(\mu-1\right)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$$ என்ற வாய்பாட்டை எழுதலாம்.

f_1 R_1, R_2 இவைகளைப் பயன்படுத்தி ஒளி விலகலெண் 'μ'ஐக் கணக்கிடலாம்.

குழி வில்லை

செய்முறை

குழி வில்லையை ஒரு குவி வில்லையோடு இணைத்து, இணைப்பின் குவியத்தூரத்தை $u-v$ முறையில் கண்டுபிடி.

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$$ என்ற வாய்பாட்டில்

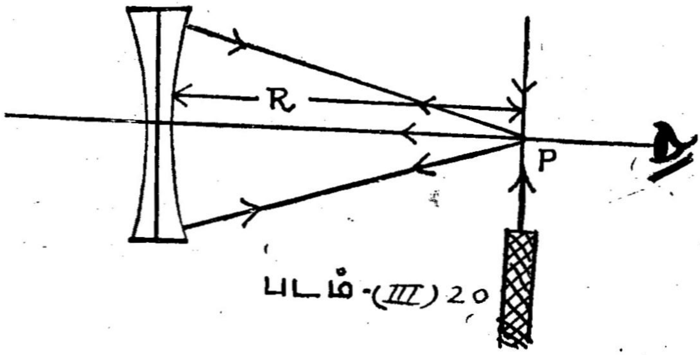
F_1 இணைப்பின் குவியத்தூரம்
f_1 குவி வில்லையின் ,, ,,
f_2 குழி வில்லையின் ,, ,,

F, f_1 இவைகளை அறிந்து, f_2வைக் கணக்கிடு.

குழி வில்லையின் பரப்புகளின் ஆரங்களைக் காண, வில்லையைத் தாங்கியில் பொருத்தி, அதன் அச்சுக்கோட்டில் முனையிருக்குமாறு பின்னல் ஊசியை வில்லையின் முன் வை. ஒளி ஊசியில் மட்டும் விழுமாறு, மூடியுள்ள விளக்கை ஒரு பக்கத்தில் வை.

வில்லையில் நோக்கி, ஊசியை நகர்த்தி, ஊசியின் பிம்பமும், ஊசியும் இடமாறுத் தோன்றும் நிலையைக் காண். இந்நிலையில் வில்லைக்கும் ஊசிக்குமுள்ள தூரம் (R_1), வில்லையின் முன் பரப்பின் ஆரமாகும்.

இதேபோன்று மறுபரப்பின் ஆரத்தை நிர்ணயித்துக்கொள்.



படம் -(III) 20

$$\frac{1}{f_2} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$ என்ற சமன்பாட்டினால் R_1, R_2ன் மதிப்புகளை வைத்து ஒளி விலகல் எண்ணைக் கணக்கிடு.

திரவத்தின் ஒளி விலகல் எண்
திரவ வில்லை
(Liquid lens)

நோக்கம்

திரவ வில்லையை அமைத்து, திரவத்தின் ஒளி விலகல் எண் காணல்.

குவி வில்லை முறை

கருவிகள்

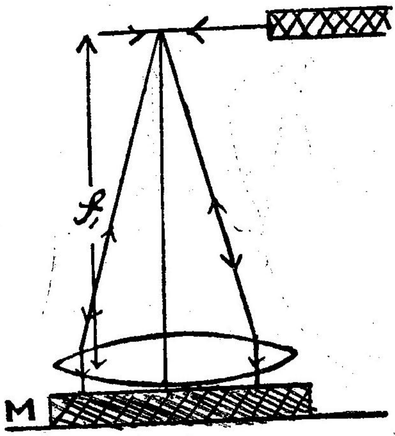
குவி வில்லை, சமதளஆடி, பின்னல் ஊசி, திரவம்.

செய்முறை

சமதள ஆடியை எதிரொளிக்கும் பரப்பு மேல் நோக்கியுள்ளவாறு ஒரு தாங்கியின் அடிதளத்தில் வை. பின்னல் ஊசியைத் தாங்கியில் மேலும் கீழும் நகர்த்துமாறு பற்றியில் பொருத்து.

தாங்கியின் முன்னிருந்து சமதள ஆடியை நோக்கினுல், ஊசியின் பிம்பம் தெரியும். ஆடியின்மேல் குவி வில்லையை வைத்து, ஊசியின் பிம்பத்தைப் பார். பிம்பமும் ஊசியும் ஒரே இடத்தில் இடமாருத் தோன்றும் நிலையைப் பற்றியை உயர்த்தித் தாழ்த்திக் கண்டுபிடி. இந்நிலையில் வில்லையிலிருந்து ஊசி வரையுள்ள உயரம் குவியத் தூரமாகும்.

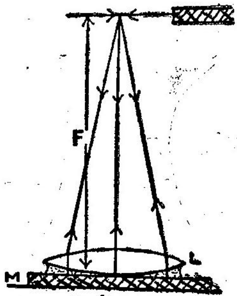
வில்லையை எடுத்துச் சில துளிகள் திரவத்தை ஆடியின் மேல் ஊற்றி, திரவத்தின்மேல் வில்லையை வை. இப்போது கண்ணுடி வில்லையும் திரவ வில்லையும் சேர்ந்த இணைப்பு வில்லை ஆடியின் மேல் அமைந்துள்ளது. திரவ வில்லையின் கீழ்ப் பரப்புச் சமதளமாகவும் மேற்பரப்புக் குழி கோளப் பரப்பாகவும்மிருக்கும்.



படம் - (III) 21

இணைப்பு வில்லையின் குவியத் தூரத்தை முன் போல ஊசியும் பிம்பமும் இடமாருத் தோன்றும்படி ஊசியை நகர்த்திக் கண்டுபிடி.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{fg} + \frac{1}{fl}$$ என்ற வாய்பாட்டினுல் திரவத்தின் குவியத்தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.



படம் - (III) 22

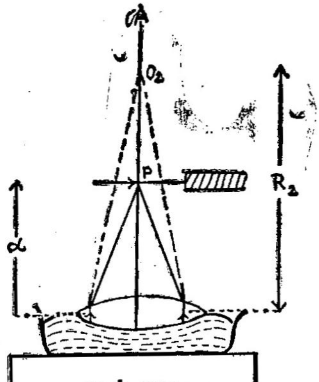
இதில் 'F' இணைப்பு வில்லையின் குவியத் தூரம்.

fg கண்ணுடி வில்லையின் குவியத் தூரம்.

fl திரவ வில்லையின் குவியத் தூரம்.

திரவ வில்லையின் மேற்பரப்புடன் ஒட்டியிருந்த குவி வில்லையின் பரப்பின் ஆரம் திரவ வில்லையின் கோளப்பரப்பின் ஆரமாகும்.

இதைக் காண, குவி வில்லையின் இப் பரப்பை ஒரு வெண் களி மண் கிண்ணத்திலுள்ள பாதரசத்தின்மேல் மிதக்க வை. வில்லை பாதரசத்தின்மேல் மிதக்கும். சமதள ஆடியை அகற்றி, இக் கிண்ணத்தைத் தாங்கியில் வைத்து, ஊசியின் பிம்பத்தை வில்லையில் பார். ஒளிக்கதிர்கள் வில்லையின் ஊடே சென்று பாதசரப் பரப்பில் எதிரொளித்து, மறுபடியும் வில்லை வழியாக மேலே வரும்.



படம் (VII) 23

இவைகளினால் ஏற்படும் பிம்பமும் ஊசியும் இடமாருத் தோன்றும் படி ஊசியின் நிலையைச் சரிப்படுத்து. ஊசிக்கும் வில்லைக்கும் உள்ள தூரத்தை அள (d செ.மீ.).

வில்லையின் கீழ்ப் பரப்பின் வளைவு ஆரத்தை,

$$R = \frac{f\,d}{f-d}$$ யிலிருந்து கணக்கிடு.

திரவ வில்லையின் குவியத் தூரம்

$$\frac{1}{fl} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

இவ்வாய்பாட்டில் திரவ வில்லையின் கீழ்ப்பரப்புச் சமதளமாதலால், 'R_1' ஈறிலியாகும்.

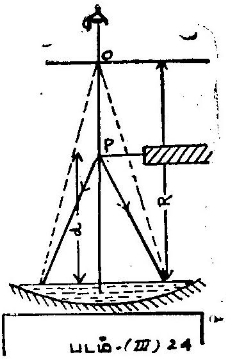
fl, R_2 இவைகள் தெரியும். திரவத்தின் ஒளி விலகல் எண்ணைக் (μ)க் கணக்கிடலாம்.

குழியாடி முறை

செய்முறை

குழியாடியினுள் சில துளி திரவத்தை ஊற்றி ஆடியைத் தாங்கியின் அடிமேல் வை. முன்போலப் பற்றியிலுள்ள ஊசியின் பிம்பத்தை, ஊசிமேலிருந்து நோக்கு. ஊசியின் நிலையைச் சரிப்படுத்தி, பிம்பமும் பொருளும் இடமாருத் தோன்றும் நிலையைக் கண்டுபிடி. இந்நிலையில் ஊசிக்கும் குவியாடியிலுள்ள திரவப் பரப்புக்கும் உள்ள தூரத்தை அள. இரண்டு மூன்று முறை செய்து சராசரி அளவை எடு (d செ.மீ.).

ஆடியிலுள்ள திரவ வில்லையின் மேற்பரப்புச் சமதளமாகும். கீழ்ப்பரப்பின் வளைவு ஆரமும், குழி ஆடியின் கோளப் பரப்பின் ஆரமும் ஒன்றுகும்,



பொருளிலிருந்து, திரவத்துள் செல்லும் கதிர்கள் குவி ஆடியின் பரப்பிற்கு நேர்குத்தாக விழுந்தால்தான் மறுபடி வந்த திசையிலேயே திரும்பும். எதிரொளித்த கதிர்கள் திரவத்தில் ஒளி விலகல் இல்லாமல் சென்றால் ஆடியின் மையத்தில் சேரும்.

Oவில் திரைப்படா பிம்பமிருப்பதாகக் கருதி,

$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ என்ற வாய்பாட்டில்,

$v = R$, $u = d$. என்றும் குறிப்பிடலாம்.

$= \frac{1}{R} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$ என்பதிலிருந்து 'f'ஐக் கணக்கிடலாம்.

$\frac{1}{f} = \left(\mu - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ என்பதிலிருந்து

'μ'ஐக் கணக்கிடலாம்.

$R_1 = R =$ குவி ஆடியின் கோளப் பரப்பின் ஆரம்

$R_2 = \infty$, ஈறிலி.

நுண்ணோக்கியின் உருவப் பெருக்குத் திறன்
(Magnifying power of a Microscope)

நோக்கம்

நுண்ணோக்கியின் உருவப் பெருக்குத்திறன் காணல்.

கருவிகள்

குறுகிய குவியத் தூரமுள்ள வில்லை, நீண்ட குவியத் தூரமுள்ள வில்லை, மீட்டர் அளவு கோல்கள்.

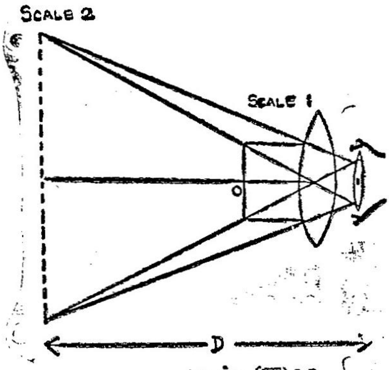
எளிய உருப்பெருக்கி
(Simple microscope)

செய்முறை

சுமார் 5 செ.மீ. குவியத் தூரமுள்ள வில்லையை உருப்பெருக்கியாகப் பயன்படுத்தலாம். அதன் உருப்பெருக்கத் திறன் $\left(1 + \frac{D}{f}\right)$ ஆகும்.

D நம் கண்ணின் தெளிவுப்பார்வைக்கான மிகக் குறுகிய தூரம்.

f = வில்லையின் குவியத்தூரம்,



படம் (III) 25

படத்தில் உருப்பெருக்கம் எப்படி ஏற்படுகிறதென்பது வரைந்து காட்டப்பட்டிருக்கிறது.

குவி வில்லையின் குவியத் தூரத்தை ஏதாவது ஒருமுறையில் சரியாகக் கண்டு குறித்துக்கொள்.

குவி வில்லையைத் தாங்கியின் அதன் அச்சுக்கோடு கிடைமட்டமாக இருக்குமாறு வை. இரண்டு அளவு கோல்களை ஒன்றன்பின் ஒன்ருகத் தாங்கியில் பற்றிகளால் பிடித்துச் செங்குத்தாக வை. ஓர் அளவு கோலை வில்லைக்கு முன் குவியத் தூரத்தில் வை. இதற்குப் பின்னுல் 25 செ.மீ-ல். மற்ற அளவுகோலை. வை. வில்லை வழியாக இடக்கண்ணுல் அருகிலிருக்கும் அளவு கோலின் பிரிவுகளைப் பார். பிரிவுகள் உருப் பெருக்கமடைந்து அளவுகோலுக்குப் பின்னுல் உள்ளவாறு தெரியும். வலக்கண்ணுல் நேராக, பின்னுல் நிற்கும் அளவு கோலைப் பார். குவியத்தூரத்திலிருக்கும் அளவு கோலைச் சற்று நகர்த்தி உருப்பெருக்கம் அடைந்த பிரிவுகளையும், வலக்கண்ணுல் நேராகக் காணும் அளவுகோல் பிரிவுகளையும் இடமாருத் தோன்றுமாறு சரி செய்.

நேராகப் பார்க்கப்படும் அளவு கோலின் எத்தனை பிரிவுகள் (N) உருப் பெருக்கமுற்ற எத்தனை பிரிவுகளுக்குச் (n) சமமென்பதை எண்ணிக் குறித்துக்கொள்.

$$\frac{N}{n} = \text{உருப் பெருக்கத்திறன்}$$

$$= 1 + \frac{D}{f}$$

பழுதில்லாப் பார்வையுள்ள கண்ணுக்கு, $D = 25$ செ.மீ.

கூட்டு நுண்ணேக்கி
(Compound microscope)

கருவிகள்

குறுகிய வெவ்வேறு (3 செ.மீ., 10 செ.மீ.) குவியத் தூரமுள்ள இரு குவி வில்லைகள், இரண்டு அளவு கோல்கள், பின்னல் ஊசி.

செய்முறை

இரண்டு வில்லைகளையும் தாங்கிகள்மீது, அவைகளின் அச்சுக் கோடுகள் ஒரே கோட்டில் கிடைமட்டமாக உள்ளவாறு வை. மிகக் குறுகிய குவியத் தூரமுள்ள வில்லையைப் பொருளருகு வில்லையாக வும், மற்றொன்றைக் கண்ணருகு வில்லையாகவும் பயன்படுத்த வேண்டும்.

ஓர் அளவு கோலைப் பொருளருகு வில்லையின்முன் அதன் குவியத் தூரத்திற்குச் சற்றுத் தள்ளி வை. ஒரு கண்ணால் இரண்டு வில்லைக ளூடே உருப்பெருக்கமடைந்த பிரிவுகளின் பிம்பத்தைக் காண். பிம்பமிருக்குமிடத்தை ஒரு பின்னல் ஊசியை வைத்து இடமாறுத் தோற்றமுறையில் கண்டுபிடி. இந்த இடத்தில் மற்ற அளவு கோலைப் பொருத்தி அதன் பிரிவுகளை மற்றக் கண்ணால் நேரில் பார்.

நேரே காணும் அளவு கோலின் பிரிவுகளில் ஒரு சில எத்தனை உருப்பெருக்குற்ற பிரிவுகளுக்குச் சமமாகத் தோன்றுகின்றன என்பதைக் குறித்துக்கொள்.

இவற்றை N, n என்று முறையே குறிப்பிட்டு, $\frac{N}{n}$ உருப் பெருக்கத்தைக் கணக்கிடு.

