தமிழ் வெளியீட்டுக் கழக வரிசை எண்—162

புகுமுக பௌதிகம்

ஆசிரியர்

டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ், எம்.ஏ., பிஎச்.டி. (டொராண்டோ),

முதல்வர், அமெரிக்கன் கல்லூரி,

மதுரை.

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்

தமிழக அரசு

First Edition—July, 1968

B.T.P. No. 162

© Bureau of Tamil Publications

PHYSICS FOR P.U.C.

DR. M. A. THANGARAJ

Price Rs. 5-75

Printed by:
MUTHUKUMARAN PRESS,
14-A, Kuppier Street,
Madras-1.

அணிந்துரை

(திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன், தமிழகக் கல்வி-தொழில் அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கி ஏழு ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. தொடக்கத்தில் இருந்த இடர்ப்பாடுகள் மெல்லமெல்ல மறைந்து வருகின்றன. நாடு முழுதும் பரந்துள்ள மாணவர்களின் ஆர்வம், 'தமிழிலேயே கற்பிப்போம்' என முன்வந்துள்ள கல்வி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி, இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்றுவருகிறது.

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

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், புவியியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், தத்துவம் ஆகிய பல துறைகளில் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இருவகையிலும் தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்ருன 'புகுமுக பௌதிகம்' என்ற இந்நூல் தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகத்தின் 162ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 197 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

கணக்கிலடங்காத் தடைகளை எல்லாம் அகற்றித் தமிழன்னை கல்லூரிக் கலை மண்டபத்தில் கொலு வீற்றிருக்கிருள். எனவே, இவ்வன்னையை வாழ்த்துவோமாக! உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெற வேண்டும்; அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். சென்னைப் பல்கலைக் கழகத்தின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

பக்கம்

தோற்றுவாய் 1

1. அடிப்படையான அளவுகள் (Fundamental Measurements) 1

இயக்கவியல் (Dynamics)

2. நேர்வேகமும் முடுக்கமும் (Velocity and Acceleration) 17

3. நியூட்டனின் இயக்க விதிகள் (Newton's Laws of Motion) 30

4. வேலை, திறன், ஆற்றல் (Work, Power, Energy) ... 38

5. சீரான வட்ட இயக்கமும் எளிய ஹார்மானிக் இயக்கமும் (Uniform Circular Motion and Simple Harmonic Motion) 47

நிலையியல் (Statics)

6. ஒரு புள்ளியில் இயங்கும் விசைகளும் இணை விசைகளும் (Forces at a Point and Parallel Forces) ... 53

7. ஈர்ப்பு மையம் (Centre of Gravity) 64

8. தனி எந்திரங்கள் (Simple Machines) 67

9. நீர் நிலையியல் (Hydrostatics) 76

10. இறுக்கமும் அமுத்தமும் (Thrust and Pressure) ... 80

11. ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவம் (Principle of Archimedes) ... 86

12. வாயுமண்டல அமுத்தமும் பாயிலின் விதியும் (Atmospheric Pressure and Boyle's Law) ... 95

13. பம்புகளும் அமுத்தமானிகளும் (Pumps and Gauges) 105

14. வெப்பமானி இயல் (Thermometry) ... 113

15. திடப்பொருள்களின் விரிவு (Expansion of Solids) ... 121

		பக்கம்
16.	திரவங்களின் விரிவு Expansion Liquids	129
17.	வாயுக்களின் விரிவு Expansion gases ...	136
18.	வெப்பத்தை அளத்தல் (Calorimetry)	145
19.	ஆவியின் அழுத்தமும் ஈரப்பத இயலும் (Vapour pressure & Hygrometry)	156
20.	வெப்பம் பரவுதல் (Transmission of Heat) ...	161
21.	வெப்பத்தின் இயக்கவேலைச் சமத்துவம் (Mechanical Equivalent of Heat)	169

ஒளியியல் (Light)

22.	ஒளியின் இயல்புகள் (Characteristics of Light) ...	172
23.	சமதளப் பரப்புகளில் ஒளித்திருப்பம் (Reflection at plane surfaces)	176
24.	சமதளப் பரப்புகளில் ஒளிவிலகல் (Refraction at plane surfaces)	182
25.	கோள ஆடிகள் (Spherical Mirrors)	196
26.	கோள லென்சுகள் (Spherical Lenses)	208
27.	ஒளியியல் கருவிகள் (Optical Instruments)	219
28.	நிறப்பிரிகை (Dispersion of Light)	224

ஒலியியல் (Sound)

29	ஒலியின் உற்பத்தியும் பரவுதலும் (Production and Propagation of Sound)	226
30.	இசை ஒலிகள் (Musical Sounds)	234

காந்தவியல்

31.	காந்தத்தின் தன்மைகள்	236
32.	காந்தப் புலம் (Magnetic Field)	240
33.	காந்த விசைக் கோடுகள் (Magnetic Lines of Force) ...	249
34.	ஒதுக்கக் காந்தமானி (Deflection Magneto Meter) ...	257

பக்கம்

நிலைமின்னியல் (Electrostatics)

35. மின்சாரவியல் (Electricity) 263

36. மின்னோட்டம் (Current Electricity) 269

37. மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள் (Magnetic Effects of an Electric Current) 274

38. ஓமின் விதியும் அதன் பிரயோகமும் (Ohm's Law and its Application) 287

39. மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவுகள் (Heating Effects of Electric Current) 304

40. மின்னாற்பகுப்பு (Electrolysis) 311

41. மின்காந்தத் தூண்டல் (Electromagnetic Induction) 318

புகுமுக பௌதிகம்

புகுமுக பௌதிகம்
(Pre-University Physics)

தோற்றுவாய்

பௌதிகம் என்பது நம்மைச் சுற்றியுள்ள உயிரற்ற இயற்கை உலகையும் அதில் இயங்கும் விளைவுகளையும் ஆராயும் விஞ்ஞானமாகும். நமது ஐம்புலன்களைக்கொண்டு இயற்கையில் நிகழும் பல நிகழ்ச்சிகளை அறிகிறோம். அந் நிகழ்ச்சிகளில் ஒழுங்கு ஏதேனும் உள்ளதா என்பதை ஆராய்ந்து, இயற்கையின் விதிகளைக் கண்டுபிடிக்கிறோம். இவ் விதிகளைக்கொண்டு, ஒரு குறிப்பிட்ட சந்தர்ப்பத்தில் இயற்கை எவ்வாறு நடந்துகொள்ளும் என்பதையும் முன்கூட்டியே ஊகிக்கப் பழகிக்கொள்கிறோம்.

இயற்கை உலகில் இருபெரும் உண்மைகள் உள்ளன. அவையே சடப்பொருள் (Matter), சக்தி (Energy) என்பன. சடப்பொருள் என்பது பரிமாணம் (Volume), பொருண்மை (Mass), எடை (Weight) முதலியன கொண்ட எதையும் குறிப்பிடும். உதாரணமாக, புத்தகம், பூமி, காற்று, மழை, சூரியன்—இவை சடப் பொருள்கள். கோபம், வெட்கம், வெண்மை முதலியவை சடப் பொருள்கள் அல்ல. சக்தி என்பது சடப்பொருளில் மாற்றத்தை உண்டாக்கும் எதையும் குறிப்பிடுவது. உதாரணமாக, வெப்ப சக்தி நீரை ஆவியாக மாற்றுகிறது; பருமனை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. ஒளி, போட்டோப்பசையில் இரசாயன மாறுதலை உண்டுபண்ணு கிறது. மின்சாரம், விசிறியை இயக்குகிறது; வெப்பம், ஒளி இவற்றை உண்டுபண்ணுகிறது. ஒளி, வெப்பம், மின்சாரம் இவை சக்தியின் வெவ்வேறு அம்சங்கள். இவற்றைத் தவிர, பல்வேறு வகைகளிலும் சக்தி வெளிப்படுகிறது.

சடப்பொருளின் சில தன்மைகள்

சடப்பொருளுக்கு கன அளவு (பருமன்) உண்டு. அது வைக்கப்பட்ட இடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட கன அளவு இடத்தை அடைத்துக்கொண்டிருக்கும். ஆகவே, ஒரே இடத்தை இரு சடப்

பொருள்கள் அடைத்துக்கொண்டிருக்க முடியாது என்பது வெளிப்படை.

சடப்பொருளுக்குப் பொருண்மை அல்லது பொருள் திணிவு (Mass) உண்டு. அத்துடன் ஒரு பொருளின் நிலை தானாக மாறாது. அதாவது, ஓரிடத்தில் வைக்கப்பட்ட பொருள் அதே இடத்தில் அசையாது இருக்கும். ஏதாவதொரு விசை அதன்மேல் இயங்கினால்தான் அதன் நிலை மாறும். அவ்வாறே நகர்ந்துகொண்டிருக்கும் பொருள், நேர்கோட்டில் ஒரே வேகத்தில் நகர்ந்துகொண்டே இருக்கும். திசையோ, வேகமோ மாறவேண்டுமானால், ஒரு விசை அதன்மேல் இயங்கியாகவேண்டும்; தானாக இவை மாறா (நகர்ந்து செல்லும் பொருள் நின்றுபோவது சாதாரணமாக உராய்வின் காரணத்தாலேயே நிகழும்). இவ்வாறு நிலை மாறாது இருக்கும் தன்மைக்குச் சடத்துவம் (inertia) என்று பெயரிட்டுள்ளனர்.

ஒரு பொருளில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு பொருண்மை உள்ளது. ஒரு பொருள் அருகிலுள்ள வேறு எப் பொருளையும் ஈர்க்கும் தன்மை உடையது. இந்த ஈர்க்கும் விசை, பொருளிலுள்ள பொருண்மைக்கு ஏற்றாற்போல் குறைவாகவோ மிகையாகவோ உள்ளது. பூமி ஒரு பொருளைத் தன்னிடம் ஈர்க்கும் விசையையே அப் பொருளின் எடை (weight) என்கிறோம்.

1. அடிப்படையான அளவுகள்
(Fundamental Measurements)

பௌதிகத்தை, திருத்தமாக அளக்கும் விஞ்ஞானம் என்று குறிப்பிடுவதுண்டு. இயற்கையின் தன்மையையும், போக்கையும் அறிந்துகொள்ளவேண்டுமானால், இயற்கையின் அளவுகளைத் திருத்தமாக அளத்தல் அவசியம். அளப்பதற்கு ஏற்ற அலகுகளும் கருவிகளும் தேவைப்படும்.

மூல அலகும் வழி அலகும் (Fundamental and Derived Units)

நீளம், பொருண்மை, காலம் இம் மூன்றையும் அளப்பதற்குத் தரமான அலகுகள் இருந்தால், அவற்றைக்கொண்டு ஏனைய எல்லா ராசிகளையும் அளந்துவிடலாம். உதாரணமாக, நீள அலகைக் கொண்டு, சதுர அளவு, கன அளவு இவற்றை அளக்கலாம். நீளம், காலம் இவற்றைக்கொண்டு வேகத்தை அளக்கலாம். பொருண்மை, கன அளவு இவற்றைக்கொண்டு பொருளின் அடர்த்தியைக் (density) கண்டுபிடிக்கலாம். ஆகவே, நீளம், பொருண்மை, காலம் இவற்றின் அலகுகள் மூல அலகுகள் என்றும், ஏனைய அலகுகள் வழி அலகுகள் என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

மெட்ரிக் முறையில், சென்டிமீட்டர் நீளத்தை அளக்கவும், கிராம் பொருள் திணிவை அளக்கவும், விநாடி காலத்தை அளக்கவும் பயன்படுகின்றன. பிரிட்டிஷ் முறையில் நீளம், பொருள் திணிவு, காலம் இவற்றை அளக்க, முறையே அடி, பவுண்டு, விநாடி இவை பயன்படுகின்றன.

இவ்வலகுகளையும், அவற்றின் பாகுபாடுகளையும் குறித்து விவரமாக உங்கள் கீழ்வகுப்புகளில் படித்திருப்பீர்கள். விஞ்ஞான அளவுகளில் மெட்ரிக் முறையே பெரிதும் பயன்படுகின்றது.

நீளம்

நீளத்தை அளக்க அடி அல்லது மீட்டர் ஸ்கேல் பயன்படுகிறது. மீட்டர் ஸ்கேலில், ஒவ்வொரு சென்டிமீட்டரையும் பத்துப் பாகங்களாகப் பிரித்திருப்பர் ஆகவே, அதைக்கொண்டு நீளங்களை

$\frac{1}{10}$ சென்டிமீட்டர் திருத்தத்திற்கு அளக்கலாம். இதைவிட இன்னும் திருத்தமாக அளக்கவேண்டுமானால், வெர்னியர் (Vernier) என்னும் ஒரு சாதனத்தை உபயோகிக்கவேண்டும். இவ்விதச் சாதனங்களின் உதவியால் அளக்கப்படும் மிகக் குறைந்த நீளத்திற்கு அதம அளவை (Least Count) என்று பெயர்.

வெர்னியர்

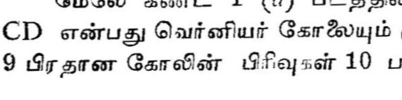
பால் வெர்னியர் என்ற ஃபிரெஞ்சு விஞ்ஞானி, தமது அளவு கோலுடன் ஒரு சிறிய சார்புக்கோல் ஒன்றையும் சேர்த்து, அதன் உதவியால் மீட்டர்கோலைவிட அதிகத் திருத்தமாக அளக்கும் முறையைக் கண்டுபிடித்தார். மீட்டர் கோலில் ஒவ்வொரு சென்டி மீட்டரும் பத்துப் பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். ஆகவே, அக் கோலின் மிகச்சிறிய அளவு ஒரு மில்லிமீட்டராகும்.

இப்பொழுது வெர்னியர் கோல் என்ற ஒரு சிறிய சார்புக்கோலை எடுத்து, அதில் 9 மில்லிமீட்டர் நீளத்தைப் 10 பாகங்களாகப் பிரிப்போம். அதன் ஒவ்வொரு பிரிவின் நீளம் $= \frac{9}{10}$ மில்லிமீட்டர்.

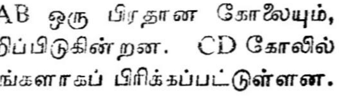
1 பிரதான (மீட்டர்) கோலின் பிரிவு $= 1$ மில்லிமீட்டர்.

1 வெர்னியர் கோலின் பிரிவு $= \frac{9}{10}$ மில்லிமீட்டர்.

இவ்விரண்டையும் கீழ்க்கண்டவாறு உபயோகித்தால் இவ்விரு பிரிவுகளுக்கிடையே உள்ள நீளத்தைத் திருத்தமாக அளக்கலாம். அதாவது, இச் சாதனத்தைக்கொண்டு அளக்கக் கூடிய அதம அளவை $= 1-\frac{9}{10} = \frac{1}{10}$ மில்லிமீட்டர். ஒரு பிரதான கோலின் பிரிவு—ஒரு வெர்னியர் கோலின் பிரிவு = அதம அளவை.



படம் 1 (a)



படம் 1 (b)

மேலே கண்ட 1 (a) படத்தில் AB ஒரு பிரதான கோலையும், CD என்பது வெர்னியர் கோலையும் குறிப்பிடுகின்றன. CD கோலில் 9 பிரதான கோலின் பிரிவுகள் 10 பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

இப்பொழுது, PQ என்ற பொருளின் நீளத்தை அளப்பதற்கு, படம் 1 (b)-யில் காட்டியபடி, பொருளின் P என்ற முனையைப் பிரதான அளவுகோலின் O-பிரிவுடன் சேர்த்துவை. பொருளின் மறுமுனை Q பிரதான கோலின் 7ஆவது 8ஆவது பிரிவுகளுக்கிடையே இருப்பதைக் கவனி. ஆகவே, பொருளின் நீளம் 7 பிரிவுகளுக்கு அதிகமாகவும் 8 பிரிவுகளுக்குக் குறைவாகவும் உள்ளது என்பது வெளிப்படை.

இப்பொழுது, வெர்னியர்கோலின் O-பிரிவு பொருளின் Q முனையைத் தொடுமாறு பொருத்திவை. வெர்னியரின் 4ஆவது பிரிவு பிரதான கோலின் 11ஆவது பிரிவுடன் ஒரே கோட்டிலிருக்கிறது.

ஆகவே, பொருளின் நீளம் PQ+4 வெர்னியர் பிரிவுகள்

= 11 பிரதானக் கோல் பிரிவுகள். அதாவது, 11 மி. மீ.

PQ-ன் நீளம் = 11 மி. மீ.—4 வெர்னியர் பிரிவுகள்

1 வெர்னியர் பிரிவு = $\frac{9}{10}$ மி. மீ.

PQ-ன் நீளம் = 11 மி. மீ.—4 × $\frac{9}{10}$ மி. மீ. = 7·4 மி. மீ.

= 7 மி. மீ. + 4 × அதம அளவை

பொருளின் நீளம் 7 மி.மீட்டருக்குச் சிறிது அதிகமாக உள்ளது என்று பார்த்தோம். இச் சிறிய அதிகப்படியான நீளம் என்ன என்பதைக் கண்டுபிடிக்க, வெர்னியரின் எந்தப் பிரிவு பிரதான அளவு கோல் பிரிவுடன் ஒன்றித்துள்ளது என்பதைக் கண்டுபிடி. வெர்னியரின் nஆவது பிரிவு பிரதானக்கோலின் பிரிவுடன் ஒன்றித்திருந்தால், அதிகப்படியான நீளம் = n × அதம அளவை.

ஆகவே, பொருளின் நீளம் = பிரதான அளவுகோல் பிரிவு

+ n × அதம அளவை.

ஒரு பிரதான அளவுகோலின் பிரிவுகள் $\frac{1}{20}$ செ. மீ. நீளமாகவும், வெர்னியரில் 19 பிரதான பிரிவுகள் 20 பாகங்களாகவும் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன என்று வைத்துக்கொண்டால், அவ் வெர்னியரின் அதம அளவை = 1 பிரதான பிரிவு—1 வெர்னியரின் பிரிவு

$= \frac{1}{20}$ செ. மீ. $- \frac{19}{20 \times 20}$ செ. மீ. $= \frac{1}{400}$ செ. மீட்டர்

ஒரு வெர்னியரில் n பிரிவுகள் உள்ளதானால், வெர்னியரின் அதம அளவை = $\frac{1}{n}$ × பிரதான அளவுகோல் பிரிவு.

பயிற்சி

1. ஒரு வெர்னியரில் 9 மில்லிமீட்டர்கள் 10 பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. இதைக்கொண்டு ஒரு பொருளின் நீளத்தை அளக்கும்போது அந்நீளம் 4·5 செ.மீட்டருக்கும் 4·6 செ. மீட்டருக்கும் இடையே இருந்தது; வெர்னியரின் 7ஆவது பிரிவு ஒரு பிரதான பிரிவுடன் ஒன்றித்திருந்தது. இப்போது பொருளின் நீளம் என்ன ?

வெர்னியரின் அதம அளவை = 1 மி.மீ.—$\frac{9}{10}$ மி. மீ.

$= \frac{1}{10}$ மி. மீ. $= \frac{1}{100}$ செ.மீ.

பொருளின் நீளம் $= 4{\cdot}5$ செ. மீ. $+ 7 \times {\cdot}01$ செ. மீ.

$= 4{\cdot}57$ செ. மீ.

2. ஓர் அளவு கோலின் பிரிவுகள் மில்லிமீட்டர்களாக உள்ளன. 0·005 செ. மீ. அதம அளவையுள்ள வெர்னியரை நிர்மாணிப்பதெப்படி ?

வெர்னியரில் n பிரிவுகள் உள்ளன என்று வைத்துக்கொள்வோம்.

$$\text{அதம அளவை} = \frac{1}{n} \times \text{பிரதான பிரிவு}$$

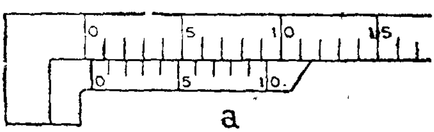
$$\cdot 005 \text{ செ. மீ.} = \frac{1}{n} \times \cdot 1 \text{ செ. மீ.}$$

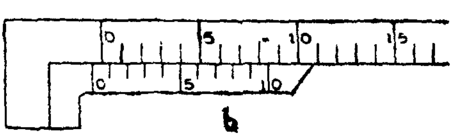
$$\therefore n = \frac{\cdot 1}{\cdot 005} = 20$$

ஆகவே, 19 பிரதான அளவுகோலின் பகுதிகளை 20 பகுதிகளாக வெர்னியரில் பிரிக்கவேண்டும்.

வெர்னியர் காலிப்பர் (Vernier Calipers)

வெர்னியர் காலிப்பரில் M என்ற பிரதான அளவுகோல் உள்ளது. அதன் O-முனையில், அதற்குச் செங்குத்தாக A என்ற

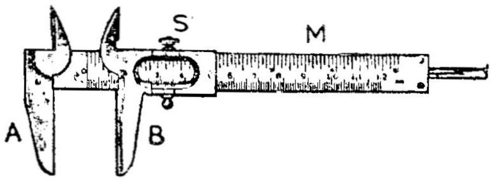




படம் 2

கால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. M-ன்மீது சுலபமாக நகரக்கூடிய B என்ற மற்றொரு காலும் உண்டு. இதில் வெர்னியர் அளவுகோல் நிறுவப்பட்டு, பிரதான அளவுகோலின் பிரிவுகளின்மீது நகர்ந்து செல்கிறது. S என்னும் திருகியின் உதவியால் வெர்னியரை எந்த இடத்திலும் பொருத்திவைக்கலாம். நகரும் காலைத்தள்ளி, நிலையாயுள்ள காலைத் தொடுமாறு செய்தால், பிரதான அளவுகோலின் O-பிரிவும் வெர்னியரின் O-பிரிவும் ஒரே கோட்டிலிருக்கும். இல்லையென்றால், பூச்சியப் பிழை (Zero error) உள்ளதென்று அர்த்தம். இதைத் திருத்தியாக வேண்டும்.

முதலில் கருவியின் பிரதான அளவுகோல் பிரிவு, வெர்னியர் பிரிவு, அதம அளவு இவற்றைக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். பின்னர் பூச்சியப் பிழை உண்டா என்று கவனித்தல் அவசியம். B, A இருகால்களையும் ஒன்று சேர்த்துப் பிடித்து, பிரதான அளவுகோலின்



படம் 3

O-பிரிவும் வெர்னியரின் O-பிரிவும் ஒன்று சேர்ந்துள்ளதா என்பதைக் கவனி. இல்லையென்றால் வெர்னியரின் பூச்சியம் பிரதான கோலின் பூச்சியத்திற்கு வலது புறத்திலோ அதற்கு இடது புறத்திலோ இருக்கும். (படம் 3 [a] [b]) வலது புறத்திலிருந்தால் வெர்னியரின் எந்தப்பிரிவு பிரதான அளவின் பிரிவோடு ஒன்றித்துள்ளது என்று கண்டுபிடிக்க வேண்டும். p-ஆவது பிரிவு ஒரு பிரதான பிரிவோடு ஒன்றித்திருந்தால் பூச்சியப் பிழை $p \times$ அதம அளவு. இப் பிழையை அளக்கும் அளவிலிருந்து கழிக்கவேண்டும்.

வெர்னியரின் பூச்சியம் பிரதான அளவுகோலின் பூச்சியத்திற்கு இடது புறத்திலிருந்தால், வெர்னியரின் எந்தப் பிரிவு பிரதான பிரிவோடு நேர்கோட்டிலிருக்கிறது என்று கவனிக்க வேண்டும். 9ஆவது பிரிவு நேராக இருந்தால், பூச்சியப் பிழை $(n-q) \times$ அதம அளவு; இப் பிழையை அளக்கும் அளவுடன் கூட்ட வேண்டும். n என்பது வெர்னியரிலுள்ள மொத்தப் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை.

ஒரு நீள் உருளையின் (Cylinder) நீளத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

வெர்னியர் காலிப்பரின் பிரதான அளவுகோல், வெர்னியர் பிரிவு, அதம அளவு, பூச்சியப் பிழை இவற்றை மேலே கண்டவாறு கணித்துக்கொள். பூச்சியப் பிழையின் திருத்தம் கூட்டப்படுவதா கழிக்கப்படுவதா என்பதைக் கவனிக்கவும்.

பிறகு உருளையை நீளவாட்டமாக, வெர்னியரின் இரு கால்களுக்கிடையே வைத்து, நகரும் காலை மெதுவாக நகர்த்தி, உருளையின் இருமுனைகளையும் கால்கள் தொடுமாறு செய். இப்பொழுது வெர்னியரின் O-பிரிவின் அளவீட்டைக் குறித்துக்கொள் (a). அத்துடன், வெர்னியரின் எந்தப் பிரிவு (b) ஒரு பிரதான பிரிவுடன் ஒன்றித்துள்ளது என்று பார்.

உருளையின் நீளம் = $a+(b\times$ அதம அளவு$)\pm$ பூச்சியப் பிழை. பூச்சியப் பிழைதிருத்தம் கூட்டுவதா, கழிப்பதா என்பதை முன் கூட்டியே அறிந்துகொள்ளவேண்டும்.

இவ்வாறே உருளையின் விட்டம், ஒரு சிறு கோளத்தின் விட்டம் முதலியவற்றைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

அளவீடுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிக்கலாம்:

ஒரு பிரதான அளவுகோலின் பிரிவு =

வெர்னியரின் பிரிவு =

அதம அளவு = 1 பிரதான பிரிவு—1 வெர்னியர் பிரிவு

=

பூச்சியப் பிழை =

பொருள்	பிரதான அளவுகோல் அளவீடு	வெர்னியர் அளவீடு	வெர்னியர் சேர்க்கை	பொருளின் நீளம் (விட்டம்)	பூச்சியப் பிழை திருத்தம்	பொருளின் உண்மையான நீளம் (விட்டம்)
உருளை 1	2·3 செ.மீ	6 பிரிவு	$6\times\cdot01=$ ·06 செ.மீ	2·36 செ.மீ	—·02 செ.மீ	2·34 செ.மீ
2						
3						
4						
கோளம் 1						
2						
3						
4						

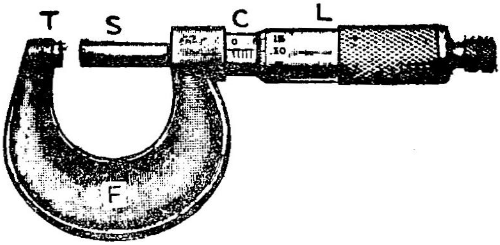
உருளையின் நீளமும் (l) அல்லது விட்டமும் (r) தெரிந்தால் அதன் கன அளவைக் கணக்கிடலாம்.

உருளையின் கன அளவு $=\pi r^2 l$

அவ்வாறே, கோளத்தின் கன அளவு $=\frac{4}{3}\pi r^3$

திருகு மானி (Screw gauge)

திருகுமானியின் அமைப்பைப் படத்தில் காணலாம். ப-வடிவமுடைய (F) ஓர் உறுதியான சட்டத்தின் ஒரு முனையில், திருகு புரிகளுள்ள (Screw threads) C என்ற சுரை இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இச் சுரையினுள் S என்ற திருகு செல்கிறது. இது L என்ற தலையுடன் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், L சுழற்றப்படும்பொழுது திருகு முன்னும் பின்னும் செல்லும். சட்டத்தின் மறுமுனையில் அசையாத ஒரு தளப்பரப்பு (T) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சுரை C யின்மீது



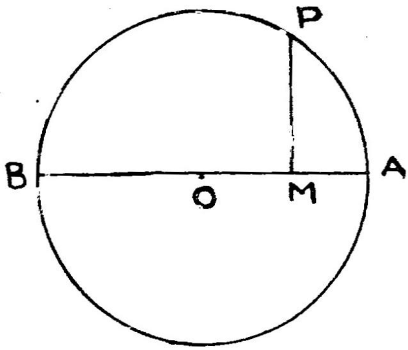
படம் 4

மில்லிமீட்டர் அளவுகோல் வரையப்பட்டுள்ளது. இதற்கு மரைக்கோல் (Pitch Scale) என்று பெயர். L என்ற தலையின் ஓரம் சரிவாகச் செதுக்கப்பட்டு, 50 அல்லது 100 பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்குத் தலை அளவுகோல் (Head Scale) என்று பெயர்.

திருகியின் தலையைச்சுழற்றி, தலைக்கோலின் பூஜ்யம் மரைக்கோலின் ஏதாவதொரு பிரிவுடன் ஒன்றித்திருக்கச் செய். அளவைக் கவனித்துவிட்டுத் தலையை நான்குமுறை சுழற்று. இப்பொழுது திருகி நகர்ந்த தூரத்தை நான்கால் வகுத்தால், ஒரு சுழற்சிக்குத் திருகி எவ்வளவு தூரம் நகரும் என்பது தெரியவரும். இதற்கு மரை தூரம் (Pitch of the Screw) என்று பெயர். இதைத் தலைக்கோலிலுள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கையால் வகுத்தால் திருகியின் அதம அளவு தெரியவரும். உதாரணமாக, திருகியின் தலையை நான்குமுறை சுழற்றினல் திருகி 4 மி.மீ. தூரம் நகர்கிறது. ஆகவே திருகியின் மரைதூரம் 1 மி. மீ. தலையின் ஓரம் 100 பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறபடியால், திருகுமானியின் அதம அளவு ·01 மி.மீ. அதாவது திருகுமானியின் தலையை ஒரு தலைப் பிரிவு தூரம் சுழற்றினல் திருகி ·01 மி. மீ. தூரம் நகரும்.

பூச்சியப் பிழை: திருகியின் தலையைச் சுழற்றி, திருகியின் முனை எதிரே உள்ள சமதளத்தை (P) இலேசாகத் தொடும்படி செய்ய வேண்டும். இப்பொழுது மரைக்கோலின் பூச்சியமும் தலைக்கோலின் பூச்சியமும் ஒன்ருய் நிற்கவேண்டும். இல்லையென்ருல் பூச்சியப்

பிழை உண்டு. தலைக்கோலின் பூச்சியம் மரைக்கோலின் பூச்சியத்திற்குக் கீழே இருந்ததானல் (a) எந்தத் தலைப்பிரிவு மரைக்கோலின் கோட்டிற்கு எதிராக உள்ளதென்று கவனிக்கவும். படம் 5 (a)-ல் 2ஆவது தலைப்பிரிவு கோட்டிற்கு நேராக உள்ளது. ஆகையால் பூச்சியப் பிழை + ·02 மி.மீ. ஆகும். பூச்சியப் பிழைதிருத்தம் — ·02 மி.மீ. அதாவது, திருகுமானியைக் கொண்டு அளக்கும் அளவீட்டிலிருந்து ·02 மி.மீட்டரைக் கழித்தால் உண்மையான அளவீடு கிடைக்கும். படம் 5 (b)-ல் பூச்சியப்பிழை —·03 மி.மீ. இதன் பூச்சியப் பிழைதிருத்தம் + ·03 மி.மீ. அதாவது, அளவீட்டுடன் ·03 மி.மீட்டரைக் கூட்டவேண்டும்.



படம் 5

ஒரு கம்பியின் விட்டத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

திருகுமானியின் மரைதூரம், அதமஅளவு, பூச்சியப்பிழை இவற்றை, மேலே கண்டவாறு கணித்துக்கொள். கம்பியை P, S (படம் 4) என்ற இரு சமதளப்பரப்பின் இடையே வைத்து, திருகுமானியின் தலையைச்சுழற்றிச் சமதளங்கள் கம்பியை இலேசாகக் கௌவுமாறு செய். இப்பொழுது மரைக்கோலின் பிரிவையும் தலைக்கோலின் பிரிவையும் குறித்துக்கொள். அளவீடுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்:

மரைதூரம் ... ... 1 மி. மீட்டர்
அதம அளவு ... ... ·01 மி. மீட்டர்
பூச்சியப் பிழைதிருத்தம் ... ·03 மி. மீட்டர்

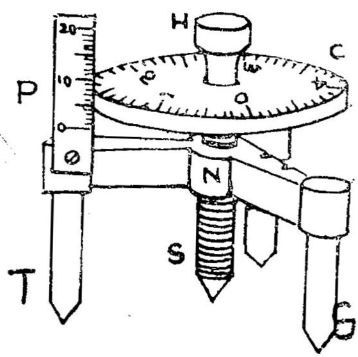
சோதனை எண்	மரைக்கோல் அளவு	தலைக்கோல் அளவு	கம்பியின் விட்டம்	பூச்சியப் பிழை திருத்தம்	கம்பியின் உண்மையான விட்டம்
1	0 மி.மீ	·81 மி.மீ	·81 மி.மீ	—·03 மி.மீ	·78 மி.மீ
2	0 மி.மீ	·83 மி.மீ	·83 மி.மீ	—·03 மி.மீ	·80 மி.மீ
3	0 மி.மீ	·82 மி.மீ	·82 மி.மீ	—·03 மி.மீ	·79 மி.மீ

கம்பியின் விட்டத்தை வெவ்வேறிடங்களிலும், செங்குத்தான திசைகளிலும் கண்டுபிடித்து, சராசரிவிட்ட அளவைக் கணக்கிடுதல்வேண்டும்.

கண்ணாடித் தகட்டின் கனத்தை அளக்க, தகட்டைச் சமதளங்களுக்கிடையே செலுத்தி, மேலே கூறியவாறு வெவ்வேறு இடங்களில் அதன் கனத்தை அளத்தல் வேண்டும்.

கோளமானி (Spherometer)

கோளமானியில் ஒரு திருகு (S) ஒரு மரையினுள் (N) நகருகிறது. திருகின் நுனி கூராயுள்ளது. மரை ஒரு முக்காலிச் சட்டத்துடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. முக்காலியின் கால்கள் சமதூர முக்கோணமாயும், திருகின் நுனி அம் முக்கோணத்தின் மையத்திலும் அமைந்துள்ளன. திருகின் மேல் பாகம் C என்ற வட்டத்தட்டுடன் இணைக்கப்பெற்று, H என்ற தலையால் சுழற்றப்படுகிறது. வட்டத்தட்டு 100 சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்குத் தலை அளவுகோல் (Head Scale) என்று பெயர். இத் தலைக்கோலைத் தொட்டவாறு ஒரு சிறு அளவுகோல் (P) செங்குத்தாக ஒரு காலின்மேல் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்கு மரைக் கோல் (Pitch Scale) என்று பெயர். இதன் பிரிவுகள் ஒரு மி. மீட்டர் தூரத்திலுள்ளன.



படம் 6

ஒரு தகட்டின் கனத்தை அளக்கும் முறை

திருகியைச் சுழற்றி, தலைக்கோலின் பூச்சியம் மரைக் கோலின் ஏதாவதொரு பிரிவுடன் ஒன்றித்திருக்கச் செய். இப்பொழுது திருகியை நான்குமுறை சுழற்றி, எவ்வளவுதூரம் நகருகிறதென்பதை மரைக்கோலின் உதவியால் அள. இத் தூரத்தை நான்கால் வகுத்தால் திருகியின் மரைதூரம் (Pitch) தெரியவரும் இம் மரைதூரத்தைத் தலைக்கோலிலுள்ள பிரிவுகளின் எண்ணிக்கையால் வகுத்தால், கோளமானியின் அதம அளவு (least count) கிடைக்கும். அதாவது, தலையை ஒருதலைப்பிரிவு சுழற்றினால் திருகி நகரும் தூரம் தெரியவரும்.

கோளமானியை ஒரு சமதளக் கண்ணாடித் தகட்டின்மீது வைத்து, தலையைச் சுழற்றி நடுமையக் கால் தகட்டை லேசாகத் தொடுமாறு செய். (மையக்கால், கண்ணாடித் தகட்டில் பிரதிபலிக்கும் தன் பிம்பத்தைத் தொடுகிறதா என்று கவனி.) இவ்வாறு தொட்டவுடன், கோளமானி மையக்காலை மையமாகக்கொண்டு சுழல ஆரம்பிக்கும். இப்பொழுது மரைக் கோலின் பிரிவையும், தலைக்

கோலின் பிரிவையும் குறித்துக்கொள். பிறகு திருகியை மேலே உயர்த்திவிட்டு, கொடுக்கப்பட்ட தகட்டை மையக்காலுக்கடியில் வைத்து, திருகியைக் கீழேகொண்டுவந்து தகட்டை லேசாகத் தொடுமாறுசெய். இப்பொழுது மரைக்கோலின் பிரிவையும் தலைக்கோலின் பிரிவையும் குறி. முன்னே குறிக்கப்பட்ட அளவீட்டை இரண்டாம் அளவிலிருந்து கழித்தால் தகட்டின் கனம் தெரியவரும்.

கோளமானியின் மரைதூரம் : 1 மில்லிமீட்டர்.

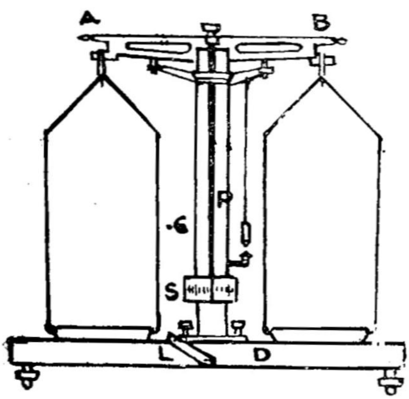
கோளமானியின் அதம அளவு : .01 மில்லிமீட்டர்.

நிலை	மரைக்கோல் அளவு	தலைக்கோல் அளவு	மொத்த அளவு	தகட்டின் கனம்
முதல் அளவு	1·0 மி.மீ.	52 × ·01 மி.மீ.	1·52 மி.மீ.	
தகட்டுடன் அளவு	3·0 மி.மீ.	27 × ·01மி மீ.	3·27 மி.மீ.	3·27 – 1·52 = 1·75 மி.மீ.

கோளமானியைக்கொண்டு, குவிலென்ஸ், குழிலென்ஸ் முதலிய கோள வடிவமான பொருள்களின் விட்டங்களையும் அளக்கலாம். இதன்பொருட்டே இக் கருவிக்கு இப் பெயர் வந்தது. எனினும், அந்த அளவுகளை இங்கே விஸ்தரிக்கப் போவதில்லை.

தராசு (Common Balance)

பொருள்களின் பொருண்மையை (Mass) அளக்கத் தராசு பயன் படுகிறது. தராசின் முக்கிய பாகங்களாவன:



படம் 7

AB என்ற உலோக விட்டம், C என்ற தூணின் மீது பொருத்தி வைக்கப்பட்டுள்ளது. இத் தூண் D என்ற பலகையின்மீது நிற்கின்றது. விட்டத்தின் நடுப் பகுதியிலுள்ள ஓர் அகேட்டுக் கத்தி விளிம்பு (Agate Knife-edge) தூணின் மேற்புறத்தில் பதிக்கப்பட்டுள்ள எஃகுத் தகட்டின் மீது தங்கியிருப்பதால், கத்தி விளிம்பு தேய்ந்து போகாமல் கூராயுள்ளது. இவ் விளிம்பிற்குச் சமதூரத்தில், விட்டத்தின் நுனிகளில் வேறு இரு அகேட்டு விளிம்புகள் உள்ளன.

இவற்றிலிருந்து சமநிறையுள்ள இரு தட்டுகள் தொங்குகின்றன. மைய விளிம்பிற்குமேலே விட்டத்திலிருந்து ஒரு நீண்ட முள் (P) தொங்குகிறது. அதன் மறுமுனை S என்ற ஒரு சிறு அளவுகோலின் எதிராக நகருகிறது. L என்ற ஒரு கைப்பிடியைக்கொண்டு தராசை மேலே தூக்கலாம்; உபயோகத்தில் இல்லாதபோது தராசை இறக்கி இரு உறுதியான தாங்கிகள் மீது தங்கச் செய்யலாம். விட்டத்தின் நுனிகளில் இரு சிறிய திருகி எடைகள் உள்ளன. இவற்றை வலப்புறமோ, இடப்புறமோ நகர்த்தி, தராசின் தட்டுகளைச் சம நிலைக்குக் கொண்டுவரலாம். அப்பொழுது, காட்டிமுள் அளவு கோலுக்கு அப்பால் செல்லாமல் மையத்திலேயே அசையும். தராசு முழுவதும் ஒரு கண்ணாடிப் பெட்டியினுள் வைக்கப்பட்டிருப்பதால், காற்றோட்டத்தால் அது பாதிக்கப்படமாட்டாது

எடைப்பெட்டி : தராசுடன் ஓர் எடைப்பெட்டி (Weight box) தேவை. இப் பெட்டியில் கீழ்க்கண்ட எடைகள் உள்ளன:

10 மி.கிராம்	20 மி.கிராம்	20 மி.கிராம்	50 மி.கிராம்
100 மி.கிராம்	200 மி.கிராம்	200 மி.கிராம்	500 மி.கிராம்
1 கிராம்	2 கிராம்	2 கிராம்	5 கிராம்
10 கிராம்	20 கிராம்	20 கிராம்	50 கிராம்
100 கிராம்	200 கிராம்	200 கிராம்	500 கிராம்

எடைகளை எடுப்பதற்கு ஓர் இடுக்கி (forceps) உள்ளது. எடைகளைக் கண்ட இடத்தில் போடக்கூடாது. தராசின் தட்டில் இல்லாதவை பெட்டிக்குள் இருக்கவேண்டும்.

தராசை உபயோகிக்கும் முறை : கைப்பிடியின் உதவியால் தராசை விடுவித்தால், அதன் குறி முள் அளவுகோலின் முன் வல, இடப்புறம் ஆடும். அதிகநேரம் காத்திருந்தால், அதன் ஆட்டம் குறைந்து, கடைசியில் ஒரு நிலையாக நிற்கும். அதற்கு நேர் எதிரில் உள்ள அளவுகோலின் பிரிவிற்கு நிலையிடம் (Resting point) என்று பெயர். தராசுத் தட்டுகள் காலியாக இருந்தால், இந் நிலையிடத்திற்குப் பூச்சிய நிலையிடம் (Zero resting point) என்று பெயர்.

ஆனால், குறிமுள் ஆட்டமிழந்து நிலையான இடத்திற்குவர வெகு நேரம் பிடிக்கலாம். நிலையிடத்தைக் கண்டுபிடிக்க அவ்வளவு நேரம் காத்திருக்கவேண்டிய அவசியமில்லை. முள் ஆடும்பொழுது, அளவு கோலின் எப் பிரிவுகளுக்கு எதிரில் அது திரும்புகிறது என்று கவனித்தால், அதைக்கொண்டு நிலையிடத்தைக் கணித்துவிடலாம். இவ்வாறு திரும்பும் இடத்திற்கு எதிரிலுள்ள அளவுகோலின் பிரிவிற்குத் திரும்பு தானம் (Turning point) என்று பெயர். இடப்புறம் மூன்று

திரும்பு தானங்களையும் வலப்புறம் இரு திரும்பு தானங்களையும் குறித்துக்கொண்டால் தராசின் நிலையிடத்தைக் கணிக்கலாம்.

திரும்பு தானங்கள்	
இடம்	வலம்
4	16
5	15
6	
5	15·5

இடத்தட்டில் ஒரு பொருளையும், வலத்தட்டில் எடைகளையும் வைத்து, நிலையிடத்தைக் கண்டுபிடிக்கிறோமென்று வைத்துக் கொள்வோம். இந் நிலையிடம் பூச்சிய நிலையிடமாகவே இருந்து விட்டால், பொருளின் பொருண்மை தட்டிலுள்ள எடைகளின் பொருண்மைக்குச் சமம். நிலையிடம் பூச்சிய நிலையிடத்திற்கு வேருக இருந்ததானல், பொருளின் பொருண்மையைக் கண்டுபிடிக்க, தராசின் நுட்பம் (Sensibility) தேவைப்படும்.

தராசின் நுட்பம் (Sensibility)

தட்டுகளைக் காலியாக வைத்து, தராசின் பூச்சிய நிலையிடத்தைக் கண்டுபிடி. பிறகு, வலத்தட்டில் 10 மில்லிகிராம் எடையொன்றை வைத்து, தராசின் நிலையிடத்தைக் கண்டுபிடி. உதாரணமாக, பூச்சிய நிலையிடம் 10·2 என்றும், 10 மில்லிகிராம் ஒரு தட்டிலுள்ளபோது நிலையிடம் 8·6 என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். ஆகவே, 10 மில்லி கிராம் எடைக்கு, நிலையிடம் 1·6 பிரிவுகள் மாறுகிறது. இதையே தராசின் நுட்பம் என்று கூறுகிறோம்.

இத் தராசின் நுட்பம் = 10 மில்லிகிராமுக்கு 1·6 பிரிவுகள். இதையே, 1 பிரிவுக்கு $\frac{10}{1\cdot6}$ அல்லது 6·25 மில்லிகிராம் என்றும் கூறுவதுண்டு.

பொருளின் பொருண்மையை ஒரு மில்லிகிராமுக்குத் திருத்தமாகக் கண்டுபிடித்தல்.

தராசின் பூச்சிய நிலையிடத்தை மேலே விளக்கியவாறு கண்டுபிடி. கொடுக்கப்பட்ட பொருளை இடத்தட்டில் வைத்து, வலத்தட்டில்

எடைகளை வைத்து, நிலையிடத்தைக் கண்டுபிடி. நிலையிடம் பூச்சிய நிலையிடத்திற்குச் சற்றே வலப்புறத்தில் அமையுமாறு எடைகளைச் சரிப்படுத்து. இந்த எடையையும் நிலையிடத்தையும் குறித்துக் கொண்டு, மேலும் 10 மில்லிகிராம் எடையைச் சேர். நிலையிடம் பூச்சிய நிலையிடத்திற்கு இடப்புறமாகச் செல்லும். 10 மில்லிகிராமுக்கு இவ்வளவு பிரிவு நிலை மாறினல் பூச்சிய நிலையிடத்திற்குக் கொண்டுவர எவ்வளவு மில்லிகிராமைக் கூட்டவேண்டும் என்று கணித்து, பொருளின் பொருண்மையை ஒரு மில்லிகிராமுக்குத் துல்லியமாகக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

தட்டிலுள்ளவை		திரும்புதானம்		நிலையிடம்
இடம்	வலம்	இடம்	வலம்	
O	O	7 8 9	13 12	
		8	12·5	10·25
பொருள்	எடை 12·56 கிராம்	6 7 8	15 13	
		7	14	10·50
பொருள்	12·57 கிராம்	5 6 7	14 12	
		6	13	9·50

10 மில்லிகிராமைக் கூட்டினல், நிலையிடம் 10·5-லிருந்து 9·5 ஆக மாறுகிறது. நிலையிடத்தை 10·25-க்குக் கொண்டுவர எவ்வளவு எடை கூட்டவேண்டும் ?

$$\text{தேவையான எடை} = (10{\cdot}5 - 10{\cdot}25) \times \frac{10}{1} \text{ மில்லிகிராம்}$$

$$= {\cdot}25 \times 10 = 2{\cdot}5 \text{ மில்லிகிராம்}$$

12·56 கிராம் எடையுடன் 2·5 மில்லிகிராமைக் கூட்டினால் நிலையிடம் பூச்சிய நிலையிடமாகிய 10·25 பிரிவுக்கு வந்து சேர்ந்துவிடும். ஆகவே, பொருளின் திருத்தமான பொருண்மை

$$= 12·56 + ·0025 \text{ கிராம்}$$
$$= 12·563 \text{ கிராம்}$$

உதாரணம்

ஒரு தராசின் பூச்சிய நிலைத்தானம் 10·2. ஒரு பொருளை இடதுபுறத் தட்டில்வைத்து, வலத்தட்டில் 25·46, 25·47 கிராம் எடைகளை வைத்தபோது, நிலைத்தானங்கள் முறையே 11·1, 8·6 என்றிருந்தன. பொருளின் எடையை ஒரு மில்லிகிராமுக்குச் சுத்தமாகக் கண்டுபிடி.

10 மி.கி.சேர்த்தபோது, நிலைத்தானம் 11·1 − 8·6 = 2·5 பிரிவுகள் நகர்கின்றது.

நிலைத்தானத்தை 11·1-லிருந்து 10·2-க்கு, அதாவது ·9 பிரிவு நகர்த்தத் தேவையான எடை $= \frac{10}{2·5} \times ·9 = \frac{9}{2·5} = 3·6$ மி. கிராம்.

25·46 கிராமுடன் 3·6 மில்லிகிராமைக் கூட்டினால், நிலைத்தானம் 10·2 என்றாகும் (3·6 மி. கி. = 4 மி. கி.).

ஆகவே, பொருளின் எடை = 25·464 கிராம்.

பயிற்சி

1. ஓர் அழுத்தமானியின் ஸ்கேலில் ஒவ்வொரு அங்குலமும் 20 சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. 1·2 அங்குல நீளம் வெர்னியரில் 25 பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் அதம அளவை யாது? வெர்னியரின் பூச்சியம் 29·45", 29·50" என்ற அளவுகளிடையே இருக்க, 16 ஆவது வெர்னியரின் குறி ஓர் பிரதான ஸ்கேலின் குறியுடன் ஒன்றித்திருந்தது. திருத்தமான அளவு என்ன?
விடை: ·002"; 29·482"

2. ஒரு திருகுமானியின் மரை ஸ்கேல் ½ மில்லிமீட்டர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் மரை தூரம் ½ மி.மீ; தலை ஸ்கேல் 50 சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் அதம அளவை என்ன?

தலை ஸ்கேலின் பூச்சியம் 2·5 மி. மீட்டருக்கும் 3·0 மீட்டருக்கும் இடையே இருக்க 42 ஆவது தலைப்பிரிவு மரை ஸ்கேலுக்கு எதிராக நின்றால், அளவு யாது? விடை: 0·1 மி. மீ.; 2·92 மி. மீ.

3. ஒரு தராசின் பூச்சிய நிலையிடம் 10·5. ஒரு பொருளை இடதுபுறத் தட்டில்வைத்து, வலத்தட்டில் 18·53 கிராம், 18·59 கிராம் எடைகளை வைத்தபொழுது, நிலைத்தானங்கள் 12, 8 என்றிருந்தன. இத் தராசின் நுட்பத்தையும், பொருளின் எடையையும் கண்டுபிடி. விடை: 2·5 மி. கி./பிரிவு; 18·584 கிராம்

இயக்கவியல் (Dynamics)

2. நேர்வேகமும் முடுக்கமும்

(Velocity and Acceleration)

இயக்கவியல் இயங்கும் பொருள்களின்மீது செயல்படும் விசைகளைக் குறித்து ஆராய்கிறது. நிலையியல் நிலையாயிருக்கும் பொருள்களின்மீது செயல்படும் விசைகளைக் குறித்துக் கூறுகிறது.

வேகம் : இரயில் வண்டி, மோட்டார் வண்டி, குதிரை வண்டி இவை ஓடுவதைக் கண்டிருக்கிறோம். அவை என்ன வேகத்தில் ஓடுகின்றன என்று அறிய ஆசைப்படுகிறோம். வேகம் என்பது என்ன ?

ஒரு பொருள் ஒரு நிலையில் இராமல் இடம் பெயர்ந்துகொண்டே இருந்தால், அது வேகத்துடன் இயங்குகிறது என்று சொல்கிறோம். முதல் வினாடியில் 2 அடி தூரம் செல்கிறது; அடுத்த வினாடியில் இன்னும் 2 அடி தூரம் செல்கிறது; மூன்றும் வினாடியிலும் 2 அடி தூரம் செல்கிறது; இவ்வாறு சமமான நேரங்களில் சமமான தூரங்களைக் கடந்துசென்றால், அப் பொருள் சீரான வேகத்துடன் (Uniform speed) செல்கிறது என்கிறோம். அத்துடன் அப் பொருள் திசைமாறாமல் சீரான வேகத்துடன் சென்றால், அது சீரான நேர் வேகத்துடன் (Velocity) செல்கிறது என்போம்.

சீரான வேகத்துடன் செல்லும் ஒரு பொருள், t வினாடிகளில் s என்ற தூரம் சென்றால், அதன் வேகம் s/t ஆகும். வேகம் சீராக இன்றி, மாறியவண்ணம் இருந்தால், குறிப்பிட்ட எந்நொடியிலும் வேகத்தைக் கண்டுபிடிக்க, வெகு சிறிய காலஅளவில் (t) எவ்வளவு தூரம் (s) செல்கிறது என்பதை அளக்கவேண்டும். அப்பொழுது அதன் வேகம் s/t ஆகும்.

மெட்ரிக்முறையில், தூரத்தைச் சென்டிமீட்டரிலும், காலத்தை வினாடியிலும் அளக்கிறோம். ஆகையால் வேகத்தின் அலகு = சென்டிமீட்டர்/வினாடி, அல்லது, செ.மீ./வினாடி. பிரிட்டிஷ்முறையில் வேக

அலகு = அடி/விநாடி. இந்த அலகுகளை விநாடிக்கு இத்தனை செ.மீ. அல்லது அடி என்று குறிப்பிடுவதுண்டு.

அன்றாட வாழ்க்கையில் மணிக்கு இத்தனை மைல்கள் அல்லது மணிக்கு இத்தனை கிலோ மீட்டர்கள் என்று வேகத்தைக் குறிப்பிடுவது சகஜம்.

1 மைல்/மணி = $\frac{22}{15}$ அடி/விநாடி

1 கிலோ மீட்டர்/மணி = $\frac{250}{9}$ சென்டிமீட்டர்/விநாடி

நேர்வேகத்தைக் குறிப்பிடும்பொழுது, வேகஅளவுடன் அதன் திசையையும் குறிப்பிடவேண்டும். ஒரு நேர்கோட்டில் சீரான வேகத்துடன் செல்லும் ஒரு பொருள் சீரான நேர்வேகத்தில் (Uniform Velocity) செல்கிறது. ஒரு வட்டப்பாதையில் சீரான வேகத்துடன் செல்லும் பொருளின் நேர்வேகம் திசைமாறிக்கொண்டே இருக்கின்றது. ஆகவே, அது சீரான நேர்வேகமல்ல.

முடுக்கம் (Acceleration)

ஒரு பொருளின் நேர்வேகம் அளவிலோ திசையிலோ மாற்றமடைந்தால், அது முடுக்கத்துடன் செல்கிறது என்கிறோம்.

ஒரு பொருளின் முடுக்கம் என்பது அதன் வேகமாற்றத்தின் வீதமாகும் (Rate of Change of Velocity).

அதாவது, முடுக்கம் = வேக மாற்றம்/காலம்

மெட்ரிக்முறையில், முடுக்க அலகு = செ.மீ/விநாடி/விநாடி

= செ.மீ./(விநாடி)^2

பிரிட்டிஷ்முறையில், முடுக்க அலகு = அடி/விநாடி/விநாடி

= அடி/(விநாடி)^2

ஒரு பொருளின் வேகமாற்றம் ஒரேதிசையில் சம நேரங்களில் சம அளவாக இருந்தால், அப் பொருள் சீரான முடுக்கத்துடன் செல்கிறது.

இயக்கவியலில், பெரும்பாலும் நேர்கோட்டில் செல்லும் பொருள்களின் சீரான முடுக்கத்தையே கவனிப்போம். அதாவது, பொருள்களின் வேகஅளவு மாறலாம்; ஆனால், திசை மாறாது.

வேகம் அதிகரித்துக்கொண்டேபோனால் அதற்கு மிகைமுடுக்கம் என்றும், வேகம் குறைந்துகொண்டே போனால் அதற்குக் குறை முடுக்கம் (Retardation) என்றும் பெயர்.

நேர்கோட்டில், சீரான முடுக்கத்துடன் செல்லும் பொருளைப் பற்றிய இயக்கச் சமன்பாடுகள் (Equations of motion)

சமன்பாடு 1 : $v = u + at$

ஒரு பொருள் a என்ற சீரான முடுக்கத்துடன் செல்கிறது அதன் வேகம் u என்றால், t காலத்திற்குப் பின்னர் அதன் வேகம் $v = u + at$

சான்று

t காலத்தில் பொருளின் வேகம் u-விருந்து v ஆகிறது.

$$\therefore \quad \text{வேகமாற்ற வீதம்} = \frac{v-u}{t}.$$

$$\text{வேகமாற்ற வீதமே முடுக்கம்.} \quad \therefore \; a = \frac{v-u}{t}$$

$$\text{அதாவது,} \quad v-u = at$$
$$v = u + at$$

சமன்பாடு 2 : $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

ஒரு பொருள் a என்ற சீரான முடுக்கத்துடன் செல்கிறது. அதன் துவக்க வேகம் u என்றுல், t காலத்தில் அது செல்லும் தூரம் $s+ut+\frac{1}{2}at^2$

சான்று : பொருளின் முடுக்கம் சீராயிருப்பதால் வேக உயர்வும் சீராகவே உள்ளது. ஆகையால் அதன் சராசரி வேகம் $= \frac{u+v}{2}$.

$$\text{ஆனுல், மேலே காண்பித்தபடி,} \quad v = u + at$$

$$\therefore \quad \text{சராசரி வேகம்} = \frac{u+u+at}{2} = u + \frac{1}{2}at$$

$$\text{செல்லும் தூரம்} = \text{சராசரி வேகம்} \times \text{நேரம்}$$
$$\text{அதாவது,} \quad s = (u + \tfrac{1}{2}at) \times t$$
$$= ut + \tfrac{1}{2}at^2$$

சமன்பாடு 3 : $v^2 = u^2 + 2as$

$$\text{நாம் முன்னே கண்டவாறு,} \quad v = u + at$$
$$\text{இதன் வர்க்கம்} \quad v^2 = u^2 + 2uat + a^2t^2$$
$$= u^2 + 2a(ut + \tfrac{1}{2}at^2)$$
$$\therefore \quad v^2 = u^2 + 2as$$

ஆகவே, இம் மூன்று சமன்பாடுகளையும் கொண்டு, u, v, a, t, s என்ற ஐந்து ராசிகளில் ஏதேனும் மூன்று தெரிந்தால் மீதி இரண்டையும் கணித்துவிடலாம்.

பயிற்சி

1. ஒரு பொருள் 20 செ.மீ./விஞடி வேகத்துடன் செல்கிறது. இதன்மீது 5 செ.மீ./(விஞடி)^2 முடுக்கம் பிரயோகிக்கப்பட்டால், 4 விஞடிகளில் (a) அதன் வேகமென்ன ? (b) அஃது எவ்வளவு தூரம் சென்றிருக்கும் ?

(a) $v = u + at$ $\qquad u = 20$ செ. மீ/விஞடி

$= 20 + 5 \times 4$ $\qquad a = 5$ செ. மீ/(விஞடி)^2

$= 20 + 20$ $\qquad t = 4$ விஞடி

$= 40$ செ. மீ/விஞடி

(b) $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

$= 20 \times 4 + \frac{1}{2} \times 5 \times 16$

$= 80 + 40 = 120$ செ. மீ.

2. ஒரு மோட்டார் வண்டி, இயங்காத நிலையிலிருந்து கிளம்பி, சீரான முடுக்கத்துடன் சென்று, 3 விநாடிகளில் 45 அடி தூரம் செல்கிறது. 4 விநாடிகளில் அதன் வேகமென்ன? அதன்பிறகு நேர்வேகத்தில் சென்றதானால், அது புறப்பட்ட காலத்திலிருந்து 10 விநாடிகளில் எவ்வளவு தூரம் சென்றிருக்கும்?

வண்டியின் துவக்க வேகம் $u=o$; $t=3$ விநாடி

இந் நேரத்தில் சென்ற தூரம் $s=45$ அடி.

முதலாவது அதன் முடுக்கத்தைக் கணிக்கவேண்டும்.

$s = ut + \frac{1}{2} at^2$

$45 = o + \frac{1}{2} a \times 3^2$

$= \frac{9\,a}{2}$

$\therefore \quad a = \frac{2 \times 45}{9} = 10$ அடி (விநாடி)^2

4 விநாடிகளில் அதன்வேகம் $v = 0 + 10 \times 4$

$= 40$ அடி/விநாடி

இந்த 4 விநாடிகளில் அது சென்ற தூரம்

$s = ut + \frac{1}{2} at^2$

$= o + \frac{1}{2} \times 10 \times 16 = 80$ அடி

அதன் பிறகு வண்டி நேர் வேகத்தில் செல்கிறது.

வேகம் = 40 அடி/விநாடி

இவ் வேகத்தில், 6 விநாடிகளில் சென்ற தூரம்,

$s = vt$

$= 40 \times 6 = 240$ அடி.

ஆகவே, புறப்பட்டதிலிருந்து 10 விநாடிகளில் சென்ற தூரம்

$= 80 + 240 = 320$ அடி

3. ஓர் இரயில் வண்டி ஒரு நிலையத்திலிருந்து கிளம்பி, 30 விநாடிகளுக்குச் சீரான முடுக்கத்துடன் செல்கிறது. பிறகு 10 நிமிஷங்களுக்குச் சீரான வேகத்துடன் சென்று, மறுபடியும் 30 விநாடிகளுக்குச் சீரான குறை முடுக்கத்துடன் வேகம் குறைந்து, அடுத்த நிலையத்தை அடைகிறது. இவ்விரு நிலையங்களுக்குமிடையே உள்ள தூரம் 18900 அடி என்றால் (a) வண்டியின் சீரான முடுக்கம் என்ன? (b) முடுக்

கத்தின்போது சென்ற தூரமென்ன? (c) வண்டியின் அதிகமான வேகமென்ன?

இரயில் வண்டியின் சீரான முடுக்கம் a அடி/(விநாடி)^2 என்று வைத்துக்கொள்வோம். துவக்கவேகம்

$$= 0.$$

30 விநாடிகளில் முடுக்கத்துடன் சென்ற தூரம்

$$= \frac{1}{2} at^2$$

$$= \frac{1}{2} \times a \times 30 \times 30$$

$$= 450a \text{ அடி.}$$

வண்டியின் அதிகப்படியான, சீரான வேகம்

$$= u + at$$
$$= 0 + a \times 30$$
$$= 30a \text{ அடி/விநாடி.}$$

இவ் வேகத்துடன் 10 நிமிஷங்களில் சென்ற தூரம்

$$= 30a \times 10 \times 60$$
$$= 18000\, a \text{ அடி.}$$

30 விநாடிகளில் குறை முடுக்கத்துடன் சென்ற தூரம்

$$= ut - \frac{1}{2} at^2$$

$$= 30a \times 30 - \frac{1}{2} a \times 30^2$$

$$= 900a - 450a$$
$$= 450a \text{ அடி.}$$

இரயில் வண்டி சென்ற மொத்த தூரம் $= 450a + 18000a + 450a$

$$= 18900a \text{ அடி.}$$

இத் தூரம் 18900 அடி என்று கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

(a) $\therefore\ 18900a = 18900 \quad \therefore\ a = 1$ அடி/(விநாடி)^2

(b) முடுக்கத்துடன் சென்ற தூரம் $= 450a = 450$ அடி.

(c) வண்டியின் அதிகப்படியான வேகம் $= 30a = 30$ அடி/விநாடி.

வீழும் பொருள்கள் (Falling Bodies)

ஒரு பொருளைக் கீழே நழுவவிட்டால், அது வேக வளர்ச்சியுடன் கீழே விழுகிறது. ஒரு பொருளை நேர் மேலே எறிந்தால் அதன் வேகம் குறைந்துகொண்டே போய், பூச்சியமாகிவிடுகிறது; பிறகு பொருள் கீழே வேக வளர்ச்சியுடன் விழுகிறது. இதன் காரணம், தாமாக விழும் பொருள்களின்மீது புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் இயங்குகிறது.

இம் முடுக்கம் சீரானது. செங்குத்தாகத் தரையை நோக்கி இயங்குகிறது. பொருள்களின் நிறை, பருமன் இவற்றைச் சார்ந்திராது, யாவற்றின் மீதும் ஒரே அளவாக இயங்குகிறது. இப் புவிஈர்ப்பின் முடுக்கம்

மெட்ரிக் முறையில் 981 செ. மீ/(வினாடி)^2;

பிரிட்டிஷ் முறையில் 32 அடி/(வினாடி)^2

இப் புவிஈர்ப்பு முடுக்கத்தை g என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடுவது மரபு.

முன்னெல்லாம் அதிக நிறையுள்ள பொருள்கள் அதிக வேகமாகவும், குறைவான நிறையுள்ளவை குறைந்த வேகத்துடனும் விழும் என்று மக்கள் நம்பினர். சிறந்த தத்துவஞானி அரிஸ்டாட்டல் (Aristotle) இக் கொள்கையைப் பிரஸ்தாபித்திருந்தபடியால் அனைவரும் இதை ஏற்றுக்கொண்டனர். 16ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் இத்தாலிய விஞ்ஞானி கலீலியோ இது பொய் என்று நிரூபித்தார். பைஸா நகரத்திலுள்ள சாய்ந்த கோபுரத்தின்மீது ஏறி, நூறு பவுண்டு எடையும், ஒரு பவுண்டு எடையுமுள்ள இருபொருள்களை ஏககாலத்தில் கீழே போட்டார். இரண்டும் ஏககாலத்தில் பூமியில் வந்து மோதின. கீழே விழும் எல்லாப்பொருள்களுக்கும் ஒரே அளவான முடுக்கம் ஏற்படுகிறது என்பதைக் கண்கூடாக நிரூபித்துவிட்டார் கலீலியோ.

புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் சீரான முடுக்கமாகையால், மேலே நாம் நிரூபித்த மூன்று சமன்பாடுகளும் இங்கு பொருந்தும்.

பயிற்சி

1. ஒரு கல் 64 அடி/வினாடி வேகத்துடன் மேலே எறியப்படுகிறது. (a) அஃது எவ்வளவு உயரம் செல்கிறது? (b) பூமிக்கு வந்துசேர எவ்வளவு நேரம் பிடிக்கிறது? (c) பூமியில் விழும்போது அதன் வேகமென்ன?

கல் மேலே செல்கிறது; புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் அதற்கு எதிராக உள்ளது. ஆகவே, முடுக்கம் $= -g = -$ 32 அடி/(வினாடி)^2

(a) $u = 64$ அடி/வினாடி ; $-g = -32$ அடி/(வினாடி)^2

கல் சென்ற பாதையின் உச்சியில் அதன் வேகம் $= 0$

$$v^2 = u^2 = 2gs$$

$$0 = 64^2 - 2 + 32 \times s \qquad \therefore \quad s = \frac{64 \times 64}{2 \times 32} = 64 \text{ அடி}$$

(b) $v = u - gt$

$$0 = 64 - 32t \qquad \therefore t = \frac{64}{33} = 2 \text{ வினாடி}$$

கல் உயரச் செல்ல 2 விநாடிகள் பிடிக்கின்றது. கீழே விழும் பொழுது அது செல்லும் திசையும், முடுக்கத்தின் திசையும் ஒன்றே. ஆகையால் $s = ut + \frac{1}{2} gt^2$ என்ற சமன்பாடு பொருந்தும்.

கீழே செல்ல வேண்டிய தூரம் 64 அடி ; $u = o$.

$$\therefore \quad 64 = \frac{1}{2} \times 32 \times t^2 \qquad \therefore \quad t^2 = \frac{64}{16} = 4$$

$$\therefore \quad t = \sqrt{4} = 2 \text{ விநாடி}$$

கல் மேலே சென்ற நேரமும் கீழே விழும் நேரமும் ஒன்றே.

பூமிக்கு வந்து சேர $2 + 2 = 4$ விநாடிகள் பிடிக்கின்றன.

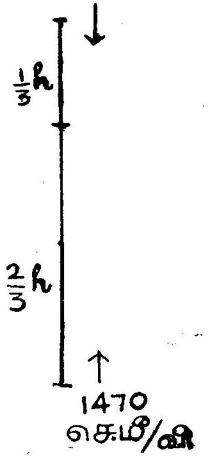
(c) $u = o$; $g = +32$ அடி/(விநாடி)^2 ; $t = 2$ விநாடி

$$v = 0 + 32 \times 2 = 64 \text{ அடி/விநாடி}$$

பூமிக்கு வந்து சேரும்பொழுது அது மேலே எறியப்பட்ட அதே வேகத்துடன் விழுகிறது.

2. ஒரு சிறுவன் ஒரு பந்தை 14·7 மீட்டர்/விநாடி வேகத்தில், மாடிமேல் இருக்கும் தன் நண்பனை நோக்கி எறிகிறான். அதே நொடியில் அந் நண்பன் ஒரு பந்தைக் கீழே நழுவவிடுகிறான். இரு பந்துகளும் வீட்டின் $\frac{2}{3}$ உயரத்தில் சந்தித்தால் வீட்டின் உயர மென்ன ? ($g = 980$ செ. மீ./விநாடி^{2})

வீட்டின் உயரம் h செ. மீ. என்றும், பந்து எறியப்பட்ட t விநாடிகளுக்கப்புறம் அவை சந்திக்கின்றன என்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.



t விநாடிகளில் மேலேசெல்லும் பந்து $\frac{2}{3} h$ தூரமும் கீழே விழும்பந்து $\frac{1}{3} h$ தூரமும் செல்கின்றன.

கீழே விழும் பந்து

$$s = \frac{1}{3} h; \; u = o, \; g = 980 \text{ செ.மீ./விநாடி}^2$$

$$\tfrac{1}{3} h = o + \tfrac{1}{2} \times 980 \times t^2$$

$$\therefore \; h = 1470 \, t^2$$

மேல்நோக்கிச் செல்லும் பந்து

$s = \frac{2}{3} h$; $u = 1470$ செ. மீ./விநாடி; $g = -980$ செ. மீ/வி^{2}

$$\frac{2}{3} h = 1470\, t - \frac{1}{2} \times 980\, t^2 = 1470\, t - 490\, t^2$$

ஆனால் $h = 1470\, t^2$

$$\therefore \quad \frac{2}{3} \times 1470\, t^2 = 1470\, t - 490\, t^2$$

$$980\, t^2 + 490\, t^2 = 1470\, t$$

$$1470\, t = 1470$$

$t = 1$ விநாடி

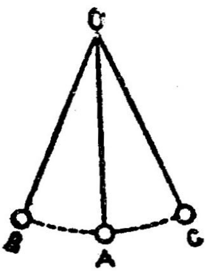
$h = 1470\, t^2 = 1470$ செ. மீ.

கட்டடத்தின் உயரம் 14·7 மீட்டர்.

தனி ஊசல் (Simple Pendulum)

மெல்லிய, முறுக்கில்லாத நூலில் தொங்கவிடப்பட்ட ஒரு பளுவே **தனி ஊசல்** எனப்படுவது.

ஊசல் அசையாமல் நிற்கும்பொழுது, பளுவின் ஈர்ப்பு மையம் (Centre of gravity) தொங்குதானமாகிய (Point of suspension) O-வுக்கு நேர் கீழே (A) கோளத்தைச் சிறிது தள்ளிவிட்டால், அது B என்ற நிலையிலிருந்து C வரை சென்று, மறுபடியும் B-க்கு வந்து, இவ்வாறு ஆடும். B, C என்பவை திரும்பு தானங்கள் (Turning Points). ஓர் ஊசல் B யிலிருந்து C வரை சென்று, மறுபடியும் B-க்கு வந்துசேர்வதற்குப் பிடிக்கும் காலத்திற்கு அலைவு நேரம் (Period of Oscillation) என்று பெயர். நிலையான தானத்திலிருந்து திரும்பு தானம் வரை உள்ள தூரத்திற்கு (A B) வீச்சு (Amplitude) என்று பெயர்.



படம் 8

தொங்கு தானத்திலிருந்து கோளத்தின் மையம் உள்ள தூரம் ஊசலின் நீளம் எனப்படும்.

இத்தாலிய விஞ்ஞானி கலீலியோ கோவிலினுள் ஆராதனையில் ஈடுபட்டிருக்கையில், கூரையிலிருந்து தொங்கிக்கொண்டிருந்த விளக்கு ஊசலாடுவதைக் கண்டு, தமது கை நாடியைக் கொண்டு அதன் அலைவு நேரத்தை அளந்து, ஊசலின் விதிகளைக் கண்டுபிடித்தார். கடிகாரங்களெல்லாம் அதன் பின்னரே உருவாயின.

தனி ஊசலின் விதிகள் (Laws of Simple Pendulum)

1. தனி ஊசலின் அலைவு நேரம் அதன் வீச்சைப் பொறுத்ததல்ல.

2. தனி ஊசலின் அலைவு நேரம் குண்டின் பொருண்மை, உருவம் இவற்றைப் பொறுத்ததல்ல.

3. தனி ஊசலின் அலைவு நேரம் அதன் நீளத்தின் வர்க்க மூலத்திற்கு (Square root) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

இவ் விதிகளைக் கீழ் வகுப்புக்களில் சோதனைமூலம் நிரூபித்திருப்பீர்கள். இவை சிறிய வீச்சுக்களுக்கே (amplitudes) உண்மையாகும்.

தனி ஊசலின் அலைவு நேரம் T என்றும், அதன் நீளம் l என்றும் வைத்துக்கொண்டால், அவை இரண்டிற்குமிடையே உள்ள சம்பந்தத்தைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாடு விளக்கும் :

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

g என்பது புவிஈர்ப்பு முடுக்கம்

வர்க்கத்தை எடுத்தால், $T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$

$$\therefore \quad g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$$

தனி ஊசலைக்கொண்டு புவிஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

ஒரு நூலின் ஒரு நுனியில் கனமான ஓர் ஈயக் குண்டைக் கட்டி மறு நுனியைப் பிளந்த கார்க் துண்டின் வழியாய்ச் செலுத்தி இறுக்கியால் கெட்டியாகப் பிடி.

கார்க்கின் அடிப்பாகத்திலிருந்து குண்டின் மைய தூரத்தை அள. இதுவே ஊசலின் நீளம் (l). குண்டைச் சிறிய அளவு மையத்திலிருந்து விலக்கிப் பின் விட்டு விடு. ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தைக் கொண்டு 50 அலைவுகளின் நேரத்தைக் கண்டுபிடி. இதிலிருந்து ஊசலின் அலைவு நேரம் தெரிய வரும் (T).

இப்பொழுது ஊசல் நீளத்தை 50 செ.மீட்டரிலிருந்து 100 செ.மீட்டர் வரை சிறிது சிறிதாக உயர்த்தி, அலைவு நேரங்களைக் கண்டுபிடி. கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்து.

படம் 9

எண்	ஊசல் நீளம் (l)	50 அலைவுகளின் நேரம்	அலைவு நேரம் T	$1/T^2$
1	50 செ.மீ			
2	60 செ.மீ			
3				

கடைசிப் பத்தியிலுள்ள (l/T^2) ஒரே அளவுள்ளதாக இருக்கும், அல்லது அளவில் சிறிது மாற்றங்கள் இருக்கலாம். அதன் சராசரி மதிப்பைக் கண்டுபிடித்து,

$g = 4\pi^2 l/T^2$ என்ற சமன்பாட்டைக்கொண்டு புவிஈர்ப்பு முடுக்கத்தைக் கணிக்கலாம்.

குறிப்பு

அலைவு நேரம் (T) வர்க்கத்தில் தேவைப்படுவதாலும், இதன் அளவு மிகச் சிறியதாகையாலும், இதனை வெகுதிருத்தமாக அளத்தல் அவசியம். இல்லையேல் பிழை அதிகமாக ஏற்படும். 50 அல்லது 100 அலைவுகளின் நேரத்தை அளந்து, ஓர் அலைவு நேரத்தைக் கண்டு பிடித்தல் அவசியம்.

விநாடி ஊசல் (Seconds Pendulum)

அலைவு நேரம் இரண்டு விநாடியாக உள்ள ஊசலுக்கு விநாடி ஊசல் என்று பெயர். இடப்புறமிருந்து வலப்புறம் செல்ல ஒரு விநாடி, வலப்புறமிருந்து இடப்புறம் செல்ல ஒரு விநாடி நேரம் பிடிப்பதால் இதற்கு விநாடி ஊசல் என்று பெயர் வந்தது.

புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் (g) வெவ்வேறு இடங்களில் சிறிது மாறுபடுவதால் விநாடி ஊசலின் நீளமும் சிறிது வேறுபடும். பொதுவாக இந் நீளம் 100 செ. மீ. எனக் கொள்ளலாம். பூமத்திய ரேகைப் பிரதேசங்களில் ($g = 978$ செ. மீ./விநாடி^{2}) இந் நீளம் 99·2 செ. மீ. இருக்கும்.

உதாரணங்கள்

1. ஓரிடத்தின் புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் 979 செ. மீ./விநாடி^{2} என்றால் அவ்விடத்தில் விநாடி ஊசலின் நீளமென்ன ?

ஊசலின் அலைவு நேரம் $T = 2\pi\sqrt{l/g}$

$$\therefore\ T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g} \qquad \therefore\ l = \frac{gT^2}{4\pi^2}$$

$g = 979$ செ.மீ./விநாடி^{2}; $T = 2$ விநாடி; $\pi = \frac{22}{7}$

$$\therefore\ l = \frac{979 \times 4 \times 7 \times 7}{4 \times 22 \times 22} = 99{\cdot}11 \text{ செ.மீ.}$$

விநாடி ஊசலின் நீளம் $= 99{\cdot}11$ செ.மீ.

2. ஒரு தனி ஊசல் ஓரிடத்தில் 1000 அலைவுகளை 31 நிமிஷம் 40 விநாடிகளிலும், வேறோரிடத்தில் 1000 அலைவுகளை 33 நிமிஷம் 35 விநாடிகளிலும் செய்கிறது. அவ்விரு இடங்களின் புவிஈர்ப்பு முடுக்கங்களின் விகிதமென்ன ?

முதல் இடத்தில் அலைவு நேரம் $T_1 = 2\pi\sqrt{l/g_1}$ $\therefore T_1^2 = 4\pi^2 l/g_1$

மற்ற இடத்தில் அலைவு நேரம் $T_2 = 2\pi\sqrt{l/g_2}$ $\therefore T_2^2 = 4\pi^2 l/g_2$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{T_2^2}{T_1^2}$$

$$T_1 = \frac{(31\times 60)+40}{1000} = \frac{1900}{1000} = 1{\cdot}9 \text{ விஞடி}$$

$$T_2 = \frac{(33\times 60)+34}{1000} = \frac{2014}{1000} = 2{\cdot}014 \text{ விஞடி}$$

$$\therefore \frac{g_1}{g_2} = \frac{2{\cdot}014\times 2{\cdot}014}{1{\cdot}9\times 1{\cdot}9} = 1{\cdot}1236 : 1$$

3. கடல் விபத்தில் அகப்பட்ட ஒரு மாலுமி ஒரு சிறிய தீவில் ஒதுங்கியுள்ளான். ஓர் ஆகாய விமானம் மணிக்கு 300 மைல் வேகத்தில் 400 அடி உயரத்தில் அவனை நோக்கிப் பறந்து வந்து, அவனுக்கு உணவு மூட்டை ஒன்றைக் கீழே போடுகிறது. மூட்டை கடலில் விழுந்துவிடாமல் தீவின்மீது விழவேண்டுமானுல் தீவிற்கு எவ்வளவு தூரத்திற்கப்பால் மூட்டை போடப்படவேண்டும் ?

மூட்டை கீழாகச் செல்லவேண்டிய தூரம் = 400 அடி

கீழ்ப்புறமாக அதன் ஆரம்ப வேகம் $u=0$; $g=32$ அடி/விஞடி^{2}

$\therefore$ $s = ut + \frac{1}{2}gt^2$

$400 = 0 + \frac{1}{2}\times 32\times t^2$ $\therefore$ $t = \sqrt{\frac{400}{16}} = 5$ விஞடி

விமானத்தின் கிடைமட்ட வேகம் = 300 மைல்/மணி = 440 அடி/விஞடி.

5 விஞடியில் மூட்டை கிடைமட்டமாகச் செல்லும் தூரம்

$= 5\times 440 = 2200$ அடி.

$\therefore$ மூட்டை தீவின்மீது விழவேண்டுமானுல், அது தீவிற்கு 2200 அடி தூரத்திலேயே போடப்படவேண்டும்.

பயிற்சி

1. ஒரு பொருள் இயங்காத நிலையிலிருந்து கிளம்பி, 3 அடி/விஞடி^{2} என்ற சீரான முடுக்கத்துடன் செல்கிறது. (a) 8 விஞடிகளுக்கப்புறம் அதன் வேகமென்ன ? (b) 12 விஞடிகளில் அது செல்லும் தூரமென்ன ?

விடை : (a) 24 அடி/விஞடி; ( ) 216 அடி

2. நூறு மீட்டர் பந்தய ஓட்டக்காரன், முதல் 5 மீட்டர் தூரத்தைச் சீரான முடுக்கத்துடன் ஒரு விஞடியில் ஓடி, மீதியான 95 மீட்டர் தூரத்தைச் சீரான வேகத்துடன் ஓடி முடிக்கிருர். (a) இந்தப் பந்தயத்தை அவர் முடித்த மொத்த நேரமென்ன ? (b) அவரது அதிகப்படியான வேகம் என்ன ?

விடை : (a) 10·5 விஞடி (b) 36 கிலோ மீ./மணி

3. ஒரு துப்பாக்கிக் குண்டு துப்பாக்கியைவிட்டு 2440 அடி/விநாடி வேகத்தில் கிளம்பிச் செல்கிறது. துப்பாக்கியின் நீளம் 2 அடி என்றும், அதற்குள்ளாக குண்டு சீரான முடுக்கத்துடன் செல்கிறது என்றும் வைத்துக்கொண்டால், அம் முடுக்கமென்ன ?