கூட்டு நுண்ணோக்கியின் ஒவ்வொரு குவி வில்லையும் உருப் பெருக்கத்தைக் கூட்டுவதால், $m=\left(1+\frac{D}{fl}\right)\left(\frac{fo}{u-fe_1}\right)$, எனக் காட் டலாம், இச்சமன்பாட்டில் $\left(1+\frac{D}{fl}\right)$ கண்ணருகு வில்லையாலேற் படும் உருப்பெருக்கம் $\left(\frac{fo}{u-fo}\right)$ பொருளருகு வில்லையினாலுண்டா கும் உருப்பெருக்கம்.

$u =$ பொருளுக்கும் பொருளருகு வில்லைக்கும் தூரம். fo. பொருளருகு வில்லையின் குவியத்தூரம்.

fl — கண்ணருகு வில்லையின் குவியத் தூரம்.

அட்டவணை

வரிசை எண்	பொருளருகு குவில்லைக்கும், பொருளுக்கும் தூரம் u—செ.மீ.	உருப்பெருக்கத்துடன் காணும் அளவுகோல் பிரிவுகள் n	நேரே காணப்படும் அளவுகோல் பிரிவுகள் N	$\frac{N}{n}$,	$\left(1+\frac{D}{fl}\right) \times \left(\frac{fo}{u-fo}\right)$

தொலை நோக்கியின் பகுதிறன்
(Resolving power of a Telescope)

நோக்கம்

தொலை நோக்கியின் பகுதிறன் காணல்.

கருவிகள்

தொலை நோக்கி, சோடியம் விளக்கு, சீரான இடைவெளிகள் உள்ள கம்பி வலை, அகலத்தை மாற்றக்கூடிய நுண்ணிடை வெளி (adjustable slit).

செய்முறை

கம்பி வலையைச் சோடியம் விளக்கின்முன் நன்கு ஒளி படும்படி தாங்கியில் வை. தொலை நோக்கியை இரண்டு அல்லது மூன்று மீட்டர் தூரத்தில் பொருத்தி, வலைக்கம்பிகள் தெளிவாக உருப் பெருக்கத்துடன் தெரியும்படி குவியப்படுத்து.

தொலைநோக்கியின் பொருளருகு வில்லையை ஒட்டி, நுண்ணிடை வெளியைப் பற்றியில் பிடித்து வை. தொலை நோக்கியில் வலையைப் பார்த்துக்கொண்டே, நுண்ணிடை வெளியை மெல்லக் குறுகலாக்கு. இடைவெளியின் ஓரகலத்தில் வலைக்கம்பிகளின் பிம்பம் மறைந்து விடும். மறையும் நிலையைத் துல்லியமாகச் சரி செய்து, பிறகு நுண் ணிடை வெளியின் அகலத்தை, (a), வெர்னியர் நுண்ணோக்கியினுல் அளந்துகொள். ஒளிப்படுத்தப்பட்ட வலைக்கும், தொலை நோக்கிக் கும் உள்ள தூரத்தை (D) அள.

இந்தத் தூரத்தை ஒரு மீட்டர் அதிகரித்து, மறுபடியும் நுண்ணிடை வெளியை வலைப்பிம்பம் மறையும் நிலைக்குக் குறுக்கி, அதன் அகலத்தை (a) அள. தொலை நோக்கிக்கும் வலைக்கம்பிக்கும் உள்ள தூரத்தை அளந்து பதிந்துகொள். இரண்டு மூன்று தூரங்களுக்கு இவ்வாறு சோதனை செய்து, காட்சிப்பதிவுகளை எடு.

கம்பி வலையை எடுத்து வெர்னியர் நுண்ணோக்கியினடியில் வைத்து, அடுத்தடுத்துள்ள கம்பிகளின் இடைவெளியைச் சரியாக அளக்கவேண்டும். ஐந்தைந்து கம்பிகள் நுண்ணோக்கியைத் தள்ளி நோக்கி, வெர்னியர் அளவெடுத்து இடைவெளியைக் கணக்கிடு. இதை 'd' எனக்குறி.

வலைக்கம்பிகளுக்கு இடைத்தூரம் $= d$ செ. மீ.

சோடியம் ஒளியின் அலை நீளம் $= \lambda$

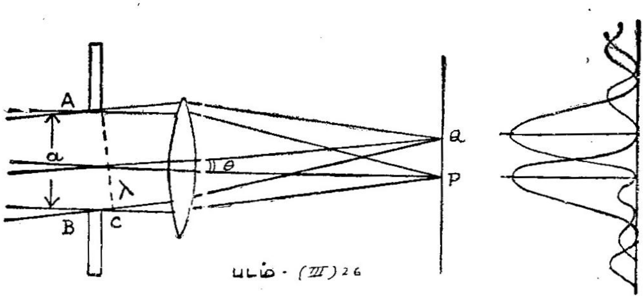
அட்டவணை

வலைக்கும் தொலைநோக்கிக்கும் உள்ள தூரம் 'D'	நுண்ணிடை வெளியின் அகலம் 'a'	$\frac{d}{D}$	$\frac{\lambda}{a}$
1			
2			
3			

சராசரிப் பகுதிறன் =

கொள்கைப்படி பகுதிறன் $= \frac{\lambda}{a}$

λ = சோடியம் ஒளியின் அலை நீளம்.



படம் - (III) 26

நிறமாலை மானி
(Spectro meter)

முப்பட்டகக் கண்ணாடியின் சிறுமத் திசை மாறு கோணம்
(Angle of minimum deviation in a prism)

நோக்கம்

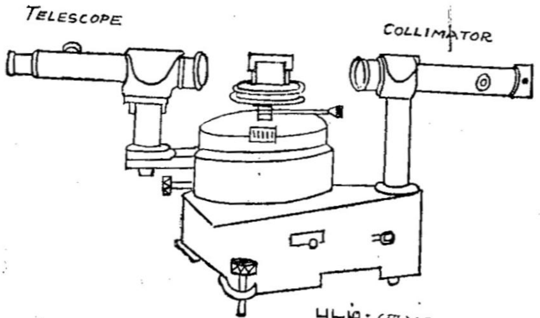
நிறமாலை மானியால் முப்பட்டகத்தின் கோணத்தையும் சிறுமத்திசை மாறு கோணத்தையும் கண்டு பிடித்து, அதன் ஒளி விலகல் எண் கணக்கிடல்.

கருவிகள்

நிறமாலை மானி, சோடியம் விளக்கு, சமப்பக்க முப்பட்டகம் இரச மட்டம்.

விளக்கம்

நிறமாலை மானியில் முக்கியப் பகுதிகள்: 1. இணையாக்கி (collimator), 2. தொலைநோக்கி, 3. கிடைமட்டமான முழுவட்டக் கோண அளவு கோல், 4. பட்டகத்தைத் தாங்கும் தளம். இத்தளம் வட்ட மாகவும் இதன் ஒரு விட்டத்தின் இரு கோடிகளிலும் இரண்டு வெர்னியர்கள் பொருத்தப்பட்டதாகவுமிருக்கும். படத்தில் இவைகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் (III) 27

நிற மாலை மானியின் இணையாக்கியில் வெளி முனையில் அகலம் மாற்றக்கூடிய நுண்ணிடை வெளியும் (slit), மறுமுனையில் ஒரு குவி வில்லையுமுள்ளன. நுண்ணிடை வெளியை ஒளிப்படுத்தி, குவி வில்லையின் குவியத்தில் இருக்குமாறு செய்தால், இணையாக்கியில்

இருந்து வெளிப்படும் ஒளிக்கதிர்கள், இணைக்கதிர்களாக இருக்கும். நுண்ணிடைவெளிக்கும் வில்லைக்கும் உள்ள இடைத்தூரத்தை எளிதில் மாற்ற (Rack and pinion) பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. வில்லையை ஒரு குழாயிலும் நுண்ணிடைவெளி (slit) இன்னொரு குழாயிலுமுள்ளதால், ஒன்றனுள் ஒன்றை நகர்த்தலாம். இணையாக்கி, ஒரு நிலையான தாங்கியில், வில்லையிருக்கும் முனை நிறமாலை மானியின் மையத்தை நோக்கியவாறு குழாயின் அச்சுக்கிடைமட்டமாகவும் இருக்கும்.

தொலை நோக்கி, வானவெளித் தொலை நோக்கி வகையானதாகும். தொலை நோக்கியில் கண்ணருகு கருவிக்கும், பொருளருகு வில்லைக்குமுள்ள தூரத்தை எளிதாக மாற்ற இணையாக்கியின் அமைப்பைப்போலவே, இதிலும் அமைப்பு இருக்கிறது. தொலை நோக்கியின் அச்சு இணையாக்கியின் அச்சின் கிடை மட்டத்திலேயே இருக்குமாறு, ஒரு பிடிப்பில் பொருத்தியிருக்கும். தொலை நோக்கியின் பொருளருகு வில்லையுள்ள முனை எப்பொழுதும், நிறமாலை மானியின் மையத்தை நோக்கியவாறு இருக்கும். தொலை நோக்கியை, நிறமாலை மானியின் மையச் செங்குத்துக் கோட்டை அச்சாக வைத்துச் சுழற்றலாம்.

நிறமாலை மானியின் மையச் செங்குத்து அச்சு, வட்டக்கோண அளவுகோலின் மையத்துள் செல் லும். வட்ட அளவு கோல், தொலை நோக்கியுடன் இணைக்கப்பட்டு அதனுடனேயே சுழலும்.

பட்டகம் வைக்கும் சமதளத்தை வெர்னியர்களுடனுள்ள வட்டத்தட்டுடன் பற்றவைக்கமுடியும். இந்த வட்டமானதட்டும்தொலை நோக்கியுடன் இணைக்கப்பட்ட வட்ட அளவு கோலும் ஒரே செங்குத்து அச்சுடையன. பட்டகத்தளத்தைச் சுற்றினல் வெர்னியர்கள். அளவுகோலின் கோணப் பிரிவுகளின்மேல் சுற்றும். சுற்றும்பொழுது வெர்னியரின் நேருள்ள கோணப் பிரிவு மாறும். இரண்டு நிலைகளில் வெர்னியர் காட்சிப்பதிவுகளின் மாற்றம், பட்டகத்தளம் திருப்பப்பட்ட கோணத்திற்குச் சமமாகும். எதிருக்கெதிருள்ள வெர்னியர்களின் காட்சிப்பதிவு மாற்றங்களின் சராசரியை எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

பட்டகத்தளம் வட்டமான இரு தட்டுகள் மூன்று திருகுகளால் இணைக்கப்பட்டதாகும். இத்திருகுகளினல் மேல் தட்டைச் சரியான மட்டமாக இருக்கச் செய்யலாம். இரச மட்டத்தை இதற்குப் பயன்படுத்த வேண்டும். தட்டின் மேற்பரப்பில் இணை நேர்க்கோடுகள் வரையப்பட்டிருக்கும். மூன்றில் இரு திருகுகள், இக்கோடுகள் ஒன்றிலிருக்கும் .

தொலை நோக்கியையும் பட்டகத்தளத்தையும், அவைகள் சுற்றும் செங்குத்து அச்சுடன் நிலையாகப் பிடித்து நிறுத்தத் திருகு

களும் (Clamps), துல்லியமாகத் திருப்பத் தொடுகோட்டுத் திருகு களும் (Tangential Serews) உள்ளன.

சோதனைக்குக் கருவியைச் சீர்படுத்தி அமைத்தல்: முதலில் தொலை நோக்கியின் கண்ணருகுக் கருவியை உள்ளிருக்கும் குறுக் கிணைக்கம்பிகள் (Cross wires) தெளிவாகத் தெரியுமாறு ஒரு வெண் பரப்பை நோக்கிச் சரிசெய்யவேண்டும். பிறகு தொலைப்பொரு ளொன்றின் பக்கம் திருப்பி, அதன் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியு மாறு தொலை நோக்கியைக் குவியப்படுத்தவேண்டும். இப்பொழுது, தொலை நோக்கி. இணைகதிர்களைப் பார்க்கச் சரி செய்யப்பட் டிருக்கும்.

இரண்டாவதாக, தொலை நோக்கியின் அச்சும், இணையாக்கியின் அச்சும் ஒரே கோட்டிலிருக்குமாறு திருப்ப வேண்டும். இணையாக்கி யினுள், சோடியம் விளக்கிலிருந்து கதிர்கள் வருமாறு. சோடியம் விளக்கின்முன் நிறமாலை மானியை வை. ஒளி விழும் நுண்ணிடை வெளியைத் தொலை நோக்கியினூடே பார்த்து, இடைவெளியின் ஓரங்கள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு இணையாக்கியைச் சரி செய். இடைவெளியின் ஓரங்கள் செங்குத்தாக இருக்க வேண்டும். இப் பொழுது இணையாக்கியிலிருந்து வெளி வரும் கதிர்கள் இணைக்கதிர் களாகும்.

மூன்றாவதாக, இரச மட்டத்தைப் பட்டகத்தளத்தின்மேல், அதிலுள்ள கோடுகளுக்கு இணையாக வை. கோட்டிலிருக்கும் ஒரு திருகைத்திருகி, இரச மட்டத்தைச் சரி செய். இரச மட்டத்தை 90° திருப்பி. மூன்றாவது திருகினால் சரி செய்.

இப்பொழுது பட்டகத்தளம் கிடைமட்டமாய் இருக்கும்.

(a) முப்பட்டகத்தின் கோணத்தைக் காணல்

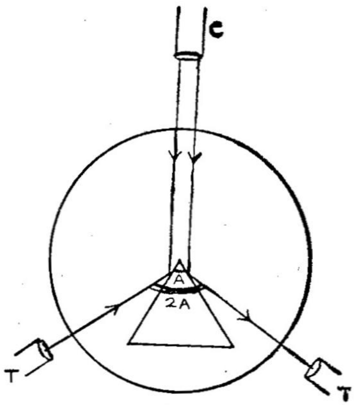
முப்பட்டகத்தின் மேல் கீழ்ப் பரப்புகள் சமபக்க முக்கோணங் களாயிருக்கும். மற்ற மூன்று பரப்புகள் செவ்வகங்களாகும். இவற்றிலொன்று மழமழப்பின்றித் தேய்க்கப்பட்டிருக்கும். இது பட் டகத்தின் அடி. (base) மற்றவிரு பக்கங்களும் தெளிவாகவும் மழமழப்பாகவும் இருக்கும். இவை பழுதுறாமல் பட்டகத்தைப் பயன்படுத்தவேண்டும். நிறமாலை மானியின் விட்ட அளவு கோலில் உள்ள கோணப் பிரிவுகள், வெர்னியர் பிரிவுகள், இவைகளைத் தெரிந்து, வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவைக் கணக்கிட்டுக்கொள்.

பட்டகத்தைத் தளத்தின்மேல் அதன் ஓரம் இணையாக்கிக்கு நேரே இருக்குமாறு வை. தளத்தைந் தாங்குத் தண்டை அதன் அச்சுடன் நிலையாகத் திருகினால் இறுகப்பிடித்து வை. இப்பட்டகம் நகராமலிருக்க, பட்டகப் பற்றியால் பிடி.

இணையாக்கியிலிருந்து வரும் கதிர்கள் பட்டகத்தின் தெளிவான இரு பக்கங்களிலும் விழுந்து எதிரொளித்து இரு திசை களிற்செல்லும். எதிரொளித்து வரும் கதிர்களைத் தொலை நோக்கியில் வாங்கி, நுண்ணிடைவெளியின் பிம்பத்தைக் காணலாம். தொலை நோக்கியைத் தொடுகோட்டுத் திருகைப் பயன் படுத்தி, பிம்பம் கண்ணருகு கருவியில் காணும் குறுக்கிணைக்கம்பி கள் குறுக்கிடும் புள்ளியில் சேருமாறு செய். கம்பி செங்குத்தாக

இருந்தால், பிம்பத்துடன் ஒன்று சேருமாறு செய். இப்பொழுது இரு வெர்னியர்களின் காட்சிப்பதிவுகளைக் குறித்துக்கொள்.