விடை : 1,488,400 அடி/விநாடி^{2}

4. ஒரு பொருள் இயங்கா நிலையிலிருந்து கிளம்பி, 10 செ. மீ./விநாடி^{2} என்ற சீரான முடுக்கத்துடன் செல்கிறது. அது கிளம்பிய நாலாவது விநாடியில் சென்ற தூரமென்ன ?

விடை : 35 செ. மீ.

5. 36 கிலோ மீ./மணி வேகத்தில் செல்லும் ஓர் இரயில் வண்டிக்கு பிரேக்போடப்பட்டபின் 100 மீட்டர் தூரம் சென்று நிற்கிறது. அதன் குறைமுடுக்கம் சீரானதென்று வைத்துக்கொண்டால் அதன் அளவென்ன ?

விடை : 50 செ.மீ./விநாடி^{2}

6. 30 மைல்/மணி வேகத்தில் செல்லும் ஒரு மோட்டார் வண்டிக்கு 44 அடி தூரத்தில் அதன் பாதையில் ஒருவன் கால்தடுமாறி விழுந்து விடுகிறான். வண்டி அவன்மீது மோதாதபடி அதன் குறை முடுக்கம் குறைந்த பட்சம் எவ்வளவாயிருக்க வேண்டும் ?

விடை : 22 அடி/விநாடி^{2}

7. ஒரு துப்பாக்கிக்குண்டு 15 மணல் மூட்டைகளினூடே பாய்ந்து செல்கிறது. ஒவ்வொரு மணல் மூட்டையின் தடிப்பும் 8 அங்குலமென்றும், அவற்றினூடே குண்டின் சீரான குறைமுடுக்கம் 50,000 அடி/விநாடி^{2} என்றும் வைத்துக்கொண்டால், குண்டின் குறைந்தபட்ச வேகம் என்ன ?

விடை : 1000 அடி/விநாடி

8. இயங்கா நிலையிலிருந்து புறப்பட்ட ஓர் இரயில் வண்டி, 10 நிமிஷங்களுக்குச் சீரான முடுக்கத்துடன் சென்று, 60 அடி/விநாடி வேகத்தைப் பெறுகிறது. இப்பொழுது இரயிலோட்டி பிரேக்கைப் போட்டு அரை நிமிஷத்தில் இரயிலை நிறுத்துகிறார். இரயில் சென்ற மொத்த தூரம் 18,900 அடியென்றால், இரயிலின் சீரானமுடுக்கமும் குறைமுடுக்கமுமென்ன ?

விடை : $\frac{1}{10}$ அடி/விநாடி^{2}; 2 அடி/விநாடி^{2}

9. ஒரு பொருள் 128 அடி/விநாடி வேகத்தில் செங்குத்தாக மேலே வீசியெறியப்படுகிறது. (a) அது செல்லும் உயரமென்ன? (b) அது தரைக்கு வந்துசேர எவ்வளவு நேரம் பிடிக்கிறது ?

விடை : (a) 256 அடி; (b) 4 விநாடி

10. 96′ உயரமுடைய கோபுரத்திலிருந்து ஒரு பந்து மேலே வீசியெறியப்படுகிறது. அது தரைக்கு வந்துசேர 3 விநாடிகள்

பிடிக்கிறதென்ருல் அதுமேலே எறியப்பட்ட வேகமென்ன ? அது அடைந்த உயரமென்ன ?

விடை : 16 அடி/ விஞடி; 100 அடி

11. ஒரு கல் ஒரு கிணற்றுக்குள் விழுகிறது. விழ ஆரம்பித்த $5\frac{2}{5}$ விஞடிக்குப்பின் அது நீரில் விழுந்த ஒலி கேட்கிறது. ஒலியின் வேகம் 1000 அடி/விஞடி என்றும் $g=32$ அடி/விஞடி^{2} என்றும் வைத்துக்கொண்டால், கிணற்றின் ஆழம் என்ன ?

விடை : 400 அடி

12. ஒரு சிறுவன் 4·9 மீட்டர் உயரமுடைய மரத்தினடியில் நின்று, மர உச்சியில் உட்கார்ந்திருக்கும் ஒரு காகத்தின்மீது கல்லை விட்டெறிகிருன். மேலே சென்ற கல் காகத்தின்மீது பட்டதும் காகம் தன்வாயிலிருந்த வடையைக் கீழே விழவிடுகிறது. கல்லை எறிந்த 3 விஞடிகளுக்குப்பின் வடை பையன்மீது விழுந்ததென்ருல், அவன் கல்லை எறிந்த வேகமென்ன ?

விடை : 1225 செ. மீ./விஞடி

13. 2 அடி நீளமுள்ள ஒரு தனி ஊசலின் அலைவுநேரமென்ன? $g=32$ அடி/விஞடி^{2} : $\pi=3{\cdot}14$

விடை : 1·57 விஞடி

14. 109 செ. மீ. நீளமுடைய தனி ஊசலின் அலைவுநேரம் 2·09 விஞடியென்ருல் அவ் விடத்தின் g என்ன ? $\pi=3{\cdot}135$

விடை : $g=981$ செ. மீ./விஞடி^{2}

15. புவிஈர்ப்பு முடுக்கம் 980 செ. மீ./விஞடி^{2} உள்ள ஓரிடத்தில் 245 செ. மீ. நீளமுடைய தனி ஊசலின் அலைவுநேரமென்ன ? $\pi=3{\cdot}14$.

விடை : 3·14 விஞடி

16. தரையில் உருண்டுசெல்லும் ஒரு பந்து அடுத்தடுத்த மீட்டர் தூரங்களை ஒரு விஞடியிலும், இரு விஞடிகளிலும் கடக்கின்றது. அது இன்னும் எவ்வளவு தூரம் சென்று நின்றுவிடும் ?

விடை : $\frac{25}{6}$ செ. மீ.

3. நியூட்டனின் இயக்க விதிகள்
(Newton's Laws of Motion)

திணிவு வேகம் (Momentum)

ஒரு கத்தியைக்கொண்டு மரக்கிளையை வெட்டுகிறோம். கத்தி பெரிதாக இருந்து, நாம் ஓங்கி வெட்டினால் கிளை சீக்கிரம் முறிந்து போம். கத்தி சிறியதாயிருந்தாலோ, நாம் மெதுவாக வெட்டினாலோ விளைவு அதிகமாயிராது. அவ்வாறே ஒரு பாறையைச் சம்மட்டிகொண்டு அடிக்கும்பொழுது, சம்மட்டி பெரிதாக இருந்தால் பாறை 'சீக்கிரம் உடையும். அடிக்கும்வேகம் அதிகமாக இருந்தால் இன்னும் அதிக சீக்கிரமாக உடையும். ஆகவே, ஒரு பொருள் இன்னொரு பொருளின்மீது செயல்படும்பொழுது, அதன் விளைவு, பொருளின் திணிவு (mass), அதன்வேகம் ஆகிய இரண்டையும் பொறுத்துள்ளது. ஒரு பொருள் திணிவையும் வேகத்தையும் பெருக்கினால் கிடைக்கும் இராசியே திணிவு வேகம் (momentum) எனப்படும்.

நியூட்டனின் விதிகள் :

விதி 1 : ஒவ்வொரு பொருளும், தன்மீது விசை ஏதும் செயல் படாவிடில், தனது அசைவில்லா நிலையிலோ நேர்வேக நிலையிலோ மாறாமல் இருக்கும்.

விதி 2 : ஒரு பொருளின் திணிவுவேக மாறுபாட்டின் வீதம் அதன்மீது செயல்படும் விசைக்கு ஏற்ப உள்ளது. மேலும், இம் மாறுபாடு விசை செயல்படும் திசையிலேயே நிகழ்கிறது.

விதி 3 : ஒவ்வொரு வினைக்கும் சமமான, நேர் எதிரான எதிர் வினை உண்டு.

இவ் விதிகளை விளக்குவோம்.

முதலாம் விதி : நாற்காலி, மேஜை, மரம், வீடு முதலிய எந்தப் பொருளும் வைக்கப்பட்ட இடத்தில் அப்படியே இருக்கும் என்பது வெளிப்படை. ஏதாவதொரு விசை இயங்கினால்தான் அவை நகரக்

கூடும். மனிதக்கரம், பெரும்புயற்காற்று முதலிய விசைகளே பொருள்களை அசைவில்லாத நிலையிலிருந்து மாற்றக்கூடும்.

அவ்வாறே, விசை எதுவும் செயல்படவில்லையென்றால், ஓடிக் கொண்டிருக்கும் பொருள்கள் நேர்வேகத்துடன் ஓடிக்கொண்டே யிருக்கும். ஆனால், இவ்வுலகில் புவிஈர்ப்பு விசை, உராய்வு முதலிய விசைகள் எங்கும் இயங்கிக்கொண்டிருக்கின்றன. ஒரு சமதளமான கண்ணாடிப் பரப்பின்மீது, பனிக்கட்டித் துண்டு ஒன்றைத் தள்ளினால், வேகம் குறையாது வெகுதூரம் செல்வதைக் காண்போம். உராய்வு ஒன்றுமில்லையென்றால் அது சாஸ்வதமாய் நேர்வேகத்துடன் சென்று கொண்டே இருக்கும். ஓடிக்கொண்டிருக்கும் பஸ் திடீரென்று நின்று விட்டால், உள்ளேயிருக்கும் பிரயாணிகள் முன்நோக்கித் தள்ளப் படுவதைக் காண்கிறோம். இதன் காரணம் அவர்கள் தாம்பெற்ற வேகத்துடன் முன்நோக்கியே செல்லத் தூண்டப்படுவதுதான்.

வெளியிலிருந்து ஒரு விசை செயல்பட்டால்தான் ஒரு பொருளின் நிலை மாறும். இல்லையெனில் மாறாது.

ஆகவே, விசை என்பது ஒரு பொருளின் நிலையை மாற்றும் காரணகர்த்தா என்று முதலாம் விதியிலிருந்து தெரியவருகிறது.

விசைக்கு, அளவும் திசையும் உண்டு.

இரண்டாம் விதி: முதலாம் விதி, விசை என்பது என்ன என்று விளக்குகிறது. இரண்டாம் விதி, விசையை அளப்பது எப்படி என்பதைக் காண்பிக்கிறது.

m என்னும் பொருண்மையுடைய ஒரு பொருள் u என்னும் வேகத்துடன் சென்றுகொண்டிருக்கிறது. அதன்மீது F என்னும் விசை t நேரத்திற்குச் செயல்படுத்தி, அதன் வேகத்தை u-விருந்து v ஆக மாற்றுகிறது என்று வைத்துக்கொள்வோம்.

பொருளின் துவக்கத் திணிவு வேகம் $= m\,u$

பொருளின் முடிவுத் திணிவு வேகம் $= m\,v$

t வேகத்தில் திணிவு வேக மாற்றம் $= m\,v - m\,u$

திணிவு வேக மாற்றவீதம் $= m\,\dfrac{(v-u)}{t}$

ஆனால் $v = u + a\,t \quad \therefore \quad a = \dfrac{(v-u)}{t}$

திணிவு வேக மாற்றவீதம் $= m\,a$

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி, F $k\,m\,a$

$$\therefore \quad F = k\,m\,a$$

இதில் k என்பது ஒரு மாறிலி (Constant). விசையின் அலகை ஏற்ற வாறு தெரிந்துகொண்டால், k என்பது ஒன்று ஆகிவிடும்.

"ஓர் அலகு பொருண்மைகொண்ட பொருளிலே ஓர் அலகு முடுக்கத்தை ஊட்டவல்லது ஓர் அலகு விசையாகும்."

இவ் வரையறுப்பின்படி, $m = 1$ ஆனல், $a = 1$ ஆனல் அந்த விசை $\mathrm{F} = 1$ ஆகும்.

ஆகவே, $1 = k \quad 1 \times 1 \quad \therefore \quad k = 1$

விசை அலகை இவ்வாறு வரையறுத்ததால், $\mathrm{F} = m\,a$

மெட்ரிக் முறையில் விசை அலகு டைன் (dyne) எனப்படும். டைன் என்பது ஒரு கிராம் பொருண்மையின்மீது செயல்பட்டு, அதில் விஞடிக்கு 1 செ. மீ / விஞடி வேக மாற்றத்தை உண்டுபண்ணும் விசையாகும்.

பிரிட்டிஷ் முறையில் பவுண்டல் (Poundal) என்பது விசை அலகு. பவுண்டல் என்பது, ஒரு பவுண்டு பொருண்மையின்மீது செயல் பட்டு, அதில் விஞடிக்கு 1 அடி / விஞடி வேக மாற்றத்தை உண்டு பண்ணும் விசையாகும்.

பொருண்மையும் எடையும் (Mass and weight)

ஒரு பொருளின் பொருண்மை என்பது அதில் திணிக்கப்பட்டுள்ள சடப்பொருளின் அளவேயாகும். அப் பொருளின் எடை என்பது அதன்மீது புவிஈர்ப்பு செயல்படுத்தும் விசையாகும்.

ஒரு பொருளின் பொருண்மை m என்ருல், அதன் எடை $w = mg$ $(\mathrm{F} = m \times a)$.

ஒரு கிராம் பொருண்மையின்மீது செயல்படும் புவிஈர்ப்பு விசை 981 டைன்கள் ஆகும். இதற்கு 1 கிராம் எடை (1 gram weight) என்று பெயர்.

1 பவுண்டு எடை = 32 பவுண்டல்கள்.

ஒரு பொருளின்மீது ஒரு விசை செயல்படும்பொழுது அதில் ஏற்படும் திணிவு வேக மாற்றவீதம் விசையின் திசையிலேயே ஏற்படும் என்பது இவ் விதியின் 2ஆம் பாகம்.

திணிவு மாற்றம் ஏற்படுகிறதெனினும், திணிவு மாறுவதில்லையாகையால், வேக மாற்றமே ஏற்படுகிறது. ஆகவே, ஒரு விசை ஒரு பொருளின்மீது செயல்படும்பொழுது அதில் ஏற்படும் முடுக்கம் விசையின் திசையிலேயே இயங்குகிறது.

மூன்ரும் விதி : நீரின்மீது இரு படகுகள் A B மிதக்கின்றன. A யிலுள்ள ஒருவன் B யைப் பிடித்து ஒரு திசையில் தள்ளுகிருன்; B அத் திசையில் நகருகிறது. ஆனல், அத்துடன் A யும் எதிர்த் திசையில் நகருவதைக் காணலாம். ஆகவே, A யிலிருந்து ஒரு விசை B யின்மீது செயல்படும்போது B யிலிருந்து ஒரு விசை A யின் மீது எதிர்த்திசையில் செயல்படுவதைக் காண்கிருேம்.

ஒரு கார்க் துண்டில் ஒரு காந்த ஊசியையும் இன்னொரு கார்க் துண்டில் ஓர் இரும்பு ஊசியையும் செருகி இரண்டையும் அருகருகே ஒரு தட்டு நீரில் மிதக்கவிடுவோம். உடனே இரும்பு ஊசி காந்த ஊசியை நோக்கி வருவதைக் காண்போம். அதே சமயத்தில் காந்த ஊசியும் இரும்பு ஊசியை நோக்கி நகர்ந்து செல்வதையும் காண்போம். காந்தத்தின் விசைமட்டுமே இரும்புத் துண்டின்மீது செயல்படுவதாயிருந்தால் இரும்புத்துண்டு மட்டும் நகர்ந்திருக்கும்; காந்தம் நிலையாக நின்றிருக்கும். ஆனால், உண்மையில் இரண்டும் ஒன்றையொன்று நோக்கி நகர்கின்றன. ஆகவே, காந்தத்தின் விசை, இரும்பை இழுக்கும்போது அதே அளவில் இரும்பும் காந்தத்தை இழுக்கிறது. இரும்புத்துண்டு எடை மிகுந்திருந்தால், அது சிறிதே நகரும். காந்த ஊசி அதைநோக்கி வேகமாக ஓடி வருவதைக் காணலாம்.

இவை நியூட்டனின் மூன்ரும் விதியை விளக்குகின்றன.

நியூட்டனின் மூன்ரும் விதி அன்ருட வாழ்க்கையில் வெகுவாகப் பயன்படுகின்றது. நாம் நடப்பது மூன்ரும் விதியைக்கொண்டே. நமது பாதங்கள் பூமியைப் பின்புறமாகத் தள்ள முயல்கின்றன; பூமி நம்மை முன்புறமாகத் தள்ளுகிறது. உராய்வில்லாத வழவழப்பான பரப்பின்மீது நடந்தால் 'வழுக்கி' விழுகிருேம். நமது பாதம் வழக்கம்போல் பூமியைப் பின்புறமாகத் தள்ளப்பார்க்கிறது; ஆனால் உராய்வு இல்லாததால், நமது விசை காரணமாகப் பாதமே பின்புறமாகச் செல்கிறது; நாம் குப்புற விழுகிருேம்.

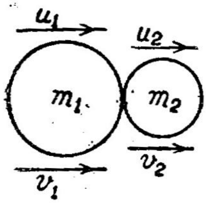
பறவைகள் சிறகை அடித்து, காற்றைப் பின்புறமாகத் தள்ளுகின்றன; எதிர்விசையால் காற்று, பறவையை முன்புறமாகத் தள்ளுகிறது. ஆகாய விமானத்தின் 'புரபல்லர்கள்' (Propellers) வேகமாகச் சுழன்று, காற்றை வெகுவேகமாகப் பின்புறமாகத் தள்ளுகின்றன; காற்று விமானத்தை முன்புறமாகத் தள்ளுகிறது. பறவைகளோ, விமானமோ காற்றில்லா வெற்றிடத்தில் பறக்க முடியா.

ராக்கட்டில் இரசாயனச் சேர்க்கையால் வாயுக்கள் உற்பத்தியாக்கப்பட்டு அதிக அழுத்தத்தில் கீழ்ப்புறமாகத் தள்ளப்படுகின்றன; எதிர் விசையால் ராக்கட் வெகுவேகமாக மேல்நோக்கித் தள்ளப்படுகிறது. வாயுக்கள் ராக்கட்டினுள்ளேயே உண்டுபண்ணப்பட்டுத் தள்ளப்படுவதால், ராக்கட் பறப்பதற்கு வெளிக்காற்று தேவையில்லை. அது வெற்றிடத்திலும் பறக்கக்கூடியது.

திணிவுவேக அழிவின்மை விதி (Law of Conservation of Momentum)

நியூட்டனின் மூன்ரும் விதியைக்கொண்டு திணிவுவேக அழிவின்மை என்னும் மிக முக்கியமான தத்துவத்தை விளக்கலாம்.

m_1 பொருள் திணிவுடைய ஒரு கோளம், u_1 வேகத்துடன் சென்று u_2 வேகத்துடன் சென்றுகொண்டிருக்கும் m_2 பொருள் திணிவுடைய ஒரு கோளத்துடன் மோதுகிறது. இம் மோதலுக்குப் பின் m_1 கோளம் v_1 வேகத்துடனும், m_2 கோளம் v_2 வேகத்துடனும் செல்கின்றன என்று வைத்துக் கொள்வோம்.



படம் 9

u_1, u_2, v_1, v_2 யாவும் ஒரே திசையிலுள்ளன என்றும் கொள்வோம்.

கோளங்கள் ஒன்றன் மீது ஒன்று செயல்படும் நேரம் t என்று வைத்துக் கொண்டால், அந்த நேரத்தில் u_1 என்ற வேகம் v_1 ஆகவும் u_2 என்ற வேகம் v_2 ஆகவும் மாறிவிடுகின்றன.

$$m_1 \text{ கோளத்தின்மீது இயங்கும் விசை} = m_1 \left(\frac{v_1 - u_1}{t} \right)$$

$$m_2 \text{ கோளத்தின்மீது இயங்கும் விசை} = m_2 \left(\frac{v_2 - u_2}{t} \right)$$

$$\text{நியூட்டனின் 3ஆம் விதியின்படி } m_1 \left(\frac{v_1 - u_1}{t} \right) = -m_2 \left(\frac{v_2 - u_2}{t} \right)$$

(எதிராக இயங்குவதால் — குறி)

$$\text{அதாவது, } m_1 v_1 - m_1 u_1 = -m_2 v_2 + m_2 u_2$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$$

இச் சமன்பாட்டின் இடப்புறம், கோளங்கள் மோதிய பின்னர் அவற்றின் மொத்தத் திணிவுவேகத்தையும், வலப்புறம் அவை மோது முன்னர் அவற்றின் மொத்தத் திணிவு வேகத்தையும் தருகின்றன. திணிவு வேகத்தின் மொத்த அளவு மாறுவதில்லை. இதற்குத் திணிவு வேக அழிவின்மை விதி என்று பெயர்.

உதாரணங்கள்

1. 10 கிராம் பொருண்மையுடைய இயங்கா நிலையிலுள்ள ஒரு பொருளின்மீது 100 டைன் விசை 10 வினாடிகளுக்குச் செயல்படுகின்றது. பொருளின் வேகமென்ன ? அது சென்ற தூரமென்ன ?

$$F = ma \qquad F = 100 ; m = 10 ;$$

$$\therefore a = \frac{F}{m} = \frac{100}{10} = 10 \text{ செ. மீ./வினாடி}^2$$

$$s = ut + \frac{1}{2} at^2 ; s = ? \ u = o ; t = 10 ; a = 10$$

$= o + \frac{1}{2} \times 10 \times 10^2 = 500$ செ.மீ.

$v = u + at = o + 10 \times 10 = 100$ செ.மீ./விநாடி.

10 விநாடிகளில் பொருள் சென்ற தூரம் = 500 செ.மீ.

அதன் வேகம் = 100 செ.மீ./விநாடி.

2. 3 சதுர செ.மீ. பரப்பளவுடைய நீர்த்தாரை ஓர் சுவரின் மீது கிடையாக 1000 செ.மீ./விநாடி வேகத்தில் மோதி, 200 செ.மீ./விநாடி வேகத்தில் எதிராகத் தெறித்து விழுகிறது. சுவரில் செயல் படும் மொத்த விசையென்ன ?

சுவரின்மீது மோதும் நீரின்
பொருண்மை $= 3 \times 1000$ கிராம்/விநாடி

நீரின் ஆரம்பத் திணிவு
வேகம் $= 3 \times 1000 \times 1000$ கிராம்—செ.மீ./விநாடி

நீரின் முடிவுத் திணிவு
வேகம் $= -200 \times 3 \times 1000$ கிராம்—செ.மீ./விநாடி

திணிவு வேக
மாற்றம் $= 3{,}000{,}000-(-600{,}000)$
$= 3{,}600.000$ கிராம்—செ.மீ./விநாடி

விசை = திணிவு வேகமாற்றம்/விநாடி

$\therefore$ சுவரின்மீது செயல்படும் விசை = 3,600,000 டைன்.

3 ஒரு ராக்கட்டும் அதனுள் இருக்கும் விமானியும் சேர்ந்து 100 டன் எடையாகின்றனர். ராக்கட்டின் எஞ்ஜின் 224,000 பவுண்டு எடை விசையுடன் அவர்களைத் தூக்கினால், விமானியின்மீது செயல் படும் "g—விசை" யாது ? [1"gவிசை" $= 32m$ பவுண்டல்கள் ; m விமானியின் எடை].

எஞ்ஜின் செயல்படுத்தும் விசை $= 224{,}000 \times 32$ பவுண்டல்கள்

ராக்கட் + விமானியின்
பொருண்மை $= 100 \times 2240$ பவுண்டு

$\therefore$ ராக்கட்டின் முடுக்கம் =

$$(a) = \frac{224000 \times 32}{100 \times 2240} = 32 \text{ அடி/விநாடி}^2$$

விமானியின்மீது செயல்படும் விசை R என்றால், $R - mg = ma$

$\therefore R = mg + ma = m(g+a) = m(32+32) = 64m$ பவுண்டல்கள்
$= 2 \times 32m$ பவுண்டல்கள்

ஆகவே, விமானியின்மீது '$2g$' விசை செயல்படுகிறது.

4. ஒரு கப்பலிலுள்ள நான்கு பீரங்கிகள் ஒரே சமயத்தில் தம் குண்டுகளைச் சுடுகின்றன. குண்டுகளின் எடை ஒவ்வொன்றும்

2 டன்; அவற்றின் ஆரம்ப வேகம் 1280 அடி/விநாடி யென்றால், 25,600 டன் நிறையுள்ள கப்பலின் எதிர் வேகமென்ன ?

குண்டுகளின் மொத்த நிறை = 8 டன் = 8×2240 பவுண்டு

,, வேகம் = 1280 அடி/விநாடி

குண்டுகளின் திணிவு வேகம் = $8 \times 1280 \times 2240$

சுடப்படும்முன் குண்டுகளும் கப்பலும் இயங்கா நிலையிலிருந்தன. அவற்றின் மொத்தத் திணிவுவேகம் பூச்சியம். ஆகவே, சுடப்பட்டபின் பும் அவற்றின் மொத்தத் திணிவு வேகம் பூச்சியமாயிருக்கவேண்டும்.

கப்பலின் வேகம் v அடி/விநாடி என்றால்,

மொத்தத் திணிவு வேகம் $= 8 \times 1280 \times 2240 + 25600 \times v \times 2240$
$= 0$

$$\therefore \quad v = -\frac{8 \times 1280 \times 2240}{25600 \times 2340} = -\cdot 4 \text{ அடி/விநாடி}$$

கப்பல் எதிர்ப்புறத்தில் ·4 அடி/விநாடி வேகம் பெறுகிறது.

பயிற்சி

1. 2 அடி/விநாடி வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் 8 பவுண்டு பொருண்மையுள்ள ஒரு பொருளின்மீது அதே திசையில் 5 பவுண்டு எடை விசை 10 விநாடிகளுக்குச் செயல்படுகின்றது. பொருளின் வேகமென்ன ? அவ் விசை 12 விநாடிகளுக்குச் செயல்பட்டால் பொருள் சென்ற தூரமென்ன ?

விடை : 202 அடி/விநாடி : 1464 அடி.

2. 70 கிராம் பொருண்மையுடைய ஒரு பொருள் 10 செ.மீ./விநாடி வேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கிறது. அதன்மீது 5 கிராம் எடை விசை 5 விநாடிகளுக்கு அதே திசையில் செயல்பட்டால் பொருளின் வேகமென்ன ? 6 விநாடிகளில் அது செல்லும் தூரமென்ன ?

விடை : 360 செ. மீ./விநாடி ; 1320 செ.மீ.

3. இயங்கா நிலையிலுள்ள ஒரு பொருளின்மீது 60 டைன் விசை செயல்படுகிறது. பொருள் 10 செ. மீ. தூரம் போகும்பொழுது அதன் வேகம் 10 செ மீ./விநாடி என்றால், பொருளின் பொருண்மை என்ன? ஆரம்பித்த 12 விநாடிகளில் அது எவ்வளவு தூரம் செல்லும்?

விடை : 12 கிராம் ; 360 செ.மீ.

4. இயங்கா நிலையிலுள்ள 3 பவுண்டு நிறையுடைய ஒரு பொருளின்மீது ஒரு விசை செயல்படுவதால், பொருள் 16 அடி தூரத்தில் செல்லும்பொழுது அதன் வேகம் 16 அடி/விநாடியாயுள்ளது. அப் பொருளை 64 அடி தூரத்தில் நிறுத்துவதற்குத் தேவையான விசை யாது ?

விடை : 24 பவுண்டல்கள்

5. சீரான வேகத்துடன் சென்று கொண்டிருக்கும் ஒரு பொருளின்மீது 100 டைன் விசை 8 வினடிகளுக்குச் செயல்படுகின்றது. விசை செயல்படும் ஆருவது விஞடியில் அப் பொருள் 115 செ. மீ. தூரமும், எட்டாவது விஞடியில் 155 செ. மீ. தூரமும் நகர்ந்தால், அவ் விசை செயல்பட்ட இடத்திலிருந்து 802 செ. மீ. தூரத்தில் அப் பொருளை நிறுத்துவதற்குத் தேவையான சீரான விசை என்ன? பொருளின் எடையும் அதன் ஆரம்ப வேகமும் யாவை?

விடை : 562·5 டைன்; 5 கிராம்; 5 செ. மீ./விஞடி.

6. ஒரு பொருள் சீரான வேகத்துடன் சென்றுகொண்டிருக்கிறது. அதன் மீது 5 பவு. எடை விசை 7 விஞடிகளுக்குச் செயல்படுகிறது. விசை செயல்படும் ஐந்தாவது விஞடியில் பொருள் 57 அடி தூரமும் ஏழாவது விஞடியில் 77 அடி தூரமும் நகர்ந்தால், பொருளின் எடை என்ன? அதன் ஆரம்ப வேகமென்ன? விசை செயல்பட்ட இடத்திலிருந்து 411 அடி தூரத்தில் அப் பொருளை நிறுத்துவதற்குத் தேவையான சீரான விசையென்ன?

விடை : 16 பவுண்டு, 12 அடி/விஞடி, $20\frac{1}{2}$ பவு. எடை.

7. நூறு டன் நிறையுள்ள ஓர் இரயில் வண்டி மணிக்கு 30 மைல் வேகத்தில் ஓடிக்கொண்டிருக்கிறது. அதற்கு பிரேக்போட்டு 847 அடி தூரத்தில் நிறுத்துவதற்குத் தேவைப்படும் விசையென்ன? குறைமுடுக்கம் சீராயுள்ளது என வைத்துக்கொள்ளலாம்.

விடை : 8000 பவு. எடை.

8. 4 டன் நிறையுடைய ஓர் பீரங்கி 2 பவுண்டு நிறையுள்ள குண்டை 2100 அடி/விஞடி வேகத்தில் சுடுகிறது. பீரங்கியின் எதிர்வேகமென்ன?

விடை: $\frac{15}{32}$ அடி/விஞடி.

9. 6000 டன் நிறையுடைய ஒரு சண்டைக் கப்பல் இரு குண்டுகளை 3000 அடி/விஞடி வேகத்தில் ஒரேசமயத்தில் சுடுகிறது. கப்பலின் எதிர்வேகம் 2 அடி/விஞடி யென்ருல் குண்டுகளின் நிறையென்ன?

விடை : 2 டன்.

10. ஒலியின் வேகத்தை எட்டிப்பிடித்த ஒரு ஜெட் விமானம் இரு துண்டுகளாக உடைகிறது. ஒரு துண்டின் வேகம் 800 அடி/விஞடியும், மறு துண்டின் வேகம் 1400 அடி/விஞடியும் ஆனல், அத் துண்டுகளின் நிறை விகிதமென்ன? (ஒலியின் வேகம்: 1000 அடி/விஞடி).

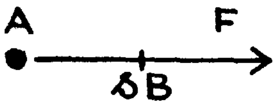
விடை : 2 : 1

4. வேலை, திறன், ஆற்றல்
(Work, Power, Energy)

ஒரு பொருளின்மீது ஒரு விசை செயல்பட்டு, பிரயோகப் புள்ளியை விசையின் திசையில் நகர்த்தினால், வேலைசெய்யப் படுகிறது.

ஆகவே, வேலைசெய்வதற்கு விசை செயல்பட வேண்டும். அது செயல்படும் புள்ளி விசையின் திசையில் செல்லவேண்டும்.

செய்யப்பட்ட வேலையை அளப்பதற்கு, விசையின் அளவை அதன் திசையில் பிரயோகப் புள்ளி சென்ற தூரத்தில் பெருக்க வேண்டும்.



F என்ற விசை A என்னும் பொருள்மீது செயல்பட்டு, தன் திசையில் அதை s என்ற தூரத்திற்கு நகர்த்தினால், செய்யப்பட்ட வேலை $W = F \times s$.

வேலை அலகுகள்

1. மெட்ரிக் முறையில், வேலையின் அலகு எர்கு (erg) என்பதாகும்.

ஒரு டைன் விசை ஒரு பொருளின்மீது செயல்பட்டு அதை ஒரு செ.மீ. தூரம் நகர்த்தினால், 1 எர்கு வேலை செய்யப்பட்டது.

2. பிரிட்டிஷ் முறையில், வேலையின் அலகு அடிப் பவுண்டல் (foot-poundal) என்பதேயாகும்.

ஒரு பவுண்டல் விசை ஒரு பொருளின்மீது செயல்பட்டு அதை ஒரு அடி தூரம் நகர்த்தினால், ஒரு அடி பவுண்டல் வேலை செய்யப்பட்டது.

இவ்வலகுகள் மிகச் சிறியவை. ஆகையால் தினசரி வாழ்க்கையில் இவை பயன்படுவதில்லை. செய்முறை அலகுகளே பயன் படுகின்றன.

3. மெட்ரிக்முறையில் செய்முறை அலகு ஜூல் (Joule) எனப்படும். இஃது ஒரு கோடி எர்குகள் கொண்டது.

1 ஜூல் = 10^7 எர்குகள்.

4. பிரிட்டிஷ் செய்முறை அலகு அடிப் பவுண்டு (foot-பவுண்டு) எனப்படும். இது 32 அடிப் பவுண்டல்கள் கொண்டது (g)

1 அடிப் பவுண்டு = 32 அடிப் பவுண்டல்கள்

திறன் (Power)

வேலை செய்யப்படும் வீதமே திறன் எனப்படும்.

திறன் = வேலை/நேரம் : $P = W/t$

அதாவது, ஒரு விநாடியில் செய்யப்படும் வேலையே திறனாகும். ஓர் இயந்திரம் ஒரு டன் எடையை 10 அடி உயரத்திற்கு 5 விநாடிகள் தூக்குகிறது. இரண்டாவது இயந்திரம் அதே எடையை 10 அடி உயரம் தூகக 30 விநாடி பிடிக்கிறது. இரு இயந்திரங்களும் ஒரே அளவு வேலைதான் செய்கின்றன. ஆனால், முதல் இயந்திரம் இரண்டாவதை விட 6 மடங்கு அதிகத் துரிதமாய் அவ் வேலையைச் செய்து முடித்துவிடுவதால் அதன் திறன் 6 மடங்கு அதிகமானது என்கிறோம்.

திறன் அலகுகள்

மெட்ரிக்முறையில் திறன் அலகு வாட் (Watt) எனப்படும்.

ஒரு விநாடியில் ஒரு ஜூல் வேலைசெய்யும் இயந்திரத்தின் திறன் ஒரு வாட் எனப்படும்.

பிரிட்டிஷ்முறையில் திறன் அலகு குதிரைத்திறன் (Horse-Power) எனப்படும்.

ஒரு விநாடியில் 550 அடிப் பவுண்டு வேலைசெய்யும் இயந்திரத்தின் திறன் ஒரு குதிரைத்திறன் எனப்படும்.

ஆற்றல் (Energy)

ஒரு பொருளின் ஆற்றல் அதன் வேலைசெய்யும் திறமையாகும்.

எனவே, ஒரு பொருளின் ஆற்றலை அறிய வேண்டுமானால், அதை வேலை செய்யவிட்டு, அது செய்த வேலையை அளக்க வேண்டும். ஆகவே, ஆற்றலின் அலகுகள் வேலை அலகுகளே. (எர்கு, ஜூல், அடிப் பவுண்டல், அடிப்பவுண்டு).

வெப்பம், ஒளி, மின்சாரம் இவை யாவும் வேலைசெய்யக் கூடியவை. ஆகவே அவற்றை வெப்ப ஆற்றல், ஒளி ஆற்றல், மின்சார ஆற்றல், அணு ஆற்றல் என்றெல்லாம் கூறுகிறோம். (ஆற்றல் முன்னே சக்தி என்று அழைக்கப்பட்டது).

இயக்க ஆற்றலும் நிலை ஆற்றலும் (Kinetic Energy and Potential Energy)

ஆற்றல்கொண்ட பொருள்களை இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம்:

(1) தம்முடைய இயக்கத்தினால் வேலை செய்யக் கூடிய திறமையைப் பெற்றவை.

வேகமாக விழும் சம்மட்டிக்கு வேலைசெய்யும் திறமை உண்டு. அஃது ஆணியின்மேல் விழுந்து, அதைக் கட்டையினுள் செலுத்தும் வேலையைச் செய்கிறது. இவ் வேலை செய்வதால் தன் ஆற்றல் அழிந்து, வேகம் பூச்சியமாகிவிடுகிறது.

பாய்ந்துசெல்லும் துப்பாக்கிக் குண்டு தனது வேகத்தினால் வேலை செய்யும் ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. ஒரு மரக்கட்டையில் மோதினால், அதைத் துளைத்து வேலைசெய்து, தன் ஆற்றலை இழந்து கட்டையில், நின்றுவிடுகிறது.

இவை இயக்க ஆற்றலுக்கு உதாரணம்.

(2) தமது நிலையினால் வேலை செய்யும் திறமையைப் பெற்றவை.

ஒரு மலையின் உச்சியிலே உள்ள நீர்த் தேக்கத்தைக் குழாய்கள் மூலமாய்க் கீழே கொண்டுவந்து, சுழலிகளை (turbines) ஓட்டி வேலை பெறலாம். இத் திறமை, நீர்த் தேக்கத்தின் நிலையினால் ஏற்பட்டது.

ஒரு கடிகாரத்திற்குச் ''சாவி'' கொடுக்கும்பொழுது அதனுள் இருக்கும் எஃகு வில்லை (Steel spring) இறுக முறுக்கி வைக்கிறோம். அது கொஞ்சங் கொஞ்சமாகத் தளர்ந்து, வெவ்வேறு சக்கரங்களை ஓட்டிக் கடிகார முள்ளைத் திருப்புகிறது. முறுக்கி வைக்கப்பட்ட நிலையிலிருப்பதால் வில்லுக்கு வேலைசெய்யும் திறன் ஏற்படுகிறது.

இவை நிலை ஆற்றலின் உதாரணங்கள்.

ஆற்றலை அளக்கும் விதம்

(a) இயக்க ஆற்றல்

m என்ற பொருண்மையுடைய ஒரு பொருள் v வேகத்துடன் ஓடிக்கொண்டிருக்கிறது. ஆகவே, அதற்கு இயக்க ஆற்றலுண்டு.

அப் பொருளின்மீது F என்னும் விசை எதிர்ப்புறமாக இயங்கு கிறது என்று வைத்துக்கொள்வோம். ஆகையால் பொருளின் வேகம் குறைந்துகொண்டேபோய், s என்ற தூரம்சென்று நின்றுவிடு கிறது.

பொருளின் குறை முடுக்கத்தை கண்டுபிடிக்க.

$$o = v^2 - 2as$$

$$\therefore \quad a = \frac{v^2}{2s}$$

இயங்கும் விசை $F = m \times a = m \times \frac{v^2}{2s}$

பொருளை நிறுத்தச் செய்யப்பட்டவேலை $= F \times s = \frac{mv^2}{2s} \times s$

$$= \frac{1}{2} mv^2$$

இதுவே, ஓடிக்கொண்டிருந்த பொருளின் இயக்க ஆற்றல். ஆகவே, m பொருண்மைகொண்ட பொருள் v வேகத்தில் சென்றால் அதன் இயக்க ஆற்றல் $\frac{1}{2} mv^2$ ஆகும்.

(b) நிலை ஆற்றல்

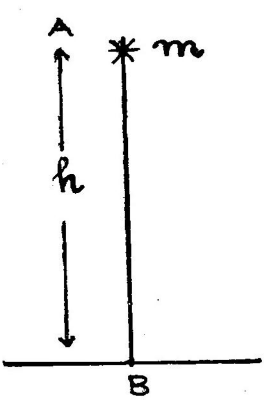
m பொருண்மையுடைய ஒரு பொருள் தரையிலிருந்து h என்ற உயரத்திலிருக்கிறது என்று வைத்துக்கொள்வோம். அதன்மீது செயல்படும் புவிஈர்ப்பு விசை mg ஆகும்.

இப்பொழுது அப் பொருள் கீழேவிழுமானால் அஃது உள்ள உயரம் குறைந்துகொண்டே வந்து, தரைமட்டம் சேர்ந்ததும் அதன் உயரம் பூச்சியமாகிவிடுகிறது. இப்படி விழுகையில், mg என்ற விசை, பொருளின்மீது இயங்கி, அதைத் தன் திசையில் h என்ற தூரம் நகர்த்துகிறது.

ஆகையால், செய்யப்பட்ட வேலை $mg \times h$. இதுவே பொருளின் நிலை ஆற்றலாகும்.

ஆகவே, m பொருள் திணிவுடைய ஒரு பொருள் h உயரத்திலிருந்தால் அதன்நிலை ஆற்றல் mgh ஆகும்.

ஆற்றலின் அழிவின்மை (Conservation of Energy)



m பொருண்மையுடைய ஒரு பொருள் தரையிலிருந்து h உயரத்தில் நிலையாக இருக்கிறது (A என்ற இடத்தில்)

A என்ற இடத்தில் அதன்நிலை ஆற்றல் $= mgh$

அங்கே நிலையாக இருப்பதால் அதன் இயக்க ஆற்றல் $= 0$

$\therefore$ A என்ற இடத்தில் மொத்த ஆற்றல் $= mgh$

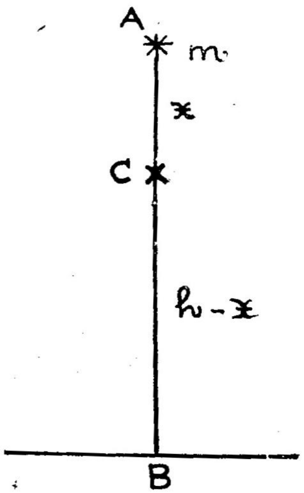
பொருளின் வேகம் $v : v^2 = 0 + 2gh$

B-யில் பொருளின் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \times 2gh = mgh$

B-யில் மொத்த ஆற்றல் $= mgh$

ஆகவே, A என்ற இடத்தில் பொருளின் ஆற்றல் முழுவதும் நிலை ஆற்றலாக உள்ளது: அதன் அளவு mgh. B என்ற தரை மட்டத்தில் அதன் ஆற்றல் முழுதுவம் இயக்க ஆற்றலாக உள்ளது: அப்பொழுது அதன் அளவு mgh.

ஆகவே, ஆற்றல் ஒன்று மற்றொன்றாக மாறினாலும் அதன் அளவு குறையாமல் இருப்பதைக் காண்கிறோம்.



இப்பொழுது, பொருள் கீழேவிழுகையில் வழியில் C என்ற ஓர் இடத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். C A-யிலிருந்து x கீழே உள்ளது. பொருள் C-க்கு வரும்பொழுது அதன் ஆற்றலின் ஒரு பாகம் நிலை ஆற்றலாயும் மீதிப் பாகம் இயக்க ஆற்றலாகவும் உள்ளது.

C என்ற இடத்தில் நிலை ஆற்றல் $= mg(h-x)$

அந்த இடத்தில் பொருளின் வேகம் $v_1 : v_1^2 = 2gx$

அந்த இடத்தில் பொருளின் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv_1^2$

$$= \frac{1}{2} m \times 2gx = mgx$$

C என்ற இடத்தில் பொருளின் மொத்த ஆற்றல் $= mg(h-x) + mgx$

$$= mgh - mgx + mgx = mgh$$

ஆகவே, பொருள் A, B, C என்ற எந்த இடத்திலிருந்தாலும் அதன் மொத்த ஆற்றல் மாருமலிருப்பதைக் காண்கிறோம். இஃது ஆற்றலின் அழிவின்மைக்கு ஓர் உதாரணமாகும்.

இத் தத்துவம் எல்லாவித ஆற்றலுக்கும் பொருந்தும். மின்சார ஆற்றலை வெப்பமாக மாற்றலாம் (மின்சார அடுப்பு); இயக்க ஆற்றலாக மாற்றலாம் (புகை வண்டி). ஓர் ஆற்றலை இன்னொரு ஆற்றலாக மாற்றலாம். ஆனால், ஆற்றலை அழிக்க முடியாது. இதையே "ஆற்றலின் அழிவின்மைத் தத்துவம் (Principle of Conservation of Energy)" என்று சொல்கிறோம்.

இருபதாம் நூற்றுண்டின் பல புதிய கண்டுபிடிப்புக்களின் காரணமாக, இத் தத்துவத்தைச் சிறிது மாற்றி அமைக்க வேண்டிய நிலைமை ஏற்பட்டுள்ளது. பிரபல விஞ்ஞானி ஐன்ஸ்டைன், 1905ஆம் ஆண்டில், பொருண்மை அழிந்தால் ஏராளமான ஆற்றல் உண்டாகும் என்று கணித வாயிலாகக் கண்டுபிடித்தார். 40 ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர் அணுகுண்டு வெடித்து, ஆயிரக்கணக்கான மக்களைக் கொன்று நாசமாக்கி, இது சாத்தியமாகும் என்று நிரூபித்துவிட்டது. 1933ஆம் ஆண்டில், பல விஞ்ஞானிகள், ஆற்றல் பொருண்மையாக மாறுவது சாத்தியம் என்று காண்பித்தனர். ஆகவே, பொருண்மை ஆற்றலாக மாறலாம், ஆற்றல் பொருண்மையாக மாறலாம் என்பது கண்கூடாக நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது.

19ஆம் நூற்றுண்டுவரை விஞ்ஞானிகள் அனைவரும் 'பொருண்மை அழியாதது, மாருதது; ஆற்றல் ஒன்று மற்ருென்ருக மாறக்கூடியது; ஆனுல், அழியாதது' என்று உறுதியாக நம்பி வந்தனர். இப்பொழுது இத் தத்துவத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு மாற்றி அமைக்கவேண்டும்.

'பொருண்மையும் ஆற்றலும் ஒன்று மற்ருென்ருக மாறக் கூடியவை. பொருண்மை – ஆற்றல் அழிவில்லாதது' (Conserva- of mass-energy).

அன்ருட வாழ்க்கையில் பொருண்மை சாதாரணமாக மாறுவதில்லை. ஆகையால் ஆற்றலின் அழிவின்மைத் தத்துவம் உண்மையாக விளங்குகிறது.

உதாரணங்கள்

1. சராசரி 33 அடி உயரத்திலுள்ள 10 அடி × 15 அடி × 20 அடி அளவுடைய நீர்த்தொட்டியை 30 நிமிஷங்களில் நிரப்புவதற்குத் தேவைப்படும் பம்பின் குதிரைத்திறன் என்ன? (1 கனஅடி நீரின் எடை = 62·5 பவுண்டு.)

தொட்டியின் கன அளவு $= 10 \times 15 \times 20 = 3000$ க. அடி.

∴ மேலே தூக்கப்படும் நீரின் நிறை $= 3000 \times 62{\cdot}5 = 187{,}500$ பவுண்டு.

செய்யப்பட்டவேலை $= mgh$ அடி—பவுண்டல்

$= 187500 \times 32 \times 33$ அடி—பவுண்டல்

வேலை செய்யப்பட்ட நேரம் $= 30 \times 60 = 1800$ விஞடி

∴ பம்பின் திறன் $= \dfrac{187500 \times 32 \times 33}{1800}$ அடி-பவுண்டல் / விஞடி

பம்பின் குதிரைத்திறன் $= \dfrac{187500 \times 32 \times 33}{1800 \times 550 \times 32} = 6{\cdot}25$ HP.

2. 21 H. P. திறனுடைய ஒரு மோட்டார் வண்டி 90 மைல்/மணி உச்ச வேகத்தில் செல்கிறதென்றால், அதற்கு எதிராகச் செயல்படும் உராய்வு முதலிய விசைகளின் அளவென்ன?

உராய்வு முதலிய விசைகள் F பவுண்டல்கள் என்று கொள்வோம்.

$$\text{வண்டியின் குதிரைத்திறன்} = \frac{\text{ஒரு விநாடியில் செய்யப்பட்ட வேலை}}{550 \times 32}$$

$$= \frac{F \times 90 \times}{55 \times 32} \frac{22}{15} = 21 \text{ (கொடுக்கப்பட்டுள்ளது)}$$

$$\therefore F = \frac{21 \times 550 \times 23 \times 15}{90 \times 22} = 2800 \text{ பவுண்டல்கள்}$$

3. நமது இருதயம் ஒவ்வொரு துடிப்பின்பொழுதும், சராசரி 10 செ.மீ. பாதரச அழுத்தத்தில் 75 கன செ.மீ. இரத்தத்தைச் செலுத்துகிறது. ஒரு நிமிஷத்தில் 70 முறை துடிக்கிறதென்றால் இருதயம் வேலைசெய்யும் திறன் என்ன? (பாதரசத்தின் அடர்த்தி = 13·6 கி/கன செ.மீ. $g = 980$ செ.மீ/விநாடி 2)

ஒவ்வொரு துடிப்பிலும் செய்யப்பட்ட வேலை =

$$\text{அழுத்தம்} \times \text{கன அளவு} = 10 \times 13{\cdot}6 \times 980 \times 75 \text{ எர்குகள்}$$

$$= 9996000 \text{ எர்குகள்.}$$

$$\text{ஒரு விநாடியில் துடிப்பு} = \frac{70}{60} = \frac{7}{6}$$

∴ ஒரு விநாடியில் செய்யப்பட்ட வேலை

$$= 9996000 \times \frac{7}{6} \text{ எர்குகள்/விநாடி}$$

ஒரு வாட் $= 10^7$ எர்குகள்/விநாடி

$$\therefore \text{இருதயத்தின் திறன்} = \frac{9996000}{107} \times \frac{7}{6} = 1{\cdot}166. \text{ வாட்}$$

4. பத்து மீட்டர் உயரமுடைய ஒரு மாடியிலிருந்து ஒரு கல் 1000 செ.மீ./விநாடி வேகத்தில் மேலே எறியப்படுகிறது. அது தரையில் விழுந்து 11·84 செ.மீ. ஆழம் செல்கிறது. அக் கல்லை மாடியிலிருந்து கீழேவிழவிட்டால், எவ்வளவு ஆழம் தரையில் புகும்? (தரையின் எதிர் விசை சீராயுள்ளது என வைத்துக்கொள்ளலாம்; $g = 980$ செ.மீ/விநாடி^{2})

கல் 1000 செ.மீ/விநாடி வேகத்துடன் மேலே எறியப்படுவதால், அது மறுபடியும் கீழ்ப்புறமாக மாடியைத் தாண்டிச் செல்கையில் அதன் வேகம் 1000 செ.மீ./விநாடியாக இருக்கும்.

$\therefore$ தரையில் படும்பொழுது அதன் வேகம் v என்ருல்,

$$v^2 = u^2 + {}^2gs$$
$$= 1000^2 + 2 \times 980 \times 1000 = 1,000,000 + 1,960,000$$
$$= 2,960,000$$

கல்லின் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \times 2,960,000$ எர்குகள்.

இது 11·84 செ.மீ. ஆழம் தரையில் செல்கிறது. தரையின் எதிர்விசை F என்ருல், செய்யப்பட்ட வேலை $= F \times s$

$$\therefore \quad \frac{1}{2} m \times 2,960,000 + F \times 11{\cdot}84$$

$$\therefore F = \frac{m \times 2960000}{2 \times 11{\cdot}84} = \frac{10^6}{8} m \text{ டைன்}$$

கல் மாடியிலிருந்து கீழேவிழுந்தால் தரையில் படும்பொழுது அதன் வேகம், $v^2 = 0 + 2 \times 980 \times 1000 = 1960000$

$$\text{கல்லின் இயக்க ஆற்றல்} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \times 1,960,000$$
$$= 980,000\ m \text{ எர்குகள்}$$

தரையின் விசை $F = \dfrac{1,000,000}{8} m$ டைன் ஆகையால், கல் தரையில்

$$\text{பதிந்த ஆழம்} = \frac{\text{இயக்க ஆற்றல்}}{\text{எதிர் விசை}}$$
$$= \frac{980,000m}{1,000,000m} \times 8 = 7{\cdot}84 \text{ செ.மீ.}$$

கல் 7·84 செ.மீ. ஆழம் தரையினுள் செல்கிறது.

பயிற்சி

1. 200 டன் நிறையுள்ள ஓர் இரயில் ரயில் வண்டி இயங்காநிலையிலிருந்து புறப்பட்டு, சீரான முடுக்கத்துடன் 70 விஞடிகளில் 700 அடி தூரம் செல்கிறது. அது செய்த வேலையைக் கணக்கிடு.

விடை : 210,000 அடி-பவுண்டு

2. 2 கிலோ கிராம் நிறையுடைய ஒரு பொருள் 100 மீட்டர் உயரத்திலிருந்து கீழே விழுகிறது. தரையில் சேரும்போது அதன் இயக்க ஆற்றல் எவ்வளவு ? ($g = 980$ செ.மீ./விஞடி^{2})

விடை : 1960 ஜூல்கள்

3. மணிக்கு 45 மைல் வீதம் செல்லும் 2 டன் நிறையுடைய ஒரு மோட்டார் வண்டியின் வேகம் சீராக மணிக்கு 30 மைல் வேகமாகக் குறைக்கப்படுகிறது. பிரேக்கு செய்த வேலை எவ்வளவு ?

விடை : 169,400 அடி—பவு.

4. 2 கிலோவாட் திறனுடைய மோட்டார்பம்பு தன் திறனில்பாதி அளவே வேலைசெய்கிறது. அதைக்கொண்டு 4 மீட்டர் × 5 மீட்டர் × 2 மீட்டர் அளவுடைய ஒரு தொட்டியைக் கிணற்று நீரால் நிரப்புகின்றனர். கிணற்று நீர் சராசரி 6 மீட்டர் ஆழத்திலும், தொட்டி சராசரி 14 மீட்டர் உயரத்திலும் உள்ளனவென்றால், அத் தொட்டியை நிரப்பப் பிடிக்கும் நேரமென்ன? ($g = 980$ செ.மீ./விநாடி^{2}).

விடை : 2 மணி 10 நிமி. 40 விநாடி.

5. சராசரி 20 அடி ஆழத்திலிருந்து நீர் 30 அடி உயரத்திற்குக் குழாய் வழியாக $10' \times 8' \times 4'$ அளவுடைய ஒரு நீர்த் தொட்டிக்குள் ஏற்றப்படுகிறது. குழாயின் நீர் 10 அடி/விநாடி வேகத்தில் வெளிவந்து, தொட்டியை 31 நிமி. 16 விநாடிகளில் நிரப்புகிறதென்றால், நீர் இறைக்கும் மோட்டாரின் குதிரைத் திறன் என்ன? ($g = 32$ அடி/விநாடி^{2}).

விடை : 1 H. P.

[குறிப்பு : மொத்தவேலை = நீரின் நிலை ஆற்றலை உயர்த்த + நீருக்கு இயக்க ஆற்றலைக் கொடுக்கச் செய்யப்பட்ட வேலை].

6. 150 டன் நிறையுடைய இரயில் கிடைமட்டமாக மணிக்கு 30 மைல் வேகத்தில் ஓடுகிறது. உராய்வு முதலிய விசைகள் 8 பவு. எடை/டன் என்றால் இரயில் எஞ்ஜினின் குதிரைத் திறன் என்ன?

விடை : 96 H. P.

7. ஒரு ஜெட் விமானத்தின் வேகம் 1500 மைல்/மணி. அவ் வேகத்தில் அதன் எஞ்ஜினின் உந்து விசை 6000 பவு. எடை என்றால், அதன் குதிரைத் திறனைக் கண்டுபிடி.

விடை : 24,000 H. P.

8. நூறடி உயரமுள்ள ஒரு நீர்வீழ்ச்சியில் விநாடிக்கு 100 கன மீட்டர் நீர் கீழே விழுகின்றது. அதனடியிலுள்ள மின் ஜனன சக்தியின் $\frac{1}{14}$ பாகத்தை மின்சாரமாக்குகிறதென்றால், எவ்வளவு கிலோவாட் மின்சக்தி உற்பத்தியாகிறது? ($g = 980$ செ.மீ./ விநாடி^{2}).

விடை : 7000 கிலோவாட்.

9. 2 அவுன்ஸ் நிறையுடைய துப்பாக்கிக் குண்டு விநாடிக்கு 2400 அடி வேகத்தில் சென்று, ஒரு மரப்பலகையினுள் 6 அங்குலம் துளைத்துச் செல்கிறது. பலகையின் தடிப்பம் 3 அங்குலமாயிருந்தால் அக் குண்டு வெளிச்செல்லும் வேகமென்ன?

விடை : $800\sqrt{3}$ அடி/விநாடி.

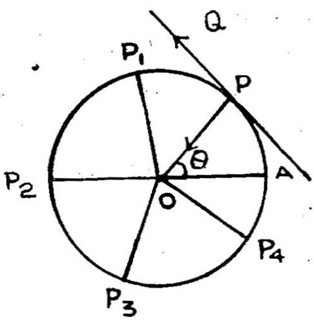
10. அரை மைல் உயரத்திலுள்ள மேகத்திலிருந்து அரை அங்குல மழை $\frac{100}{121}$ சதுர மைல் பரப்பில் பெய்கிறது. நீரை அம் மேகத்தின் உயரத்திற்குத் தூக்குவதற்குச் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன? (நீரின் அடர்த்தி 62·5 பவு. எடை/கன அடி; $g = 32$ அடி/விநாடி^{2}).

விடை : 1584×10^3 அடி—பவுண்டு.

5. சீரான வட்ட இயக்கமும் எளிய ஹார்மானிக் இயக்கமும்

(Uniform Circular Motion and Simple Hormonic Motion)

வட்ட இயக்கம்: ஒரு நூல் கயிற்றின் நுனியில் (P) ஒரு கல்லைக்கட்டி, மறு நுனியைக் (O) கையில் பிடித்துச் சீராகச் சுழற்றினால், கல் ஒரு வட்டமான பாதையில் சீரான வேகத்துடன் செல்லும். OP என்ற கயிறு வட்டமாகச் சென்று OP_1 OP_2 OP_3 OP_4 என்ற நிலைகளை அடைகிறது. OA என்ற நிலையில் புறப்பட்டு மறுபடியும் OA என்ற நிலைக்கு வரும்பொழுது அது 360° டிகிரி கோணத்தை வரைந்திருக்கும். * θ என்ற கோணத்தை வரைய t நேரம் பிடிக்கிறதென்று வைத்துக் கொள்வோம். அப்போது, ஒரு விநாடியில் கயிறு வரைகின்ற கோணம் $= \theta/t$. இதற்குக் 'கோண வேகம்' (angular velocity) என்று பெயர்.



படம் 10

கயிற்றை நாம் சீராகச் சுழற்றுவதால் அதன் கோணவேகமும் சீராக இருக்கும்.

நேர் முடுக்கு (Normal Acceleration)

மையம் நாடு விசை : மையம் விட்டோடு விசை.

கல் வட்டமான பாதையில், சீரான வேகத்துடன் செல்கிறது. திடீரென்று கயிறு அறுந்ததானால், கல் PQ என்ற தொடுகோட்டில் (tangent) செல்லும் என்று அறிவோம். எந்த நொடியிலும் கல்லின்

* θ என்பது ஒரு கிரேக்க எழுத்து: 'தீட்டா' என்று உச்சரிக்கப்படுவது. இது பெரும்பாலும் கோணங்களின் அளவைக் குறிக்கப் பயன்படுவது.

வேகம் வட்டத்தின் தொடுகோட்டில்தான் உள்ளது; ஆனால், அது சதா தான் போகும் திசை, மாறிக்கொண்டே உள்ளது. நியூட்டனின் முதலாம் விதியின்படி இக் கல்லின்மீது ஒரு விசை இயங்கவேண்டும். இல்லையென்றால் வேகத்தின் அளவும் திசையும் மாறாமல் இருக்க வேண்டும். வேகத்தின் திசை மாறுவதற்குச் செயல்படும் விசை, நாம் இயக்கும் விசைதான். கயிற்றின் ஒரு நுனியை நம் கையில் பிடித்துச் சதா நம்மை நோக்கி இழுத்தவண்ணமாக இருக்கிறோம். இவ் விசையின் காரணமாகவே, தொடுகோட்டின் திசையில் செல்லவிருக்கும் கல், சதா வளைந்து, வட்டமான பாதையில் செல்கிறது.

நமது கை இருக்கும் இடம் O. ஆகையால் நாம் கல்லின்மீது செயல்படுத்தும் விசை PO என்ற திசையில் இயங்குகிறது. மையத்தை நோக்கி இயங்குவதால் இதற்கு மையம் நாடு விசை (Centripetal force) என்று பெயர்.

கல்லின் வேக அளவு மாறாமல் சீராக இருக்கிறது. அதன் திசை மாற்றம் (நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியின்படி) விசை இயங்கும் திசையிலே ஏற்படவேண்டும். அதாவது, PO என்ற திசையில் ஏற்படவேண்டும். வேகத்தில் ஏற்படும் இத் திசை மாற்றமே கல்லின் முடுக்கம் (acceleration). கல்லின் வேகம் PQ என்ற தொடு கோட்டிலும், அதன் முடுக்கம் அதற்கு நேர் கோணத்திலும் இருப்பதால், இதற்கு நேர் முடுக்கம் (Normal accelaration) என்று பெயர்.

கல் வட்டப்பாதையில் சீராகச் செல்லும் வேகம் v என்றும் வட்டத்தின் ஆரம் r என்றும் வைத்துக்கொண்டால், இந் நேர் முடுக்கத்தின் அளவு $\frac{v^2}{r}$ என்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

கல்லின் பொருள் திணிவு m என்றால், அதன்மீது இயங்கும் மையம் நாடு விசை $m \times v^2/r$ ஆகும்.

நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியின்படி இதற்குச் சமமான ஆனால் எதிரான விசை இயங்கவேண்டும். நாம் கல்லைச் சுழற்றும்பொழுது, கயிறு நமது கையை வெளிப்புறமாக இழுப்பதை அறியலாம். இதற்கு மைய விலகு விசை (Centrifugal force) என்று பெயர். நாம் மோட்டார்காரில் பிரயாணம் செய்யும்பொழுது கார் திடீரென்று இடது புறம் வளைந்து திரும்பினால், நாம் வலது புறமாகத் தள்ளப்படுவதை அறிவோம்.

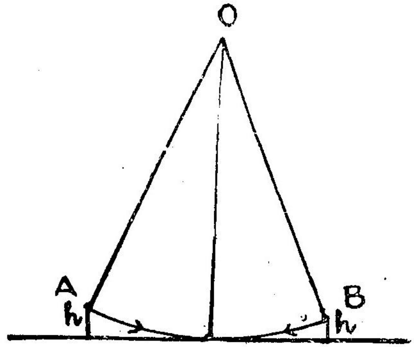
எளிய ஆர்மானிக் இயக்கம் (Simple Harmonic Motion)

நாம் இதுவரை ஆராய்ந்ததெல்லாம் சீரான முடுக்கத்தின் விளைவுகள் (Uniform acceleration). முதலில், நேர் பாதையில், சீரான வேக வளர்ச்சியுடன் செல்லும் பொருள்களை ஆராய்ந்தோம். அதாவது திசை மாறாமல் வேகம்மட்டும் சீராக உயர்ந்தது. பிறகு, வட்டப்பாதை

யில் சீரான முடுக்கத்துடன் செல்லும் பொருள்களைப்பற்றி இவ் வத்தியாயத்தில் பார்த்தோம்; அதாவது அவற்றின் வேகம் மாருமல் திசை மட்டும் சீராக மாறியது.

இப்பொழுது, முடுக்கம் சீராக இல்லாமல் மாறுபடும் இயக்கத்தைச் சற்று கவனிப்போம். இரண்டாம் அத்தியாயத்தின் இறுதியில் பார்த்த தனி ஊசல் இதற்கு ஓர் உதாரணமாகும்.

தனி ஊசலின் குண்டு எப்பொழுதும் மையத்தை நோக்கியே இழுக்கப்படுகிறது. புவி ஈர்ப்பு விசை அதன்மீது செயல்படுவதால், இவ் விசை திரும்பு தானங்களில் மிக அதிகமாயும் (mgh), மையத்தில் பூச்சியமாகவும் இருக்கும். ஆகவே, குண்டின்மீது இயங்கும் முடுக்கமும்



படம் 11.

A, B என்ற திரும்புதானங்களில் மிக அதிகமாகவும் மையத்தில் பூச்சியமாகவும் இருக்கும். குண்டு வலப்புறமிருக்கையில் முடுக்கம் இடப்புறமாகவும், குண்டு இடப்புறமிருக்கையில் முடுக்கம் வலப்புறமாகவும் செயல்படும். இவ்வித இயக்கத்திற்கு எளிய ஹார்மானிக் இயக்கம் என்று பெயர்.

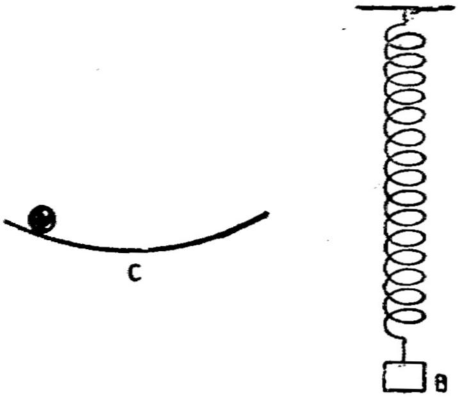
ஆகவே, ஒரு பொருளின் முடுக்கம் எப்பொழுதும் ஒரு மையத்தை நோக்கிச் செயல்பட்டு முடுக்கத்தின் அளவு, பொருள் மையத்தி லிருந்து விலகியுள்ள தூரத்திற்கு நேர் விகிதமாயிருந்தால், அப் பொருள் எளிய ஹார்மானிக் இயக்கத்திலுள்ளது எனப்படும்.

எளிய ஹார்மானிக் இயக்கம், பௌதிகத்தின் வெவ்வேறு பகுதி களில், பலமுறை நமது கவனத்திற்கு வரும்.

தனி ஊசலை முன்னே பார்த்தோம்.

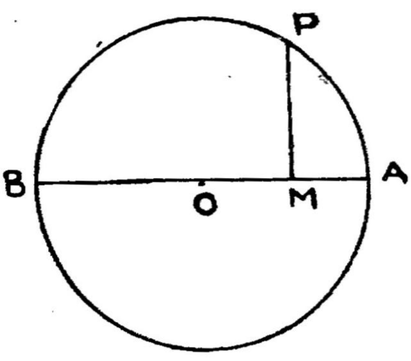
ஒரு நீள் வில்லின் (Spiral spring) ஒரு நுனியில் ஓர் எடை யைக்கட்டி, மறு முனையை நிலையாகப் பிடித்து எடையைச் சிறிது கீழே இழுத்து விட்டுவிட்டால், அது மேலும் கீழும் எளிய ஹார்மானிக் இயக்கத்தில் ஆடும்.

ஒரு குவிய கிண்ணத்தில், உராய்வதற்கு ஒரு கோளத்தை வைத்து உருட்டிவிட்டால், அது மையத்திற்கு இருபுறமாக எளிய ஹார்மானிக் இயக்கத்தில் உருளும்.



படம் 12.

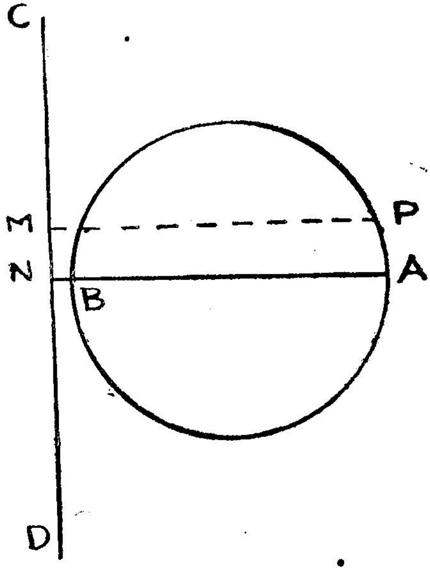
ஒரு இசைக்கவையோ, சுருதிமானியோ (sonometer) சப்திக்கும் போது, அவை எளிய ஹார்மானிக் இயக்கத்தில் ஈடுபடுகின்றன.



படம் 13.

ஒரு புள்ளி (P) A-யிலிருந்து துவங்கி, ஒரு வட்டப் பாதையில் சீரான வேகத்துடன் செல்கிறதென வைத்துக்கொள்வோம். அப் புள்ளியிலிருந்து AB என்ற விட்டத்தின்மேல் செங்குத்தை (PM) வரை. P சீரான வேகத்துடன் வட்டப்பாதையில் செல்லும்போது, M என்ற புள்ளி AB விட்டத்தின்மீது எளிய ஹார்மானிக் இயக்கம் செய்கிறது. M-இன் முடுக்கம் OM-க்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது; எப்பொழுதும் O-வை நோக்கியே செயல்படுகிறது.

P-யின் வீழ்ச்சி (Projection) ஒரு விட்டத்தின்மீதுதான் இருக்க வேண்டுமென்ற அவசியமில்லை. எந்த நேர்கோட்டையும் எடுத்துக் கொள்ளலாம். உதாரணமாக CD என்ற நேர்கோட்டின்மீது



படம் 14.

P-யிலிருந்து செங்குத்தான கோடு வரை. அதன் அடிப்புள்ளி M. AOB என்ற விட்டத்தை CD-க்குச் செங்குத்தாக வரை. அது CDயை N-ல் தொடுகிறது. P வட்டப்பாதையில் சீரான வேகத்துடன் செல்கையில் M என்ற புள்ளி N-க்கு இருபுறமும் CD என்ற கோட்டின் மீது எளிய ஹார்மானிக் இயக்கம் செய்கிறது.

ஆகவே, எளிய ஹார்மானிக் இயக்கம் என்பது, ஒரு நேர் கோட்டின்மீது சீரான வட்ட இயக்கத்தின் வீழ்ச்சியாகும் (Projection of uniform circular motion on a straight line).

உதாரணம் : ஒரு பொருள் 14 செ. மீ. ஆரமுடைய வட்டத்தில் 22 செ.மீ. / விநாடி வேகத்தில் சுற்றிச் செல்கிறது. அதன் கோண வேகமும் மையநோக்கு முடுக்கமும் என்ன ? ($\pi = 22/7$).

வட்டத்தின் சுற்றளவு

$$= 2\pi r = \frac{2 \times 22}{7} \times 14 = 88 \text{ செ. மீ}$$

ஒரு வட்டம் சுற்றுவதற்கு

$$\text{எடுத்த நேரம்} = \frac{88}{22} = 4 \text{ விநாடி}$$

175048 C (12)31K8

4 விநாடியில் பொருள் 360° கோணம் வரைகின்றது

$$\therefore \quad \text{கோணவேகம்} = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ / \text{விநாடி}$$

$$\text{மைய நோக்கு முடுக்கம்} = \frac{v^2}{r} = \frac{22 \times 22}{14} = 34\tfrac{4}{7} \text{ செ.மீ./விநாடி}^2$$

பயிற்சி

1. ஒரு பொருள் ஒரு வட்டப் பாதையில் 15°/விநாடி கோண வேகத்துடன் செல்கிறது. எட்டு வட்டங்களை வரைய எவ்வளவு நேரம் பிடிக்கும்? விடை: 96 விநாடிகள்.

2. 16 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு பொருள் 20 செ. மீ. ஆரமுடைய ஒரு வட்டப் பாதையில் 5 செ. மீ./விநாடி வேகத்துடன் செல்கிறது. அதன் மைய நோக்கு விசையென்ன? விடை: 20 டைன்

3. 168 பவுண்டு எடையுடைய ஓட்டப்பந்தயக்காரர் $\frac{1}{4}$ மைல் சுற்றளவுடைய வட்டப் பாதையை 48 விநாடிகளில் ஓடுகிறார். அவரது வேகம் சீராயிருந்தால் அவரது மைய நோக்கு விசை யாது? ($\pi = 22/7$) விடை: 605 பவுண்டல்கள்.

4. நீர் நிறைந்த ஒரு வாளி 180 செ. மீ. ஆரமுடைய வட்டப் பாதையில் செங்குத்தாகச் சுற்றப்படுகிறது. நீர் கீழே கொட்டப் படாமலிருக்க அதன் குறைந்த வேகம் யாது?

(குறிப்பு: அதன் உச்ச நிலையில், அது தலைகீழாய்ச் செல்லும் பொழுது, $\frac{mv^2}{r}$ என்ற விசை mg ஐவிட அதிகமாயிருக்கவேண்டும்).

விடை: 420 செ.மீ./விநாடி.

5. ஒரு இராட்டினம் 60π விநாடிகளில் 12 சுற்றுகள் செல்கிறது. 80 பவுண்டு எடையுடைய ஒரு சிறுவன் அதன் மையத்திலிருந்து 10 அடி தூரத்தில் உட்கார்ந்துள்ளான. அவன்மீது செயல்படும் மைய விலகு விசை யாது? விடை: 128 பவுண்டல்; அல்லது 4 பவு. எடை.

நிலையியல் (Statics)

6. ஒரு புள்ளியில் இயங்கும் விசைகளும் இணை விசைகளும்

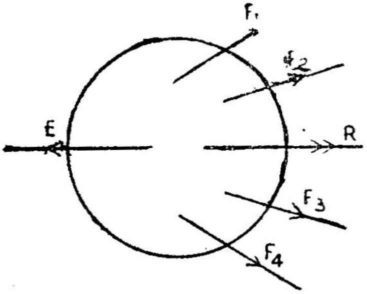
(Forces At a Point And Parallel Forces)

ஒரு பொருளின்மீது ஒரு தனி விசை செயல்பட்டால், அது தன் திசையில் அப் பொருளுக்கு முடுக்கம் ஊட்டும் என்று முந்திய அத்தியாயங்களில் பார்த்தோம். இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட விசைகள் ஒரு பொருளின்மீது செயல்பட்டால், அவை யாவும் சேர்ந்து அப் பொருளை அசையா நிலையில் இருக்கச் செய்யக்கூடும். அப்பொழுது அவ் விசைகள் சமநிலையில் (equilibrium) உள்ளன எனக் கூறப்படும்.

நிலையியல் என்பது சமநிலையிலுள்ள விசைகளைப்பற்றியதாகும்.

ஒரு விசையை முழுவதுமாக ஒரு நேர்கோட்டினால் குறிப்பிடலாம்.

நேர்கோட்டின் ஒரு முனை (A) விசை செயல்படும் புள்ளியையும், கோட்டின் நீளம் விசையின் அளவையும், கோட்டின் திசை (AB) விசை இயங்கும் திசையையும் குறிப்பிடும்.



படம் 15.

ஒரு பொருளின்மீது F_1, F_2, F_3...என்று பல விசைகள் செயல்பட்டாலும், அப் பொருள் ஏதாவதொரு திசையில்தான் முடுக்கம் ஊட்டப்பெறும். இதே முடுக்கத்தை, அதே திசையில் ஒரே ஒரு விசை உண்டுபண்ணக் கூடும். இவ் விசையே அப் பல்வேறு விசைகளின் தொகுபயன் (Resultant) (R) எனப்படும்.

பல்வேறு விசைகள் ஏக காலத்தில் செயல்படுவதால் உண்டாகும் பயனைத் தான்மட்டும் தனியாகச் செயல்படுவதால் உண்டாக்கக் கூடிய ஒரு விசையே அப் பல்வேறு விசைகளின் தொகுபயன் எனப்படும்.

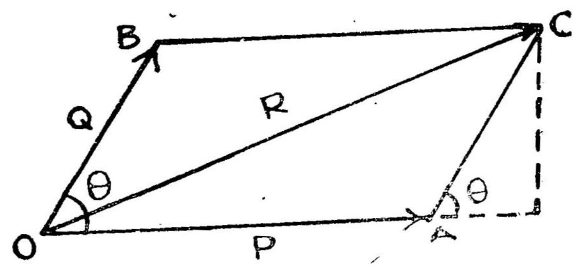
$F_1F_2F_3$...எனப் பல விசைகள் ஒரு பொருளின்மீது செயல்பட்டால், இன்னும் ஒரு விசையை அப் பொருளின்மீது பிரயோகித்து அதை அசையா நிலையில் வைக்கக்கூடும். இவ் விசைக்குச் சமநிலையாக்கி (E) (Equilibrant) என்று பெயர்.

ஆகவே, பல விசைகளின் சமநிலையாக்கி என்பது அவ் விசைகளோடு சேர்த்து ஒரு பொருளை அசையா நிலையில் வைக்கும் ஒரு விசை.

இதிலிருந்து, தொகுபயனும் சமநிலையாக்கியும் சம அளவுள்ள விசைகள் என்பதும், அவை ஒரே நேர்கோட்டில் எதிர்ப்புறமாகச் செயல்படுகின்றன என்பதும் விளங்கும்.

விசையின் இணைகர விதி (Parallelogram Law of Forces).

ஒரு விசையை முழுவதுமாக ஒரு நேர்கோட்டால் குறிப்பிட்டு விடலாம் என்று பார்த்தோம்.



படம் 16.

OA, OB என்பவை P, Q என்ற இரு விசைகள்: O என்ற புள்ளியில் செயல்படுகின்றன என்று வைத்துக்கொள்வோம். இவ்விரு விசைகளின் தொகு பயனைக் கண்டுபிடிக்க OACB என்ற இணைகரத்தைப் பூர்த்திசெய். OC என்ற மூலைவிட்டமே அவற்றின் தொகு பயன். இது, விசையின் இணைகர விதி எனப்படும்.

"ஒரு புள்ளியில் செயல்படும் இரு விசைகளை அளவிலும் திசையிலும் ஓர் இணைகரத்தின் அண்டைப்பக்கங்கள் குறிப்பிட்டால், அவற்றின் தொகுபயனை அப் புள்ளியின் வழியே செல்லும் அவ் விணைகரத்தின் மூலைவிட்டம் அளவிலும் திசையிலும் குறிக்கும்''.

இவ்விரு விசைகள் இயங்கும் திசைகளுக்கிடையே உள்ள கோணம் θ என்று கொண்டால், விசைகளின் தொகுபயன்

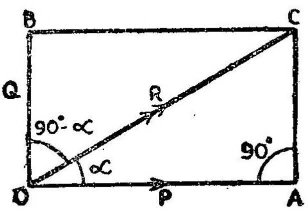
$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \theta}$ என்ற சமன்பாட்டினால் கிடைக்கும்.

இரு விசைகளும் செங்குத்தாகச் செயல்பட்டால், அவற்றின் தொகுபயன் $R = \sqrt{P^2 + Q^2}$

விசைப்பகுப்பு (Resolution of A Force)

இரு விசைகளின் தொகுபலனைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு விசைத் தொகுப்பு (Composition of forces) என்று பெயர். ஒரு விசையின் கூறுகளைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு விசைப்பகுப்பு (Resolution of a force) என்று பெயர்.

மிகவும் முக்கியமான பகுப்பு, ஒரு விசையைச் செங்குத்தான இரு திசைகளில் பகுப்பதாகும்.



படம் 17.

கொடுக்கப்பட்ட R என்னும் ஒரு விசையை OA, OB என்ற செங்குத்தான திசைகளில் பகுத்தால்

$\frac{P}{R}$ = காஸ் ∝ ∴ P = R காஸ் ∝

$\frac{Q}{R}$ = சைன் ∝ ∴ Q = R சைன் ∝'

சமநிலையின் நிபந்தனைகள் (Conditions of Equilibrium)

(1) ஒரு புள்ளியில் செயல்படும் இரு விசைகள்

ஒரு புள்ளியில் செயல்படும் இரு விசைகள் சமநிலையில் இருந்த தானல் (i) அவை சம அளவாய் இருத்தல் வேண்டும். (ii) எதிர்ப் புறமாகச் செயல்படவேண்டும்.

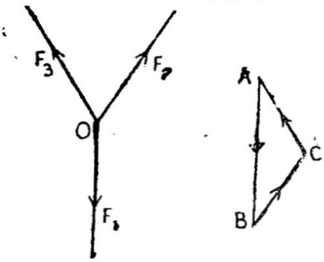
(2) ஒரு புள்ளியில் செயல்படும் மூன்று விசைகள்

ஒரு புள்ளியில் செயல்படும் மூன்று விசைகள் சமநிலையில் இருக்கு மானல் (i) அவை ஒரே தளத்தில் (Plane) இருத்தல் வேண்டும். (ii) அவை விசைகளின் முக்கோண விதிக்குக் (Law of Triangle of forces) கீழ்ப்படியவேண்டும்.

விசைகளின் முக்கோண விதி (Law of Triangle of forces)

"ஒரு புள்ளியில் செயல்படும் மூன்று விசைகளை அளவிலும் திசையிலும் முறையே வரிசையாக எடுக்கப்பட்ட முக்கோணத்தின் பக்கங்களால் குறிக்கக்கூடுமானல், அவை சமநிலையில் இருக்கும்."

O என்னும் புள்ளியின்மீது $F_1F_2F_3$ என்ற மூன்று விசைகள் செயல்படட்டும். ஒரு முக்கோணத்தின் பக்கங்களாகிய AB, BC, CA, இந்த $F_1F_2F_3$ என்ற மூன்று விசைகளுக்கு இணையாக வரையப்படட்டும். விசைகளின் முக்கோண விதியின்படி, முக்கோணத்தின் மூன்று பக்கங்களின் அளவுகள் $F_1F_2F_3$ என்ற விசைகளுக்கு நேர் விகிதத்திலிருந்தால், விசைகள் சம நிலையில் இருக்கும் (புள்ளி அசையா நிலையிலிருக்கும்).



படம் 18.

இவ் விதியின் மறுதலையும் (Converse) உண்மையே; அதுவும் முக்கியமான விதியாகும்.