தொலை நோக்கியைப் பற்றியிலிருந்து விடுவித்து, பட்டகத்தின் மறு பக்கத்திலிருந்து வரும் கதிர்கள் அதனுள் செல்லுமாறு திருப்பு. முன்போலத் தொடுகோட்டுத் திருகைப் பயன்படுத்தி, பிம்பத்தின் குறுக்கிணைக்கம்பியுடன் ஒன்று சேருமிடத்தின் காட்சிப்பதிவை எடு.



படம் - (III) 28

இரு பதிவுகளுக்கும் இடைக் கோணம் பட்டகத்தின் இரு பக்கங்களில் எதிரொளித்த கதிர்களுக்கு இடையில் உள்ள கோணமாகும். இக்கோணத்தில் சரிபகுதி பட்டகத்தின் கோணமாகும்.

அட்டவணை

வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவு =

வரிசை எண்	காட்சிப்பதிவு முதற்பக்கம்		இரண்டாம் பக்கம்		காட்சிப்பதிவில் மாறுதல்	
	வெர்னியர் '*A*'	வெர்னியர் '*B*'	வெர்னியர் '*A*'	வெர்னியர் '*B*'	வெர்னியர் '*A*'	வெர்னியர் '*B*'
1						
2						

சராசரி

முப்பட்டகத்தின் கோணம் =

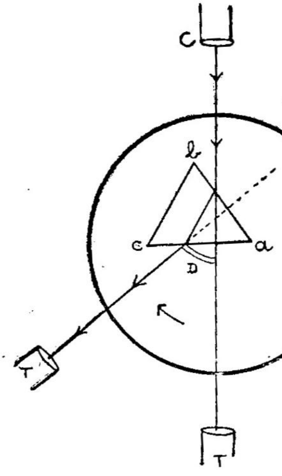
நிறமாலை மானி - சிறுமத்திசை மாறு கோணம்

நோக்கம்

முப்பட்டகத்தின் சிறுமத்திசை மாறு கோணத்தைக் கண்டு பிடித்தல்.

செய்முறை

சோடியம் விளக்கின் ஒளி நுண்ணிடை வெளியில் மிக்க செறிவுடன் விழும்படி வை. முப்பட்டகத்தைத் தளத்தில் வைத்து, தளத்தை இணையாக்கியிலிருந்து வரும் கதிர்கள் முப்பட்டகத்தின் பளபளப்பான ஒரு பக்கத்தில் விழும்படி சுழற்றி வை. கதிர்கள் முப்பட்டகத்தினூடே சென்று, மறு பக்கத்திலிருந்து வெளி வரும். தொலை நோக்கியை இக்கதிர்கள் வரும் திசைக்குத் திருப்பி, நுண்ணிடைவெளியின் பிம்பத்தைப் பார். இணையாக்கியின் திசையிலிருந்து வரும் கதிர்கள், தொலை நோக்கியின் திசைக்கு முப்பட்டகத்தால் திசை மாற்றமடைகின்றன. படுகதிருக்கும் விடுகதிருக்கும் இடைக்கோணம் திசை மாறு கோணமாகும்.



படம் -(ஈ) 29

இதன் சிறும (Minimum) மதிப்பைக் காணத்தொலை நோக்கியையும், முப்பட்டகத் தளத்தையும் படுகதிர்த் திசைப்பக்கம் திருப்ப வேண்டும். திசை மாறு கோணம் குறைந்துகொண்டே வரும். தொலை நோக்கியின் ஒரு நிலையில் முப்பட்டகத்தின் திருப்பம், பிம்பம் படுகதிர் (இணையாக்கியின் அச்சு) திசையருகே நகர்ந்து, மறுபடியும் அத்திசையிலிருந்து விலகும். பிம்பம் எந்த நிலைக்குச் சென்று திரும்புகிறதோ, அந்நிலையில் பட்டகத் தளத்தை நிலையாக நிறுத்து. தொலை நோக்கியைத் தொடு கோட்டுத் திருகால் பிம்பமும் கண்ணருகு கருவியின் குறுக்கிணைக் கம்பியும் ஒன்று சேர்ந்து தெரியுமிடத்திற்குத் திருப்பு.

இந்நிலையில் வெர்னியர்களின் காட்சிப்பதிவுகளை எடு. முப்பட்பகத்தை மெல்ல அகற்றி, தொலை நோக்கியை இணையாக்கியின் அச்சுத் திரைக்கு நேர் திருப்பு. பட்டகத்தளம் சிறிதும் திரும்பக்

கூடாது. பிம்பத்தையும் குறுக்கிழைக் கம்பியும் ஒன்று சேர்ந்து தெரியுமிடத்தில் தொலை நோக்கியை நிறுத்தி, நேர்த்திசைக் காட்சிப் பதிவுகளை (direct reading) எடு.

தொலை நோக்கியின் இரு நிலைகளில் காட்சிப்பதிவில் மாறுதல் சிறுமத்திசை மாறு கோணமாகும்.

இரு வெர்னியர்களிலும் திசை மாற்றத்தைக் கண்டுபிடித்துச் சராசரியைக் கணக்கிடு.

இம்மாதிரியே முப்பட்டகத்தை, அதன் மறுபக்கத்தில் ஒளிர் கதிர் விழும்படி தளத்தில் வைத்து, தொலை நோக்கியை மறுபக்கம் திருப்பிச் சிறுமத்திசை மாறுகோணத்தைக் கண்டுபிடி.

அட்டவணை

	முதற்பக்கம்		சிறுமத் திசை மாறு கோணம்	இரண்டாவது பக்கம்		சிறுமத் திசை மாறு கோணம்
	விடுகதிர் திசையில்	நேர்த் திசையில்		விடுகதிர் திசை	நேர்த் திசை	
வெர்னியர் '*A*'						
வெர்னியர் '*B*'						

முப்பட்டகத்தின் ஒளி விலகல் எண்ணைக் கணக்கிடல்

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

A—முப்பட்டகத்தின் கோணம்.

D—முப்பட்டகத்தின் சிறுமத்திசை மாறுகோணம்,

μ—ஒளி விலகலெண்,

நிறமாலை மானி
(Spectrometer)

திரவத்தின் ஒளி விலகலெண்—முப்பட்டகச் சிமிழ்.

நோக்கம்

முப்பட்டகச்சிமிழில் திரவத்தை நிரப்பி, சிறுமத்திசை மாறு கோண முறையில் திரவத்தின் ஒளி விவகலெண்ணைக் காணல்.

ஆய்கருவிகள்

நிறமாலை மானி, முப்பட்டகச்சிமிழ், திரவம்.

செய்முறை

நிறமாலை மானியில், இணையாக்கி, நுண்ணிடை வெளி, தொலை நோக்கி, முப்பட்டகம் வைக்கும் தளம் ஆகிய இவைகளைச் சோதனைக்குச் சரி செய்துகொள். சோடியம் விளக்கின் ஒளி நுண்ணிடை வெளியில் விழும்படி, இணையாக்கியின் முன் விளக்கை நிறுத்து. நிறமாலை மானி வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவைக் கணக்கிடு.

திரவத்தைச் சிமிழில் ஊற்றி, மூடியைப் பொருத்தி, முப்பட்டகத்தளத்தில் வை. கண்ணாடி முப்பட்டகத்தின் கோணத்தைக் கண்டுபிடித்த முறையிலேயே, திரவமுள்ள சிமிழின் கோணத்தைக் கண்டுபிடி. சிமிழின் அடிப்பக்கத்தை (base) குறியிட்டுக் கடைசி வரை அதையே அடிப்பக்கமாகப் பயன்படுத்து.

முப்பட்டகத் தளத்தைத் திருப்பிச் சிமிழின் ஒரு பக்கத்தில் ஒளிக்கதிர்கள் விழும்படி வை. முப்பட்டகத்தின் ஊடே சென்று வெளி வரும் கதிர்களைத் தொலை நோக்கியில் பார்த்து, முன் செய்த சோதனை முறையில் சிறுமத்திசை மாறுகோணத்தைக் கண்டுபிடி. சிமிழின் மறுபக்கத்தில் கதிர்கள் விழுமாறு வைத்து, மறுமுறை சோதனையைச் செய்.

$$\mu = \frac{\sin \frac{A+D}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

என்ற வாய்பாட்டினால், ஒளிவிலகலெண் 'μ' வைக் கணக்கிடு.

A = திரவ முப்பட்டகச் சிமிழின் கோணம்

D = சிறுமத்திசை மாறுகோணம்

அட்டவணை

வரிசை எண்	வெர்னியர்	முதற்பக்கக் காட்சிப் பதிவு			மறுபக்கக் காட்சிப் பதிவு		
		விடுகதிர்த் திசை	நேர் திசை	சிறுமத் திசைமாறு கோணம்	விடுகதிர்த் திசை	நேர் திசை	சிறுமதிசை மாறு கோணம்
	A						
	B						

நிறமாலை மானி
(Spectrometer)

I—d வரைகோடு (I—d Curve)

நோக்கம்

1. முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தில் விழும் கதிர்களின் விழு கோணங்களுக்குத் திசைமாறு கோணங்கள் கண்டுபிடித்து, $\hat{i}$, $\hat{d}$, வரைகோடு வரைதல். 2. ஒளி விலகலெண் கணக்கிடுதல்.

ஆய்கருவிகள்

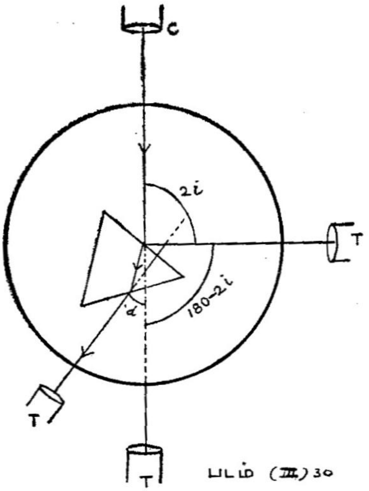
நிறமாலை மானி, முப்பட்டகம், சோடியம் விளக்கு.

செய்முறை

நிறமாலை மானியின் தொலை நோக்கி, இணையாக்கி, முப்பட்டகத்தளம் இவைகளைச் சோதனைக்குச் சரிசெய்துகொள். சோடியம் விளக்கொளி நுண்ணிடை வெளியில் விழட்டும். தொலை நோக்கியை இணையாக்கியின் அச்சிற்கு நேர் திருப்பி, குறுக்கிணைக்கம்பியும் நுண்ணிடைவெளிப் பிம்பமும் ஒன்ருகச் சேர்ந்து தெரியும் நிலையில் வைத்துக் காட்சிப்பதிவுகளை வெர்னியர்களில் எடு. இவை விழுகதிர் திசையைக் குறிக்கும். இத்திசையின் காட்சிப்பதிவுகள் சோதனை முடிவு வரை மாருமலிருத்தல் வேண்டும்.

முப்பட்டகத்தைத் தளத்தில் வை. முப்பட்டகத்தளத்தைத் தாங்கும் தண்டை விடுவித்து, தளத்தைத் திருப்பி, முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தில் ஒளிக்கதிர் விழுமாறு வை. முப்பட்டகத்தின் ஊடே சென்று திசைமாறி வெளிவரும் கதிரைத் தொலை நோக்கியில் காண். முப்பட்டகத்தளத்தின் தண்டை அச்சில் திருகிஞல் பற்றிப் பொருத்து.

நுண்ணிடை வெளிப் பிம்பமும், குறுக்கிணைக் கம்பியும் ஒன்று சேருமாறு தொலை நோக்கியைத் துல்லியமாகச் சரிசெய்து, வெர்னியர் காட்சிப்பதிவுகளை எடு. இப்பதிவுகள் விடுகதிர்த் (emergent ray) திசையைக் குறிக்கும். இத்திசைக்கும், விழுகதிர்த் திசைக்குமுள்ள கோணம் திசை மாறு கோணமாகும்.



படம் (III) 30

விழுகதிர்த்திசைக்கும், எதிரொளிக்கதிர்த்திசைக்குமிடைக்
∧
கோணம் (2*i*) ஆகும். *i* விழுகோணம். குறிப்பிட்ட விழு
∧
கோணத்திற்கு, (180° – 2 *i*). கணக்கிட்டுத்தொலைநோக்கியை
∧
நேர்த்திசையிலிருந்து(180° – 2 *i*) கோணம் திருப்பி நிறுத்து. முப்பட்டகத்தளத்தண்டை விடுவித்தளத்தை மாத்திரம் திருப்பி, தொலைநோக்கியில், குறுக்கிணைக்கம்பியுடன் பிம்பம் சேருமாறு செய். தளத்தைத் பிடித்து நிறுத்து. இந்நிலையில் விழுகோணம் *i* ஆகும். பிறகு விடுகதிரைப் பார்த்துக் காட்சிப்பதிவுகளெடு.

விழுகோணத்தை 35° முதல் 60°, 65° வரை படிப்படியாக 5° அதிகரித்து, ஒவ்வொரு கோணத்திற்கும், (180° – 2*i*) கணக்கிட்டுத் தொலை நோக்கியைத் திருப்பி, முன் செய்தவாறு எதிரொளிப் பிம்பத்தைப் பார்த்து, பிறகு திசை மாறு கோணத்தைக் கண்டு குறித்துக்கொள்.

விழுகோணத்தை 'X' அச்சிலும், திசை மாறு கோணத்தை 'Y' அச்சிலும் குறித்து வரைகோடு வரை.

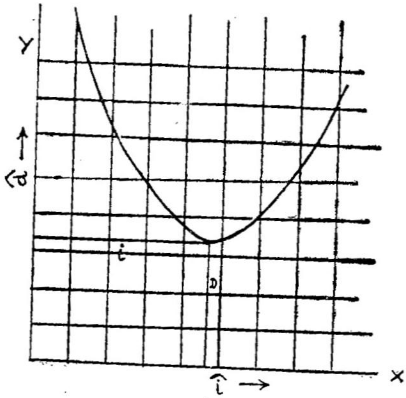
சிறுமத் திசை மாறு கோணம், அதற்கேற்ற விழுகோணம், 'A' இவைகளைத் தெரிந்து, ஒளி விலகலெண்ணைக் கணக்கிடு.

$$A + d = i_1 + i_2 - 1$$
$$A + D = 2i - 2$$

A, முப்பட்டகத்தின் கோணம்

D, சிறுமத்திசை மாறு கோணம்

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$



படம் (III) 31

அட்டவணை

வெர்னியர் மீச்சிற்றளவு=

விழுகதிர்த்திசைக் காட்சிப்பதிவுகள், வெர்னியர் 'A' வெர்னியர் 'B'

வரிசை எண்	விழுகோணம் $\hat{i}$	$(180^\circ - 2\times\hat{i})$	எதிரொளிக்கதிர்க் காட்சிப்பதிவு		விடுகதிர்க் காட்சிப்பதிவு		திசை மாறு கோணம்		சராசரி 'd'
			வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	

நிறமாலை மானி
(Spectrometer)

$\hat{i}_1$, $\hat{i}^2$ வரைகோடு, 'ஸ்டோக்ஸ்' வாய்பாடு ($\hat{i}^1$, $\hat{i}^2$ graph, Stokes formula).

நோக்கம்

1. முப்பட்டகத்தின் வழிச்செல்லும் கதிர்களின் விழுகோணங் களையும் விடுகோணங்களையும் அளந்து, வரைகோடு வரைதல்.

2. ஸ்டோக்ஸ் வாய்பாட்டினுல் ஒளி விலகலெண் கணக் கிடல்.

ஆய்கருவிகள்

நிறமாலை மானி, சோடியம் விளக்கு, முப்பட்டகம்.

செய்முறை

நிறமாலை மானியின் தொலை நோக்கி; இணையாக்கி, நுண்ணிடை வெளி, முப்பட்டகத்தளம் முதலியவைகளைச் சோதனைக்குச் சரிசெய். சோடியம் விளக்கொளி, நுண்ணிடை வெளியில் செறிவுடன் விழு மாறு வை.

முப்பட்டகத்தின் கோணத்தை முதலில் நிர்ணயித்துக்கொள்' இணையாக்கியிலிருந்து கதிர் வரும் திசையைத் தொலை நோக்கியால் துல்லியமாகக் கண்டு, வெர்னியர் பதிவுகளை எடுத்துக்கொள்.