"மூன்று விசைகள் ஒரு புள்ளியின்மேல் செயல்பட்டு அதை அசையா நிலையில் வைக்குமானால், அம் மூன்று விசைகளை அளவிலும் திசையிலும் முறையே வரிசையாக எடுக்கப்பட்ட முக்கோணத்தின் பக்கங்களால் குறிக்கலாம்".

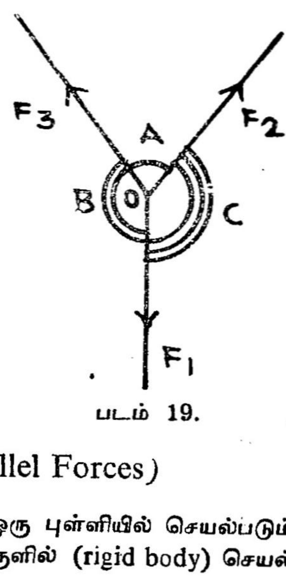
லாமியின் தேற்றம் (Lami's Theorem)

"ஒரு புள்ளியில் செயல்படும் மூன்று விசைகள் சமநிலையிலிருந்தால், ஒவ்வொரு விசையும் மற்ற இரு விசைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணத்தின் சைனுக்கு (Sine) நேர் விகிதமாயிருக்கும்".

$F_1F_2F_3$ என்ற மூன்று விசைகள் O என்னும் புள்ளியில் செயல்பட்டுச் சம நிலையிலிருக்கட்டும். அவைகளுக்கிடையேயுள்ள கோணங்கள் படத்தில் கண்டபடி, A, B, C என்று இருந்தால் இத் தேற்றத்தின்படி,

$$\frac{F_1}{\text{சைன் } A} = \frac{F_2}{\text{சைன் } B} = \frac{F_3}{\text{சைன் } C}$$

இதை விசைகளின் முக்கோண விதிகொண்டு நிரூபிக்கலாம்.

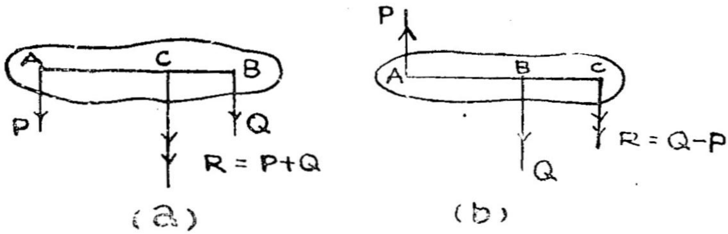


படம் 19.

இணை விசைகள் (Parallel Forces)

இதுவரை நாம் பார்த்தவையெல்லாம் ஒரு புள்ளியில் செயல்படும் விசைகள். இனி, ஒரு விறைப்புப் பொருளில் (rigid body) செயல்

படும் இணைவிசைகளைச் சற்றுக் கவனிப்போம் : (விசைகள் தம்மீது செயல்படும்பொழுது, நெகிழ்ந்து வடிவம் மாருத பொருள்களே விறைப்புப் பொருள்கள் எனப்படும்.)



படம் 20.

படம் 20 (a)-இல் P, Q என்ற இரு விசைகள் ஒரு விறைப்புப் பொருளின்மீது. A, B என்ற புள்ளிகளில் ஒரே திசையில் செயல்படுகின்றன. இவற்றிற்கு ஒத்த இணை விசைகள் (Like Parallel forces) என்று பெயர். படம் 20 ( )-இல் P, Q விசைகள் A, B என்ற புள்ளிகளில் எதிர்ப்புறமாகச் செயல்படுகின்றன. இவற்றிற்கு எதிர் இணை விசைகள் (Unlike Parallel forces) எனப் பெயர்.

இரு இணை விசைகளின் தொகுபயன் :

P, Q என்ற இரு இணைவிசைகள் ஒரு விறைப்புப் பொருளின் மீது A, B என்ற புள்ளிகளில் செயல்பட்டால், அவற்றின் தொகு பயனைக் கீழ்க்கண்டவாறு அறியலாம் :

(i) இரு விசைகள் ஒத்தவையாயிருந்தால் தொகுபயனின் அளவு $R=P+Q$; எதிர்விசைகளாயிருந்தால் R=PNQ (PNQ என்ருல், PQ இரண்டின் வித்தியாசம் என்பது பொருள்).

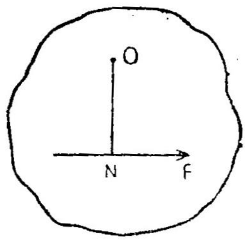
(ii) விசைகள் ஒத்தவையாயிருந்தால், தொகுபயனும் அவற்றின் திசையில் செயல்படும்; எதிர்விசைகளாயிருந்தால், தொகுபயன் பெரிய விசையின் திசையில் செயல்படும்.

(iii) தொகுபயன் செயல்படும் புள்ளி C, AB கோட்டின்மீது உள்ளது. அதை $P\times AC=Q\times BC$ என்ற சமன்பாட்டால் கணிக்கலாம். விசைகள் ஒத்தவையாயிருந்தால், C புள்ளி AB க்கு உள்ளாக இருக்கும்; விசைகள் எதிராக இருந்தால், C புள்ளி AB க்கு வெளியே இருக்கும்.

விசையின் திருப்புதிறன் (Moment of A Force)

O என்ற அச்சை (axis) சுற்றிச் சுழலக்கூடிய ஒரு பொருளின் மீது F என்ற விசை செயல்பட்டால், பொதுவாக அப் பொருள்

அச்சைச் சுற்றிச் சுழலும். ஆனால் இவ் விசையின் செயல்படும் கோடு அச்சின் வழியாகச் சென்றால் இவ்வாறு சுழலாது. உதாரணமாக, ஒரு கதவைத் திறக்கும்பொழுது அது தனது கீலைச் சுற்றித் திரும்பும். ஆனால், கீலை நோக்கிக் கதவைத் தள்ளினால் அஃது அசையாது நிற்கும்.



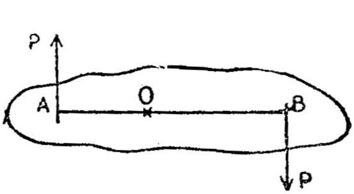
படம் 21.

திரும்பும் பொருளின்மேல் விசையின் பயன், விசையின் அளவையும், அச்சிலிருந்து அதன் தூரத்தையும் பொறுத்துள்ளது. விசையின் அளவையும், அச்சிலிருந்து அதன் தூரத்தையும் பெருக்கி வந்த (FXON) தொகைக்கு, அச்சைச் சுற்றி அவ் விசையின் திருப்புதிறன் (Moment of the Force about O) என்று பெயர்.

இரு எதிர் இணைவிசைகளின் தொகுபயனின் அளவு அவற்றின் வித்தியாசம் என்று மேலே கண்டோம். இவ்விரு விசைகளின் அளவு சமமாயிருந்தால் அவற்றின் தொகுபயன் பூச்சியமாகும். இந்த ஜோடிக்குச் சுழல் இரட்டை (Couple) என்று பெயர். ஆகவே இரு சமமான எதிர் இணைவிசைகள் சுழல் இரட்டையாகும்.

சுழல் இரட்டைக்குத் தொகுபயன் விசை இல்லை. ஆகையால் பொருள் எத் திசையிலும் நகர்ந்து செல்லாது. ஆனால் விசைகள் நேர்கோட்டில் இயங்காதபடியால் அவை ஒன்றையொன்று அழித்து விடவும் முடியாது. சுழல் இரட்டை, பொருளைச் சுழலச் செய்கிறது.

சுழல் இரட்டையின் திருப்பு திறன், விசையின் அளவையும் அவை இரண்டிற்குமிடையே உள்ள செங்குத்தான தூரத்தையும் பெருக்கி வந்த தொகையாகும் ($P \times AB$).

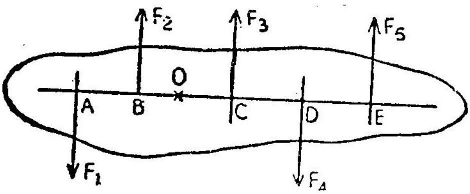


படம் 22.

ஏனென்றால், AB யின்மேல் ஏதாவதொரு O என்ற புள்ளியை எடுத்துக்கொண்டால், O-வைச்சுற்றி இவ்விரு விசைகளின் திருப்பு திறன் $= P \times OA + P \times OB = P(OA + OB) = P \times AB$.

ஒருதள இணைவிசைகளின் சமநிலைக்கான நிபந்தனைகள்

(Conditions for Equilibrium for Coplaner Parallel Forces)



படம் 23.

F_1 F_2 F_3 F_4 F_5...என்ற இணைவிசைகள், ஒரு தளத்தில் ஒரு பொருளின்மேல் செயல்பட்டு அதைச் சமநிலையில் வைக்கின்றன. இவ் விசைகளுக்குச் செங்குத்தாக ஒரு கோடு வரை. கோடு, விசைகளை A, B, C, D, E...என்ற புள்ளிகளில் வெட்டுகிறது.

பொருள் சமநிலையிலிருப்பதால், அதில் இடப்பெயர்ச்சியுமில்லை, சுழற்சியுமில்லை. ஆகையால், (1) இவ்விணை விசைகளின் தொகுபயன் பூச்சியமாகவேண்டும்; (2) அவற்றின் தளத்திலே உள்ள எந்தப் புள்ளியையும் சுற்றி அவ் விசைகளின் திருப்புதிறன் பூச்சியமாக வேண்டும். விசைகளுக்கும், சுழற்சிக்கும் திசையும் அளவும் உண்டு. ஆகையால், இந் நிபந்தனைகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம் :

(1) $F_1 - F_2 - F_3 + F_4 + F_5 = O$

(2) $F_1 \times OA - F_2 \times OB + F_3 \times OC - F_4 \times OD + F_5 \times OE = O$

(— குறியுள்ள திருப்புதிறன் கடிகார முள்ளின் திசையிலும், + குறியுள்ளவை அதற்கு எதிர்ப்புறத்திலும் சுழற்சி உண்டுபண்ணுகின்றன.)

ஆகவே, பல ஒருதள இணைவிசைகள் ஒரு பொருளைச் சமநிலையில் வைக்குமானால், (1) விசைகளின் குறியியல் தொகை (algebraic sum) பூச்சியமாயிருக்கும்; (2) அவற்றின் திருப்புதிறன்களின் குறியியல் தொகையும் பூச்சியமாகும்.

இக் கொள்கைகளைப் பல்வேறு வகைகளில் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

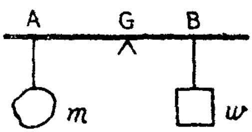
(1) ஒரு சட்டத்தின் எடையைக் கண்டுபிடித்தல்.

படம் 24.

முதலாவது, சட்டத்தை ஒரு கத்தி விளிம்பின்மீது சமநிலையாக நிற்கவைத்து, அதன் ஈர்ப்பு மையத்தைக் (G) கண்டுபிடி. இனி, சட்டத்தின் ஒரு நுனியருகே (A) P என்ற அளவு அறியப்பட்ட ஓர் எடையைத் தொங்கவிட்டு, சட்டத்தைக் கத்தி விளிம்பின் மீது சமநிலையாக்கு (O). இப்பொழுது $W \times OG = P \times AO$. இதிலிருந்து W தெரியவரும்.

எடையையும் அதன் இடத்தையும், கத்தி விளிம்பின் தானத்தையும் மாற்றி, பலமுறை, சட்டத்தின் எடையைக் கணித்துச் சராசரி அளவை எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

(2) கல்லின் எடையைக் கண்டுபிடித்தல்.



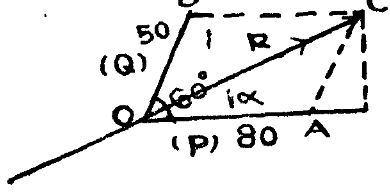
படம் 25,

சட்டத்தைக் கத்தி விளிம்பின்மேல் அதன் ஈர்ப்புத் தானத்தில் வைத்து, கல்லை ஒருபுறமும் தெரிந்த எடையை மறுபுறமும் தொங்க வைத்துச் சமநிலைப்படுத்து. $m \times AG = P \times GB$ என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து கல்லின் எடை (m) தெரியவரும். தொங்கவிடும் இடங்களையும் P யின் அளவையும் மாற்றிப் பல அளவுகள் பெற்றுச் சராசரி அளவைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

கல்லை ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள நீரில் அமிழ்த்தி அதன் புதிய எடையைக் கண்டுபிடித்தால் கல்லின் அடர்த்தியைக் கணிக்கலாம். கல்லை ஒரு திரவத்தில் அமிழ்த்தி அதன் எடையைக் கண்டுபிடித்தால் திரவத்தின் அடர்த்தி தெரியவரும்.

உதாரணங்கள்

1. 50 டைன், 80 டைன் விசைகள் 60° கோணத்தில் ஒரு புள்ளியின்மீது செயல்படுகின்றன. அவற்றைச் சமநிலையில் வைக்கும் விசை யாது?



இரு விசைகளின் தொகுபயன்: $R^2 = P^2 + Q^2 + 2\,PQ\cos\theta$

இங்கு: $P = 80;\ Q = 50;\ \theta = 60^\circ$

$\therefore R^2 = 6400 + 2500 + 2 \times 80 \times 50 \times \frac{1}{2} = 12,900$

$\therefore R = 113{\cdot}58$ டைன்

R-க்கும் P-க்குமிடையே உள்ள கோணம் α என்றால்,

$$\text{டாஞ்செண்ட் } \alpha = \frac{Q \text{ சைன் } \theta}{P + Q \text{ காஸ் } \theta} = \frac{50 \times \sqrt{3}}{80 + (50 \times \frac{1}{2})}$$

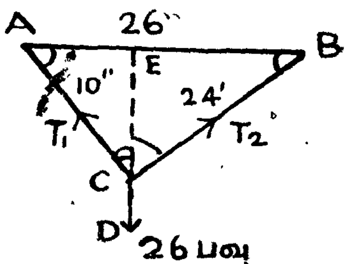
$$= \frac{25\sqrt{3}}{105} = \frac{5\sqrt{3}}{21}$$

தேவையான விசை R-க்கு நேர் எதிராக இருக்கவேண்டும்.

2. 26 பவுண்டு நிறையுடைய ஒரு பொருள், 10″, 2 அடி நீளமுடைய இரு கயிறுகளால் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. கயிறுகள் 26″ தூரத்தில் ஒரே கிடைமட்டத்திலுள்ள இரு புள்ளிகளில் கட்டப்பட்டிருந்தால், கயிறுகளின் இழுவிசைகள் என்ன ?

AC, BC என்ற கயிறுகள் A, B புள்ளிகளில் கட்டப்பட்டுள்ளன. C என்ற புள்ளியில் பொருள் கட்டப்பட்டுள்ளது. கயிறுகளின் இழு விசை T_1, T_2 யாக இருக்கட்டும்.

லாமியின் தேற்றப்படி,



$$\frac{T_1}{\text{சைன் } D\hat{C}B} = \frac{T_2}{\text{சைன் } D\hat{C}A} = \frac{26}{\text{சைன் } A\hat{C}B}$$

$AB^2 = AC^2 + CB^2$ என்று இருப்பதால், $\angle ACB = 90°$

ஆகையால் $E\hat{C}B = B\hat{A}C$; $A\hat{C}E = A\hat{B}C$.

$T_1 = 26$ சைன் $D\hat{C}B = 26$ சைன் $(180° - D\hat{C}B) = 26$ சைன் $E\hat{C}B = 26$ சைன் $B\hat{A}C$

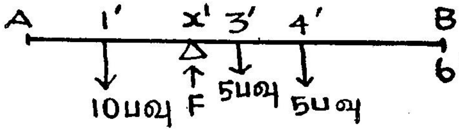
$= 26 \times \frac{24}{26} = 24$ பவு. எடை.

$T_2 = 26$ சைன் $D\hat{C}A = 26$ சைன் $(180° - D\hat{C}A) = 26$ சைன் $E\hat{C}A = 26$ சைன் $A\hat{B}C$

$= 26 \times \frac{10}{26} = 10$ பவு. எடை.

3. ஆறடி நீளமும் 5 பவுண்டு நிறையுமுடைய ஒரு தண்டின் ஒரு முனையிலிருந்து 1 அடி தூரத்தில் 10 பவு. எடையும், 4 அடி தூரத்தில் 5 பவு. எடையும் தொங்கவிடப்படுகின்றன. தண்டு எவ்விடத்தில் சமநிலைப்படும்.

A என்ற முனையிலிருந்து x அடி தூரத்தில் சமநிலைப்படுவதாகக் கொள்வோம்.



10 பவு., 5 பவு., 5 பவு. கீழாகச் செயல்படுகின்றன. ↓

∴ x அடி தூரத்தில் $10+5+5=20$ பவு. மேலாகச் செயல்படுகிறது. ↑

(இணை விசைகளின் முதலாம் விதி).

A-ஐச் சுற்றித் திருப்பு திறன்களை எடுத்தால் (2-ம் விதி)

$$10\times1-20\times x+5\times3+5\times4=0$$

$$\therefore x=\frac{45}{20}=2{\cdot}25 \text{ அடி.}$$

∴ தண்டு A-யிலிருந்து $2\frac{1}{4}$ அடி தூரத்தில் சமநிலைப்படும்.

பயிற்சி

1. 5 டைன், 6 டைன் அளவுடைய இருவிசைகள் 30° கோணத்தில் ஒரு புள்ளியில் செயல்படுகின்றன. அவற்றின் தொகுபயன் யாது ?

விடை : 10·63 டைன், சிறிய விசைக்கு 16°45′ கோணத்தில் உள்ளது.

2. 6 பவுண்டல், 12 பவுண்டல் விசைகள் இரண்டு 60° கோணத்தில் ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கின்றன. அவற்றின் தொகு பயன் என்ன ?

விடை : 15·87 பவுண்டல், சிறிய விசைக்கு 40°54′ கோணத்தில் உள்ளது.

3. 5 டைன், 12 டைன் விசைகள் நேர் கோணத்திலுள்ளன. அவற்றின் தொகு பயன் யாது ?

விடை : 13 டைன், சிறிய விசைக்கு 22°37′ கோணத்தில்.

4. F_1, F_2, F_3 என்ற மூன்று விசைகள் ஒரு புள்ளியில் இயங்கி அதைச் சமநிலையில் வைக்கின்றன. F_1, F_2-க்கிடையே உள்ள

கோணம் 150°, F_2, F_3-க்கிடையே 120°. $F_1 = 40$ டைன் என்றால், F_2, F_3-யின் அளவு என்ன ?

விடை: $80/\sqrt{3}$; $40/\sqrt{3}$ டைன்.

5. 10 அடி நீளமுடைய ஒரு கயிறு 6 அடி தூரத்தில் கிடைமட்டமான இரு புள்ளிகளில் கட்டப்பட்டுள்ளது. அதன் மத்தியப் புள்ளியிலிருந்து 8 பவுண்டு எடையுடைய ஒரு கல் கட்டப்பட்டுத் தொங்குகிறது. கயிறுகளின் இழுவிசை என்ன ?

விடை: 8 பவு. எடை; 5 பவு. எடை, 5 பவு. எடை.

6. 8 அடி தூரத்தில் கிடை மட்டமாயுள்ள இருபுள்ளிகளிடையே கட்டப்பட்ட 12 அடி நீளமுடைய ஒரு கயிற்றின் மத்தியப் புள்ளியிலிருந்து, $\sqrt{5}$ பவு. நிறையுடைய ஒரு கல் கட்டப்பட்டுள்ளது. கயிறுகளின் இழுவிசையைக் கணி.

விடை: $\sqrt{5}$ பவு. எடை; 1·5 பவு. எடை; 1·5 பவு. எடை.

7. 5 பவு. நிறையுடைய ஒரு கல், 3 அடி, 4 அடி நீளமுடைய இரு கயிறுகளால் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. கயிறுகளின் மறு நுனிகள் கிடைமட்டமாய் 5 அடி தூரத்திலுள்ள இரு புள்ளிகளில் கட்டப்பட்டிருந்தால், கயிறுகளின் இழுவிசை என்ன ?

விடை: 4 பவு. எடை; 3 பவு. எடை.

8. 4 அடி நீளமுடைய AB என்ற தண்டின் B முனையிலிருந்து 4 பவுண்டு நிறையுடைய ஒரு கல் கட்டப்பட்டுள்ளது. தண்டு A-யிலிருந்து 3 அடி தூரத்தில் சமநிலையடைந்தால், தண்டின் எடையென்ன ?

விடை: 4 பவுண்டு.

9. 400 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு மீட்டர் ஸ்கேலின் 80 ஆவது செ.மீ. குறியிலிருந்து ஒரு கல் கட்டப்பட்டுள்ளது. அந்த ஸ்கேல் 60 ஆவது செ.மீ. குறியில் சமநிலைப்பட்டால், கல்லின் எடை என்ன ?

விடை: 200 கிராம்.

10. 800 கிராம் நிறையுடைய ஒரு மீட்டர் ஸ்கேல் 40 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள இரு கத்தி முனைகளின்மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஸ்கேலின் 20 செ.மீ. ஒரு கத்திமுனைக்கு அப்பால் நீட்டிக்கொண்டிருந்தால் அவ்விரு கத்திமுனைகளின்மீது செயல்படும் எதிர்த் தாக்கு விசை என்ன ?

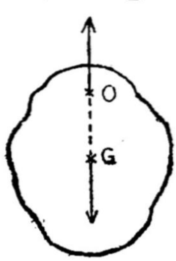
விடை: 600 கிராம் எடை; 200 கிராம் எடை.

7. ஈர்ப்பு மையம் (Centre of Gravity)

ஒரு பொருளின் ஒவ்வொரு துகளும் பூமியை நோக்கிக் கீழே இழுக்கப்படுகின்றது. ஆகவே, துகள்களின் எடைகள் யாவும் பல ஒத்த இணை விசைகளாய் அமைகின்றன. இவைகளின் தொகு பயனே அப் பொருளின் எடையாகும். பொருளை வெவ்வேறு புறமாகத் திருப்பினால், இத் தொகுபயன் எப்பொழுதும் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியின் வழியாகவே செல்லுகிறது. இப் புள்ளியே அப் பொருளின் ஈர்ப்பு மையம் எனப்படும்.

ஆகவே, ஒரு பொருளின் ஈர்ப்புமையம் என்பது, அப் பொருளின் எந்த நிலையிலும் அதன் துகள்களின் எடைகளின் தொகு பயன் செல்லும் ஒரு புள்ளியாகும்.

1. சீரான தண்டு (rod) ... மத்தியப்புள்ளி.
2. வட்டம், அல்லது சீரான வட்டத்தகடு...மையம்.
3. சதுரம், நீண்ட சதுரம் அல்லது இணைகரம் } ...எதிர்ப்புற மூலைகளைச் சேர்க்கும் கோடுகள் சந்திக்கும் மையம்.
4. முக்கோணம், சீரான முக்கோணத்தகடு...மூலைகளை எதிர்ப்புறக் கோட்டின் மையத்தோடு சேர்க்கும் கோடுகள் சந்திக்கும் மையம்.
5. கோளம்...........மையம்.
6. நீள் உருளை...........அச்சின் மையம்.



படம் 26.

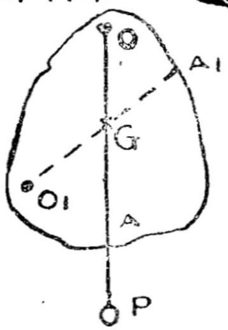
ஒரு சீரான தகட்டின் ஈர்ப்பு மையத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

ஒரு பொருளை O என்ற அதன் ஒரு புள்ளியிலிருந்து தொங்கவிட்டால், அப் பொருளின் மீது இரு விசைகளே செயல்படுகின்றன :

(1) அதன் எடை ஈர்ப்பு மையத்தின் வழியாகக் கீழே இயங்குகிறது.

(2) பொருளைத் தாங்கி நிற்கும் விசை, O என்ற புள்ளியின் வழியாக நேர் மேலே இயங்குகிறது. பொருள் அசையாமல் நிற்ப தால் இவ்விரு விசைகளும் சம அளவாக இருக்கவேண்டும்; அவை ஒரே நேர்கோட்டில் இயங்கவேண்டும். ஆகவே, தொங்கு புள்ளியி லிருந்து செங்குத்தாகக் கீழே கோடு வரைந்தால், அஃது ஈர்ப்பு மையத்தின் வழியாகச் செல்லவேண்டும்.

இதைப் பயன்படுத்தி, தகட்டின் ஈர்ப்பு மையத்தைக் கண்டு பிடிக்கலாம். தகட்டின் ஓரத்திலேயுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து (O) அதைத் தன்வயமாகத் (freely) தொங்கவிடு. அதே புள்ளியிலிருந்து ஓர் ஈயக்குண்டை (P) ஒரு நூலில் கட்டித் தொங்கவிடு. நூல் தகட்டின்மீது படும் கோட்டைக் குறித்துக்கொள். ஈயக்குண்டு தொங்கு புள்ளிக்கு நேர் கீழே இருப்பதால் தகட்டின் ஈர்ப்பு மையம் இக் கோட்டின்மீதுதான் இருக்க வேண்டும். இப்பொழுது தகட்டை வேறொரு புள்ளியிலிருந்து (O_1) தொங்கவிட்டு, அதன் வழியாகச் செல்லும் செங்குத்தான கோட்டை வரை. இவ்விரு கோடுகளும் சந்திக்கும் புள்ளியே தகட்டின் ஈர்ப்பு மையம். புள்ளியைச் சந்தேக மற நிருணயிப்பதற்கு, தகட்டை மூன்றும் புள்ளியொன்றிலிருந்து தொங்கவிட்டு, செங் குத்துக் கோட்டை வரைந்து ஈர்ப்பு மையத்தின் வழியாகச் செல்கிறதா என்று கவனிக்கலாம்.



படம் 27.

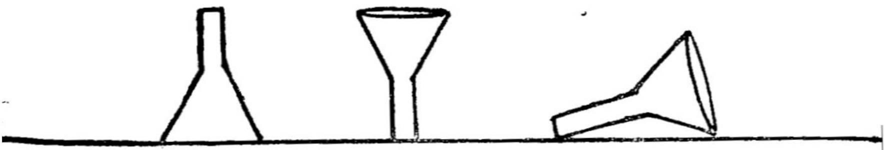
சமநிலையின் நிலைபேறு (Stability of Equilibrium)

ஒரு தகட்டை ஒரு புள்ளியிலிருந்து தொங்கவிடுவோம். இப் பொழுது அதைச் சிறிதே நகர்த்தி விட்டுவிட்டால், அது தன் பழைய நிலைக்கே வந்துவிடும். இது நிலையான சமநிலை (Stable equilibrium) எனப்படும்.

தகட்டை 180° கோணமாகத் திருப்பி, கவனமாக விட்டுவிட்டால் மறுபடியும் அது சமநிலையில் நிற்கும். இப்பொழுது அதைச் சிறிதே நகர்த்திவிட்டால், அது பழைய இடம் திரும்பாது. அதன் ஈர்ப்பு மையம் தொங்கு புள்ளிக்கு நேர்மேலே இருந்தபடியால் அதைச் சிறிது நகர்த்தியதும் அது சுழன்று, ஈர்ப்பு மையத்தைப் புள்ளிக்கு நேர் கீழே கொண்டுவந்துவிட்டது. தகடு இருந்த சமநிலை, நிலையற்ற சமநிலை எனப்படும் (Unstable equilibrium).

தகடு அதன் ஈர்ப்பு மையத்திலே தொங்கவிடப்பட்டால், தகட்டை எந்த நிலையில் வைத்தாலும் அது ஸ்திர சமநிலையிலேயே இருக்கும். இதற்குச் சர்வத்திர சமநிலை என்று பெயர் (Neutral equilibrium).

இன்னொரு சாதாரண உதாரணம் ஒரு புனலாகும். புனலைக் கவிழ்த்து நிற்க வைத்தால், அது நிலையான சமநிலையில் உள்ளது. புனலை அதன் காம்பின்மீது நிற்கவைத்தால் அது நிலையற்ற சமநிலை.



(a) (b) (c)

சிறிது அசைந்தாலும் கீழே விழுந்துவிடும். ஆகவே, இது நிலையற்ற சமநிலை. புனலைப் படுக்கவைத்தால், அஃது எந்த நிலையிலும் கிடக்கும். இது சர்வத்திர சமநிலையாகும்.

சில உதாரணங்கள்

நிலையான சமநிலை :	தொட்டில், தொங்கவிடப்பட்ட விளக்கு, படம் முதலியன.
நிலையற்ற சமநிலை :	நீளவாட்டத்தில் நிற்கவைத்த பென்ஸில், புத்தகம் முதலியன; உயரமாக, குறுகலாக அடுக்கப்பட்ட செங்கல், விறகுக் குவியல் முதலியன; ஆட்கள் நின்றுகொண்டிருக்கும் சிறிய படகு.
சர்வத்திர சமநிலை :	மேஜைமேல் படுக்கவைக்கப்பட்ட பென்சில்; மேஜைமேல் வைக்கப்பட்ட அல்லது நீரில் மிதக்கும் டென்னிஸ் பந்து.

8. தனி எந்திரங்கள்

(Simple Machines)

நாம் செய்யும் வேலைகளை எளிதாக்கும் சாதனங்களே எந்திரங்கள். எந்திரத்தின் உதவியால், ஓரிரண்டு மனிதர் மிகக் கனமான பளுவை ஒரு கட்டடத்தின் உச்சிக்குத் தூக்குகின்றனர். ஆயிரக்கணக்கான டன் நிறையுள்ள வண்டித்தொடரை இழுத்துச் செல்கிறது நீராவியந்திரம். கப்பிகளைக்கொண்டு பாரமான சுமைகளைக் குறைவான விசையைப் பிரயோகித்து உயரத் தூக்கலாம். ஒரு கப்பியைக்கொண்டு, பிரயோகிக்கப்படும் விசையின் திசையை மாற்றலாம். வாளி நீரை மேலே தூக்க, நமது விசையைக் கீழ்ப்புறமாகப் பிரயோகிக்கிறோம்.

எந்திரம் என்பது, ஓரிடத்தில் பிரயோகிக்கப்பட்ட விசையை வேறோரிடத்தில் அளவு, திசை மாற்றத்துடன் கிடைக்கச் செய்யும் ஒரு சாதனம்.

தனி எந்திரம் என்பது ஒரே ஒரு தத்துவத்தைப் பயன்படுத்துவது.

எந்திரத்தில் நாம் செயல்படுத்தும் விசைக்குத் தாக்குவிசை (effort) என்றும், மேற்கொள்ளப்படும் விசைக்குப் பளு அல்லது தடை (load or resistance) என்றும் பெயர்.

ஓர் எந்திரத்தில் ஒரு தாக்குவிசை ஒரு பளுவைச் சமநிலையில் வைத்தால், பளுவிற்கும் தாக்குவிசைக்குமுள்ள விகிதத்திற்கு எந்திர லாபம் (Mechanical advantage) என்று பெயர்.

நாம் எந்திரங்களை உபயோகிக்கும் பொழுதெல்லாம் தாக்கு விசையும் பளுவும் சாதாரணமாக நகர்ந்தேதீரும்; ஆகவே, பிரயோகிக்கப்பட்ட தாக்கு விசை வேலை செய்கிறது; பளுவுக்கு எதிராக வேலைப்படுகிறது. வேலை எதுவும் உராய்வு முதலிய விசைகளை எதிர்த்து வீணுகவில்லையென்றால், ஆற்றலின் அழிவின்மை விதியின் படி, தாக்கு விசை செய்த வேலையும் பளுவுக்கு எதிராகச் செய்யப்பட்ட வேலையும் சமமாக இருக்கவேண்டும். E என்ற தாக்குவிசை W என்ற

பளுவை எதிர்த்து வேலை செய்கிறதென்றும், அவை நகர்ந்த தூரங்கள் x, y என்றும் வைத்துக்கொண்டால்

$$E \times x = W \times y \quad \therefore \quad \frac{x}{y} = \frac{W}{E}$$

தாக்குவிசையும் பளுவும் நகர்ந்த தூரங்களின் விகிதத்திற்கு வேக விகிதம் (Velocity ratio) என்று பெயர். ஆகவே, வேக விகிதம் எந்திர லாபத்திற்குச் சமம்.

ஆனால், வேலைசெய்யும் எந்த எந்திரத்திலும் பிரயோகிக்கப்பட்ட சக்தியில் ஒரு பாகம் உராய்வு முதலிய விசைகளை எதிர்க்கப் பயன்பட்டுச் செலவாகிவிடும். ஆகவே நாம் எந்திரத்தில் இட்ட வேலையை விட, எந்திரம் செய்யும்வேலை சிறிது குறைவாகவே இருக்கும். எந்திரம் செய்த வேலைக்கும் அதற்காக நாம் அதனுள் இட்ட வேலைக்குமுள்ள விகிதம் எந்திரத்திறன் (Efficiency of the machine) எனப்படும்.

$$\text{எந்திரத்தின் திறன்} = \frac{\text{எந்திரம் செய்த வேலை}}{\text{நாம் இட்டவேலை}} = \frac{W \times Y}{E \times x}$$

$$= \frac{W}{E} \Big/ \frac{x}{y} = \frac{\text{எந்திர லாபம்}}{\text{வேகவிகிதம்}}$$

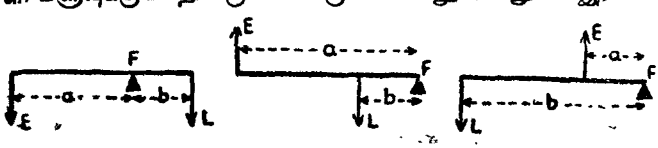
அல்லது, எந்திரலாபம் = எந்திரத்திறன் × வேகவிகிதம்

நெம்புகோல் (Lever)

நெம்புகோல் மிக எளிய, மிகப் பழமையான ஓர் "எந்திரம்". பழங்கால மனிதன், வேர் கிழங்குகளை தோண்டியெடுக்கவும், பெரிய பளுவுகளை நகர்த்தவும் நெம்புகோலை உபயோகித்திருப்பான் என்பதற்குச் சந்தேகமில்லை.

நெம்புகோல் என்பது உறுதியான ஒரு கோல்: நிலையான ஒரு புள்ளியைச் சுற்றிச் சுழலக்கூடியது. இப் புள்ளிக்கு ஆதாரப்புள்ளி (fulcrum) F என்று பெயர். ஓர் இடத்தில் பிரயோகிக்கப்படும் தாக்குவிசை, வேறோரு இடத்தில் செயல்படும் பளுவைத் தாங்கி நிற்கிறது.

நெம்புகோலில் மூன்றுவகைகளுண்டு, முதல்வகையில் ஆதாரப் புள்ளி பளுவுக்கும் தாக்குவிசைக்குமிடையிலுள்ளது. இரண்டாவது



படம் 28.

வகையில் பளு ஆதாரப்புள்ளிக்கும் தாக்குவிசைக்குமிடையிலுள்ளது. மூன்றாவது வகையில் தாக்குவிசை ஆதாரப்புள்ளிக்கும் பளுவுக்குமிடையில் உள்ளது.

மூன்று வகைகளிலும் தாக்குவிசை பளுவைச் சமநிலையில் வைப்பதால், ஆதாரப்புள்ளியைச் சுற்றித் தாக்குவிசையின் திருப்புதிறன் பளுவின் திருப்புதிறனுக்குச் சமமாயிருக்கவேண்டும். F-லிருந்து E, W-ன் தூரங்கள் a, b ஆனால்,

$$E \times a = W \times b$$

$$\text{எந்திரலாபம்} = \frac{W}{E} = \frac{a}{b}$$

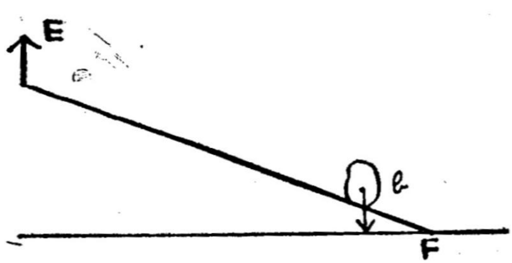
a-க்கு, தாக்குவிசை புயம் என்றும், b-க்கு புயம் என்றும் பெயர். இரண்டாம் வகுப்பு நெம்புகோலில் தாக்குவிசை எப்பொழுதும் பளுவுக்குக் குறைவாகவும், மூன்றாவது வகுப்பில் எப்பொழுதும் பளுவுக்கு அதிகமாகவும் இருக்கும் என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

நெம்புகோலின் உதாரணங்கள் :

படம் 29.

முதல்வகை : உதவிக்கல்லை வைத்து ஒரு பளுவைத் தூக்குதல் (படம் 29) தராசு; கத்தரிக்கோல் முதலியன.

இரண்டாம்வகை : தரையை ஆதாரப் புள்ளியாகக்கொண்டு பளுவைத் தூக்குதல் (படம் 30) பாக்கு வெட்டி, படகின் துடுப்பு.



படம் 30.

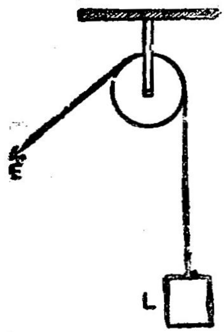
மூன்றாம் வகுப்பு : இடுக்கி, தணல், குறடு, நமது கை முதலியன.

கப்பிகள் (Pulleys)

ஓர் அச்சைச் சுற்றிச் சுலபமாய்ச் சுழலும் சக்கரம் கப்பி எனப்படும்.

நிலையாக ஓரிடத்திலுள்ள அச்சைச்சுற்றிச் சுழலும் கப்பி நிலைக் கப்பி (fixed pulley) எனப்படும்; இது கிணறுகளில் தண்ணீர்

இறைக்க உதவுகிறது. இதில் எந்திரலாபம் ஒன்று. ஆகையால், பளுவும் தாக்குவிசையும் சமம். ஆயினும், பளுவை மேலேதூக்க, நமக்கு அநுகூலமான இடத்தில் கீழ்நோக்கித் தாக்குவிசையைப் பிரயோகிக்கும் வசதி ஏற்படுகிறது.

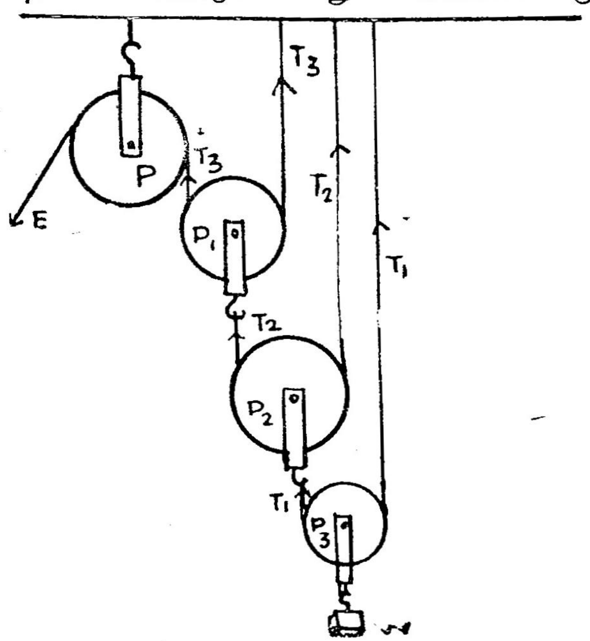


படம் 31.

எந்திரலாபம் ஒன்றுக்குமேல் இருக்க வேண்டுமானால், இயங்கு கப்பிகளை (Movable pulleys) உபயோகிக்கவேண்டும். கீழ்க்கண்ட முறைகளில் கப்பிகளின் எடையை நிராகரிப்போம்.

முதல்வகை இயங்கு கப்பி (First system of Pulleys)

இதில் (படம் 32) மூன்று இயங்கு கப்பிகளும் ஒரு நிலையான கப்பியும் உள்ளன. ஒவ்வொரு கப்பியும் தனித்தனி நூலால் தொங்க விடப்பட்டுள்ளன. நூல்களெல்லாம் செங்குத்தாகச்



படம் 32.

செல்வதால் அவற்றின் இழுவிசைகள் யாவும் இணைவிசைகளாகின்றன. E என்ற திறன் (தாக்குவிசை) W என்ற பளு, கடைசிக் கப்பியின் இருபுறம் செல்லும் நூல்களின் இழுவிசையால் சமநிலையில் இருப்பதால்,

அந்த இழுவிசையின் அளவை T_1 என்று வைத்துக்கொண்டால், $W=2T_1$

T_1 என்ற இழுவிசை, P_2 என்ற கப்பியின் இருபுறம் செல்லும் நூல்களின் இரு இழுவிசையால் சமநிலையிலுள்ளது.

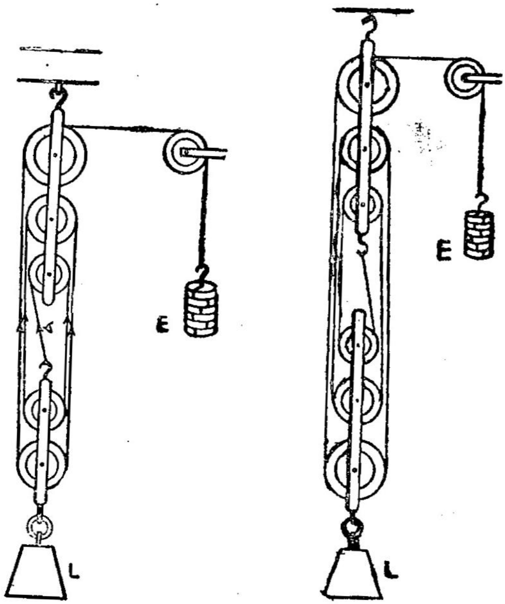
ஆகையால், $T_1 \times 2T_2$
இவ்வாறே, $T_2=2T_3$
ஆகவே, $W={_2}T_1=2\times 2T_2 = 2\times 2\times 2\times T_3$
$= 2\times 2\times 2\times E$

அதாவது எந்திரலாபம் $= \frac{W}{E} = 2^3$

மூன்று இயங்கு கப்பிகளால் கிடைக்கும் எந்திரலாம் $= 2^3$
n இயங்கு கப்பிகளால் கிடைக்கும் எந்திரலாபம் $= 2^n$

இரண்டாம்வகைக் கப்பிகள் (Second System of Pulleys)

இவ்வகையில் கப்பிகள் இரு தொகுதிகளாக உள்ளன. மேல் தொகுதியில் மூன்று கப்பிகள் நிலையாகவும், கீழ்த்தொகுதியில் இரு கப்பிகள் இயங்குமாறும் அமைந்துள்ளன. (படம் 33)



படம் 33.

ஒரே நூல் எல்லாக் கப்பிகளையும் சுற்றிச் சென்று, மறு நுனியில் E திறனைத் தாங்கியுள்ளது. பளு இயங்கு கப்பியின் அடியில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.

ஒரே நூல் எல்லாக் கப்பிகளையும் சுற்றிச் செல்வதால் அதன் இழுவிசை (T) எல்லாப்பக்கத்திலும் ஒரே அளவாய் உள்ளது. நூலின் வெவ்வேறு மடிப்புகள் செங்குத்தாக மேலே செல்வதால் அவையாவும் இணைவிசைகளாகின்றன. படம் 33-a யில் 5 இணை விசைகள் பளுவைத் தாங்கி நிற்கின்றன.

ஆகையால் $5T = W$ ஆனால் $T = E$. $\therefore 5E = W$.

எந்திரலாபம் $\frac{W}{E} = 5$ 33-aயில் மொத்தக் கப்பிகள் 5

33(b)யில் ஆறு இணைவிசைகள் W-வைத் தாங்கி நிற்கின்றன.

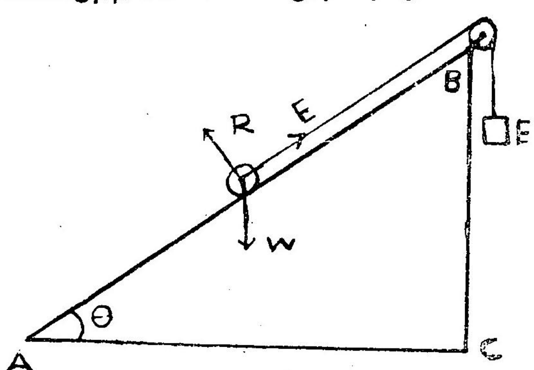
$6E = W$ எந்திரலாபம் = 6

32(b)யில் மொத்தக் கப்பிகள் 6.

இவ்விரண்டாம் வகையில், எந்திர லாபம் இரு தொகுதிகளிலும் உள்ள மொத்தக் கப்பிகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமம். இருதொகுதி களிலும் சேர்த்து (நிலை, இயங்கு கப்பிகள் யாவும்) மொத்தம் n கப்பிகள் இருந்தால், எந்திர லாபம் $= n$.

சாய்வுதளம் (Inclined Plane)

சாய்வுதளம் பழங்காலத்திலிருந்து பயன்படுத்தப்பட்ட எந்திரங் களில் ஒன்ருகும். எகிப்து தேசத்திலுள்ள பிரமிடு (Pyramids) என்னும் பிரம்மாண்டமான கூர்நுனிக் கோபுரங்களையும், இந்தியா விலுள்ள கோவில்களின் கோபுரங்களையும் கட்டுவதற்குச் சாய்வு தளங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன என்று நம்புகிருர்கள். மலைச்சரிவின்



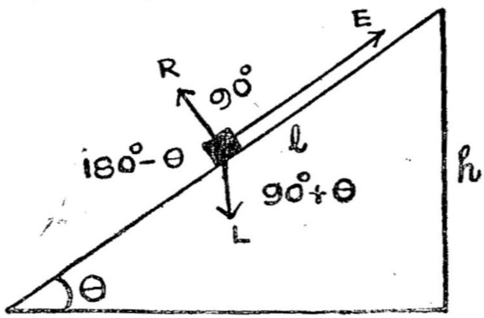
(அ)

படம் 34.

மீது செல்லும் மோட்டார் வண்டி, லாரி முதலிய வாகனங்கள், சாய்வு தளத் தத்துவத்தையே பயன்படுத்தி, பாரங்களை மலைஉச்சிக்குக் கொண்டு செல்கின்றன.

AB என்பது சாய்வுதளத்தின் நீளம். BC சாய்வுதளத்தின் உயரம். W பளு; E திறன், தளத்திற்கு இணையாகச் செயல்படு

கின்றது. பளு சாய்வுதளத்தின்மீது அழுத்திக்கொண்டிருப்பதால், தளத்திற்குச் செங்குத்தாக எதிரியக்கம் (Reaction R) செயல்படுகிறது. W, E, R என்ற மூன்று விசைகளும் சமநிலையிலுள்ளன. சாய்வு



(b)

படம் 34.

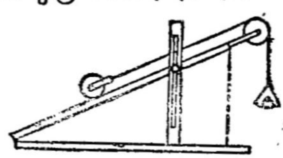
தளம் கிடைப்போக்குடன் θ என்ற கோணத்தில் சாய்ந்திருக்கிறதென்று வைத்துக்கொண்டால், இம் மூன்று விசைகளுக்கிடையே உள்ள கோணங்கள் படம் 34(b)யில் காட்டியவாறு இருக்கும்.

லாமியின் தேற்றத்தின்படி $\frac{W}{\text{சைன் } 90^\circ} = \frac{E}{\text{சைன் } 180-\theta}$

அதாவது, $\frac{W}{1} = \frac{E}{\text{சைன் } \theta} \quad \therefore \quad \frac{W}{E} = \frac{1}{\text{சைன் } \theta} = \frac{AB \text{ நீளம்}}{BC \text{ உயரம்}}$

ஆகவே, எந்திர லாபம் $= \frac{\text{சாய்வு தளத்தின் நீளம்}}{\text{சாய்வு தளத்தின் உயரம்}}$

இதைச் சோதனையின்மூலம் நிரூபிக்கலாம். வழவழப்பான ஓர் உருளை கண்ணாடிப் பலகையால் மூடப்பட்ட ஒரு சாய்வு தளத்தின் மீது இழுக்கப்படுகிறது. சாய்வு தளத்தின் உச்சியில் ஒரு கப்பி பொருத்தப்பட்டு, அதைச் சுற்றிச்செல்லும் நூலின் ஒரு நுனியில் உருளையும் மறு நுனியில் ஒரு தட்டும் கட்டப்பட்டுள்ளன. தட்டில் சில எடைகளைப்போட்டு, உருளை மெதுவாக மேலே செல்லுமாறு ஒழுங்குபடுத்தப்படுகிறது. பிறகு சில எடைகளை நீக்கி, உருளை மெதுவாகக் கீழே செல்லவைக்கப்படுகிறது. இவ்விரு எடைகளின் சராசரியே திறன் (E). உருளையின் எடையை ஒரு தராசுகொண்டு கண்டுபிடிக்கலாம் (W). சாய்வு தளத்தின் நீளத்தையும் (l) உயரத்தையும் (h)



படம் 45.

அளவு கோலைக்கொண்டு அளந்து, $\frac{W}{E} = \frac{l}{h}$ என்பதைக் காணலாம்.

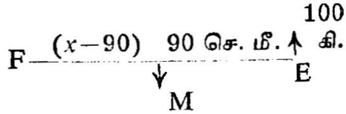
சாய்வு தளத்தின் சாய்வை மாற்றி, மேலும் பலமுறை இச் சோதனையை நடத்தி, $\frac{W}{E} = \frac{l}{h}$ என்பதை நிருபிக்கலாம்.

உதாரணம் :

இரண்டாம் வகை நெம்புகோலில், தாக்குவிசை ஆதாரப் புள்ளியிலிருந்து x செ. மீ. தூரத்தில் செயல்படுகிறது. 100 கிராம் எடை தாக்குவிசை மேலாக செயல்பட்டால், M கிராம் எடை பளுவைத் தாக்குவிசையிலிருந்து 90 செ. மீ. தூரத்தில் தாங்கக்கூடும். 200 கிராம் எடை தாக்குவிசை செயல்பட்டால் அதே பளுவை 30 செ. மீ. தூரத்தில் தாங்கக்கூடும். M, x-ஐக் கண்டுபிடி.

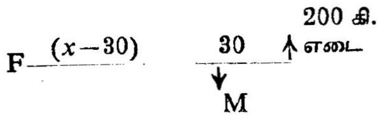
(i) $FE = x$. $FM = x-90$

F-ஐச் சுற்றித் திருப்பு திறன்களை எடுத்தால்,

(i) 

(ii) $M(x-90) = 100 \times x$

$M(x-30) = 200x$

(ii) 

(ii)/(i) வகுத்தால், $\frac{M(x-30)}{M(x-90)} = \frac{200x}{100x} = 2$

$2x-180 = x-30 \qquad \therefore \quad x = 180-30 = 150$ செ.மீ.

$M(150-90) = 100 \times 150 \qquad \therefore \quad M = \frac{100 \times 150}{60} = 250$ கி. எடை

பயிற்சி

1. நூறு செ.மீ. நீளமுடைய முதலாம் வகை நெம்புகோலில் 3 கிலோகிராம் பளுவை 2 கிலோகிராம் தாக்குவிசை தாங்குகிறது. நெம்புகோலின் எடையை நிராகரித்து, புயங்களின் நீளங்களைக் கண்டுபிடி.

விடை : 60 செ.மீ; 40 செ.மீ.

2. 200 செ.மீ. நீளமும் 1 கிலோகிராம் எடையுமுள்ள AB என்னும் முதலாம் வகை நெம்புகோலின் ஆதாரப்புள்ளி B-யிலிருந்து 20 செ.மீ. தூரத்திலுள்ளது. 20 கிராம் எடையுள்ள தாக்குவிசை A-யில் செயல்பட்டால் அது தாங்கும் பளு யாது ?

விடை : 4180 கிராம் எடை.

3. நாலடி நீளமுடைய இரண்டாம் வகை நெம்புகோலில், 8 பவுண்டு தாக்குவிசை 16 பவுண்டு பளுவைத் தாங்குகிறது. அவற்றின் புயங்களின் நீளங்கள் யாவை ?

விடை : 4 அடி; 2 அடி.

4. இரண்டாம் வகை நெம்புகோலில் தாக்குவிசையும் பளுவும் ஒன்றுக்கொன்று 30 செ.மீ. தூரத்தில் செயல்படுகின்றன. பளுவும் தாக்குவிசையும் சமமாய், 1000 கிராம் எடையாயுள்ளன. அவை செயல் படும் புள்ளிகளுக்கிடையே 75 செ.மீ. தூரமிருந்தால் 800 கிராம் எடை தாக்குவிசை 2000 கிராம் எடை பளுவைத் தாங்கும். நெம்பு கோலின் நீளம், எடை என்ன?

விடை: 100 செ. மீ; 600 கிராம்.

5. ஒரு மனிதனின் கரத்தில் முழங்கையே ஆதாரப்புள்ளி; தாக்குவிசை முழங்கையிலிருந்து 8 செ.மீ. தூரத்தில் செயல்படுகிறது. முழங்கையிலிருந்து 32 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள உள்ளங்கையில் 5 கிலோகிராம் எடையைத் தாங்குவதற்குத் தேவைப்படும் தாக்குவிசை யாது?

விடை: 20,000 கிராம் எடை.

6. ஒரு சாய்வு தளத்திற்கு இணையாகச் செயல்படும் 16 கிராம் எடை 32 கிராம் எடை பளுவைத் தாங்குகிறது. தளத்தின் கோணம் யாது?

விடை: 30°

7. 10 கிராம் எடையான பளுவு சாய்வு தளத்திற்கு இணையாகச் செயல்படும் தாக்குவிசையால் தாங்கப்படுகிறது. தளத்தின் சாய்வு கோணத்தின் டாஞ்ஜெண்டு $\frac{3}{4}$ என்றால், தாக்குவிசையின் அள வென்ன?

விடை: 6 கிராம் எடை.

8. முதலாம் வகைக் கப்பித்தொகுதியில் 5 கிலோகிராம் தாக்கு விசை 80 கிலோகிராம் பளுவைத் தாங்குகிறது. எத்தனை நகரும் கப்பிகள் உள்ளன?

விடை: 4.

9. முதலாம் வகைக் கப்பித்தொகுதியில் 3 நகரும் கப்பிகள் உள்ளன. 1·6 கிலோகிராம் பளுவைத் தாங்க என்ன தாக்குவிசை தேவை?

விடை: 200 கிராம் எடை

10. இரண்டாம் வகைக் கப்பியில் இருதொகுதிகளின் ஒவ்வொரு தொகுதியிலும் 5 கப்பிகள் உள்ளன. 448 பவு. எடை தாக்குவிசை தாங்கும் பளுவென்ன?

விடை: 2 டன்.

9. நீர் நிலையியல்
(Hydrostatics)

அடர்த்தியும் அடர்த்தி எண்ணும் (Density and Specific Gravity)

பொருள் திட, திரவ, வாயுவென்னும் மூன்று நிலைகளில் உள்ளது. திடப் பொருள்கள் தமக்கென ஒரு குறிப்பிட்ட உருவமும் அளவும் உடையன. திரவப் பொருளுக்கு மாருத ஓர் அளவுண்டு; ஆனல், அவற்றிற்கு உருவம் இல்லை ; அவை இடப்பட்ட கலத்தின் உருவத்தை ஏற்று நிற்கும். வாயுக்களுக்கு உருவமும் இல்லை; அளவும் இல்லை; இடப்பட்ட பாத்திரம் முழுவதையும் நிரப்பி விடும்.

அடர்த்தி : ஒரே பரிமாணமுள்ள (Volume) வெவ்வேறு பொருள்களின் எடைகளைக் கண்டுபிடித்தால் அவை வெவ்வேரு யிருக்கும். உதாரணமாக ஓர் இரும்புத் துண்டையும் அதே அளவுடைய ஓர் ஈயத் துண்டையும் எடை போட்டுப் பார்த்தால் ஈயத் துண்டு இரும்புத் துண்டைப்போல் சுமார் $1\frac{1}{2}$ மடங்கு கனமாயிருக்கும். அதே அளவுடைய ஒரு தங்கக் கட்டி இரும்புத் துண்டைப்போல் $2\frac{1}{2}$ மடங்கு கனமுள்ளதாகும். அதே அளவுடைய ஒரு வெள்ளித் துண்டு, இரும்பைவிடச் சற்று அதிக கனமாயும் ஈயத் துண்டைவிட எடை குறைவாகவும் இருக்கும். இதற்குக் காரணம், ஈயத்தின் பொருள் இரும்பில் இருப்பதைவிட அதிக அடர்த்தியாகத் திணிக்கப்பட்டிருப்பதுதான். தங்கத்தில் இன்னும் அதிக அடர்த்தியாகப் பொருள் திணிக்கப்பட்டுள்ளது.

ஓர் அலகுப் பரிமாணமுள்ள பொருளின் எடையே அதன் அடர்த்தி (Density) எனப்படும்.

அதாவது, V பரிமாணமுள்ள ஒரு பொருளின் பொருண்மை M ஆனல், அதன் அடர்த்தி $= \frac{M}{V}$

மெட்ரிக் முறையில்: பொருண்மை கிராமிலும், பரிமாணம் கன சென்டி மீட்டரிலும் குறிக்கப்படுவதால், அடர்த்தியின் அலகு கிராம்/கன சென்டி மீட்டர் (கி/க. செ.மீ.)

பிரிட்டிஷ் முறையின் அலகுகள் பவுண்டும் கன அடியும் ஆகும். ஆகையால் அடர்த்தியின் அலகு : பவுண்டு/கன அடி.

ஒரு க.செ.மீ. நீரின் பொருண்மை (எடை) 1 கிராம் ஆகும். ஆகவே மெட்ரிக் முறையில் நீரின் அடர்த்தியே அடர்த்தி அலகாகும்.

ஒரு கன அடி நீரின் எடை 62·5 பவுண்டு.

அடர்த்தி எண் (Relative density or Specific gravity)

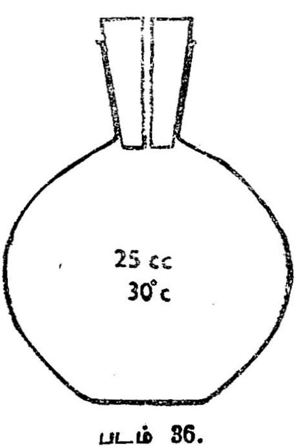
சில சமயங்களில் ஒரு பொருளின் அடர்த்தியைத் தண்ணீரின் அடர்த்தியுடன் ஒப்பிட்டுக் கூறுவதும் உண்டு. ஒரு பொருளின் அடர்த்திக்கும் தண்ணீரின் அடர்த்திக்குமுள்ள விகிதம் அடர்த்தி எண் (Relative density) எனப்படும்.

ஆகவே, ஒரு பொருளின் அடர்த்தி எண் = பொருளின் அடர்த்தி / தண்ணீரின் அடர்த்தி

= பொருளின் எடை / அதே பரிமாணமுடைய நீரின் எடை

அடர்த்தி எண், இரு அடர்த்திகளின் அல்லது இரு எடைகளின் விகிதமாகையால், அஃது ஒரு வெறும் எண்தான்; அதற்கு அலகு எதுவும் இல்லை. இது மெட்ரிக் முறையிலும், பிரிட்டிஷ் முறையிலும் ஒரே எண்தான்.

மெட்ரிக் முறையில் தண்ணீரின் அடர்த்தி ஓர் அலகுதான். ஆகையால் அடர்த்தியும், அடர்த்தி எண்ணும் ஒரே அளவை உடையவை. ஆனால், அடர்த்தி கிராம்/கன. செ.மீ. என்ற அலகில் கூறப்படும்; அடர்த்தி எண் வெறும் எண்ணாகக் கூறப்படும்.



படம் 36.

பிரிட்டிஷ் முறையில், ஒரு கன அடி நீரின் எடை 62·5 பவுண்டு. ஆகவே, ஒரு பொருளின் அடர்த்தி எண் = பொருளின் அடர்த்தி/62·5.

அதாவது, பொருளின் அடர்த்தி = 62·5 × அடர்த்தி எண்.

அடர்த்திச் சீசா (Specific Gravity Bottle): ஒரு திரவத்தின் அடர்த்தியை, அல்லது பொடியாகவோ, சிறு துண்டுகளாகவோ உள்ள திடப் பொருளின் அடர்த்தியைக் கண்டுபிடிக்க, அடர்த்திச் சீசா மிகவும் பயன்படுகிறது. இது 25 அல்லது 50 கன செ. மீ. கொள்ளளவு (Capacity) உடைய ஒரு கண்ணாடிச் சீசா. இதன் வாய், தேய்த்த கண்ணாடி அடைப்பானால் மூடப்பட்டிருக்கும். இந்த அடைப்பானில் ஒரு குறுகலான துவாரம் உண்டு.

ஒரு திரவத்தின் அடர்த்தியைக் கண்டுபிடிக்க. முதலில் காலி சீசாவின் எடையைக் கண்டுபிடி (m). பிறகு அதை நீரால் நிரப்பி, அடைப்பானை இட்டு வழிந்துவரும் நீரைத் துடைத்துவிட்டு, நீரினுள் குமிழி எதுவும் இல்லாமல் பார்த்து, மறுபடியும் அதன் எடையைக் கண்டு பிடி (m_1). சீசாவை நிரப்பி இருக்கும் நீரின் எடை = ($m_1 - m$). நீரைக் கொட்டிவிட்டுக் கொடுக்கப்பட்ட திரவத் தால் சீசாவை நிரப்பி, வழிந்து வரும் திரவத்தைத் துடைத்துவிட்டு, எடையைக் கண்டுபிடி (m_2). சீசாவை நிரப்பி இருக்கும் திரவத்தின் எடை = ($m_2 - m$). நீரும் திரவமும் சீசாவின் கொள்ளளவுடைய தாகையால்,

$$\text{திரவத்தின் அடர்த்தி எண்} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m}$$

ஒரு திடப் பொருளின் அடர்த்தியைக் கண்டுபிடிக்க. திடப்பொருள் சிறிய துண்டுகளாகவோ, தூளாகவோ கொடுக்கப் பட்டுள்ளது என வைத்துக்கொள்வோம். (மணல், ரவைக் குண்டு, கம்பித் துண்டுகள் போன்றவை).

முறை 1: சீசாவை நீரால் நிரப்பி, எடையைக் கண்டுபிடி (m_1). கொடுக்கப்பட்ட பொருளை சீசாவக்கருகில் தராசுத் தட்டின்மீது வைத்து, எடையைக் கண்டுபிடி (m_2). பொருளின் எடை = ($m_2 - m_1$). இப்பொழுது வெளியே உள்ள பொருளைச் சீசாவுக்குள் போடு; வழிந்துவரும் நீரின் பரிமாணம், பொருளின் பரிமாணத் துக்குச் சமமாயிருக்கும். நீரைத் துடைத்துவிட்டு எடையைக் கண்டுபிடி (m_3). ஆகவே, பொருளின் பரிமாணத்திற்குச் சமமான நீரின் எடை = ($m_2 - m_3$).

$$\text{பொருளின் அடர்த்தி எண்} = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_3}$$

முறை 2: காலி சீசாவின் எடையைக் கண்டுபிடி (m). கொடுக்கப்பட்ட பொருளை உள்ளே இட்டு எடையைக் கண்டுபிடி (m_1). பொருளின் எடை = ($m_1 - m$). இப்பொழுது பொருள் உள்ளேயே இருக்க, மீதி இடத்தை நீரால் நிரப்பி, எடையைக் கண்டுபிடி (m_2). மீதி இடத்தை நிரப்பு நீரின் எடை = ($m_2 - m_1$). யாவற்றையும் கொட்டிவிட்டு, சீசாவை முழுவதும் நீரால் நிரப்பி, எடையைக் கண்டுபிடி (m_3). சீசாவை நிரப்பும் நீரின் எடை = ($m_3 - m$). ஆகவே, பொருளின் பரிமாணத்திற்குச் சமமான நீரின் எடை = ($m_3 - m$)—($m_2 - m_1$)

$$\text{பொருளின் அடர்த்தி எண்} = \frac{m_1 - m}{(m_3 - m_2) - (m_2 - m_1)}$$

கொடுக்கப்பட்ட பொருள் நீரில் கரையக் கூடியதாய் இருந்தால் (சர்க்கரை, உப்பு முதலியன), பொருள் கரையாத ஒரு திரவத்தை

எடுத்து, அதில் பொருளின் அடர்த்தி எண்ணைக் கண்டுபிடி (d_1). பிறகு திரவத்தின் அடர்த்தி எண்ணைக் கண்டுபிடி (d_2). பொருளின் அடர்த்தி எண் $d = d_1 \times d_2$, (மண்ணெண்ணெய், டர்பென்டைன் முதலிய திரவங்கள் இதற்குப் பயன்படக் கூடியவை.)

உதாரணம் :

ஓர் அடர்த்தி சீசாவின் எடை = 10·82 கிராம். அது நீரால் நிறைந்திருந்த பொழுது அதன் எடை 35 91 கிராம்; ஓர் திரவத்தால் நிறைந்திருந்த பொழுது அதன் எடை 30·95 கிராம். திரவத்தின் அடர்த்தி எண் யாது ?

திரவத்தின் எடை = 30·95 — 10·82 = 20·13 கிராம்.

அதே அளவுடைய நீரின் எடை = 35·91—10·82 = 25·09 கிராம்.

$$\text{திரவத்தின் அடர்த்தி எண்} = \frac{20{\cdot}13}{25{\cdot}09} = {\cdot}80$$

பயிற்சி

1. 6 கிராம் பொருண்மையுடைய பாதரசம் ஓர் குறுகிய குழாயில் விடப்பட்டபொழுது அதன் நீளம் 20 செ. மீட்டராயிருந்தது. பாதரசத்தின் அடர்த்தி எண் 13 6 என்றால், ஆரமென்ன ?

விடை : ·084 செ. மீ.

2. கீழ்க்கண்ட அளவீடுகளிலிருந்து எண்ணெய், உப்பு இவற்றின் அடர்த்தி எண்களைக் கணக்கிடு :

காலி அடர்த்தி சீசாவின் எடை	= 12·15 கிராம்
சீசா + உப்பு ,,	= 18·52 கிராம்
சீசா + உப்பு + மீதி நிறைய எண்ணெய்	= 36·37 கிராம்
சீசா + முழுவதும் எண்ணெய்	= 32·37 கிராம்
சீசா + முழுவதும் நீர்	= 37·10 கிராம்

விடை : எண்ணெய் : ·81 ; உப்பு : 2 18

10. இறுக்கமும் அழுத்தமும்
(Thrust and Pressure)

ஒரு புத்தகம் ஒரு மேஜையின்மேல் இருக்கிறதென்றால், புத்தகத்தின் எடை முழுவதும் மேஜையின் அப் பகுதியைக் கீழே நோக்கித் தள்ளுகிறது. இவ்விசைக்கு இறுக்கம் (thrust) என்று பெயர். திடப் பொருளான புத்தகத்திற்குக் கீழ்நோக்கி அமுக்கும் சக்திதான் உண்டு. ஆனால், ஒரு பாத்திரத்தில் தண்ணீரை ஊற்றிவைத்தால், அது பாத்திரத்தின் அடியில் கீழ்நோக்கி அழுத்துவதோடு, பக்கவாட்டத்திலும் செங்குத்தாக அழுத்துகிறது. ஒரு கோளவடிவமான பாத்திரத்தில் நீரை ஊற்றி நிரப்பி, எப்பாகத்தில் துவாரம் செய்தாலும் நீர் பாத்திரத்தின் பரப்பிற்குச் செங்குத்தாகப் பீறிட்டு வெளிவரும்.

திரவ இறுக்கம் (Liquid thrust) : நிலையாய் உள்ள ஒரு திரவத்தினுள் இருக்கும் எந்தப் பரப்பின்மீதும் செங்குத்தாகச் செயல்படும் மொத்த விசைக்கு இறுக்கம் என்று பெயர்.

திரவ அழுத்தம் (Liquid pressure): இறுக்க விசை ஒரு பரப்பின் மீது சீராகச் செயல்படுமாயின், ஒரு சதுர அளவின்மீது செயல்படும் விசைக்கு அழுத்தம் (Pressure) என்று பெயர்.

$$\text{அதாவது, அழுத்தம்} = \frac{\text{இறுக்கவிசை}}{\text{பரப்பளவு}}$$

மெட்ரிக் முறையில், அழுத்தத்தின் அலகு : டைன்கள்/சதுர செ. மீ.

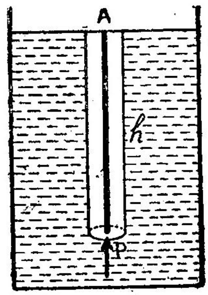
பிரிட்டிஷ் முறையில், அழுத்தத்தின் அலகு : பவுண்டல்கள்/சதுர அடி அல்லது பவுண்டு எடைகள்/சதுர அடி.

இறுக்க விசை பரப்பின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் சீராக இல்லையென்றால், ஒரு புள்ளியைச் சுற்றி ஒரு மிகச்சிறிய பரப்பின்மீது செயல்படும் இறுக்க விசையை அப் பரப்பின் விஸ்தீரணத்தால் வகுத்தால் அப் புள்ளியின்மீது செயல்படும் அழுத்தம் கிடைக்கும்.

ஆகவே, ஒரு பரப்பின்மீதுள்ள ஒரு புள்ளியின் அழுத்தம் என்பது, அப் புள்ளியைச் சூழ்ந்துள்ள மிகச்சிறிய பரப்பின்மீது

தாக்கும் இறுக்க விசையை அப் பரப்பின் விஸ்தீரணத்தால் வகுக்கவரும் ஈவு ஆகும்.

h ஆழத்திலுள்ள p என்ற புள்ளியின்மீது செயல்படும் அழுத்தத்தைக் கண்டுபிடிக்க, p யின் ஊடே ஒரு செங்குத்தான கோடுவரைந்து (AP) அதைச்சுற்றி ஒரு நீள் உருளை வரை. அதன் அடிப்பரப்பு 'a' சதுர அளவு. இந்த உருளையின் திரவத்தின் எடையை அதன் அடியில் செயல்படும் இறுக்க விசை எதிர்த்துச் சமநிலையில் வைக்கிறது. திரவத்தின் எடை: d.



உருளையின் பரிமாணம் $= ha$

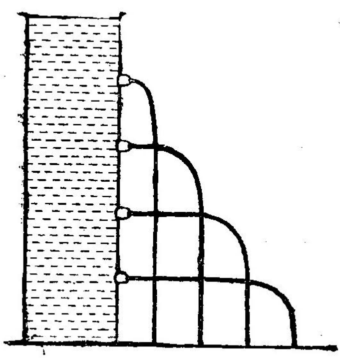
உருளையின் பொருண்மை $= had$

உருளையின் எடை $= hadg =$ இறுக்கு விசை

$\therefore$ p யின் அழுத்தம் $=$ இறுக்க விசை/விஸ்தீரணம்

$= hudg/a = hdg$

படம் 37.



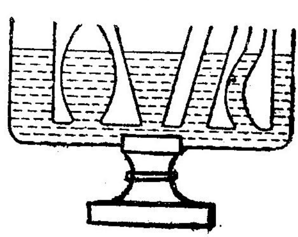
படம் 38.

குறிப்பு: (1) இந்த அழுத்தம் எல்லாத் திசைகளிலும் சமமாய்ச் செயல்படுகிறது,

(2) கிடையாயுள்ள ஒரு பரப்பிலுள்ள எல்லாப் புள்ளிகளின் மீதும் சமமான அழுத்தம் செயல்படுகிறது.

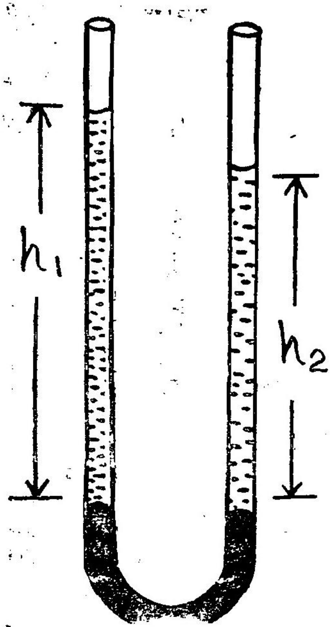
(3) மேலே காட்டியவாறு, புள்ளியின் ஆழத்திற்கு நேர் விகிதமாக அதன் அழுத்தமும் அதிகரிக்கிறது. இதைப் படம் 38-ல் காட்டிய சோதனையால் அறியலாம்.

(4) அழுத்தம் ஆழத்தையேயன்றிப் பாத்திரத்திலுள்ள மொத்த கன அளவைப் பொறுத்ததல்ல. ஒரு அணைக்கட்டின்மீது செயல்படும் அழுத்தம், நீரின் ஆழத்தை மட்டும் சார்ந்துள்ளதேயன்றி, தேக்கத்தின் மொத்த நீரின் அளவைப் பொறுத்ததல்ல.

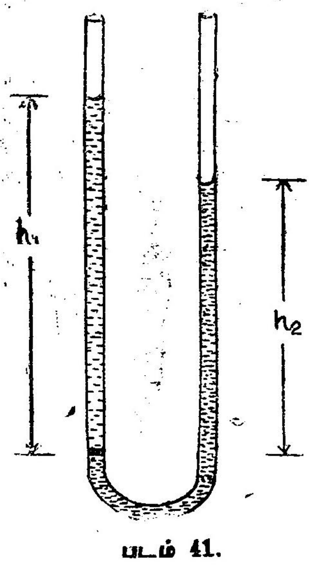


படம் 39.

(5) வெவ்வேறு உருவமுடைய குழாய்களைக்கொண்ட ஒரு பாத்திரத்தில் நீரை ஊற்றுவதாகக் கொள்வோம். பாத்திரத்தின் அடிப்பாகத்திலுள்ள கிடைமட்டப்பரப்பின்மீது அழுத்தம் எல்லாப் பாகங்களிலும் சமமாக



படம் 40.



படம் 41.

இருக்கும். நீரின் அழுத்தம் அதன் ஆழத்தை மட்டும் பொறுத்திருப்பதால் எல்லாக் குழாய்களிலும் நீர் ஒரே மட்டத்தில் நிற்கும். ' திரவம் தன் மட்டத்தை அடையும் '

U-வடிவக் குழாய் : இதைக் கொண்டு இரு திரவங்களின் அடர்த்திகளை ஒப்பிடலாம். U - குழாயின் வளைந்த அடிப்பாகத்தில் பாதரசத்தை ஊற்று (படம் 40). அதன் இரு புயங்களும் மேலே திறந்தவண்ணம் உள்ளன. ஒரு புயத்தில் நீரையும் மறு புயத்தில் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தையும் ஊற்றி, பாதரசம் இரு புயங்களிலும் ஒரே கிடைமட்டமாக இருக்கச் செய். இப்பொழுது ஒரு புயத்தின் நீரின் அழுத்தம், மறு புயத்திலுள்ள திரவத்தின் அழுத்தத்திற்குச் சமம். h_1, d_1 நீரின் உயரமும், அடர்த்தியும் என்றும், h_2, d_2 திரவத்தின் உயரமும் அடர்த்தியுமென்றும் வைத்துக்கொண்டால்; $h, d, g = h_2, d_2, g$

$$\therefore \quad \frac{d_2}{d_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

மெட்ரிக் முறையில் $d_1 = 1$.

∴ திரவத்தின் அடர்த்தி

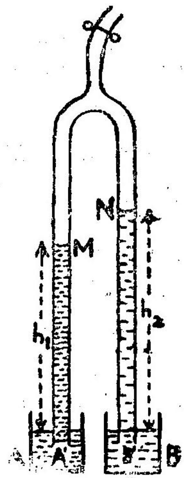
$$= \frac{\text{நீர்க்கம்ப உயரம்}}{\text{திரவக்கம்ப உயரம்}}$$

திரவம் நீரில் கலவாத எண்ணெயாயிருந்தால், பாதரசம் தேவையில்லை. நீர், எண்ணெய் இரண்டையும் குழாயில் நேரடியாக ஊற்றிச் சோதனையை நடத்தலாம். கம்பங்களின் உயரங்கள் படம் 41-ல் காட்டியபடி அமைக்கப் படல் வேண்டும்.

திரவத்தின் அடர்த்தி $= h_1/h_2$

ஹேரின் உபகரணம் (Hare's Apparatus)

இது தலைகீழான ஒரு U-குழாய். மேல்பாகத்தில் ஒரு சிறு குழாய் இணைக்கப்பட்டுள்ளது (C). A, B என்ற பாத்திரங்களிலுள்ள நீர், திரவத்தில் இரு புயங்களும் அமிழ்ந்துள்ளன. C வழியாகக் காற்றை உறிஞ்சினல், புயங்களில் நீரும் திரவமும் ஏறும். இரு கம்பங்களின் உயரங்களை, பாத்திரத்திலுள்ள திரவ மட்டங்களிலிருந்து அளக்கவும் (h_1, h_2).



படம் 42.

பாத்திரங்களின் திரவமட்டத்திலே ஒரே வாயு அழுத்தம் செயல்படுகிறது. இதைக் குழாய்க்குள்ளிருக்கும் காற்றின் அழுத்தமும் சேர்ந்து தாங்கி நிற்கின்றன. குழாயக்குள் இருக்கும் காற்றின் அழுத்தம் P என்று வைத்துக் கொண்டால்,

$$P+h_1 d_1 g=P+h_2 d_2 g=\text{வாயு அழுத்தம்}$$

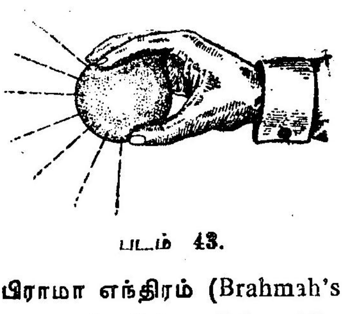
$$\therefore \quad h_1 d_1 g=h_2 d_2 g \quad \therefore \quad \frac{d_2}{d_1}=\frac{h_1}{h_2}$$

$$\text{திரவத்தின் அடர்த்தி} = \frac{\text{நீர்க்கம்ப உயரம்}}{\text{திரவக்கம்ப உயரம்}}$$

உயரங்களை மாற்றி, வெவ்வேறு அளவுகளைக் கண்டுபிடித்து, சராசரி அளவை எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

பாஸ்கலின் விதி (Pascal's Law)

ஒரு திரவத்தை அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தினல் அந்த அழுத்தம் திரவத்தின் எல்லாப் பாகத்திலும் அதே அளவு பரவும். இது பாஸ்கலின் விதி எனப்படுகிறது.



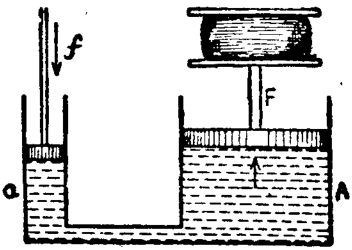
படம் 43.

இவ்வுண்மையைச் சுலபமாகக் காண்பிக்கலாம். ஒரு ரப்பர் பந்தில் பல துவாரங்களைச் செய்து நீரால் நிரப்பி, அதை அழுத்தினல், நீர் எல்லாத் திசைகளிலும் ஒரே அளவு பீறிட்டுச் செல்கிறது; அழுத்தும் திசையில் மட்டுமல்ல.

பிராமா எந்திரம் (Brahmah's Press)

பாஸ்கலின் விதியைக்கொண்டு இயங்கும் எந்திரம் பிராமா அழுத்தும் எந்திரம். பஞ்சு மூட்டைகளை இறுக அமுக்கி, சிறிதாக்கி விடுவதே இதன் வேலை. இவ்வெந்திரத்தில் A, B என்ற இரு

குழாய்கள் உண்டு. A யின் குறுக்களவு மிகவும் சிறியது (s). B யின் குறுக்களவு மிக அதிகமானது (S) இவற்றில் நீரை ஊற்றி, இறுக மூடும் பிஸ்டன்களைப் பொறுத்தியுள்ளனர். A-யிலுள்ள பிஸ்டனில் f என்ற விசை செயல்பட்டால், நீரின் அழுத்தம் (f/s) உயருகிறது. இந்த அழுத்த உயர்வு பாஸ்கலின் விதியையொட்டிப் பெரிய குழாய்க்குப் பரவும். ஆகவே, B யிலுள்ள பிஸ்டன்மேல் செயல்படும் இறுக்க விசை $= \frac{f}{s} \times S$.



படம் 44.

$\frac{S}{s}$ விகிதம் நூறாயிருந்தால் ஒரு கிலோ கிராம் எடை விசை A யில் செயல்பட்டால் 100 கிலோ கிராம் எடை விசை பெரிய பிஸ்டனில் தாக்கும்.

இதைக்கொண்டு பஞ்சு மூட்டைகள், காகிதக்கட்டு இவற்றை அமுக்கிக் கட்டலாம். மோட்டார் வண்டிகளை ரிப்பேர் செய்வதன் பொருட்டு உயரத் தூக்குவதற்கும் இது பயன்படுகிறது.

உதாரணம் :

1. 6 அடி நீளம் 4 அடி அகலம் 10 அடி ஆழமுடைய நீர்த் தொட்டி பாதியளவு நீரால் நிறைந்துள்ளது. தொட்டியின் அடிப்பாகத்திலும், பக்கங்களிலும் செயல்படும் மொத்த இறுக்கத்தைக் கணக்கிடு. (நீரின் அடர்த்தி $= 62{\cdot}5$ பவு/கன அடி) (காற்றின் அழுத்தத்தை நிராகரி).

நீரின் ஆழம் = 5 அடி.