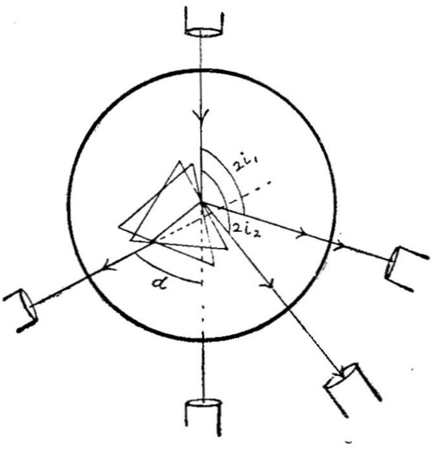
முப்பட்டகத்தைத் தளத்தில் வைத்து, அதன் ஒரு பக்கத்தில் இணைக்கதிர்கள் விழுமாறு செய். முப்பட்டகத்தளத்தின் தண்டை மாத்திரம் விடுவித்துத் தளத்தைத் திருப்பி இவ்வாறு செய்.

$\hat{i}_1$, விழுகோணத்தை, 35° வைத்து, தொலை நோக்கியை $(180-2\hat{i}_1)°$ திருப்பி, நிலைப்படுத்து. இந்நிலையில் தொலை நோக்கி யில் பார்த்துக்கொண்டே முன் சோதனையில் செய்தாற்போலத் தளத் தைத் திருப்பி முப்பட்டகத்திலிருந்து எதிரொளிக்கும் கதிர் தொலை நோக்கியில் தெரியுமாறு செய். பிம்பத்தையும் குறுக்கிணைக்கம்பியை யும் ஒன்று சேரத் துல்லியமாகத் திருப்பி, பற்றியால் தளத்தின் தண்டைப் பிடித்து நிறுத்து.

பிறகு தொலை நோக்கியைப் பற்றியிலிருந்து விடுவித்து, முப்பட்டகத்தின் மறு பக்கத்திலிருந்து வெளி வரும் கதிரின் திசைக்குத் திருப்பி, துல்லியமாகச் சரி செய்து விடுகதிர்த்திசைக் காட்சிப்பதிவுகளை எடு. இத்திசைக்கும், நேர் திசைக்கும் மாறுதல், திசை மாறு கோணமாகும்.

தொலை நோக்கியின் நிலையை மாற்றுமல், முப்பட்டகத் தளத்தின் தண்டை விடுவித்து, மறுபடியும் தொலை நோக்கியில் பிம்பம் தெரியும் வரை தளத்தைத் திருப்பு. இப்பொழுது கதிர்கள் மற்ற விழு கோணத்தில் ($\hat{i^2}$) முப்பட்டகத்தில் விழும். சிறுமத்திசை மாறு கோணநிலை தவிர, மற்ற நிலைகளுக்கு ளிழுகோணம், விடுகோணம் இரண்டும் வெவ்வேருகும். இவ்விரு கோணங்கள் இடம் மாறினுலும் திசைமாறு கோணம் மாருது.

பிம்பமும் குறுக்கிணைக்கம்பியும் ஒன்றுசேரும்வரை தளத்தைத் திருப்பி, தண்டைப் பற்றியால் பிடித்து நிறுத்து. தொலை நோக்கியை விடுவித்து, எதிரொளிக் கதிர்வரும் திசைக்குத் திருப்பு. துல்லியமாக, பிம்பம் குறுக்கிணைக் கம்பி இவைகளை ஒன்று சேரச் செய்து, காட்சிப்பதிவுகளை எடு. இத்திசைக்கும் நேர்த் திசைக்கும் இடையிலுள்ள கோணம் $(180-2\hat{i_2})$ ஆகும்.



படம்-(ா) 32

இவ்வாறே, $\hat{i_1}$ கோணங்கள், 40°, 45°......60° ஒவ்வொன்றிற்கும், $\hat{i_2}$ கோணங்களைக் கண்டுபிடி.

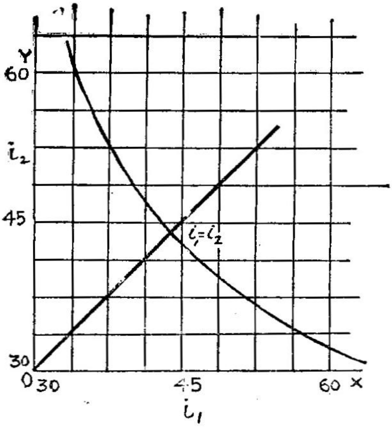
சோதனை செய்யும் பொழுது நேர்த்திசைக் காட்சிப்பதிவுகள் (direct reading) மாறுபட நேர்ந்ததால், ஒவ்வொரு முறையும் இப்பதிவுகளை எடுத்துக் கணக்கிட வேண்டும்.

அட்டவணை

தொலை நோக்கியின் நேரத் திசைக் காட்சிப் பதிவுகள்	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'
	—	—

வரிசை எண்	$\hat{i_1}$	$\angle(180-2i_1)$	இரண்டாவது எதிரொளிப்புக் கதிர்த் திசையில் தொலைநோக்கி: வெர்னியர் 'A' காட்சிப்பதிவு	வெர்னியர் 'B' காட்சிப்பதிவு	$(180-2i_2)$: வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	$\hat{i_2}$: A	B	சராசரி

$\hat{i_1}$ $\hat{i_2}$ இவைகளை முறையே, 'X' அச்சிலும் 'Y' அச்சிலும் ஒரே அளவீட்டில் குறித்து $\hat{i_2}$ வரைகோடு வரை. X. Y தொடக்கத்திலிருந்து $X\hat{O}Y$க்கு நடுக்கோடு வரைந்து, வரை கோட்டை வெட்டுமிடத்தில் $\hat{i_1}$ $\hat{i_2}$ வைக் கண்டெழுது.



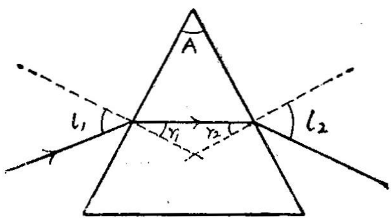
படம். (III) 33

$$\hat{i_1} = \hat{i_2} = i$$
$$A + D = 2i$$
$$i = \frac{A+D}{2}$$
$$r = \frac{A}{2}$$
$$\mu = \frac{\sin \frac{A+D}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

μ, ஒளி விலகலெண்ணைக் கணக்கிடு.

'ஸ்டோக்ஸ்' வாய்பாடு

படத்தில் முப்பட்டகத்தினூடே செல்லும் கதிரின் பாதையும் கோணங்களும் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம். (III) 34

$$\mu = \frac{\sin 4}{\sin r_1} = \frac{\sin l_2}{\sin r_2}$$

இதிலிருந்து,

$$\frac{\tan\dfrac{i_1 + l_2}{2}}{\tan\dfrac{r_1+r_2}{2}} = \frac{\tan\dfrac{i_1 - i_2}{2}}{\tan\dfrac{r_1-r_2}{2}}$$

$r_1 + r_2 = A$ ஆதலால்,

$$\tan\frac{r_1-r_2}{2} = \tan\frac{A}{2}\,\frac{\tan\dfrac{i_1-i_2}{2}}{\tan\dfrac{l_1+l_2}{2}}$$

A, $\hat{i}_1\ \hat{i}_2$, இவைகள் தெரிந்தவை.

$\tan\dfrac{r_1 - r_2}{2}$ வையும், $(r_1 - r_2)$ வையும் கணக்கிடலாம். (r_1+r_2) (r_1, r_2) இவைகளிலிருந்து r_1, r_2 வைக் கணக்கிடு.

அட்டவணை

$r_1 + r_2 =$ 'A' $= 60°$.

	$\hat{i}_1$	$\hat{l}_2$	$\tan\left(\dfrac{r_1\text{-}r_2}{2}\right)$	r_1-r_2	r_1	r_2	$\dfrac{\sin i_1}{\sin r_1} = \mu$	$\dfrac{\sin l_2}{\sin r_2} = \mu$

ஒளி விலகலெண் μவின் சராசரி =

சிறுகோண முப்பட்டகம்
(Small Angled Prism)

நோக்கம்

சிறுகோண முப்பட்டகமாக்கப்பட்ட கண்ணுடியின் ஒளிவிலக லெண் காணல்.

ஆய்கருவிகள்

நிறமாலை மானி, சோடியம் விளக்கு, சிறுகோண முப்பட்டகம்.

செய்முறை

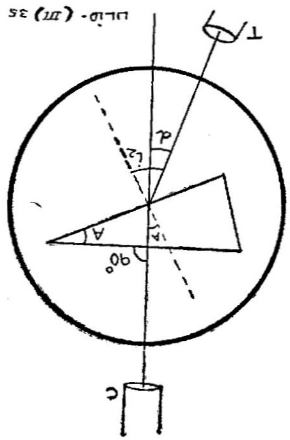
1. **முப்பட்டகத்தின் கோணம் :** நிறமாலை மானியைச் சோதனை களில் செய்தவாறு சோதனைக்குச் சரி செய். விளக்கின் ஒளி நுண் ணிடை வெளியில் விழட்டும். முப்பட்டகத்தைத் தளத்தில்வைத்துப் பற்றியால் பிடி. அதன் ஒளி விளக்கு முனை (Refracting edge) இணை யாக்கியை நோக்கியிருக்குமாறு வை. இணைக்கதிர்கள் முப்பட்ட கத்தின் ஒரு பக்கத்தில் விழுந்து எதிரொளித்து வரும் திசையில், தொலை நோக்கி மூலம் பார். நுண்ணிடைவெளி பிம்பமும், குறுக் கிணைக்கம்பியும் ஒன்று சேர வைத்துக் காட்சிப்பதிவுகளை எடு.

தொலை நோக்கியை அதே நிலையில் வைத்து, முப்பட்டகத் தளத்தை வெர்னியர்களுடன் திருப்பி, இணைக்கதிர்கள் முப்பட்ட கத்தின் மறு பக்கத்தில் எதிரொளித்துத் தொலை நோக்கியுள் வருமாறு செய். துல்லியமாகச் சரி செய்து, பிம்பமும் குறுக்கிணைக் கம்பியும் ஒன்று சேருமிடத்தில் காட்சிப்பதிவுகளை எடு.

இவ்விரு நிலைகளிலும் காட்சிப்பதிவுகளின் வேறுபாடு, $(180°—A)$-க்குச் சமம். முப்பட்டகக்கோணம் 'A' ஐக் கணக்கிடு.

2. **நேர்குத்தாக விழும் கதிரின் திசைமாறு கோணம் காணல் :**

முப்பட்டகத்தைத் தளத்திலிருந்து அப்புறப்படுத்து. தொலை நோக்கியை இணையாக்கியின் நேர்த்திசைக்குத் திருப்பி. நேர்த் திசைக் காட்சிப்பதிவுகளை எடு.



தொலை நோக்கியைச் சரியாக 90° மூலம் திருப்பு, இந்நிலையில் வெர்னியர் காட்சிப்பதிவுகள், நேர்த்திசைப் பதிவுகளிலிருந்து 90° மாறியிருக்கும்.

முப்பட்டகத்தைத் தளத்தில் வைத்து, தளத்தின் தண்டை விடுவித்துக்கொள்.

இணைகதிர்கள், முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தில் விழுந்து எதிரொளித்துத்தொலைநோக்கியில்செல்லுமாறு தளத்தைத் திருப்பு. பிம்பமும் குறுக்கிணைக் கம்பியும் சேருமிடத்தில், தளத்தைப் பற்றியால் பிடி. வெர்னியர் காட்சிப்பதிவில் 45° குறைத்து, அந்தக் கோணத்திற்கு வெர்னியர் வரும் வரை தளத்தை வெர்னியருடன் திருப்பிப் பற்றியால் பிடித்து நிறுத்து.

இப்பொழுது, இணையாக்கியின் பக்கமிருக்கும், முப்பட்டகத்தின் பக்கத்தில் கதிர்கள் நேர்குத்தாக விழும்.

தொலை நோக்கியை விடுவித்து, முப்பட்டகத்தினூடே சென்று வெளிவரும் விடுகதிர்த் திசைக்குத் திருப்பி, துல்லியமாக அத்திசையின் காட்சிப்பதிவுகளை எடு.

நேர்த்திசைக்கும், விடுகதிர்த்திசைக்குமிடையிலுள்ள கோணம், திசை மாறு கோணமாகும்.

இவ்வாறே, முப்பட்டகத்தின் மறு பக்கத்தில், நேர்குத்தாகக் கதிர்கள் விழும்படி செய்து, திசை மாறு கோணம் காண்.

$$=\mu \frac{\sin (A+d)}{\sin A}$$ விழுகோணம் $_0°$ ஆகையில்.

அட்டவணை—I

முப்பட்டகத்தின் கோணம் காண:

முப்பட்டகத் தளத்தின் காட்சிப் பதிவு. முதல் நிலை எதிரொளிப்பு		மறு நிலை எதிரொளிப்பு		இருநிலைப்பதிவுகளின் மாறுபாடு θ		முப்பட்டகத்தின் கோணம் $(180-\theta)$
வெர்னியர் ‘*A*’	வெர்னியர் ‘*B*’	வெர்னியர் ‘*A*’	வெர்னியர் ‘*B*’	வெர்னியர் ‘*A*’	வெர்னியர் ‘*B*’	

அட்டவணை—II

திசைமாறு கோணம் காண :

முதற்பக்கத்தில் கதிர் விழுகையில்			மறு பக்கத்தில் கதிர் விழுகையில்			சராசரி
விலகு கதிர்த் திசை	நேர்த் திசை	திசை மாறு கோணம் d	விலகு கதிர்த் திசை	நேர்த் திசை	திசை மாறு கோணம் d^1	$\frac{d+d^1}{2.}$

நிறமாலை மானி, முப்பட்டகத்தின் பிரிதிறன்
(Dispersive power of a prism)

நோக்கம்

பாதரச விளக்கின் பல நிறக்கதிர்களுக்கேற்ற ஒளி விலகலெண்களைக் கணக்கிட்டு, முப்பட்டகத்தின் பிரிதிறன் காணல்.

ஆய்கருவிகள்

நிறமாலை மானி, முப்பட்டகம், பாதரச விளக்கு.

செய்முறை

நிறமாலை மானியை முறைப்படி சோதனைக்குச் சரி செய். ரச விளக்கினொளி, நுண்ணிடை வெளியில் நன்முக விழும்படி செய். இதற்கு ஒரு குவி வில்லையைப் பயன்படுத்தலாம்.

முதலில் முப்பட்டகத்தை ஒளி விளக்குமுனை இணையாக்கியை நோக்கி வைத்து, முப்பட்டகத்தின் கோணத்தைக் (A) கண்டுபிடி.

முப்பட்டகத் தளத்தைத் திருப்பி, இணைக்கதிர்கள், முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தில் விழுந்து ஊடே சென்றுவெளிவருமாறு வை. தொலை நோக்கியில் விடுகதிரைப் பார்த்து, முப்பட்டகத் தளம், தொலை நோக்கி இரண்டையும் திருப்பி, சிறுமத்திசை மாறுகோணத் திசையில் ஒளிக்கதிர் வெளி வருமாறு செய். இத்திசையில் பாதரச விளக்கொளியின் நிறங்கள் பிரிபட்டு, நுண்ணிடை வெளியின் தனித்தனி நிறப்பிம்பங்கள் தெரியும். சிவப்பு முதல் ஊதா ஈறுக உள்ள நிறங்களை, நிறமாலைப் படத்துடன் (Spectrum chart) ஒப்பிட்டுப்பார்.