∴ சராசரி அழுத்தம் $= 62{\cdot}5 \times 32 \times \frac{5}{2}$

$= 5000$ பவுண்டல்கள்/ச. அடி.

நீரின் அழுத்தம் செயல்படும் பக்கங்களின் பரப்பு

$= (5 \times 4) + (5 + 4) + (5 \times 6, + (5 \times 6)$

$= 100$ ச. அடி.

∴ பக்கங்களின் மொத்த இறுக்கம் $\} = 5000 \times 1000 = 500{,}000$ பவுண்டல்கள்

அடிப்பாகத்தின்மீது இறுக்கம் $= 4 \times 6 \times 62{\cdot}5 \times 32 \times 5$

$= 240{,}000$ பவுண்டல்கள்

∴ மொத்த இறுக்கம் $= 500{,}000 + 240{,}000$

$= 740{,}000$ பவுண்டல்கள்

2. ஒரு மோட்டார்காரைத் தூக்கும் இயந்திரம் நீரமுக்கத்தால் இயங்குகிறது. இயந்திரத்தின் எடை 760 பவுண்டு. ஒரு டன் நிறையுடைய மோட்டாரைத் தூக்க 30 பவு. எடை விசை தேவைப்படுகிறது.

இச் சிறு பிஸ்டனின் குறுக்குப் பரப்பளவு 5 ச. அங். என்றால், பெரிய பிஸ்டனின் குறுக்களவு என்ன ?

சிறு பிஸ்டன்மீது இயங்கும் இறுக்கம் = 30 பவு. எடை.

∴ அதன்மீது இயங்கும் அழுத்தம் $= \frac{30}{4} = 7\frac{1}{2}$ பவு. எடை/ச. அங். பெரிய பிஸ்டன்மீது இயங்கும் அழுத்தமும் இதுவே. அதன் குறுக்களவுப் பரப்பு A ச. அங். என்று வைத்துக்கொண்டால், பெரிய பிஸ்டன்மீது இயங்கும் மொத்த இறுக்கம் $= A \times 7\frac{1}{2}$ பவுண்டு எடை.

இது $760 + 2240 = 3000$ பவு. எடை என்று தரப்பட்டுள்ளது. (பிஸ்டனின் எடை 760 பவு : மோட்டாரின் எடை 1 டன் = 2240 பவு)

$$\therefore \quad A \times 7\tfrac{1}{2} = 3000$$

$$\therefore \quad A = \frac{3000}{7\frac{1}{2}} = 400 \text{ ச. அங்.} = \frac{400}{12 \times 12} = 8\tfrac{1}{3} \text{ ச. அடி.}$$

பெரிய பிஸ்டனின் குறுக்களவு $= 8\frac{1}{3}$ ச. அடி.

பயிற்சி

1. ஒரு நீர்த்தொட்டியின் அளவு 2 மீ. நீளம், 1 மீ. அகலம், 8 மீ. ஆழம். அது $\frac{2}{3}$ பாகம் நீரால் நிறைந்திருந்தால், அதன் பக்கங்களிலும் அடியிலும் செயல்படும் மொத்த இறுக்கமென்ன ? (காற்றழுத்தம் $= 1.013 \times 10^6$ டைன் (ச.செ.மீ.)

விடை : 1575×10^8 டைன்.

2. ஒரு சீசாவின் அடிப்பாகம் 20 ச.செ.மீ. பரப்பளவுடையது. அது நீரால் நிரப்பப்பெற்று, 2 ச.செ.மீ. குறுக்களவுடைய ஒரு குப்பியால் 50 பவு. எடை விசையுடன் அழுத்தப்பெறுகிறது. சீசாவின் அடிப்பாகத்தின்மீது செயல்படும் இறுக்கமென்ன ? (காற்றழுத்தத்தை நிராகரி).

விடை : 500 கிராம் எடை.

3. ஒரு வீட்டின் அடிப்பாகத்திலுள்ள நீர்க்குழாயில் அழுத்தம் 88.8 பவு. எடை/ ச.அங் என்றும், வீட்டின் மேல்மாடியிலுள்ள குழாயில் அழுத்தம் 28.4 பவு. எடை/ச.அங். என்றும் தெரியவருகிறது. நீரின் அடர்த்தி 62.4 பவு./கன அடி என்றால், வீட்டின் உயரமென்ன ?

விடை : 24 அடி.

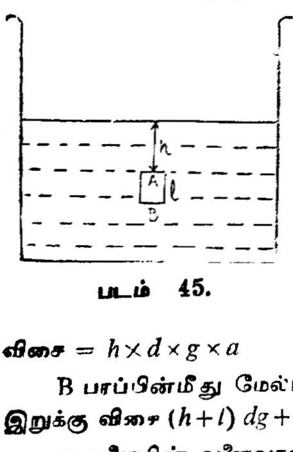
4. ஒரு கிணற்றின் அடிப்பாகத்தின் அழுத்தம், ஓரடி ஆழத்திலுள்ளதைப்போல் இருமடங்கு. காற்றழுத்தம் 32 அடி ஆழமான நீரழுத்தத்திற்குச் சமமென்றால் கிணற்று நீரின் ஆழமென்ன ?

விடை : 34 அடி.

11. ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவம்

(Principle of Archimedes)

நாம் ஒரு குடத்தையோ, வாளியையோ ஒரு தொட்டி நீரில் முழுக்கி, நீரால் நிரப்பி, அதை மேலே தூக்குகையில், வாளி நீர் மட்டத்திற்குக் கீழே இருக்கையில் அஃது எடை குறைவாகவும், நீர் மட்டத்திற்கு மேலே வந்தபின் எடை அதிகமாகவும் காணப்படுவதைக் கவனித்திருப்போம். நீர் மட்டத்திற்குக் கீழே இருக்கையில், வாளியை நீர் மேல் நோக்கித் தூக்குகிறது; அதனால் வாளி எடையை இழப்பது போல் காணப்படுகிறது.



படம் 45.

d அடர்த்தி உடைய ஒரு திரவத்தில் AB என்ற உருளை செங்குத்தாக முழுக்கி வைக்கப்பட்டுள்ளது. உருளையின் உயரம் l என்றும், அதன் குறுக்களவுப் பரப்பு a என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். உருளையின் மேற்பரப்பு A திரவ மட்டத்திலிருந்து h ஆழத்திலிருந்தால், பரப்பு B, $(h+l)$ ஆழத்தில் இருக்கும்.

A பரப்பின்மீது கீழ்ப்புறமாகச் செயல்படும் திரவத்தின் மொத்த இறுக்கு விசை $= h \times d \times g \times a$

B பரப்பின்மீது மேல்புறமாகச் செயல்படும் திரவத்தின் மொத்த இறுக்கு விசை $(h+l)\, dg+a$

உருளையின் வளைவான பக்கங்களின்மீது செயல்படும் விசைகள் ஒன்றுக்கொன்று எதிராகவும் சமமாகவும் உள்ளபடியால் அவை ஒன்றையொன்று அழித்துவிகின்றன.

ஆகவே, உருளையின்மீது செயல்படும் விசைகளின் தொகுபயன் மேல்புறமாக இயங்குகிறது. அதன் அளவு =

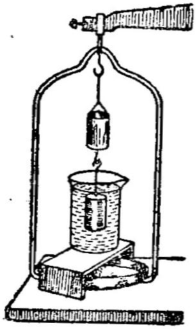
$$(h+l)\, dg \times a - hdg \times a = ladg.$$

(la) என்பது உருளையின் பரிமாணம். ஆகவே, உருளைமீது மேல் நோக்கிச் செயல்படும்விசை அதன் பரிமாண அளவு திரவத்தின் எடையாகக் காணப்படுகிறது. இதுவே ஆர்க்கிமிடிஸின் தத்துவம் :

'நிலையாக உள்ள ஒரு திரவத்தில் முழுவதுமாக முழுக்கப்பட்ட ஒரு பொருளின்மீது மேல் நோக்கிய விசை ஒன்று செயல்படுகிறது. இதன் அளவு, பொருளின் பரிமாண அளவு திரவத்தின் எடையாகும்'.

இவ் விசை பொருளை மேல்நோக்கித் தூக்குவதால் பொருளின் எடை இந்த அளவில் குறைந்ததாகக் காணப்படுகிறது. இதை ஆர்க்கிமிடீஸ் என்னும் கிரேக்க ஞானி கி. மு. மூன்றாம் நூற்றாண்டில் (சுமார் 2200 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு) கண்டுபிடித்தார்.

இவ்வுண்மையைச் சோதனையால் நிருபிக்கலாம். ஒரு கெட்டி உலோக உருளையும், அஃது இறுக்கமாகப் பொருந்தும் குழல் உருளையும் (socket) இதற்குத் தேவைப்படும். குழல் உருளையை மேலும், கெட்டி உருளையைக் கீழுமாகத் தராசின் இடக் கொக்கியிலிருந்து தொங்கவிடு. இத் தகட்டின்மீது, அதைத் தொடாதவாறு, ஒரு மரத்தாங்கியை வைத்து, அதன்மீது ஒரு பீக்கரை வை. உருளை இப் பீக்கருக்குள் நிற்கும். வலத் தட்டில் எடைகளைப் போட்டுச் சமநிலை யாக்கு. பிறகு பீக்கரில் நீரை ஊற்றி உருளை நீரில் முழுவதுமாக முழுகுமாறு செய். இப்பொழுது வலத் தட்டு கீழே போகிறது; உருளையின் எடை குறைந்ததாகக் காணப்படுகிறது. ஒரு பிப்பட்டின் உதவியால் நீரை எடுத்து, மேலே தொங்கும் குழல் உருளையில் ஊற்று. இக் குழல் நீரால் நிரம்பியவுடன் தராசு கிடைமட்டத்திற்கு வந்துவிடுகிறது. எனவே, உருளை இழந்துபோன எடை, குழல் உருளையின் உள்பரிமாண அளவு நீரின் எடைக்குச் சமம். கெட்டி உருளையின் பரிமாணமும் குழல் உருளையின் உள் அளவும் சமம் ஆகையால், உருளை நீரில் மூழ்கியபோது அஃது இழந்ததாகக் காணப்படும் எடை, உருளையின் பரிமாண அளவு நீரின் எடையே என்பது நிருபிக்கப்படுகிறது.



படம் 46.

நீருக்குப் பதிலாக வேறு எந்தத் திரவத்தையும் பீக்கரில் எடுத்து இச் சோதனையைத் திருப்பிச்செய்து, ஆர்க்கிமிடீஸின் தத்துவத்தை நிருபிக்கலாம்

இத் தத்துவத்தை இன்னொரு முறையிலும் நிருபிக்கலாம். முன் போலவே ஒரு சீரான உருளையை எடுத்து, காலிப்பரால் அதன் நீளத்தையும் குறுக்குவிட்டத்தையும் திருத்தமாகக் கண்டுபிடி. இதிலிருந்து அதன் கன அளவைக் (V) கணிக்கலாம். முன்போல், உருளையைத் தராசின் இடப்புறக் கொக்கியிலிருந்து கட்டி, ஒரு மரத் தாங்கியின்மீது வைக்கப்பட்ட ஒரு காலி பீக்கருக்குள் தொங்கவிட்டு அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (W_1). இப்பொழுது பீக்கருக்குள் நீரை ஊற்றி, உருளை அதில் முழுகுமாறு செய்து அதன் எடையைக் கண்டு

படி (W_2). W_2, W_1-ஐவிடக் குறைவாக இருக்கும். ($W_1 - W_2$) உருளை நீரில் இழந்ததாகக் காணப்படும் எடை. அதே கன அளவுள்ள நீரின் எடை = $V \times 1$.

($W_1 - W_2$), V-க்குச் சமமாயிருப்பதைக் காணலாம்.

அடர்த்தி எண்ணைக் கண்டுபிடித்தல்

ஆர்க்கிமிடீஸின் தத்துவத்தை உபயோகித்துப் பொருள்களின் அடர்த்தி எண்ணைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

ஒரு பொருளை நீரில் முழுக்கினுல் அஃது இழப்பதாகக் காணப்படும் எடை பொருளின் கன அளவு நீரின் எடைக்குச் சமம் என்பது இக் கொள்கை.

ஆனால், ஒரு பொருளின்

$$\text{அடர்த்தி எண்} = \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{அதே கன அளவு நீரின் எடை}}$$

ஆகவே, பொருளின்

$$\text{அடர்த்தி எண்} = \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{அது நீரில் இழக்கும் எடை}}$$

அதுபோல ஒரு திரவத்தின்

$$\text{அடர்த்தி எண்} = \frac{\text{பொருள் திரவத்தில் இழக்கும் எடை}}{\text{பொருள் நீரில் இழக்கும் எடை}}$$

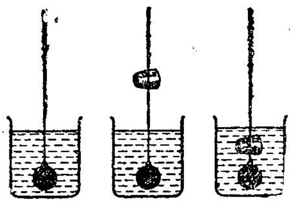
(1) நீரைவிடக் கனமான திடப் பொருள்: ஒரு மரத் தாங்கியைத் தராசின் இடத் தட்டின்மீது, அதைத் தொடாதவாறு வைத்து, ஒரு பீக்கரை அதன்மேல் வை. கொடுக்கப்பட்ட பொருளைத் தராசின் இடப் புயத்திலிருக்கும் கொக்கியிலிருந்து கட்டி, பீக்கருக்குள் தொங்கவிட்டு, அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (W). பீக்கருக்குள் நீரை ஊற்றிப் பொருள் அதில் முழுவதுமாக முழுகும்படி செய்து, அதன் எடையை நீரில் கண்டுபிடி (W_1) நீரில் இழந்த எடை = ($W - W_1$)

$$\therefore \text{பொருளின் அடர்த்தி எண்} = \frac{W}{W - W_1}$$

(2) திரவம்: முந்திய சோதனையைச் செய்தபின், நீரைக் கொட்டிவிட்டு, பீக்கரில் திரவத்தை ஊற்றி, அதில் பொருளின் எடையைக் கண்டுபிடி (W_2). திரவத்தில் பொருள் இழந்த எடை = ($W - W_2$)

$$\therefore \text{திரவத்தின் அடர்த்தி எண்} \; \frac{W - W_2}{W - W_1}$$

(3) நீரைவிட இலகுவான திடப் பொருள்: கார்க்கு போன்றவை நீரில் மிதக்கும்; ஒரு பித்தளை அல்லது ஈயக்குண்டை அமுக்கியாக உபயோகிக்கலாம். முதலில் அமுக்கியை நீரினுள் முழுக்கி அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (W_1). கார்க் துண்டை நீர்மட்டத்திற்கு மேலேகட்டி மறுபடியும் எடையைக் கண்டுபிடி (W_2). கார்க்கின் எடை $=(W_2-W_1)$. இப்பொழுது காக்கை அமுக்கியுடன் சேர்த்துக்கட்டி, இரண்டையும் நீரினடியில் தொங்கவிட்டு (படம் 47c) எடையைக் கண்டுபிடி (W_3). நீரினுள் கார்க்கின் எடை $=(W_3-W_1)$. ஆகவே நீரில் கார்க்கு இழந்த எடை



a b c

படம் 47.

$$=(W_2-W_1)-(W_3-W_1) = (W_2-W_3)$$

$$\therefore \text{ கார்க்கின் அடர்த்தி எண் } = \frac{W_2-W_1}{W_2-W_3}$$

(4) நீரில் கரையும்பொருள்: படிக்காரத்துண்டு முதலிய பொருள்களின் அடர்த்தி எண்ணைக் கண்டுபிடிக்க, பொருளின் எடையைக் காற்றிலே கண்டுபிடித்த பின்னர், அது கரையாத ஒரு திரவத்தில் (மண்ணெண்ணெயில்) அதன் எடையைக் கண்டுபிடி. அத் திரவத்தில்

$$\text{பொருளின் அடர்த்தி எண் } d_1, = \frac{\text{பொருளின் எடை}}{\text{திரவத்தில் பொருள் இழந்த எடை}}$$

ஒரு கண்ணாடி அடைப்பானின் எடையை நீரிலும் திரவத்திலும் கண்டுபிடித்து, திரவத்தின் அடர்த்தி எண்ணைக் (d_2) கண்டுபிடி. கரையும் பொருளின் அடர்த்தி எண் $= d_1 \times d_2$.

மிதப்பு விதிகள் (Laws of Floatation)

ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவம் ஒரு திரவத்தில் மிதக்கும் பொருள்களுக்கும் பொருந்தும். மிதக்கும் பொருள்களின்மீது செயல்படும் மேல் நோக்கிய விசை, வெளியேற்றப்பட்ட திரவத்தின் எடைக்குச் சமமாய், அத் திரவத்தின் ஈர்ப்பு மையத்தினூடே இயங்கும். இம் மையத்திற்கு மிதவை மையம் (Centre of buoyancy) என்று பெயர். ஆகவே, ஒரு பொருள் ஒரு திரவத்தில் தடையின்றி மிதக்கும் பொழுது அதன்மீது செயல்படும் விசைகள் இரண்டு: (1) அதன் எடை, அதன் ஈர்ப்பு மையத்தினூடே, செங்குத்தாகக் கீழே இயங்குவது. (2) வெளியேற்றப்பட்ட திரவத்தின் எடைக்குச் சமமான மேல்நோக்கிய விசை, மிதவை மையத்தினூடே செயல்படுகின்றது. இவ்விரு விசைகளின் காரணமாகப் பொருள் நிலையாக இருப்பதால் இவ்விரு விசைகளும் சமமாய், ஒன்றுக்கொன்று எதிராய், ஒரே நேர் கோட்டில் செயல்படுகின்றன.

இவைகளே மிதப்பு விதிகள் எனப்படுபவை:

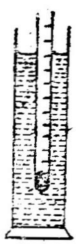
ஒரு பொருள் ஒரு திரவத்தில் தடையின்றி மிதக்குமானல், (1) அதனல் வெளியேற்றப்பட்ட திரவத்தின் எடை பொருளின் எடைக்குச் சமமாயிருக்கும்; (2) பொருளின் ஈர்ப்பு மையமும் மிதவை மையமும் ஒரே செங்கோட்டிலுள்ளன.

திரவமானிகள் (Hydrometers)

மிதப்பு விதிகளைப் பயன்படுத்தி ஒரு திரவத்தின் அடர்த்தி எண்ணைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இவ்வாறு அடர்த்தி எண்ணைக் காணும் கருவிக்குத் திரவமானி என்று பெயர்.

திரவமானியில் இருவகைகள் உள்ளன. மாறும் அமிழ்தல், மாரு அமிழ்தல் திரவமானிகள். ஒரு சோதனைக் குழலை (test tube) இவ்விருவகைத் திரவமானிகளாகவும் பயன்படுத்தலாம்.

(1) சோதனைக் குழாய் மிதப்பி (test tube float): மாறும் அமிழ்தல். அடிப்பாகம் தட்டையான ஒரு சோதனைக் குழலின்



அடியில் சில ஈயக் குண்டுகளையோ சிறிது மணலையோ போட்டு, திரவத்தில் செங்குத்தாக மிதக்குமாறு செய். வரைகோட்டுத் தாள் (Graph Paper) ஒன்றைக் குறுகலாக, நீளமாக வெட்டி அதனுட்புறத்தில் வை. பிறகு அதை ஒரு நீள் ஜாடியிலுள்ள நீரில் மிதக்க வைத்து, நீர்மட்டத்திற்கடியிலுள்ள அதன் நீளத்தை அள (l). அதன் குறுக்களவு a என்றல், மிதப்பு விதிகளின் படி, மிதப்பியின் எடை $= l_1 \; a \times 1 \times g$.

படம் 48.

எடையை ஒன்றும் மாற்ருமல், அப்படியே அதைத் திரவத்தில் மிதக்க வைத்து, திரவ மட்டத்திற்கடியிலுள்ள நீளத்தை அள (l_2) மிதப்பியின் எடை $= l_2 \; adg$

$$\therefore l_1 \, ag = l_2 \, adg \qquad \therefore d = \frac{l_1}{l_2} = \frac{\text{நீரினடியில் நீளம்}}{\text{திரவத்தினடியில் நீளம்}}$$

ஈயக் குண்டுகளைப் போட்டோ, மணலைக் கூட்டியோ மிதக்கும் நீளங்களை மாற்றி, பல அளவுகளைப் பெறலாம். இதைக் கீழ்க் கண்டவாறு அட்டவணைப் படுத்தலாம் :

மாறும் அமிழ்தல் சோதனைக் குழல்

நீரினடியில் நீளம் l_1	திரவத்தினடியில் நீளம் l_2	அடர்த்தி எண் $d = \frac{l_1}{l_2}$

சராசரி d =

(2) மாறு அமிழ்தல் திரவமானி (Constant immersion hydrometer): அடிப்பாகம் தட்டையான ஒரு சோதனைக் குழலை நீரில் மிதக்கவிட்டு, ஒரு குறிப்பிட்ட ஆழத்திற்கு நீரில் அமிழ்ந்து செங்குத்தாக மிதக்குமாறு ஈயக் குண்டுகளையோ, மணலையோ அதில் போடு. பிறகு அதை வெளியே எடுத்துத் துடைத்து, அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (W_1). பிறகு அதைத் திரவத்தில் மிதக்க வைத்து முந்திய அதே ஆழத்திற்குத் திரவத்தில் அமிழ்ந்து மிதக்குமாறு ஈயக் குண்டுகளைச் சரிப்படுத்து. பிறகு அதை வெளியே எடுத்துத்துடைத்து அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (W_2).

சோதனைக்குழல் அமிழ்ந்த குறிப்பிட்ட ஆழம் h என்றும், அதன் குறுக்களவுப் பரப்பு a என்றும், திரவத்தின் அடர்த்தி d என்றும் வைத்துக்கொண்டால்,

நீரில் மிதக்கும்பொழுது, $w_1 = ha \times 1 \times g$

திரவத்தில் மிதக்கும்பொழுது, $w_2 = h\, a\, d\, g$

ஆகவே $d = \frac{w_2}{w_1}$

குறிப்பிட்ட ஆழங்களை மாற்றி, அட்டவணைப்படுத்து:

மிதப்பியின் எடை		அடர்த்தி எண் $d = W_2/W_1$
நீரில் W_1	திரவத்தில் W_2	

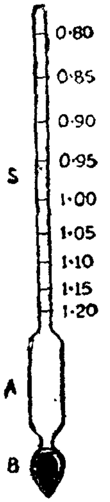
சராசரி $d =$

சாதாரண திரவமானி (Common hydrometer)

இது வியாபாரத் துறையிலே, பால், சாராயம், அமிலங்கள் (acids), சர்க்கரைச் சாறுகள் முதலிய திரவங்களின் அடர்த்தி எண்ணை நேரடியாகக் கண்டுபிடிப்பதற்கு உதவும் ஒரு மாறும் அமிழ்தல் திரவமானி.

இதில் A என்ற நீண்ட பல்பும், அதற்கடியில் பாதரசம் நிறைந்த B என்ற உருண்டையான பல்பும், மேலே C என்ற நீண்ட, மூடப்பட்ட தண்டும் உள்ளன. தண்டில் அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. கீழ் பல்பிலுள்ள பாதரசம் இம் மானியைத் திரவத்தில் செங்குத்தாக மிதக்க உதவுகிறது.

ஒரு திரவத்தில் இது மிதக்கும்பொழுது, திரவ மட்டத்திற்கு எதிரில் உள்ள பிரிவு திரவத்தின் அடர்த்தி எண்ணை நேராகத் தருகின்றது. குறைவான அடர்த்தியுள்ள திரவத்தில் மானி அதிகமாக அமிழும். ஆகையால் தண்டின் மேற்பாகத்திலுள்ள பிரிவு குறைவான அடர்த்தியைக் குறிக்கும்.



படம் 49.

பால் மானி (lactometer) என்பது, பாலின் அடர்த்தி எண்ணைக்காட்டும் ஒரு சாதாரண திரவமானி. இதைக் கொண்டு பாலில் எவ்வளவு பாகம் நீர் கலந்துள்ளது என்பதை உடனே கண்டுபிடித்துவிடலாம். ஒரு பாட்டரியிலுள்ள அமிலத்தின் அடர்த்தி எண்ணைக் கண்டுபிடித்து, பாட்டரிக்கு மின்னூட்டம் தேவையா இல்லையா என்பதையும் சாதாரண திரவமானி காட்டும்.

உதாரணம் :

1. ஓர் உலோகத்துண்டு, கார்க் இவற்றின் அடர்த்தி எண்ணைக் கண்டுபிடிக்க, கீழ்க்கண்ட அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டன :

உலோகத்துண்டின் எடை (காற்றில்)	:	62·47 கிராம்
நீரில் உலோகத்துண்டின் எடை	:	57·29 கி.
உலோகம் நீரிலும், கார்க் காற்றிலும் எடை	:	59·52 கி.
உலோகமும் கார்க்கும் நீரில் எடை	:	48·12 கி.

அவற்றின் அடர்த்தி எண்களைக் கணி.

உலோகத்தின் அடர்த்தி எண்

$$= \frac{\text{காற்றில் அதன் எடை}}{\text{நீரில அது இழந்த எடை}} = \frac{62{\cdot}47}{(62{\cdot}47 - 57{\cdot}29)}$$

$$= \frac{62{\cdot}47}{5{\cdot}18} = 12{\cdot}06$$

கார்க்கின் அடர்த்தி எண் =

$$= \frac{\text{காற்றில் அதன் எடை}}{\text{நீரில் அது இழந்த எடை}} = \frac{59{\cdot}52 - 57{\cdot}29}{59{\cdot}52 - 48.12}$$

$$= \frac{2{\cdot}23}{11{\cdot}40} = 0{\cdot}1956$$

2. பனிக்கட்டியின் அடர்த்தி எண் 0·92; கடல்நீரின் அடர்த்தி எண் 1·03 கடலில் மிதக்கும் பனிக்கட்டி மலையின் எவ்வளவு பாகம் நீருக்கு மேல் காணப்படும் ?

பனிக்கட்டி மலையின் பரிமாணம் V என்றும், நீரினுள் மறைந்திருக்கும் பரிமாணம் v^1 என்றும் கொள்வோம்.

பனி மலையின் எடை $= \cdot 92V$

விலக்கப்பட்ட கடல் நீரின் எடை $= 1\cdot 03V^1$

பனிமலை மிதக்கவேண்டுமானால், விலக்கப்பட்ட நீரின் எடை மலையின் எடைக்குச் சமமாயிருக்கவேண்டும்.

$\therefore \cdot 92V = 1\cdot 03v^1$; அல்லது, $V = \frac{1\cdot 03}{\cdot 92}V^1$

$$\left.\begin{array}{r}\text{வெளியே காணப்படும்}\\ \text{பாகத்தின் பரிமாணம்}\end{array}\right\} = V - V^1 = \frac{1\cdot 03 - \cdot 92}{\cdot 92}V^1 = \frac{\cdot 11}{\cdot 92}V^1$$

$$\therefore \text{வெளியே காணப்படும் பாகம்} = \frac{V - V^1}{V} = \frac{\cdot 11}{\cdot 92}\frac{V^1}{V} = \frac{\cdot 11}{\cdot 92} = \frac{\cdot 92}{1\cdot 03}$$

$$= \frac{\cdot 11}{1\cdot 03} = \frac{11}{103}.$$

பயிற்சி

1. ஹீரோ அரசனின் கிரீடம் சுத்தப் பொன்னால் ஆனதல்ல என்றும், அதில் சிறிது தாமிரக் கலப்புள்ளதென்றும் ஆர்க்கிமிடீஸ் கண்டுபிடித்தார். கிரீடத்தின் எடை 8·621 கிலோகிராம்; அதை நீரில் முழுக்கியபொழுது 500 கன செ.மீ. நீர் வெளியேற்றப்பட்டது. எவ்வளவு தாமிரக் கலப்பு என்று கண்டுபிடி. (அடர்த்தி : பொன் = 19·32 கி./கன செ.மீ. ; தாமிரம் = 8·93 கிராம்/கன செ.மீ.).

விடை: பொன் 80% பரிமாணம்; தாமிரம் 20% பரிமாணம்.

2. ஒரு டைட்டேனிய உலோகத்துண்டு காற்றில் 90 கிராம், நீரில் 70 கிராம், மண்ணெண்ணெயில் 74 கிராம் எடையுள்ளதாயிருக்கிறது. டைட்டேனியம், மண்ணெண்ணெய் இவற்றின் அடர்த்தி எண்கள் யாவை ?

விடை : 4·5; 0·8.

3. ஒரு கல் காற்றில் 75 கிராம், நீரில் 50 கிராம், கிளிஸரினில் 43·5 கிராம் நிறையுள்ளது. கல், கிளிஸரின் இவற்றின் அடர்த்தி எண்ணைக் கண்டுபிடி.

விடை : 3·0; 1·26.

4. ஓர் அலுமினியத்துண்டு நீரில் 85 கிராம் நிறையுள்ளதாயிருக்கிறது. அலுமினியத்தின் அடர்த்தி எண் 2·7 ஆனால், அத் துண்டின் எடையையும், விளக்கெண்ணெயில் அதன் எடையையும் கண்டுபிடி. (விளக்கெண்ணெயின் அடர்த்தி எண் = ·97)

விடை: 135 கிராம்; 86·5 கிராம்.

5. ஒரு மரக்கட்டை நீரில் $\frac{4}{5}$ பாகம் அமிழ்ந்தவாறு மிதக்கிறது. மரக்கட்டையின் அடர்த்தி எண் யாது ?

விடை : 0·8.

6. ஈயக்குண்டுகள் அடங்கிய சோதனைக்குழாய் நீரில் 10 செ. மீட்டரும், ஓர் திரவத்தில் 12 செ. மீட்டரும் அமிழ்ந்தவாறு மிதக்கின்றது. திரவத்தின் அடர்த்தி எண் என்ன ?

விடை : $\frac{5}{6}$.

7. உட்புறம் காலியான இரும்புக் கோளமொன்று நீரில் $\frac{9}{10}$ பாகம் மூழ்கியவாறு மிதக்கின்றது. 0·8 அடர்த்தி எண்ணுடைய மண்ணெண்ணெயைப் போதியஅளவு நீரின்மீது ஊற்றிக் கோளத்தை அதில் முழுகவைத்தால், கோளத்தின் எவ்வளவு பாகம் இப்பொழுது நீரின் அடியில் மூழ்கியுள்ளது ?

(குறிப்பு: மிதத்தல் விதிகளைக்கொண்டு கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டை உண்டுபண்ணு:

$V \times 0{\cdot}9 = (V - v)0{\cdot}8 + (v \times 1)$: இதில் V கோளத்தின் முழுப் பரிமாணம்; v என்பது இரண்டாம் கட்டத்தில் நீரினடியில் அமிழ்ந்துள்ள கோளத்தின் பரிமாணம்).

விடை : கோளத்தின் பரிமாணத்தில் பாதி.

8. ஓர் மாறு ஆழத்திரவமானி, நீரில் 6 செ.மீ. வெளியே தெரியுமாறும் 1·2 அடர்த்தி எண்ணுடைய ஒரு திரவத்தில் 8 செ.மீ. வெளியே தெரியுமாறும் மிதக்கின்றது. 0·8 அடர்த்தி எண்ணுடைய திரவத்தில் எவ்வளவு பாகம் வெளியே தெரியுமாறு மிதக்கும் ?

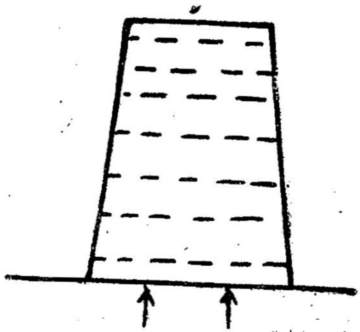
விடை : 3 செ. மீ.

12. வாயுமண்டல அழுத்தமும் பாயிலின் விதியும்

(Atmospheric Pressure and Boyle's Law)

பூமியைச் சுற்றிலும் சுமார் 200 மைல்கள் உயரத்திற்குக் காற்று வியாபித்துள்ளது. ஆனால், மேலே போகப்போக அதன் அடர்த்தி வெகுவாகக் குறைந்து, சுமார் 40, 50 மைல் உயரத்திலே அதன் அழுத்தம் ஆய்வுக்கூடங்களில் பம்புகளால் உண்டுபண்ணும் வெற்றிடத்தைப் போன்று குறைந்துவிடுகிறது. தரைமட்டத்தில் ஒரு சதுர அங்குலப் பரப்பளவை எடுத்துக்கொண்டு, அதன்மீது செங்குத்தாக நிற்கும் காற்றின் எடையைக் கணித்தால், அது சுமார் 15 பவுண்டு எடை என்று தெரியவருகிறது. ஆகவே, தரைமட்டத்தில் காற்றின் அழுத்தம் = 15 பவு. எடை/சதுர அங்குலம் அல்லது 1 கிலோ கிராம்/சதுர செ.மீ. ஆகும்.

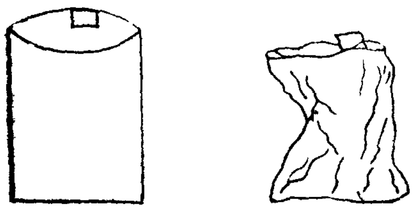
காற்றின் எடை: காற்று மிகவும் இலேசானது என்றாலும், அதுவும் ஒரு பொருளாகையால் அதற்கு எடை உண்டு. ஒரு துவாரமுடைய ரப்பர் அடைப்பானால் மூடியுள்ள ஒரு குடுவையை எடுத்து, துவாரத்தினுள் ஒரு சிறு கண்ணாடிக்குழாயைச் செலுத்தி, அதன் வெளிப்புறத்தில் ஒரு சிறு ரப்பர் குழாயைப் பொருத்து. ஒரு பம்பின் உதவியால் குடுவையிலுள்ள காற்றை வெளியேற்றிவிட்டு ரப்பர்க் குழாயை ஒரு கிளிப்பால் இறுக மூடி, குடுவையின் எடையைக் கண்டுபிடி. கிளிப்பைத் திறந்தால் காற்று 'புஸ்'ஸென்று உள்ளே செல்வதைக் கேட்கலாம். மறுபடியும் அதன் எடையைக் கண்டுபிடி. எடை அதிகமாக இருப்பது தெரியவரும். இதுவே காற்றின் எடை.



படம் 50.

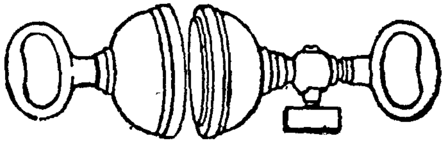
காற்றிற்கு எடையுண்டு ஆகையால், அதற்கு அழுத்தம் உண்டு. தரைமட்டத்திலுள்ள எந்தப் பொருள்மீதும் ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு 15 பவுண்டு எடை அழுத்தம் செயல்படுகிறது. இதைப பல உதாரணங்களால் விளக்கலாம்.

(1) ஒரு கண்ணாடி டம்ளரை நீரால் நிரப்பி அதன் வாயை ஒரு தடித்த அட்டையால் மூடு. அட்டையை அழுத்திப் பிடித்தவாறு, டம்ளரைத் தலைகீழாய்க் கவிழ்த்துப்பிடித்து, அட்டையைத் தாங்கும் விரலை எடுத்துவிடு. இப்பொழுது அட்டை கீழே விழாமல் நீரைத் தாங்கியவாறு நிற்கும். வெளியிலிருக்கும் காற்றின் மேலழுத்தம் அட்டையையும் டபளரிலுள்ள நீரின் எடையையும் தாங்கி நிற்கிறது.



படம் 51.

(2) ஒரு தகர டப்பியில் சிறிது நீரை எடுத்து, அதன் குறுகலான வாயைத் திறந்தவாறு நீரைக் கொதிக்க வை. நீராவி வெளிவந்து கொண்டிருக்கும்பொழுது, வாயை இறுக மூடி, உடனே அதைக் குளிரச் செய். படத்தில் காட்டியவாறு, இதன் பக்கங்கள் நசுங்கிப்போம். டப்பாவின் உட்புறத்தில் இருந்த நீராவி குளிர்ந்து நீரானபோது, உள்ளே வெற்றிடம் உண்டாயிற்று. வெளியில் இருக்கும் காற்றின் அழுத்தம் டப்பியை நசுக்கிவிடுகிறது.



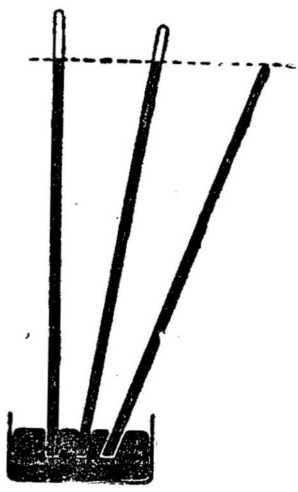
படம் 52.

(3) சுமார் 320 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு (1650), ஜெர்மனி நாட்டிலுள்ள மாக்டிபர்க் ஊரில், வான் கெரிக்கே (Van Guericke) என்ற விஞ்ஞானி ஜெர்மானிய அரசன் முன்னிலையில் 'காற்றின் அழுத்தத்தைக் காண்பிக்க ஓர் அதிசயமான பரிசோதனை செய்தார். படம் 52-ல் காண்பிக்கப்பட்ட 16 அங்குல விட்டமுள்ள இரு கிண்ணங்களைப் பொருத்தி, உள்ளிருந்த காற்றைப் பம்புகொண்டு வெளியேற்றினர்.

வெளியிலுள்ள காற்று இரு கிண்ணங்களைக் கெட்டியாக அழுத்திக் கொண்டிருந்தது. கிண்ணங்களைப் பிரிக்க, பக்கத்திற்கு எட்டாகப் பதினாறு குதிரைகளைக்கட்டி இழுக்கவேண்டியிருந்தது. இதிலிருந்து காற்றின் அழுத்தம் எவ்வளவு அதிகமெனத் தெரியவரும்.

பாரமானி (Barometer)

கலீலியோவின் மாணவரான டாரிஸெல்லி (Torricelli) என்பவர், சுமார் மூன்றடி நீளமுள்ள, ஒருபுறம் மூடிய கண்ணாடிக் குழாயை (AB) எடுத்து, அதில் பாதரசத்தை ஊற்றி நிரப்பி, திறந்த வாயை விரலால் மூடிக் குழாயைத் தலைகீழாய்த் திருப்பிப் பாதரசம் இருந்த ஒரு கிண்ணத்தில் அம் முனையை முழுக்கி, விரலை எடுத்து விட்டார். உடனே குழாயிலிருந்த பாதரசம் சிறிது கிண்ணத்திற்குள் விழுந்து, 30 அங்குல உயரத்திற்குக் குழாயில் நின்றது. குழாயைச் சாய்த்தால் பாதரசம் அதே 30 அங்குல, செங்குத்தான உயரத்திற்கு நின்று, குழாயின் மேல்பாகத்திற்குள் சென்றது. ஆகவே, பாதரசத்திற்கு மேலுள்ள குழாயின் இடம் வெற்றிடம் என்று தெரியவருகிறது. 30 அங்குல உயரமான பாதரசக் கம்பத்தை, வெளிப்புறத்தில் கிண்ணத்துப் பாதரசத்தின் மட்டத்தில் செயல்படும் காற்றின் அழுத்தம் தாங்கி நிற்கிறது. குழாயின் மேற்பாகத்திலுள்ள வெற்றிடத்திற்கு டாரிஸெல்லியின் வெற்றிடம் என்று பெயர்.



படம் 53.

இக் கருவிக்குக் கிண்ணி பாரமானி என்று பெயர். காற்றின் அழுத்தத்தை அளக்கும் கருவிக்குப் பாரமானி என்று பெயர். காற்றின் அழுத்தம் 30 அங்குல உயரமான (76 செ.மீ.) பாதரசக் கம்பத்திற்குச் சமம் என்று தெரிகிறது. அதாவது காற்றின் அழுத்தம் (hdg) 76 × 13·6 கிராம் எடை/சதுர செ.மீ. = 1033·6 கிராம் எடை/ச. செ.மீ. இதைச் சாதாரணமாக, "76 செ.மீ. அழுத்தம்" என்றே சொல்லுகிறோம். "76 செ.மீ. உயரமான பாதரசக் கம்பம்" என்பது தான் அதன் பொருள். பாதரசத்திற்குப் பதிலாக நீரை உபயோகித்தால் அப் பாரமானியின் உயரம் 1033·6 செ.மீ. (34 அடி) ஆகும்.

பாரமானியில் எப்பொழுதும் பாதரசமே பயன்படுகிறது. இதன் காரணம்: (1) பாதரசத்தின் அடர்த்தி அதிகமாகையால், பாரமானியின் உயரம் வசதியான அளவாயுள்ளது. (2) பாதரசம் வெகு

சுத்தமான நிலையில் கிடைக்கிறது. (3) பாதரசம் ஒளிபுகாப் பொருள் ஆகையால் அதன் உயரத்தை எளிதில் அளக்கலாம். (4) பாதரசம் கண்ணாடியில் ஒட்டுவதில்லை. (5) பாதரசத்தின் ஆவி அழுத்தம் (Vapour Pressure) மிகக் குறைவு. ஆகையால் காற்றின் அழுத்தத்தைத் திருத்தமாய் அளக்கலாம்.

பார்டின் பாரமானி (Fortin's Barometer)

பார்டின் பாரமானியில் சுமார் மூன்றடி நீளமுள்ள கண்ணாடிக் குழாய் பாதரசத்தால் நிரப்பப்பட்டு, C என்ற பாதரசக் கிண்ணத்தில் கவிழ்க்கப்பட்டுள்ளது. இக் கிண்ணத்தின் அடிப்பாகம் தோலால் ஆனது. ஆகவே S என்ற திருகியால் பாதரச மட்டத்தை மேலும் கீழும் நகர்த்தலாம். இக் கண்ணாடிக் குழாய் ஒரு பித்தளைக் குழாயினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இப் பித்தளைக் குழாயின் மேல் பாகத்திலுள்ள கண்ணாடி ஜன்னலின் மூலமாய்ப் பாதரசத்தின் மட்டத்தைப் பார்க்கலாம். அங்கே அங்குலத்திலும் சென்டிமீட்டரிலும் அளவு கோல்கள் பொறிக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு வெர்னியரும் நடுவே உண்டு. S_1 என்னும் திருகியால் இதை மேலும் கீழும் நகர்த்தலாம். இந்த அளவுகோல்களின் பூச்சியம், அடிக்கிண்ணியிலுள்ள P என்ற தந்தக்குறி முள்ளின் நுனியாகும்.

படம் 54.

காற்றழுத்தத்தை அளக்கவேண்டுமானால் முதலில் S என்ற திருகியின் உதவியால் பாதரசம் P என்ற குறிமுள்ளைத் தொடுமாறு செய். பிறகு S_1 என்ற திருகியைத் திருப்பி, வெர்னியரின் பூச்சியம் பாதரச மட்டத்திற்கு நேராக இருக்குமாறு செய்து. அளவு கோலின் அளவீட்டை வாசிக்கலாம்.

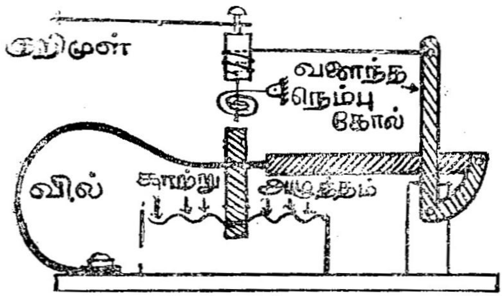
அனிராய்டு பாரமானி (Aneroid Barometer)

பாதரச பாரமானி மிக நீளமாயிருப்பதாலும், பாதரசம் சிந்தக் கூடுமாகையாலும், அதை வெவ்வேறு இடங்களுக்குத் தூக்கிச் செல்வது கடினம். இதற்காகத் திரவமில்லா அனிராய்டு பாரமானியை உபயோகிக்கிறார்கள்.

இதில் A என்ற ஒரு மெல்லிய தகட்டாலான பெட்டியொன்றுள்ளது. இதன் மேல்பாகம் மேடுபள்ளங்களுடைய ஒரு தகடு. இப் பெட்டியின் காற்று சிறிதளவு வெளியேற்றப்பட்டுள்ளது. காற்றின் அழுத்தம் மாறும்பொழுது தகடு மேலோ கீழோ செல்லும். இதைப் பல நெம்பு கோல்களின் உதவியால் பெருக்கி, ஒரு குறிமுள் இயக்கப்படுகிறது. இது காற்றின் அழுத்தத்தைக் காண்பிக்கும்.

உயரப் போகப்போகக் காற்றின் அழுத்தம் குறைகிறது. ஓர் இடத்தின் காற்றழுத்தத்தை அளந்தால் அவ்விடத்தின் உயரம்

தெரியவரும். கடல் மட்டத்திலிருந்து சுமார் 1000′ உயரம் சென்றால் காற்றழுத்தம் 1 அங்குலம் குறையும். (2·5 செ.மீ.) 1000 அடி கீழே (சுரங்கத்தினுள்) சென்றால் அழுத்தம் 1 அங்குலம் அதிகரிக்கும்.



படம் 55

காற்றழுத்தத்தைக் கொண்டு வானிலையை ஊகிக்கமுடியும். 70 செ.மீ. அழுத்தமென்றால் காற்றின் ஈரப்பதம் குறைவாக இருக்கும். அழுத்தம் குறையுமானால் மழை காற்று வரும் என்று பொருள். காற்றில் நீராவி அதிகமானல் அழுத்தம் குறையும். வெவ்வேறு இடங்களின் காற்றழுத்தம், வெப்பம், ஈரப்பதம் இவற்றை ஒரு தலைமை நிலையத்திற்கு அனுப்பி, நாட்டின் வெவ்வேறு பாகங்களின் வானிலை அறிக்கைகளைத் தயார்செய்து வானொலிமூலம் முன்கூட்டியே அறிவிக்கின்றனர்.

பாயிலின் விதி (Boyle's Law)

1662ஆம் ஆண்டில் சர் ராபர்ட் பாயில் என்னும் ஆங்கில விஞ்ஞானி காற்றின் அழுத்தத்திற்கும் அதன் கன அளவுக்குமிடையே உள்ள சம்பந்தத்தை ஆராய்ந்து வெளியிட்டார். அவர் கண்டுபிடித்த உண்மை வருமாறு :

'வெப்பநிலை மாருதிருந்தால், ஒரு குறிப்பிடப்பட்ட எடையுள்ள வாயுவின் அழுத்தமும் பரிமாணமும் தலைகீழ் விகிதத்திலிருக்கும்.'

அதாவது குறிப்பிடப்பட்ட எடையுள்ள வாயுவின் அழுத்தத்தை அதிகரித்தால் அதன் பரிமாணம் அதே விகிதத்தில் குறையும்; அழுத்தத்தைக் குறைத்தால் பரிமாணம் அதிகரிக்கும்.

ஆகவே, அழுத்தம் P என்றும், பரிமாணம் v என்றும் வைத்துக் கொண்டால், $P \propto \frac{1}{v}$

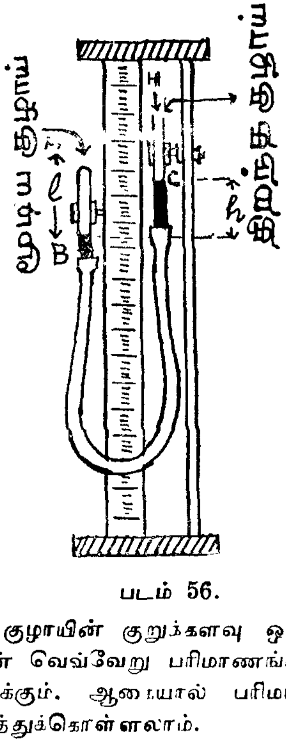
அல்லது, $P = k \times \frac{1}{v}$, k ஒரு மாறிலி (Constant)

$$\therefore \quad P v = k$$

சோதனை : (1) ஒரு சீரான குழாய் A B ஒருபுறம் (A) மூடப்பட்டு, மறுபுறத்தில் ஒரு நீண்ட ரப்பர்க் குழாய் மூலம் C என்ற குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. C என்பது இருபுறமும் திறந்துள்ளது.

இதில் பாதரசத்தை ஊற்றி, ரப்பர்க் குழாயையும் A B யில் ஒரு பாகத்தையும் நிரப்பு. மூடிய முனை Aக்கும், பாதரச மட்டத்திற்குமிடையே ஒரு குறிப்பிட்ட எடையுடைய காற்று அடைக்கப்பட்டுள்ளது.

முதலாவது C குழாயைக் கீழே கொண்டுவந்து, Bயிலும் Cயிலுமுள்ள பாதரச மட்டங்கள் ஒரே கிடைகோட்டிலிருக்கச் செய். இப்பொழுது அடைபட்ட காற்றின் அழுத்தம், வெளிப்புறக் காற்றழுத்தத்திற்குச் சமம் (P). காற்றுக் கம்பத்தின் நீளத்தையும (A B) குறித்துக்



படம் 56.

கொள் (*l*). A B குழாயின் குறுக்களவு ஒரே சீராய் இருப்பதால் காற்றுக் கம்பத்தின் வெவ்வேறு பரிமாணங்கள் அதன் நீளத்திற்கு நேர் விகிதமாயிருக்கும். ஆகையால் பரிமாணங்களுக்குப் பதிலாக நீளங்களையே எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

இப்பொழுது C-ஐ மேலே உயர்த்தி, BC இரண்டிற்குமிடையே உள்ள உயரத்தை அள (*h*). அடைபட்ட காற்றின் அழுத்தம் = (P + *h*); காற்றுக் கம்பத்தின் நீளத்தையும் அளந்துகொள். இவ்வாறே C-யை வெவ்வேறு உயரங்களுக்கு உயர்த்தி அடைபட்ட காற்றின் அழுத்தத்தையும் நீளத்தையும் அள.

பிறகு C-ஐத் தாழ்த்தி, B-க்குக் கீழே C எவ்வளவு தாழ இருக்கிறதென்று அள (*h*). இப்பொழுது அடைபட்ட காற்றின் அழுத்தம் = (P − *h*); அதன் நீளத்தையும் அள. இதைப்போல பல உயரங்களுக்கு அளவீடுகளை எடுத்து அட்டவணையாக்கு. **பார்டின் பாரமானியின் உதவியால் காற்றழுத்தை அள (P).**

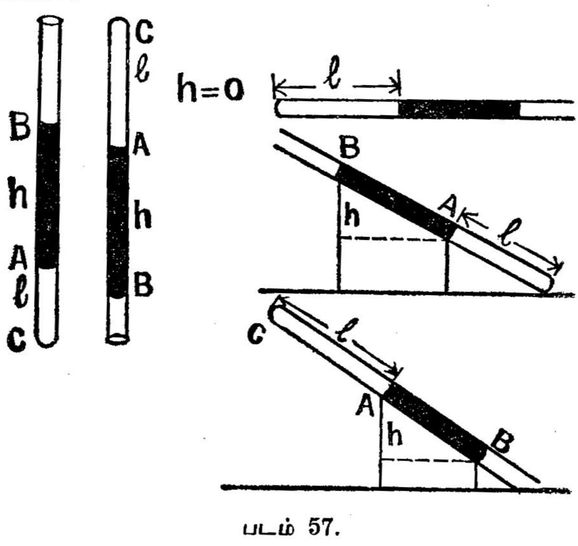
காற்றழுத்தம் P = ...

எண்	காற்றுத் தம்ப நீளம் (l)	பாதரச மட்டங்களின் வித்தியாசம் h	காற்றுத் தம்பத்தின் அழுத்தம் $P=(P+h)$	$P \times l$

கடைசிக் கட்டம் ($P \times l$) எப்பொழுதும் மாருமல் இருக்கும். சிறிதளவு மாறி வந்தால் அவற்றின் சராசரியை எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

இச் சோதனையை நடத்தும்பொழுது அடைபட்ட காற்றின் வெப்பநிலை மாருமல் இருக்கவேண்டும். சாதாரணமாக ஒரு வாயுவின் அழுத்தம் திடீரென்று அதிகரித்தால் அதன் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்; அழுத்தம் திடீரென்று குறைந்தால் வெப்பநிலை குறையும். ஆகையால் மேலே கண்ட சோதனையில், C-யை உயர்த்தியபின் அல்லது தாழ்த்தியபின் சிறிது நேரம் காத்திருந்து அளவீடுகளை எடுக்கவேண்டும்.

(2) இன்னொரு சுலபமானமுறையில் பாயிலின் விதியைச் சோதிக்கலாம்:



படம் 57.

ஒருபுறம் மூடியுள்ள நீண்ட குறுகலான ஒரே சீரான கண்ணாடிக் குழாய் ஒன்றில் AB என்ற பாதரசக் கம்பத்தை எடுத்துக்கொள்.

பாதரசத்திற்கும் மூடிய நுனிக்கும் இடையே ஒரு குறிப்பிட்ட எடையுள்ள காற்றுக் கம்பம் அடைபட்டுள்ளது.

குழாயைக் கிடைமட்டமாக வைத்தால், அடைபட்ட காற்றின் அழுத்தம் வெளிக்காற்றின் அழுத்தத்திற்குச் சமம் (P). குழாயைச் செங்குத்தாகப் பிடித்தால், பாதரசத்தின் நீளம் h என்பதை அளந்து, மூடிய முனை அடியிலிருந்தால் காற்றின் அழுத்தம் $(P+h)$ என்றும், மூடிய முனை மேற்புறமிருந்தால் அழுத்தம் $(P-h)$ என்றும் கொள்ளலாம். குழாய் சாய்வாக இருந்தால், பாதரசத்தின் செங்குத்தான உயரத்தையே அளக்கவேண்டும். அடைபட்ட காற்றின் நீளத்தை எப்பொழுதும் குழாயின் நீளவாட்டத்திலேயே அளக்கவேண்டும் (l).

முந்திய சோதனையில் செய்ததுபோலவே அட்டவணை தயாரித்து, $(P\times l)$ மாருமல் இருப்பதைக் காணலாம்.

உதாரணம்

1. ஒரு தப்பிதமான அழுத்தமானி 70 செ.மீ. அழுத்தம் காட்டும்பொழுது பாதரசத்திற்கு மேலுள்ள குழாயின் நீளம் 12 செ.மீ. மானியைப் பாதரசக் கோப்பைக்குள்ளாக அமுக்கினுல், 68 செ.மீ. அழுத்தம் காட்டும்பொழுது பாதரசத்திற்கு மேலுள்ள குழாயின் நீளம் 9 செ.மீ. காற்றின் அழுத்தத்தைக் கண்டுபிடி.

காற்றின் அழுத்தம் H செ.மீ. என்று கொள்வோம். குழாயின் குறுக்களவு a என்று கொள்வோம்.

பாதரசத்திற்குமேல் வெற்றிடமல்ல; அதில் காற்றுள்ளது. அக் காற்று பாயிலின் விதிக்குட்பட்டது. ஆகையால்,

$$12\times a\times(H-70) = 9\times a\times(H-68)$$
$$\therefore \quad 12H-840 = 9H-612$$
$$3H = 840-612=228$$
$$H = 76 \text{ செ.மீ.}$$

2. ஒரு நீண்ட, குறுகலான, ஒருபுறம் மூடிய குழாயில் 10 அங்குல நீளமுடைய பாதரசத் தம்பம் உள்ளது. திறந்த முனை மேலே உள்ளவாறு குழாயைச் செங்குத்தாகப் பிடித்தால், அடைக்கப்பட்ட காற்றின் நீளம் 6·6 செ.மீ. நீளமும், திறந்த முனை கீழே உள்ளவாறு பிடித்தால் காற்றின் நீளம் 8·6 செ.மீ. நீளமுமாய் உள்ளது. காற்றின் அழுத்தம் என்ன ?

காற்றழுத்தம் H என்று கொள்வோம். அடைக்கப்பட்ட காற்று பாயிலின் விதிக்குட்பட்டது. ஆகையால்,

$$(H+10)\,6{\cdot}6 = (H-10)\,8{\cdot}6$$
$$8{\cdot}6\,H-6{\cdot}6\,H = 6{\cdot}6\times10+8{\cdot}6\times10=66+86$$
$$2\,H = 152;\quad H=76 \text{ செ.மீ.}$$

பயிற்சி

1. ஓர் பாதரச அழுத்தமானி 75·6 செ.மீ. அழுத்தம் காட்டு கிறது. அழுத்தத்தின் அளவென்ன ? (பாதரசத்தின் அடர்த்தி = 13·6 கி./கன செ.மீ.; g = 980 செ.மீ./விநாடி^{2}).

விடை : $1{\cdot}007 \times 10^6$ டைன்/சதுர செ.மீ.

2. மேலே குறிப்பிட்ட அழுத்தமானியில் பாதரசத்திற்குப் பதிலாக நீரை உபயோகித்தால், நீர் எவ்வளவு உயரத்தில் நிற்கும் ?

விடை : 1028 செ.மீ.

3. ஓர் அழுத்தமானிக்குள் சிறிது காற்று புகுந்துவிட்டது. பாதரசத்திற்கு மேலேயுள்ள குழாயின் நீளம் 15·4 செ. மீட்டரா யிருக்கும்பொழுது மானி 68·8 செ.மீ. காட்டுகிறது ; அக் குழாயின் நீளம் 8·36 செ. மீட்டராயிருக்கும்பொழுது மானி 62·4 செ.மீ. காட்டு கிறது. காற்றின் உண்மையான அழுத்தமென்ன ?

விடை : 76·4 செ.மீ.

4. ஒரு நீண்ட, குறுகலான, சீரான, ஒரு புறம் மூடிய கண்ணாடிக் குழாயில் 18·3 செ.மீ. நீளமுடைய பாதரசத் தம்பமுள்ளது. குழாயைச் செங்குத்தாய்த் திறந்தமுனை கீழே உள்ளவாறு பிடித்தால் அடைக்கப் பட்ட காற்றின் நீளம் 47 செ. மீ. திறந்தமுனை மேலே உள்ளவாறு பிடித்தால் காற்றின் நீளம் 28·7 செ.மீ. காற்றின் அழுத்தத்தையும் குழாய் கிடைமட்டமாய் இருக்கும்பொழுது காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத் தையும் கணி.

விடை : 75·7 செ.மீ.; 35·63 செ.மீ.

5. ஒரு சீரான, நீண்ட, குறுகலான, ஒரு புறம் மூடிய கண்ணாடிக் குழாயில் பாதரசத் தம்பம் உள்ளது. குழாயைச் செங்குத்தாகத் திறந்த முனை மேலே உள்ளவாறு பிடித்தால், அடைக்கப்பட்ட காற்றின் நீளம், திறந்தமுனையைக் கீழே உள்ளவாறு பிடித்தால் உள்ளதைப் போல் $\frac{2}{3}$ பாகமாக உள்ளது. காற்றின் அழுத்தம் 75 செ.மீ. என்றால், பாதரசத் தம்பத்தின் நீளமென்ன ?

விடை : 15 செ.மீ.

6. ஒரு சீரான, நீண்ட, குறுகலான, ஒரு புறம் மூடிய கண்ணாடிக் குழாயில் திறந்த முனைக்குக் கீழே 1 செ.மீ. வரை பாதரசம் ஊற்றப் படுகிறது. பிறகு திறந்த வாயை விரலால் மூடி, அதைப் பாதரச முடைய ஒரு கிண்ணியில் வைத்து விரலை எடுத்தபொழுது, பாதரசம் 60·8 செ.மீ. உயரத்தில் நிற்கிறது ; அதற்குமேல் குழாயின் உயரம் 5 செ. மீட்டராயிருக்கிறது. காற்றின் அழுத்தமென்ன ?

விடை : 76 செ.மீ.

7. காற்றழுத்தம் 68,000 பவுண்டல்/சதுர அடியாயிருக்கும் பொழுது, ஒரு சிறு குமிழி ஓர் ஏரியின் அடியிலிருந்து கிளம்பி மேலே

வருகிறது. நீர் மட்டத்திற்கு வந்து சேரும்பொழுது அதன் பரிமாணம் அடியிலிருந்ததைப்போல் இருமடங்காகியுள்ளது. வெப்ப நிலை மாருமலிருக்கிறதென்று வைத்துக்கொண்டு, ஏரியின் ஆழத்தைக் கண்டுபிடி. (நீரின் அடர்த்தி = 62·5 பவு/க். அடி ; $g = 32$ செ. மீ./ விஞடி^{2}).

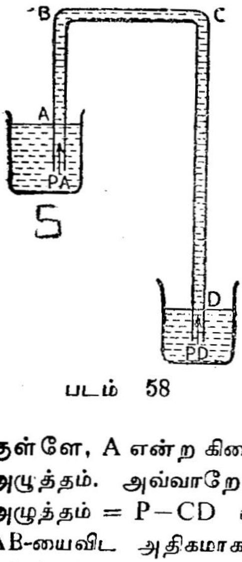
விடை : 34 அடி.

8. இரண்டடி நீளமுடைய சீரான ஒரு கண்ணுடிக் குழாய் ஒரு புறம் மூடப்பட்டு, அதன் உட்புறம் நீரில் கரையும் பசையால் பூசப்பட்டுள்ளது. அக் குழாய் ஓர் ஏரியினுள் திறந்தமுனை கீழாக மெதுவாக அமிழ்த்தப்படுகிறது. ஏரியின் அடிமட்டம்வரை சென்றபின், குழாயை மேலே எடுத்துச் சோதித்துப் பார்த்தபொழுது, பசை மூடிய முனைக்கு 2 அங்குலம்வரை கரைந்திருந்ததாகத் தெரியவந்தது. காற்றழுத்தம் 2125 பவு. எடை/ச. அடியென்றும், நீரின் அடர்த்தி 62·5 பவு./கன அடியென்றும், நீரின் வெப்பநிலை ஒரே அளவாயுள்ளதென்றும் வைத்துக்கொண்டால், ஏரியின் ஆழமென்ன ?

விடை : 374 அடி.

13. பம்புகளும் அழுத்தமானிகளும்
(Pumps and Gauges)

வடிகுழாய் (Siphon)



படம் 58

இது காற்றழுத்தத்தின் உதவியால் உயர்ந்த இடத்திலிருந்து தாழ்வான இடத்திற்கு இடையிலுள்ள தடைகளைப் பொருட்படுத்தாது, நீரை மாற்றும் குழாய்.

ABCD என்ற இருமுறை வளைந்த குழாய், இருபுறமும் திறந்துள்ளது. அதை முழுவதுமாக நீரால் நிரப்பி, ஒரு முனையை (A) மேல்மட்ட நீரிலும், மறுமுனையைக் (D) கீழ்மட்டப்பாத்திரத்திலுமாக வைத்தால், மேல்மட்ட நீர் அனைத்தும் கீழ்மட்டத்திற்குச் சென்றுவிடும்.

A, D என்ற நீர் மட்டங்களில் காற்றழுத்தம் (P) சமமாய் உள்ளது. குழாய்க்குள்ளே, A என்ற கிடைமட்டத்தின் அழுத்தம் = P—AB என்ற நீரின் அழுத்தம். அவ்வாறே குழாய்க்குள்ளே D என்ற கிடைமட்டத்தின் அழுத்தம் = P—CD என்ற நீரின் அழுத்தம். CD என்ற உயரம் AB-யைவிட அதிகமாக இருப்பதால் குழாய்க்குள்ளே D-இன் அழுத்தம் A-இன் அழுத்தத்தைவிடக் குறைவு. ஆகையால் நீர் குழாய்வழியாக வடிந்த வண்ணமாய் இருக்கும்.

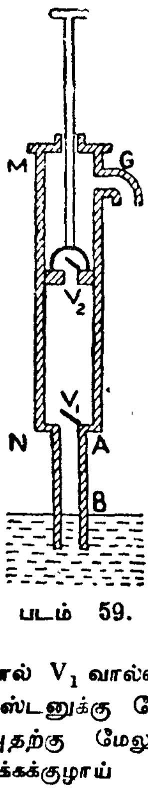
நீர்மட்டத்தின்மீது செயல்படும் காற்றழுத்தமே AB குழாயில் நீரைத் தள்ளுவதால், AB-இன் உயரம் நீர் பாரமானியின் உயரத்திற்கு (அதாவது, 34 அடிக்கு)க் குறைவாக இருத்தல்வேண்டும்.

நீர்ப் பம்புகள் (Water Pumps)

(1) சாதாரணப் பம்பு (Common Pump)

இந்தப் பம்பின் உதவியால் வெகுகாலமாகவே தண்ணீர் இறைத்து வந்திருக்கிறார்கள். இதைக்கொண்டு நீரை ஒரு 28 அடி உயரந்தான் தூக்கமுடியும்.

இப் பம்பில், MN என்ற அகன்ற குழலும், அதனடியில் AB என்ற குறுகலான குழாயும் உள்ளன. குழலில் ஒரு பிஸ்டன் காற்று உட்புகா வண்ணம் இறுக்கமாய் மேலும் கீழும் செல்கிறது. குழலும் குறுகலான குழாயும் சேரும் இடத்திலே (A) ஒருவழி வால்வு V_1 மேனோக்கி மட்டும் திறக்குமாறு பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. அவ்வாறே பிஸ்டனிலும் மேனோக்கித் திறக்குமாறு வால்வு V_2 பொருத்தப்பட்டுள்ளது. குழலின் மேல்பாகத்தில் G என்ற பக்கக்குழாய் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.



படம் 59.

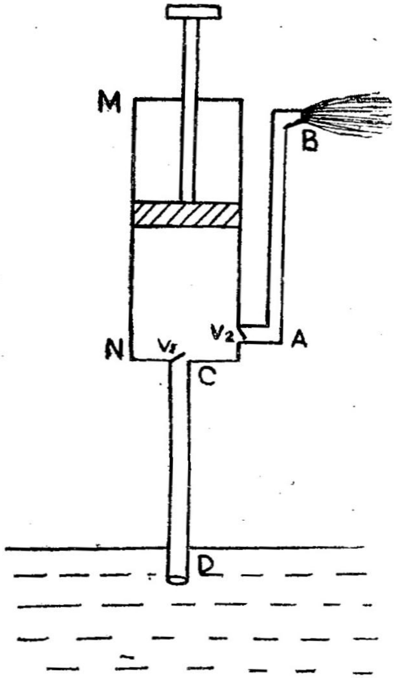
AB குழாயை நீரில் வைத்து, பிஸ்டனைக் குழலின் அடியிலிருந்து மேலே இழுப்போம். பிஸ்டனுக்குக்கீழே உள்ள காற்று விரிந்து அதன் அழுத்தம் குறைகிறது. பிஸ்டனிலுள்ள வால்வு மூடியுள்ளது. அதற்கு மேலேயுள்ள காற்று G-இன் வழியாக வெளியேறுகிறது. குழலிலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் குறைவதால், நீர்மட்டத்தில் செயல்படும் காற்றழுத்தம் நீரை AB வழியாய்க் குழலுக்குள் தள்ளுகிறது. நீர் V_1 வால்வைத் திறந்துகொண்டு, குழலுக்குள் பிரவேசிக்கிறது. இப்பொழுது பிஸ்டனைக் கீழே கொண்டுவந்தால், குழலில் இருக்கும் நீர் அமுக்கப்படுகிறது. ஆகையால் V_1 வால்வு மூடிக்கொள்ளுகிறது. நீர் V_2 வால்வைத் திறந்து பிஸ்டனுக்கு மேலே செல்கிறது. பிஸ்டனை மேலே இழுத்தால், அதற்கு மேலுள்ள V_2 வால்வை மூடி, மேலே தள்ளப்பட்டு, பக்கக்குழாய் G வழியாக வெளியே விழுகிறது. பிஸ்டனுக்கடியில் அழுத்தம் குறைவதால் AB-யிலுள்ள நீர் V_1 வால்வைத் திறந்து குழலுக்குள் பிரவேசிக்கிறது. இவ்வாறு பிஸ்டன் மேலும் கீழும் இயங்கும்பொழுது நீர் G வழியாய் வெளியேறுகிறது.

AB என்னும் குழாய் சுமார் 20 அடி நீளத்திற்குமேல் இருக்கக் கூடாது. V_1 வால்வு நீர்மட்டத்திலிருந்து 20 அடி உயரத்திற்கு அதிகமாக இருந்தால், நீர் அதைத் திறந்து குழலுக்குள் செல்லாது.

விசைப் பம்பு (Force Pump)

முன்னைவிட அதிக உயரத்திற்கு நீரைத் தூக்குவதற்கு இவ் விசைப் பம்பு உதவுகிறது. இது சாதாரண பம்பைப்போலவே குழல் MN_1 குழாய் CD_1 பிஸ்டன் முதலியவற்றை உடையது. ஆனால், குழலின் அடிப்பாகத்தில் பக்கக்குழாய் ABயும், அதில் வால்வு V_2-ம் உண்டு. பிஸ்டனில் வால்வு இல்லை. V_1, V_2 இரண்டும் மேலே திறப்பவை.

CD குழாயை நீரில் வைத்து, பிஸ்டனை மேலே இழுத்தால், பிஸ்டனுக்குக்கீழே அழுத்தம் குறைகிறது. V_2 மூடிக்கொள்ள, CD குழாயிலுள்ள நீர் V_1 வால்வைத்திறந்து குழலுக்குள் செல்கிறது. பிஸ்டனைக் கீழே தள்ளினால், நீர் அழுத்தம் அதிகரித்து, வால்வு V_1 மூடப்படுகிறது.



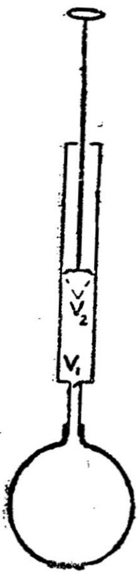
படம் 60.

V_2 பக்கக்குழாய்க்குள் திறக்கிறது, நீர் அதன்வழியாய் வேகமாய் AB-க்குள் ஏறிப் பீறிட்டு வெளிச்செல்கிறது. இக் குழாயில் எவ்வளவு உயரத்திற்கு நீர் ஏறும் என்பது, பிஸ்டனை எவ்வளவு விசையுடன் அழுத்துகிறோம் என்பதைப் பொறுத்திருக்கிறது. வால்வு V_1 நீர் மட்டத்திற்கு மேலே 20 அடி உயரத்திற்குமேல் இருந்தால், நீர் அதைத் திறந்து குழலுக்குள் பிரவேசிக்க இயலாது. ஆனால், AB எத்தனை உயரமாய் வேண்டுமானாலும் இருக்கலாம்.

தீ அணைக்கும் எஞ்ஜின் (Fire Engine)

விசைப்பம்பின் உதவியால் வெகு உயரத்திற்கு நீரைச் செலுத்தலாம். ஆனால், பிஸ்டன் கீழ்நோக்கித் தள்ளப்படும்பொழுது மட்டுமே நீர் பீறிட்டு வெளிவரும்; பிஸ்டனை மேலே தூக்கும்போது நீர் வராது. தீ அணைக்கும் எஞ்ஜினில் நீர் தொடர்ச்சியாக வரவேண்டும்.

இதற்காக மாறிமாறி இயங்கும் இரு விசைப் பம்புகளை ஒரு தண்டால் இயக்கி, வெளியேறு குழாயில் ஒரு காற்றறையும் வைத்துள்ளனர். கைப்பிடி மேலும் கீழும் செல்லும்பொழுது இரு பிஸ்டன்களும் நீரை மேலே தூக்கி மாறிமாறி வெளியே செலுத்தும். ஆனல், பிஸ்டன் அழுத்தப்படும் போது, காற்றறையிலுள்ள காற்று வெகுவாக அமுக்கப்படுகிறது. இதன் காரணமாக நீர் வெகு உயரத்திற்குத் தொடர்ச்சியாக வந்துகொண்டே இருக்கும்.



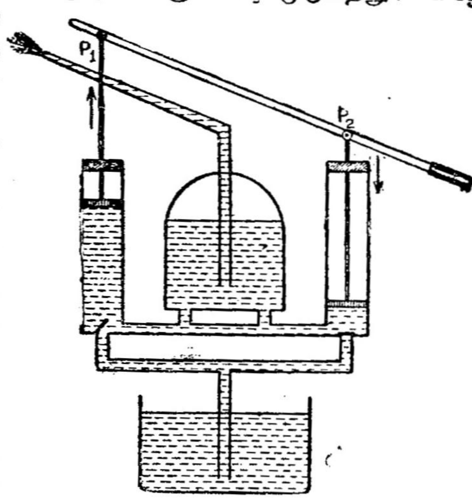
படம் 61.

காற்றுப் பம்பு (Air Pump)

அழுத்தும் பம்பு (Compression Pump)

ஒரு சைக்கிள் சக்கரத்திற்குக் காற்று ஏற்றுவதற்கும் கால்பந்து, கைப்பந்து, கூடைப்பந்து முதலிய பந்துகளில் காற்று நிரப்புவதற்கும் அழுத்தும் பம்பு பயன்படுகிறது. பிஸ்டனிலும் குழலின் அடியிலும் உள்ள வால்வுகள் (V_1, V_2) கீழ்ப்பக்கமாகத் திறக்கின்றன.

பிஸ்டனைக் கீழிருந்துமேலே இழுத்தால், பிஸ்டனுக்கடியில் அழுத்தம் குறைகிறது. V_1 வால்வு மூடி, V_2 திறந்து, பிஸ்டனுக்கு மேலிருக்கும் காற்றை உள்ளே புகவிடுகிறது. பிஸ்டனைக் கீழே தள்ளினல் V_2 மூடுகிறது: கீழேயுள்ள காற்று அமுக்கப்பட்டு, V_1 வால்வைத் திறந்து, பந்திற்குள் பிரவேசிக்கிறது. இவ்வாறு மேலும் கீழும் பிஸ்டன் செல்வதால், பந்திலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் வேண்டிய அளவுக்கு உயர்கிறது.



படம் 62.

பிஸ்டனை n முறை மேலும் கீழும் தள்ளுவதால், வாங்கும் பாத்திரத்தில் அழுத்தம் எவ்வளவு உயருகிறது என்பதைக் கணிக்க வேண்டுமானல், காற்று எங்கும் ஒழுகிப் போகவில்லை என்று வைத்துக்கொள்ளவேண்டும். குழலின் கன அளவு v என்றும், பாத்திரத்தின் அளவு V என்றும் வைத்துக்கொண்டால், பிஸ்டன் மேலே

செல்லும்பொழுது, v அளவு காற்று வெளிக்காற்றின் அழுத்தத்தில் (P) குழலுக்குள் பிரவேசிக்கிறது. பிஸ்டனைக் கீழே தள்ளினால் இக் காற்று பாத்திரத்திற்குள் தள்ளப்படுகிறது. ஆகவே, n முறை பிஸ்டன் மேலும் கீழும் போனால் (nv) அளவான காற்று, P அழுத்தத்தில், V என்ற அளவுடைய பாத்திரத்திற்குள் தள்ளப்படுகிறது (அதில் முதலிலேயே V அளவு காற்று P அழுத்தத்தில் இருந்தது). ஆகவே பாயிலின் விதிப்படி,

$$(nv+V)P=P_n \times V$$

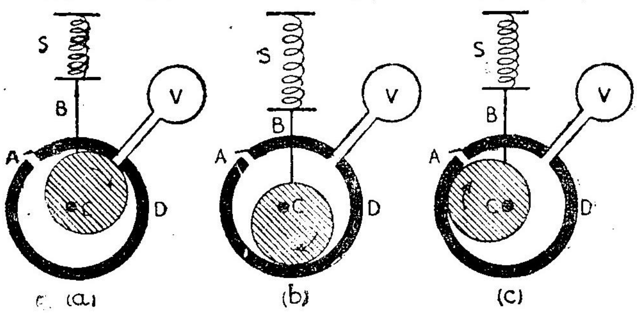
∴ n அசைவுகளுக்குப்பின் பாத்திரத்தினுள்

$$\text{அழுத்தம்}=P_n=\frac{(V+nv)P}{V}$$

அழுத்தப்படும் காற்றின் வெப்பம் சிறிது அதிகரிக்குமாகையால், பாயிலின் விதி முழுவதுமாக இங்கு பொருந்தாது. ஆனால், ஏறக்குறைய இச் சமன்பாடு பொருந்தும்.

சுழலி வெளியேற்றப் பம்பு (Rotary Exhaust Pump)

தற்காலத்தில், ஒரு குறிப்பிட்ட பாத்திரத்தில் வெற்றிடம் உண்டாக்குவது மிகவும் அவசியமானதொரு செயல்பாடாகின்றது. தர்மாஸ் குடுவை, ரேடியோ வால்வுகள், மின்சார பல்புகள், எக்ஸ்ரே குழாய் முதலியவற்றில் மிக உயர்ந்தரக வெற்றிடத்தை உண்டு



படம் 63

பண்ணுவது மிக அவசியம். இதை உண்டு பண்ணுவதற்கு, மேலும் கீழும் அசையும் பிஸ்டன் பம்பு உதவாது. "ஹைவாக்" (Hyvac) பம்பு என்னும் சுழலிபம்பு தேவைப்படும்.

இதில் C என்ற உருளை வேற்றுமையாக (eccentrically) ஓர் அச்சில் பொருத்தப்பட்டு, D என்ற உருளை வடிவப்பெட்டியில் சுழலுகின்றது. இவ்வாறு சுழலும்பொழுது உருளை எப்பொழுதும் பெட்டியின் ஏதாவதொரு பாகத்தைத் தொட்டவண்ணம் உள்ளது.

வெளிப்பெட்டியிலிருந்து இரு வாயில்கள் உள்ளன. ஒன்று காற்றை வெளியேற்றவேண்டிய பாத்திரத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மற்றொன்று காற்று வெளியேறும் வாயில். இதில் A

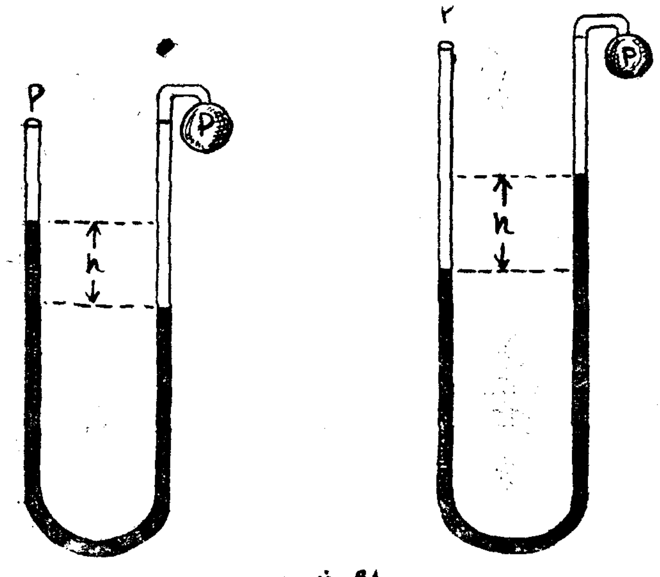
என்னும் வெளித்திறக்கும் வால்வு உள்ளது. B என்னும் தகடு சுழலியின் விளிம்பின்மீது அழுத்தி உதைந்துகொண்டுள்ளது; அதன் மேலேயுள்ள ஒரு வில் இதை அழுத்திக்கொண்டிருக்கிறது.

சுழலி சுழலும்போது தனக்கு முன்பாக உள்ள காற்றைத் தள்ளிச் சென்று, கடைசியாக வால்வின்வழியே வெளியே தள்ளிவிடுகிறது. காற்று மறுபடியும் பாத்திரத்தின் உள்பக்கம் போகாதபடி B என்னும் தகடு தடுத்துவிடுகிறது. காற்று தள்ளப்பட்டுச் செல்வதால், சுழலிக்குப் பின்புறமாக அழுத்தம் குறைகிறது. பாத்திரத்திலுள்ள காற்று விரிந்து இந்த இடத்தை அடைக்கிறது. இவ்வாறு, உருளை ஒருமுறை சுழலும்போது சிறிது காற்று வெளியேற்றப்படுகிறது. உருளை மின்சார மோட்டாரால் வெகுவேகமாய்ச் சுழலுவதால் சில நிமிடங்களில் பாத்திரத்தின் அழுத்தம் 76 செ.மீ. லிருந்து $\frac{1}{1000}$ மி.மீ. ஆகக் குறைந்துவிடுகிறது. காற்று கசியாதபடி இந்தச் சுழல் பம்பு எண்ணெயில் முழுக்கப்பட்டுள்ளது.

அழுத்தமானி (Pressure Gauge)

திறந்த U-குழாய் அழுத்தமானி : (Open U-tube manometer)

காற்றழுத்தத்தைவிடச் சற்று அதிகமாயுள்ள அழுத்தங்களை அளப்பதற்கு இது பயன்படும். இஃது இருபுறமும் திறந்த, U-வடி



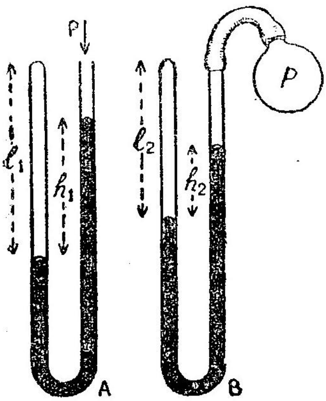
படம் 64

வக்குழாய். இருபுறங்களிலும் சுமார் பாதி உயரத்திற்குப் பாதரசம் ஊற்றப்பட்டுள்ளது. அழுத்தத்தை அளக்கவேண்டிய பாத்திரத்தை

ஒரு திறந்த வாயுடன் இணைத்து, உயரங்களின் வித்தியாசத்தைக் கண்டுபிடி (h). காற்றழுத்தம் P ஆனல், பாத்திரத்தின் அழுத்தம் $(P+h)$ அல்லது $(P-h)$ ஆகும்.