முதலில் ஊதா நிறப்பிம்பம் சிறுமத் திசைமாறு கோணத்திலிருக்கச் செய்து, தொலை நோக்கியைத் துல்லியமாகச் சரி செய்து காட்சிப்பதிவை எடு. முப்பட்டகத்தளத்தை அசைக்காமல், தொலை நோக்கியை நேரே திருப்பி, நேர்த்திசைக் காட்சிப்பதிவை எடு. இவ்வாறே, மஞ்சள், சிவப்பு நிறப் பிம்பங்களுக்கும் காட்சிப்பதிவுகளெடு. தளத்தின் தண்டை மாத்திரம் திருப்பிச் சிறுமத்திசை மாறு நிலைக் காட்சிப்பதிவெண்களை எடுத்தால் நேர்த்திசைக் காட்சிப் பதிவை ஒரு முறை எடுத்தல் போதும்.

காட்சிப்பதிவுகளை அட்டவணைப்படுத்தி, மூன்று நிறங்களுக்குமான ஒளி விலகலெண்களைக் கணக்கிடு. ஊதா நிறத்திற்குப் பதில் நீல நிறப்பிம்பத்தையும் சோதனைக்கு எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

வரிசை எண்	நிறம்	சிறுமதிசை மாறு நிலையில்		நேர்த் திசையில்		சிறுமத்திசை மாறுகோணம்		சராசரி
		வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	

முப்பட்டகத்தின் பிரிதிறன்

$$= \frac{\mu v - \mu R}{\mu y - I}$$

$$\text{ஆதலால்} = \frac{\mu h - \mu_r}{\left(\frac{\mu h = \mu R}{2}\right) - 1.}$$

μv — ஊதாநிற ஒளி விலகலெண்
μh — நீல ,, ,, ,,
μy — மஞ்சள் ,, ,, ,,
μR — சிவப்பு ,, ,, ,,

'நியூட்டன்' வளையங்கள்
(Newton's Rings)

நோக்கம்

நியூட்டன் வளையங்கள் அமைத்து, சோடியம் விளக்கொளியின் அலை நீளத்தைக் கணக்கிடல்.

ஆய்கருவிகள்

வெர்னியர் நுண்ணோக்கி, சோடியம் விளக்கு, நீண்ட குவியத் தூரக் (100 செ.மீக்குமேல்) குவி வில்லை, 10 செ. மீ. குவியத்தூர முள்ள குவி வில்லை, 5 செ. மீ. பக்கச் சதுர ஒளியியல் சமதளக் கண்ணாடிப்பட்டை (Optical plane glass plate), 20 செ. மீ. நீளம், 5 செ. மீ. அகலமுள்ள சமதளக் கண்ணாடிப்பட்டை, பீங்கான் கிண்ணத்தில் பாதரசம்.

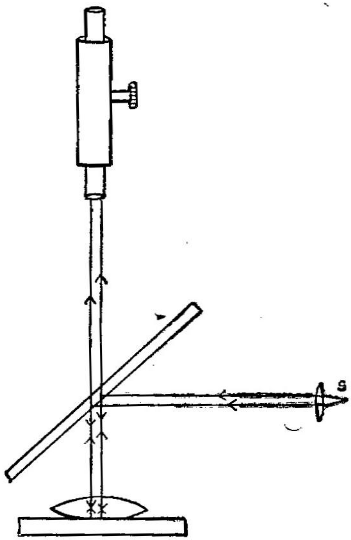
செய்முறை

நுண்ணோக்கியைச் செங்குத்தாக வை. அதன் கீழ், மேடையில் ஒளியியல் சமதளக் கண்ணாடிப்பட்டையை வை. நீண்ட குவியத் தூர வில்லையைக் கண்ணாடிப்பட்டையின்மேல் வை.

நுண்ணோக்கியின் முன் சோடியம் விளக்கை வை. நுண்ணோக்கியின் பொருளருகு வில்லைக்கும், நீண்ட குவியத்தூர வில்லைக்கு மிடையே, 45° சாய்விலிருக்குமாறு, நீண்ட கண்ணாடிப் பட்டையைத் தாங்கியில் பற்றிப்பிடி.

சோடியம் விளக்கொளி இப்பட்டையில் விழுந்து எதிரொளித்துக் கீழ் நோக்கிச் செல்லும்.

விளக்கொளி செறிவுடன் பட்டையில் விழ, ஒரு குவி வில்லையைப் (Condensing lens) பயன்படுத்து.



படம் (ஈ) 36

கீழ் நோக்கிச் செல்லும் கதிர்கள், குவி வில்லையினுடே சென்று, அதன் கீழ்ப்பரப்பிலும், அடியிலுள்ள ஒளியியல் கண்ணாடிப் பட்டையின் மேற்பரப்பிலும் எதிரொளித்துத் திரும்ப மேலே செல்லும்.

இவ்விரு ஒளிக்கற்றைகளும் குறுக்கீட்டு விளைவுக்குட்படும் (*Interference*) நுண்ணோக்கியைக் குவியப்படுத்திப்பார்த்தால்குறுக்கீட்டு விளைவு வளையங்கள் தெரியும். இவைகளின் மையம், நீண்ட குவியத்தூரவில்லை,அதன்கீழுள்ள சமதளத்தைத்தொடும் புள்ளியாகும். இப்புள்ளி நுண்ணோக்கியின் அச்சுக் கோட்டிலிருந்தால், குவியப்படுத்தி வளையங்களை எளிதில் காணலாம்.

நுண்ணோக்கியின் வெர்னியர் மீச்சிற்றளவைக் கணக்கிடு. நுண்ணோக்கியின் கண்ணருகு கருவியைக் குறுக்கிணைக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு சரி செய்துகொள். நுண்ணோக்கியைச் செங்குத்தாக வைத்துக் குவியப்படுத்தி வளையங்களைத் தெளிவாகப் பார்.

ஒளியுள்ள இருண்ட வளையங்கள் ஒரே மையத்துடன் அடுத் தடுத்துத் தெரியும். நீண்ட கண்ணுடிப் பட்டையைச் சரி செய்து, வளையங்கள் பளிச்செனக் காணச் செய்யலாம். 15, 20 வளையங்கள் நன்ருகத் தெரியும். 16ஆவது ஒளி வளையத்திற்குத் தொடுகோடாகக் குறுக்கிணைக்கம்பி அமையுமாறு நுண்ணோக்கியை நகர்த்திவைத்துக் காட்சிப்பதிவை எடு. துல்லியமாக நுண்ணோக்கியை நகர்த்தி, 14, 12... 2ஆவது ஒளி வளையங்களுக்குக் குறுக்குக் கம்பியைத் தொடு கோடாக வைத்துக் காட்சிப்பதிவுகளெடு.

இவ்வாறே அதே விட்டத்தில் மையத்தின் மறு பக்கத்தில் 16ஆவது வளையம் வரை தள்ளிக் காட்சிப்பதிவுகளை எடு. மறுபடி முன்னிலைக்குத் தள்ளிப் பதிவுகளை எடு. முதலிலேயே நுண்ணோக்கி யைத்தள்ளி, மையத்தினிருபக்கத்திலும் வளையங்களின் விட்டத்தில் நகருமாறு சரி செய்துகொள்.

நீண்ட குவியத்தூரக் குவி வில்லையைக் குறுகிய குவியத்தூர வில்லையுடன் இணைத்து, இணைப்பின குவியத் தூரத்தை $u-v$ முறையில் கண்டு பிடி. நீண்ட குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிடு.

அந்தக் குவி வில்லையின்கீழ் கோளப்பரப்பின் ஆரத்தைக் காண அப்பரப்பைப் பாதரசத்தின்மேல் வை. 'பாய்ஸ்' (Boys) முறையில் 'd'ஐக் கண்டு பிடித்து $R=\frac{fd}{f-d}$ என்ற வாய்பாட்டினுல், ஆரத்தைக் ('R') கணக்கிடு.

வளையத்தின் எண்	நுண்ணோக்கி இடமிருந்து வலம் காட்சிப்பதிவு			நுண்ணோக்கி வலமிருந்து இடம் காட்சிப்பதிவு			விட்டத்தின் சராசரி
	மையத்தின் இடப் பக்கம்	மையத்தின் வலப் பக்கம்	மாறுபாடு = விட்டம்	மையத்தின் வலம்	மையத்தின் இடம்	மாறுபாடு = விட்டம்	
20							
18							
16							

$n+s$ எண்ணுள்ள ஒளி வளையத்தின் விட்டம் $= D_{n+s}$

n எண்ணுள்ள ஒளி வளையத்தின் விட்டம் $= D_n$

$$D_n^2 = 4n\lambda R$$

$$D_{n+s}^2 = 4(n+s)\lambda R$$

$$D_{n+s}^2 - D_n^2 = 4 \times s\lambda R$$

$$\lambda = \frac{D_{n+s}^2 - D_n^2}{4 s R.}$$

'பிரெனல்லின்' இரட்டைப்பட்டகம்
(Fresnel's Biprism)

நோக்கம்

'பிரெனல்லின்' இரட்டைப் பட்டகத்தினல், குறுக்கீட்டு விளைவுப்பட்டைகள் (interference) எற்படச் செய்து, சோடியம் ஒளியின் அலை நீளத்தைக் கணக்கிடுதல்.

ஆய்கருவிகள்

இரட்டைப்பட்டகம், சோடியம் விளக்கு, 20, 25 செ. மீ. குவியத் தூரமுள்ள குவி வில்லை, ஒளியியல் அளவுச் சட்டமும் அதன் துணைக்கருவிகளும் (Optic bench accessories).

கருவி விளக்கம்

ஒளியியல் அளவுச்சட்டம், 175 செ.மீ. நீளத்திற்கு வார்ப்பிரும்பினல் செய்யப்பட்ட கனமான அடித்தளத்தைக் கொண்டது. இதன் மேற்பகுதியில் முழுநீளத்திற்கும் இரண்டு இணையான தண்டவாளங்களுள்ளன. ஒன்றிஞேரத்தில் எஃகிஞலான அளவு கோல் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

சட்டத்தைக் கிடைமட்டமாக்கக் கீழ்த்தளத்தில் நான்கு திருகுகளுள்ளன. தண்டவாளங்களில் சரிந்து நகர்த்துமாறு, நான்கு தாங்கிகள் (uprights) உள்ளன. இவைகளின் கீழ்த்தகடுகளிலுள்ள வெர்னியர்கள், அளவு கோலை ஒட்டி நகரும். இத்தாங்கிகளில் செங்குத்தாகக் குழாய்த் தூண்கள் பொருத்தியிருக்கும்.

மாற்றக்கூடிய இடை வெளியுள்ள நுண்ணிடை வெளி, (adjustable slit), மைக்ராமீட்டர் கண்ணருகு கருவி, (Micrometre-eye piece), குவிவில்லைதாங்கி, இரட்டைப்பட்டகம் வைக்கும் சட்டம் இவைகளைக் கொண்ட தண்டுகளைத் தூண்களில் நுழைத்துத் தேவையான மட்டத்தில் பிடித்து நிறுத்தலாம். தாங்கிகளை ஒளியியற் சட்டத்தின் குறுக்குத்திசையிலும் நகர்த்த, திருகமைப்புகளுள்ளன.

நுண்ணிடை வெளியையும், இரட்டைப்பட்டகமும் வைக்கும் சட்டத்தையும், அவைகளுள்ள தளத்தின் நேர்குத்து அச்சைச்சுற்றித் திருப்ப, தொடுவியல் திருகுகள் (tangential screws) உள்ளன.

மைக்ரா மீட்டர் கண்ணருகு கருவியைப் புரிக்கோல் (Pitch scale) மீது அதிலுள்ள திருகினல் நகர்த்த முடியும். திருகில் வட்டக் கோல் (Head scale), திருகு அளவியில் உள்ளவாறிருக்கும்.

செய்முறை

நுண்ணிடை வெளி தாங்கியை ஒளியியல் சட்டத்தின் ஒரு கோடிக்குத் தள்ளி நிறுத்து. நுண்ணிடை வெளியில் ஒளி விழுமாறு சோடியம் விளக்கை அதன் முன்பு வை. இத்தாங்கியிலிருந்து 15செ.மீ. தொலைவில், இரட்டைப்பட்டகத்தாங்கியைத் தள்ளிவை. கண்ணருகு கருவியின் தாங்கியை இரட்டைப் பட்டகத்திலிருந்து 25, 30 செ.மீ. தொலையில் வை.

நுண்ணிடைவெளி மையம், இரட்டைப்பட்டகத்தின் மையம் கண்ணருகு கருவிமையம் இவை மூன்றும் ஒரே கிடைமட்டத்திலும், ஒளியியல் சட்டத்திற்கிணையான ஒரே கோட்டிலுமுள்ளவாறு தாங்கிகளைச் சரி செய். குறுக்குக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு கண்ணருகு கருவியைக் குவியப்படுத்து. மைக்ராமீட்டர் மீச்சிற்றளவைக் கணக்கிட்டுக்கொள்.

நுண்ணிடை வெளியின் பிம்பத்தைப் பார்த்துக்கொண்டே, தாங்கியை நகர்த்தினல், பிம்பம் நிலை மாருதிருந்தால், எல்லா மட்டங்களும் சரியாய் உள்ளன என்று கொள்ளலாம். இவ்வாறு இருக்க, தொடுவியல் திருகுகளைத் துல்லியமாகச் சரி செய்.

நுண்ணிடை வெளியை, மயிரிழை போல நெருக்கினல், கண்ணருகு கருவியில், இருண்ட, ஒளியுள்ள பட்டைகள் தெரியும். குறுக்கீட்டு விளைவுப்பட்டைகள் நேராகவும், தெளிவாகவும் தெரிய, நுண்ணிடை வெளியையும், இரட்டை முப்பட்டகத்தையும், துல்லியமாகத் திருப்ப வேண்டும்.

எஃகு அளவுகோலில் தாங்கிகளிருக்கும் நிலைகளின் அளவுகளைக் குறித்துக்கொள். வெர்னியர்களின் சுழிகள் அளவு கோல் முழுப் பிரிவுகளுடன் சேருமாறு தாங்கிகளை நகர்த்திக் குறியீடுகளை எடு.

குறுக்கீட்டு விளைவுப்பட்டைகளை கண்ணருகு கருவியில் பார்த்து, குறுக்குக் கம்பிகள் வெட்டும்புள்ளி, ஒரு கோடியிலுள்ள ஒளிப்பட்டையின் மையத்தில் தெரியுமாறு, மைக்ராமீட்டர் திருகி

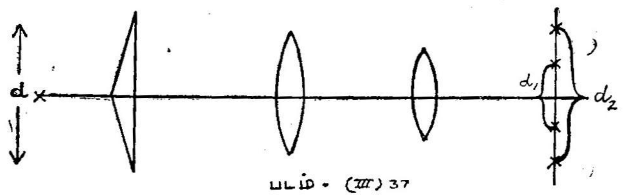
னுல் சரி செய். காட்சிப்பதிவைக் குறித்துக்கொள். திருகினுல் குறுக்குக் கம்பிகளை நகர்த்தி, ஒவ்வோர் ஒளிப்பட்டையின் நடுவிலும் வைத்துக் காட்சிப்பதிவுகளை எடு. இவ்வாறு மறு கோடி வரை நகர்த்தி, திரும்ப முதலிலெடுத்த ஒளிப்பட்டைவரை காட்சிப்பதிவுகளை எடு. சாதாரணமாக 8 அல்லது 10 பட்டைகள் காட்சிப்பதிவுகளெடுக்குமாறு தெளிவாகத் தெரியும்.

கண்ணருகு கருவிக்கும், இரட்டைப்பட்டகத்திற்குமுள்ள தொலைவை 10 அல்லது 20 செ. மீ. அதிகரித்து, மறுமுறை மைக்ரா மீட்டர் காட்சிப்பதிவுகளை எடு.

இரட்டைப்பட்டகத்தில் ஒளி விலகலால் ஏற்படும், நுண்ணிடை வெளியின் தோற்ற ஒளி (*Apparent Sources*) மூலங்களுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவைக் காண :

இரட்டை முப்பட்டகத்திலிருந்து, குவி வில்லையின் குவியத் தூரத்தைப்போல நான்கு மடங்கு தூரத்தில், கண்ணருகு கருவியைத் தள்ளி வை.

இரட்டைப்பட்டகம், கண்ணருகு கருவி இரண்டிற்கும் இடையில் குவி வில்லை தாங்கியை வைத்துக் குவி வில்லையை அதில் பொருத்து. குவி வில்லையின் மையம், மற்ற இரண்டின் மையங்களின் மட்டத்திலிருக்குமாறு அதன் உயரத்தைச் சரி செய்.



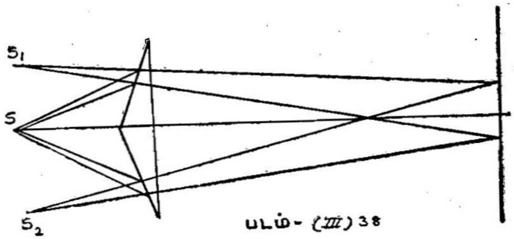
படம் - (III) 37

கண்ணருகு கருவியில் நுண்ணிடைவெளியின் இரு பிம்பங்கள் தெரியும். குவி வில்லை தாங்கியை நகர்த்திஞல், பிம்பங்களினிடைத் தூரமும், உருவ அளவும் மாறும். பிம்பங்கள் தெளிவாகக் குவியப்பட்டுத் தெரியும் வரை, குவி வில்லை தாங்கியைக் கண்ணருகு கருவியினருகில் நகர்த்திவை. இரு பிம்பங்களுக்குமுள்ள தொலைவைக் குறுக்கிணைக்கம்பிகள் வெட்டுமிடத்தை ஒவ்வொரு பிம்பத்தின் நடுவிலும் வைத்து, மைக்ரா மீட்டர் காட்சிப்பதிவுகளை எடுத்துக் கணக்கிடு. 'd_1' செ. மீ. எனக் குறி.

குவி வில்லையை இரட்டைப்பட்டகத்தினருகில் நகர்த்தினல் பிம்பம் உருவத்தில் பெரிதாகும். பிம்பங்கள் தெளிவாகத் தெரியும் வரை நகர்த்தி, முன் செய்தவாறே அவைகளினிடையிலுள்ள தொலைவை மைக்ராமீட்டரால் கண்டுபிடி. 'd_2' செ. மீ. எனக் குறி.

தோற்ற ஒளி மூலங்களினிடைத் தொலைவு 'd' $= \sqrt{d_1 d_2}$ ஆகும்.

அலை நீளம் கணக்கிட :



படம்- (III) 38

நுண்ணிடை வெளியிலிருந்து வரும் ஒளிக் கதிர்கள், இரட்டை முப்பட்டகத்தினூடே ஒளி விலகலுடன் சென்று வெளிவருகின்றன. இக்கதிர்கள் குறுக்கீட்டு விளைவு படுவதனல், இருண்ட, ஒளியுள்ள பட்டைகள் ஏற்பட்டு, கண்ணருகு கருவியில் காணப்படுகின்றன. இரட்டை முப்பட்டகங்களிலிருந்து வெளி வரும் கதிர்கள் 's_1' 's_2' என்ற எல்லா வகைகளிலும் ஒத்த தோற்ற ஒளி மூலங்களிலிருந்து வருவன போன்றிருக்கின்றன.

கொள்கை

$a = \frac{D}{d} \lambda$ என்ற வாய்பாட்டில்

$a =$ இரு குறுக்கீட்டு விளைவுப்பட்டைகளின் இடைத்தூரம்.
$d =$ தோற்ற ஒளி மூலங்களுக்குள்ள இடைத்தூரம்.
$D =$ நுண்ணிடை வெளியிலிருந்து கண்ணருகு கருவியின் குவியத் தளத்திற்குத் தொலைவு.

λ = ஒளி அலை நீளம்.

D, D_1 ஆக இருக்கையில்

$$a_1 = \frac{D_1 \lambda}{d}$$

D, D_2 ஆக இருக்கையில்

$$a_2 = d \frac{D_2}{d} \lambda$$

$$a_2-a_1 = \frac{(D_2-D_1)\lambda}{d}$$

$$= \frac{x}{d}\lambda d$$

இவ்வாய்பாட்டிலிருந்து 'λ' வைக்கணக்கிடலாம்.

x, காட்சிப்பதிவுகளெடுத்த கண்ணருகு கருவியின் இரு நிலைகளுக்கும் இடையிலுள்ள தொலைவு.

ஆய்பயன் λ = ... செ. மீ.

அட்டவணை—I

நுண்ணிடை வெளிக்கும், கண்ணருகு கருவிக்கும் தூரம் =D, செ. மீ.

பட்டை எண்	இடமிருந்து வலம் மைக்ராமீட்டர்		பட்டை எண்	வலமிருந்து இடம் மைக்ராமீட்டர்	
	காட்சிப் பதிவு	5 பட்டைகள் அகலம் (6—1)...		காட்சிப் பதிவு	5 பட்டைகள் அகலம் (6—1)...
1			1		
2			2		
3			3		
10			10		

சராசரி = சராசரி =

இவ்விரண்டின் சராசரியை 5ஆல் வகுத்து ஒரு பட்டை அகலத்தைக் கணக்கிடு.

இவ்வாறே, D_2 செ. மீ. தொலைவில், ஒரு பட்டையின் அகலத்தைக் கணக்கிடு.

குவிவில்லையால் ஏற்படும், பிம்பங்களின் இடைவெளிகள் d_1, d_2 செ. மீ.

$$d = \sqrt{d_1 \ d_2} \text{ செ. மீ.}$$

விளிம்பு விளைவுக்கீற்றணி
(Diffraction Grating)

நோக்கம்

நிறமாலை மானியையும், விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியையும் பயன்படுத்தி, ஒளி அலை நீளத்தைக் கண்டுபிடித்தல்.

ஆய்கருவிகள்

நிறமாலை மானி, சோடியம் விளக்கு, பாதரச விளக்கு, சமதள விளிம்பு விளைவுக்கீற்றணி (Plane Diffraction Grating).

கருவி விளக்கம்

சமதள விளிம்பு விளைவுக்கீற்றணி என்பது, சமதளத்தில் மிக நெருக்கமாக வரைந்த இணைக்கீற்றுகளாகும். ஆய்வுக்கூடங்களில் பயன்படும் கீற்றணியில் ஓர் அங்குலத்திற்கு ஏறத்தாழ, 15000 கீற்றணிகளிருக்கும். 'ரௌலண்ட்' (Rowland) கீற்றணியின் நேர்ப்படிகளே (Replicas) இப்பொழுது பயன்படுத்தப்படுபவை. இக்கீற்றணியின் ஒளிப்பதிவை மிக மெல்லிய ஒளி புகுதகட்டில் (Thin film) எடுத்து, ஒளியியற்கண்ணடிப்பட்டையில் (Optical-plane glass plate) ஒட்டப்பட்டிருக்கும்.

எச்சரிக்கை கீற்றணியுள்ள பரப்பில் கை விரல்கள் படாமல் பயன்படுத்த வேண்டும்.

செலுத்துகைக் கீற்றணி
(Transmission Grating)

செய்முறை

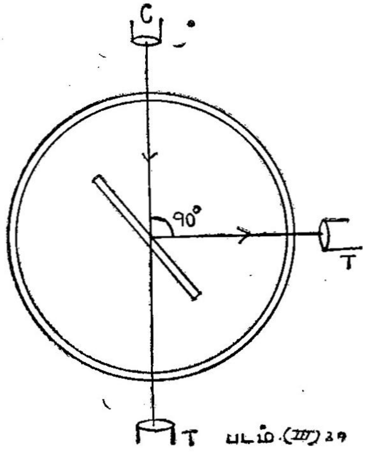
முதலில் இணைக்கதிர்கள் கீற்றணிப் பரப்பில், நேர்க்குத்தாக விழுமாறு செய்ய வேண்டும்.

நிறமாலை மானியின் தொலை நோக்கி, இணையாக்கி, முப்பட்டகத்தளம் இவைகளைச் சோதனைக்குச் சரி செய். சோடியம் விளக்கின் ஒளி நுண்ணிடை வெளியில் விழுமாறு விளக்கை அதன் முன் வை.

தொலை நோக்கியை இணையாக்கியின் நேர்த்திசையில், துல்லியமாக, குறுக்கிணைக்கம்பி நுண்ணிடை வெளியின் பிம்பத்துடன் சேரவைத்துக் காட்சிப் பதிவுகளை எடு. இந்நிலையிலிருந்து தொலை நோக்கியை 90° மூலம் திருப்பி நிறுத்து. வெர்னியர் பதிவுகள் 90° மாறுபடும்.

கீற்றணியைத் தளத்திலுள்ள பிடிப்பில் பொருத்தி, தளத்தைத் தாங்கும் தண்டை மாத்திரம் விடுவித்துக்கொள். இணையாக்கியிலிருந்து வரும் கதிர்கள் கீற்றணியிற்பட்டு எதிரொளித்து, தொலை நோக்கியில் புகுமாறு தளத்தைத் திருப்பு.

தொலை நோக்கியில் தெரியும் இரு பிம்பங்களில் ஒளி மிகுந்த பிம்பத்தைக் குறுக்கிணைக் கம்பியுடன் ஒன்றுசேருமாறு துல்லியமாகத் தளத்தைச் சரி செய்து, பற்றியிற்பிடித்து நிறுத்து. வெர்னியர்களுடன் தளத்தை 45° மூலம் திருப்பு. காட்சிப்பதிவுகள் சரியாக 45° மாறுபடும். இந்நிலையில் இணைக்கதிர்கள் கீற்றணிப்பரப்பில் நேர்க்குத்தாக விழும். கீற்றணியுள்ள தளத்தை இறுகப்பற்றியால் பிடி.

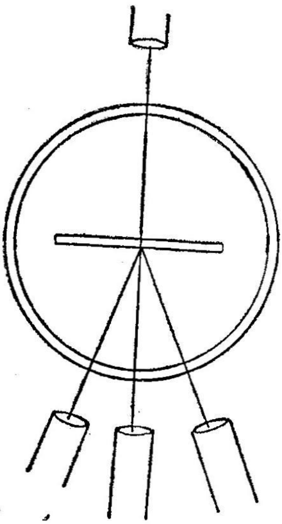


படம் (ஊ) 29

தொலை நோக்கியை விடுவித்து நேர்த்திசைக்குக் கொணர்ந்து குறுக்கிணைக் கம்பியைப் பிம்பத்துடன் சேருமாறு செய்து காட்சிப்பதிவை எடு. இத்திசைக்கு இருபக்கத்திலும் தொலை நோக்கியைத் திருப்பி நோக்கினால், நிறப்பிரிவினால் இரண்டிரண்டு மஞ்சள் நிறப் பிம்பங்கள் தெரியும். ஒவ்வொரு பிம்பத்துடனும் குறுக்குக்கம்பியைச் சேரவைத்துக் காட்சிப்பதிவுகளை இரு பக்கங்களிலும் எடுத்தெழுது.

சோடியம் விளக்கை அகற்றிப் பாதரச விளக்கை விளக்கின் ஒளி நுண்ணிடை வெளியில் செறிவுடன் விழுமாறு வை.

நேர்த்திசைக்கு இரு பக்கத்திலும் தொலை நோக்கியில் பார்த்தால் பல நிறப்பிம்பங்கள் தெரியும். முதலில் ஊதா நிறமும், அதிகத் திருப்பத்தில் சிவப்பு நிறமும் தெரியும். தொலை நோக்கியை மேலும் திருப்பினல், மறுபடி வரிசையாக ஊதா முதல் சிவப்பு வரை பிம்பங்கள் தெரியும். பிம்ப அடுக்குகளை, முதல் வரிசை (First order), இரண்டாவது வரிசை (Second order) நிறமாலை எனக் குறிப்பிடலாம்.



படம் (ஈ) 40

நேர்த் திசைக்கு இரு பக்கங்களிலும், முதல் வரிசைப் பிம்பங்கள் ஒவ்வொன்றிலும் குறுக்கிணைக் கம்பியைச் சேரச் செய்து காட்சிப் பதிவுகளை எடு.

இரண்டாவது வரிசை நிறமாலை தெளிவாய் இருந்தால், அதற்குரிய காட்சிப்பதிவுகளை எடு.

ஒரே நிறப் பிம்பத்தின் இருபக்கக் காட்சிப்பதிவெண்களின் இடைக் கோணம், விளிம்பு விளைவு கோணத்தைப்போல இரு மடங்காகும்.

வாய்பாடு

$$\text{Sin } \theta = Nn\lambda$$

N — கீற்றணியின் மாறிலி — 1 சென்டி மீட்டரிலுள்ள கீற்றுகளின் எண்ணிக்கை.

n — நிறமாலை வரிசை எண் (Order of the spectrum)

λ — நிற ஒளி அலை நீளம்.

θ — விளிம்பு விளைவு கோணம்.

சோடியம் ஒளியின் ஓர் அலை நீளத்தையும் காட்சிப் பதிவையும் பயன்படுத்தி, 'N' ஐக் கணக்கிட்டுக்கொள்.

$$\left.\begin{aligned} N &= \frac{Sin\ \theta}{n\lambda} \\ \lambda &= \frac{Sin\ \theta}{Nn} \end{aligned}\right\} \text{ வாய்பாடுகள்}$$

அட்டவணை

நேர்த்திசைக் காட்சிப்பதிவு. $A =$ $B =$

பிம்பத்தின் நிறம்	காட்சிபதிவு				மாறுபாடு		விளிம்பு விலகு கோணம்	அலை நீளம்
	இடப்பக்கம்		வலப்பக்கம்					
	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'		
சோடியம் ஒளி ::								∵ N
பாதரசம் முதல் வரிசை								
இரண்டாம் வரிசை								

விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி
சிறுமத்திசை மாறுகோணம்
(Minimum Deviation)

நோக்கம்

பாதரச விளக்கின் ஒளியின் அலை நீளங்களைக் காணல்.

ஆய்கருவிகள்

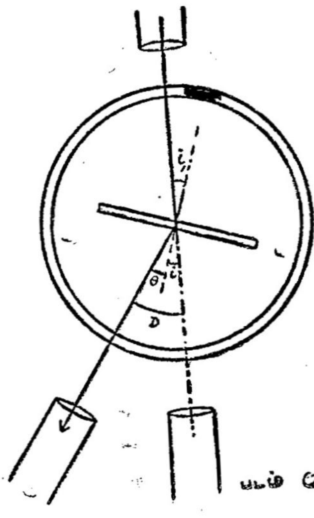
நிறமாலை மானி, விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி, பாதரச விளக்கு, சோடியம் விளக்கு.

செய்முறை

நிறமாலை மானியின் தொலை நோக்கி, இணையாக்கி, முப்பட்டகத்தளம் இவைகளைச் சோதனைக்குச் சரிசெய்.

கீற்றணியைத் தளத்தில் பற்றியில் வைத்து நேர்த்திசையில் தொலை நோக்கியை வைத்து, பிம்பத்தைப்பார். பிம்பத்தைப் பார்த்துக்கொண்டே, தொலை நோக்கி, கீற்றணியுள்ள தளம் இரண்டையும் திருப்பி, ஊதாப் பிம்பம் சிறுமத்திசை மாறு கோணத்தில் தெரியுமாறு செய். முப்பட்டகச் சோதனையில் செய்தவாறே செய். கீற்றணித்தளத்தைப் பற்றியிற்பிடி. பிம்பமும் குறுக்கிணைக்கம்பியும் ஒன்று சேருமாறு துல்லியமாகச் சரி செய்து, காட்சிப்பதிவுகளை எடு. நேர்த்திசைக்குத் தொலை நோக்கியைத் திரும்பக் கொணர்ந்து, காட்சிப்பதிவை எடு. தொலை நோக்கியின் இரு நிலைகளுக்கிடைக் கோணம், சிறுமத்திசை மாறு கோணம்.

இவ்வாறே முதல் வரிசையின் ஒவ்வொரு நிறப் பிம்பத்திற்கும். சிறுமத்திசை மாறு கோணத்தைக் கண்டுபிடி. ஒவ்வொரு முறையும் இருநிலைகளின் காட்சிப்பதிவுகளை எடுத்து, சிறுமத்திசை மாறு கோணம் காணவேண்டும். நேர்த்திசைக்கு மறு பக்கத்தில் மறுபடி காட்சிப்பதிவுகளெடு.