மூடிய U-குழாய் அழுத்தமானி (Closed U-tube manometer)

பாத்திரத்தின் அழுத்தம் காற்றழுத்தத்தைவிட அதிகமாயிருப்ப தால் இது பயன்படும். இதில் U குழாயின் ஒரு முனை மூடப்பட்டுள்ளது. பாதரசத்தை ஊற்றி, மூடிய புயத்தில் ஒரு காற்றுக் கம்பத்தை அடை. அதன் நீளத்தையும் (l_1) இரு புயங்களிலுள்ள பாதரச மட்டங்களின் வித்தியாசத்தையும் கண்டுபிடி (h_1) பிறகு அழுத்தம் அளக்க வேண்டிய பாத்திரத்தை அதனுடன் இணைத்து, காற்றுக் கம்பத்தின் நீளத்தையும் (l_2) உயர வித்தியாசத்தையும் (h_2) அள. பாத்திரத்திலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் p ஆனல், பாயிலின் விதிப்படி, $(p+h_2)\, l_2 = (P+h_1)l_1$

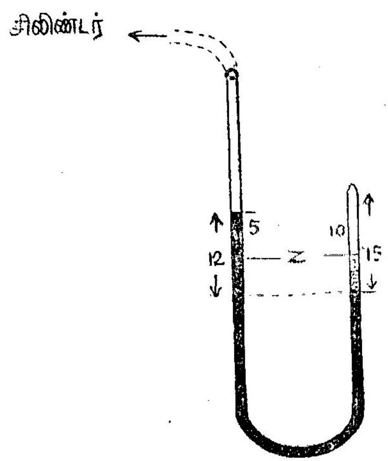


படம் 65.

இதிலிருந்து P அழுத்தத்தைக் கணக்கிடலாம்.

உதாரணங்கள்

ஒரு புறம் மூடிய U-குழாயின் திறந்த புயத்திலுள்ள பாதரச மட்டம் மூடிய புயத்தின் மட்டத்தைவிட 12 செ.மீ. அதிக உயரத்திலுள்ளது. மூடிய பகுதியிலுள்ள காற்றின் நீளம் 15 செ.மீ. அப்பொழுது வெளிக் காற்றழுத்தம் 76·0 செ. மீ. திறந்த முனையை ஓர் வாயு சிலிண்டருடன் பிணைத்த பொழுது, மூடிய பகுதியிலடைபட்ட காற்றின் நீளம் 10 செ. மீட்டராகக் குறுகியது. குழாய் சீராயுள்ளதென்று வைத்துக் கொண்டால், சிலிண்டரிலுள்ள வாயுவின் அழுத்தமென்ன ?



அடைபட்ட காற்று பாயிலின் விதிக்குட்பட்டது. சிலிண்டரின் வாயு அழுத்தம் P எனக் கொள்வோம். அடைபட்ட காற்றின் நீளம்

15 செ.மீ. ரிலிருந்து 10 செ.மீ. ஆகக் குறுகினால், திறந்த புயத்தின் பாதரச மட்டமும் 5 செ.மீ. கீழேவரும். பாதரச மட்ட வித்தியாசம் 2 செ.மீ.

$$15(76+12)=10(P+2)$$

$$\therefore P=\frac{(15\times 88)-20}{10}=\frac{1320-20}{10}=130 \text{ செ. மீ.}$$

பயிற்சி

1. இருபுறமும் திறந்த ஒரு U-குழாய் அமுத்தமானியின் ஒரு புறம் ஓர் வாயுப் பீப்பாயுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. மறுபுயத்தின் பாதரசமட்டம் 2·4 செ.மீ. அதிக உயரத்திலிருந்ததானால், வாயுவின் அமுத்தமென்ன ? (காற்றமுத்தம் $=1{\cdot}013\times10^6$ டைன்/ச.செ.மீ.)

விடை: $1{\cdot}045\times10^6$ டைன்/ச.செ.மீ.

2. ஒருபுறம் மூடிய அமுத்தமானியின் திறந்த புய பாதரசமட்டம் மூடிய புயமட்டத்தைவிட 10 செ.மீ. அதிக உயரத்திலுள்ளது. மூடிய புயத்திலுள்ள காற்றின் நீளம் 16 செ.மீ. மானியை ஒரு வாயுத் தொட்டியுடன் பிணைத்தால், காற்றின் நீளம் 8 செ.மீ. ஆகக் குறுகுகிறது. திறந்த புயத்தின் ரசமட்டம் மூடிய புயத்தின் மட்டத்தைவிட 6 செ.மீ. கீழே உள்ளது. வெளிக்காற்றமுத்தம் 75 செ.மீ. என்றால் வாயுவின் அமுத்தமென்ன ?

விடை : 176 செ.மீ.

3. ஒருபுறம் மூடிய அமுத்தமானியின் திறந்த புயம் காற்றிற்குத் திறந்திருக்கும்பொழுது அடைபட்ட காற்றின்நீளம் l_1; புயங்களின் ரசமட்ட வித்தியாசம் h_1; திறந்த புயம் ஒரு வாயுப் பீப்பாயுடன் பிணைக்கப்பட்டால் அடைபட்ட காற்றின் நீளம் l_2; ரசமட்ட வித்தியாசம் h_2 என்று தரப்பட்டுள்ளது. $h_1-h_2=2\ (l_1-l_2)$ என்று நிரூபி. (திறந்த புயத்தின் ரசமட்டம் அதிக உயரத்திலுள்ளது).

$h_1=14$ செ.மீ.; $l_1=20$ செ.மீ.; $l_2=15$ செ.மீ.; வெளிக்காற்றமுத்தம் 76 செ.மீ. என்றால் வாயுவின் அமுத்தத்தைக் கண்டுபிடி.

விடை : 116 செ.மீ.

(குறிப்பு: ஒரு புயத்திலுள்ள பாதரசமட்டம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு கீழேவந்தால், மறு புயத்தில் ரசமட்டம் அதே அளவு மேலே ஏறும்).

14. வெப்பமானி இயல்
(Thermometry)

வெப்பம் என்பது ஒருவகை ஆற்றல். அதன் விளைவுகளைக் கொண்டு அதை அறியலாம். சாதாரணமாக, சூடேற்றப்பட்ட பொருள்கள் தங்கள் பரிமாணம் அதிகரிக்கப் பெறுகின்றன; தங்கள் நிலை மாறுகின்றன. ஒரு உலோகத் தண்டிற்குச் சூடேற்றினால், அதன் நீளம் அதிகரிக்கின்றது. ஓர் ஈயக்கட்டிக்கு அதிக வெப்பமேற்றினால், அது உருகித் திரவமாகின்றது. ஒரு பனிக்கட்டிக்குச் சூடேற்றினால் வெகு சீக்கிரத்தில் உருகி நீராகின்றது. அந்த நீருக்குச் சூடேற்றினால் நீர் ஆவியாகிவிடுகிறது. இவையெல்லாம் பௌதிக மாற்றங்கள். இதைத்தவிர, வெப்பம் இரசாயன மாறுதல்கள், மின் மாறுதல்கள் முதலியவற்றையும் உண்டுபண்ணும்.

வெப்பநிலை (Temperature)

ஒரு பாத்திரத்தில் தண்ணீரை எடுத்து, அடுப்பில் வைத்துக் காய்ச்சினால், அதன் வெப்பநிலை ஏறுகிறது. ஒரு பொருளுக்கு வெப்பமூட்டினால் அதன் வெப்பநிலை உயருகிறது. ஒரு பொருளி லிருந்து வெப்பத்தை நீக்கினால், அதன் வெப்பநிலை கீழே வருகின்றது. 100 கன செ.மீ. நீருக்கும் 200 கன செ.மீ. நீருக்கும் ஒரே அளவு வெப்பமூட்டினால், முந்தியதன் வெப்பநிலை பிந்தியதைப்போல் இரு மடங்கு உயரும். அத்துடன், தண்ணீர் உயர்ந்த நிலையிலிருந்து தாழ்ந்த நிலைக்கு ஓடுவதுபோலவே, வெப்பமும் உயர்ந்த நிலையி லிருந்து தாழ்ந்த நிலைக்கு ஓடும்.

வெப்பமானி (Thermometer)

வெப்பநிலையை அளக்கும் கருவிக்கு வெப்பமானி என்று பெயர்.

நமது தொடு உணர்ச்சியால் வெப்ப நிலையை அளப்பது நம்பத் தகுந்த முறையல்ல. நல்ல வெப்பநேரத்தில் வெயிலில்கிடக்கும் ஓர் இரும்புத்துண்டையும் மரத்துண்டையும் தொட்டால், இரும்புத் துண்டு மரத்துண்டைவிட அதிக வெப்பமாகத் தோன்றும். அதிகாலையில் குளிர்ச்சியாயிருக்கும்பொழுது அந்த இருதுண்டுகளையும்

தொட்டால், இரும்புத் துண்டு மரத்துண்டை விடக் குளிர்ச்சியாக இருப்பதுபோல தோன்றும். ஆனல். அவை இரண்டும் எப்போதும் ஒரே நிலையில்தான் உள்ளன. ஆகையால், நாம் வெப்பநிலையை அளக்க வேருெரு முறையைக் கையாளவேண்டும்.

ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை உயர்ந்தால், அப் பொருள் விரிவடைகிறது. இதைக்கொண்டு வெப்பமானிகளைத் தயாரிக்கலாம். ஒரு திடப் பொருளின் விரிவு மிகக்குறைவாக இருப்பதால் திரவ, வாயுப் பொருள்களே வெப்பமானிகளில் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. நாம் இங்கு திரவ வெப்பமானிகளைச் சற்று கவனிப்போம்.

ஆய்வுக்கூடத்தில் பயன்படும் வெப்பமானிகள் பெரும்பாலும் பாதரசத்தையே கொண்டுள்ளன. பாதரசம் இதற்கு மிகவும் ஏற்றது. சில காரணங்களைக் குறிப்பிடுவோம்.

(1) எளிதில் சுத்தமான பாதரசம் கிடைக்கும்.

(2) இது ஒளி புகா, பளபளப்பான திரவம். ஆகையால் இதன் மட்டத்தை எளிதில் தெளிவாகக் காணலாம்.

(3) இது கண்ணுடியில் ஒட்டாது.

(4) இது ஒரு சிறந்த வெப்பக்கடத்தி. ஆகையால் இதைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் பொருள்களிலிருந்து எளிதில் வெப்பத்தைப் பெற்று விரிவடையும்.

(5) இதன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் மிகக்குறைவு; ஆகையால் வெகு சிறிது வெப்பத்திலேயே இதன் வெப்பநிலை, அளக்கப்படும் வெப்பநிலைக்குச் சமமாகிவிடுகிறது. இதனுல் அளக்கப்படும் வெப்ப நிலை அதிகமாகக் குறைவுபடாது. அத்துடன் குறிப்பிட்ட வெப்ப அளவுக்கு இது அதிகமாக விரிவடையும்.

(6) இதன் உறைநிலை $-38 \cdot 8°C$: கொதிநிலை $356 \cdot 7°C$. ஆகவே, சாதாரணமாகச் சோதனைக்கூடங்களில் தேவைப்படும் வெப்பநிலைகளை அளக்க இது மிகவும் ஏற்றது.

(7) சாதாரண வெப்பநிலைகளில் இதன் வாயு அழுத்தம் மிகக் குறைவானது. ஆகையால், வெப்பமானியிலுள்ள வெற்றிடத்தை அதிகமாகப் பாதிக்காது.

$-39°C$ க்குக் குறைவான வெப்பநிலையை அளக்கச் சாராயத்தை வெப்பமானியில் உபயோகிக்கின்றனர். ஏனென்றுல், அதன் உறை நிலை $-110°C$. தவிர, அது பாதரசத்தைப்போல் ஆறுமடங்கு அதிகமாக விரிவடைவதால் வெப்பநிலைகளை அதிநுட்பமாக அளக்க வல்லது. ஆனுல், சாராயத்தின் கொதிநிலை குறைவு ($78°C$).

கண்ணுடியில் ஒட்டிக்கொள்ளும். சிறந்த வெப்பக்கடத்தி அல்ல. ஆகவே, குறைந்த வெப்பநிலைகளைமட்டும் அளக்கச் சில சமயங்களில் உபயோகிக்கப்படுகிறது.

பாதரச வெப்பமானியைத் தயாரித்தல் : ஒரு சன்னமான பக்கமுடைய பல்பு (A) ஒன்றுடன் ஒரே சீரான தந்துகிக் குழாயை இணை. குழாயின் மறு நுனியில் ஒரு புனல் பொருத்தப்படுகிறது (B). புனலுக்கடியில் D என்னுமிடத்தில் ஒரு சிறு சுருக்கமும், அதற்கடியில் C என்னும் ஒரு சிறிய பல்பும் சேர்ந்துள்ளன. குழாய் சுத்தமாகவும் ஈரமில்லாமலும் இருக்கவேண்டும். (படம் 66)

B புனலில் பாதரசத்தை ஊற்றி, பல்பை இலேசாகச் சூடேற்று. பல்பின் காற்று விரிந்து சிறிது வெளியேறும். பல்பைக் குளிரச் செய்தால் காற்று சுருங்கி, சிறிது பாதரசம் பல்புக்குள் விழும். இவ்வாறே மாறிமாறிச் சூடேற்றியும், குளிரவைத்தும் பல்பைப் பாதரசத்தால் நிரப்பு. பிறகு இப் பாதரசத்தைக் கொதிக்கச்செய்து, குழாயிலுள்ள காற்று அனைத்தையும் வெளியேற்று. குழாய் முழுவதும் பாதரசத்தால் நிறைந்துள்ளது. வெப்பமானி அளக்கவேண்டிய மிக உயர்ந்த வெப்பநிலைக்குச் சற்று அதிகமான நிலையில் குழாயை D என்னுமிடத்தில் ஊதுகுழற் சுடரால் உருக்கி மூடிவிடு. பிறகு, எப்பொழுதாவது வெப்பமானி அளக்கவேண்டிய வெப்பநிலைக்கு அதிகமாகச் சூடேற்றப்பட்டால், பாதரசம் C என்ற பல்புக்குள் புகுந்துவிடும். வெப்பமானியை உடைத்துவிடாது. இப்பொழுது A-வைக் குளிரச் செய்தால் பாதரசம் குறுகி, பல்புக்குச் சிறிதளவு மேலே வந்துநிற்கும்.

படம் 66.

வெப்பமானியின் திட்டவரைகள் (Fixed Points of the Thermometer) :

பாதரசத்தால் நிரப்பி மூடியபின், வெப்பமானியில் அதன் அளவுகோலைக் குறிக்கவேண்டும். இதற்கு, குறிப்பிடப்பட்ட இரு வெப்பநிலைகளில் பாதரசம் நிற்கும் இடங்களைக் குழாய்த் தண்டின்மீது குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். இவ்விரு வெப்ப நிலைகள் மாறுதலையாயும் சுலபமாய் உண்டுபண்ணக் கூடியவையாயும் இருத்தல் வேண்டும்.

தரமான (standard) காற்றழுத்தத்தில் பனிக்கட்டி உருகும்பொழுது அது முழுவதுமாக உருகும்வரையில் அதன் வெப்பநிலை மாருமல் நிலையாக நிற்கிறது. இது கீழ் திட்டவரை (lower fixed point) எனப்படும்.

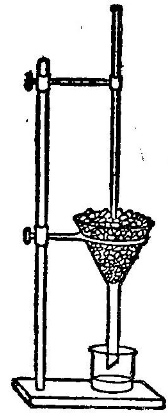
தரமான காற்றழுத்தத்தில் நீர் கொதிக்கும்பொழுது, அது முழுவதுமாக நீராவியாக மாறும்வரையில், அதன் வெப்பநிலை மாருமல்

நிலையாக நிற்கிறது. இது மேல் திட்ட வரை (upper fixed point) எனப்படும்.

இவ்விரு திட்ட வரைகளையும் கீழ்க்கண்டவாறு குறிக்கலாம்.

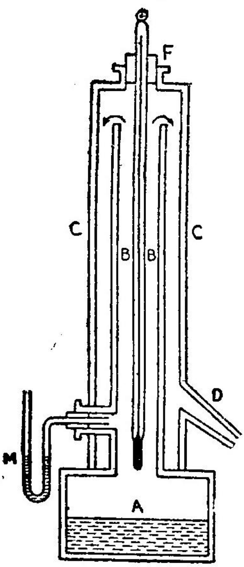
திட்ட வரைகளைக் குறித்தல்

ஒரு புனலில் நொறுக்கப்பட்ட பனிக்கட்டித் துண்டுகளைப்போட்டு அதில் வெப்பமானியின் பல்பு முழுவதையும் புதை. சிறிதுநேரம் பொறுத்து, பல்பு உருகும் பனிக்கட்டியின் வெப்பநிலையை அடைந்த பின், பாதரசக் கம்பம் குழாயில் நிற்கும் இடத்தைக் குறித்துக்கொள். இதுவே கீழ் திட்ட வரை.



படம் 67.

ஹிப்சோமீட்டர் (Hypsometer) என்ற கொதி பாத்திரத்தில் (படம் 68), A என்னும் பாகத்தில் நீர் கொதிக்கிறது. B என்னும் தகரக் குழாய்வழியாக நீராவி எழும்பி C என்னும் வெளிப் பாத்திரத்திலுள்ள D என்னும் வாயின்வழியாய் வெளியேறுகிறது. வெப்பமானி B-யின் மையத்தில் நீராவியின் வழியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. B உள்ளும் புறமும் நீராவியால் சூழப்பட்டுள்ளதால், நீராவி நீராகச் சுருங்காது.



படம் 68.

நீராவியில் வெப்பமானி சிறிதுநேரம் நின்றிருந்தால், அது நீராவியின் வெப்பநிலையை அடைந்துவிடுகிறது. இப்பொழுது பாதரசமட்டம் நிற்கும் நிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இதுவே மேல் திட்ட வரை (upper fixed point).

குறிப்பு: மேல் திட்ட வரையைக் குறிக்கு முன் அழுத்தமானியைக்கொண்டு காற்றழுத்தத்தைக் கவனித்தல் அவசியம். அழுத்தம் 76 செ.மீ. க்கு வேறுபட்டிருந்தால், ஒவ்வொரு செ.மீட்டருக்கும் ·37°C மாற்றம்விடவேண்டும். அழுத்தம் 75·6 செ.மீ.-ஆக இருந்தால் நீராவியின் வெப்பநிலை 99·852°C. இவ்விதத் திருத்தம் அவசியம்.

இவ்விரு திட்டவரைகளுக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தை 100 சமபாகங்களாகப் பிரித்து, சென்டிகிரேட் வெப்பமானியும், 180 சம பாகங்களாகப்பிரித்து பாரன்ஹீட் வெப்பமானியும், 80 சமபாகங்களாகப் பிரித்து ரூமர் வெப்பமானியும் உண்டாகின்றன.

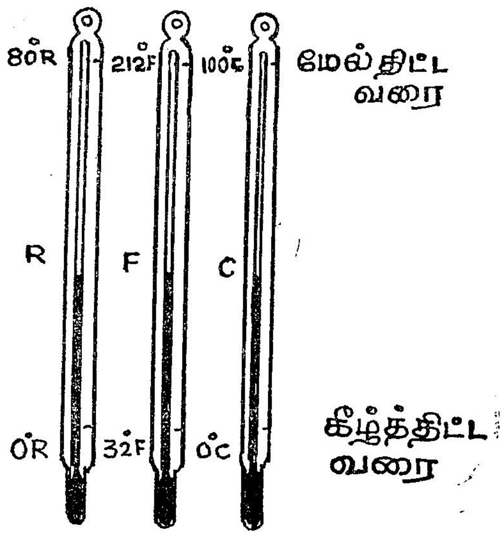
மூன்று வெப்பநிலைத் திட்டங்கள் (Three Scales of temperature)

(1) செண்டிகிரேட் திட்டம் (Centigrade Scale): இதில் கீழ் திட்ட வரை 0°C என்றும், மேல் திட்ட வரை 100°C என்றும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றிற்கு இடையேயுள்ள தூரம் 100 சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு பிரிவும் 1 டிகிரி செண்டிகிரேட் (1°C) எனப்படும்.

(2) பாரன்ஹீட் திட்டம் (Fahrenheit Scale): இதில் கீழ் திட்ட வரை 32°F என்றும், மேல் திட்ட வரை 212°F என்றும குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றிற்கு இடையேயுள்ள தூரம் 180° சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு பிரிவும் 1°F எனப்படுகிறது. டாக்டர்கள் உபயோகப்படுத்துவது பாரன்ஹீட் வெப்பமானிதான்.

(3) ரூமர் திட்டம் (Reaumer Scale): இதில் கீழ் திட்ட வரை 0°R என்றும் மேல் திட்ட வரை 80°R என்றும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இடையேயுள்ள தூரம் 80 சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு பிரிவும் 1°R எனப்படும்.

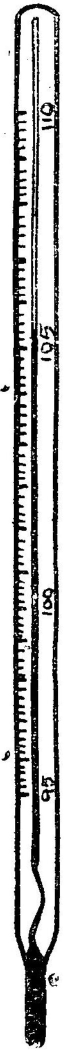
விஞ்ஞான சோதனைகளில் உலகம் முழுவதிலும் செண்டிகிரேட் திட்டமே கையாளப்படுகிறது. விஞ்ஞான வேலைக்கன்றி மற்றெல்லா



படம் 69.

வேலைகளுக்கும் இங்கிலாந்து, அமெரிக்கா நாடுகளில் பாரன்ஹீட் திட்டமும், ஜெர்மனி முதலிய சில ஐரோப்பிய நாடுகளில் ரூமர் திட்டமும் உபயோகிக்கப்படுகின்றன.

இம் மூன்று வெப்பநிலைத் திட்டங்களுக்கு இடையேயுள்ள தொடர்பு



படம் 70.

ஒரு திட்டத்தில் அளந்த வெப்பநிலையை மறு திட்டங்களுக்குச் சுலபமாக மாற்றலாம். ஒரு பொருளின் வெப்பநிலை சென்டிகிரேடு திட்டத்தில் C என்றும், பாரன்ஹீட் திட்டத்தில் F என்றும், ரூமர் திட்டத்தில் R என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். அப்பொழுது, $\frac{C}{100}=\frac{F-32}{180}=\frac{R}{80}$. 100 டிகிரி சென்டிகிரேடு, 180 டிகிரி பாரன்ஹீட்டுக்கும் 80 டிகிரி ரூமருக்கும் சமம். அதாவது 1 டிகிரி சென்டிகிரேடு $\frac{9}{5}$ டிகிரி பாரன்ஹீட்டுக்கும், $\frac{4}{5}$ டிகிரி ரூமருக்கும் சமம்.

உதாரணம் : (1) 30°C வெப்பநிலையை பாரன்ஹீட் திட்டத்தில் கண்டுபிடி.

$$1°C = \frac{9}{5}°F \quad \therefore \quad 30°C = \frac{9}{5} \times 30 = 54°F$$

ஆனால், பாரன்ஹீட் திட்டத்தில் கீழ் வரைத் திட்டம் 32°
ஆகவே, 30°C வெப்பநிலை = 32 + 54 = 86°F

(2) நமது உடம்பின் வெப்பநிலை 98·4°F. இதை சென்டி கிரேடு திட்டத்தில் கண்டுபிடி.

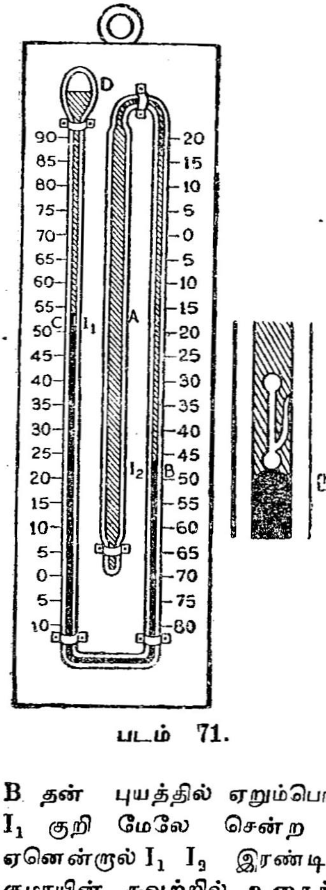
$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} \quad \therefore \; C = \frac{100}{180}(98{\cdot}4-32) = 36{\cdot}9°C$$

உடல் வெப்பமானி (Clinical Thermometer) : டாக்டர்கள் நோயாளியின் உடல் வெப்பநிலையைக் கண்டுபிடிக்க இதை உபயோகிக்கிறார்கள். பல்புக்குச் சிறிது மேலே துந்துகிக் குழாயில் ஒரு சிறிய மடிப்பு உள்ளது. வெப்பமானியை நோயாளியின் உடம்பிலோ, வாயிலோ வைத்தால், பாதரசம் பல்பிலிருந்து விரிந்து இம் மடிப்பைத் தாண்டி, குழாயில் செல்லும். மானியை வெளியே எடுத்ததும் பாதரசம் சுருங்கி, மடிப்பில் பிரிந்து, கீழேயுள்ள பாகம் பல்புக்குள் வந்துவிடுகிறது. மேலேயுள்ள பாகம் அப்படியே நின்றுவிடுகிறது. ஆகையால், நோயாளியின் வெப்பநிலையை வெகுநேரம் தாமதித்தும் வாசிக்கலாம். இம் மடிப்பு இல்லையென்றால் வெப்பமானியை வெளியே எடுத்தவுடன் பாதரசம் முழுவதும் பல்புக்குள் சுருங்கி விடும்; உடம்பின் வெப்பநிலை தெரியாது.

இதை மறுபடியும் உபயோகிக்குமுன் வெப்பமானியைப் பலமாக அசைக்க வேண்டும்; அப்பொழுது மடிப்புக்கு மேலேயுள்ள பாதரசத்

துண்டு பல்புக்குள் வந்துவிடும். இவ் வெப்பமானி பாரன்ஹீட் திட்டத்தில் 95°F-லிருந்து 110°F வரை குறிக்கப்பட்டுள்ளது.

சிக்ஸின் உச்ச, நீச நிலை வெப்பமானி (Six's Maximum Minimum Thermometer)



படம் 71.

இது ஒவ்வொரு நாளின் அல்லது வாரத்தின் அதிகப்படியான வெப்ப நிலையையும் அதிகக் கீழான வெப்ப நிலையையும் காட்டும் கருவி. இதில் ABCD என்ற U-வடிவக் குழாய், அதன் ஒரு நுனியில் A என்ற ஒரு நீண்ட பல்பையும் மறுநுனியில் D என்ற உருண்டை பல்பையும் உடையதாக உள்ளது. A பல்பு முழுவதும், வலதுபுற புயத்தில் B வரையும் சாராயம் நிறைந்துள்ளது. B-யிலிருந்து C வரை பாதரசம் நிறைந்துள்ளது. C-க்கு மேலும், D யில் ஒரு பகுதியிலும் சாராயம் உள்ளது.

A-யின் சாராயம் விரிவடைந்தால் பாதரசக் கம்பம் BC முன்புறமாகத் தள்ளப்படுகிறது. குளிர்ச்சியினால் சாராயம் சுருங்கினால், BC பின்புறமாக A யிடம் தள்ளப்படுகிறது. B-க்கு மேலும் C-க்கு மேலும் இரு எஃகுக் குறிகள் உள்ளன. I_1, I_2 (படம் 71) (a). பாதரசக் கம்பம் C-யில் உயரும் பொழுது I_1 மேலே தள்ளப்படுகிறது. குளிர்ச்சியினால் சாராயம் சுருங்கி, B தன் புயத்தில் ஏறும்பொழுது I_2 மேலாகத் தள்ளப்படுகிறது ; I_1 குறி மேலே சென்ற இடத்திலேயே விட்டுவிடப்படுகிறது. ஏனென்றால் I_1 I_2 இரண்டிலும் உள்ள வில்கள் இக் குறிகளைக் குழாயின் சுவற்றில் உதைந்து கொண்டுள்ளன. ஆகவே, உச்ச வெப்பநிலையை I_1-ம், நீச வெப்பநிலையை I_2-ம் காண்பிக்கின்றன. நிலைகளை வாசித்தபின் மறுபடியும் இக் குறிகளைக் கீழே பாதரசமட்டத்திற்குக் கொண்டுவர, ஒரு காந்தச் சட்டத்தை உபயோகிக்கலாம்.

உதாரணம்

எந்த வெப்பநிலையில் சென்டிகிரேடு, பாரன்ஹீட் முறைகள் ஒரே அளவைத் தரும் ?

அவை x டிகிரியில் ஒரே அளவைத் தருகின்றன என்று கொள்வோம். மாற்றும் சமன்பாட்டின்படி,

$$x^\circ F = \frac{9}{5} x^\circ C + 32$$

$$x - \frac{9}{5} x = 32 ; \quad -\frac{4x}{5} = 32$$

$$\therefore \quad x = -\frac{32 \times 5}{4} = -40^\circ$$

$$\therefore \quad -40^\circ F = -40^\circ C$$

பயிற்சி

1. கீழ்க்கண்ட வெப்பநிலைகளை மற்ற இரு முறைகளுக்கு மாற்று : (*a*) 95°F; (*b*) 25°C; (*c*) 48°R; (*d*) 50°F; (*e*) 90°C.

விடை : (*a*) 35°C; 28°R; (*b*) 77°F; 20°R; (*c*) 140°F; 60°C; (*d*) 10°C; 8°R; (*e*) 194°F; 72°R.

2. மனித உடம்பின் வெப்பநிலை 98·4°F; இதை சென்டிகிரேடாக மாற்று.

விடை : 36·89°C.

3. சென்னையில் ஒரு நாளின் உச்ச வெப்பநிலை 42°C, நீசவெப்பநிலை 21°C - யாயிருந்தன. அவற்றைப் பாரன்ஹீட்டில் அறிவி.

விடை : 107·6°F; 69·8°F.

4. கோப்பன்ஹாகன் நகரின் உச்ச, நீச வெப்பநிலைகள் 16°R, —12°R ஆக இருந்தன. இவற்றை மற்ற முறைகளில் கண்டுபிடி.

விடை : 20°C, — 15°C; 68°F, 50°F.

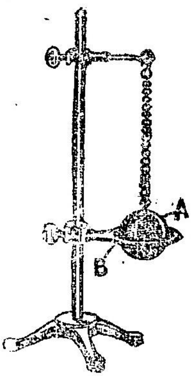
5. ஒரு தினத்தில் உதகமண்டலத்தின் உச்ச வெப்பநிலை 75°F ஆக இருந்தது; அதே தினத்தில் கோயம்புத்தூரின் உச்ச வெப்பநிலை 35°C ஆக இருந்தது. ஒவ்வொரு 300 அடி உயரம் செல்லும் பொழுதும் வெப்பநிலை 1°F குறைகிறதென்று வைத்து, உதகமண்டலம் கோயம்புத்தூரைவிட எவ்வளவு உயரத்திலுள்ளது என்பதைக் கண்டுபிடி.

விடை : 6000 அடி.

15. திடப்பொருள்களின் விரிவு
(Expansion of Solids)

பொதுவாகப் பொருள்கள்யாவும் சூடேறப்பெற்ருல் விரிவடையும்; குளிர்ச்சியடைந்தால் சுருங்கும்.

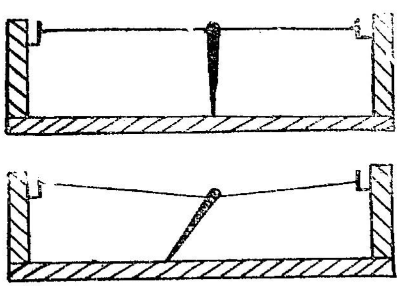
திடப்பொருள்களின் விரிவைப் பல சோதனைகளால் விளக்கலாம்.



படம் 72.

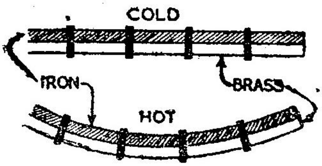
(1) கோள வளையச் சோதனை: இரும்பு வளையமும் கோளமும் ஏறக்குறைய சமமாயுள்ளன. கோளம் வளையத்திற்குள் சுலபமாகச் செல்கிறது. இப்பொழுது கோளத்திற்குச் சூடேற்றிஞல், கோளம் விரிவடைந்து, வளையத்திற்குள் புகுவதில்லை. வளையத்தின் மேலேயே நின்றுவிடுகிறது. குளிரவைத்தபின் மறுபடியும் வளையத்தினுள் போகிறது.

(2) ஓர் உலோகக் கம்பியை இரு கொக்கிகளுக்கிடையே விறைப்பாக இழுத்துக்கட்டு, இப்பொழுது அதைச் சூடாக்கிஞல், கம்பி தளர்ந்து போவது தெரியவரும். கம்பியின் நீளம் அதிகரித்ததஞல் அது தளர்ந்ததுபோல் தோன்றுகிறது. குளிர்ந்தவுடன் மறுபடியும் கம்பி விறைப்பாகிவிடுகிறது.


படம் 73.

(3) ஒரே நீளம் அகலமுடைய இரும்பு, (I) பித்தளை (B) தகடுகளைச் சேர்த்து, இரு நுனிகளையும் நன்ருகப் பற்றவைத்து இணை.

இக் கூட்டுத் தகட்டைக் காய்ச்சினால் அது வளைகிறது. பித்தளை, இரும்பைவிட அதிகமாக விரிவதால், அதன் நீளம் இரும்பைவிட அதிகமாகி, இவ்வாறு வளைகின்றது.



படம் 74.

நீளவிரிவுக் குணகம் (Co-efficient of Linear Expansion)

ஒரு திடப் பொருளின் வெப்பநிலை உயர்ந்தால், அதன் நீளம் பரப்பு, பரிமாணம் அனைத்தும் விரிவடைகின்றன.

ஒரு சட்டத்தில் 1°C வெப்பநிலை உயர்வால் உண்டாகும் நீள விரிவுக்கும், அதன் ஆரம்ப நீளத்திற்குமுள்ள விகிதம், நீளவிரிவுக் குணகம் (Coefficient of Linear expansion) எனப்படும். இதை, 1°C வெப்ப உயர்வால் ஓர் அலகு நீளமுடைய சட்டத்தில் உண்டாகும் நீளவிரிவு என்றும் கூறலாம்.

அறையின் வெப்பநிலை t_1°C-இல் ஒரு சட்டத்தின் நீளம் l_1 என்றும், t_2°C வெப்பநிலையில் அதன் நீளம் l_2 என்றும் வைத்துக் கொண்டால்,

$$\text{நீளவிரிவுக் குணகம், (ஆல்பா)} \; \alpha = \frac{\text{நீள விரிவு}}{\text{ஆரம்ப நீளம்} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$$

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1 (t_2 - t_1)}$$

அதாவது, $l_1 \alpha (t_2 - t_1) = l_2 - l_1$

$$\therefore \; l_2 = l_1 \alpha (t_2 - t_1) + l_1$$
$$= l_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$$

பரப்புவிரிவுக் குணகம்: ஒரு டிகிரி C வெப்பநிலை உயர்வால் ஏற்படும் பரப்பின் விரிவுக்கும் அதன் ஆரம்பப் பரப்பிற்கும் உள்ள விகிதம் பரப்புவிரிவுக் குணகம் (Coefficient of Superficial expansion) எனப்படும்.

இதை; 1°C வெப்ப உயர்வால் 1 சதுர செ.மீ. பரப்பில் ஏற்படும் பரப்புவிரிவு என்றும் கூறலாம். இதை β (பீட்டா) என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடுவர்.

இதற்கும் நீளவிரிவுக் குணகத்திற்குமுள்ள தொடர்பைக் காண்பிக்கலாம்.

1 செ.மீ. நீளம், 1 செ.மீ. அகலமுள்ள ஒரு சதுரத்தின் வெப்பநிலையை 1°C உயர்த்துவோம். அதன் நீளவிரிவுக் குணகம் α என்றால், சூடேற்றிய பின்பு,

அதன் நீளம் $= (1 + \alpha)$ செ.மீ.

அதன் அகலம் $= (1 + \alpha)$ செ.மீ.

$\therefore$ அதன் பரப்பு $= (1+\alpha)(1+\alpha) = (1 + 2\alpha + \alpha 2)$ சதுர செ.மீ.

திடப்பொருள்களின் α மிகக்குறைவான அளவுடையது (·000009 —·00003). ஆகவே அதன் வர்க்கத்தை α 2 நிராகரித்து விடலாம்.

ஆகவே, 1°C வெப்பம் உயர்ந்தபின் அதன் பரப்பு = $1 + 2\alpha$

அதன் ஆரம்பப் பரப்பு = 1 சதுர செ.மீ.

$$\text{ஆகையால், பரப்புக் குணகம்} = \frac{\text{பரப்பு விரிவு}}{\text{ஆரம்பப் பரப்பு} \times \text{வெப்ப உயர்வு}}$$

$$= \frac{(1+2\alpha) - 1}{1 \times 1} = 2\alpha$$

அதாவது பரப்புவிரிவுக் குணகம் நீளவிரிவுக் குணகத்தைப்போல் இருமடங்காகிவிடும்.

பரிமாண விரிவுக் குணகம் (Coefficient of Cubical expansion)

ஒரு திடப்பொருளின் வெப்பநிலையை 1°C மூலம் உயர்த்துவதால் ஏற்படும் பரிமாண விரிவுக்கும் அதன் ஆரம்பப் பரிமாணத்திற்குமுள்ள விகிதம் பரிமாண விரிவுக் குணகம் எனப்படும். இதை λ (காமா) என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடுவர்.

நீளவிரிவுக் குணகத்திற்கும், பரிமாணவிரிவுக் குணகத்திற்கும் உள்ள தொடர்பைப் பார்ப்போம்.

1 செ.மீ. நீளம், 1 செ.மீ. அகலம், 1 செ.மீ. உயரமுடைய ஒரு திடப்பொருளின் வெப்பநிலையை 1°C உயர்த்துவோம். α அதன் நீளவிரிவுக் குணகமானால், 1°C சூடேறியபின் அதன் நீளம்=$1+\alpha$; அதன் அகலம் = $1 + \alpha$; அதன் உயரம்=$1+\alpha$.

$$\text{அதன் புதிய பரிமாணம்} = (1+\alpha)^3$$
$$= 1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3$$

மேலே விளக்கியபடி, α-வின் அளவு மிகக் குறைவானது ஆகையால்,

α^2, α^3 முதலியவற்றை நிராகரித்துவிடலாம்.

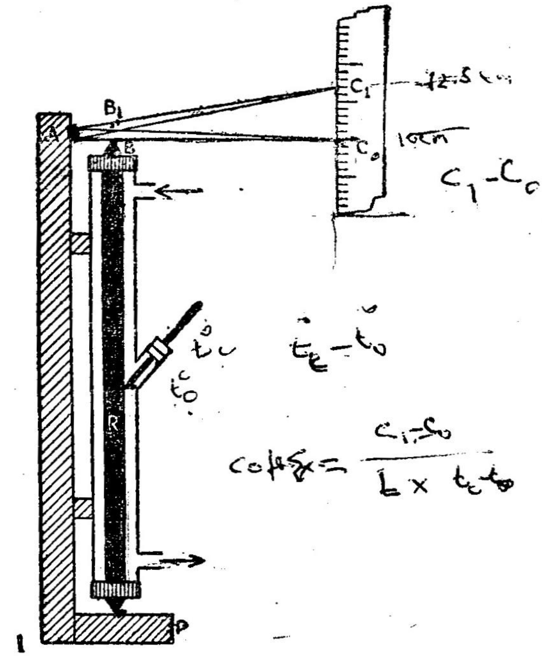
$\therefore$ 1°C வெப்பம் உயர்ந்தபின் பரிமாணம் = $1+3\alpha$

$$\therefore \text{பரிமாண விரிவுக் குணகம் } \lambda = \frac{(1+3\alpha) - 1}{1 \times 1} = 3\alpha$$

ஆகவே, பரிமாண விரிவுக்குணகம் நீளவிரிவுக்குணகத்தைப் போல் மூன்று மடங்கு ஆகும்.

நீளவிரிவுக் குணகத்தை அளத்தல்-நெம்பு கோல் முறை: R என்னும் ஒரு உலோகத்தண்டு ஒரு நீராவிப் பெட்டியினுள் செங்குத்தாக நிறுத்தப்பட்டுள்ளது. அதன் இருமுனைகளும் கூரா யுள்ளன. கீழ்முனை ஒரு பீடத்தின்மீது தங்கியுள்ளது. மேல்முனை விரிவடைவதற்கேதுவாய்க் கட்டுப்பாடின்றி உள்ளது. அதன்மீது

ABC என்ற ஒரு மீட்டர் நீளமுடைய குறிமுள் தங்கியுள்ளது. இது A என்னுமிடத்தில் சுழலும்படிப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. நீராவிப் பெட்டியினுள் நீராவியைச் செலுத்தினால் தண்டு விரிவடைந்து, B



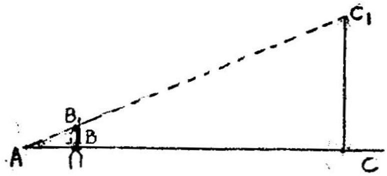
படம் 75.

என்னும் புள்ளி மேலே தள்ளப்படுகிறது. இதனால் C என்னும் புள்ளி அதிகமாக மேலே நகர்ந்து, அளவுகோலில் தன் இடப் பெயர்ச்சியைக் காண்பிக்கிறது.

முதலில் உலோகத்தண்டை வெளியே எடுத்து அதன் நீளத்தை அள. பின் அதைப் பெட்டியினுள்ளே வைத்து, ABC நெம்புகோலை அதன்மேல் பொருத்தி, C-யின் அளவைக் குறி: பெட்டியின் வெப்பநிலையையும் குறித்துக்கொள் (T_1) பிறகு பெட்டிக்குள் ஒரு 30 நிமிஷத்திற்கு நீராவியைச் செலுத்து. தண்டு விரிந்து, B-யை மேலே B_1-க்குத் தள்ளுகிறது. இதனால் C-யானது C_1-க்குச் செல்கிறது. C புள்ளி இடமாறாமல் நின்றால் விரிவு முடிந்தது என்று பொருள். பெட்டியின் வெப்பநிலை (T_2)யைக் குறித்துக்கொண்டு, C_1-இன் இடத்தையும் குறி.

தண்டின் ஆரம்ப நீளம்: l_1
ஆரம்ப வெப்பநிலை: T_1; உச்ச வெப்பநிலை: T_2
தண்டின் நீள விரிவு: BB_1

$$\therefore \frac{BB_1}{CC_1} = \frac{AB}{AC} \quad \therefore \quad BB_1 = \frac{AB}{AC} \times CC_1$$



படம் 76.

AB, AC இத் தூரங்களையும், CC_1 இடப்பெயர்ச்சியையும் அளந்து மேலே குறிப்பிட்டவாறு, தண்டின் விரிவு BB_1-ஐக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

$$\text{ஆகவே } \alpha = \frac{BB_1}{l_1 (T_2 - T_1)}$$

அன்றாட வாழ்க்கையில் பொருள்விரிவு

(1) இரயில் தண்டவாளங்களுக்கிடையே எப்பொழுதும் ஒரு சிறிது இடைவெளி விடப்பட்டுள்ளது. ஏனென்றால் கோடைகாலத்தில் தண்டவாளம் விரிகிறது. இடைவெளி இல்லையென்றால், தண்ட வாளங்கள் ஒன்றோடொன்று மோதி வளைந்துவிடலாம். இரயில் வண்டிக்கு ஆபத்து நேரிடும். பெரிய இரும்பு விட்டங்களைக்கொண்டு கட்டும் பாலம், கட்டிடங்கள் முதலியவற்றிலும் இவ்வாறே சிறிய இடைவெளிகள் விடப்பட்டுள்ளன.

(2) வண்டிச் சக்கரங்களுக்குப் பட்டையிடுவதற்கு, உலோகப் பட்டையின் விட்டம் சக்கரத்தின் விட்டத்தைவிடச் சற்றுக் குறைவாகச் செய்யப்பட்டுள்ளது. அதை அனலில் பழுக்கக் காய்ச்சி, அது நன்றாக அகற்சியடைந்தபின் அதைச் சக்கரத்தைச் சூழவைத்து, அதன்மீது தண்ணீரை ஊற்றுகிறார்கள். அது குளிர்ந்து, சுருங்கிச் சக்கரத்தை இறுக்கமாக அணைத்துக்கொள்வதுடன், சக்கரத்தின் ஆரக் கால்களையும் (Spokes) குடத்தினுள் (hub) அழுத்திப் பதியவைக்கிறது.

(3) ஒரு கண்ணாடிப் புட்டியின் கண்ணாடி அடைப்பான் மிகக் கெட்டியாக அடைத்துக்கொண்டு, வெளியேவரக் கஷ்டப்பட்டால், புட்டியின் கழுத்துப் பாகத்தைச் சிறிது சூடாக்கவேண்டும். கழுத்து விரிந்து, அடைப்பான் நெகிழ்ந்து வெளியே வந்துவிடும்.

(4) சிம்னி விளக்கு (Chimney) களின் கண்ணாடி சூடாயிருக்கையில் அதன்மீது தண்ணீர்த் துளிபட்டால், அஃது உடனே பட்டென்று

உடைந்துவிடும். ஏனென்றால், தண்ணீர்பட்ட இடம் குளிர்ந்து சுருங்குகிறது. கண்ணாடி வெப்பம் கடத்தாப்பொருள். ஆகையால் ஓர் இடத்தில் ஏற்படும் குளிர்ச்சி வேறிடத்திற்கு எளிதில் கடத்தப் படாது.

இவ்வாறே கண்ணாடிப் புட்டியில் அதிக சூடான நீரை ஊற்றினால் புட்டி உடைகிறது. புட்டியின் உட்பாகம் சூடேற்றப்பட்டு விரிகிறது. வெளிப்பாகத்திற்கு வெப்பம் உடனே செல்லாததால் அது விரிவதில்லை. இவ் வெவ்வேறு விரிவின் காரணமாகப் புட்டி உடைகிறது.

(5) கடிகார ஊசல் கோடைகாலத்தில் தாமதமாகவும் குளிர் காலத்தில் வேகமாகவும் செல்கிறது. கோடையில் ஊசலின் நீளம் அதிகரிப்பதால் ஊசல் நேரம் அதிகரித்துத் தாமதமாகச் செல்கிறது. குளிர்காலத்தில் ஊசலின் நீளம் குறைந்து கடிகாரம் வேகமாய்ச் செல்கிறது. இதைத் தடுக்க, மரத்தாலான ஊசல்களும், விரிவு குறைவான இன்வார் (Invar) என்ற கலவையாலான ஊசல்களும் பயன்படுகின்றன. ஈடு செய்யப்பட்ட (Compensated) ஊசல்களும் உபயோகத்திலுள்ளன.

(6) பூமியின் வெவ்வேறு பகுதியிலுள்ள காற்றும், கடலின் வெவ்வேறு பகுதியிலுள்ள நீரும் வெவ்வேறு அளவாக வெப்பமும் விரிவும் அடைவதால், காற்றோட்டங்களும் கடலில் நீரோட்டங்களும் ஏற்படுகின்றன.

உதாரணம்

சென்னைக்கும் மதுரைக்குமிடையே உள்ள தூரம் 300 மைல்கள். ஓராண்டில் மிகக்குறைவான வெப்பநிலை 20°C என்றும், உச்சநிலை 44°C என்றும் கொண்டால், இத் தூரத்தில் வைக்கப்பட்ட எஃகு இரயில் தண்டவாளங்களிடையே விடப்படவேண்டிய மொத்த இடைவெளியின் அளவென்ன? (எஃகின் நீளவிரிவுக் குணகம் = .000011).

$$l_2 = l_1 \{1 + \alpha (t_2 - t_1)\} \; : \; l_2 - l_1 = l_1 \alpha (t_2 - t_1).$$

$l_1 = 300$ மைல் $= 300 \times 5280$ அடி ; $\alpha = \cdot 000011$; $t_2 - t_1 = 44^\circ - 20^\circ = 24^\circ C$

$\therefore \quad l_3 - l_1 = 300 \times 5280 \times \cdot 000011 \times 24 = 418 \cdot 1$ அடி

விடவேண்டிய மொத்த இடைவெளி = 418·1 அடி.

பயிற்சி

1. பித்தளையின் நீளவிரிவுக் குணகத்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்குச் செய்யப்பட்ட சோதனையில் கீழ்க்கண்ட அளவீடுகள் எடுக்கப்பட்டன:

பித்தளைத் தண்டின் ஆரம்ப நீளம் = 96·4 செ.மீ.

ஸ்கேலின் ஆரம்ப அளவீடு = 44·4 செ.மீ.

ஸ்கேலின் முடிவு அளவீடு = 56·6 செ.மீ.
நெம்புகோலின் நீளம் = 200 செ மீ.
ஆதாரப் புள்ளிக்கும் தண்டின் நுனிக்குமிடையே உள்ள தூரம் = 2 செ. மீ.

ஆரம்ப வெப்பநிலை = 32·4°C
உச்ச வெப்பநிலை = 99·2°C
பித்தளையின் நீள விரிவுக் குணகத்தைக் கணக்கிடு.

விடை : $18{\cdot}94 \times 10^{-6}$

2. 0°C வெப்பநிலையில் அளவிடப்பட்ட ஓர் அலுமினிய ஸ்கேலைக் கொண்டு 40°C வெப்பநிலையில் ஒரு மரப்பலகையின் நீளம் அளக்கப்படுகிறது. நீளம் 100 செ.மீ. என்று அளக்கப்பட்டால், பலகையின் உண்மையான நீளமென்ன ? (அலுமினியத்தின் நீளவிரிவுக் குணகம் $= 25{\cdot}5 \times 10^{-6}$).

விடை : 100·1 செ. மீ.

3. 0°C-யில் அளவிடப்பட்ட ஓர் எஃகு நாடா, 45°C வெப்பநிலையில் 20 மீட்டர் என ஒரு தூரத்தை அளக்கின்றது. சரியான தூரம் என்ன ? (எஃகின் நீளவிரிவுக் குணகம் $= 11 \times 10^{-6}$)

விடை : 2000·99 செ.மீ.

4. 10°C வெப்பத்தில் போடப்படும் 10 மீட்டர் நீளமுள்ள எஃகுத் தண்டவாளங்களினிடையே 60°C யில் 1 செ.மீ. இடைவெளியிருக்க வேண்டுமானால், எவ்வளவு இடைவெளி விட்டாகவேண்டும்? (எஃகின் நீளவிரிவுக் குணகம் $= 11 \times 10^{-6}$)

விடை : 1·55 செ.மீ.

5. 100 அடி நீளமுடைய தண்டவாளங்கள் 30°C-யில் ஒரு அங்குல இடைவெளியுடன் போடப்படுகின்றன. எந்த வெப்பநிலையில் அவை ஒன்றையொன்று தொடும் ? (எஃகின் நீளவிரிவுக் குணகம் $= 11 \times 10^{-6}$).

விடை : 787·5°C.

6. ஒரு வண்டிச் சக்கரத்தின் விட்டம் 5 அடி. 25°C-யில் 4 அடி $11\frac{1}{2}$ அங். விட்டமுடைய வட்டமான இரும்புப்பூணை எந்த வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றினால் அது சக்கரத்தின்மீது நழுவும்? (இரும்பின் நீளவிரிவுக் குணகம் $= 12 \times 10^{-6}$)

விடை : 725·3°C.

7. 0°C-யில் எந்த நீளங்களுடைய அலுமினிய, நிக்கல் தண்டுகளின் நீள வித்தியாசம் எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் 40 செ.மீட்டரா யிருக்கும்? (நீளவிரிவுக் குணகம் : அலுமினியம் : $25{\cdot}6 \times 10^{-6}$; நிக்கல் $12{\cdot}8 \times 10^{-6}$).

விடை : அலு: 40 செ.மீ; நிக்கல் 80 செ.மீ.

8. 0°C-யில் ஓர் எஃகுத் தண்டின் நீளம் 79·6 செ.மீ; அலுமினியத் தண்டின் நீளம் 79·2 செ.மீ. எவ் வெப்பநிலையில் அவற்றின் நீளங்கள் சமமாயிருக்கும்? (நீளவிரிவுக் குணகம்: எஃகு $= 11 \times 10^{-6}$; அலுமினியம்: 22×10^{-6}).

விடை: 461·5°C.

9. 0°C-யில் 20 செ.மீ. விட்டமுடைய ஒரு வட்டமான எஃகுத் தகடு ஓர் அலுமினியத் தகட்டிலுள்ள துவாரத்தில் சரியாய்ப் பொருந்துகிறது. 400°C-யில் அவற்றிற்கிடையே உள்ள இடைவெளியின் பரப்பு என்ன? (நீளவிரிவுக் குணகம்: எஃகு: 11×10^{-6}; அலு: $25{\cdot}5 \times 10^{-6}$).

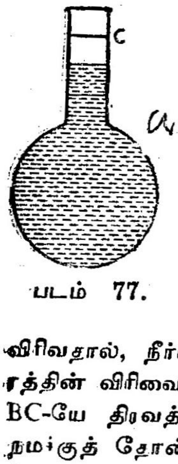
விடை: 3·612 ச.செ.மீ.

10. 0°C-யில் பொன்னின் அடர்த்தி 19·32 கி/கன. செ.மீ; 800°C-யில் அதன் அடர்த்தி என்ன? (பொன்னின் நீளவிரிவுக் குணகம் $= 14 \times 10^{-6}$).

விடை: 18·67 கி/கன. செ.மீ.

16. திரவங்களின் விரிவு

திடப் பொருள்களைப்போலவே திரவப் பொருள்களும் சூடேற்றினால் விரிவடைகின்றன. திரவப் பொருளுக்குச் சுய உருவில்லை. பாத்திரத்தின் உருவத்தை ஏற்கின்றன. ஆகையால் சூடேற்றும் போது, முதலில் பாத்திரம் விரிவடைகிறது; பிறகு திரவமும் விரிவடைகிறது. இதை ஒரு சோதனையின்மூலம் விளக்கலாம்.



படம் 77.

ஒற்றைத் துவாரக் கார்க்கினால் மூடப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குடுவையை வர்ண நீரால் நிரப்பு. பிறகு, இருபுறமும் திறந்த சன்னமான கண்ணாடிக்குழாயைக் கார்க்கின் துவாரத்தில் பொருத்தியவாறு குடுவைக்குள் செருகு. நீர் இக் குழாய்க்குள் சிறிதளவு உயரம் ஏறுகிறது. நீர்மட்டத்தைக் குறித்துக்கொள் (A). இப்பொழுது குடுவையை வெந்நீரில் அழுத்தினால், நீர்மட்டம் முதலில் A-யிலிருந்து கீழே சிறிது இறங்கி B-க்கு வந்து, பிறகு மறுபடியும் மேலே ஏறிக் கடைசியில் C என்ற இடத்திற்கு வந்து நின்றுவிடுகிறது. முதலில் பாத்திரம் மட்டும் சூடேற்றப்பட்டு விரிவதால், நீர்மட்டம் இறங்குகிறது. ஆகவே, AB என்பது பாத்திரத்தின் விரிவைக் குறிப்பிடும். திரவம் Bயிலிருந்து Cக்கு ஏறுவதால், BC-யே திரவத்தின் உண்மையான விரிவைக் குறிப்பிடும். ஆனால், நமக்குத் தோன்றும் விரிவு, ஆரம்ப நிலை A-யிலிருந்து கடைசிநிலை C-வரை திரவமட்டம் உயர்ந்ததுதான்: $BC = AB + AC$

அதாவது, திரவத்தின் உண்மையான விரிவு = பாத்திரத்தின் விரிவு + திரவத்தின் தோற்ற விரிவு (Apparent expansion)

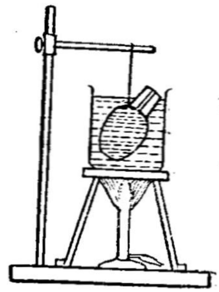
ஆகவே, ஒரு திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் குணகம் (Co-efficient of apparent expansion) என்பது, ஓர் அலகுப் பரிமாணமுள்ள திரவம் 1 டிகிரி சூடேற்றப்பட்டால் விரிவடைதாகத் தோன்றும் அளவாகும்.

ஒரு திரவத்தின் உண்மை விரிவுக் குணகம் (Co-efficient of real expansion) என்பது, ஓர் அலகுப் பரிமாணமுள்ள திரவம் 1 டிகிரி சூடேற்றப்பட்டால், உண்மையாக விரிவடையும் அளவு.

மேலே விளக்கிய சோதனையில் திரவமும் பாத்திரமும் ஒரே அளவு சூடேற்றப்படுவதால், ஒரு திரவத்தின் உண்மை விரிவுக் குணகம் = திரவத்தின் தோற்றவிரிவுக் குணகம் + பாத்திரத்தின் பரிமாண விரிவுக் குணகம்.

திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் குணகத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

ஓர் உலர்ந்த சுத்தமான அடர்த்தி சீசாவை எடுத்து, அதன் எடையைக் (W_1) கண்டுபிடி. அதைக் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தால் நிரப்பி, அடைப்பானைப் பொருத்தி, வழிந்துவரும் திரவத்தைத் துடைத்துவிட்டு மறுபடியும் எடையைக் கண்டுபிடி (W_2). உள்ளே காற்றுக் குமிழிகள் எதுவும் இல்லாதபடி பார். இப்பொழுது சீசாவை ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள தண்ணீரில் கழுத்துவரை முழுக்கித் தண்ணீரின் வெப்பநிலையை (t_1) அளந்துவிட்டுத் தண்ணீரைச் சூடாக்கு. சீசாவிலுள்ள திரவம் விரிந்து, அடைப்பானிலுள்ள துவாரத்தின் வழியாகக் கசிந்துவழியும். ஒரு மையொற்றும் காகிதத்தால் கசியும் திரவத்தை அவ்வப்பொழுது ஒத்தியெடு. நீர் ஸ்திதிநிலையடைந்து, 10 நிமிஷம் கொதிக்கும்வரை காத்திரு. திரவத்தின் கசிவு நின்றுபோனபின்பு கொதிநீரின் வெப்பநிலையை (t_2) அளந்துவிட்டுச் சீசாவை அதிலிருந்து எடுத்து, வெளிப்புறத்தைத் துடைத்து, குளிர்ச்சி அடைந்தபின் அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (W_3). திரவத்தின் அடர்த்தி d என்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.



படம் 78.

சீசாவை நிரப்பும் திரவத்தின் எடை $= W_2 - W_1$

சீசாவின் முழுப் பரிமாணம் $= \dfrac{W_2 - W_1}{d} = v_2$

கொதிநிலையடைந்தபின்பு மீதியுள்ள திரவத்தின் எடை
$= W_3 - W_1$

$\therefore$ மீதியாயுள்ள திரவத்தின் பரிமாணம் $= \dfrac{W_3 - W_1}{d} = v_1$

t_1 வெப்பநிலையில் v_1 பரிமாணமுள்ள திரவம், t_2 வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றப்பட்டால், விரிவடைந்து, சீசாவின் பரிமாணம் v_2 முழுவதையும் நிரப்புகிறது.

$\therefore$ திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் குணகம் $= \dfrac{v_2 - v_1}{v_1(t_2 - t_1)}$

$$= \frac{\frac{(W_2-W_1)}{d} - \frac{(W_3-W_1)}{d}}{\left(\frac{W_3-W_1}{d}\right)(t_2-t_1)} = \frac{W_2-W_3}{(W_3-W_1)(t_2-t_1)}$$

$$= \frac{\text{வெளியேற்றப்பட்ட திரவத்தின் எடை}}{\text{மீதியுள்ள திரவத்தின் எடை} \times \text{வெப்ப ஏற்றம்}}$$

குறிப்பு: கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தை அதன் கொதிநிலைக்குச் சூடேற்றுதல் கூடாது. திரவம் ஆவியாகி வெளியேறிவிடும். ஆகையால் திரவத்தின் கொதிநிலை நீரின் கொதிநிலையைவிடக் குறைவாயிருந்தால் நீரைக் கவனமாகச் சூடேற்றித் திரவத்தின் கொதிநிலைக்குக் கீழாக (t_2) நிறுத்தித் திரவக்கசிவு நின்றபின் அதைக் குளிரவைத்து எடையைக் கண்டுபிடி.

உதாரணம்: (1) 22·5 கிராம் நிறையுள்ள எண்ணெயைக் கொண்ட அடர்த்தி சீசா 30°Cயிலிருந்து 100°C வரை சூடேற்றப்பட்ட பொழுது 1·10 கிராம் எண்ணெய் வெளியேறியது. கண்ணாடி நீள விரிவுக் குணகம் ·000009 என்றால், எண்ணெயின் உண்மை விரிவுக் குணகம் என்ன ?

எண்ணெயின் தோற்ற விரிவுக் குணகம்

$$= \frac{\text{வெளியேற்றப்பட்ட திரவத்தின் நிறை}}{\text{மீதியுள்ள திரவ எடை} \times \text{வெப்ப ஏற்றம்}}$$

$$= \frac{1\cdot1}{(22\cdot5-1\cdot1)(100^\circ-30)}$$

$$= \frac{1\cdot1}{21\cdot4 \times 70} = \cdot000734$$

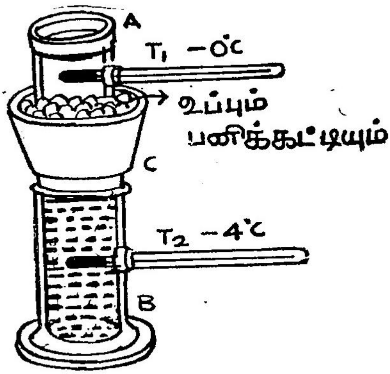
கண்ணாடியின் பரிமாண விரிவுக் குணகம் $= \cdot000009 \times 3$
$= \cdot000027$

∴ எண்ணெயின் உண்மை விரிவுக் குணகம் $= \cdot000734 + \cdot000027$
$= \cdot000761$

நீரின் விபரீத விரிவு (Anomalous expansion of water)

திரவங்கள் சூடேற்றப்பட்டால் விரிவடையும். ஆனால், நீர் இதற்கு விதிவிலக்கு. 0°C வெப்பநிலையிலுள்ள தண்ணீரைக் காய்ச்சினால், முதலில் அதன் பரிமாணம் குறைகிறது. 4°C வரை பரிமாணம் குறைந்துகொண்டேபோய், அதன்பிறகுதான் பரிமாணம் உயருகிறது. ஆகவே, நீரின் அடர்த்தி 4°Cல்தான் உச்சநிலை அடைகிறது. நீரின் இவ் விசித்திரப் போக்கையே நீரின் விபரீத விரிவு என்று கூறுகிறோம். இதை ஓர் எளிய சோதனையால் விளக்கலாம்.

ஹோப் கருவி (Hope's Apparatus): இஃது ஒரு கண்ணாடி உருளை ஜாடி; (AB), நடுவில் C என்ற உருளையால் சூழப்பட்டு நீரால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. C-யில் பனிக்கட்டி, உப்பு இரண்டும் கலந்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. T_1 T_2 என்னும் இரு வெப்பமானிகள் C-க்கு மேலும் கீழும் நீரின் வெப்பநிலையைக் காண்பிக்கின்றன. C-க்கு



படம் 79.

எதிரேயுள்ள நீர் குளிர்ந்து, அடர்த்தி அதிகரித்து, கீழே வருகின்றது. ஆகவே, கீழேயுள்ள T_2 வெப்பமானியின் அளவு குறைந்துகொண்டே வந்து, 4°C-ஐ அடைகிறது. இதுவரை மேல் வெப்பமானி T_1-ன் அளவு ஏறக்குறைய மாருமல் நிற்கிறது. உறை கலவை (freezing mixture) கொண்ட C-க்கு அடியிலுள்ள நீர் முழுவதும் 4°C வெப்ப நிலையை அடைந்த பின்னர், T_2-வின் அளவு மாருமல் நிற்கும்; ஆனால், T_1-இன் அளவு விழ ஆரம்பிக்கும். முதலில் மெதுவாகவும் பிறகு வேகமாகவும் இறங்கி, 0°C வரை வந்துசேரும். இதிலிருந்து அடியிலுள்ள 4°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீர் அதிக அடர்த்தியுடையதென்றும், 0°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீர்மேலே நிற்பதால் அதன் அடர்த்தி குறைவு என்றும் அறிகிறோம்.

நீரின் விபரீத விரிவின் விளைவுகள்

இங்கிலாந்து, அமெரிக்கா போன்ற குளிர் நாடுகளில் குளிர்காலத்தில் காற்றின் வெப்பநிலை பூச்சியத்திற்குக் கீழே செல்லும். ஏரி, குளங்களின் நீரின் மேல்பரப்பு குளிர்ச்சியடைவதால், அதன் அடர்த்தி அதிகரித்துக் கீழே இறங்குகின்றது. நீர்நிலையின் அடிப் பாகத் தண்ணீர் 4°C நிலையை அடைந்ததும், மேலேயுள்ள நீர் இறங்க வழியில்லை. ஆகையால் மேல்பரப்பு குளிர்ந்துகொண்டேபோய் உறைந்து விடுகிறது. ஆனால், அடியிலுள்ள நீர் திரவமாகவே இருக்கிறது. தண்ணீர் வெப்பம் கடத்தாதது. ஆகையால் உறைந்த நீர் மேல் வெப்பத்தை அடியில் செலுத்தாது. ஆகையால் மேல்பரப்பில்

ஓரடி இரண்டு அடி தடிப்பான உறைநீர் (ice) உண்டானாலும், அதற்கடியில் நீர் திரவமாக 4°C வெப்பநிலையில் உள்ளது. இதனால் நீர் வாழும் பிராணிகள் உறைந்து இறந்து போகாமல் உயிர் வாழ முடிகின்றது.

உதாரணம்

1. ஒரு கண்ணாடிக் குடுவை 18°C-யில் 50 கன செ.மீ. பாதரசத்தால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. 38°C-க்குச் சூடேற்றினால், எவ்வளவு பாதரசம் வெளியேறும்? (கண்ணாடியின் நீளவிரிவுக் குணகம்: 9×10^{-6}; பாதரசத்தின் பரிமாண விரிவுக் குணகம்: 180×10^{-6})

வெளியேறும் பாதரசத்தின் பரிமாணம், 38°C-யில் பாதரசத்திற்கும் கண்ணாடிக்குமுள்ள பரிமாண வித்தியாசம்.

18°C-யில் கண்ணாடிக் குடுவையின் பரிமாணம்

$= 50$ கன செ.மீ.

38°C-யில் கண்ணாடிக் குடுவையின் பரிமாணம்

$= 50\,[1 + r_g\,(38\text{-}18)]$

38°C-யில் பாதரசத்தின் பரிமாணம்

$= 50\,[1 + r_m\,(39\text{-}18)]$

∴ வெளியேறும் பாதரசம்

$= 50 r_m \times 20 - 50 r_g \times 20$

$= 1000\,(180 - 27) \times \frac{1}{10^6}$ $(\therefore r_g = 3\alpha_g)$.

$= \cdot 153$ கன செ.மீ.

2. 0°C-யில் ஒரு மீட்டர் நீளமுடைய பாதரசத் தம்பம் ஒரு நீண்ட, குறுகிய சீரான கண்ணாடிக் குழாயில் உள்ளது. 100°C-யில் அது 16·5 மி. மீ. அதிக நீளமாயுள்ளது. பாதரசத்தின் உண்மையான பரிமாண விரிவுக் குணகம் ·000182 என்றால், கண்ணாடியின் நீளவிரிவுக் குணகமென்ன?

பாதரசத்தின் பரிமாணமும் அடர்த்தியும் 0°C-யில் V_0, d_0 என்றும், 100°C-யில் V_1, d_1 என்றும் கொள்வோம். குழாயின் குறுக்களவு = A.

அதன் பொருண்மை மாறாதிருப்பதால், $V_0 d_0 = V_1 d_1$

0°C-யில் பாதரச பரிமாணம் $V_0 = 100 \times A_0$

100°C-யில் ,, ,, $V_1 = (100 + 1\cdot 65) \times A_1$

$= 101\cdot 65 \times A_1$

$\therefore 100\, A_0\, d_0 = 101\cdot 65 A_1 d_1$

ஆனால் $A_1 = A_0\,(1 + 2 \times 100)$

$d_0 = d_1\,(1 + 100 \times \cdot 000182)$

$= d_1\,(1 + \cdot 0182)$

$$\therefore \quad 100\ A_0\ d_0 = 101{\cdot}65\ A_0(1+200\alpha)\ \frac{d_0}{(1+{\cdot}0182)}$$

$$\therefore \quad 100\ (1+{\cdot}0182) = 101{\cdot}65\ (1+200\alpha)$$

$$\therefore \quad \alpha = {\cdot}0000083$$

பயிற்சி

1. ஓர் அடர்த்தி சீசாவில் 50 கிராம் கிளிஸரின் 30°C-யில் உள்ளது. 100°C-யில் அச் சீசா எவ்வளவு கிளிஸரின் கொள்ளும்? (பரிமாண விரிவுக் குணகம்: கிளிஸரின் = ·00051; கண்ணாடி = ·00003) விடை: 48·37 கிராம்.

2. பாதரசத்தின் பரிமாண விரிவுக் குணகத்தைக் கண்டுபிடிக்கக் கீழ்க்கண்ட அளவீடுகள் எடுக்கப்பட்டன:

காலி சீசாவின் எடை	=	16·4 கி.
சீசா + பாதரசம், 30°C-யில்	=	643 61 கி.
சீசா + 98·8°C-யில் அதை நிரப்பும் பாதரசம்	=	637·00 கி.

பாதரசத்தின் தோற்றப் பரிமாண விரிவுக் குணகம் என்ன?
விடை: ·0001509.

3. 25·2°C-யில் ஓர் அடர்த்தி சீசா 70·59 கிராம் திரவத்தால் நிரப்பப்பெற்றுள்ளது. 92·5°C-யில் அச் சீசாவை நிரப்பும் திரவத்தின் எடை 68·35 கிராம் என்றால், அத் திரவத்தின் உண்மைப் பரிமாண விரிவுக் குணகம் என்ன? (கண்ணாடியின் நீளவிரிவுக் குணகம்: 9×10^{-6}). விடை: ·000514.

4. ஓர் அலுமினியப் பாத்திரம் 20°C-யில் 1 கிலோகிராம் நீர் கொள்ளக்கூடியது. 80°C-யில் அது கொள்ளக்கூடிய நீரின் நிறை என்ன? (அலுமினியத்தின் நீளவிரிவுக் குணகம்: $25{\cdot}5 \times 10^{-6}$; நீரின் உண்மைவிரிவுக் குணகம்: $45{\cdot}76 \times 10^{-5}$)
விடை: 977·13 கிராம்.

5. 20°C-யில் பென்ஸீன் திரவத்தின் அடர்த்திஎண் ·878. எந்த வெப்பநிலையில் அதன் அடர்த்திஎண் 1% குறைவாக இருக்கும்? (பென்ஸீனின் உண்மைவிரிவுக் குணகம் = ·00124)
விடை: 28·15°C.

குறிப்பு:

$$d_{20} = d_t\ [\ 1+r\ (t-20)\ ]$$

$$d_t = d_{20} - \tfrac{1}{100}\cdot d_{20} = d_{20} \times \tfrac{99}{100}$$

$$\therefore \quad \frac{d_{20}}{d_t} = \frac{100}{99} = [\ 1+r\ (t-20)\ ]\ \ldots\ldots).$$

6. ஓர் உலோகத்துண்டு காற்றில் 40 கி., 0°C-யான திரவத்தில் 36 கி. அதே திரவத்தில் 100°C-யில் 36·44 கி., நிறையுள்ளதாயிருக்

கிறது. உலோகத்துண்டின் விரிவை நிராகரித்துவிட்டு, திரவத்தின் விரிவுக் குணகத்தைக் கண்டுபிடி.

விடை : ·001236.

(குறிப்பு : $\frac{d_0}{d_{100}} = 1 + 100\lambda$ என்ற சமன்பாட்டை உபயோகி).

7. 0°C-யில் ஒரு செப்புப் பாத்திரத்தில் ஓரளவு பாதரசமுள்ளது. எவ்வளவு சூடேற்றினலும் பாதரசமில்லாத பாத்திரத்தினளவு மாருமலுள்ளதென்ருல், பாத்திரத்தின் என்ன பாகம் பாதரசத்தைக் கொண்டது ? (செம்பின் நீளவிரிவுக் குணகம் = ·0000167 ; பாதரசத்தின் உண்மை விரிவுக் குணகம் = ·000188).

விடை : 26·65%

8. ஒரு பாதரச செண்டிகிரேடு வெப்பமானியில் 6·8 கிராம் பாதரசமுள்ளது. 0°, 100° இவற்றிற்கிடையேயுள்ள தூரம் 30 செ. மீ. என்ருல், குழாயின் குறுக்களவுப் பரப்பென்ன ? பரிமாண விரிவுக் குணகம் : கண்ணுடி = 3×10^{-5}; பாதரசம்: 18×10^{-5}. (வெப்பமானியின் பல்பின் விரிவைமட்டும் எடு ; குழாயின் விரிவை நிராகரி). பாதரசத்தின் 0°C அடர்த்தி = 13·6 கி/கன செ.மீ.

(குறிப்பு : 0°C-யில் பாதரசத்தின் பரிமாணத்தைக் கண்டுபிடி; இதுவே பல்பின் பரிமாணம். பின்பு அவற்றின் 100°C-யின் பரிமாண வித்தியாசத்தைக் கண்டுபிடி. இதை 30 செ.மீ. ஆல் வகு).

9. அழுத்தமானியின் பித்தளே ஸ்கேல் 0°C-யில் அளவு குறிக்கப்பட்டது. 30°C-யில் அழுத்த அளவு 75·5 செ.மீ. என்று காண்பிக்கப்பட்டால், உண்மை அழுத்தமென்ன? (பித்தளையின் நீள விரிவுக் குணகம் = 19×10^{-6} ; பாதரசத்தின் உண்மை விரிவுக் குணகம் : 18×10^{-5}).

விடை : 75·15 செ.மீ.

17. வாயுக்களின் விரிவு

திட, திரவ, வாயுப் பொருள்களில், வாயுக்களே மிக அதிக விரிவை அடைகின்றன. ஆகையால் பாத்திரத்தின் விரிவை நிராகரித்து விடலாம். இதனால் வாயுக்களைப் பொறுத்தமட்டில், தோற்ற விரிவு, உண்மை விரிவு என்று பாகுபடுத்துவதில்லை. அத்துடன், இந்த அதிக விரிவு காரணமாக, வாயுக்களின் விரிவுக் குணகத்தைக் கண்டு பிடிக்கும்பொழுது, 0°C வெப்பநிலையிலுள்ள பரிமாணத்தையே வாயுவின் ஆரம்பப் பரிமாணமாகக் கருதுதல் வேண்டும்.

ஒரு வாயுவிற்குச் சூடேற்றும்பொழுது, அதன் பரிமாணம் மட்டுமல்ல, அதன் அழுத்தமும் அதிகரிக்கிறது. பாயிலின் விதிப்படி, ஒரு வாயுவின் அழுத்தமாற்றம் அதன் பரிமாணத்தைப் பாதிக்கும். ஆகவே, வாயுக்களுக்கு இருவித விரிவுக் குணகங்கள் உண்டு. (1) அழுத்தம் மாறாமலிருக்கையில் வெப்பத்தினால் பரிமாணம் விரிவதையும், (2) பரிமாணம் மாறாமலிருக்கையில் வெப்பத்தினால் அழுத்தம் அதிகரிப்பதையும் ஆராயலாம்.

பரிமாண விரிவுக் குணகம் (Volume Ccefficient)

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுள்ள வாயுவின் அழுத்தம் மாறாதிருக்க, அதற்கு 1°C சூடேற்றுவதால் ஏற்படும் பரிமாண விரிவிற்கும், 0°C-யிலுள்ள அதன் ஆரம்பப் பரிமாணத்திற்குமுள்ள விகிதமே அவ் வாயுவின் பரிமாண விரிவுக் குணகம் எனப்படும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவின் அழுத்தம் மாறாதிருக்க, அதன் பரிமாணம் 0°C வெப்ப நிலையில் V_0 என்றும், t°Cஇல் Vt என்றும் வைத்துக்கொண்டால்,

$$\text{வாயுவின் பரிமாண விரிவு } \alpha = \frac{\text{பரிமாண விரிவு}}{0^\circ C\text{இல் அதன் பரிமாணம்} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$$

$$\text{அதாவது, } \alpha = \frac{Vt - V_0}{V_0\,(t - _0)}$$

$$\therefore \quad Vt = V_0 \quad (1 + \alpha t)$$

அழுத்த உயர்வுக் குணகம் (Pressure Coefficient)

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுள்ள வாயுவின் பரிமாணம் மாறாமலிருக்க, அதற்கு $1^\circ C$ சூடேற்றுவதால் ஏற்படும் அழுத்த உயர்விற்கும், $0^\circ C$-யிலுள்ள அதன் அழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம் அவ்வாயுவின் அழுத்த உயர்வுக் குணகம் எனப்படும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுள்ள வாயுவின் பரிமாணம் மாறாமலிருக்க, அதன் அழுத்தம் $0^\circ C$-ல் P_0 ஆகவும், $t^\circ C$-ல் Pt ஆகவும் இருந்தால்

வாயுவின் அழுத்த உயர்வுக் குணகம் =

$$\frac{\text{அழுத்த உயர்வு}}{0^\circ C\text{-ல் அதன் அழுத்தம்} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$$

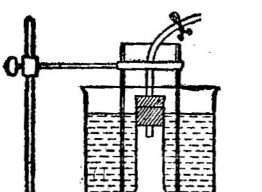
அதாவது, $\beta = \dfrac{Pt - P_0}{P_0 \times t}$

$$\therefore \quad Pt = P_0 (1 + \beta t)$$

எல்லா வாயுக்களுக்கும் பரிமாண விரிவுக் குணகமும் (α), அழுத்த உயர்வுக் குணகமும் (β) சமம். அதன் அளவு = $\frac{1}{273}$ = ·00367. இவை சமமாயிருப்பதால், இரண்டையும் α என்றே குறிப்பிடலாம்.

பரிமாண விரிவுக் குணகத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

ஒரு கண்ணாடிக் குடுவையின் வாயை ஒற்றைத் துவார ரப்பர்க் கார்க்கினால் மூடி, அத் துவாரத்தினுள் இரு புறமும் திறந்த கண்ணாடிக் குழாயைச் செலுத்து. குழாயின் மறு நுனியில் ஒரு ரப்பர்க்குழாயை நுழைத்து, அதைக் கிளிப்பால் கெட்டியாக மூடி ஒழுங்கு செய். குடுவையை நீர் நிறைந்த பாத்திரத்தில் கழுத்துவரை அமிழ்த்திப் பிடித்து, கிளிப்பைத் திறந்துவைத்து, நீரைக்காய்ச்சு. நீர் கொதிநிலையை அடைந்து, ஒரு பத்து நிமிடம் கொதித்த பின்னர் நீரின் கொதி வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொண்டு, கிளிப்பைக் கெட்டியாக மூடிக் குடுவையை வெளியே எடு. குடுவையிலிருக்கும் காற்று நீரின் கொதிநிலையில் (t_2) விரிந்து, ஒரு பாகம் வெளியேறி யிருக்கும். இப்பொழுது குடுவையைக் குளிரவைத்து, அதைத் தலை கீழாகப்பிடித்து ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள தண்ணீர் மட்டத்தினடியில் ரப்பர்க் குழாயைவைத்துக் கிளிப்பைத் திற. காற்று குளிர்ந்து சுருங்குவதால் குடுவைக்குள் சிறிது தண்ணீர் ஏறுகிறது. குடுவையிலுள்ள தண்ணீர் மட்டமும் வெளியிலுள்ள நீர்மட்டமும் சமமாக-



படம் 80.

வருமாறு குடுவையை நிறுத்து. இப்பொழுது குடுவையினுள் இருக்கும் காற்றின் அழுத்தம் வெளிக்காற்றின் அழுத்தத்திற்குச் சமம். பாத்திரத்திலுள்ள தண்ணீரின் வெப்பநிலையைக் (t_1) குறித்துக்கொண்டு ரப்பர் குழாயை மூடி, குடுவையை வெளியே எடுத்து, அதில் ஏறிய நீரின் பரிமாணத்தை அளவு ஜாடியைக்கொண்டு அள (v). பிறகு குடுவை முழுவதையும் நீரால் நிரப்பி அதன் பரிமாணத்தையும் அள (V).

t_1°C-ல் குடுவையிலுள்ள காற்றின் பரிமாணம் $= (V-v)$
(v அளவு நீர் உள்ளே ஏறியிருந்தது)

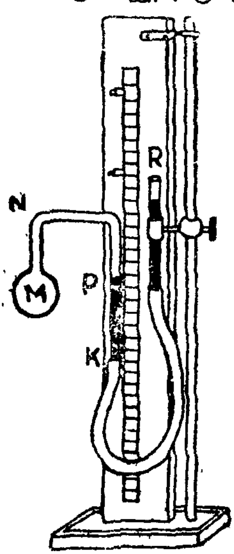
இதே அளவு காற்று t_2°C-க்குச் சூடேற்றப்பட்டபொழுது, வெளிக் காற்றழுத்தத்தில் அதன் பரிமாணம் = V
காற்றின் பரிமாண விரிவுக் குணகம் α என்றால்,

$$V-v = V_0(1+\alpha t_1)$$
$$V = V_0(1+\alpha t_2)$$
$$\therefore \frac{V}{V-v} = \frac{1+\alpha t_2}{1+\alpha t_1}$$

இதிலிருந்து α-வைக் கணித்துவிடலாம். இதன் அளவு $\frac{1}{273}$, அல்லது ·00367 என்று தெரியவரும்.