படம் (அ) 4

வாய்யாடு

$$(\sin i + \sin \theta) = N n \lambda,$$

i — கீற்றணிப்பரப்பில், இணைக் கதிர்கள் படுகோணம்.

θ — ஒரு நிறக்கதிரின் விடு கோணம்.

i, θ இரண்டும், கீற்றணிப் பரப்பின்நேர்க்குத்துக்கோட்டின் ஒரே பக்கத்திலுள்ளன.

சிறுமத்திசை மாற்றத்தில் $\hat{i}=\hat{\theta}$

$$\sin\hat{i} + \sin\hat{\theta} = 2\sin\left(\frac{i+\theta}{2}\right)\cos\left(\frac{i-\theta}{2}\right)$$

$$2\sin\left(\frac{i+\theta}{2}\right)=Nn\lambda\,;\quad \hat{i}+\hat{\theta}=D$$

$$\gamma = \frac{2\sin\frac{D}{2}}{Nn}$$

D, சிறுமத்திசை மாறுகோணம்.

அட்டவணை

I வரிசை

N = ...

பிம்ப நிறம்	சிறுமத்திசை மாற்றத்தில்		நேர்த்திசையில்		மாறுபாடு = சிறுமத் திசை மாறு கோணம்		$\lambda = \frac{2 \sin\frac{D}{2}}{Nn}$
	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	

வலப்பக்கப் பதிவுகள் I

இடப்பக்கப் பதிவுகள் II

நிறமாலை மானி

'பிரானேபர்' வரிகள்—அலை நீளங்கள்

(Fraunhofer—lineswave lengths.)

நோக்கம்

சூரிய ஒளியிலுள்ள (Sun light) 'பிரானேபர்' வரிகளின் அலை நீளங்களைக் கீற்றணியாற்கண்டுபிடித்தல்.

ஆய்கருவிகள்

நிறமாலை மானி, விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி, சமதள ஆடி, சோடியம் விளக்கு.

செய்முறை

நிறமாலை மானியைச் சோதனைக்குச் சரி செய். கீற்றணியைத் தளத்தில் பற்றியில் வைத்து, சோடியம் விளக்கொளி நுண்ணிடை வெளியில் படுமாறு வை.

முன்பு சோதனையில் செய்தவாறு, இணைக்கதிர்கள், கீற்றணிப் பரப்பில் நேர்க்குத்தாக (Normal incidence) விழுமாறு செய். நிறமாலை மானியைத் திருப்பி, ஆய்கூடத்தின் வெளியேயுள்ள சமதள ஆடியிலிருந்து எதிரொளித்து வரும் சூரிய ஒளி, இணையாக்கியில் செறிவுடன் நுழையுமாறு செய். நுண்ணிடை வெளியைக் குறுகலாக்கு. சூரிய நிலை மாறிக்கொண்டே இருப்பதால், சமதள ஆடியை அடிக்கடி சரி செய்ய வேண்டும்.

தொலை நோக்கியைத்திருப்பி, நேர்த்திசைக்குஇருபக்கங்களிலும் வைத்துப்பார்த்தால், தொடர் நிறமாலைகள் (Continuous spectrum) தெரியும். நேர்த்திசையில், நிறம் பிரிபடாப்பிம்பம் தெரியும்.

தொடர் நிறமாலையிற் எல்லா நிறங்களிலும், கருநிற, '**பிராேஃபர்**' வரிகள் தெரியும். நுண்ணிடை வெளி மயிரிழை போன்றிருந்தால், வரிகள் நன்றாகத் தெரியும்.

நிறமாலைப்பட்டியலிற்பார்த்து வரிகளின் பெயர்களைத் தெரிந்து கொள். செந்நிறத்தில் B, C; மஞ்சளில் D_1, D_2 ; பச்சையில் E வரிகளைப் பார்த்துக் குறுக்கிணைக் கம்பியைச் சேர வைத்துக் காட்சிப் பதிவுகளை எடு. இவ்வாறே மறு பக்கத்திலும் காட்சிப்பதிவுகளை எடு.

முன் சோதனையில் செய்தவாறு அட்டவணைப்படுத்தி, அலை நீளங்களைக் கணக்கிடு.

$Sin\ \theta = Nn\lambda$ என்ற வாய்பாட்டில், முன்பு கணித்த N-ன், மதிப்பைப் பயன்படுத்திக்கொள்.

$$\lambda = \frac{sin\ \theta}{Nn},$$ 'θ', விளிம்பு விளைவுகோணம்.

N = ஒரு சென்டி மீட்டரில் கீற்றணிகள்
λ = அலை நீளம்
n = நிறமாலை வரிசை

ஹைட்ரஜன் அலை நீளங்களிலிருந்து, ரிட்பர்க் (Rydberg) மாறிலியைக் கணக்கிடலாம்.

போலரி மீட்டர்
(Polari meter)

நோக்கம்

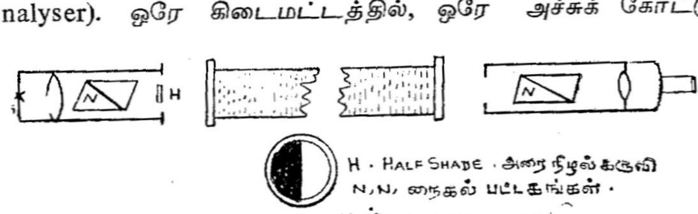
போலரி மீட்டரினுல் சர்க்கரைக் கரைசலின் தள விளைவுத் திருப்புத் திறன் (Specific Rotatory Power) எண் காணல்.

ஆய்கருவிகள்

'லாரன்டு' (Laurent's) போலரி மீட்டர், மூடிகளுடன் 15 செ.மீ அல்லது 20 செ. மீ. நீளக் கண்ணுடிக்குழாய், சர்க்கரை, சோடியம் விளக்கு.

கருவி விளக்க ம்

'லாரன்டு' போலரி மீட்டரின் முக்கிய ஒளியியல் (Optical) தள விளைவாக்கியும், (*Polarisen*), தள விளைவு பகுப்பானுமாகும் (Analyser). ஒரே கிடைமட்டத்தில், ஒரே அச்சுக் கோட்டுட



படம் · (ஈ) 42.

னுள்ள இரு உலோகக் குழாய்களில் இவைபொருத்தப்பட்டிருக்கும். இவையிரண்டும் 'நைகல்' (Nicol prism) பட்டகங்களால் ஆனவை.

தளவிளைவாக்கியுள்ள குழாயில் முன் பக்கத்தில் ஒரு குவி வில்லையும், அதன் குவியத்தூரத்தில் ஒளி மூலமும் (சிறு துளை யுள்ள தகடு)உள்ளன. துளை வழி வரும் ஒளிக்கதிர்கள், வில்லையால் இணையாக்கப்பட்டு, நைகல் பட்டகத்தில் விழும்.

பகுப்பானுக்குப் பின், குவி வில்லையும், கண்ணருகு கருவியும் கொண்ட தொலை நோக்கி இருக்கும் பகுப்பானுள்ள குழாயை அதன் அச்சைச்சுற்றிச் சுழற்ற முடியும். அதிலிணைத்துள்ள இரு வெர்னியர்கள், போலரி மீட்டர் சட்டத்தில் நிலையாகப் பொருத்தப் பட்டுள்ள வட்ட அளவு கோலின் பிரிவுகளை ஒட்டி நகரும்.

செய்முறை

இரு நைகல்களும் குறுக்கிடும் (*Crossed*) நிலையிலிருந்தால், கண்ணருகு கருவி வழியே ஒளி வாராது. சோடியம் விளக்கைத் தள விளைவாக்கியின்முன் வைத்து, போலரி மீட்டருக்குள் ஒளி வருமாறு செய். பகுப்பானைச் சுழற்றி ஒளி வாராத நிலையில் வை. முழுதும் இருண்ட நிலையைச் சரியாகக் காண். '**லாரன்டு,**' அரை நிழல் (Half shade) கருவியொன்று தளவிளைவாக்கியின் பின் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. இக்கருவியில், ஓர் அரை வட்டப்பகுதியில் கண்ணுடிப் பட்டையும், மற்றப்பகுதியில் குவார்ட்ஸ் (Quartz) பட்டையும் ஒரு சிறு வட்டச்சட்டத்தில் பொருத்தியுள்ளன. குவார்ட்ஸ் பட்டை ஒளியியல் அச்சுக்கு (Optic axis) இணையாக வெட்டப்பட்டது.

இக்கருவியினூடே வரும் தளவிளைவாக்கப்பட்ட ஒளியைப் பகுப்பானில் பார்க்கும் பொழுது, வட்டப்பிம்பத்தின் இரு பகுதி கள், வெவ்வேறு செறிவுடன் தெரியும். இரு நைகல்களும் குறுக்கிடும் நிலையில் ஒரு பகுதி இருண்டும் மற்றப் பகுதி ஒளி மிகச் சிறு திருப் பங்கூட, இரு பகுதிகளின் தோற்றத்தில் மாறுதல்கள் விளைவிக்கும்.

இம்முறையில் நைகல்கள் குறுக்கிடும் நிலையைத் துல்லியமாகக் காணலாம். கண்ணுடிக்குழாயில் காய்ச்சி வடித்த நீரை நிரப்பி, நன்ருக மூடி, தளவிளைவாக்கிக்கும் பகுப்பானுக்குமிடையில் குழாய் வைக்குமிடத்தில் வை. பகுப்பானில் பார்த்து, அரை வட்டங்கள் ஒரே ஒளியுடன் காணும் நிலைக்குத் திருப்பிப் காட்சிப்பதிவுகளை எடு. காய்ச்சி வடித்த நீரில், 10 கிராம் சர்க்கரை, 100 மில்லி கரைசலில் உள்ளவாறு கரைசல் செய்.

கண்ணுடிக்குழாயில் நீரை வெளிப்படுத்தி, சர்க்கரைக்கரைசலை ஊற்றி நிரப்பி, போலரி மீட்டரில் வை. கண்ணருகு கருவியில் பார்த்து, பகுப்பானைத் திருப்பி, முன் தெரிந்தது போல, அரை வட்

டங்கள் ஒரே செறிவுடன் காணும் நிலையில் வைத்துக் காட்சிப் பதிவுகளெடு.

கரைசலில் நீர் விட்டு, செறிவை மாற்றி, காட்சிப்பதிவுகளெடு.

கொள்கை :

$\theta = p \times l \times c$ என்ற வாய்பாட்டில்,

θ = தளவிளைவுள்ள ஒளியின் தளத்திருப்பம்.

p = தளவிளைவுத் திருப்பத் திறனெண்—(Specific Rotatoy power).

l = கரைசலின் நீளம் டெசி மீட்டரில்.

c = கரைசலின் செறிவு. —100 மில்லியில் சர்க்கரை. கிராம்கள் —*gms/100cl.*

$$= P \frac{\theta}{l\ c}$$

மூடிகளின்றிக் கண்ணுடிக்குழாயின் நீளம் = l செ. மீ.

போலரி மீட்டர் வெர்னியரின் மீச்சிற்றளவு =

அட்டவணை

கரைசலின் செறிவு	வட்ட அளவுகோலில் காட்சிப் பதிவு				தளத்திருப்பக்கோணம்			$b = \frac{\theta}{l\ c}$
	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	வெர்னியர் 'A'	வெர்னியர் 'B'	சராசரி 'θ'	

ஆய்பயன்

பிழை திருத்தம்

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
2	39	$-(N-x)$	$(-N-n)$
2	40	$(+N-x)$	$+(N-n)$
5	27	சுழியின்	சுழியில்
I4		பத்தி மூன்றின் முடிவிலுள்ள சொற்றொடர்	பத்தி 4ன் தொடக்கத்தில் உள்ளதுடன் சேர வேண்டும்.
17	30	குறுக்குக்கிணைக் கம்பிகள்	குறுக்கு இணைக் கம்பிகள்.
18	32	ள வாக்கில்	நீளவாக்கில்
18	34	(2l)	(2b)
19	18	$\frac{4\ (x+t)}{} = \frac{d_2}{D}$	$\frac{4\ (x+t)}{l} = \frac{d_2}{D}$
22	12	$2R\times(d_1\quad d_3)-$	$\frac{2R\ (d_3-d_1)\,l}{4D} = l^2-b^2$
26	27	W^1 ஆனல்	W ஆனல்
26	28	$W-\frac{w}{d}\times S$	$W-\frac{W}{d}\times S$
26	29	$W_1-\frac{w_1}{d_1}\times S$	$W_1-\frac{W}{D}\times S$
27	10	மில்லிகிராம் எடையை ஒரு தட்டில் அதனல்	மில்லிகிராம் எடையை ஒரு தட்டில் அதிகரிக்க அதனல்
27	22	20, 30, 40...... முறையே	20, 30, 40.......... கிராம் முறையே
32	28	குவி'தகட்டின்	குவிதட்டின்
37	16	$\left[w_2-w_3\right)=\frac{(w_2-w_1}{d}=\Big]$	$\left[(w_2-w_3)-\frac{(w_2-w_1)}{d}\right]$
38	5	ஒரு அடர்த்தியைக்	ஒரு அடர்த்திக் குப்பியால்

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
44	12	விடை	எடை
,,	17	$w_2 \quad w_1$	$w_2 - w_1$
,,	18	$w_4 \quad w_3$	$w_4 - w_3$
45	4	மூப்பட்டதும்	மூடப்பட்டதும்
48	8	$(H-L)$	$(H-h)$
50	9	$\left(\frac{i}{l}\right)$	$\left(\frac{1}{l}\right)$
51	5	அளவு கோள்கலின்	அளவு கோல்களின்
60	22	$P \times AB = Q \times BC$	$P \times AC = Q \times BC$
62	2	வளைவு விசை	விளைவு விசை
,,	13	இணை விசை	விளைவு விசை
70	அட்டவணை மேம்பத்தி	சாய்தளத்தின் அகலம் b	சாய்தளத்தின் உயரம் h
70	11	$\frac{I}{\theta \tan}$	$\frac{I}{\tan \theta}$
71	6	சுழ வியக்க	சுழலியக்க
72	27	A B:அல்லது C:Dக்கு	A C அல்லது B.Dக்கு
73	7	சுழவியக்க	சுழலியக்க
73	15	ஆதரத்தைப்	ஆரத்தைப்
81	கணக்கிடுதல்	$q = \frac{\text{தகை}}{\text{திரிபு}}$	$= q \frac{\text{தகைவு}}{\text{திரிபு}}$
82	36	பரும எடை	பெரும எடை
83	வாய்பாடு	$e = \frac{Mgl^9}{3q^2AK^2}$	$e = \frac{Mgl^3}{3qAK^2}$
83	,,	$e = \frac{4mgi^3}{bd^3e}$	$Q = \frac{4Mgl^3}{bd^3e}$
87	அட்டவணை கடைசி பத்தி	$\frac{e^3}{l}$	$\frac{l^3}{e}$
88	13	ஆதலால் L, q =	ஆதலால், q =
89	6	எடை தாங்கி மட்டும்	எடை தாங்கி மாட்டும்

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
90	10	X	(x)
92	7	இறக்கம் ஆனால் y	இறக்கம் y ஆனால்
94	26	(b)	(d)
94	27	(d)	(b)
99	அட்டவனை பத்தி2, தலைப்பு	———	எடை அதிகரிக்கும் பொழுது
,,	,, 3 ,,	———	எடை குறையும் பொழுது
,,	,, 4 ,,	———	சராசரி
,,	,, 6 ,,	———	எடை அதிகரிக்கும் பொழுது
,,	,, 7 ,,	———	எடை குறையும் பொழுது
,,	,, 8 ,,	———	சராசரி
101		முதல் வரியில் காணப் படும் '(Rigrd Frame)	2-வது வரியில் 'உலோகச் சட்டம்' என்றதற்குப் பின் இருக்கவேண்டும்.
102	2	றையாகக்	முறையாகக்
102	16	நாடாவை இடம்புரி	நாடாவை இடம் புரியாக
103	அட்டவணைக் தலைப் பில்		'உருளையின்' என்ற வரிகளை நீக்கிவிடுக
105			25&26 வரிகளை நீக்கிவிடுக.
107	11	$n = \frac{S}{2D}$	$\theta = \frac{S}{2D}$
108		படம் 1·43 ல்	கம்பி செங்குத்தாகக் காட்டப்படவேண்டும்