அழுத்த உயர்வுக் குணகத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

இதற்குத் தேவையான கருவி 81ஆம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதற்கு ஜாலியின் உபகரணம் என்று பெயர். இதில் M என்ற கண்ணாடி பல்பு, இருமுறை வளைக்கப்பட்ட NP கண்ணாடிக்குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. R என்பது வேறொரு கண்ணாடிக் குழாய். P, R இரண்டையும் ஒரு ரப்பர்க் குழாய் இணைக்கிறது. ரப்பர்க் குழாய் முழுவதும் பாதரசத்தால் நிரப்பப்பெற்று, பாதரச மட்டம் P-யிலும் R-இலும் சிறிது ஏறிநிற்கிறது. இதனால் ஓரளவு காற்று M பல்பினுள் அடைபட்டுள்ளது. P-க்கு அருகில் ஒரு குறியுள்ளது. R குழாயை மேலும் கீழும் நகர்த்திப் பாதரசமட்டத்தை இக் குறிக்கு எதிராகக் கொண்டுவந்த பின்னரே அளவுகள் எடுக்கப்படும். ஆகையால் அடைபட்ட காற்றின் பரிமாணம் எப்பொழுதும் மாறாமல் வைக்கப்படுகிறது.



படம் 81.

பல்பு M ஒரு பாத்திரத்தினுள் வைக்கப்பட்டு, அதைச்சுற்றிலும் ஐஸ்கட்டிக்ளைப்

போட்டு நிரப்பு. R குழாயை நகர்த்தி, இடதுபுறப் பாதரசமட்டம் P குறிக்கு எதிராக வரசெய்து, மட்டங்களின வேறுபாடடைக்குறி (h_1). வெளிக்காற்றின் அழுத்தம் P என்றால்,

அடைபட்ட காற்றின் அழுத்தம் $P_{100} = P + h_1$.

$$P_{100} = P_0(1 + \beta \times 100)$$

இதிலிருந்து β-யைக் கணிக்கலாம். இதன் அளவும் $\frac{1}{273}$ (=·00367) என்று தெரியவரும்.

சார்லஸின் விதி (Charles's Law)

'அழுத்தம் மாறுமலிருக்கும் எந்த வாயுவும் 1°C சூடேற்றப் பட்டால், தன் 0°C பரிமாணத்தில் $\frac{1}{273}$ பாகம் விரிவடையும்'

இதையே வேறு விதமாகவும் கூறலாம்: 'பரிமாணம் மாருமலிருக்கும் எந்த வாயுவும் 1°C சூடேற்றப்பட்டால், தன் 0°C அழுத்தத்தில் $\frac{1}{273}$ பாகம் உயர்வடையும்.'

தனி வெப்பநிலை அளவை (Absolute scale of temperature)

சார்லஸின் விதிப்படி, ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுள்ள வாயுவை அழுத்தமாற்றமின்றி 1°C குளிரவைத்தால், அது தன் 0°C பரிமாணத்தில் $\frac{1}{273}$ பாகம் சுருங்கும் என்றுகிறது.

ஒரு வாயுவின் பரிமாணம் 0°C வெப்பநிலையில் V_0 என்று வைத்துக்கொள்வோம். மாரு அழுத்த நிலையில் அதை 1°C குளிரவைத்தால்,

—1°Cஇல் அதன் பரிமாணம் $V_0 - \frac{V_0}{273} = \frac{272}{273} V_0$

—2°C இல் அதன் பரிமாணம் $= V^0 - \frac{2}{273} V_0 = \frac{271}{273} V_0$

—3°C இல் அதன் பரிமாணம் $= V_0 - \frac{3}{273} V_0 = \frac{270}{273} V_0$

—273°C இல் அதன் பரிமாணம் $= _0 - V\frac{273}{273} V_0 = 0$

அதாவது, ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வாயுவை ஒரே அழுத்தத்தில் வைத்துக் குளிரவைத்துக்கொண்டேபோனல், — 273°C வெப்பநிலையில் அதன் பரிமாணம் பூச்சியமாகிவிடும். வாயுவின் வெப்பநிலை அதற்குக் கீழ் போவதற்கு வழியில்லை; ஏனென்றால், குளிரவைப்பதற்கு வாயுவொன்றும் இராது. அவ்வாறே,—273°Cஇல் ஒரு வாயுவின் அழுத்தம் பூச்சியமாகிவிடுகிறது.

ஆகவே, — 273°C வெப்பநிலையே இவ்வுலகில் அடையக்கூடிய கீழ்த்தர வெப்பநிலையாகும். அதற்குக்கீழே வெப்பநிலை இருக்க வழியில்லை. ஆகையால், — 273°C-க்குத் தனிச்சுழி (absolute zero) என்று பெயர்.

இத் தனிச்சுழியைப் பூச்சியமாகவைத்து வெப்பநிலை அளவை ஒன்று தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. அதற்குத் தனி வெப்பநிலை அளவை (absolute scale of temperature) என்று பெயர்.

இத் தனி அளவையில் 0°C யானது 273°A ஆகும். ஆகவே, சென்டிகிரேடு திட்டத்தில் அளக்கப்பட்ட வெப்பநிலையோடு 273 டிகிரியைக் கூட்டினால் தனி அளவை கிடைக்கும். தனி அளவையின் ஒவ்வொரு டிகிரியும் சென்டிகிரேட் திட்டத்தின் டிகிரிக்குச் சமம். ஆரம்ப நிலை மட்டுமே வேறுபாடு.

$$100°C = 373°A$$

$$t°C = (273+t)°A$$

ஒரு வாயுவின் அழுத்தம் மாறாதிருக்கையில் அதன் 0°C பரிமாணம் V_0 என்றும், t°C-ல் பரிமாணம் V என்றும் கொண்டால், $V = V_0(1+\alpha t)$ என்று பார்த்தோம்.

அதாவது, $V = V_0\left(1+\frac{1}{273}t\right) = V_0\left(\frac{273+t}{273}\right) = \frac{V_0}{273} \times T$

T என்பது $(273+t)$; அதாவது $t°C = T°A$

V_0 என்பது ஒரு மாறிலி. ஆகவே $V \propto T$.

தனி வெப்பநிலை 50% உயர்ந்தால் பரிமாணமும் 50% உயரும். அதாவது, அழுத்தம் மாறாத ஒரு வாயுவின் பரிமாணம் அதன் தனி வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது.

அவ்வாறே ஒரு வாயுவின் பரிமாணம் மாறாதிருக்க அதன் அழுத்தம் 0°C-யில் P_0 ஆகவும் t°C-யில் P ஆகவும் இருந்தால்,

$$P = P_0(1+\beta t) = P_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$$

$$= P_0\left(\frac{273+t}{273}\right) = \frac{P_0}{273} \times T$$

$T = 273+t$

ஆகவே $P \propto T$

பரிமாணம் மாறாத ஒரு வாயுவின் அழுத்தம் அதன் தனி வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. அதாவது, தனி வெப்பநிலை 40% உயர்ந்தால், அழுத்தமும் 40% உயரும்.

வாயுச் சமன்பாடு (Gas equation)

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுள்ள வாயுவின் பரிமாணம், அழுத்தம், வெப்பநிலை இவை மூன்றும் மாறும்பொழுது, அவைகளுக்குள்ளே தொடர்பைக்காட்டும் சமன்பாட்டிற்கு வாயுச் சமன்பாடு என்று பெயர். இச் சமன்பாட்டை அடையப் பாயிலின் விதியையும் சார்லஸின் விதியையும் பயன்படுத்துகிறோம்.

ஓரளவு பொருண்மையுள்ள வாயுவின் தனிவெப்பநிலை T_1 ஆக இருக்கும்பொழுது அதன் பரிமாணமும், அழுத்தமும் V_1, P_1 என்றும், அதன் தனி வெப்பநிலை T_2 ஆக இருக்கும்பொழுது அதன் பரிமாணமும் அழுத்தமும் V_2, P_2 ஆகின்றன என்றும் வைத்துக் கொள்வோம்.

பாயிலின் விதிப்படி, வெப்பநிலை மாருதிருந்தால் பரிமாணம் அழுத்தத்துடன் எதிர்விகிதத்தில் மாறும்.

P_1 அழுத்தத்தில் பரிமாணம் $= V_1$

P_2 அழுத்தத்தில் பரிமாணம் $= V_1 \times \frac{P_1}{P_2}$

சார்லஸின் விதிப்படி, பரிமாணம் தனி வெப்பநிலையுடன் நேர் விகிதத்தில் மாறும்.

T_1°A வெப்பநிலையில் பரிமாணம் $= \frac{V_1 \times P_1}{P_2}$

T_2°A வெப்பநிலையில் பரிமாணம் $= \frac{V_1 \times P_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1}$

இதுவே P_2 அழுத்தத்தில், T_2°A வெப்பநிலையில் வாயுவின் பரிமாணம் ஆகையால் இதை V_2 என்று குறிப்பிட்டோம்.

அதாவது, $V_2 = \frac{V_1 P_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1}$

$$\therefore \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P^2 V_2}{T_2}$$

இதையே வாயுவின் சமன்பாடு என்கிறோம்.

இதை வேறுவிதமாகவும் குறிப்பதுண்டு. ஒரு வாயுவின் P, V, T இவைமூன்றும் மாறினாலும், $\frac{PV}{T}$ மாருமலிருப்பதால், இம் மாருத எண்ணை R என்று குறித்து,

$\frac{PV}{T} = R$ என்று எழுதுகிறோம்.

இதையும் வாயுச் சமன்பாடு என்று சொல்கிறோம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுள்ள வாயுவின் பரிமாணத்தை ஒரு வெப்பநிலையிலும் அழுத்தத்திலும் அறிந்தால், அதன் பரிமாணத்தை 0 C வெப்பநிலையிலும் 76 செ.மீ. அழுத்தத்திலும் அறிய மேற்கண்ட சமன்பாடு பயன்படுகிறது. 0°C-க்குச் சாதாரண வெப்பநிலை (Norm l temperature) என்றும், 76 செ.மீ. அழுத்தத்திற்குச் சாதாரண அழுத்தம் (Normal p essu e) என்றும் பெயர். 0°C வெப்பநிலை, 76 செ.மீ. அழுத்தம் இவற்றை N. T. P. என்று குறிப்பிடுவது வழக்கம்.

உதாரணம்: 1. ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுள்ள வாயுவின் பரிமாணம் 30°C வெப்பநிலை, 75 செ.மீ. அழுத்தத்தில் 500 க செ.மீ. N. T. P.யில் அதன் பரிமாணம் யாது ?

$P_1 = 75$ செ.மீ; $V_1 = 5$ க.செ.மீ.

$T_1 = (275 + 30)°A = 303°A$

$P_2 = 76$ செ.மீ. $V_2 = ?$ $T_2 = 0 C = 273°A$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{75 \times 500}{303} = \frac{76 \times V_2}{273}$$

$$\therefore \quad V_2 = \frac{273 \times 75 \times 500}{303 \times 76} = 444{\cdot}7 \text{ க.செ.மீ.}$$

2. மூன்று லிட்டர் ஆக்ஸிஜன் ஒரு சிலிண்டரில் 27°C, 87 செ.மீ. அழுத்தத்திலுள்ளது. NTP-யில் ஆக்ஸிஜனின் அடர்த்தி ஒரு லிட்டருக்கு 1·43 கிராம் என்றால், சிலிண்டரிலுள்ள வாயுவின் எடையைக் கண்டுபிடி.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} : \frac{80 \times 3}{300} = \frac{76 \times V}{273}$$

$$\therefore \quad V = \frac{273 \times 80 \times 3}{76 \times 300} = 2{\cdot}87 \text{ லிட்டர்}$$

வாயுவின் எடை $= 2{\cdot}87 \times 1{\cdot}43 = 4{\cdot}11$ கிராம்

3. ஓர் அறையின் அளவு 50 அடி × 30 அடி × 25 அடி. அறையின் வெப்பநிலை 20°C-யிலிருந்து 25 C-க்கு உயர்ந்தால், அதிலிருந்த காற்றின் எவ்வளவு பாகம் வெளியேற்றப்படும் ? (அழுத்தம் மாறவில்லை).

20°C-யில் அறையின் பரிமாணம் $V_1 = 50 \times 30 \times 25$

$= 37{,}500$ கன அடி.

அறையின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $= (20 + 273)° A$

$= 293°A$: அறையின் பரிமாணம் V_1

அறையின் முடிவு வெப்பநிலை $= (25+273)°A$
$= 298°A$: அறையின் பரிமாணம் V_2.

அழுத்தம் மாறவில்லை ; $\therefore \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{298}{293}$

$$\therefore \quad V_2 = \frac{298}{293} V_1$$

$\therefore$ வெளியேற்றப்பட்ட காற்றின் பரிமாணம் (25°C-யில்)

$$= V_2 - V_1 = \frac{298}{293} V_1 - V_1 = \frac{5}{293} V_1$$

$\therefore$ வெளியேற்றப்பட்ட காற்றின் அளவு :

$$\frac{5}{293} V_1 \times \frac{100}{V_1} = \frac{500}{293} = 1{\cdot}70\%$$

4. *காற்றின் அடர்த்தி* NTP-யில் 1·293 கிராம்/லிட்டர் என்றால், காற்றின் வாயு மாறிலியைக் கணக்கிடு. (g = 980 செ.மீ. /வினடி^{2}; பாதரசத்தின் அடர்த்தி = 13·6 கிராம்/கன செ.மீ.).

$T = 273°A$; $P = 76 \times 13{\cdot}6 \times 980$ டைன்/ச.செ.மீ.

$V = 1$ கிராம் காற்றின் பரிமாணம் $= \frac{1000}{1{\cdot}293}$ கன செ.மீ.

$$R = \frac{PV}{T} = \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 980}{273} \times \frac{1000}{1{\cdot}293}$$

$$= 2{\cdot}869 \times 10^6 \text{ எர்கு/டிகிரி C}$$

பயிற்சி

1. காற்றின் விரிவுக் குணகத்தைக் கண்டுபிடிக்கக் கீழ்க்கண்ட அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டன :

காலி அடர்த்தி சீசாவின் எடை = 21·12 கி.
சீசா + 100°C வெப்பத்திற்குப்பின் உட்புகுந்த நீர் = 30·5 கி.
சீசா + நிறைய நீர் (30°C) = 71·12 கி.

நீரின் அடர்த்தி 1 கி/கன செ.மீ. என்றால், காற்றின் விரிவுக் குணகமென்ன ?

விடை : ·003662.

2. 50°C-யில் ஓரளவு வாயு 2000 கன செ.மீ. பரிமாணமுள்ளது. அதன் அழுத்தம் மாறவில்லையென்றால், 0°C-யில் அதன் பரிமாணமென்ன ?

விடை : 1690 கன செ.மீ.

3. ஒரு மோட்டாரின் டயர் 27°C-யில் வெளிக் காற்றழுத்தத்தைப்போல் 3 மடங்கு அழுத்தத்திற்குக் காற்றடைக்கப்பட்டுள்ளது.

மோட்டார் ஓடுகையில் டயரின் வெப்பநிலை 77°C-க்கு உயருகிறது. அதன் பரிமாணம் மாறவில்லையென்றால் டயரின் அழுத்தமென்ன ?

விடை : 3·5 × காற்றழுத்தம்.

4. ஒரு கண்ணாடிக் குடுவை இருமடங்கு காற்றழுத்தத்தைத் தாங்கக்கூடும். அதனுள் 30°C-யில் ஒரு வாயு காற்றழுத்தத்தில் உள்ளது. அதை மூடி, சூடேற்றினால் எந்த வெப்பத்தில் குடுவை வெடிக்கும் ? (குடுவையின் விரிவை நிராகரி).

விடை : 333°C.

5. ஆர்கான் வாயுவின் அடர்த்தி NTP-யில் 1·77 கி/லிட்டர். 105°C-யில் 6 காற்றழுத்தத்தில் அதன் அடர்த்தியென்ன ?

விடை : 7·67 கி/லிட்டர்.

6. ஓர் அலுமினிய சிலிண்டரில் 27°C-யில் ஒரு காற்றழுத்தத்தில் 10 லிட்டர் நைட்ரஜன் உள்ளது. 427°C-யில் வாயுவின் அழுத்தமென்னவாகும் ? (அலுமினியத்தின் நீளவிரிவுக் குணகம் : ·0000255).

விடை : 2·263 காற்றழுத்தம்.

7. ஓர் ஏரியின் அடியிலிருந்து கிளம்பி நீர்மட்டத்திற்கு வந்த ஒரு குமிழியின் பரிமாணம் 4 மடங்காக உயர்கிறது. ஏரியின் அடி மட்டத்தில் வெப்பநிலை 7°Cயென்றும், நீர்மட்டத்தில் 47°C யென்றும், காற்றழுத்தம் 34 அடி நீருக்குச் சமமென்றும் கொண்டால், ஏரியின் ஆழமென்ன ?

விடை : 85 அடி.

8. தரைமட்டத்தில், 35°C-யில் ஒரு பகுதி காற்றடைக்கப்பட்ட பலூன் 30,000 அடி உயரம் சென்ற பொழுது, அதன் பரிமாணம் மூன்று மடங்காக விரிவடைகிறது. அவ்வுயரத்தில் வெப்பநிலை—240°C என்றால், அங்கு காற்றின் அழுத்தமென்ன ?

விடை : 20·48 செ.மீ.

18. வெப்பத்தை அளத்தல் · (Calorimetry)

வெப்பம் என்பது ஒருவகை ஆற்றல் (Energy). இரு கைகளையும் தேய்த்தால் வெப்பம் உண்டாகிறது. இடைவிடாது தேய்த்துக் கொண்டே இருந்தால், வெப்பம் தொடர்ச்சியாக உண்டாகிக் கொண்டே இருக்கும்.

வெப்பம் என்பது அளப்பதற்குரிய ஒரு ராசி. வெப்பத்தை அளக்கும் முறைகளைப்பற்றிக் கூறும் பௌதிகப் பிரிவை வெப்ப அளவியல் (Calorimetry) என்று கூறுவர். மெட்ரிக் திட்டத்தில் இந்த அலகுக்குக் கேலரி (Calorie) என்று பெயர்.

ஒரு கிராம் நீரை 1°C சூடேற்றுவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பமே ஒரு கேலரி எனப்படும்.

பிரிட்டிஷ் திட்டத்தில் வெப்ப அளவு அலகுக்குப் பிரிட்டிஷ் வெப்ப அலகு (British Thermal unit) என்று பெயர்.

ஒரு பவுண்டு நீரை 1°F சூடேற்றுவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பம் ஒரு பிரிட்டிஷ் வெப்ப அலகு எனப்படும்.

ஒரு கிராம் நீரை ஒரு டிகிரி சூடேற்றுவதற்கு ஒரு கேலரி தேவைப்படுகிறது. ஆனால், ஒரு கிராம் தாமிரத்தை ஒரு டிகிரி சூடேற்றுவதற்கு ·094 கேலரிதான் தேவைப்படுகிறது. ஒரு கிராம் வெள்ளியை ஒரு டிகிரி சூடேற்ற ·056 கேலரி தேவை. இதன் காரணம் வெவ்வேறு பொருள்களின் வெப்பமேற்கும் திறன் வெவ்வேருக இருப்பதுதான். அதாவது, பொருள்களின் வெப்ப எண் (specific heat) வெவ்வேருக உள்ளது.

ஒரு கிராம் பொருளை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு சூடேற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தை அப் பொருளின் வெப்ப எண் என்று கூறுகிறோம்.

வெப்ப எண் s உடைய m கிராம் பொருளை t°C சூடேற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பம்,

$$Q = mst \text{ கேலரிகள்.}$$

உதாரணம் : 200 கிராம் தாமிரத்துண்டுகள் 100°C-யிலிருந்து 30°C-க்குக் குளிர்ந்தால் எவ்வளவு வெப்பம் வெளிவிடப்படுகிறது? தாமிரத்தின் வெப்ப எண் ·094

$$Q = mst$$
$$= 200 \times \cdot 094 \times (100 - 30)$$
$$= 200 \times \cdot 094 \times 70 = 1316 \text{ கேலரிகள்.}$$

வெப்ப மேற்குந் திறன் (Thermal capecity) :

ஒரு பொருளின் வெப்பமேற்கும் திறன் என்பது, அப் பொருளை 1°C சூடேற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பமாகும்.

பொருளின் எடை m கிராம் என்றும், அதன் வெப்ப எண் s என்றும் வைத்துக்கொண்டால், அதை 1°C சூடேற்றுவதற்கு வேண்டிய வெப்பம் ms கேலரிகள். ஆகவே, ஒரு பொருளின் வெப்ப மேற்கும் திறன் ms கேலரிகள்.

சமநீர் எடை (Water Equivalent)

ஒரு பொருளின் சமநீர் எடை என்பது அப் பொருளுக்குச் சமமான வெப்பமேற்கும் திறமைவாய்ந்த நீரின் எடையாகும்.

பொருளின் வெப்பமேற்கும் திறன் $= ms$ கேலரிகள். நீரின் வெப்ப எண் 1 ஆகையால், இதே வெப்பமேற்கும் திறனுடைய நீரின் எடை $= (ms)$ கிராம்கள்.

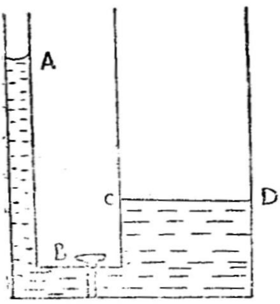
வெப்பத்தை அளக்கும் சோதனைகளில் உருளை வடிவமான தாமிரப் பாத்திரமும், அதிலுள்ள நீரைக் கலக்குவதற்கு ஒரு தாமிரக் கோலும் சாதாரணமாக உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இப் பாத்திரத்திற்குக் கேலரிமீட்டர் (calorimeter) என்று பெயர்.

கேலரி மீட்டரில் நீரையோ திரவத்தையோ எடுத்து அதைச் சூடேற்றினல், கொடுக்கப்படும் வெப்பம் நீரை மட்டுமல்ல, கேலரி மீட்டரையும் அதே வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றுகிறது. ஆகவே, நீரின் எடையுடன் கேலரி மீட்டரின் சமநீர் எடையையும் கூட்டிக்கொள்வது அவசியம்.

இச் சோதனைகளில் பெரும்பாலும் வெப்பநிலை உயர்ந்த பொருள்களைக் குளிர்ந்த பொருள்களுடன் கலந்து, முடிவு வெப்ப நிலையை அளந்து, வெப்பநிலை உயர்ந்த பொருள் இழந்த வெப்ப அளவும், வெப்பநிலை தாழ்ந்த பொருள் ஏற்ற வெப்ப அளவும் சமம் என்று கணக்கிட்டால், அறியப்படாத ராசியைக் கணித்து விடலாம்.

வெப்பம் ஒரு பொருளிலிருந்து மற்ற பொருளுக்குப் பாய்வது, நீர் ஒரு நிலையிலிருந்து மற்ற இடத்திற்குப் பாய்வதை ஒத்தது. படம் 82-ல் காட்டியது போன்ற ஒரு குறுகிய பாத்திரம் A, அகன்ற பாத்திரம் CDயுடன் பிணைக்கப்பட்டு. B என்ற அடைப்பானல் தடுக்கப் பட்டுள்ளது என்று வைத்துக்கொள்வோம். A-ன் நீர்மட்டம் அதிக

உயரமாகவும், Cயில் தாழ்வாகவும் ஊற்றப்பட்டிருக்கிறது. CDயில் உள்ள மொத்த நீரின் அளவு A-யில் உள்ளதைவிட அதிகம் என்றாலும், அடைப்பான் B-யைத் திறந்தவுடன் நீர் A-யிலிருந்து CD-க்குப் பாயும். A, C இரண்டிலும் நீர் மட்டம் சமமாகும் வரை A-யின் மட்டம் குறையும்; C உயரும்.



படம் 82.

வெப்பம் பாய்வதும் பொருள்களின் வெப்பநிலையை மட்டுமே பொருத்தது; மொத்த வெப்ப அளவைப் பொறுத்ததல்ல. ஒரு 10 க. செ.மீ. நீர் 50°C வெப்பநிலையில் உள்ளது; 1000 க.செ.மீ. நீர் 35°C நிலையிலுள்ளது என்று கொண்டால், 10 க. செ மீ. நீரிலுள்ள மொத்த வெப்ப அளவு மிகக் குறைவுதான். ஆயினும் அந்த இரண்டையும் கலந்தால், 50°C-யிலுள்ள நீரிலிருந்து வெப்பம் 35°C-யிலுள்ள நீருக்குப் பாயும். ஒரு பொருள் இழந்த வெப்பமும் மறு பொருள் பெற்ற வெப்பமும் சமமாக உள்ளன.

இத் தத்துவத்தையே சோதனைகளில் பயன்படுத்துவோம்.

சமநீர் எடையைக் கண்டுபிடித்தல்

சுத்தமான, உலர்ந்த, பளபளப்பான ஒரு கேலரி மீட்டரையும் அதன் கலக்கியையும் எடுத்து, அவற்றின் எடையைக் கண்டுபிடி (w_1). குளிர்ந்த நீரை அதில் சுமார் பாதிவரை எடுத்து, மறுபடியும் அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (w_2). கேலரிமீட்டரை மரத்தாலான வெளிப் பாத்திரத்திற்குள் வைத்து, இரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள இடத்தைப் பஞ்சு அல்லது கம்பளத்தால் அடை. இதனால், கடத்தல்முறையில் வெப்பநஷ்டம் ஏற்படுவது குறையும். தண்ணீரின் ஆரம்ப வெப்பநிலையை ·1°C சுத்தமாகக் குறித்துக் கொள் (T_1). ஒரு முகவையில் தண்ணீர் எடுத்து, ஒரு 60°Cக்கு அதைக் காய்ச்சி, அதன் உண்மையான வெப்பநிலையை (T_2) அள, உடனே, அச் சுடுநீரைக் கேலரிமீட்டருக்குள் ஊற்றிச், சுமார் $\frac{3}{4}$ பாகம்வரை நிரப்பி, அதை நன்றாகக் கலக்கி, முடிவு வெப்பநிலையைக் கண்டுபிடி (t_3). கேலரிமீட்டர் குளிர்ந்தபின் அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (w_3).

கேலரிமீட்டரின் சமநீர் எடை w என்றிருக்கட்டும்

குளிர்ந்த நீரின் எடை $= w_2 - w_1$

சுடுநீரின் எடை $= w_3 - w_2$

சுடுநீர் இழந்த வெப்பம் $= (w_3 - w_2)(t_2 - t_3)$

குளிர்ந்தநீர் அடைந்த வெப்பம் $= (w_2 - w_1)(t_3 - t_1)$

கேலரிமீட்டர் அடைந்த வெப்பம் $= w(t_3 - t_1)$

சுடுநீர் இழந்த வெப்பத்தையே குளிர்ந்த நீரும் கேலரி மீட்டரும் பெற்றுள்ளன.

ஆகவே, $(w_3-w_2)(t_2-t_3) = \{(w_2-w_1)+w\} \{t_3-t_1\}$

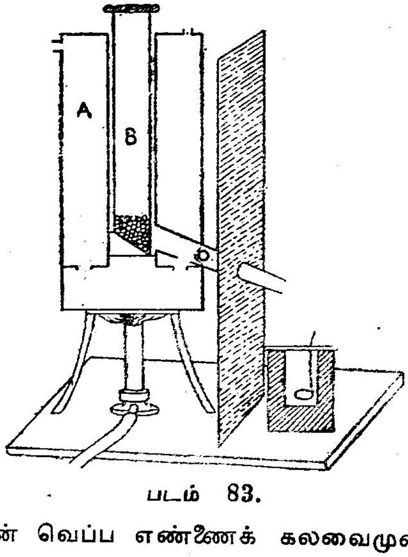
இச் சமன்பாட்டில் w-வைத் தவிர மற்ற எண்கள் யாவும் தெரிந்தவை. ஆகையால் w-வைக் கணித்துவிடலாம்.

கேலரிமீட்டரின் வெப்ப எண் s ஆனல், $w=w_1s$ என்பதைக் காணலாம்.

குறிப்பு : 1. கேலரிமீட்டரிலிருந்து வெப்பம் வெளியே நஷ்டமாகாமலிருக்கக் கேலரிமீட்டரை ஒரு மர வெளிக்கலத்தினுள் வைத்து. இடைவெளியைக் கம்பளத்தால் அடைக்கின்றோம். இதனல் கடத்திமுறையில் வெப்பம் வெளியேருது. கதிர் வீச்சால் வெப்பம் இழக்காமலிருக்கக், கேலரிமீட்டரைப் பளபளப்பாகத் தேய்த்து வைக்கிறோம்.

2. வெப்பநிலையைத் திட்டமாய் ·1°C-க்கு அளக்க உணர்வு மிக்க வெப்பநிலைமானி அவசியம்.

3. முடிவு வெப்பநிலையை அளக்கு முன் நீரை நன்ருகக் கலக்க வேண்டும்.



படம் 83.

திடப்பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் கலவைமுறையில் கண்டுபிடித்தல்

கொடுக்கப்பட்ட திடப்பொருளைச் சிறு துண்டுகளாக எடுத்து, படம் 83-ல் காட்டிய சூடேற்றும் கருவியின் உட்குழாய்க்குள் (B) போடு. இக் கருவியின் வெளிப்புறப் பித்தளைச் சிலிண்டரில் (A)

நீர் காய்ச்சப்படுகிறது. இதன் மத்தியில் ஒரு குழாய் செங்குத்தாக வந்து, கடைசியில் பக்கவாட்டமாகக் கீழ்ப்புறம் சாய்ந்து வெளி வருகிறது. இதனுள் உட்குழாய் (B) செங்குத்தாகப் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. திடப்பொருள்களை இதனுள் போட்டுச் சூடேற்றலாம். உட்குழாயை மேலே தூக்கினால், திடப்பொருள் சாய்வாக உள்ள குழாய் வழியாக வெளியே வந்துவிழும்.

பளபளப்பாகத் தேய்க்கப்பட்ட கேலரிமீட்டரை எடுத்து, அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (w_1). அதைச் சுமார் பாதியளவு குளிர்ந்த நீரால் நிரப்பி, எடையைக் கண்டுபிடி (w_2). கேலரிமீட்டரை ஒரு மரவெளிப் பெட்டிக்குள் வைத்து இடைவெளியைக் கம்பளத்துண்டால் அடை. குளிர்ந்த நீரின் ஆரம்ப வெப்பநிலையைக் குறி (t_1).

கொடுக்கப்பட்ட திடப்பொருள் துண்டுகளை உட்குழாயில் போட்டுச் சூடேற்று. சீரான வெப்பநிலை அடைந்தபின், அதை அளந்துகொள் (t_2). கேலரிமீட்டரை (வெளிப் பெட்டியுடன்) வெளிக் குழாயின் வாயருகே கொண்டு போய்ப் பிடித்து, B-யை மேலே தூக்கித் துண்டுகளெல்லாம் கேலரிமீட்டருக்குள் விழச்செய். நீரை நன்றாகக் கலக்கி, முடிவு உச்ச வெப்பநிலையை (t_3) திருத்த மாகக் குறித்துக்கொள். கேலரிமீட்டர் குளிர்ந்த பின் அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (w_3).

குளிர்ந்த நீரின் எடை $= (w_2 - w_1) = m$

திடப்பொருளின் எடை $= (w_3 - w_2)$

திடப்பொருள் இழந்த வெப்பம் $= (w_3 - w_2)\, s\, (t_2 - t_3)$

கேலரிமீட்டரின் சமநீர் எடை w என்று கொண்டால், நீரும் கேலரிமீட்டரும் அடைந்த வெப்பம் $= (m + w)(t_3 - t_1)$

திடப்பொருள் இழந்த வெப்பத்தை நீரும் கேலரிமீட்டரும் பெற்றமையால்,

$$(w_3 - w_2)\, s\, (t_2 - t_3) = m + w)(t_3 - t_1)$$

இதிலிருந்து s என்ற திடப்பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் கணித்து விடலாம்.

குறிப்பு

1. கேலரிமீட்டரிலுள்ள குளிர்ந்த நீர், அருகிலுள்ள அடுப்பி லிருந்து வெப்பம் பெறுதவாறு ஒரு தடுப்புவைத்தல் அவசியம்.

2. திடப்பொருள் சிறுசிறு துண்டுகளாக இருத்தல் வேண்டும். பெரிய துண்டுகளாக இருந்தால் அவற்றின் உட்புற வெப்பநிலையும் வெளிப்புற வெப்பநிலையும் சமமாக இரா.

3. நீரில் வெப்பநிலை ஏற்றம் மிகக் குறைவாக இருக்குமாகை யால், அதைத் திட்டமாக அளத்தல் அவசியம்.

4. முடிவு வெப்பநிலையை அளக்குமுன் நீரை நன்ருகக் கலக்க வேண்டும்.

திரவப் பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் கண்டுபிடித்தல்

ஒரு திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் கண்டுபிடிக்க, மேற்கண்ட சோதனையே செய்யலாம். ஆனுல், கேலரிமீட்டரில் நீருக்குப் பதிலாக அத் திரவத்தை எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். வெப்ப எண் அறியப்பட்ட திடப்பொருளின் துண்டுகளை முன்போல் சூடேற்றுங் கருவியில் சூடேற்றிக் கேலரிமீட்டரிலுள்ள குளிர்ந்த திரவத்தில் போட்டு முடிவு வெப்பநிலையைக் கண்டுபிடி.

திரவத்தின் வெப்ப எண் s என்றும், திடப்பொருளின் அறியப்பட்ட வெப்ப எண் s_1 என்றும், கேலரிமீட்டரின் சமநீர் எடை w என்றும் கொள்ளலாம்.

முந்திய சோதனையில் போலவே, காலி கேலரிமீட்டரின் எடை w_1; திரவத்துடன் எடை w_2; திரவத்தின் வெப்பநிலை t_1; திடப் பொருளின் வெப்பநிலை t_2; திரவத்தில் அதைப் போட்டபின், முடிவான உச்ச வெப்பநிலை t_3. கேலரிமீட்டரின் முடிவான எடை w_3.

ஆகவே, திரவத்தின் எடை $= w_2 - w_1 = m$

திடப்பொருளின் எடை $= w_3 - w_2$

திடப்பொருள் இழந்த வெப்பம் $= (w_3 - w_2)s_1(t_2 - t_3)$

திரவமும் கேலரிமீட்டரும் அடைந்த வெப்பம் $= (ms + w)(t_3 - t_1)$

திடப்பொருள் இழந்த வெப்பம் =

திரவமும் கேலரிமீட்டரும் அடைந்த வெப்பம்

$$\therefore (w_3 - w_2)s_1(t_2 - t_3) = \{(w_2 - w_1)(s + w\} \ \{t_3 - t_1\}$$

இதில் s ஒன்றுதான் அறியப்படாதது. இதைக் கணிக்கலாம்.

உதாரணம் 1

உள்ளுறை வெப்பம் (Latent Heat): ஒரு திடப்பொருளைச் சூடேற்றினுல், அதன் வெப்பநிலை ஏறிச்சென்று, அஃது உருகும் நிலையை அடைகிறது. உருகும் நிலையை அடைந்தபின், வெப்பநிலை ஏறுவதில்லை. திடப்பொருள் முழுவதுமாக உருகி முடியும்வரையில் அதற்குச் சீராக வெப்பமூட்டப்பெற்ருலும் அதன் வெப்பநிலை ஏறுவதில்லை. கொடுக்கப்படும் வெப்பம் திடப்பொருளின் நிலையை மாற்றித் திரவமாக்க உதவுகிறது. வெப்பம் முழுவதும் பொருளுக்குள்ளே சென்றும் வெப்பநிலை எதுவும் மாருதிருப்பதால், அவ் வெப்பத்திற்கு உள்ளுறை வெப்பம் என்று பெயர். அவ்வாறே ஒரு திரவத்தைக் காய்ச்சினுல் அதன் வெப்பநிலை உயர்ந்து, கொதிநிலைக்கு வந்துசேரும். அதன் பின்னர், திரவம் முழுவதும் கொதித்து ஆவியாகப்போகும்வரை அதன் வெப்பநிலை மாருது.

ஒரு திடப்பொருளின் உருகும் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of fusion) என்பது, அப்பொருளின் ஒரு கிராம் எடை தன் உருகு நிலையில் வெப்பநிலை மாற்றமின்றி முழுவதுமாக உருகுவதற்குத் தேவையான வெப்பமாகும்.

ஒரு கிராம் பனிக்கட்டி 0°C வெப்பநிலையில் ஒரு கிராம் நீராக மாறுவதற்கு 80 கேலரிகள் தேவைப்படுகின்றன. ஆகவே, பனிக்கட்டியின் உருகும் உள்ளுறை வெப்பம் 80 கேலரிகள் 1 கிராம். (L என்ற எழுத்தால் குறிப்பது வழக்கம்)

பனிக்கட்டியின் உருகும் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

ஓர் உலர்ந்த கேலரிமீட்டரை எடைபோட்டு (w_1), அதில் பாதியளவு நீர் நிரப்பி மறுபடியும் எடை கண்டுபிடி (w_2). கேலரிமீட்டரை வெளிப்பாத்திரத்தில் வைத்து, இடைவெளியைக் கம்பளித் துண்டால் அடைத்து, நீரின் வெப்பநிலையை அள (t_1). சில பனிக்கட்டித்துண்டுகளை ஒற்றியெடுத்துவிட்டு நீரில் போட்டுக்கலக்கி, வெப்பநிலை ஒரு 5°C விழுமாறு செய். பின்முடிவு வெப்பநிலையை அளந்து (t_2), கேலரி மீட்டரின் எடையைக் கண்டுபிடி (w_3).

கேலரிமீட்டரின் சமநீர் எடை $= w$

நீரின் எடை $= w_2 - w_1 = m$

சேர்ந்த பனிக்கட்டியின் எடை $= w_3 - w_2$

இப் பனிக்கட்டியை 0°C-யில் நீராக்குவதற்குத் தேவையான வெப்பம் $= (w_3 - w_2)L$

பனிக்கட்டியின் உருகு உள்ளுறை வெப்பம் = L கேலரி 1 கிராம்

உருகிய நீரை 0°C-லிருந்து t_2°C-க்குச் சூடேற்றத் தேவையான வெப்பம் $= (w_3 - w_2) \times t_2$.

கேலரிமீட்டரும் நீரும் இழந்த வெப்பம் $= (M+W)(t_1 - t_2)$

கேலரிமீட்டரும் நீரும் இழந்த வெப்பம் = பனிக்கட்டி உருகுவதற்கும் அது பின்னர் t_2°C-க்கு ஏறுவதற்கும் அடைந்த வெப்பம்.

$$\therefore (M+W)(t_1 - t_2) = (w_3 - w_2)L + (w_3 - w_2)t_2$$

இதில் L ஒன்றுதான் தெரியாதது. இதைக் கணிக்கலாம்.

முன்கவனம் : கேலரிமீட்டர் சோதனைகளில் கையாளவேண்டிய முன்கவனங்களுடன், கீழ்க்கண்டவைகளையும் கவனிக்கவேண்டும்.

1. பனிக்கட்டித் துண்டுகளில் ஒட்டியுள்ள நீரை ஒற்றியெடுக்க வேண்டும். (உருகிய நீர் மறுபடியும் உள்ளுறை வெப்பத்தை ஏற்காது).

2 பனிக்கட்டி பெரிய கட்டியாக இருந்தால், அதன் உட்பாகம் உருகுநிலைக்குக் கீழான வெப்பநிலையில் இருக்கும். ஆகையால் அதைச் சிறு துண்டுகளாக உடைத்துச் சேர்க்கவேண்டும்.

3. அதிகமான பனிக்கட்டியைச் சேர்த்தால், நீரின் வெப்பநிலை அதிகமாக இறங்கிப் பனிநிலையை (dew point) அடைந்துவிடலாம். அப்படியானால், வெளிக்காற்றிலுள்ள நீராவி குளிர்ந்து கேலரிமீட்டரில் நீர்த்துளிகளாகப் படிந்து, தவற்றை உண்டுபண்ணும். 5°C கீழே இறங்குமளவில் பனிக்கட்டித் துண்டுகளைச் சேர்க்கவேண்டும்.

4. கேலரிமீட்டரின் நீரை நாலைந்து டிகிரி சூடேற்றிப், பனிக்கட்டித் துண்டுகளைப்போட்டு, வெளி வெப்பநிலைக்கு நாலைந்து டிகிரி கீழே வரச்செய்தால், கதிர்வீச்சுப் பிழையும் (radiation error) நேராது; பனிநிலையையும் அடையாது தடுக்கலாம்.

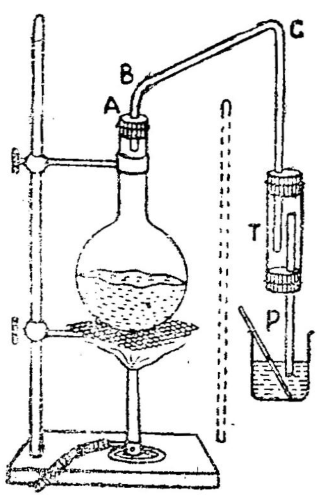
நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of steam)

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் என்பது, ஒரு கிராம் நீரை, அதன் கொதிநிலையில், ஆவியாக மாற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பம்.

இதைக் கீழ்க்கண்ட சோதனையின்மூலம் கண்டுபிடிக்கலாம் :

ஒரு சுத்தமான, உலர்ந்த கேலரிமீட்டரை எடையிட்டு (w_1), அதைப் பாதியளவு குளிர்ந்த நீரால் நிரப்பி, மறுபடியும் அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (w_2). அதை ஒரு மரவெளிப் பெட்டிக்குள் வைத்து, நீரின் வெப்பநிலையை அள (t_1).

ஒரு குடுவையில் நீரை எடுத்து, குடுவையை ஒற்றைத் துவாரமுடைய ரப்பர் கார்க்கினால் மூடி, துவாரத்தின் வழியாய் மேல்புறமாகச் சாய்ந்து செல்லும் BC என்னும் ஒரு நீண்ட கண்ணாடிக் குழாயைச் செலுத்து (படம் 84). இக் குழாய் C என்னுமிடத்தில் செங்குத்தாகக் கீழே வளைந்து, T என்னும் நீர்ப்போக்கி (Water trap) யினுள் செல்கிறது. இஃது இரு புறமும் ரப்பர்க் கார்க்கினால் அடைக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாய். இதனுள் வரும் நீராவி வெளியேறுவதற்கு P என்னும் ஒரு குழாய் இதனடியில் செல்கிறது. குடுவையிலிருந்து வரும் நீராவியின் ஒரு பகுதி BC-யில் குளிர்ந்து நீராகி, மறுபடியும்



படம் 84.

குடுவைக்குள் விழுந்துவிடுகிறது. அதற்குப்பின் குளிரும் நீராவி நீர்ப்போக்கியினுள் நீராகத் தங்கி, அவ்வப்போது அகற்றப்படுகிறது. உலர்ந்த நீராவி P வழியாகக் கேலரிமீட்டருக்குள் வாங்கப்படுகிறது. புன்சன் பர்னரின் வெப்பம் கேலரிமீட்டருக்குள் செல்லாதபடி, ஒரு தடுப்பு S வைக்கப்பட்டுள்ளது.

உலர்ந்த நீராவி கேலரிமீட்டரிலுள்ள நீரில் செலுத்தப்படுகையில், நீரை நன்ருகக் கலக்கி, அதன் வெப்பநிலையைக் கவனித்துக் கொண்டே இரு. சுமார் 10°C ஏறியவுடன் கேலரி மீட்டரை அப்புறப் படுத்தி, நீரின் முடிவான உச்ச வெப்பநிலையைச் சுத்தமாக அள (t_2). கேலரிமீட்டர் குளிர்ந்தபின் அதன் எடையைக் கண்டுபிடி (w_3).

குளிர்ந்த நீரின் எடை $= w_2 - w_1 = m$

கேலரிமீட்டரின் சமநீர் எடை $= w$

நீராவியின் எடை $= w_3 - w_2$

நீராவி 100°C-யில் நீராக மாறுகையில் இழந்த வெப்பம் =

$$(w_3 - w_2)L$$

இந்த நீர் 100°C-யிலிருந்து t_2°C-க்குக் குளிர்ந்தபொழுது

இழந்த வெப்பம் $= (w_3 - w_2)(100 - t_2)$

குளிர்ந்தநீரும் கேலரிமீட்டரும் அடைந்த வெப்பம் =

$$(m + w)(t_2 - t_1)$$

நீராவி இழந்த வெப்பம் = கேலரிமீட்டரும் நீரும் அடைந்த வெப்பம்.

$$\therefore \quad (w_3 - w_2)L + (w_3 - w_2)(100 - t_2) = \{(w_2 - w_1) + w\} \quad \{t_2 - t_1\}$$

இதைக்கொண்டு நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

உதாரணம்

1. 60°C-யிலுள்ள 30 கிராம் நீர் 30°C-யிலுள்ள 60 கிராம் நீருடன் கலக்கப்படுகிறது. முடிவு வெப்பநிலை என்ன ?

முடிவு வெப்பநிலை t°C என்று கொள்வோம்.

$$\therefore \quad 30(60 - t) = 60(t - 30)$$

$$60 - t = 2(t - 30)$$

$$\therefore \quad 3t = 120 \qquad \therefore \quad t = 40°C$$

2. 100°C-யிலுள்ள 600 கிராம் செப்புத்துண்டுகள் 50 கிராம் எடையுள்ள 75 கிராம் நீரைக்கொண்ட ஒரு செப்பு கேலரிமீட்டருக்குள் போடப்படுகின்றன. நீரின் வெப்பநிலை 30°C -யிலிருந்து 60°C அடைந்ததென்ருல், செம்பின் வெப்ப எண் என்ன ?

செம்பின் வெப்ப எண் s எனக் கொள்ளலாம்.

செப்புத்துண்டுகள் இழந்த வெப்பம் $= 600(100-60) \times s$
$= 24000\ s$ கேலரிகள்

கேலரிமீட்டரும் நீரும் அடைந்த வெப்பம்
$= (50 \times s + 75)(60° - 30°)$
$= 1500\ s \times 2250$ கேலரிகள்

$\therefore\ 24000\ s = 1500\ s + 2250$

$\therefore\ s = \frac{2250}{22500} = 0{\cdot}1$ கேலரி/கிராம்/1°C.

பயிற்சி

1. 30°C-யிலுள்ள 20 கிராம் சாராயம் 60°C-யிலுள்ள 60 கிராம் நீருடன் கலக்கப்பட்டால் முடிவு வெப்பநிலையென்ன ? (சாராயத்தின் வெப்ப எண் = °6).

விடை : 55°C.

2. 100°C-யிலுள்ள 300 கிராம் செப்புத்துண்டுகள், 20°C-யில் ஒரு செப்புக்கேலரி மீட்டரிலுள்ள 23 கிராம் நீரில் போடப்படுகின்றன. கேலரிமீட்டரின் எடை 70 கிராம் என்றும், செம்பின் வெப்ப எண் ·1 என்றும் கொடுக்கப்பட்டால், நீரின் முடிவு வெப்பநிலை என்ன ?

விடை : 60°C.

3. சில அலுமினியத் துண்டுகள் 100°C-க்குச் சூடேற்றப்பட்டு, 40 கிராம் எடையுள்ள அலுமினியக் கேலரிமீட்டரிலுள்ள 10 C-யிலிருக்கும் நீரில் போடப்படுகின்றன. கேலரிமீட்டரும் அதிலுள்ளவைகளும் 170·4 கிராம் எடையுள்ளவை 30°C உச்சநிலையை அடைகின்றன என்றால் எடுத்த நீரின் நிறையென்ன ? (அலு. வெப்ப என் : 21)

விடை : 50·4 கிராம்.

4. 100°C-யிலுள்ள 50 கிராம் அலுமினியத் துண்டுகள், 8 கிராம் சமநீர் எடையுடைய கேலரிமீட்டரினுள் இருக்கும் 22 கிராம் நீரில் போடப்பட்டால், அவை 40°C உச்சநிலையடைகின்றன. அதே கேலரிமீட்டரில் 20 கிராம் பென்ஸீன் எடுத்து, அதில் 80°Cயிலுள்ள 20 கிராம் அலுமினியத்துண்டுகளைப் போட்டால், வெப்பநிலை 20°C-யிலிருந்து 40 C-ஐ அடைகின்றன. பென்ஸீனின் வெப்ப எண் யாது ?

விடை : 0·4.

5. பென்ஸீனின் அடர்த்தி எண் 0·9; சாராயத்தின் அடர்த்தி எண் 0·8. நான்கு லிட்டர் பென்ஸீனும் 3 லிட்டர் சாராயமும் ஒரே வெப்பமேற்கும் திறன் உடையவையாயிருந்தால், அவற்றின் வெப்ப எண்களை ஒப்பிடு.

விடை : பென்ஸீன் : சாராயம் = 2 : 3.

6. —15°C-யிலுள்ள 15 கிராம் பனிக்கட்டியை 100°C-யில் முழுவதுமாக நீராவியாக்குவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பம் எவ்வளவு? (பனிக்கட்டியின் வெப்ப எண் 0·5; உள்ளுறை வெப்பம் 80 கேலரி/கி.; நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் = 540 கேலரி/கி.)

விடை : 10,912·5 கேலரிகள்.

7. 32 கிராம் பனிக்கட்டி 0°C-யில் ஒரு மூடிய பாத்திரத்திலுள்ளது. அதன்மேல் எவ்வளவு நீராவி படிந்தால் அதை முழுவதுமாக உருக்கிவிடும்? (உள்ளுறை வெப்பம் : பனிக்கட்டி = 80 கேலரி/கி.; நீராவி = 540 கேலரி/கிராம்).

விடை : 4 கிராம்.

8. 70 கிராம் நிறையுள்ள ஒரு செப்புக் கேலரிமீட்டரிலுள்ள 70 கிராம் நீருக்குள் நீராவி செலுத்தப்படுகிறது. நீரின் வெப்பநிலை 28°C-யிலிருந்து 42°C யாக உயருகிறது. கேலரிமீட்டரும் அதிலுள்ளவைகளும் 142 கிராம் நிறையாயிருந்தால் நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பமென்ன? (செம்பின் வெப்ப எண் ·1)

விடை : 539 கேலரி/கிராம்.

9. —10°C-யிலுள்ள 10 கிராம் பனிக்கட்டி, 50 கிராம் எடையுள்ள செப்புக் கேலரிமீட்டரிலுள்ள 45 கிராம் நீரில் போடப்படுகிறது. நீரின் வெப்பநிலை 35°C-யிலிருந்து 15°C-க்குக் குறைந்தால் பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பமென்ன? (வெப்ப எண் : பனிக்கட்டி = ·5; செம்பு = ·1).

விடை : 80 கேலரி/கிராம்.

19. ஆவியின் அழுத்தமும் ஈரப்பத இயலும்
(Vapour pressure & Hygrometry)

ஆவியாதல் (Evaporation)

சிறிதுநீரை ஒரு தட்டில் ஊற்றி வெளியே வைத்திருந்தால், சிறிது நேரத்தில் அத்தனையும் காணுமல் போகிறது. அதே அளவு ஈதர் அல்லது சாராயத்தை ஊற்றிவைத்தால் இன்னும் விரைவில் அது மறைந்து போகிறது. திரவம் முழுவதும் ஆவியாக மாறி விட்டதே இதற்குக் காரணம். இதை ஆவியாதல் என்கிறோம்.

ஒரு திரவத்தைக் கொதிக்கவைத்தாலும் அஃது ஆவியாகத்தான் மாறுகிறது. திரவம் முழுவதும் ஆவியாக மாறும்வரை வெப்பநிலை மாருமல் கொதிநிலையிலேயே நிற்கிறது என்று முந்திய அத்தியா யத்தில் பார்த்தோம்.

ஆவியாதலுக்கும் கொதித்தலுக்கும் சில வேறுபாடுகள் உள்ளன :

1. ஆவியாதல் எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் நடைபெறுகிறது. கொதித்தல் கொதிநிலையில் மட்டும் நடைபெறுகிறது.

2. ஆவியாதல் திரவத்தின் மேல்மட்டத்தில் மட்டும் நடைபெறு கிறது. கொதித்தலோ திரவத்தின் எல்லாப் பாகங்களிலும் நிகழ் கிறது. திரவத்தின் எல்லாப் பாகங்களிலும் ஆவி உண்டாகிக் குமிழி களாய்க் கிளம்புவதைப் பார்க்கலாம்.

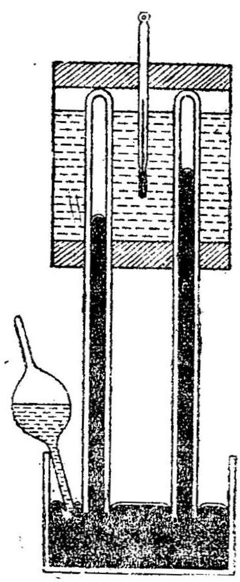
3. ஆவியாதல் மிகவும் மெதுவாய், ஓசையின்றி நடக்கும் ஒரு நிகழ்ச்சி. கொதித்தல் மிகத் துரிதமாயும், ஆர்ப்பாட்டத்துடனும் நடக்கிறது.

ஒரு திரவம் ஆவியாகும்பொழுது அதன் உள்ளுறை வெப்பம் அதற்குத் தேவைப்படுகிறது. இதைத் திரவத்திலிருந்தே எடுத்துக் கொள்வதால், திரவம் குளிர்ச்சியடைகிறது. ஒரு மண்பாண்டத்தில் நீரை ஊற்றிவைத்தால் அதன் சிறிய துவாரங்கள் வழியாய் நீர் கசிந்து ஆவியாதலால் கூஜாவின் நீர் குளிர்ச்சியடைவதைக்கண்டிருக் கிறோம். ஓர் உலோகப் பாத்திரத்தில் ஊற்றிவைத்த நீர் அவ்வாறு குளிர்ச்சியடைவதில்லை.

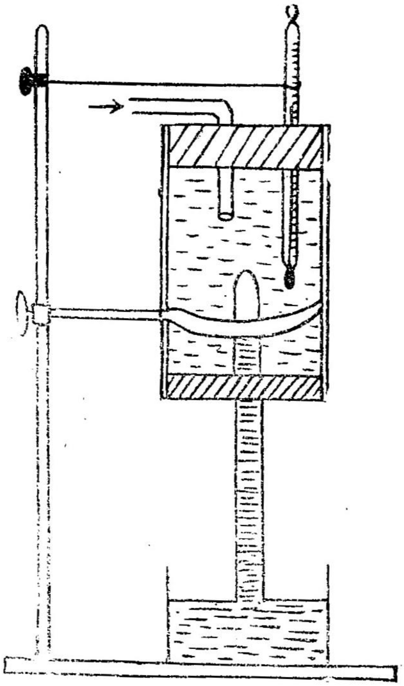
வெப்பநிலை அதிகரித்தால் ஆவியாதலும் அதிகரிக்கிறது. திரவத்தின் மட்டப்பரப்பு அதிகமானால் ஆவியாதலும் அதிகரிக்கிறது. ஒரு சோப்பையிலுள்ள சூடான காப்பியை அடியிலுள்ள தட்டிலே ஊற்றினால் அது விரைவில் குளிர்ச்சியடைவதைக் கண்டிருப்போம். மட்டப்பரப்பு அதிகரித்ததே இதற்குக் காரணம். ஆவியாதலின் வேகம் சுற்றியுள்ள ஆவி அழுத்தத்தையும் பொறுத்தது. ஆவி அழுத்தம் அதிகமாய் இருந்தால் ஆவியாதல் குறைந்துவிடும்.

ஆவியழுத்தம் (Vapour pressure)

ஒரு மூடப்பட்ட பாத்திரத்தில் ஒரு சிறிது திரவத்தை வைத்தால் அஃது ஆவியாகிறது. அந்த ஆவிக்கு அழுத்தமுண்டு. இன்னும் அதிகமான திரவத்தைப் பாத்திரத்தில் இட்டால் ஆவியாதலின் வேகம் குறைந்து, பின் நின்றுபோகிறது. திரவத்திற்கு மேலே



படம் 85.



படம் 86.

உள்ள அடைபட்ட இடம்முழுவதும் ஆவியால் நிறைந்திருப்பதால், திரவம் மேலும் ஆவியாவதற்கு வழி இல்லை. அந்த இடம் ஆவியினால் பூரிதமாக (Saturated) இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது.

பூரித ஆவியமுத்தம் (Saturated Vapour pressure)

படம் 85-ல் கண்டதுபோல் ஒரு பாதரசப் பாரமானியினுள் ஒரு வளைந்த பிப்பெட்டைக்கொண்டு சிறிது சாராயத்தைச் செலுத்து. சாராயம் பாதரச மட்டத்திற்கு எழும்பியதும், மேலேயுள்ள இடம் வெற்றிடமாதலால் உடனே ஆவியாகிவிடுகிறது. பாதரச மட்டம் சற்றுக் கீழேவருகிறது. இவ்வாறு சிறிதுசிறிதாகச் சாராயத்தை உள்ளே செலுத்தினல், கடைசியாகச் சாராயம் ஆவியாவது நின்று போய்த் திரவமாகவே பாதரச மட்டத்தின்மேல் நிற்கும். அதற்கு மேலுள்ள இடம் பூரித ஆவியால் நிறைந்துள்ளது. பாதரச மட்டத்தின் உயரத்தையும் (h) வெளிக்காற்று அழுத்தத்தையும் (P) அளந்தால், திரவத்தின் பூரித ஆவி அழுத்தம் கிடைக்கும். ($P-h$)

இந்தப் பாரமானியின் மேல்பாகத்தைப் படம் 85-ல் காட்டியதுபோல ஒரு கண்ணுடிக் குழாயால் மூடி, நீரால் நிரப்பி, வேருெரு குழாய் வழியாக நீராவியைச் செலுத்தி நீரைச் சூடாக்கு. நீரின் வெப்பநிலையை அவ்வப்போது அள. பாரமானியில் அடைபட்டுள்ள பூரித ஆவியின அழுத்தம் வெவ்வேறு வெப்ப நிலைகளில் தெரியவரும்.

காற்றின் ஈரப்பதம் (Humidity of Air)

ஏரி, ஆறு, கடல் இவற்றிலிருந்து தண்ணீர் எப்போதும் ஆவியாக மாறிக்கொண்டே இருக்கிறது. ஆகையால் காற்றில் எப்பொழுதும் நீராவியுள்ளது. மழைக் காலத்தில் இந்த ஆவி ஏறக் குறைய பூரிதமாயும், மற்ற வேளைகளில் பூரிதமற்றும் இருக்கும். கோடைக் காலத்தில் காற்றில் நீராவி மிகக்குறைவாக இருப்பதால் ஈரமான பொருள்கள் எளிதில் உலர்கின்றன.

காற்றின் அழுத்தம் மாருமலிருக்கும்பொழுது வெப்பநிலை குறையுமாஞல், நீராவியின் அழுத்தம் அதிகரிக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலைக்குக் குளிர்ந்ததாஞல், காற்றிலுள்ள நீராவி பூரிதநிலையை அடைந்துவிடுகிறது. அதற்குக் கீழே குளிர்ந்தால், சிறிது நீராவி பனியாக உறையும்.

பனிநிலை (Dew point)

காற்றிலுள்ள நீராவி காற்றைப் பூரிதமாக்கும் வெப்பநிலைக்குப் பனிநிலை என்று பெயர்.

காற்றிலுள்ள நீராவி குறைந்த அளவாயிருந்தால் காற்றின் ஈரம் குறைவு என்கிருேம். நீராவியின் அளவு அதிகமாஞல், காற்றின் ஈரப்பதமும் அதிகரிக்கின்றது. நீராவி பூரித அளவுக்கு வந்து விட்டால், ஈரப்பதமும் உச்சநிலையை அடைகின்றது.

ஒப்பு ஈரப்பதன் (Relative Humidity)

ஒரு குறிப்பிட்ட பரிமாணமுடைய காற்றிலுள்ள நீராவியின் எடைக்கும், அதே வெப்பநிலையில் அப் பரிமாணமுடைய காற்றைப் பூரிதமாக்குவதற்குத் தேவையான நீராவியின் எடைக்கும் உள்ள விகிதம் ஒப்பு ஈரப்பதன் எனப்படும்.

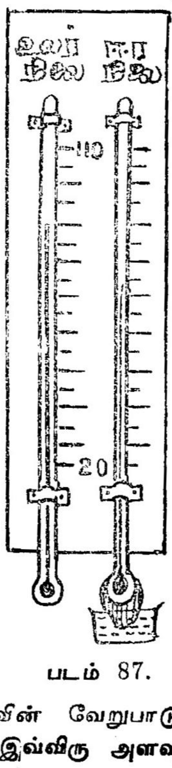
நீராவியின் அழுத்தம் அதன் எடைக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கிற படியால்,

$$\text{ஒப்பு ஈரப்பதன்} = \frac{\text{காற்றிலுள்ள நீராவியின் அழுத்தம்}}{\text{காற்றின் வெப்பநிலையில் நீரின் பூரித ஆவியழுத்தம்}}.$$

ஆனால், காற்றிலுள்ள நீராவியின் அழுத்தமே பனிநிலையின் பூரித அழுத்தம் என்று மேலே பார்த்தோம். காற்றைக் குளிர வைத்துப் பனியுண்டாகும் வெப்பநிலை என்ன வென்று கண்டுபிடித்தால், அவ் வெப்பநிலையில் நீரின் பூரித ஆவியழுத்தம் என்னவென்று அட்டவணைகளிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம். ஆகவே,

$$\text{ஒப்பு ஈரப்பதன்} = \frac{\text{பனிநிலையில் நீராவியின் பூரித அழுத்தம்}}{\text{காற்றின் வெப்பநிலையில் நீராவியின் பூரித அழுத்தம்}};$$

இதை நூறால் பெருக்கிச், சதவீதமாகக் குறிப்பது வழக்கம்.



படம் 87.

ஈரப்பத இயல் (Hygrometry)

காற்றின் ஈரப்பதனை அளக்கும் அறிவியல் பகுதிக்கு ஈரப்பத இயல் என்று பெயர். இதற்காகக் கையாளப்படும் கருவிகளுக்கு ஈர மானிகள் (hygrometers) என்று பெயர். இவற்றில், ஈர உலர்ந்த பல்பு ஈரமானியை மட்டும் கவனிப்போம். இதற்கு மேசன் ஈரமானி (Mason's hygrometer) என்று பெயர்.

ஈர, உலர்ந்த பல்பு ஈரமானி (wet and dry bulb hygrometer)

இதில் இரு வெப்பநிலைமானிகள் உள்ளன. ஒன்று காற்றின் வெப்பநிலையைக் காட்டுகிறது. மற்ற வெப்பநிலைமானியின் பல்பு ஒரு மஸ்லீன் துணியால் மூடப்பட்டுள்ளது. அடியிலுள்ள ஒரு பாத்திரத்தின் நீரில் இத் துணி தொங்குவதால், இப் பல்பு எப்பொழுதும் ஈரமாகவே இருக்கும். காற்று உலர்ந்த நிலையிலிருந்தால், ஈர பல்பிலிருந்து ஆவியாதல் அதிகரிக்கும்; அதன் வெப்பநிலை குறையும். இவ்விரு வெப்பநிலைமானிகள் காட்டும் அளவின் வேறுபாடு காற்றின் ஈரப்பதனை மட்டும் பொறுத்திருக்கும். இவ்விரு அளவு

களையும்கொண்டு, (Glaisher factor) கிளேய்ஷர் எண் என்ற எண்ணின் உதவியால் பனிநிலையைக் கணக்கிட்டு, ஈரப்பதனைக் கணிக்கலாம்.

உலர்ந்த பல்பின் வெப்பநிலை t_1°C என்றும், ஈர பல்பின் வெப்பநிலை t_2°C என்றும், F என்பது கிளேய்ஷர் எண் என்றும் வைத்துக் கொண்டால்,

$$\text{பனிநிலை } t = t_1 - F\ (t_1 - t_2)$$

அட்டவணைகள் F எண்ணின் அளவுகளைக் கொடுக்கின்றன. சாதாரணமாக ஈர உலர்ந்த பல்புகளின் அளவுகளைவைத்து ஒப்பு ஈரப்பதனை நேரடியாகக் கணித்துள்ள அட்டவணைகளும் உண்டு.

உதாரணம்

1. அறையின் வெப்பநிலை 30°C-யாக இருக்கையில் பனிநிலை 18°C-யாக இருந்தது. ஒப்பு ஈரப்பதன் என்ன ?

$$\text{ஒப்பு ஈரப்பதன்} = \frac{\text{பனிநிலையில் பூரித ஆவியமுத்தம்}}{\text{அறையின் வெப்ப நிலையில பூரித ஆவியமுத்தம்}}$$

$$= \frac{15{\cdot}46}{31{\cdot}71} \times 100 = 48{\cdot}75\%$$

2. ஈர, உலர்ந்த பல்புகளின் வெப்பநிலை 22°C, 28°C என்று தரப்படுகின்றது. 28°C-யில் கிளேய்ஷர் எண் 1·67 ஆனால், ஒப்பு ஈரப்பதன் என்ன ?

$$\text{பனிநிலை} = t_1 - F\ (t_1 - t_2)$$

$$= 28 - 1{\cdot}67\ (28-22) = 28 - 10{\cdot}02 = 18.02°C$$

$$\text{ஒப்பு ஈரப்பதன்} = \frac{\text{பனிநிலையில் பூரித ஆவியமுத்தம்}}{\text{அறையின் வெப்பநிலையில் பூரித ஆவியமுத்தம்}}$$

$$= \frac{15{\cdot}46}{28{\cdot}25} = 54{\cdot}73\%$$

பயிற்சி

1. அறையின் வெப்பநிலை 35°C-யாயிருக்கும்பொழுது பனிநிலை 20°C-யாயிருந்தால் ஒப்பு ஈரப்பதன் யாது ?

விடை : 41·68%

2. காற்றின் வெப்பநிலை 113°F ஆக இருந்தபொழுது ஒப்பு ஈரப்பதன் 33·08% ஆக இருந்தது. அன்றைய பனிநிலை என்ன ?

விடை : 77°F

3. ஈர, உலர்ந்த பல்பு ஈரமானியின் பல்புகளின் வெப்பநிலைகள் 18°C, 28°C என்றிருந்தால், ஒப்பு ஈரப்பதனைக் கணக்கிடு. (கிளேய்ஷர் எண், 28°C-யில் : 1·67)

விடை : 35·54%

20. வெப்பம் பரவுதல்

(Transmission of Heat)

வெப்பம் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு மூன்று வகைகளில் செல்லலாம். அவை, வெப்பக் கடத்தல் (Conduction), வெப்பச் சலனம் (Convection), வெப்பக் கதிர் வீசல் (radiation) என்பவையாகும்.

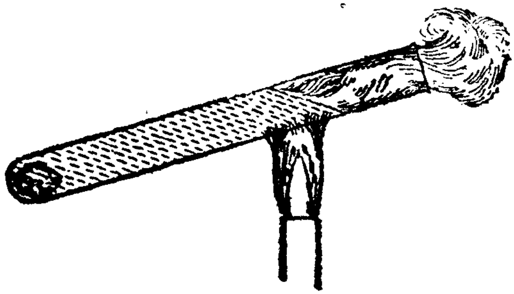
வெப்பக் கடத்தல் என்பது, பொருளில் எவ்விதச் சலனமும் இன்றி, வெப்பம் பொருளின் ஒரு பாகத்திலிருந்து மற்றொரு பாகத்திற்குச் செல்வதாகும்.

ஓர் உலோகத் தண்டை எடுத்து, அதன் ஒரு முனையைக் காய்ச்சினால், சிறிதுநேரத்தில் அதன் மறுமுனையும் சூடாவதைக் காண்போம். முதலாவது, நெருப்பின் அருகிலுள்ள தண்டின் துகள்கள் சூடேற்றப்படுகின்றன. அங்கிருந்து வெப்பம் அருகிலுள்ள துகள்களுக்குப் போகின்றது. இவ்வாறே கடந்து, வெப்பம் தண்டின் மறு முனைமட்டும் செல்கிறது. துகள்களில் சலனம் எதுவும் இல்லை. வெப்பம் அதிக வெப்ப நிலையுள்ள இடத்திற்குச் செல்கிறது. மத்திய பாகங்கள் இவ்விரண்டிற்குமிடையே உள்ள வெப்பநிலையை உடையன. வெப்பக் கடத்தலுக்குப் பொருள் ஊடகம் (medium) அவசியம்.

வெப்பத்தை எளிதில் கடத்தும் பொருள்களுக்கு எளிதில் கடத்திகள் (good conductors) என்றும், எளிதில் கடத்தாப் பொருள்களுக்கு அரிதில் கடத்திகள் என்றும் பெயர். எல்லா உலோகப் பொருள்களும் எளிதில் கடத்திகள். மரம், கண்ணாடி, கம்பளம், ரப்பர் முதலியவை அரிதில் கடத்திகள். சாதாரணமாக எல்லாத் திரவங்களும் வாயுக்களும் அரிதில் கடத்திகள். பாதரசம் இதற்கு விதிவிலக்கு. அஃது உலோகமாகையால் அஃது எளிதில் கடத்தி.

நீர் ஓர் அரிதில் கடத்தி என்பதை ஒரு சோதனைமூலம் விளக்கலாம். ஒரு சோதனைக் குழாயில் முக்கால் பாகத்திற்கு நீரை எடுத்து

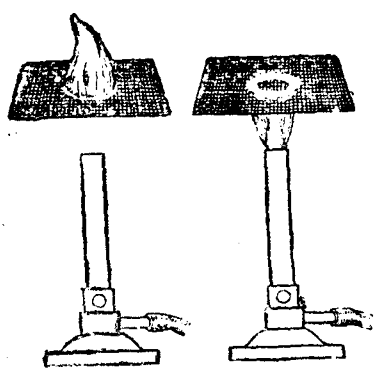
ஒரு பனிக்கட்டித்துண்டைக் கம்பிவலையில் கட்டி நீரின் அடியில் போடு. குழாயைச் சாய்த்துப் பிடித்தவண்ணம், மேலேயுள்ள நீரைக் காய்ச்சு. அடியிலுள்ள பனிக்கட்டி உருகாமலேயே மேலேயுள்ள



படம் 88.

நீர் கொதிப்பதைக் காண்போம். நீர் அரிதில் கடத்தியாகையால் மேலே கொடுக்கப்படும் வெப்பம் அடிப்பாகத்திற்குச் செல்லுவதில்லை.

ஒரு கம்பி வலையை ஒரு புன்சன் விளக்கின் மேல் கிடைமட்டமாகப்பிடித்து, அதற்குமேல் எரியும் தீக்குச்சியைப் பிடித்தால், வாயு கம்பிவலைக்கு மேலே மட்டும் எரிகிறது; கீழே எரிவதில்லை. கம்பி வலை எளிதில் வெப்பக்கடத்தியாகையால் விளக்கின் வெப்பத்தை விரைவில் கடத்தி விடுகிறது. வலைக்குக் கீழேயுள்ள வாயு எரி நிலைக்குவர ஏதுவில்லை. ஆகவே எரிவதில்லை. அதுபோலவே, ஒரு புன்சன் விளக்கைக் கொளுத்திக் கம்பிவலையைச் சுடரின்மீது பிடித்தால், வலைக்குக் கீழேயுள்ள வாயு எரிகிறது. ஆனால், அதன் வெப்பம் கம்பிவலையால் கடத்தப்பட்டுவிடுவதால், வலைக்குமேலேயுள்ள வாயு எரிவதில்லை.

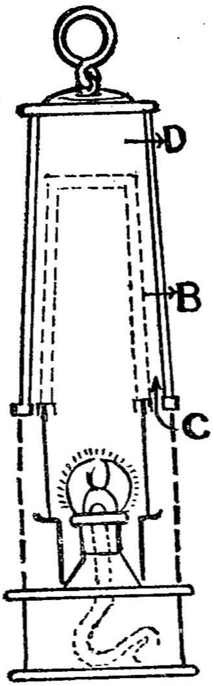


படம் 89,

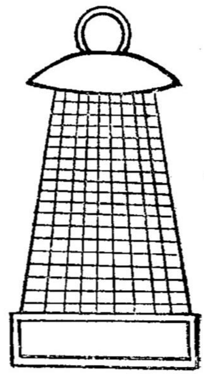
டேவி காப்பு விளக்கு (Davy Safety Lamp)

மேலே விளக்கிய தத்துவத்தைக்கொண்டு சர் ஹம்ஃபிரி டேவி (Sir Humphry Davy) ஒரு காப்புவிளக்கைச் செய்தார். இதன் உதவியால் ஆயிரக்கணக்கான சுரங்க வேலையாளர் உயிர் தப்பியுள்ளனர்.

டேவி காப்பு விளக்கு ஒரு சாதாரண திரி விளக்குதான். ஆனால் அதைச்சுற்றிச் சில அடுக்குத் தாமிரக் கம்பி வலை போடப்பட்டுள்ளது. சுரங்கங்களில் சில சமயங்களில் விஷ வாயுக்கள் உண்டாகி, வேலை செய்வோர் பிடித்துச்செல்லும் விளக்கின் வெப்பத்தால் வெடித்து உயிர்ச்சேதம் விளைவித்ததுண்டு. ஆனால், டேவி காப்பு விளக்கை விஷவாயு உள்ள சுரங்கங்களில் பிடித்துச் சென்றால், விஷ வாயு கம்பிவலைவழியே விளக்கினுள் சென்று, அங்கே ஒருவித நீலநிறச் சுவாலையுடன் எரியும். ஆனால், கம்பிவலை விளக்கின் வெப்பத்தை வெளிவிடாததாகையால், சுரங்கத்திலுள்ள விஷ வாயு வெடிக்க ஏதுவில்லை. நீலச் சுடர், சுரங்கத்தில் விஷவாயு உள்ளதென்று எச்சரிப்புக்கொடுப்பதால், வெடி விபத்து ஏற்படாமல் தப்பித்துக் கொள்ளலாம்.

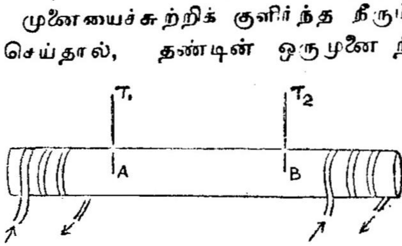


படம் 90.



வெப்பக் கடத்துதல் குணகம் (Coefficient of Conductivity)

ஓர் உருளை வடிவ உலோகத் தண்டின் ஒரு முனையைச்சுற்றிச் சுடுநீரும், மறு முனையைச்சுற்றிக் குளிர்ந்த நீரும் குழாய்கள் வழியாகப் பாயச் செய்தால், தண்டின் ஒரு முனை நிலையாக உயர்ந்த



படம் 91.

வெப்பநிலையிலும், மறுமுனை குளிர்ச்சியாகவும் இருக்கும். வெப்பம் ஒரு முனையிலிருந்து மறு முனைக்குக் கடத்தப்படும். A, B என்னுமிடங்களில் வெப்பநிலைகளை அளந்தால் (t_1 t_2) Aயிலிருந்து B-க்குக் கடத்தப்படும் வெப்பம் Q (1) தண்டின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு,

(2) A, Bயின் வெப்பநிலை வித்தியாசம், (3) வெப்பத்தை அளக்கும் நேரம் (t) இம் மூன்றிற்கும் நேர் விகிதத்திலும், ABயின் நீளத்திற்கு (l) தலைகீழ் விகிதத்திலும் உள்ளது. அதாவது,

$$Q \propto \frac{S(t_1-t_2)}{l} = T$$

$$\therefore \quad Q = \frac{K S(t_1-t_2)}{l} \; T \text{ கேலரிகள்}$$

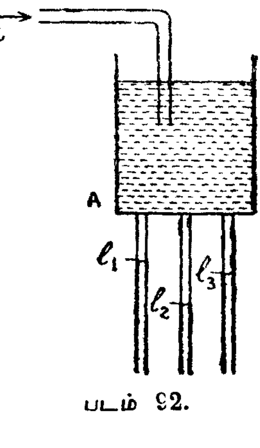
இதில் K என்பது தண்டின் பொருளைச்சார்ந்த ஒரு மாறிலி. இதற்கு வெப்பக் கடத்தல் குணகம் என்று பெயர். வெவ்வேறு பொருள்களுக்கு இதன் அளவு வெவ்வேறாய் உள்ளது. எளிதில் வெப்பக் கடத்திகளுக்கு K உயர்ந்ததாகவும், அரிதில வெப்பக்கடத்திகளுக்குக் குறைவாயும் உள்ளது.

$\left(\frac{t_1-t_2}{l}\right)$ என்பது, வெப்பம் பாயும் திசையில் ஒரு செ.மீ. தூரத்தின் வெப்பநிலை மாற்றம். இதற்கு வெப்பநிலைச் சரிவு (temperature gradient) என்று பெயர்.

ஒரு பொருளின் வெப்பக்கடத்தல் குணகம் என்பது, அப் பொருளின் ஓர் அலகு பரப்பின்வழியாக, ஓர் அலகு வெப்பநிலைச் சரிவில், ஒரு வினாடியில் பாயும் வெப்பமாகும்.

வெப்பக் கடத்தல் குணகங்களை ஒப்பிடுதல்

A என்ற ஒரு பாத்திரத்தின் அடியில், வெவ்வேறு உலோகத்தால் ஆகிய மூன்று தண்டுகள் செலுத்தப்பட்டுள்ளன. இவை ஒரே குறுக்களவும் நீளமும் உடையவை. இத் தண்டுகளின்மீது உருகிய வெண் மெழுகு ஒரே தடிப்பத்திற்குப் பூசப்பட்டுள்ளது.



படம் 92.

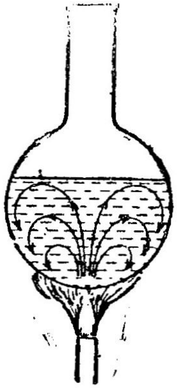
பாத்திரத்தில், நீரை ஊற்றி, அதில் நீராவியைப் பாயச்செய்து சூடேற்றினல், தண்டுகளில் பூசப்பட்டுள்ள மெழுகு உருக ஆரம்பிக்கும். நீரின் வெப்பநிலை ஒரு நிலையாக நின்றால், மெழுகு உருகி நிற்கும். நீளங்களும் சிறிது நேரத்தில் ஒரு நிலைக்கு வந்துவிடும். ஆனல் அவை தண்டுகளின் வெப்பக்கடத்தல் திறனுக்கேற்ப வெவ்வேறு நீளங்களுக்கு உருகியிருக்கும். வெப்பக் கடத்தல் அதிகமாயிருந்தால் உருகிய மெழுகின் தூரமும் அதிகமாயிருக்கும். இத் தூரங்கள் l_1, l_2, l_3 என்றும், அத் தண்டுகளின் வெப்பக்கடத்தல் குணகம் k_1, k_2, k_3 என்றும் வைத்துக்கொண்டால்,

$$k_1 : k_2 : k_3 = l_1^2 : l_2^2 : l_3^2.$$

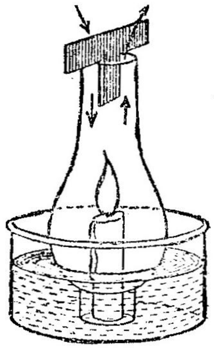
வெப்பச்சலனம் (Convection)

வெப்பச்சலனம் என்பது, ஒரு பொருளின் ஒரு பாகத்திலிருந்து வேறொரு பாகத்திற்குத் துகள்களின் சலனத்தால் வெப்பம் செலுத்தப்படுவதாகும். இந் நிகழ்ச்சி திரவங்களிலும் வாயுக்களிலுமே நடைபெறும். ஒரு திரவமோ வாயுவோ சூடேற்றப்பெற்றால், அதன் சூடான பாகம் விரிவடைந்து அடர்த்தி குறைகிறது. ஆகையால் அது மேலேகிளம்பிச் செல்ல, குளிர்ந்த அடர்த்தி உயர்ந்த, மேல் பாகத்தின் பொருள் கீழேவருகிறது. இவ்வாறு எப்போதும் சலனம் அடைந்து, பொருளின் பரிமாணம் முழுவதும் ஒரே வெப்பநிலையை அடைகிறது.