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
108	4	Chuch	Chuck.
112	24	தட்டும்	தகடும்
113	9	நிலேமத்திருப்புத்திறன்	நிலேயத்திருப்புத் திறன் i
113	2	$(I+2i+md_2^2-I+2i+md_1^9)$	$(I+2i+2md_2^2-I-2i-2md_1^2)$
113	8	$C=\frac{1}{2}\frac{\pi rr^4}{l}$ ஆதலால்	$C=\frac{1}{2}\frac{\pi nr4}{l}$ ஆதலால்
113	9	ஆனல், $\frac{I}{T_3^{\ 2}}=\frac{2m(d_2^{\ 2}-d_1^{\ 2})}{(T_3-{}^2T_2^{\ 2})}$	ஆனல், $\frac{I}{T_1^{\ 2}}=\frac{2m(d_2^{\ 2}-d_1^{\ 2})}{(T_3^{\ 2}-T_2^{\ 2})}$
113	10	$n=\frac{16\pi m\ l\ (d_9^{\ 2}-d_1^{\ 3})}{r^4(T_3^{\ 2}-T_2^{\ 2})}$	$n=\frac{16\pi ml\ (d_2^{\ 2}-d_1^{\ 2})}{r4\ (T_3^{\ 2}-T_2^{\ 2})}$
113	19	டைன் செ.மீ.^{2}	டைன்/செ.மீ.^{2}
113	தலேப்பு	சியோர்ள் முறையில்	சியோர்ள் முறையில் q_2n, σ
113			நகக் குறிகளுக்கிடைஉள்ள தலேப்பில் முதலில் கண்ட q, n, σ நீக்குக
114		படம் 1·45 ல்	கீழேயுள்ள இரு சட்டங்களில் ஒன்றை AB மற்றதை CD என்று பெயரிடு
116	13	$q=\frac{8\pi Il}{T^2\ r^4}$	$q=\frac{8\pi Il}{T_1^{\ 2}\ r^4}$
116	14	$\eta=\frac{8\pi Il}{T_{,2}^{\ 2}\ r^4}$	$\eta=\frac{8\pi Il}{T_2^{\ 2}\ r^4}$
116	17	பாய்ஸான் விகிதம் σ	பாய்ஸான் விகிதம் σ
120	கடைசி	ஹேர் ஆய்கருவு	ஹேர் ஆய்கருவி
124	26	இடுக்கியை	இறுக்கியை
126	அட்டவணைப் பத்தி 3	விட்டம்	ஆரம்

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
126	பத்தி 7	$\times$	$=$
126	பத்தி 8	டைன் செ.மீ.	டைன்/செ.மீ.
128	அட்டவணைப் பத்தி 4	$\frac{d^2}{d_1}$	$\frac{d_2}{d_1}$
132	22	முள்	முன்
133	10	$\text{Sin}\left(\frac{\theta}{2}\right)= \frac{I}{v_2}\times\frac{H}{h}$	$\text{Sin}\left(\frac{\theta}{2}\right)=\frac{I}{\sqrt{2}}\times\frac{H}{h}$
135	37	Water glass	Watch glass
137	5	தூரத்தை	உயரத்தை
137	15	$m=a_2a_2=$	$m=m_2-m_1=$
138	அட்டவணைப் பத்தி 2	அல்லது $\frac{h_1+h_2}{2}$	அல்லது $\frac{h_1+h_2}{2}$
139	22	மட்டும்	மட்டம்
141	4	பாய் சமன்பாட்டின்படி	பாய்சல் சமன்பாட்டின் படி
141	10	$\frac{n_2}{n_1}$	$\frac{\eta_2}{\eta_1}$
141	11	$\frac{n_1}{n_2}$	$\frac{\eta_1}{\eta_2}$
143	13	வெணி	வெளி
143	30	ஒற்றைக்கசல்	ஒற்றைக் கால்
143	38	கிமைத்	கியைத்
144	10	பெருக்கமடவை	பெருக்கமடைவ
147	1	Pressue	Pressure
147	4	தீர்த் தொட்டி (water bath)	நீர்த் தொட்டி (Water bath)

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
150	6	O°L	O°C
151	21	(t)	(t_1)
152	9	குடுவையின் பருமன் = T	குடுவையின் பருமன் = V
152	15	இதை 'P' எனவும்	இதை 'p' எனவும்
162	16	அழுத்தத்தை p எனவும்	அழுத்தத்தை P எனவும்
152	20,21	$(v-x)$	$(V-x)$
152	24	V_1 க.செ.மீ	V க. செ. மீ.
155	படம்	t°	t°_{1}
155	படம்	L_1	L
155	22	$(_3)$	(t_3)
155	23	I°	1°
156 157		இப்பக்கங்களில் ƨ T	δT
156	2	மீட்டர்	கேலரி மீட்டர்
156	12	$\frac{m_3}{3}$ கிராம்	m_3 கிராம்
157		முதல் சமன்பாடு:	$\left\{m_3 - m_2\right\} S \left\{T - t_2\right\} = \left\{m_1 x + (m_2 - m_1)\right\} \times \left\{m_2 + \delta T - t_1\right\}$
		அடுத்து,	$s = \frac{\left\{(m_1 x + (m_1 - m_2)\right\} (t_2 + \delta T - t_1)}{(m_3 - m_2)(T - t_2)}$
158	30	நீர்	திரவம்

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
159.	9	w_3 கிராம்	m_3 கிராம்
159	12	வரை மடத்திலிருந்து	வரை படத்திலிருந்து
159	13	$(i_2 + 8T)$	$(t_2 + \delta T)$
159		கடைசிவரியில் சமன்பாடு	$\left\{ m_1 x + (m_2 - m_1)s_1 \right\} \left\{ t_2 + \delta T - t_1 \right\} = \left\{ (m_3 - m_2)\, s\, (T - t_2) \right\}$
161	அட்ட வணைப் பத்தி 1		t இப்பத்தியின் தலைப்பினுள் இருக்கவேண்டும்.
163	3	காண்.	காண,
165	16	(t_7)	(t_1)
166	16	கலக்கி நீரின் எடை	கலக்கி+நீரின் எடை
166	19	m_2	m_3
167	6	சமன்பாடு	$(m_3 - m_2)L + (m_3 - m_2)t_2 = \left\{ m_1 x + (m_2 - m_1) \right\} \left\{ t_1 - (t_2 - \delta T) \right\}$
169	7	பெரும்	பெரும
169	18	பெரும நிலை	பெரும வெப்ப நிலை
170		இப் பக்கத்தில் $S\theta$ என்பதை	$\delta\theta$ என்று திருத்துக.
170		சமன்பாடு	$\left\{ (m_3 - m_2)L + (m_3 - m_2) \right\} (T - t_2) = \left\{ m_1 x + (m_2 - m_1) \right\} \times \left\{ t_2 + \delta\theta - t_1 \right.$
172	11	நிலுத்து	நிறுத்து.
172	12	ஒவ்வேர்	ஒவ்வோர்

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
174	8	குளிர்	குளிர
174	9	X…செகண்டுகள்	x செகண்டுகள்
178	11	$\frac{M(T_2-T_1)}{(nT_2+T_1-\theta)}=$ மாறிலி	$\frac{M\ (T_2-T_1)}{n\left\{\frac{(T_1+T_2}{2}-\theta\right\}}=$ மாறலி
179	19	$\frac{\left(m_1x\times(m_2m_1)\right)\left(T+\frac{1}{2}-(T-\frac{1}{2})\right)}{X\times A\times(T\theta)}$	$\frac{\left[m_1x+(m_2-m_1))\right]\left[T+\frac{1}{2}-(T-\frac{1}{2})\right]}{X\times A\times(T-\theta)}$
179	20	$\frac{m_1x=(m_2-m_1)\ 1}{X\times A\times(T-\theta)}$	$\frac{\left[m_1x+(m_2-m_1\right]\ 1}{X\times A\times(T-\theta)}$:
179	25	கேலரி/செக/செ.மீ.$_2$ டிகிரி மிகைப்பாடு	கேலரி/செக/செமீ.^{2}/ டிகிரி மிகைப்பாடு.
181	சமன்பாட்டில் இடப்பக்கம்	$\frac{(m_1+m_2-m_1)(T_2-T_1)}{t_1}$	$\frac{(m_1x+m_2-m_1)(T_2-T_1)}{t_1}$.
181	அடுத்த வரியில்	$w_1,\ w_2,\ w_3$	$m_1,\ m_2,\ m_3$
185	11	$m(\theta_4-\theta_3)=K\pi r^2\frac{(\theta_1\theta_2)}{d}$	$m(\theta_4-\theta_3)=\frac{K\pi r^2(\theta_1-\theta_2)}{d}$
185	அட்டவணைப் பத்தி 3	முகளையின்	முகவையின்
185	4	m_2m_1 கிராம்	m_2-m_1 கிராம்
185	6	$m=\frac{m_2-w_1}{t}$	$m=\frac{m_2-m_1}{t}$.
189	3	k	K
191	16	உருளையை	சக்கரத்தை
		இப்பக்கம் முழுவதிலும்	
193		$\int T$	δT

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
193	சமன் பாட்டில்	u	n
195	அட்டவணைப் பத்தி 3	$\frac{I_1}{I_2}=\frac{d_1}{d_2^2}$	$\frac{I_1}{I_2}=\frac{d_1^2}{d_2^2}$
196	16	ஓரிரு	ஒளி
196	அட்டவணைப் பத்தி 3	$\frac{I}{I_2}=\frac{d_1^2}{d_2^2}$	$\frac{I_1}{I_2}=\frac{d_1^2}{d_2^2}$
196	நோக்கம்	திரவப் பொருள்களின்	திட,திரவப்பொருட்களின்
197	17	θ	O
198	அட்டவணைப் பத்தி 4	N	μ
199	18	முகவையின் தீரத்தின் ஆழம்	முகவையில் திரவத்தின் ஆழம்,
199	அட்டவணைப் பத்தி 2	Aθ	A)
200	9	வைக்கோ போடியம்	லைக்கோ போடியம்
200	25	உண்மைக் கனம் $= y_3 - y_2$	உண்மைக் கனம் $= y_3 - y_1$.
200	32-க்கு பின்	கீழ்க்கண்டவற்றை சேர்த்துக் கொள்க.	செங்குத்து அளவு கோலில் அளவீடுகாண். இதை y_1 என்று கொள். முகவையில் திரவத்தை ஊற்று. நுண்ணோக்கியை.
200	33		" அளவுகோலின் " என்ற சொல்லை நீக்கிவிடு
201	22	கோணத்தின் முனைகளை A,B,C எனக்குறியிலிருந்து	கோணத்தின் முனைகளை A,B,C எனக்குறி. A-யிலிருந்து

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
202	8	போல C	C-யைப்போல
203	15	'P', 'Q', 'R' 'S'	PQ, RS.
205	அட்டவணைப் பத்தி 6	=ƒ செ.மீ	=f செ.மீ
209	தலைப்பு	Conjuge foci	Conjugate foci
212	அட்டவணைப் பத்தி 5	v	u
213	3	மேல்	இச் சொல்லை நீக்கிவிடுக.
213	18	$\frac{1}{F}-\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$	$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$
213	18	$F_1\ f_1$	$F,\ f_1$
214	4	$u=(x_1-x)\ V=(x_2-x).$	$u=(x_1-x)$ மற்றும் $v=(x_2-x)$
214	அட்டவணைப் பத்தி 6	$v-(x^2-x_1)$	$v=x_2-x$
220	படம்	$\propto$	d.
221	3	குவி	குழி
221	22	குளியத்	குவியத்
223	18	$\left(1+\frac{D}{fl}\right)\left(\frac{f_0}{u-fe_1}\right)$	$\left(1+\frac{D}{fe}\right)\left(\frac{f_0}{u-f_0}\right)$
224	தலைப்பு	தானி நோக்கியின்	தொலை நோக்கியின்
225	இப்பக்கத்தில்	⅄	λ

நம்	வரி	பிழை	திருத்தம்
225	அட்டவணைப் பத்தி 4	$\frac{\lambda}{a}$	$\frac{\lambda}{a}$
230	கடைசி	அச்சுத் திரைக்கு	அச்சுக்கு
234	10	விடுவித்	விடுவித்து
236	4	$\hat{i}, \quad \hat{i}^2$	$\hat{i}_1, \quad \hat{i}_2$
236	4	$\hat{i}^1, \quad \hat{i}^2$	$\hat{i}_1, \quad \hat{i}_2$
237	10	$\hat{i}^2$	$\hat{i}_2$
238	அட்டவணைத் தலைப்பு	நேரத்திசை	நேர்த்திசை.
239	21	$\frac{\text{Sin } 4}{\text{Sin r}} = \frac{\text{Sin } l_2}{\text{Sin } r_2}$	$\frac{\text{Sin } i_1}{\text{Sinr}_1} = \frac{\text{Sin } i_2}{\text{Sin } r_2}$
240	1	$\tan\frac{i_1 + l_2}{2}$	$\tan\frac{I_1 + i_2}{2}$
240	2	$\tan\frac{l_1 + l_2}{2}$	$\tan\frac{i_1 + i_2}{2}$
240	அட்டவணைப் பத்தி 2, 8	$\hat{l}_2$	$\hat{i}_2$
241	13	விளக்கு முனை	வில்க்கு முனை.
242	கடைசி	விழுகோணம்$_0$°	விழுகோணம்0°
243	அட்டவணை 2 பத்தி 6, 7.	d^1	d_1
245	வாய்ப்பாடுகள்	$=\frac{\mu v - \mu R}{\mu y - I}$	$=\frac{\mu v - \mu r}{\mu y - 1}$

பக்கம்	வரி	பிழை	திருத்தம்.
		$= \frac{\mu h - \mu r}{\left(\frac{\mu h = \mu R}{2}\right) - 1.}$	$= \frac{\mu v - \mu r}{\left(\frac{\mu v + \mu r}{2}\right) - 1}$
247	19	$\frac{R = fd}{f - d}$	$R = \frac{fd}{f - d}$
248	2	Dn+S	Dn+s.
248	3	—Dn	=Dn
248		இப் பக்கத்திலுள்ள கணக்கீடுகள்	$D^2n = 4n\lambda R$ $D^2n+s = 4(n+s)\lambda R$ $D^2n+s - Dn^2 = 4s\lambda R.$ $\lambda = \frac{D^2n+s - D^2n}{4 S R.}$
251	கடைசி	$a_2 = d\frac{D_2}{d}\lambda$	$a_2 = \frac{D_2\lambda}{d}$
252	2	$= \frac{x}{d}\lambda d.$	$= \frac{x\lambda}{d}$
255	கடைசி வாய்ப்பாடுகள்	⅄	λ
258		இப்பக்கத்தில் ⅄ அல்லது ⅄	λ
261	5, 7	⅄	λ
261	22	முக்கிய ஒளியியல்	முக்கிய ஒளியியல் பகுதிகள்
261	23	Polarisen	Polariser
262	23	இருண்டும் மற்றப்பகுதி ஒளி மிகச்சிறு	இருண்டும் மற்றப் பகுதி ஒளி மிகுந்தும் காணப் படும். மிகச்சிறு
262	30	100 மில்லி கரைசலில்	100 மில்லி லிட்டர் கரைசலில்
262	9	gms/100cl	gms/100ml
263	10	$= P \frac{\theta}{lc}$	$p = \frac{\theta}{lc}$
263	அட்டவணை பத்தி9	$b = \frac{\theta}{lc}$	$p = \frac{\theta}{lc}$