இச் சலன ஓட்டத்தை நீரில் எளிதாகக் காணலாம். ஓர் உருண்டை அடிக்குடுவையில் முக்காலளவு நீரெடுத்து, அதில் சில பெர்மாங்கனேட்டு (permanganate) துண்டுகளைப் போட்டு, நீரைக் காய்ச்சினால், ஊதாநிற நீர் நடுவில் மேலேகிளம்பிச்சென்று, பக்கவாட்டமாகக் கீழ்வருவது தெளிவாகத் தெரியவரும். (படம் 93)



படம 93

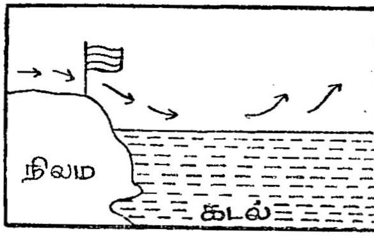


படம் 94.

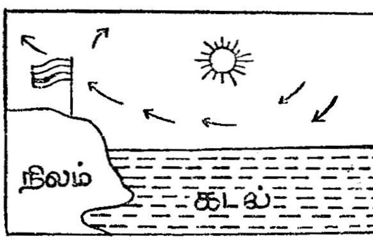
ஒரு மெழுகுவர்த்தியைக் கொளுத்தி அதைச் சுற்றிக் கண்ணாடிச் 'சிம்னி'யை வைத்து அவை இரண்டையும் ஒரு பாத்திரத்தில் வைத்து ஒரு சிறிது நீரைப் பாத்திரத்தினடியில் ஊற்றினால், காற்று உட்புக வழியின்றி, மெழுகுவர்த்தி அணைந்துவிடும். அனால் T வடிவமான அட்டையைப் படம் 94-ல் காட்டியவாறு, சிம்னியின் மேலேவைத்தால், வர்த்தி அணையாமல் எரிகிறது. சூடான காற்று அட்டையின் ஒரு புறத்தில் மேலேகிளம்பிச் செல்ல, மறுபுறத்தில் சுத்தமான குளிர்ந்த காற்று கீழே வருவதற்கு வழியுண்டானபடியால், மெழுகுவர்த்தி தொடர்ந்து எரிகிறது. விரலை வைத்தோ, புகையும் காகிதத்தை வைத்தோ, காற்றின் சலனத்தைக் காணலாம்.

நிலக்காற்று, கடற்காற்று (Land and sea breeze)

கடலோரங்களிலுள்ள நிலப்பகுதி பகல் நேரங்களில் சூரிய வெப்பத்தால் சூடேறுவதால், அதன் மேலுள்ள காற்று வெப்பமடைந்து, இலேசாகி மேலே செல்கின்றது. கடல் மேலுள்ள குளிர்ந்த



நிலக்காற்று



கடற்காற்று

படம் 95.

காற்று நிலத்தைநோக்கி வீசுகிறது. இது கடற்காற்று எனப்படும். முக்கியமாகப் பிற்பகலில் வீசும். இரவுநேரத்தில் நிலம் விரைவில் குளிர்ந்துவிடும். ஆனால், கடல்நீர் அவ்வளவு சீக்கிரம் குளிர்ந்துவிடாது. ஆகையால் கடலின் மீதுள்ள காற்று மேலே செல்வதால், நிலப்பகுதியில் இருந்து காற்று கடலைநோக்கி வீசுகிறது. இதற்கு நிலக்காற்று என்று பெயர்.

கோடைக் காலத்தில் ஆசியாக் கண்டத்தின் நிலப்பாகம் வெப்பம் அடைவதால், இந்துமகாசமுத்திரத்திலிருந்து குளிர்ந்த காற்று நிலப்பகுதியை நோககி வீசுவதால் 'பருவக்காற்று' உண்டாகிறது.

கடலின் வெவ்வேறு பகுதிகள் வெவ்வேறான வெப்பநிலைகளில் உள்ளதால் கடலிலும் நீரோட்டங்கள் உண்டாகின்றன.

வெப்பக் கதிர்வீச்சு (Radiation)

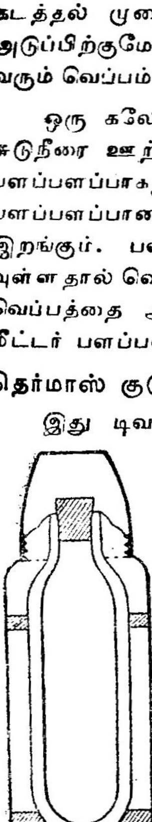
கதிர்வீச்சு முறையால் வெப்பம் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு எவ்வித ஊடக உதவியுமின்றிச் செலுத்தப்படுகிறது. சூரியனிடமிருந்து நாம் வெப்பத்தைப் பெறுவது இம்முறையாலேயே.

ஓர் அடுப்பின் எதிரே நின்ருேமானல். நமக்கு வெப்பம் கதிர்வீச்சு முறையில்தான் வருகின்றது. ஏனென்ருல் காற்று அரிதில் கடத்தி. கடத்தல் முறையில் வெப்பம் வராது. சலனமுறையில் வெப்பம் அடுப்பிற்குமேலே தான் ஏறும். ஆகவே, பக்கவாட்டமாக நமக்கு வரும் வெப்பம் கதிர்வீச்சு முறையில் வருகின்றது.

ஒரு கலோரிமீட்டரின் வெளிப்புறத்தில் கரியைப்பூசி, அதில் சுடுநீரை ஊற்று. வேருெரு கலோரிமீட்டரின் வெளிப்புறத்தைப் பளப்பளப்பாகத் தேய்த்து, அதிலும் அதே அளவு சுடுநீரை ஊற்று. பளப்பளப்பான கலோரிமீட்டரின் வெப்பநிலை விரைவாகவும் இறங்கும். பளப்பளப்பான பரப்பிலிருந்து கதிர்வீச்சு குறைவாக வுள்ளதால் வெப்பத்தை விரைவில் இழப்பதில்லே. இது காரணமாகவே வெப்பத்தை அளக்கும் சோதனைகளில் (அத்தியாயம் 18) கலோரி மீட்டர் பளப்பளப்பாக இருக்கவேண்டுமென்று கூறினேம்.

தெர்மாஸ் குடுவை (Thermos Flask)

இது டிவார் (Dewar) என்பவரால் நிறுவப்பட்டது. இது சூடான திரவங்களைச் சூடிழக்காமலும் குளிர்ந்த திரவங்களைக் குளிர்ந்த நிலையிலும் வைக்கவல்லது. இது இரட்டைச் சுவர்களாலான ஒரு கண்ணுடிப் பாத்திரம். உட்புறமும் வெளிப்புறமும் பளபளப் பான முலாம் பூசப்பட்டு, சுவர்களுக்கு இடை யேயுள்ள இடைவெளி வெற்றிடமாக்கப்பட்டுள் ளது. இப் பாத்திரம் உலோகத்தாலான வெளிப் பாத்திரத்தினுள் வைக்கப்பட்டு, இடைவெளி அரிதில் கடத்தியால் அடைக்கப்பட்டுள்ளது. குடு வையின் வாய் கார்க்கினல் மூடப்பட்டுள்ளது. அதன் மேலே வெளிப் பாத்திரத்தை ஒரு திருகி மூடி மூடியுள்ளது.



படம் 96.

குடுவையின் சுவர்கள் பளப்பளப்பாயிருப்ப தால் கதிர்வீச்சால் வெப்பமிழக்காது. இடைவெளி வெற்றிடமாயிருப்பதால், வெப்பக் கடத்தல், சலனம் இவை ஏற்பட வழியில்லை ஆகவே, உள்ளிருந்து வெளியிலோ, வெளியிலிருந்து உள்ளேயோ வெப்பம் செல்லாது. குடுவையினுள் இருக்கும் பொருள் வெப்பமாகவோ குளிர்ச்சியாகவோ வெகு நேரம் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

உதாரணங்கள்

1. 0·9 வெப்பக்கடத்தல் குணகமுடைய செப்புத்தண்டு ஒன்றின் நீளம் 20 செமீ.; குறுக்களவுப் பரப்பு 8 சதுர செ.மீ அதன் ஒரு முனை 100°C-யில் வைக்கப்பட்டிருக்க, மறு முனையைச் சுற்றி

ஒரு குழாயில் நீர் பாய்கிறது. உள்ளே புகும் நீரின் வெப்பநிலை 20°C-ஆகவும், வெளியேறும் நீரின் வெப்பநிலை 25° C-யாயுமிருந்தால், பாயும் நீரின் அளவென்ன ?

தண்டின் இருமுனைகள் 20 செ.மீ. தூரத்திலுள்ளன. அவற்றின் வெப்ப வித்தியாசம் = 100°−25° = 75°C

∴ தண்டின் வழியாகக் கடத்தப்படும் வெப்ப அளவு =

$$H = K\frac{S(t_1 - t_2)}{l} \times T = \frac{\cdot 9 \times 8 \times 75}{20} \text{ கேலரி/விநாடி}$$

இவ்வெப்பம் மறுமுனையில் நீரின் வெப்பநிலையை உயர்த்துகிறது. ஒரு விநாடிக்கு M கிராம் நீர் பாய்கிறதென்று சொல்வோம். அதன் வெப்பநிலை 20°C-யிலிருந்து 25°C ஆக உயருகிறது.

இதற்குத் தேவையான வெப்பம் = M (25−20) கேலரிகள் / விநாடி.

$$\therefore 5M = \frac{\cdot 9 \times 8 \times 75}{20} = 27$$

$$\therefore M = \frac{27}{5} = 5\cdot 4 \text{ கிராம்/விநாடி}$$

ஒரு விநாடியில் 5·4 கிராம் பாயவேண்டும்.

பயிற்சி

1. 4 சதுர செ.மீ. பரப்பளவுடைய பக்கங்களைக்கொண்ட ஓர் இருப்புக் கனசதுரத்தின் ஒரு பக்கம் நீராவியுடனும் அதற்கு எதிரான பக்கம் உருகும் பனிக்கட்டியுடனும் தொடர்புகொண்டுள்ளது. இரும்பின் வெப்பக் கடத்தல் குணகம் 0·2 என்றால், 10 நிமிடங்களில் உருகும் பனிக்கட்டியின் பொருண்மை என்ன ? (பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பம் = 80 கேலரி / கிராம்).

விடை : 300 கிராம்.

2. ஒரு கண்ணாடிக் கோளத்தின் உட்புற வெளிப்புற விட்டங்கள் 9 செ.மீ., 11 செ.மீ. அதன் உட்புறம் முழுவதும் உருகும் நிலையிலுள்ள பனிக்கட்டியால் நிரப்பப்பட்டு, கொதிநீரில் வைக்கப்படுகிறது. பனிக்கட்டி முழுவதும் உருக எவ்வளவு நேரம் பிடிக்கும் ? (பனிக்கட்டியின் அடர்த்தி எண் 0·9; அதன் உள்ளுறை வெப்பம் = 80 கேலரி/கிராம் ; கண்ணாடியின் வெப்பக் கடத்தல் குணகம் = 0·002)

விடை ; 7 நிமி. 17·4 விநாடி

3. ஓர் ஏரியின் நீர்மட்டத்தின்மேல் 10 சென்டிமீட்டர் தடிப்பமான பனிக்கட்டி உண்டாகியுள்ளது. அதன்மேல் வீசும் காற்றின் வெப்பநிலை −5°C என்றால், இன்னுமொரு மில்லிமீட்டர் தடிப்பமான பனிக்கட்டி உண்டாக எவ்வளவு நேரம் பிடிக்கும் ? (பனி கட்டியின் வெப்பக் கடத்தல் குணகம் = ·005 ; அதன் உள்ளுறை வெப்பம் = 80 கேலரி / கிராம்).

விடை ; 48·24 நிமி.

21. வெப்பத்தின் இயக்கவேலைச் சமத்துவம்
(Mechanical equivalent of heat)

முன்காலத்தில் வெப்பம் என்பது ஒருவகைத் திரவம் என்று நினைத்தார்கள். அதற்குக் கேலரிக் (Caloric) என்ற பெயரும் கொடுத்தார்கள். ஓர் இருப்புத்துண்டு சூடேற்றப்படும்பொழுது, கேலரிக் அதற்குள் பாய்கிறது என்றும், குளிர்ச்சியடையும்பொழுது அதிலிருந்து வெளிப்படுகிறது என்றும் எண்ணினார்கள். ஆனால் 1793ஆம் ஆண்டில் ரம்ஃபோர்டு (Rumford) என்பவர் இரு உலோகத் தண்டுகளைத் தேய்த்து, அதைச் சூழ்ந்துள்ள நீரைக் கொதிக்க வைத்தார். கட்டைகளைத் தேய்த்துக்கொண்டே இருக்குமளவும் வெப்பம் உண்டாகிக்கொண்டே இருக்கின்றது என்று காண்பித்து, வெப்பம் ஒரு பதார்த்தமல்ல, அஃது ஓர் ஆற்றல் என்று காண்பித்தார்.

ஜூல் (Joule) என்பவர் 1810ஆம் ஆண்டில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குவேலைசெய்தால் ஒருகுறிப்பிட்டஅளவு வெப்பமேஉண்டாகும் என்று காண்பித்து, அவ்விரண்டும் நேர்விகிதத்திலுள்ளன என்பதை நிரூபித்தார். அவருக்குப்பின் பல விஞ்ஞானிகள் வேலைக்கும் அதனால் உண்டாகும் வெப்பத்திற்கும் உள்ள சம்பந்தத்தை வெகு திருத்தமாக அளந்தனர். W என்பது செய்தவேலை என்றும் h அதனால் உண்டான வெப்பம் என்றும் கொண்டால்,

$$w \propto H$$

அல்லது, $w = JH$

J என்பது மாறிலி. இதற்கு வெப்ப இயக்க வேலைச் சமத்துவம் (Mechanical equivalent of heat), அல்லது ஜூலின் மாறிலி (Joule's constant) என்று பெயர்.

இச் சமன்பாட்டை $J = \frac{w}{H}$ என்றும் எழுதலாம்.

ஆகையால், வெப்ப இயக்க வேலைச் சமத்துவம் என்பது ஓர் அலகு வெப்பத்தை உண்டுபண்ணுவதற்குச் செய்ய வேண்டிய வேலையாகும்.

இதன் அளவு, ஒரு கேலரிக்கு 4·2 ஜூல்கள் அதாவது,

$$J = 4{\cdot}2 \text{ ஜூல்கள் / கேலரி}$$
$$= 4{\cdot}2 \times 10^7 \text{ எர்குகள் / கேலரி.}$$

வேலையை வெப்பமாக மாற்றுவதுபோலவே வெப்பத்தையும் வேலையாக மாற்றலாம். நீராவி இயந்திரங்களில் வெப்பத்தைக் கொண்டு நீராவி உண்டுபண்ணி இயந்திரங்கள் ஓட்டப்படுகின்றன. இரயில் வண்டி, பஞ்சாலைகள் இவற்றில் நீராவி இயந்திரங்கள் பயன் படுகின்றன. மோட்டார் வண்டியில் பெட்ரோல் ஆவி எரிந்து வெப்பம் உண்டுபண்ணி இயந்திரத்தை இயக்குகிறது. ஒரு கம்பி வழியாக மின்சாரம் பாயும்பொழுது ஒரு குறிப்பிட்ட மின்சார ஆற்ற லுக்கு அதற்கு நேர் விகிதமான வெப்பம் உண்டாகிறது. இவை யெல்லாம் வெப்ப-இயக்க இயல் முதலாம் விதி (First Law of Thermodynamics) என்ற தலைப்பில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

உதாரணம்: (1) 20 மீட்டர் உயரத்திலிருந்து ஓர் இரும்புக் குண்டு கீழே விழுகிறது. இரும்பின் வெப்ப எண் ·1 என்றால், அக் குண்டின் வெப்பநிலை எவ்வளவு ஏறுகிறது?

குண்டின் எடை M என்று கொள்வோம். நிலை ஆற்றல் இயக்க ஆற்றலாக மாறி, வெப்பமாகிறது. வெப்ப ஏற்றம் t°C.

நிலை ஆற்றல் $= mgh = m \times 980 \times 20 \times 100$ எர்குகள்

குண்டில் உண்டான வெப்பம் $= m \times {\cdot}1 \times t$ கேலரிகள்

$$\therefore \quad m \times {\cdot}1 \times t \times 4{\cdot}2 \times 10^7 = m \times 980 \times 20 \times 100$$

$$\therefore \quad \text{வெப்பநிலை உயர்வு } t = \frac{980 \times 2000}{{\cdot}1 \times 4{\cdot}2 \times 10^7} = \frac{1{\cdot}96}{4{\cdot}2} = {\cdot}47°C.$$

(2) ஓர் ஈயக்குண்டு ஒரு துப்பாக்கியிலிருந்து சுடப்பட்டு ஒரு பொருளால் தடுக்கப்பட்டு நின்றுவிடுகிறது. அதனால் உண்டான வெப்பம் 27°C-யிலிருந்த அக் குண்டை உருக்கிவிடுகிறதென்றால், குண்டின் வேகம் என்னவாயிருக்க வேண்டும்? (ஈயத்தின் வெப்ப எண் = ·03 ; உருகுநிலை = 327°C ; உள்ளுறை வெப்பம் = 5 கேலரி / கிராம் ; J = $4{\cdot}2 \times 10^7$ எர்கு / கேலரி).

குண்டின் பொருண்மை m என்று கொள்வோம்; அதன் வேகம் v செ.மீ. / விநாடி.

குண்டின் இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2} mv^2$

இது முழுவதுமாக வெப்பமாய் மாறுகிறது.

அவ் வெப்பத்தினளவு $= \frac{1}{2} \frac{mv^2}{4{\cdot}2 \times 10^7}$ கேலரி.

ஈயக்குண்டை உருக்குவதற்குத் தேவையான வெப்பம்

$$= m\,(327-27)\,({\cdot}03) + (m \times 5) = 14\,m \text{ கேலரி}$$

இவ்விரு வெப்ப அளவுகளும் சமமாயிருக்க வேண்டும்.

$$\therefore \quad 14m = \frac{1}{2}\,\frac{mv^2}{4{\cdot}2\times10^7}$$

$$\therefore \quad v^2 = 14\times8{\cdot}4\times10^7$$

$$\therefore \quad v = \sqrt{14\times8{\cdot}4\times10^7} = 34{,}300 \text{ செ.மீ./விநாடி}$$

∴ குண்டின் வேகம் × 343 மீட்டர்/விநாடி.

பயிற்சி

1. ஓர் எஃகுச் சம்மட்டி 200 முறை ஒரு மீட்டர் உயரத்திலிருந்து விழுந்து, ஓர் உலோகத்தை அடிக்கிறது. அதனல் உண்டான வெப்பத்தின் $\frac{8}{10}$ பாகம் சம்மட்டியிலேயே தங்கிவிடுகிறதென்றால், அதன் வெப்பநிலை எவ்வளவு உயருகிறது? (எஃகின் வெப்ப எண் : 0·12; $J = 4{\cdot}2\times10^7$ எர்கு/கேலரி. $g = 980$ செ.மீ./விநாடி^{2})

விடை : 2 5°C.

2. வெனசுவேலா நாட்டிலுள்ள ஏஞ்சல் நீர்வீழ்ச்சியின் உயரம் 600 மீட்டர் நீர்வீழ்ச்சியின் உச்சியிலும் அடியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலை வித்தியாசமென்ன? ($J = 4{\cdot}2$ ஜூல்/கேலரி; $g = 980$ செ.மீ./விநாடி^{2}).

விடை : 1·4°C.

3. ஒரு பனிக்கட்டி 0°C-யில் எந்த உயரத்திலிருந்து விழுந்தால் உண்டாகும் வெப்பத்தால் அதன் 1% எடை உருகும? ($L = 80$ கேலரி/கிராம்).

விடை : 343 மீட்டர்.

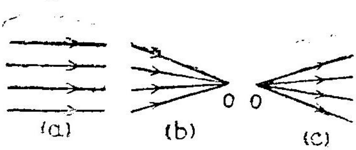
ஒளியியல் (Light)

22. ஒளியின் இயல்புகள்

(Characteristics of Light)

ஒளி என்பது நமது கண்களிலே புலன் உணர்ச்சியை உண்டு பண்ணும் ஓர் ஆற்றல். ஒளி இல்லையென்றால் பொருள்களைக் காண முடியாது. சில பொருள்கள் தாமே வெளியிடும் ஒளியால் புலனாகின்றன. இவை சுயம்பிரகாசப் (self luminous) பொருள்கள் எனப்படும். விளக்கு, சூரியன், பழுக்கக் காய்ச்சிய இரும்பு முதலியவை இவ் வகையைச் சேர்ந்தவை. மற்றவை தம்மேல் விழும் ஒளியைச் சிதறச்செய்து, நம் கண்களில் அவ்வொளி விழுவதால் புலனாகின்றன. ஒரு புத்தகம் அல்லது மேஜை தம்மேல் விழும் ஒளியைச் சிதறச் செய்து, நம் கண்களில் அவ்வொளி விழுந்தால்தான் தெரியவரும். இருட்டறையில் வைக்கப்பட்டால் நம் கண்களுக்கு அவை புலனாகா. இவை சுய ஒளியற்றவை (Non-luminous).

சில பொருள்கள் ஒளியைத் தடையின்றித் தம் ஊடே செல்ல விடுகின்றன. இவை ஒளிபுகும் (transparent) பொருள்கள் எனப்படும். கண்ணாடி, நீர், காற்று முதலியவை இவ் வகையைச் சேர்ந்தவை. சில பொருள்களினூடே ஒளிபுகுந்து செல்ல இயலாது. இவற்றிற்கு ஒளிபுகாப் பொருள்கள் (opaque bodies) என்று பெயர். மரம், கல், உலோகங்கள் முதலியவை இவ்வினத்தைச் சேர்ந்தவை. மெழுகு, எண்ணெய்க் காகிதம் முதலியவை ஒளியைச் சிறிதளவு செலுத்தும். இவற்றிற்கு ஒளிகசியும் (translucent) பொருள்கள் என்று பெயர்.

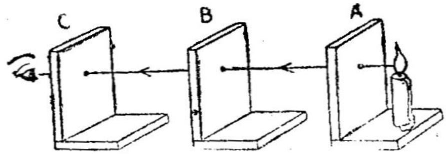


படம் 97.

ஒளிக்கதிர்கள் பல சேர்ந்த கூட்டத்திற்கு ஒளிக்கற்றை (beam of light) என்று பெயர்.

ஒளிக்கற்றை ஒருபோகு கற்றையாகவோ (a), குவியும் (conver-

gen') கற்றையாகவோ (*b*), விரியும் (divergent) கற்றையாகவோ (*c*) இருக்கலாம்.



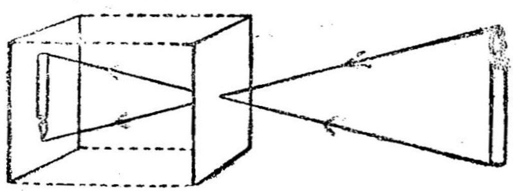
படம் 98.

ஒளியின் இயல்புகளில் முதன்மையானது அதன் நேர் கோட்டுச் செலவு (rectilinear propagation) ஆகும். ஒரு படித்தான (homogeneous) ஊடகத்திலே ஒளி நேர்கோட்டில் செல்லும்.

இதைச் சுலபமாகச் சோதித்தறியலாம். ஒரே உயரத்தில் துவாரங்களுடைய மூன்று மரத்திரைகளை ஒரு நேர்கோட்டில் வைத்தால், ஒருபுறமுள்ள விளக்கு மறுபுறத்தில் தென்படும். ஒரு திரையை நேர்கோட்டிலிருந்து விலக்கினால் விளக்கு மறைந்துபோம். ஒளி நேர்கோட்டிலல்லாது, வளைந்து செல்ல இயலாது.

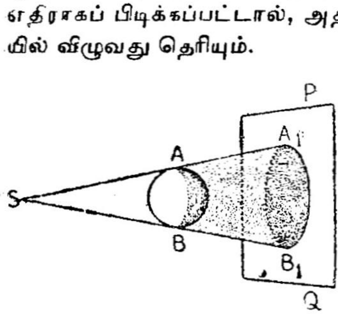
ஊசித்துவாரக் காமிரா (Pinhole Camera)

ஒளி நேர்கோட்டில் செல்லும் இயல்பை விளக்கும் கருவிகளுள் ஊசித்துவாரக் காமிராவும் ஒன்று. ஓர் ஒளிபுகாப் பெட்டியின் ஒரு பக்கத்தின் மையத்தில் ஒரு சிறு துவாரமுள்ளது. அதற்கு எதிர்ப்



படம் 99.

புறத்தில் தேய்த்த கண்ணாடியுள்ளது. ஒரு விளக்கு துவாரத்திற்கு எதிராகப் பிடிக்கப்பட்டால், அதன் தலைகீழ்ப் பிம்பம் தேய்த்த கண்ணாடியில் விழுவது தெரியும்.

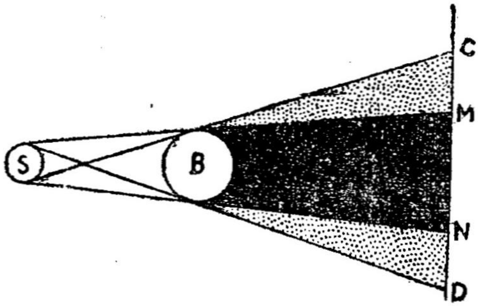


படம் 100.

ஒரு பொருளை (AB) ஓர் ஒளிக் கற்றையின் பாதையில் வைத்தால், அதன் நிழல் (shadow) திரையின் மீது விழுகிறது. ஒளி பொருளைச் சுற்றி வளைந்து செல்லக்கூடுமானால் நிழல் உண்டாகாது.

ஒளி தரும் பொருள் (S) ஒரு புள்ளியாயிராமல், கோள வடிவமாயிருந்தால், தடையான பொருளை (B) விடச் சிறியது என்று வைத்துக்

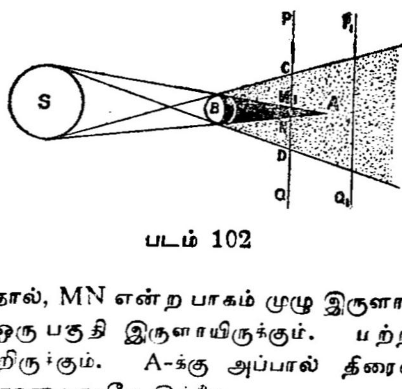
கொள்வோம். இப்பொழுது திரையின்மீது, MN என்ற பாகம் முழுவதும் இருட்டாயிருக்கும். இதற்குக் கருநிழல் (Umbra) என்று பெயர்.



படம் 101

MC, ND என்ற பாகங்கள் ஒரு பகுதி ஒளிபெறுபவை. இவற்றிற்குப் புற நிழல் (Penumbra) என்று பெயர். CD-க்கு அப்பாலுள்ள பாகம் முழுவதுமாக ஒளி பெறுபவை.

ஒளிதரும் பொருள் தடைப்பொருளைவிடப் பெரிதாயிருந்தால், கருநிழல் பாகம் ஒரு கூம்பு வடிவமாயுள்ளது. திரையை PQ என்ற



படம் 102

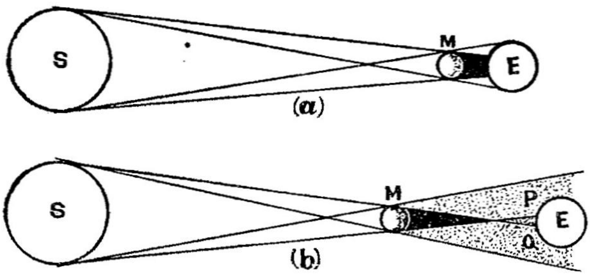
இடத்தில் பிடித்தால், MN என்ற பாகம் முழு இருளாயிருக்கும். MC, ND பாகங்கள் ஒரு பகுதி இருளாயிருக்கும். மற்ற பாகங்கள் முழுவதும் ஒளிபெற்றிருக்கும். A-க்கு அப்பால் திரையைப் பிடித்தால் முழுவதும் இருளான பாகமே இல்லை.

கிரகணங்கள் (Eclipses) : கிரணங்களெல்லாம் மேலே விளக்கிய நிழல்களாலேயே உண்டாகின்றன. சூரியன், நிலா, பூமி இம் மூன்றும் நேர்கோட்டில் வரும்போது கிரணங்கள் உண்டாகின்றன.

சூரியகிரகணம்

அமாவசையன்று உண்டாகும். கருநிழலில் வசிக்கும் மக்கள் சூரியனையே காணமுடியாது. இருளாயிருக்கும். ஆனால் இது சில

நிமிஷங்களே நீடித்திருக்கும். புற நிழலிலுள்ளவர்கள் சூரியனின் ஒரு பகுதியை எப்போதும் காண்பார்கள். (b) படத்தில் கண்ட



படம் 103

நிலை சில சமயங்களில் ஏற்படுவதுண்டு. அப்பொழுது சூரியனின் விளிம்பைக் காண்பர். நடுப்பாகம் மறைந்திருக்கும்.

சந்திரகிரகணம்

பௌர்ணமியன்று உண்டாகும். பூமியின் நிழல் நிலாவை மறைப்பதே சந்திரகிரகணம்.

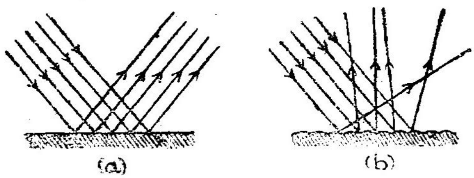
பயிற்சி

1. கருநிழல், புறநிழல் என்பவை என்ன ? ஒளிதரும்பொருள் தடைப்பொருளை விடச் சிறிதாயிருந்தால் இவை எவ்வாறு உண்டாகும் ?

2. கிரகணங்கள் எவ்வாறு உண்டாகின்றன என்பதை விளக்கு.

23. சமதளப் பரப்புகளில் ஒளித் திருப்பம்
(Reflection at plane surfaces)

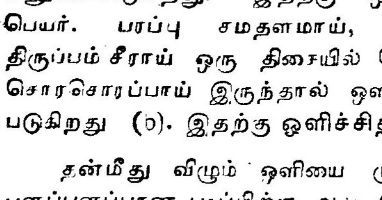
ஓர் ஊடகத்தில் செல்லும் ஒளி வேறோர் ஊடகத்தின் பரப்பின் மீது விழுந்தால், ஒளியின் ஒரு பகுதி முதலாம் ஊடகத்திற்கே திருப்பி



படம் 104

யனுப்பப்படுகிறது. இதற்கு ஒளித்திருப்பம் (reflection) என்று பெயர். பரப்பு சமதளமாய், பளப்பளப்பாய் இருந்தால் ஒளித் திருப்பம் சீராய் ஒரு திசையில் செல்லும். (படம் 104 a.) பரப்பு சொரசொரப்பாய் இருந்தால் ஒளி வெவ்வேறு திசைகளில் திருப்பப் படுகிறது (b). இதற்கு ஒளிச்சிதறல் (scattering) என்று பெயர்.

தன்மீது விழும் ஒளியை முழுவதுமாக ஒருசீராகத் திருப்பும் பளப்பளப்பான பரப்பிற்கு ஆடி (mirror) என்று பெயர். படம் 105-ல் $M_1 M_2$ ஒரு ஆடி. A0 என்னும் ஒளிக்கதிர் 0 என்னும் புள்ளியில் பட்டு, 0B என்ற கதிராகத் திருப்பப் படுகின்றது. 0 என்னும் புள்ளி படுதானம் (point of incidence). 0-விலிருந்து ஆடியின் பரப்பிற்கு ஒரு செங்குத்துக் கோடுவரை (ON). இதற்கு லம்பம் (normal) என்று பெயர். ∠AON என்ற கோணத்திற்குப் படுகோணம் [(i) Angle of incidence)] என்றும், ∠NOB கோணத்திற்குத் திரும்பு கோணம் [(r) Angle of reflection), என்றும் பெயர்.



படம் 105.

ஒளித்திருப்ப விதிகள் (Laws of reflection)

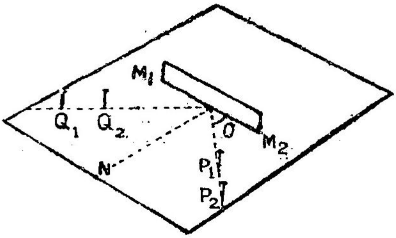
ஒளித்திருப்பத்தில் கீழ்க்கண்ட விதிகள் உண்மையாகின்றன:

(1) படுகதிர், திரும்புகதிர், படுதானத்தில் பரப்பின் லம்பம் ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் இருக்கின்றன.

(2) படுகோணமும் திரும்புகோணமும் சமம்.

ஒளித்திருப்ப விதிகளைச் சோதித்தறிதல்

ஒரு சித்திரப்பலகை (drawing board) மீது வெள்ளைத்தாளைப் பொருத்தி, அதன்மேல் $M_1 M_2$ என்ற ஆடித்துண்டைச் செங்குத்தாக நிறுத்தி, அதன் எல்லைக்கோட்டை வரை. பலகையின் மீது $P_1 P_2$ என்ற இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாகப் பதி. இவற்றின் பிம்பத்தை ஆடியில் பார்த்து அவற்றின் நேர்கோட்டில் Q_1, Q_2 என்ற இரு குண்டூசிகளைச் செங்குத்தாகப் பதி. ($Q_2 Q_1 P_1 P_2$ என்ற நான்கும்



படம் 106.

ஒரு நேர்கோட்டில் இருப்பதாகத் தோன்றும்) ஆடியையும் குண்டூசிகளையும் எடுத்துவிட்டு, குண்டூசிகள் பதித்த புள்ளிகளைக் குறி. $P_2 P_1$, $Q_2 Q_1$ என்ற கோடுகளை நீட்டிவிட்டால் அவை ஆடியை O என்ற புள்ளியில் தொடும். O-விலிருந்து ON என்ற லம்பத்தை வரை. P_1 ON என்ற கோணம் படுகோணம் (i); Q_1 ON என்பது திரும்பு கோணம் (r). இவ்விரண்டையும் அளந்தால் அவை சமமாயிருப்பது தெரியவரும். வெவ்வேறு படுகோணங்களுடன் இச் சோதனையைத் திருப்பிச்செய்து ஒவ்வொன்றிலும் படுகோணம் திரும்புகோணத்திற்குச் சமமாயிருப்பதைச் சோதித்தறியலாம்.

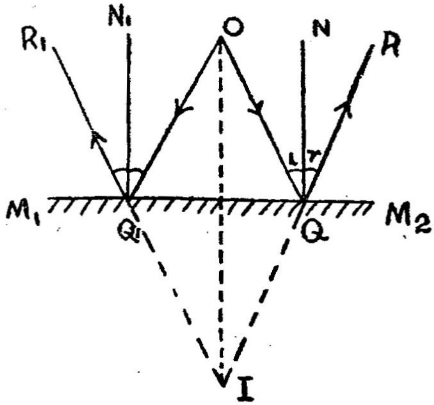
படுகதிர் காகிதத்தின் தளத்திலிருக்கும் பொழுது, திரும்புகதிரும் காகிதத்தின் தளத்திலேயே இருப்பதைக் காண்கிறோம். ஆடி செங்குத்தாக நிற்பதால், படுதானத்தில் அதன் லம்பமும் காகிதத்தின் தளத்திலேயே இருக்கும். ஆகவே படுகதிர், திரும்புகதிர், படுதானத்திலிருந்து ஆடிக்கு வரைந்த லம்பம் இவை மூன்றும் ஒரே தளத்தில் இருக்கின்றன.

பிம்பம் (Image) : ஒரு புள்ளியிலிருந்து பிரிந்து செல்லும் ஒளிக் கதிர்கள், ஒரு பரப்பில் திருப்பமடைந்தோ, விலகல் (refraction)

அடைந்தோ வேறொரு புள்ளிக்குச் சென்று குவியலாம். அப் புள்ளி முதற்புள்ளியின் பிம்பம் எனப்படும். இப் பிம்பத்தை ஒரு திரையின் மீது பிடிக்கலாம். ஆகையால் இதற்கு உண்மைப் பிம்பம் (real image) என்று பெயர். ஆனால், திருப்பம், விலகலுக்குப்பின் ஒளிக்கதிர்கள் வேறொரு புள்ளியிலிருந்து பிரிந்துவருவதாகத் தோன்றினால், அதைத் திரையின்மீது பிடிக்கமுடியாது. இதற்குப் போலி பிம்பம் (virtual image) என்று பெயர்.

சமதள ஆடியின் பிம்பம்

M_1 M_2 என்பது ஒரு சமதள ஆடி. O என்ற புள்ளியிலிருந்து OP என்ற கதிர் ஆடிக்குச் செங்குத்தாகவும், OQ, OQ_1 என்ற கதிர்கள் சாய்வாகவும் விழுந்து பிரதிபலித்து, PO, QR, MR_1



படம் 107.

என்ற கதிர்களாகச் செல்கின்றன. இம் மூன்றையும் பின்பக்கமாக நீட்டிவிட்டால் அவை I-யில் வெட்டுகின்றன. I என்பது O-வின் போலி பிம்பம். OPNQ இரண்டும் செங்குத்துக் கோடுகள் ஆகையால் $\angle POQ = \angle OQN = i$.

OI, NQ இவை இணைகோடுகள்; IR கோடு அவற்றைத் தொடுகின்றது. $\therefore \quad \angle PIQ = \angle NQR = r = i.$

$$\therefore \quad \angle POQ = \angle PIQ$$

$$\angle OPQ = \angle IFQ \quad \text{(நேர்கோணங்கள்)}$$

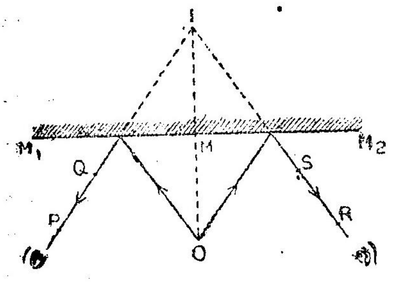
PQ கோடு பொதுவாயுள்ளது.

ஆகையால் முக்கோணங்கள் OFQ, PQI இரண்டும் எல்லா அம்சங்களிலும் சமமானவை.

ஆகையால் OP = PI. அதாவது, O-வின் பிம்பம், O-விலிருந்து ஆடிக்கு வரைந்த லம்பத்தின்மீது, O ஆடிக்கு எவ்வளவு தூரத்தி லுள்ளதோ, அதே தூரத்தில் பின்புறமாக உள்ளது.

பிம்பத்தின் தூரத்தைச் சோதித்தறிதல்

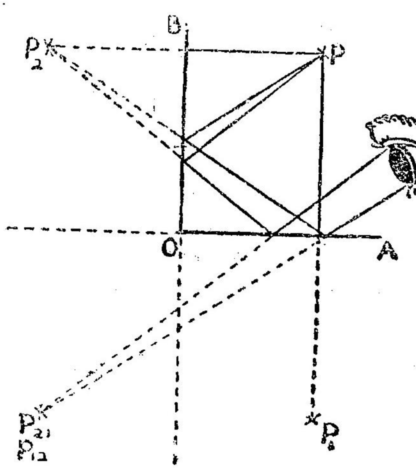
ஒரு சித்திரப் பலகையின்மீது ஒரு தாளைப் பதித்து, அதன்மீது ஒரு நேர்கோடு ($M_1 M_2$) வரைந்து, ஒரு சமதள ஆடியை அக்கோட்டின்மீது வை. ஒரு குண்டூசியை O என்ற புள்ளியில் பதித்து, ஆடியில் அதன் பிம்பத்தைக் கண்டு, PQ என்ற இரு குண்டூசிகளை O-வுடன் நேர்கோட்டிலிருக்குமாறு பதி. அவ்வாறே, வேறு இரு குண்டூசிகளையும் (R, S) O-வுடன் நேர்கோட்டிலிருக்குமாறு பதி. ஆடியையும், குண்டூசிகளையும் எடுத்துவிட்டு, PQ, RS என்ற கோடுகளை நீட்டிவிட்டால் அவை சேரும் புள்ளியை O-வின் பிம்பம் I. OI என்ற கோட்டை வரை. ஆடியை M என்ற புள்ளியில் வெட்டுகின்றது. $\angle M_1MI = 90°$ என்பதையும் OM = IM என்பதையும் அளந்து சோதித்தறியலாம்.



படம் 108.

அடுக்குப் பிம்பங்கள் (Multiple reflection)

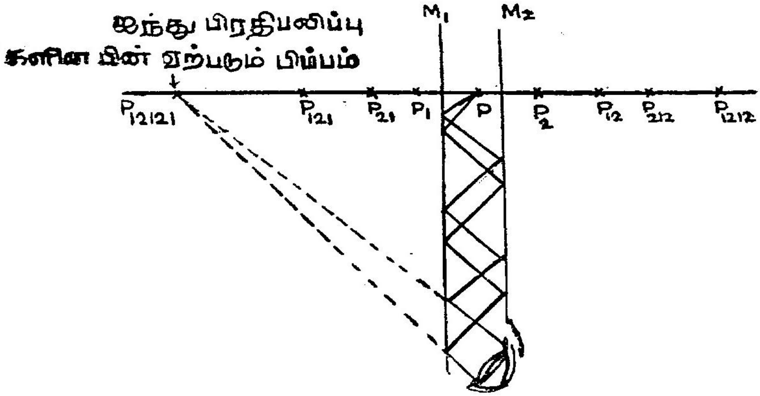
OA, OB என்ற இருசமதள ஆடிகள் ஒன்றுக்கொன்று நேர்கோணத்திலுள்ளன. அவற்றிற்கிடையே P என்ற பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. OA என்ற ஆடியில் பிரதிபலித்து P_1 என்ற பிம்பமும், OB ஆடியில் பிரதிபலித்து P_2 என்ற பிம்பமும் உண்டாகின்றன. இவற்றைத் தவிர, P_1 என்ற பிம்பமும், OB-யில் பிரதிபலிப்பதால்,



படம் 109.

$P_{1,2}$ என்ற பிம்பமும் உண்டாகின்றது. (P_2 பிம்பம் OA-யில் பிரதிபலிப்பதால் உண்டாகும். P_{21} பிம்பமும் அதே இடத்தில்தான் உள்ளது.) ஆகவே, 3 பிம்பங்கள் உண்டாகின்றன. படம் 109 P-யிலிருந்து விரிந்து செல்லும் கதிர்கள் இரு திருப்புதலுக்குப்பின் கண்ணிற்கு எவ்வாறு வந்து சேருகின்றன என்பதைக் காண்பிக்கிறது.

இரு ஆடிகளுக்கிடையே உள்ள கோணம் Q என்றால், உண்டாகும் பிம்பங்களின் எண்ணிக்கை $\left(\frac{360}{Q}-1\right)$ என்று காண்பிக்கக்கூடும். M_1, M_2 என்ற இரு ஆடிகள் இணையாக வைக்கப்பட்டால் அவற்றிற்கிடையே உள்ள கோணம் = O. ஆகையால் கணக்கற்ற பிம்பங்கள் உண்டாகவேண்டும் (படம் 110). இரு ஆடிகளை ஒன்றை முகத்திற்கு முன்பாகவும், மற்றொன்றைப் பின்பாகவும் பிடித்து, இதன் உண்மையைக் கண்டறியலாம். படத்தில் ஐந்து திருப்புதல்களுக்குப்பின் கண்ணுக்கு வரும் கதிர்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 110.

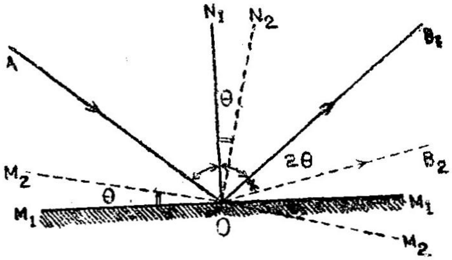
சமதள ஆடியின் சுழற்சி (Rotation of plane mirror)

ஒரு கதிர் ஓர் ஆடியில் திருப்பமடையும்பொழுது, ஆடி θ என்னும் கோணத்தின் அளவு சுழற்றப்பட்டால், திரும்பும் கதிர் 2θ கோணம் சுழலும்.

$M_1 M_1$ என்பது ஒரு சமதள ஆடி. AO என்ற கதிர் OB_1 என்ற கதிராகத் திருப்பமடைகின்றது. $\therefore \angle AON_1 = \angle N_1OB_1$. ON_1 என்பது ஆடியின் லம்பம்.

இப்பொழுது ஆடி θ என்ற அளவு சுழன்று, $M_2 M_2$ என்ற நிலைக்கு வருகின்றது. படுகதிர் AO மாறுவதில்லை. இப்பொழுது திரும்பு கதிர் OB_2, ஆடியின் லம்பம் ON_2. $\therefore \angle AON_2 = \angle N_2OB_2$

$$\begin{aligned}\angle B_1OB_2 &= \angle AOB_2 - \angle AOB_1\\ &= 2\,\angle AON_2 - 2\,\angle AON_1\\ &= 2(\angle AON_2 - \angle AON_1) = 2N_1ON_2\\ &= 2\theta\end{aligned}$$



படம் 111.

ஆகவே, ஆடி θ என்ற கோணத்தில் சுழன்றால், படுகதிர் மாறாமலிருக்க, திரும்புகதிர் 2θ என்ற கோணத்தில் சுழலும். இதைப் பரிசோதித்தறியலாம்.

M_1M_1, M_2M_2 என்ற இருகோடுகளை ஒரு தாளில் வரைந்து, தாளைச் சித்திரப்பலகையில் பதி. இரு கோடுகளுக்கிடையேயுள்ள கோணம் சுமார் 20° ஆக இருக்கட்டும்.

ஆடியை $M_1\,M_1$ கோட்டின்மீது வை. இரு குண்டூசிகளைத் தாளில் பதித்து, அவற்றின் பிம்பத்தை ஆடியில்கண்டு, அவற்றிற்கு நேர்கோட்டில் வேறு இரு குண்டூசிகளைப் பதி. பிறகு ஆடியை M_2M_2 என்ற கோட்டின்மீது வைத்து, மறுபடியும் முதல் இரு குண்டூசிகளோடு நேர்கோட்டிலிருக்குமாறு இரு குண்டூசிகளைப் பதி. பிறகு, ஆடியையும், குண்டூசிகளையும் எடுத்துவிட்டுப் படுகதிர் AO, திரும்புகதிர்கள் OB_1, OB_2 இவைகளை வரை. $B_1\,OB_2$ கோணத்தை அளந்து, ஆடி சுழன்ற கோணத்திற்கு இரு மடங்காக இது இருப்பதைக் கண்டறியலாம்.

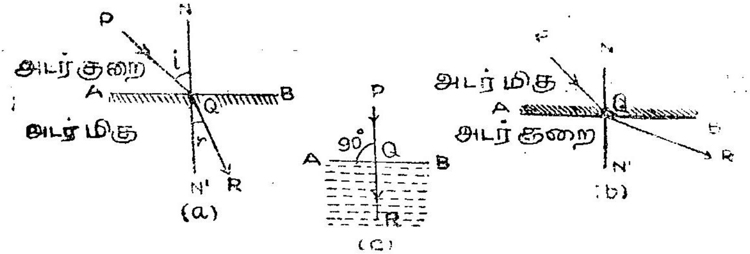
ஆடியை வெவ்வேறு கோணங்களுக்குத் திருப்பி, இதன் உண்மையைச் சோதித்தறியலாம்.

24. சமதளப் பரப்புகளில் ஒளிவிலகல்
(Refraction at plane surfaces)

ஒளி சீரான ஊடகத்தினூடே செல்லும் ஒளிக்கதிர் நேர்கோட்டில் செல்லும். அப்படிச் செல்கையில் வேறோர் ஊடகம் குறுக்கிட்டால் இரண்டாம் ஊடகத்திற்குள் செல்லும்பொழுது கதிரின் திசை மாறிவிடுகிறது. இத் திசை மாற்றத்திற்கு ஒளிவிலகல் (Refraction) என்று பெயர்.

முதலாம் ஊடகத்திலுள்ள கதிருக்குப் படுகதிர் (incident ray) என்றும், இரண்டாம் ஊடகத்திலுள்ள கதிருக்கு விலகிய கதிர் (refracted ray) என்றும் பெயர். படுதானத்தில் இக் கதிர்கள் லம்பத்துடன் செய்யும் கோணங்களுக்குப் படுகோணம் (i) (angle of incidence), விலகு கோணம் (r) (angle of refraction) என்று பெயர். இவ்விருகோணங்களுக்குமுள்ள வித்தியாசம் திசை மாற்றம் (deviation) எனப்படும். விலகிய கதிர் லம்பத்தைநோக்கி விலகியிருந்தால், இரண்டாவது ஊடகம் முதலாம் ஊடகத்தைவிட ஒளி அடர்த்தி மிகுந்ததெனக் கூறப்படும். கதிர் லம்பத்தைவிட்டு அப்புறமாய் விலகியிருந்தால் இரண்டாம் ஊடகம் முதலாம் ஊடகத்தைவிட அடர்த்தி குறைந்ததெனக் கூறப்படும்.

AB என்னும் தளம் இரு ஊடகங்களைப் பிரிக்கிறது. PQ என்னும் படுகதிர் QR என்னும் கதிராக விலகிச் செல்கிறது.



படம் 112.

படம் 112 (a) யில் விலகிய கதிர் லம்பத்தை நோக்கி விலகுகிறது. ஆகையால் ($r < i$). இரண்டாம் ஊடகம் முதலாம் ஊடகத்தைவிட

அடர்த்தியானது (b) யில் விலகிய கதிர் லம்பத்தைவிட்டு அப்பால் விலகிச் செல்கிறது. ஆகையால் இரண்டாம் ஊடகம் முதலாவதை விட அடர்த்தி குறைவானது. (c)-யில் படுகதிர் சமதளத்திற்குச் செங்குத்தாக வருவதால், விலகல் ஏதுமின்றிச் செங்குத்தாகவே இரண்டாம் ஊடகத்திற்குள் செல்கிறது.

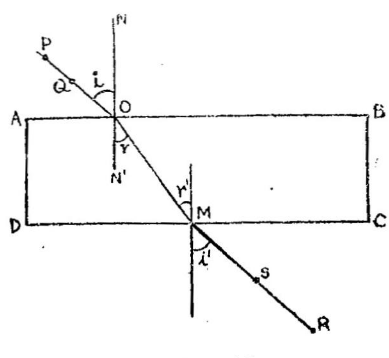
ஒளிவிலகல் விதிகள் (Laws of Refraction)

(1) படுகதிர், விலகியகதிர், படுதானத்தில் பரப்பின் லம்பம் ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்திலுள்ளன.

(2) ஒளிக்கதிர் ஓர் ஊடகத்திலிருந்து வேறோர் ஊடகத்தினுள் செல்லும்போது, அக் கதிரின் படுகோணத்தின் நெடுகைக்கும் (sine) விலகு கோணத்தின் நெடுகைக்கும் உள்ள விகிதம் ஒரு மாறிலியாகும் $\left(\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \text{மாறிலி}\right)$.

ஒளிவிலகல் விதிகளைப் பரிசோதித்தல்

ஒரு செவ்வகக் (rectangular) கண்ணாடித் துண்டை ஒரு தாளின் மீதுவைத்து. அதன் வடிவத்தை (ABCD) வரை: P, Q என்ற இரு குண்டூசிகளைத் தாளின்மீது பதித்துக் கண்ணாடித்துண்டின் மறுபுறத்திலிருந்து அவற்றைக் கண்ணாடியின் மூலமாய் நோக்கியவாறு, R, S



படம் 113.

என்ற இரு குண்டூசிகளை P, Q-வின் நேர்கோட்டில் பதி. PQSR நான்கும் ஒரு நேர்கோட்டிலிருப்பதுபோல் தெரியும். இப்பொழுது குண்டூசிகளையும் கண்ணாடியையும் எடுத்துவிட்டு PQ, RS என்ற கோடுகளை வரை. அவை கண்ணாடியின் எல்லையை O, M என்ற புள்ளிகளில் தொட்டால், OM என்பதே கண்ணாடியினுள் ஒளிக்கதிர் செல்லும் திசை, O-விலிருந்து NON' என்ற லம்பத்தை வரை. PON என்ற படுகோணத்தையும் (i), N'OM என்ற விலகுகோணத்தையும் (r)

அளந்து, $\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r}$ என்ற விகிதத்தைக் கணக்கிடு.

i, r கோணங்களின் அளவை மாற்றிச் சோதனையைத் திருப்பிச் செய்து, அளவீடுகளைக் கீழ்க்கண்ட வாறு அட்டவணையாக்கு.

நம்பர்	i	r	சைன் i சைன் r

கடைசிக் கட்டம் மாறிலியாகும்.

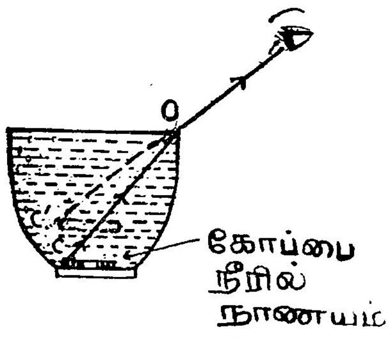
ஆகவே $\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r}$ என்ற விகிதம்

மாறிலி என்ற இரண்டாம் விதி உண்மையாகும்.

அத்துடன், எல்லாப் படங்களிலும், படுகதிர், விலகு கதிர், O என்ற புள்ளியில் வரைந்த லம்பம் ஆகிய மூன்றும், தாளின் தளத்திலேயே இருப்பதைக் காண்போம். ஆகவே, முதலாம் விதியும் உண்மையாகிறது.

குறிப்பு: (1) மேலேகண்ட சோதனையில் உபயோகித்த கண்ணாடிப் பலகையின் AB, CD என்ற பக்கங்கள் இணையானவை. M என்ற புள்ளியிலும் லம்பத்தை வரைந்தால் $r^1=r, i^1=i$ என்பது தெரியவரும். ஆகவே PQ, RS இவ்விரு கதிர்களும் ஒரு போகு கதிர்களாகும்.

(2) ஒரு பாத்திரத்தினடியில் ஒரு நாணயத்தை வைத்து அது கண்ணுக்கு மறையுமாறு நின்று ஒருவன் பார்க்கிறான். இப்போது

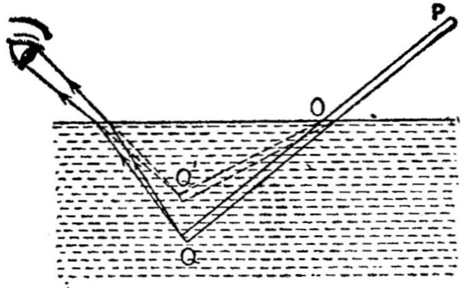


படம் 114.

பாத்திரத்தினுள் தண்ணீர் ஊற்றினால் நாணயம் கண்ணுக்குப் புலப் படுகிறது. நாணயத்திலிருந்துவரும் ஒளிக்கதிர், நீரைவிட்டுக்

காற்றிற்குள் பிரவேசிக்கும்போது, லம்பத்தைவிட்டு அப்பால் நகர்வதால் கண்ணுக்குவந்து சேருகிறது. நாணயம் சிறிதுமேலே வந்திருப்பதுபோல் தோன்றும்.

(3) இதுபோலவே ஒரு நேரான குச்சியை ஒரு பகுதி நீரினுள் அமிழ்த்திப் பிடித்தால் அது வளைந்ததுபோல் தோன்றுகிறது. (படம் 115)



படம் 115.

(4) மிக வெப்பமான நாட்களில் சாலைகளின்மீது கானல் பறப்பது ஒளி விலகலால்தான். வெப்பமான சாலையின்மீதுள்ள காற்றில் வெப்பம் காரணமாகச் சலனம் ஏற்பட்டு, வெவ்வேறு அடர்த்தியுள்ள காற்றின் அடுக்குகள் சதா இயங்கியவண்ணம் உள்ளன. இதன்மூலமாய்ச் செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் வெவ்வேறு அளவு விலகல்களுக்குட்படுவதாலும் இவை சதா மாறிக்கொண்டிருப்பதாலும் "கானல் பறக்கும்" தோற்றம் உண்டாகிறது.

ஒளிவிலகல் எண் (Refractive index): இரண்டாவது ஒளி விலகல் விதியின்படி, $\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r}$ என்பது இரு ஊடகங்களுக்கு மாறிலியாக இருக்கிறது.

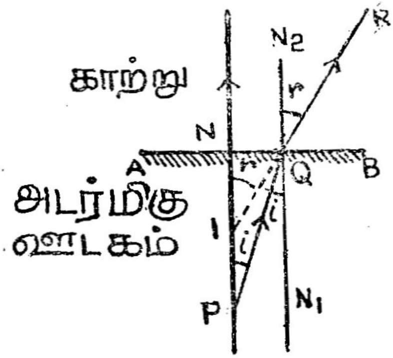
ஒரு ஒளிக்கதிர் காற்றிலிருந்து ஒரு ஊடகத்தினுள் சென்றதானால், $\left(\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r}\right)$ என்பது அந்த ஊடகத்தின் விலகல் எண் (refractive index) எனப்படும். இதை μ (ம்யூ) என்ற கிரேக்க எழுத்தால் குறிப்பிடுவர்.

நீரின் விலகல் எண் 1·33; கண்ணாடியின் விலகல் எண் சுமார் 1·5; வைரத்தின் விலகல் எண் 2·417. இதுவே ஊடகங்களில் மிக அதிகமான விலகல் எண்ணாகும். விலகல் எண்மானி (rerfactometer) என்ற கருவியைக் கொண்டு பொருள்களின் விலகல் எண்களை விரைவில் கண்டுபிடித்துவிடலாம். இவ்வெண்களைக்கொண்டு ஸ்படிகங்கள், விலையேறப்பெற்ற கற்கள் இவற்றைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம்.

குறிப்பு : ஒளிக்கதிர் μ-என்ற விலகல் எண்ணுடைய ஊடகத்திலிருந்து காற்றிற்குள் சென்ருல், $\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{1}{\mu}$

செங்குத்தான விலகல்

P என்ற புள்ளி நீரினடியில் இருப்பதாகவும், நீர்மட்டம் A B என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். O-விலிருந்து நீர்மட்டத்திற்குச் செங்குத்தாய்ச் செல்லும் கதிர் PN. அதே பாதையில் காற்றினுள்



படம் 116.

செல்கிறது. சாய்வாகச் செல்லும் கதிர் PQ, லம்பம் N_1 N_2-வை விட்டு அப்பால் விலகி, QR என்ற பாதையில் செல்கிறது. RQ-வைப் பின்புறமாக நீட்டிவிட்டால், அது PN ஐ I என்ற புள்ளியில் தொடுகிறது. கதிர்கள் I யிலிருந்து வருவதாகத் தோன்றுவதால், I என்பது P-யின் பிம்பம்.

NP என்பது உண்மை ஆழம் (real depth) என்றும்

NI என்பது போலி ஆழம் (apparent depth) என்றும் கூறப்படும்.

$$i = \angle PQN_1 = \angle NPQ; \quad r = {}_1N_2 QR = NIQ$$

$$\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{1}{\mu}$$

$$\therefore \quad \mu = \frac{\text{சைன் } r}{\text{சைன் } i} = \frac{NQ/IQ}{NQ/PQ} = \frac{PQ}{IQ}$$

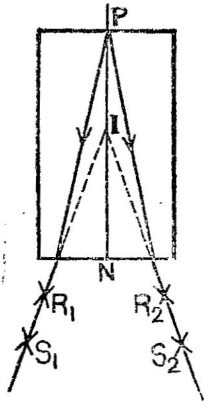
Q என்ற புள்ளியை N-க்கு அருகில் எடுத்திருந்தால்

$\frac{PQ}{IQ}$ ஏறக்குறைய $\frac{PN}{IN}$ - க்குச் சமமாயிருக்கும்

$$\text{ஆகவே,} \quad \mu = \frac{PN}{IN} = \frac{\text{உண்மை ஆழம்}}{\text{போலி ஆழம்}}$$

இதைக்கொண்டு பொருள்களின் விலகல் எண்ணைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

ஒரு செவ்வகக் கண்ணாடிப் பலகையை ஒரு தாளின்மீது வைத்து அதன் உருவத்தை வரை. P என்ற குண்டூசியைக் கண்ணாடிப் பலகைக்கு வெகு அருகில் பதித்து, எதிர்ப் புறத்திலிருந்து அதைப் பார்த்த வண்ணம் S_1, R_1 என்ற இரு குண்டூசிகளைப் P-யுடன் நேர் கோட்டிலிருக்குமாறு பதி. அவ்வாறே S_2 R_2 என்ற வேறு இரு குண்டூசிகளையும் P-யின் பிம்பத்துடன் நேர்கோட்டிலிருக்குமாறு பதி. பிறகு கண்ணாடியையும் குண்டூசிகளையும் எடுத்து விட்டு, S_1 R_1, S_2 R_2 கோடுகளை நீட்டி, P N என்ற லம்பத்தை I என்னும் புள்ளியில் தொடுவதைக் கண்டுபிடி.



படம் 117.

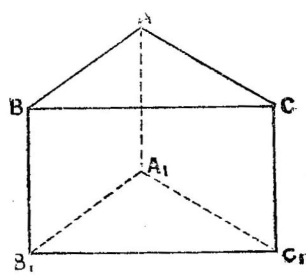
$$\text{கண்ணாடியின் விலகல் எண் } \mu = \frac{PN}{IN}$$

ஒரு செவ்வகக் கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் நீரை எடுத்து, இச் சோதனையைச் செய்து, நீரின் விலகல் எண்ணைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

பட்டகத்தில் ஒளி விலகல் (Refraction through a Prism)

பட்டகம் என்பது, ஒரு கோணத்தில் சாய்ந்துள்ள இரு தளங்களுக்குட்பட்ட ஊடகத்தின் ஒரு பகுதியாகும்.

படம் 118-ல், $AA^1 B^1 B$ என்ற தளமும், $AA^1 C^1 C$ என்ற தளமும், BAC என்ற கோணத்தில் சாய்ந்து, AA^1 என்ற கோட்டில் தொடுகின்றன. இக் கோட்டிற்குப் பட்டகத்தின் விளிம்பு (edge) என்று பெயர். BAC என்ற கோணத்திற்குப் பட்டகத்தின் கோணம் (angle of the Prism) என்று பெயர். இவ்விரு தளங்களுக்கும் செங்குத்தாக வெட்டப்படும் குறுக்கு வெட்டுக்குப் பட்டகத்தின் பிரதம தளம் (Principal Plane) என்று பெயர். ABC என்ற தளம் ஒரு பிரதம தளமாகும். $BCC^1 B^1$ என்ற பக்கம், பட்டகத்தின் அடித்தளம் (base).

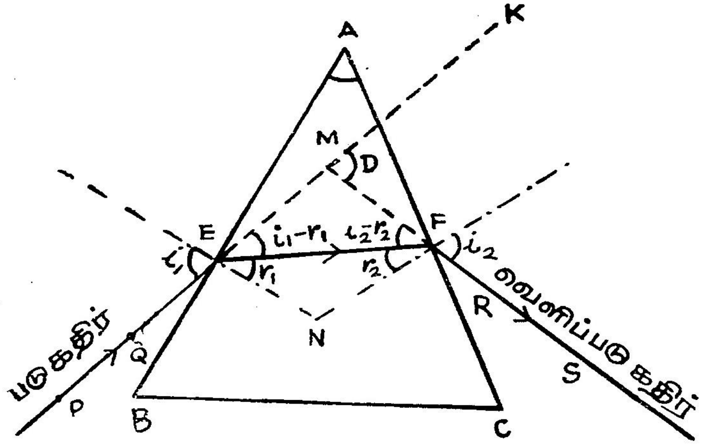


படம் 118.

பட்டகத்தில் ஒளியின் திசைமாற்றம்

AB, AC என்ற பட்டகத்தின் முகங்கள் A என்ற கோணத்திலுள்ளன. PQ என்ற கதிர் E என்ற இடத்தில் AB-யின் மீது படுகிறது. லம்பத்தினருகே விலகி, EF என்ற பாதையில் சென்று, FRS என்ற கதிராக, லம்பத்தைவிட்டு அப்புறமாக விலகிச் செல்கிறது.

i_1, r_1 என்பவை E-யில் படுகோணம், விலகல் கோணமென்றும், i_2 r_2 F-ல் அக் கோணங்கள் என்றும் கொள்வோம்.



படம் 119.

PQ கதிர் EF திசையில் செல்வதால் திசைமாற்றம் $= (i_1 - r_1)$ அவ்வாறே F புள்ளியில் திசை மாற்றம் $= (i_2 - r_2)$

ஆகவே, மொத்த திசைமாற்றம் $D = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$
$= (i_1 + i_2) - (r_1 + r_2)$

PQ வையும் SRஐயும் நீட்டிவிட்டால் M என்ற புள்ளியில் சந்திக்கின்றன. PQM என்ற திசையில் சென்ற கதிர் கடைசியாக MRS என்ற திசையில் வெளிவருவதால், மொத்த திசைமாற்றம் (D), KMS என்ற கோணமாகும்.

AENF என்ற நாற்கோட்டுருவத்தில், E, F என்ற கோணங்கள் செங்கோணங்கள்.

ஆகையால் $\angle ENF = 180 - A$
ENF என்ற முக்கோணத்தில், $\angle ENF = 180 - (r_1 + r_2)$
$\therefore \quad r_1 + r_2 = A$
ஆகவே, திசைமாற்றம் $D = i_1 + i_2 - A$

நீச திசை மாற்றம் (Minimum deviation)

படுகோணம் i_1 இன் அளவை 30 டிகிரியிலிருந்து கொஞ்சங் கொஞ்சமாய் ஏற்றிக் கொண்டே போய், அதன் திசை மாற்றத்தையும் அளந்துகொண்டேபோனால், முதலில் D குறைந்துகொண்டே போகும்; பிறகு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவை அடைந்ததும் அது அதிகரிக்க ஆரம்பிக்கும். இந்தக் குறைந்தபட்ச அளவிற்கு நீச திசைமாற்றம் (Minimum deviation) என்று பெயர்.

இந்த நீச திசைமாற்ற நிலையில் EF கதிர் பட்டகத்தின் அடிக்கு இணையாகச் செல்லும். $i_1 = i_2$; $r_1 = r_2$; AE=AF.

$\therefore$ நீச திசைமாற்ற கோணம் $D = 2i_1 - A$

$$\therefore \quad i_1 = \frac{A + D}{1}$$

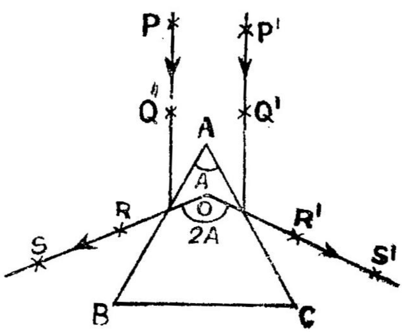
அத்துடன், $2r_1 = A \quad \therefore \quad r_1 = \frac{A}{2}$

$$\therefore \quad \text{விலகல் எண் } \mu = \frac{\text{சைன் } i_1}{\text{சைன் } r_2} = \frac{\text{சைன் } \frac{A + D}{2}}{\text{சைன் } \frac{A}{2}}$$

பட்டகத்தின் விலகல் எண்ணைக் கண்டுபிடித்தல்

(a) பட்டகத்தின் கோணத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

PQ_1 P^1Q^1 என்ற இணைகோடுகளை ஒரு தாளில் வரைந்து, பட்டகத்தின் விளிம்பு அவற்றிற்கிடையே வருமாறு பட்டகத்தை தாளின்மீது வைத்து, அதன் உருவத்தை வரை. PQ என்ற இரு குண்டூசிகளை ஒரு கோட்டின்மீது பதித்து, AB என்ற முகத்தில்

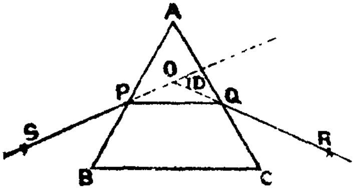


படம் 120.

அவற்றின் பிம்பங்களைக்கண்டு, அவற்றின் நேர்கோட்டில் R, S என்ற இரு குண்டூசிகளைப் பதி. அவ்வாறே மறு இணைகோட்டின்மீதும் P^1, Q^1 என்ற இரு குண்டூசிகளைப் பதித்து அவற்றின் பிம்பங்களின் நேர்கோட்டில் R^1, S^1 என்ற குண்டூசிகளைப் பதி. பிறகு குண்டூசிகளையும் பட்டகத்தையும் எடுத்துவிட்டு, SR, S^1 R^1 என்ற கோடுகளை நீட்டிவிடு. இவற்றிற்கிடையே உள்ள கோணம் 2A ஆகும். ஆகவே, A தெரியவருகிறது.

(*b*) நீச திசைமாற்றத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

பட்டகத்தை ஒரு தாளின்மீது வைத்து அதன் உருவத்தை வரை. AB, AC என்ற முகங்களின் மீது P, Q என்ற புள்ளிகளை Aயிலிருந்து சம தூரத்தில் குறி. அதாவது AP = AQ. கதிர் நீச திசை மாற்றத்தில் சென்றால் அதன் பாதை PQவாகத்தான் இருக்க வேண்டுமென்று மேலே பார்த்தோம். ஆகையால், P,Q என்னும் புள்ளிகளில் இக் குண்டூசிகளை, பட்டகத்தைத் தொட்டவாறு பதி.



படம் 121.

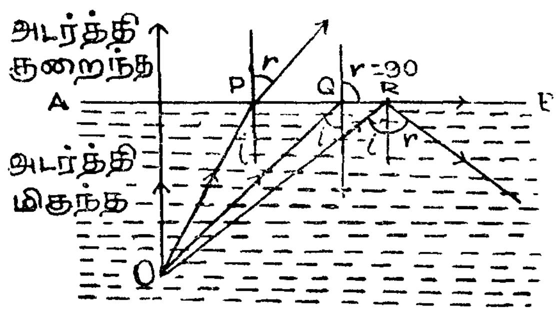
பிறகு R, S என்ற வேறு இரு குண்டூசிகளை, பக்கத்திற்கொண்டுசு, P, Q, S, R, என்ற நான்கும் ஒரே நேர்கோட்டிலிருக்குமாறு கவனித்துப் பதி. S, R என்ற குண்டூசிகளின் இடங்களைக் குறி. SP, QR இரு கோடுகளையும் நீட்டி, O என்ற புள்ளியில் தொட வைத்து, நீச திசைமாற்றத்தை (D) அள.

$$\mu = \frac{\text{சைன் } \frac{A + D}{2}}{\text{சைன் } A/2}$$

என்ற சமன்பாட்டைக்கொண்டு பட்டகத்தின் விலகல் எண்ணைக் கணிக்கலாம்.

பூரண அகத்திருப்பமும் மாறுதானக் கோணமும் (Total Internal Reflection and critical angle)

ஒரு ஒளிக்கதிர் அடர்த்திமிக்க ஊடகத்திலிருந்து அடர்த்தி குறைந்த ஊடகத்திற்குள் செல்லும்போது விலகல் கோணம் ( ) படு கோணத்தைக் (*i*) காட்டிலும் அதிகமாயுள்ளது என்று பார்த்தோம். படுகோணம் அதிகரித்தால், விலகல் கோணமும் அதிகரித்துக்



படம் 122.

கொண்டேபோய், உச்ச அளவு 90°-ஐ எட்டிப்பிடிக்கிறது. இந் நிலையில், விலகல் கதிர் தளத்திற்கு இணையாகச் செல்கிறது.

(OQQ'). இந் நிலையின் படுகோணத்திற்கு மாறுதானக் கோணம் (Critical angle) என்று பெயர். படுகோணத்தை இன்னும் உயர்த்தினால், கதிர் மறு ஊடகத்திற்குள் செல்ல வழியில்லை. முழுவதுமாக அதே ஊடகத்திற்குத் திருப்பப்படுகிறது. இந் நிகழ்ச்சிக்குப் பூரண அகத்திருப்பம் (total internal reflection) என்று பெயர்.

மாறுதானக் கோணம் (Critical Angle)

ஓர் ஒளிக்கதிர் அடர்த்திமிக்க ஊடகத்திலிருந்து அடர்த்தி குறைந்த ஊடகத்தினுள் செல்லும்போது, 90° விலகல் கோணத்தைகொண்ட படுகோணமே அவ்வூடகத்தின் மாறுதானக் கோணம் எனப்படும். இக் கோணம் C என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படும்.

123-ஆம் படத்தில் ஒளி நீரிலிருந்து காற்றிற்குச் செல்கிறது. Q என்னும் படுகையில் விலகல் கோணம் 90° ஆகிறது. ஆகவே, அந்தப் படுகோணமே மாறுதானக் கோணமாகும் (C).

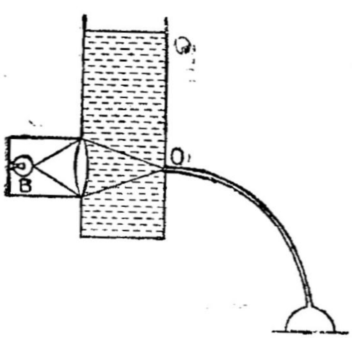
ஒளி நீரிலிருந்து காற்றிற்குச் செல்வதால்,

$$\frac{\text{சைன் } i}{\text{சைன் } r} = \frac{1}{\mu} \quad \therefore \quad \mu = \frac{\text{சைன் } r}{\text{சைன் } i} = \frac{\text{சைன் } 90^\circ}{\text{சைன் } C}$$

$$= \frac{1}{\text{சைன் } C}$$

பூரண அகத்திருப்பத்தின் விளைவுகள்

(1) பிரகாச நீர்வீழ்ச்சி (Luminous Cascade) : ஓர் உலோக ஜாடியின் அடிப்பாகத்தில் ஒரு துவாரமும் (O), அதற்கு எதிர்ப்புறத்தில் ஒரு குவிலென்சு பதிக்கப்பட்டும் உள்ளன. B என்ற பல்பின் வெளிச்சம், லென்சினால் O மீது குவியப்பெறுகிறது. ஜாடியை நீரால் நிரப்பினால், நீர் துவாரத்தின் வழியாகப் பாய்ந்து செல்கிறது. ஒளிக்கதிர் இந் நீர்த்தாரையில், நீரின் மாறுதானக் கோணத்திற்கு அதிகமான கோணத்தில் படுவதால், பூரண அகத்திருப்பமடைந்து, நீருடன் வளைந்து செல்கிறது. கடைசியாக நீர்த்தாரை ஒரு வெண்மையான பாத்திரத்தின் மீது விழுந்தால், மிகப்பிரகாசமாக ஒளிர்வதைக் காணலாம்.

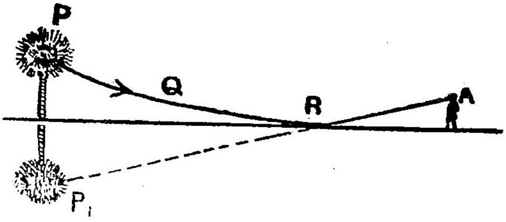


படம் 123.

கானல் தோற்றம் (Mirage)

இது பாலைவனங்களிலும் மத்தியான வேளைகளில் தார்பூசிய சாலைகளிலும் காணப்படும் ஒரு தோற்றம்.

வெயிலின் வெப்பத்தால், தரையும் அதன் மேலுள்ள காற்றும் அதிக வெப்பமடைகின்றன. உயரப் போகப்போகக் காற்றின் வெப்பம் குறைவதால், அதன் அடர்த்தி அதிகமாயுள்ளது; கீழே உள்ள காற்று அடர்த்தி குறைவாயுள்ளது. ஆகவே, ஒரு மர உச்சியின்



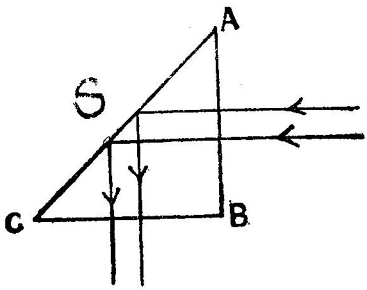
படம் 124.

ஒளிக்கதிர் PQ திசையில் செல்கையில் சில சமயங்களில் மாறுதானக் கோணத்தைவிட அதிக படுகோணத்தில் விழலாம். அப்படியானல் அது பூரண அகத்திருப்பமடைந்து, பிரயாணியின் கண்களுக்கு R A என்ற திசையில் வந்து சேருகிறது. பிரயாணி மரத்தை நேரிலும் காண்கிருன். மரம் ஒரு ஏரியின் கரையில் நிற்பதுபோன்ற தோற்றம் உண்டாகிறது.

மத்தியான வேளையில் தார்பூசிய சாலைகளில் இத் தோற்றத்தைக் காணலாம். தூரத்தில் மேடுபள்ளங்கள் இருந்தால் பள்ளத்தில் நீர் இருப்பது போலவும், அதற்கப்பாலுள்ள பொருள்கள் அதில் பிரதிபலிப்பது போலவும் தோன்றும்.

அகத்திருப்பப் பட்டகங்கள் (Total Reflecting Prisms)

ஒரு நேர்கோண இரு சமபுஜப் பட்டகத்தின் AB முகத்தில் ஒளிக்கதிர் செங்குத்தாய் விழுந்தால் அது விலகலின்றிச் சென்று, AC முகத்தில் 45° படுகோணத்தில் விழும். இது கண்ணுடியின் மாறு

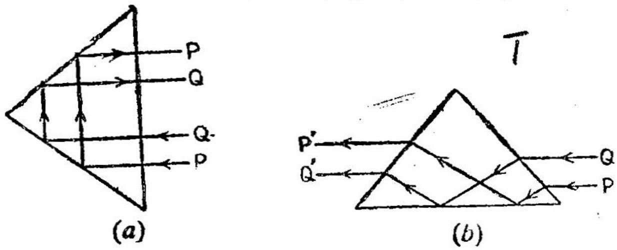


படம் 125.

தானக் கோணத்தைவிட அதிகமாகையால், ஒளி பூரண அகத்திருப்பமடைந்து, முழுவதுமாக BC என்ற முகத்தின்மீது செங்குத்தாக

விழுந்து வெளி வருகின்றது. இப் பட்டகம் பழுதில்லாத ஆடிபோல் ஒளியைத் திருப்புகிறது. இதற்கு முழுத்திருப்பப் பட்டகம் என்று பெயர்.

ஒளிக்கதிர் பட்டகத்தின்மீது 126 (a)-ல் காட்டப்பட்டதுபோல் விழுந்தால், அது தலைகீழாய்த் திருப்பப்படுகிறது. 126 (b)-ல்



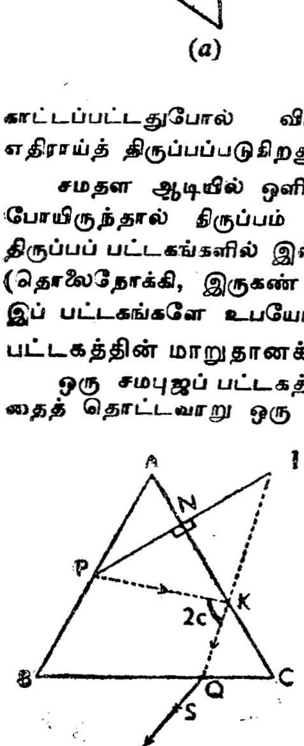
படம் 126.

காட்டப்பட்டதுபோல் விழுந்தால், கதிர் வந்த திசைக்கு நேர் எதிராய்த் திருப்பப்படுகிறது

சமதள ஆடியில் ஒளி சிதறடிக்கப்படும்; வெள்ளிப் பூச்சு மங்கிப் போயிருந்தால் திருப்பம் சரியாக இராது. இப் பிழைகள் முழுத் திருப்பப் பட்டகங்களில் இல்லை. ஆகையால் ஒளியியல கருவிகளில் (தொலைநோக்கி, இருகண் தொலைநோக்கி, பெரிஸ்கோப்பு இவற்றில். இப் பட்டகங்களே உபயோகிக்கப்படுகின்றன.

பட்டகத்தின் மாறுதானக் கோணத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

ஒரு சமபுஜப் பட்டகத்தை ஒருதாளின்மீது வைத்து ABC முகத்தைத் தொட்டவாறு ஒரு குண்டூசியைப் பதி (P). இது AC முகத்தில் அகத்திருப்பம் பெற்றுவருவதை BC முகத்தில், C அருகில் தெளிவாகக் காணலாம். கண்ணை மெதுவாக C அருகிலிருந்து பக்கமாக நகர்த்திக்கொண்டே சென்றால், ஒரு நிலையில் குண்டூசியின் பிம்பம் திடீரென்று வெகு மங்கலாகி விடும். அகத்திருப்பம் நின்று போனதற்கு இது அறிகுறி. இந் நிலையில் P-யுடன் நேர்கோட்டில் தெரியுமாறு RS என்ற இரு குண்டூசிகளைப் பதி. AC முகத்தில் பிரதிபலிக்கும் P-யின் பிம்பத்தைக் குறி (I). அதாவது, PN என்ற லம்பத்தை நீட்டிவிட்டு, PN=NI என்று I-ஐக் குறி. RS கோட்டை நீட்டி, BC முகத்தை Q என்னும் புள்ளியில் தொட, Q, I இரண்டையும் இணை. அது AC-ஐ K என்ற புள்ளியில் வெட்டும். PK



படம் 127.

என்ற கதிர்தான் பட்டகத்தினுள் சென்று AC முகத்தில் மாறு தானக் கோணத்தில் விழுந்து, KQ என்ற திசையில் செல்கிறது (பிம்பம் மறையும் நிலை). ஆகவே PKQ என்ற கோணம் 2C ஆகும். இதிலிருந்து பட்டகத்தின் மாறுதானக் கோணத்தை (C) அறியலாம்.

$\mu = \frac{1}{\text{சைன் } C}$ என்ற சமன்பாட்டைக்கொண்டு விலகல் எண்ணை யும் கணிக்கலாம்.

உதாரணம்

(1) ஒருவன் நீர்ப்பரப்பின் மேலிருந்து நீரின் உள் $1\frac{1}{2}$ அடி போலி ஆழத்தில் ஒரு மீனைப் பார்க்கிறன். மீனின் உண்மை ஆழம் என்ன ? ($\mu = 1{\cdot}33$)

$$\text{ஒளிவிலகல் எண்} = \frac{\text{உண்மை ஆழம்}}{\text{போலி ஆழம்}}$$

$$1{\cdot}33 = \frac{4}{3} = \frac{x}{1\frac{1}{2}}$$

$$\text{எனவே} \quad 3x = 4 \times 1\tfrac{1}{2} = 6$$

$$x = 2 \text{ அடி}$$

(2) ஒரு பட்டகத்தின் கோணம் 60°; அதன் நீச திசை மாற்றம் 40°. அதன் ஒளிவிலகல் எண் என்ன ? அதே பட்ட கத்தில் ஒரு ஒளிக்கதிர் பட்டகத்திலிருந்து வெளிவரும்போது பட்ட கத்தின் பக்கத்துக்கு இணையாக வெளி வந்தால் அந்தக் கதிரின் படு கோணம் என்ன ?

$$\text{ஒளிவிலகல் எண் } \mu = \frac{\text{Sin } \frac{A+D}{2}}{\text{Sin } \frac{A}{2}} = \frac{\text{Sin } \frac{100}{2}}{\text{Sin } \frac{60}{2}}$$

$$= \frac{\text{Sin } 50}{\text{Sin } 30} = 1{\cdot}532$$

வெளிவரும்கதிர் பட்டகத்தின் பக்கத்துக்கு இணையாக உள்ள தால் $i_2 = 90°$

$$\mu = \frac{\text{Sin } i_2}{\text{Sin } \gamma_2} \qquad \therefore \text{Sin } \gamma_2 = \frac{\text{Sin } i_2}{\mu} = \frac{\text{Sin } 90°}{1{\cdot}532}$$

$$= \frac{1}{1{\cdot}532}$$

$$\therefore \quad \gamma_2 = 40°45'$$

$$\gamma_1 + \gamma_2 = 60°$$

$$\therefore \quad \gamma_1 = 19^\circ 15'$$

$$1{\cdot}532 = \frac{\sin i_1}{\sin \gamma_2}$$

$$\therefore \quad \sin i_1 = 1{\cdot}532 \times \sin 19^\circ 15'$$

$$i_1 = 30^\circ\, 20'30''$$

பயிற்சி

(1) ஒரு நீர்த் தொட்டியில் நீர் நிரம்பியுள்ளபோது, அதன் போலி ஆழம் 18 அடி. அதன் உண்மை ஆழம் என்ன? ($\mu = \frac{4}{3}$)

(விடை = 21 அடி)

(2) 6″ கனம் உள்ள ஒரு கண்ணாடித்துண்டை ஒரு புள்ளியின் மீது வைத்தால் அப் புள்ளி எங்கு உள்ளது போல் தோன்றும்? ($\mu = 1{\cdot}5$)

(மேலிருந்து 4″ ஆழத்தில்)

(3) கொடுக்கப்பட்டவைகளிலிருந்து கேட்கப்பட்டவைகளைக் கண்டுபிடி.

(அ)	$i = 32$	$\mu = 1{\cdot}5$	$\gamma = ?$	(விடை $20{\cdot}41'$)
(ஆ)	$i = 40$	$\gamma = 28^\circ$	$\mu = ?$	(,, $1{\cdot}37$)
(இ)	$i = 28{\cdot}28'$	$\gamma = 19^\circ 19'$	$\mu = ?$	(,, $1{\cdot}44$)
(ஈ)	$\gamma = 26^\circ 6'$	$\mu = 1{\cdot}6$	$i = ?$	(,, $44^\circ 44'$)
(உ)	$\gamma = 16^\circ$	$\mu = 2{\cdot}4$	$i = ?$	(,, $41^\circ 25'$)
(ஊ)	$i = 60^\circ$	$\mu = 1{\cdot}4$	$\gamma = ?$	(,, $38^\circ 12'30''$

(4) கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள பொருள்களுக்கு மாறுதானக் கோணங்கள் கண்டுபிடி.

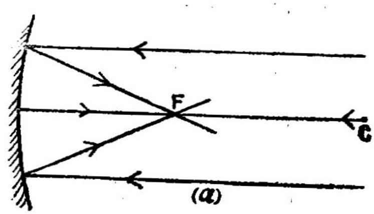
(அ)	ஐஸ்	$\mu = 1{\cdot}31$	விடை ($C = 49^\circ 45'30''$)
(ஆ)	மைகா	$\mu = 1{\cdot}60$	($C = 38^\circ 41'$)
(இ)	சர்க்கரை	$\mu = 1{\cdot}56$	($C = 39^\circ 52'$)
(ஈ)	அனிலீன்	$\mu = 1{\cdot}56$	($C = 38^\circ 58'$)

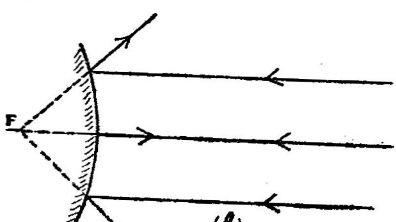
(5) ஒரு பட்டகத்தில் ஒரு ஒளிக்கதிரின் படுகோணம் 60°. அதன் விடுகோணம் 42°23′. அப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் 1·534 ஆனால் அப் பட்டகத்தின் கோணத்தையும், அதன் நீச திசை மாற்றத்தையும் கண்டுபிடி.

25. கோள ஆடிகள்
(Spherical Mirrors)

ஒரு கோளத்தின் ஒரு பகுதியான ஆடியே கோள ஆடி எனப் படும். கோளத்தின் உள் பாகம் (குழியான பாகம்) ரசம் பூசப்பட் டிருந்தால் அதற்குக் குழி அடி (Concave mirror) என்றும், வெளிப் பாகம் (குவிந்த பாகம்) ரசம் பூசப்பட்டிருந்தால் அதற்குக் குவியாடி (Convex mirror) என்றும் பெயர்.

ஆடியைத் தனது பகுதியாகக்கொண்ட கோளத்தின் மையத்திற்கு வளைவு மையம் (Centre of curvature) என்று பெயர். அக் கோளத் தின் ஆரம் வளைவு ஆரம் (Radius of curvature) எனப்படும். ஆடி





படம் 128.

யின் நடுப்புள்ளி அதன் துருவம் (Pole) எனப்படும். வளைவு மையத் தையும் துருவத்தையும் சேர்க்கும் கோடு ஆடியின் முதன்மை அச்சு (Principal axis) எனப்படும்.

முதன்மை அச்சுக்கு அருகில் அதற்கு இணையாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர்க்கற்றை ஒரு குழி ஆடியில் திருப்பமடைந்தால், அது அச்சின்

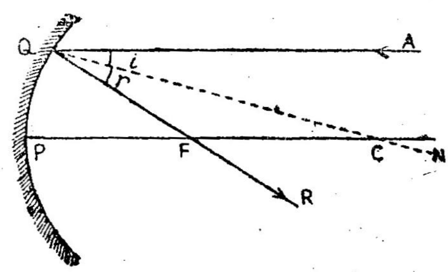
மீதுள்ள ஒரு புள்ளியில் குவியும். ஒரு குவி ஆடியில் திருப்பமடைந்தால், அச்சின் மீதுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிவதுபோலத் தோன்றும். இப் புள்ளிக்கு ஆடியின் குவி மையம் (focus) என்று பெயர். ஆடியின் துருவத்திலிருந்து குவியத்தின் தூரத்திற்கு ஆடியின் குவிதூரம் (focal length) என்று பெயர்.

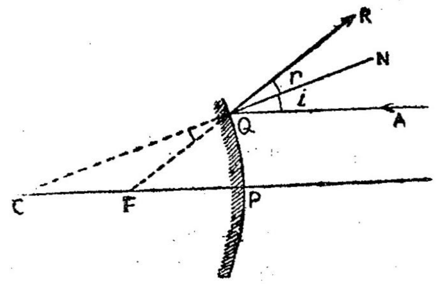
ஒரு கோள ஆடியில் திருப்பமடையும்பொழுது, சமதள ஆடியில் போலவே, திருப்புகோணம் படுகோணத்திற்குச் சமமாய் உள்ளது.

ஒரு கோணத்தின் பரப்பையும் மையத்தையும் இணைக்கும் கோடு, பரப்புக்குச் செங்குத்தாக இருக்குமென்பதை அறிவோம். ஆகவே, ஒரு கதிர் மையத்தின்வழியே செல்லுமானல், அது ஆடியின் பரப்பின்மீது செங்குத்தாக விழுந்து, சென்ற கோட்டிலேயே திருப்பமடையும் என்பது வெளிப்படை.

ஆடியின் அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் கதிர் திருப்பமடைந்த பின்னர், குவியத்தின் வழியாகச் செல்லும்; அல்லது குவியத்திலிருந்து விரிவதாகத் தென்படும். அவ்வாறே, குவியத்தின் வழியேசெல்லும் கதிர் திருப்பமடைந்தபின்னர் அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும்.

கோள ஆடியின் குவிதூரத்திற்கும் வளைவு ஆரத்திற்குமுள்ள தொடர்பு





படம் 129.

ஒரு கோள ஆடியின் துருவம் P, வளைவு மையம் C, குவியம் F என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

PC$=r$; PF$=f$ எனலாம்.

AQ என்ற கதிர், அச்சுக்கு இணையாகச் சென்று, Q வில் திருப்ப மடைந்து QR பாதையில் செல்கிறது. QN ஆடிக்குச் செங்குத்தான கோடு: C வழியே செல்லும்.

படுகோணம் $\angle AQN$ = திருப்பு கோணம் $\angle RQN$

AQ, CP இணைகோடுகள் :

$\therefore \quad \angle AQN = FCQ$

$\angle RQN = FQC$

$\therefore \quad \triangle FCQ$-ல், $\angle FCQ = \angle FQC$

$\therefore \quad FC = FQ = FP$ (QP-க்கு அருகிலிருப்பதால்) அல்லது,

$PC = 2\ PF$

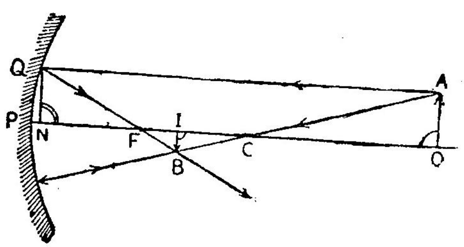
$r = 2f.$

ஒரு கோள ஆடியின் வளைவுஆரம் அதன் குவி தூரத்தைப்போல் இருமடங்காகும்.

குழி ஆடியில் பிம்பம்

ஒரு புள்ளியின் பிம்பத்தைப் பெறுவதற்கு, புள்ளியிலிருந்து, இரு கதிர்களை எடுத்துக்கொள்ளலாம். ( ) ஒன்று அச்சுக்கு இணையாகச் சென்று, திருப்பமடைந்து குவியத்தின் (F) வழியாகச் செல்லும; (ii) மற்றொன்று வளைவு மையத்தின் (C) வழியே சென்று அதே வழியாகத் திரும்பும். இவ்விரு கோடுகளும் சந்திக்கும் புள்ளியே பிம்பம். F வழியாகச் செல்லும் கதிர் அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும்.

1. பொருள் வெகு தூரத்திற்கு அப்பாலிருந்தால், அதிலிருந்து வரும் கதிர்கள் ஆடியை வந்தடையும் பொழுது இணைகதிர்க் கற்றையா

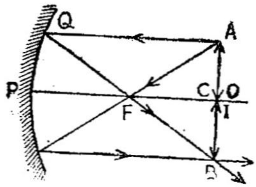


படம் 130.

யிருக்கும். திருப்பத்திற்குப்பின் அவையெல்லாம் குவியத்தில் கூடும். ஆகவே, பிம்பம் குவியத்தில் உண்டாகிறது.

2. OA என்ற பொருள் வளைவு மையத்திற்கு அப்பாலிருந்தால், A-யிலிருந்து AQ அச்சுக்கு இணையாகவும், AC மையம் வழியாகவும் செல்லும இரு கதிர்களைக்கொண்டு A யின் பிம்பம் B யைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

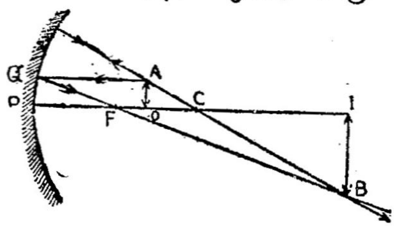
OAயின் பிம்பம் IB ஆகிறது. இது F-க்கும் C-க்கும் இடையே உள்ளது: உண்மை உருவம் தலை கீழாய், உருவத்தில் சிறிதாய் உள்ளது.



படம் 131.

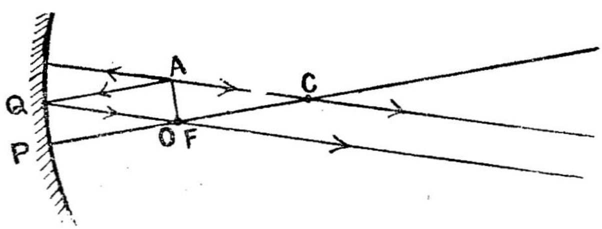
3. பொருள் வளைவு மையத்தில் (C) இருந்தால், பிம்பமும் அதே இடத்தில் உண்டாகிறது. பிம்பம் உண்மை உருவம்; தலைகீழாய், பொருளின் அளவாகவே உள்ளது.

4. பொருள் C-க்கும் F-க்கும் இடையே இருந்தால், பிம்பம் IB உண்மை உருவமாய், தலைகீழாய், பெருக்கமடைந்துள்ளது.



படம் 132.

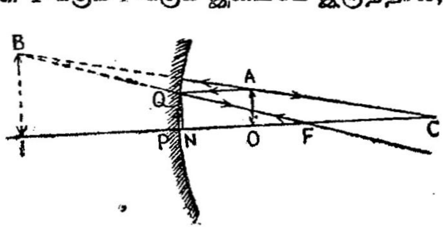
5. பொருள் குவியத்திலே (F) இருந்தால், திருப்பமடையும் கதிர்கள் யாவும் இணையாக உள்ளன. ஆகவே அவை வரம்பற்ற



படம் 133.

தூரத்தில் (infinity) தான் கூடுகின்றன. பிம்பமும் வரம்பற்ற தூரத்தில் உண்டாகின்றது. அதைக் காணவும் முடியாது.

6. பொருள் P-க்கும் F-க்கும் இடையே இருந்தால், திருப்பமடை



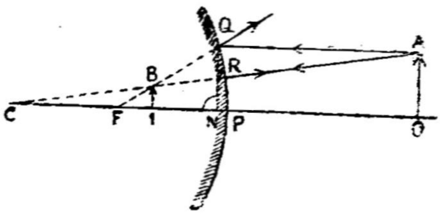
படம் 134.

யும் கதிர்கள் விரிந்து செல்கின்றன; ஆகையால் அவை ஒன்று சேரா.

அவற்றை ஆடிக்குப் பின்புறமாக நீட்டிவிட்டால் B என்னும் புள்ளியில் சந்திக்கும். ஆகவே பிம்பம் IB போலியாய், நேராக, உருப் பெருக்கமடைந்துள்ளது.

குவி ஆடியில் பிம்பம்

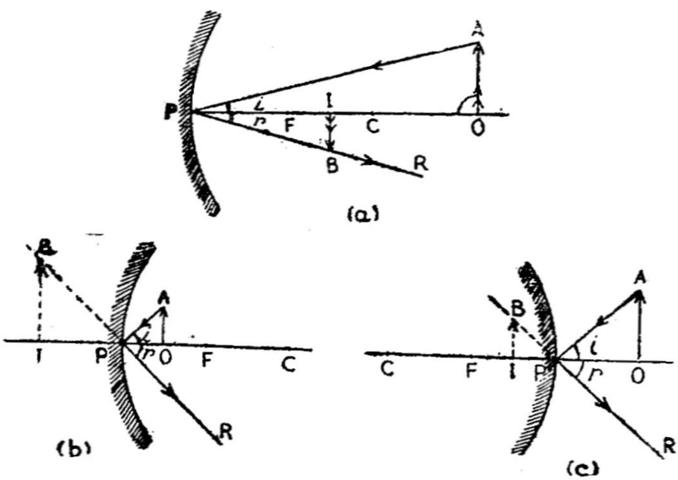
குவியாடியில் பொருள் எங்கிருந்தாலும், அதன் பிம்பம், போலியாய், நேராக, உருக்குறைந்து, P-க்கும் F-க்கும் இடையிலேயே உண்டாகும்.



படம் 135.

பொருள், பிம்பம், குவியம் இவற்றின் தூரங்களுக்கிடையே உள்ள உறவு (Relation between *u*, *v*, *f*.)

தூரங்களெல்லாம் ஆடியின் துருவத்திலிருந்தே அளக்கப்படும். உண்மையான ராசிகளின் தூரங்களுக்கு மிகைக் குறியும் (+), போலி ராசிகளின் தூரங்களுக்குக் குறைக் குறியும் (−) தருவது வழக்கம்.



படம் 136.

குழியாடியின் குவியம் உண்மையானதாகையால் அதன் குவிதூரம் மிகைக்குறி பெறும். குவியாடியின் குவியம் போலி; அதன் குவிதூரம் குறைக்குறி பெறும்.

OA என்ற பொருள் IB என்ற பிம்பத்தை உண்டுபண்ணுகிறது. AR என்ற கதிரை அச்சுக்கு இணையாகவும், AC என்ற கதிர் மையத்தினூடேயும் சென்று, பிம்பத்தைத் தருகின்றன. பொருள், பிம்பம், குவியம் இவை, P-யிலிருந்து u, v, f தூரத்தில் உள்ளன. Q-விலிருந்து அச்சுக்கு லம்பம் QN வரை. N, P-க்கு வெகு அருகில் உள்ளது.

மூன்று படங்களிலும், △OAC, IBC வடிவொத்தவை.

$$\therefore \frac{OA}{IB} = \frac{OC}{IC}$$

△NQF, IBF வடிவொத்தவை. $\therefore \frac{NQ}{IB} = \frac{NF}{IF}$

AQ, OP இணையானவை. $\therefore NQ = OA$;

N, Pக்கு வெகுஅருகில் இருப்பதால் $NF = PF$

$$\therefore \frac{OA}{IB} = \frac{PF}{IF}$$

(1) குழியாடி: உண்மைப் பிம்பம்.

u, v, f மூன்றும் மிகைக்குறியுள்ளவை.

$OC = OP - CP = u - 2f$

$IC = CP - IP = 2f - v$

$PF = f$; $IF = IP - PF = v - f$

$$\therefore \frac{u-2f}{2f-v} = \frac{f}{v-f}$$

i. e. $2f^2 - vf = uv - uf - 2vf + 2f^2$

i. e. $vf + uf = uv$

முழுவதையும் $(u \times v \times f)$ ஆல் வகுத்தால்

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

குழியாடி: போலிபிம்பம்

இங்கு v குறைக்குறியுள்ளது. u, f மிகைக்குறியுள்ளது.

$OC = CP - OP = 2f - u$

$IC = CP + IP = 2f + (-v) = 2f - v$

$PF = f$; $IF = PF + IP = f + (-v) = f - v$

$$\therefore \frac{2f-u}{2f-v} = \frac{f}{f-v}$$

$$\therefore 2f^2 - 2vf - uf + uv = 2f^2 - vf$$

$$vf = uf = uv$$

முழுவதையும் $u \times v \times f$ ஆல் வகுத்தால்

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

குவியாடி: போலி பிம்பம்

இங்கு u (+); v, f இரண்டும் (−). படம் 136 (C)-யில்

$OC = OP + PC = u + (-2f) = u - 2f$

$IC = PC - IP = -2f - (-v) = v - 2f$

$PF = -f$; $IF = PF - IP = -f - (-v) = v - f$

$\therefore \dfrac{u-2f}{v-2f} = \dfrac{-f}{v-f}$

$\therefore -vf + 2f^2 = uv - 2vf - uf + 2f^2$

$vf + uf = uv$

யாவற்றையும் $u \times v \times f$ ஆல் வகுத்தால்

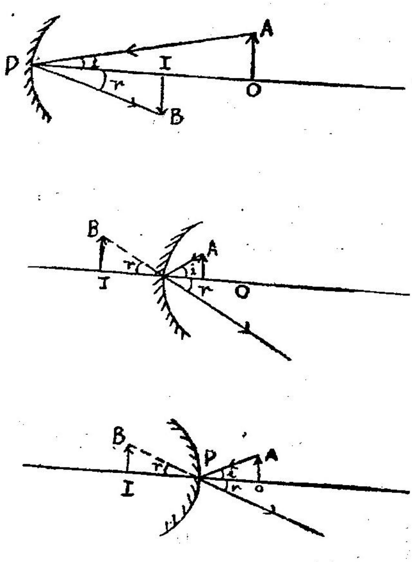
$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}.$$

ஆகவே கோள ஆடிகளில்,

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

என்ற சமன்பாடு தூரங்களின் உறவைக் காண்பிக்கிறது.

உருப்பெருக்கம் (Magnification)



படம் 137.

OA என்ற பொருள் IB என்ற பிம்பத்தை உண்டுபண்ணுகிறது: $i = r$.

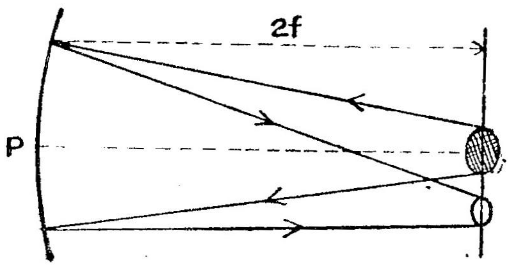
$\triangle$ IBP, OAP வடிவொத்தவை.

$$\therefore \frac{IB}{OA} = \frac{IP}{OB} = \frac{v}{u}$$

$\frac{\text{பிம்பத்தின் அளவு}}{\text{பொருளின அளவு}} = \frac{OA}{IB}$, என்பது ஆடியின் உருப்பெருக்கம் எனப்படும் (Magnification) (M). ஆகவே, $m = \frac{v}{u}$.

குழி ஆடியின் குவிதூரத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

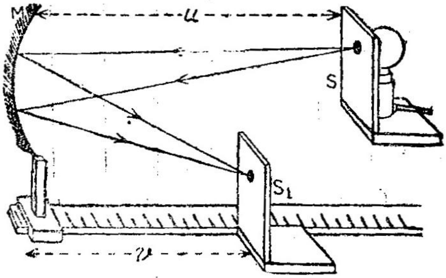
(1) மிகவும் எளிதானமுறை: குழியாடியைக் கொண்டு அதி தூரத்திலுள்ள பொருளின் பிம்பத்தை ஒரு திரையிலே பிடி. திரையை முன்னுக்கும் பின்னுக்கும் தள்ளி, தெளிவான பிம்பத்தை உண்டு பண்ணு. ஆடியிலிருந்து திரையின் தூரமே குவிதூரம்.



படம் 138.

(2) செங்குத்தான திருப்பு முறை

ஒரு திரையின் மையத்தில் ஒரு சிறு கம்பிவலை சன்னலைப் பதித்து, அதன் பின்னால் ஒரு விளக்கை வை. இதுவே பொருள் (0). ஒரு குழியாடியைக்கொண்டு, பொருளின் பிம்பத்தை அதே திரையின்மீது 0-வுக்கு அருகே தெளிவாக உண்டுபண்ணு. இப்பொழுது 0 ஆடியின் வளைவு மையத்திலுள்ளது. ஆகவே $OP=2f$. இதிலிருந்து f தெரியவரும்.



படம் 139.

(3) $u—v$ முறை: ஒரு கம்பிவலை பதித்த திரையின்பின்னே விளக்கை வைத்து (O), அதன் பிம்பத்தை வேறொரு திரையில் தெளி

வாக உண்டுபண்ணு (I). ஆடியிலிருந்து (M) பொருளின் தூரத்தையும் பிம்பத்தின் தூரத்தையும் அள. $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ என்ற சமன்பாட்டைக்கொண்டு f-ஐக் கணி.

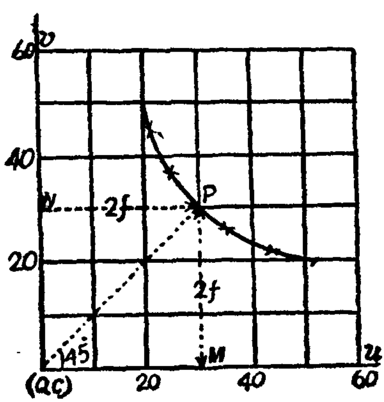
u தூரங்களை மாற்றி, சில v-க்குக் குறைவாகவும் சில v-க்கு அதிகமாகவும் இருக்குமாறு வைத்து, தெளிவான பிம்பம் உண்டாகுமாறு I திரையை வை. அளவீடுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப் படுத்து.

u	v	$f = \frac{uv}{u \times v}$

கடைசிக்கட்டம் ஏறக்குறைய மாறுமல் இருக்கும். அவற்றின் சராசரி அளவைக் கண்டுபிடி. இதுவே f.

(4) வரைபட முறை (graphical method)

மேலே குறிப்பிட்டவாறு வெவ்வேறு u அளவுகளுக்கு அதன் v அளவுகளைக் கண்டுபிடி. u அளவுகளை x அச்சிலும், v அளவுகளை



படம் 140

y அச்சிலுமாக எடுத்து, வரைபடம் வரை. ஆரம்பப்புள்ளி 0, 0 வாக ஆரம்பிக்கவேண்டும். இரு அச்சிலும் ஒரே விகித அளவுகள் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். XOY கோணத்தைச் சமமாய்த் துண்டிக்கும் கோடு OP-யை வரைந்து, அது வரைபடத்தை P என்ற

புள்ளியில் தொடுமாறு செய். இப் புள்ளியில் $u = v$. ஆகவே $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$; $\therefore$ $\frac{2}{v} = \frac{1}{f}$ $\therefore$ $f = \frac{u}{2}$. ஆகவே, P-யின் லம்பமான M, N என்ற புள்ளிகளின் அளவை (OM, ON) அளந்து, அதில் பாதியே f என்று கொள்.

உதாரணங்கள்

(1) 20 செ.மீ. வளைவு ஆரம் உள்ள ஒரு குழிஆடியின்முன் 12 செ.மீ. தொலைவில் 3 செ.மீ. உயரமுள்ள ஒரு பொருள் வைக்கப் பட்டுள்ளது. பிம்பத்தினுடைய தூரம் என்ன? அதன் தன்மை (natuıe) என்ன ?

வளைவு ஆரம் = 20 செ.மீ.

$\therefore$ குவிதூரம் = 10 செ.மீ.

u = 12 செ.மீ.

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

$$\therefore \quad \frac{1}{12} + \frac{1}{v} = \frac{1}{10}$$

$$(ie) \quad \frac{1}{v} = \frac{1}{10} - \frac{1}{12} = \frac{6-5}{60} = \frac{1}{60}$$

$\therefore$ $v = 60$ செ.மீ. பிம்பம் உண்மைப் பிம்பம்.

உருப்பெருக்கம் $= \frac{v}{u} = \frac{60}{12} = 5$

பிம்பத்தின் உயரம் $= 5 \times 3 = 15$ செ.மீ.

(2) 100 செ.மீ. குவிதூரம் உள்ள ஒரு குழிஆடியின் முன் எந்த தூரத்தில் பொருளை வைத்தால், அதைப்போல் 10 மடங்கு பெரிதாக்கப்பட்ட மாயாபிம்பம் கிடைக்கும் ?

குவி தூரம் $f = 100$ செ.மீ.

உருப்பெருக்கம் $\frac{v}{-u} = 10$. பிம்பம் மாயாபிம்பம்.

எனவே $v = -10u$

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

$$\therefore \quad \frac{1}{u} - \frac{1}{10u} = \frac{1}{100}$$

$$\frac{10-1}{10u} = \frac{1}{100}$$

$$10u = 900$$

$$u = 90 \text{ செ.மீ.}$$

பொருள் ஆடியின்முன் 90 செ.மீ. தொலைவில் இருக்க வேண்டும்

(3) ஒரு கோள ஆடியின் முன் 20 செ.மீ. தொலைவில் உள்ள பொருளைப்போல் பாதி அளவில் (Half Size) மாயாபிம்பம் கிடைத்தால், ஆடி குவி ஆடியா ? குழி ஆடியா ? அதன் குவிதூரம் என்ன?

$$\text{உருப்பெருக்கம்} = \frac{u}{v} = \frac{1}{2}$$

பிம்பம் மாயாபிம்பம். எனவே $v = -\frac{1}{2}u$

அல்லது $v = -10$ செ.மீ.

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

$$\therefore \frac{1}{20} - \frac{1}{10} = \frac{f}{1}$$

$$\text{(i.e.)} \quad \frac{1-2}{20} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = -20 \text{ செ.மீ.}$$

குவி தூரத்தின் குறி குறைக்குறியானதால் ஆடி குவிஆடி.

(1) கீழ்க்கண்டவற்றின் பிம்பத்தின் தூரம், அளவு முதலியனவற்றைக் கணக்கிடு.

(அ)	$u = 20$ செ.மீ.	$f = 10$ செ.மீ.
(ஆ)	$u = 15$ செ.மீ.	$f = 20$ செ.மீ
(இ)	$u = 40$ செ.மீ.	$f = 8$ செ.மீ.
(ஈ)	$u = \infty$	$f = 100$ செ.மீ.
(உ)	$u = 25$ செ.மீ.	$f = 15$ செ.மீ.

விடை : (அ) 20 செ.மீ., அதே அளவு உண்மை பிம்பம்

(ஆ) 60 செ.மீ., உருப்பெருக்கம் 4, மாயாபிம்பம்

(இ) 10 செ.மீ., உருப்பெருக்கம் $\frac{1}{4}$, உண்மை பிம்பம்

(ஈ) குவியத்தில், உண்மை பிம்பம்

(உ) 37·5 செ.மீ., உருப்பெருக்கம் $1\frac{1}{2}$, உண்மைபிம்பம்

(2) கீழேகொடுக்கப்பட்ட u, v மதிப்புகளுக்கு f கணக்கிடு.

(அ)	$u = 40$ செ.மீ.,	$v = 30$ செ. மீ.
(ஆ)	$u = 15$,,	$v = 30$,,
(இ)	$u = 100$,,	$v = 150$,,
(ஈ)	$u = 35$,,	$v = 45$,,
(உ)	$u = 20$,,	$v = -40$,,
(எ)	$u = 16$,,	$v = -36$,,
(ஏ)	$u = 20$,,	$v = -10$,,

விடை : (அ) −120 செ.மீ. (குவி)
(ஆ) 10 செ.மீ. (குழி)
(இ) 60 செ.மீ. (,,)
(ஈ) 19·69 செ.மீ. (,,)
(உ) 40 செ.மீ. (,,)
(எ) 28·8 செ.மீ. (,,)
(ஏ) −20 செ.மீ. (குவி)

(3) கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஆடிகளில் ஏற்பட்டுள்ள உருப்பெருக்கங்களுக்குச் சரியான u, v கணக்கிடு.

(அ) $f =$ 10 செ.மீ. $m = 2$
(ஆ) $f =$ 25 செ.மீ. $m = \frac{1}{4}$
(இ) $f =$ 100 செ.மீ. $m = 5$
(ஈ) $f =$ 50 செ.மீ. $m = \frac{1}{3}$

விடை : (அ) $u =$ 15 செ.மீ. $v =$ 30 செ.மீ. (உண்.)
$u =$ 5 செ.மீ. $v =$ 10 செ.மீ. (மாயா)
(ஆ) $u =$ 125 செ.மீ. $v =$ 31·25 (மாயா)
(இ) $u =$ 120 செ.மீ. $v =$ 600 (உண்மை)
$u =$ 80 செ.மீ. $v = -400$ (மாயா)
(ஈ) $u =$ 200 செ.மீ. $v = -66\frac{2}{3}$ (மாயா)

(4) 5 செ.மீ. உயரமுள்ள ஒரு பொருள் குவி ஆடியின்முன் 8 செ.மீ. தொலைவில் உள்ளது. பிம்பத்தின் உயரம் 2 செ.மீ. ஆனால், குவிதூரம் என்ன ?

விடை $5\frac{1}{3}$ செ. மீ.

(5) ஒரு குழி ஆடிக்கும் திரைக்கும் நடுவில் ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளுக்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் 48 செ.மீ. திரையில் கிடைக்கும் பிம்பத்தின் உருப்பெருக்கம் மூன்றானால், ஆடியின் குவிதூரம் என்ன ?

விடை 18 செ.மீ.

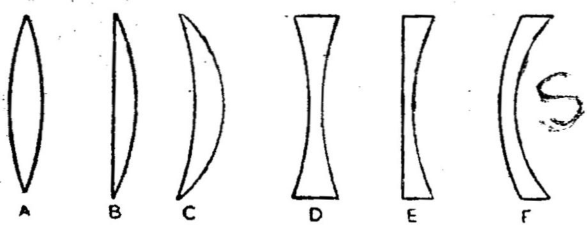
(6) ஒரு குழிஆடியும் குவிஆடியும் 80 செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவைகளின் வளைவு ஆரம் முறையே 60 செ.மீ., 160 செ.மீ. இவைகளுக்கிடையே சரிபாதி தூரத்தில் ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. முதலில் குழி ஆடியில் திருப்பம் அடைந்து பிறகு குவி ஆடியில் திருப்பம் அடைவதனால் உண்டாகும் பிம்பத்தின் தூரம், உருப்பெருக்கம், தன்மை என்ன ?

26. கோள லென்சுகள்

(Spherical Lenses)

லென்சு என்பது இருகோளப் பரப்புகளுக்கிடையே உள்ள ஒளிபுகும் ஊடகம்.

படம் 141-ல் வெவ்வேறு வகையான கோள லென்சுகள் காட்டப் பட்டுள்ளன. விளிம்பைவிட மத்தியபாகம் தடிப்பாய் இருந்தால்



படம் 141.

அதற்குக் குவிலென்சு (Convex lens) என்றும், மத்திய பாகம் தடிப்பம் குறைவாக இருந்தால் அதற்குக் குழிலென்சு (Concave lens) என்றும் பெயர்.

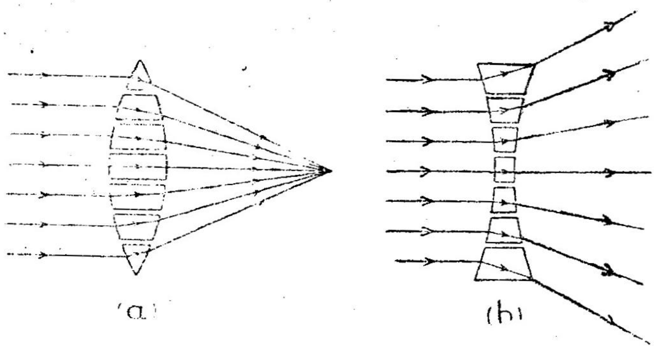
லென்சு இருகோளப் பரப்புகளால் உண்டாகியிருந்தால், அக் கோளங்களின் மையங்களைச் சேர்க்கும் கோட்டுக்கு லென்சின் முதன்மை அச்சு (Principal axis) என்று பெயர்.

B, E-ல் காட்டப்பட்டதுபோல், ஒருபுறம் கோளப் பரப்பும் ஒரு புறம் சமதளப் பரப்புமாயிருந்தால், கோள மையத்திலிருந்து சமதளப் பரப்பிற்குச் செங்குத்தாயுள்ள கோடு முதன்மை அச்சாகும்.

லென்சின் குவியம்

லென்சின் அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் ஒளிக்கதிர், லென்சின் ஊடே விலகல் அடைந்த பின்னர், குவி லென்சாயிருந்தால் அதன் அச்சின் மேலுள்ள ஒரு புள்ளியில் குவியும்; குழிலென்சாயிருந்தால் அதன் அச்சின் மேலுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிவதும்போல்

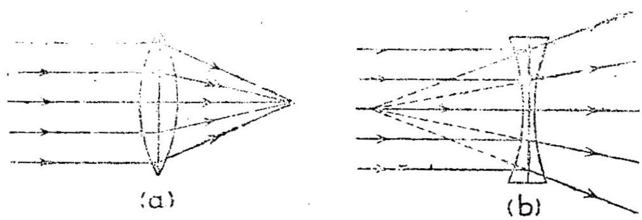
தோன்றும். இப் புள்ளிக்கு லென்சின் குவியம் (focus) என்று பெயர்.



படம் 142.

லென்சின் மையத்திலிருந்து குவியம் உள்ள தூரத்திற்கு லென்சின் குவிதூரம் (focal length) என்று பெயர் (f).

இணைக் கதிர்கள் எதிர்ப்புறமாக வந்தால், இவ்வாறே குவியம் எதிர்ப்புறத்தில் அதேதூரத்தில் (f) இருக்கும்.



படம் 143.

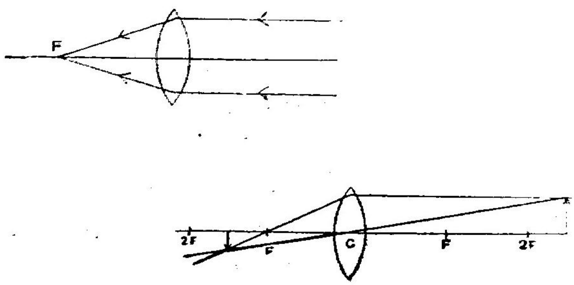
ஒரு லென்சு, தலை வெட்டப்பட்ட பல பட்டகங்களாலானவை என்று கருதலாம். பட்டகங்களினூடே செல்லும் ஒளிக் கதிர்கள் பட்டகத்தின் அடியை நோக்கி விலகலடையும். குவிலென்சில் பட்டகங்களின் அடிப்பாகம் லென்சின் மையத்தை நோக்கியுள்ளன. ஆகையால், குவிலென்சினூடே செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் லென்சின் அச்சை நோக்கிக் குவியும். குழிலென்சில் அடிப்பாகங்கள் லென்சின் மையத்திற்கு எதிர் நோக்கியுள்ளன. ஆகையால் ஒளிக்கதிர் அச்சை விட்டு அப்புறமாக விலகுகின்றன. இது காரணமாகக் குழிலென்சை விரிவு லென்ஸ் (diverging lens) என்றும் சொல்வதுண்டு.

பிம்பம்: லென்சு உண்டுபண்ணும் பிம்பத்தைக் கண்டுபிடிக்க இரு கதிர்களை எடுத்துக்கொள்ளலாம்: (i) அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் கதிர், லென்சில் விலகல் அடைந்தபின்னர், லென்சின் குவி

யத்தின் வழியாகச் செல்லும். (ii) லென்சின் மையத்தின் வழியாகச் செல்லும் ஒரு கதிர், திசைமாற்றமின்றி அந்த நேர்க்கோட்டில் செல்லும்.

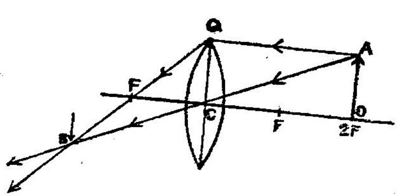
குவிலென்ஸ்

(1) வெகு தூரத்திலுள்ள பொருள்கள் : பொருள் வெகு தூரத்திற்கப்பாலிருந்தால் கதிர்கள் லென்சை வந்தடையும்பொழுது இணையாக உள்ளன. ஆகவே, அவை யாவும் குவியத்தினூடே செல்லும்; பிம்பம் குவியத்தில் உள்ளது



படம் 144.

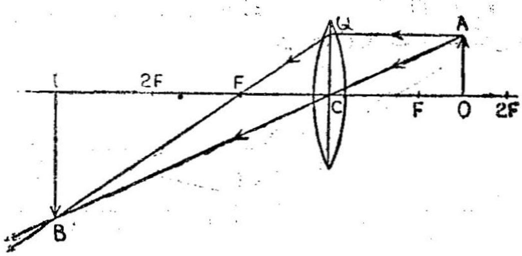
(2) பொருள் 2 F-க்கு அப்பால் உள்ளது. OA என்ற பொருளின் பிம்பம் IB நிஜ உருவமாய், தலைகீழாய், உருக்குறைந்து, F-க்கும் 2F-க்கும் இடையே உள்ளது.



படம் 145.

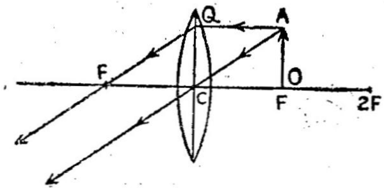
(3) பொருள் 2F-ல் இருந்தால், பிம்பமும் மறுபுறத்தில் 2 F-ல் உண்டாகும். இது நிஜ உருவாய், தலைகீழாய், பொருளின் அதே அளவுள்ளதாக இருக்கும்.

(4) பொருள் F-க்கும் 2F-க்கும் இடையே இருந்தால், பிம்பம்



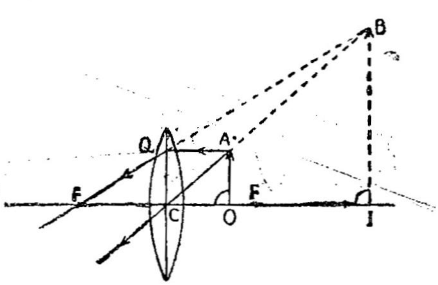
படம் 146.

மறுபுறத்தில் 2 F-க்கு அப்பால் உண்டாகும். இது நிஜ உருவாய், தலைகீழாய், உருப்பெருக்கமடைந்து உள்ளது.



படம் 147.

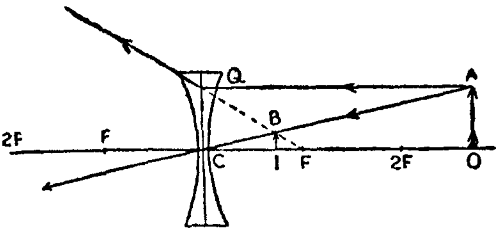
(5) பொருள் F-ல் இருந்தால், கதிர்கள் லென்சின் ஊடே சென்றபின் இணையாகச் செல்லும். ஆகையால், பிம்பம் உண்டாகாது. [வரம்பில்லா தூரத்தில் (infinity) உண்டாகும்.]



படம் 148.

(6) பொருள் C-க்கும் F-க்கும் இடையே இருந்தால், லென்சில் விலகலடைந்தபின் விரிந்துச்செல்லும். அவற்றைப் பின்பக்கமாக நீட்டிவிட்டால் B-யில் தொடும். ஆகவே, பிம்பம் IB போலியாய், நேராக, உருப்பெருக்கமடைந்துள்ளது.

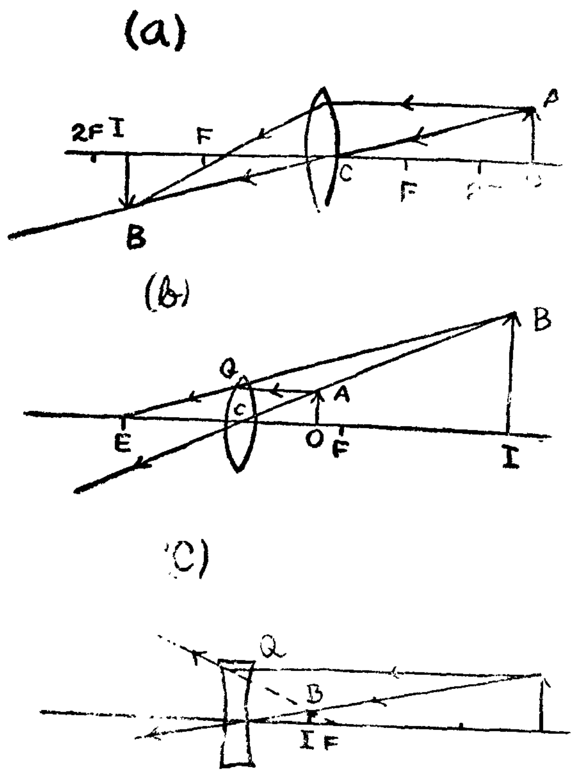
குழிலென்ஸ்: பொருள் OA எங்கே இருந்தாலும், குழிலென்ஸில் உண்டாகும் பிம்பம் IB போலியாய், நேராக, உருக்குறைந்து, C-க்கும் F-க்குமிடையே உள்ளது.



படம் 149.

பொருள், பிம்பம், குவியம் இவற்றின் தூரங்களுக்கிடையே உள்ள உறவு (Relation between u, v, f)

தூரங்களெல்லாம் லென்சிலிருந்து அளக்கப்படும். நிஜ ராசிகளின் தூரங்கள் மிகைக் குறியுடனும் (+), போலி ராசிகளின் தூரங்கள் குறைக் குறியுடனும் (−) எடுத்துக்கொள்ளப்படும்.



படம் 150.

குவிலென்சின் குவிதூரம் மிகைக்குறியுடையது. குழிலென்சின் தூரம் குறைக்குறியுடையது.

குவிலென்சு, குழிலென்சுகளைக்கொண்டு உண்டாகும் வெவ்வேறு வகையான பிம்பங்கள் படம் 150-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

எல்லாப் படங்களிலும், முக்கோணங்கள் OAC, IBC உருவ மொத்தவை.

$$\therefore \frac{OA}{IB} = \frac{OC}{IC}$$

△ CQF, IBF உருவமொத்தவை. $\therefore \frac{CQ}{IB} = \frac{CF}{IF}$

A Q, OC இணைகோடுகள் : $\therefore CQ = OA$

$$\therefore \frac{OC}{IC} = \frac{CF}{IF}$$

குவிலென்ஸ்: நிஜபிம்பம் (படம் 150 a)

பொருள், பிம்பம் இரண்டும் நிஜமாகையால், u, v, f மூன்றும் மிகைக்குறியுள்ளவை (+).

320

$OC = u;\quad IC = v;\ CF = f.$

$IF = IC - CF = v - f$

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

$\therefore vf = uv - uf$; அல்லது, $vf + uf = uv$

யாவற்றையும் $u \times v \times f$ ஆல் வகுத்தால்,

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

குவிலென்ஸ்: போலி பிம்பம் (படம் 150 b)

பொருள் நிஜமாகவும் பிம்பம் போலியாகவும் உள்ளதால், $u, f\ (+);\ v\ (-)$.

$OC = u;\quad IC = -v;\quad CF = f.$

$IF = IC + CF = -v + f = f - v$

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

$\therefore uf - uv = -vf$

$\therefore vf - uf = uv$

மூன்றையும் $u \times v \times f$ ஆல் வகுத்தால்,

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

குழிலென்ஸ் : போலி பிம்பம் (படம் 150 c)

பொருள் நிஜமானது; பிம்பம் போலி. ஆகையால், u-க்கு மிகைக்குறி (+); v, f-க்குக் குறைக்குறி (—).

$$OC = u; \quad IC = v; \quad CF = f.$$

$$IF = CF - IC = -f - (-v) = v - f$$

$$\therefore \quad \frac{u}{-v} = \frac{-f}{v-f}$$

$vf = uv - uf$ அல்லது, $vf + uf = uv$ மூன்றையும் $u \times v \times f$ ஆல் வகுத்தால்,

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

உருப்பெருக்கம் (Magnification, m)

உருப்பெருக்கம் என்பது பிம்பத்தின் நீளத்திற்கும் பொருளின் நீளத்திற்கும் உள்ள விகிதம்.

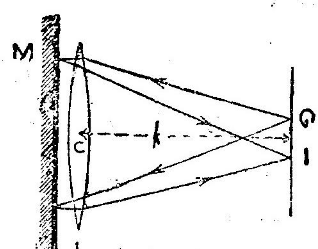
அதாவது, உருப்பெருக்கம் $m = \frac{IB}{OA}$

$\frac{OA}{IB} = \frac{OC}{IC}$ என்று மேலே பார்த்தோம்.

$$\therefore m = \frac{IB}{OA} = \frac{IC}{OC} = \frac{v}{u}$$

கோள லென்சுகளின் குவிதூரத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

(1) குவிலென்ஸ் : வெகுதூரத்திலுள்ள ஒரு பொருளின் பிம்பத்தை ஒரு குவிலென்சுகொண்டு திரையின்மீது பிடித்து, பிம்பம் தெளிவாகுமாறு திரையை நகர்த்தி வை. பொருள் வெகுதூரத்தில் உள்ளதால், அதன் கதிர்கள் லென்சின்மீது இணையாக விழுந்து குவியத்தில் பிம்பத்தை உண்டுபண்ணுகின்றன. லென்சிலிருந்து திரையுள்ள தூரமே குவிதூரம்.



படம் 151.

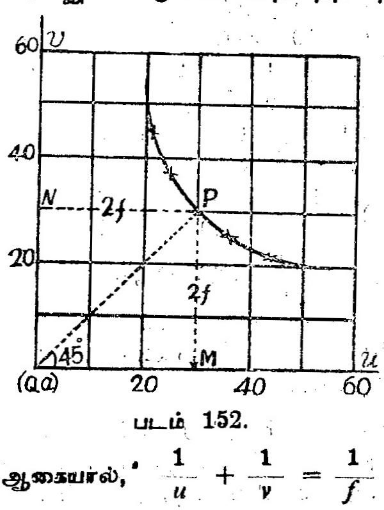
(2) சமதள ஆடி முறை : ஒரு லென்சையும் ஒரு சமதள ஆடியையும் (M) வெகு அருகில் வைத்து, ஒரு கம்பிவலை சன்னல் பதித்த திரையை அவற்றின் முன்பாகப் பிடி. கம்பிவலையின் பிம்பம் திரையின்மீது தெளிவாக விழுமாறு திரையை நகர்த்து. கம்பிவலையின் கதிர்கள் லென்சினூடே சென்று, மறுபுறம் இணையாக வெளிப்பட்டு, சமதள ஆடியில் திரும்பப்பெற்று, இணையாக லென்சினுள்

செல்கின்றன. ஆகையால், அவை குவியப்படும் இடமே லென்சின் குவியம். லென்சுக்கும் திரைக்கும் உள்ள தூரம் குவிதூரம்.

(3) $u-v$ முறை: ஒரு லென்சின் ஒருபுறம் ஒரு கம்பிவலைச் சன்னலையும், மறுபுறம் ஒரு திரையையும் வைத்து, சன்னலுக்குப் பின்புறமாக ஒரு விளக்கை வை. கம்பிவலையின் பிரகாசமான பிம்பத்தைத் திரையில் தெளிவாகப் பிடி. லென்சிலிருந்து கம்பிவலையின் தூரத்தையும் (u), அதன் பிம்பத்தின் தூரத்தையும் (v) அளந்து, $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ என்ற சமன்பாட்டைக்கொண்டு, குவிதூரத்தைக் கணக்கிடு. அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்தி, குவிதூரத்தின் சராசரி அளவைக் கணக்கிடு.

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

(4) மேலேகண்ட முறைபின்படி u, v அளவுகளை ஒரு வரைபடத்தில் u அளவுகளை x அச்சிலும், v அளவுகளை y அச்சிலுமாகக் குறித்து, வரைபடம் வரை. XOY கோணத்தைச் சமமாய்த் துண்டிக்குமாறு OP கோடு வரை. இக்கோடு வரைபடத்தைத் தொடுமிடத்தில் (P)



படம் 152.

$u = v$. ஆகையால், $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

$$\therefore \quad \frac{2}{u} = \frac{1}{f} \; ; \; f = \frac{u}{2}$$

ஆகவே, P என்ற புள்ளியின் x, y அளவுகளாகிய OM, ON-ஐ அள. அவற்றின் சராசரி அளவில் பாதியே குவிதூரம்.

குவிதிறன் (Focal Power)

ஒரு சமதளக் கண்ணாடித் தகட்டிற்கு ஒளிக்கதிர்களைக் குவிக்கும் திறன் கிடையாது. அதன் குவிதூரம் வரம்பில்லாதது. ஒரு குவிலென்சின் குவிதூரம் குறையக்குறைய அதன் குவிதிறனும் அதிகரிக்கிறது. ஒரு லென்சின் குவி தூரத்தை (f) மீட்டரில் அளவிட்டால், $1/f$-க்குக் குவிதிறன் என்று பெயர்.

குவிலென்சின் குவிதிறனுக்கு மிகைக்குறியும் குழிலென்சின் குவி திறனுக்குக் குறைக்குறியும் தருவது வழக்கம்.

கொடுக்கப்பட்ட ஒரு சிறு கண்ணாடித்துண்டு லென்சா வெறும் தகடா என்று கண்டுபிடிக்க ஒரு சுலபமான வழியுண்டு. கண்ணாடித் துண்டைக் கண்ணுக்கு அருகில் பிடித்து மேலும்கீழும் அசை. அதன் வழியாகக் காணும் பொருள்களின் பிம்பங்கள் அசைக்கும் திசையிலேயே நகர்ந்தால், அது குழிலென்சு; எதிர் திசையில் நகர்ந்தால், அது குவிலென்சு; ஒரு திசையிலும் நகரவில்லையென்றால், அது வெறும் தகடு.

உதாரணம்

(1) 10 செ.மீ. குவிதூரம் உள்ள குவிலென்சின்முன் 25 செ.மீ. தூரத்தில் ஒரு பொருள் உள்ளது. அப் பிம்பத்தின் தூரம், உருப் பெருக்கம், தன்மை முதலியன என்ன ?

$$u = 25 \text{ செ.மீ.}$$
$$f = 10 \text{ செ.மீ.}$$
$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$
$$\therefore \frac{1}{25} + \frac{1}{v} = \frac{1}{10}$$
$$\text{(i e.)} \quad \frac{1}{v} = \frac{1}{10} - \frac{1}{25} = \frac{5-2}{50} = \frac{3}{50}$$
$$\therefore v = \frac{50}{3} = 16\tfrac{2}{3} \text{ செ.மீ.}$$

$$\text{உருப்பெருக்கம்} = \frac{v}{u} = \frac{50}{3 \times 25} = \frac{2}{3}$$

பிம்பம் நிஜபிம்பம்.

2. ஒரு பொருளுக்கும் திரைக்குமிடையே ஒரு குவிலென்சு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் பொருளைப்போல் 5 மடங்கு பெரிதாக்கப்பட்ட பிம்பம் திரையில் கிடைக்கிறது. பொருளின் தூரத்தை லென்சிலிருந்து 30 செ.மீ. தூரம் அதிகரிக்கச்செய்து, பிறகு திரையை

நகர்த்தியதில் பொருளைப்போல் 2 மடங்கு பெரிதாக்கப்பட்ட பிம்பம் கிடைக்கிறது. லென்சின் குவிதூரம் என்ன ? திரை எவ்வளவு தூரம் நகர்த்தப்பட்டது ?

பொருளின் தூரம் u என வை.

உருப்பெருக்கம் $= \frac{v}{u} = 5$

$$\therefore \quad v = 5u$$

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

$$\therefore \frac{1}{u} = \frac{1}{5u} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{5+1}{5u} = \frac{1}{f}$$

$$5u = 6f \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{(i)}$$

திரையை நகர்த்திய பிறகு அதன் தூரம் V என வை. உருப்பெருக்கம் $= \frac{v}{u} = \frac{V}{u+30} = 2$

$$\therefore \quad V = 2(u+30)$$
$$= 2u+60.$$

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

$$\therefore \frac{1}{(u+30)} + \frac{1}{2(u+30)} = \frac{1}{f}$$

$$\text{(i.e.)} \quad \frac{2+1}{2(u+30)} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore 2u + 60 = 3f$$

முதல் சமன்பாட்டின்படி $u = \frac{6}{5} f$

$$\text{எனவே, } 2 \times \frac{6}{5} f + 60 = 3f$$

$$3f - 2{\cdot}4 f = 60$$
$$0{\cdot}6 f = 60$$
$$f = 100 \text{ செ.மீ.}$$

திரையின் தூரம்

(i) உருப்பெருக்கம் 5 ஆக இருக்கும்போது

$$u = \frac{6}{5} f = \frac{6}{5} \times 100 = 120 \text{ செ.மீ.}$$

$$\therefore v = 5u = 600 \text{ செ.மீ.}$$

(ii) உருப்பெருக்கம் 2 ஆக இருக்கும்போது,

$$u = 120 + 30 = 150 \text{ செ.மீ.}$$

$$V = 2 \times 150 = 300 \text{ செ.மீ.}$$

திரை நகர்த்தப்பட்ட தூரம் $= 600 - 300 = 300$ செ.மீ.

பயிற்சி

(1) குவிதூரம் கணக்கிடு.

(அ) $u = 20$ செ.மீ. $v = 60$ செ.மீ.
(ஆ) $u = 20$,, $v = -60$,,
(இ) $u = 10$,, $v = -5$,,
(ஈ) $u = 12$,, $v = -48$,,
(உ) $u = 100$,, $v = 25$,,

விடை : (அ) 15 செ.மீ. (ஆ) 30 செ.மீ.
(இ) —10 செ.மீ. (குழி)
(ஈ) 16 செ.மீ. (உ) 20 செ.மீ.

(2) கீழே கொடுக்கப்பட்ட லென்சுகளில் ஏற்பட்டுள்ள உருப்பெருக்கங்களுக்குச் சரியான u, v கணக்கிடு.

(அ) $f = 90$ செ.மீ. $m = 3$
(ஆ) $f = 20$,, $m = \frac{1}{2}$
(இ) $f = -15$,, $m = \frac{1}{3}$
(ஈ) $f = -10$,, $m = 2$

விடை : (அ) $u = 120$ செ.மீ. $v = 360$ செ.மீ. (நிஜ)
$u = 60$ செ.மீ. $v = -180$ செ.மீ. (மாய)
(ஆ) $u = 60$ செ.மீ. $v = 30$ செ.மீ.
(இ) $u = 30$ செ.மீ. $v = -10$ செ.மீ.
(ஈ) $u = -5$ செ.மீ. $v = 10$ செ.மீ. (நிஜ)
$u = -15$ செ.மீ. $v = -30$ செ.மீ. (மாய)

(3) ஒரு பட விளக்கில் (magic lantern) பொருளுக்கும் லென்சுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் 10 செ.மீ. 5 செ.மீ. பக்கமுள்ள சதுரமான ஒரு ஸ்லைடின் (slide) பிம்பம், 1·95 மீட்டர் பக்கமுள்ள சதுரமாகத் திரையில் உண்டானால் லென்சின் குவிதூரம் என்ன?

விடை : 9·75 செ.மீ.

(4) ஒரு திரைப்படக் கருவியில் (Cinema projector) படலத்தின் (film) அளவு $1\frac{1}{2}'' \times 1''$. படத்தின் பிம்பம் திரையில் $10' \, 6'' \times 7'$ ஆகக் கிடைக்கிறது. லென்சின் குவிதூரம் 6 செ.மீ. ஆனால் படலத்திற்கும் லென்சுக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் என்ன? லென்சுக்கும் திரைக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் என்ன?

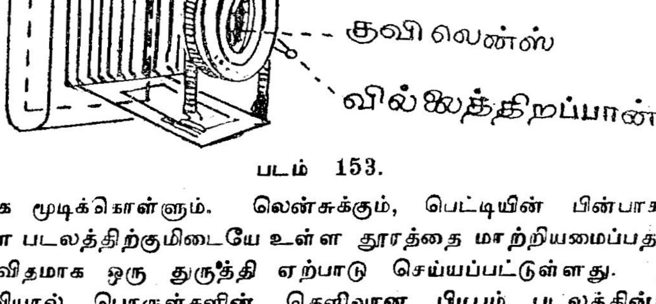
விடை : $6\frac{1}{14}''$, $42\frac{1}{8}'$.

27. ஒளியியல் கருவிகள் (Optical Instruments)

ஒளியியல் கருவிகளில் பல வகைகளுண்டு. அவை அன்றாட ஜீவியத்திலும், விஞ்ஞான ஆராய்ச்சி, தொழில்துறை, பாதுகாப்புத் துறை முதலிய பல துறைகளிலும் வெகுவாகப் பயன்படுகின்றன. அவற்றில் ஒரு சிலவற்றைமட்டும் இங்குக் கவனிப்போம்.

போட்டோ காமிரா (Photographic Camera)

காமிரா என்பதற்கு அறை என்று பொருள். போட்டோ காமிரா ஓர் ஒளிபுகாப் பெட்டி. அதனுள் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒளி உணர்வுள்ள (light sensitive) படலத்தின்மீது பொருள்களின் நிஜ பிம்பம் தலைகீழாய் விழுந்து அதில் இரசாயன மாறுதல்களை உண்டு பண்ணுகிறது. பெட்டியின் முன்பக்கத்தில் ஒரு குவிலென்ஸ் பொருத்தப்பட்டு, அதை ஒரு தகடு மூடியுள்ளது. ஒரு வில்லையைத் தள்ளினால் இத் தகடு வெகு சிறிது நேரத்திற்குத் திறந்து, பின்



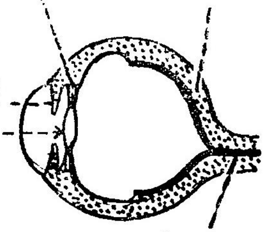
படம் 153.

தானாக மூடிக்கொள்ளும். லென்சுக்கும், பெட்டியின் பின்பாகத்திலுள்ள படலத்திற்குமிடையே உள்ள தூரத்தை மாற்றியமைப்பதற்கு ஏற்றவிதமாக ஒரு துருத்தி ஏற்பாடு செய்யப்பட்டுள்ளது. இதனுதவியால் பொருள்களின் தெளிவான பிம்பம் படலத்தின்மீது விழச் செய்வது சாத்தியமாகிறது.

லென்சின் விட்டம் அதிகமானால், அதிகமான ஒளி உட்புக ஏதுவாகிறது; ஆகையால், அதிவேகமான படங்களையும், மங்கலான ஒளியில் படங்களையும் பிடிக்க முடிகிறது. இதையே லென்சின் வேகம் என்று குறிப்பிடுகிறார்கள். இது f எண்ணால் குறிப்பிடப்படுகிறது. ஒரு லென்சின் குவிதூரத்தை அதன் விட்டத்தால் வகுத்துவந்த எண்ணுக்கு f எண் என்று பெயர். f எண் சிறியதாயிருந்தால், லென்சின் வேகம் அதிகமாகும் (விட்டம் அதிகம்).

நமது கண் (Human Eye)

நமது கண் ஒரு போட்டோ காமிராவைப்போன்றது. கண்ணின் முன்புறத்தில் உள்ள லென்ஸ், பொருள்களின் பிம்பத்தைப் பின்புறமாக உள்ள விழித் திரையின்மீது (Retina) விழச்செய்கிறது.



படம் 154.

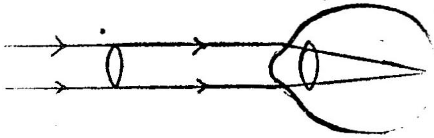
கண்ணின் கருவிழி (iris) என்பது ஒரு திரை. இதன் மத்தியில் ஒரு துவாரம் (pupil) உள்ளது. உள்புகும் ஒளியின் அளவிற்கேற்றவாறு இது விரிந்தும் சுருங்கியும் ஒளியின் செறிவைச் சரிப்படுத்துகிறது.

காமிராவுக்கும் கண்ணுக்குமுள்ள வித்தியாசம் என்னவென்றால், கண்ணின் லென்ஸ் குவிந்தும் நீண்டும் தனது குவிதூரத்தை மாற்றிக்கொள்ளக் கூடியது. இவ்வாறு மாற்றிக்கொள்வதால், 25 செ. மீட்டரிலிருந்து வெகுதூரம்வரையுள்ள பொருள்களின் பிம்பம் கண் திரையில் தெளிவாக விழும். 25 செ.மீட்டருக்குக் குறைவான தூரத்திலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காணமுடியாது. இத் தூரத்திற்குக் 'கண்பார்வையின் நீச தூரம்' (least distance of distinct vision) என்று பெயர்.

பார்வையிலேற்படும் ஊனங்களும் நிவர்த்தியும்

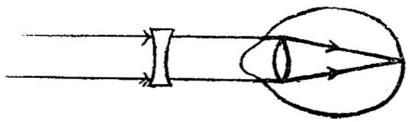
(1) கிட்டப்பார்வை (Short-sight, myopia): இந்த ஊனம் ஏற்பட்டவர்கள் மிக அருகிலிருக்கும் பொருள்களை மட்டுமே காணக் கூடும். லென்சின் குவிதூரம் குறைந்துவிடுவதால், இது ஏற்படுகிறது. தூரத்திலுள்ள பொருள்களின் பிம்பம் கண்திரைக்கு முன்பாக

விழுவதால் மங்கலாகத் தெரிகின்றது. இதை நிவர்த்திக்க, ஒரு குழி லென்சைக் கண்முன்பாக அணியவேண்டும். வேண்டிய லென்சின் குவிதூரம் என்னவென்பதை நேரில் சோதித்தறிவது அவசியம்.



படம் 155.

(2) தூரப்பார்வை (Long-sight, hypermetropia): இந்த ஊனத்தையுடையவர்கள் தூரத்திலுள்ள பொருள்களைப் பார்க்கலாம்; அருகிலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண முடியாது. கண்ணின் லென்ஸ்; குவிதூரத்தைச் சரியாகக் குறைத்துக்கொள்ள முடியாமை

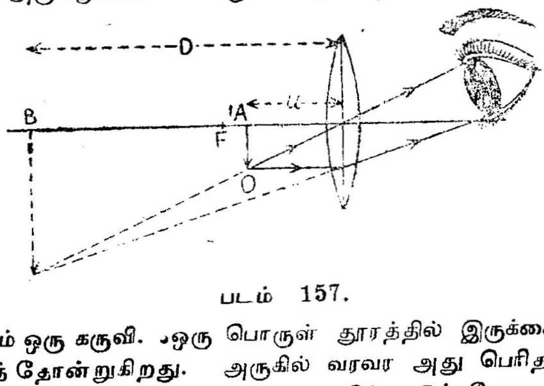


படம் 156.

யால் பிம்பம் கண்திரைக்குப் பின்னால் விழுகிறது. இதை நிவர்த்திக்கச் சரியான குவிதூரமுள்ள குவிலென்சை உபயோகிக்கவேண்டும்.

(3) ஒருதளப் பார்வை (Astigmatism): இந்த ஊனம் உடையவர்களுக்குக் கண் லென்சின் கிடையான வளைவும் செங்குத்தான வளைவும் சமமாயிரா. கிடையான கோடுகளும் செங்குத்தான கோடுகளும் ஒரேசமயத்தில் தெளிவான பிம்பங்களை உண்டுபண்ணமாட்டா. இதை நிவர்த்திக்க உருளைவடிவ லென்சை அணியவேண்டும்.

தனி மைக்ராஸ்கோப் (Simple microscope): மைக்ராஸ்கோப் என்பது அருகிலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண்பதற்குப்



படம் 157.

பயன்படும் ஒரு கருவி. ஒரு பொருள் தூரத்தில் இருக்கையில் அது சிறிதாகத் தோன்றுகிறது. அருகில் வரவர அது பெரிதாகத் தெரிகிறது. ஏனென்றால், அது நம் கண்ணில் படும் கோணம் பெரிதா

கிறது. ஆனால், 25 செ.மீட்டருக்கு அருகில் கொண்டுவந்தால் பொருளைத் தெளிவாகக் காணமுடியாது. இவ்வாறு அருகிலுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண உதவுவதே மைக்ராஸ்கோப் என்பது. இதற்கு, ஒரு குவிலென்சை கண்ணுக்கு அருகில் பிடிக்க வேண்டும். லென்சின் குவிதூரத்திற்குள் பொருள் இருந்ததானால், ஒரு போலி பிம்பம், நேராக உருப் பெருக்கத்துடன் கண்பார்வையின் நீச தூரத்தில் (D) உண்டாகுமாறு குவிலென்சை ஒழுங்குபடுத்தலாம். பொருள் u தூரத்திலும் பிம்பம் D தூரத்திலும் இருப்பதால்,

$$\therefore \text{ உருப்பெருக்கம் } = \frac{D}{u}$$

பிம்பம் போலியாகையால்,

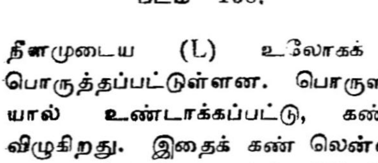
$$\frac{1}{u} + \frac{1}{-D} = \frac{1}{f} \text{ அல்லது, } \frac{1}{u} = \frac{f+D}{fD}$$

$$\therefore \text{ உருப்பெருக்கம் } = \frac{D}{u} = \frac{f+D}{f} = 1 + \frac{D}{f}$$

எந்தக் குவிலென்சையும் தனி மைக்ராஸ்கோப்பாக உபயோகிக்கலாம். லென்சின் குவிதூரம் 10 செ.மீட்டர் என்றால், D = 25 செ.மீட்டர்; உருப்பெருக்கம் $= 1 + \frac{25}{10} = 3{\cdot}5$.

கூட்டு மைக்ராஸ்கோப் (Compound microscope)

உருப்பெருக்கம் இன்னும் அதிகமாக வேண்டுமானால் கூட்டு மைக்ராஸ்கோப் தேவை. இதில் இரு லென்சுகள் உள்ளன. பொருளின் அருகில் உள்ள பொருள் வில்லை (Objective) மிகவும் குறுகிய குவிதூரமுள்ளது. அடுத்த லென்ஸ் கண்ணுக்கருகே உள்ள கண் லென்ஸ், சிறிது அதிக குவிதூரமுள்ளதாக இருக்கலாம். இவை இரண்டும் ஒரு குறிப்பிட்ட நீளமுடைய (L) உலோகக் குழாயின் இரு நுனிகளில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. பொருளின் நிஜபிம்பம் பொருள் வில்லையால் உண்டாக்கப்பட்டு, கண் லென்ஸின் குவிதூரத்திற்குள் விழுகிறது. இதைக் கண் லென்ஸ் மறுபடியும் உருப்பெருக்கி, கண் பார்வையின் நீச தூரத்தில் (D) பிம்பம் உண்டுபண்ணுகிறது. கூட்டு மைக்ராஸ்கோப்பின் உருப்பெருக்கம் $\doteq \frac{DL}{f_1 f_2}$ என்று காண்பிக்கலாம் (f_1 f_2 லென்சுகளின் குவிதூரங்கள்). சில மைக்ராஸ்கோப்புகளில் 2000 உருப்பெருக்கம் பெறலாம்.

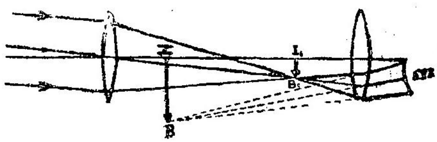


படம் 158.

வான் தொலைநோக்கி (Astronomical Telescope)

தொலைநோக்கி என்பது தூரமாயுள்ள பொருள்களைத் தெளிவாகக் காண உதவும் ஒரு கருவி.

வான் தொலைநோக்கியில் இரு லென்சுகள், இரு உலோகக் குழாய்களின் முனைகளில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இக் குழாய்கள் ஒன்றிற்குள் மற்றொன்று நழுவக்கூடியது. இதன்மூலமாய் இரு லென்சுகளுக்குமிடையே உள்ள தூரத்தை மாற்றலாம். வெகு தூரத்திற் கப்பாலுள்ள பொருளின் பிம்பம் பொருள் வில்லையின் குவிதூரத்தில் தலைகீழாய் நிஜ உருவாய் உருக்குறைந்து உண்டாகிறது. இது கண் லென்சின் குவிதூரத்திற்குள் விழுவதால், பிம்பம் உருப்பெருக்கமடைந்து IB-யாக உண்டாகிறது. பொருள் வில்லையின் குவிதூரம்



படம் 159.

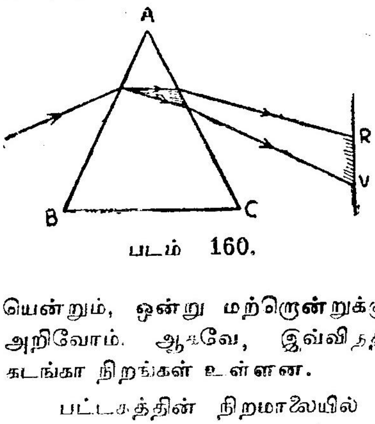
F என்றும் கண் லென்சின் குவி தூரம் f என்றும் வைத்துக்கொண்டால், உருப்பெருக்கம் $= \frac{F}{f}$ என்று காண்பிக்கலாம். அதிகமான உருப்பெருக்கம் வேண்டுமானால், தொலைநோக்கியின் நீளம் அதிகமாயிருப்பதன் காரணம் இதனால் விளங்கும்.

28. நிறப்பிரிகை

(Dispersion of Light)

இணையான ஒரு வெண் ஒளிக் கதிர் ஒரு பட்டகத்தினூடே சென்றால், அது பல நிறமுடைய பட்டையாகப் பிரிந்து வெளி வருவதைக் காண்போம். இதற்கு நிறமாலை (Spectrum) என்று பெயர். நிறங்கள் பிரிந்துபோவது நிறப்பிரிகை (Dispersion) எனப் படும்.

சுமார் முன்னூறு ஆண்டுகளுக்கு முன்பு, சர் ஐஸக் நியூட்டன் சூரிய ஒளிக்கதிரை ஒரு பட்டகத்தினூடே செலுத்தி, நிறமாலையை முதன்முதலாக உண்டுபண்ணினார்.



படம் 160.

வெள்ளை ஒளி பல நிறங்களின் தொகுப்பு என்று காண்பித்து, பிரித்த நிறங்களில் ஊதா, கருநீலம், நீலம், பச்சை, மஞ்சள், பழுப்பு, சிவப்பு என ஏழு வெவ்வேறு நிறங்கள் உள்ளன என்று கண்டார். ஆனால், இந் நிறங்கள் திடீரென ஒன்று மற்றொன்றாக மாறுவதில்லையென்றும், ஒன்று மற்றொன்றுக்குள் கலந்துவிடுகிறதென்றும் நாம் அறிவோம். ஆகவே, இவ்விதத் தொடர் நிறமாலையில் எண்ணுக் கடங்கா நிறங்கள் உள்ளன.

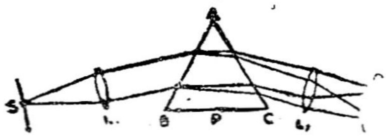
பட்டகத்தின் நிறமாலையில் சிவப்பு நிறம் எல்லா நிறங்களையும் விட, மிகச் சிறிய அளவு திருப்பமும், ஊதா நிறம் எல்லாவற்றிலும் அதிக அளவுத் திருப்பமும் அடைகின்றன. ஆகவே, சிவப்புநிற விலகல் எண் யாவற்றிலும் மிகவும் சிறியதாயும், ஊதாநிற விலகல் எண் யாவற்றிலும் மிக அதிகமாயும் உள்ளன.

சுத்த நிறமாலை (Pure spectrum)

மேலே குறிப்பிட்ட சோதனையில், நிறங்கள், ஒன்றன் மீதொன்று விழுவதால் அவ்வளவு தெளிவாயிரா. அதற்குக் கலப்பு நிறமாலை (impure spectrum) என்று பெயர். சுத்த நிறமாலை பெறுவதற்கு, படுகதிர் குறுகிய கற்றையாகவும், இணையானதாகவும்

இருக்கவேண்டும். பட்டகம் நீசத் திசைமாற்ற நிலையில் இருத்தல் வேண்டும்.

L என்ற குவிலென்சின் குவியத்தில் S என்ற சிறு துவாரமுடைய திரையுள்ளது. ஆகவே, ஒளிக்கதிர்கள் லென்சிலிருந்து இணையாகச் சென்று பட்டகத்தின்மீது விழுகின்றன. திருப்பமடைந்த இணைக் கதிர்கள் L என்ற லென்சால் திரையின்மீது குவிக்கப்படுகின்றன. வெவ்வேறு இடங்களில் குவிக்கப்படுவதால் நிறங்கள் சுத்தமாய் உள்ளன.



படம் 161.

இதற்குச் சுத்த நிறமாலை (Pure spectrum) என்று பெயர்.

இவ்வாறு துவாரம், லென்ஸ் முதலியவை உடைய கருவிக்கு நிறமாலைமானி (Spectrometer) என்று பெயர்.

நிறமாலை வகைகள் (Types of spectra)

1. நிறங்களிடையே இடைவெளியின்றித் தொடர்ச்சியாக உள்ள நிறமாலைக்குத் தொடர் நிறமாலை (Continuous spectrum) என்று பெயர். மிகவும் சூடேறிய திடதிரவப் பொருள்கள் வெளியிடும் ஒளியின் நிறமாலை இவ் வகையைச் சேர்ந்தவை.

2. வரி நிறமாலை (Line spectrum): சூடேற்றப்பெற்ற வாயுக்களும் வெளிவிடும் ஆவிகளும் ஒளியைப் பட்டகத்தின் வழியே செலுத்தினால், தொடர்பற்ற பல்வேறு நிறங்கள்கொண்ட இணையான கோடுகள் தென்படும். உதாரணமாக, சோடியம் விளக்கின் ஒளியில் இரு நெருங்கிய மஞ்சள் கோடுகள் உள்ளன. பாதரச ஆவி விளக்கில் இரு மஞ்சள், ஒரு பச்சை, ஒரு நீலம், இரு ஊதா வரிகள் உள்ளன. ஒவ்வொரு தனிமத்திற்கும் (element) சிறப்பியல்பான (characteristic) நிறவரிகள் உண்டு. வெவ்வேறு பொருள்களின் ஒளியை நிறமாலைமானியில் பரிசோதித்து, அதிலுள்ள நிறவரிகளைக்கொண்டு, அப்பொருள்களில் என்னென்ன தனிமங்கள் உள்ளன என்று கண்டுபிடித்துவிடலாம். இம் முறையைக்கொண்டு விண்மீன்கள் (stars), அண்டங்கள் (galaxies) இவற்றின் ஒளியை ஆராய்ந்து, அவற்றைப் பற்றிப் பல முக்கியமான உண்மைகளைக் கண்டுபிடித்துள்ளனர்.

3. சூரியனது ஒளியைக் கவனமாக ஆராய்ந்தால், அதன் தொடர் நிறமாலையின் இடையிலே பல இருண்ட வரிகள் (dark lines) தென்படும். இதற்கு உட்கவர் நிறமாலை (Absorption spectrum) என்று பெயர். இவ்விருண்ட வரிகளின் காரணத்தை விளக்கிய ஃப்ரான் ஹோஃப்பர் (Fraunhofer) என்பவரின் பெயரே இவ் வரிகளுக்குக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது (Fraunhofer lines).

ஒலியியல் (Sound)

29. ஒலியின் உற்பத்தியும் பரவுதலும்

(Production and Propagation of Sound)

ஒலி என்பது காற்றில் அல்லது மற்றப் பொருள்களில் உண்டாகும் அதிர்வு. நாம் பேசும்பொழுது நமது தொண்டையிலுள்ள குரல் நாண், விநாடிக்குச் சுமார் 60-லிருந்து 1,000 தடவை வேகமாக அசைந்து, காற்றில் அதிர்வு உண்டாகச் செய்கிறது. இதுவே ஒலியாக நமது காதுகளில் கேட்கிறது. ஒரு குழலை ஊதும் பொழுது, ஒருவர் பாடும்பொழுது, கைதட்டும்பொழுது, இடி இடிக்கும் பொழுது உண்டாவதெல்லாம் ஒலிதான். இவை யாவும் காற்றிலே அதிர்வை உண்டுபண்ணி, அவை நம் காதிலுள்ள செவிப்பறையை அசைத்து ஒலியாகக் கேட்கச்செய்கின்றன. நாம் கைதட்டும் பொழுது ஒரு நிலையான அதிர்வு உண்டாவதில்லை; திடீரென்று ஒரு மிகச்சிறிய நேரத்திற்கே அதிர்வு ஏற்பட்டு, வெகுசீக்கிரத்தில் நின்று விடுகிறது. ஒருவர் பாடும்பொழுது ஒலிகள் ஒவ்வொன்றும் ஒரு நிலையான அதிர்வு எண்ணில் சிறிது நேரம் தொடர்ந்து ஒலிக்கப் படுகின்றன. ஒலியாகக் கேட்கப்படும் அதிர்வுகள் யாவும் ஒரு விநாடிக்கு 30-க்கு மேற்பட்டனவாகவும், 25,000-க்குக் குறைவாகவும் இருக்கவேண்டும். இதற்கு அப்பாற்பட்டவை ஒலியாக நம் காது களால் கேட்கப்படமாட்டா.

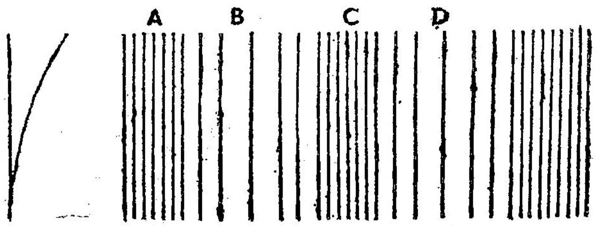
ஒலி அலைகள் : ஒலி, அலைவடிவமாக ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோ ரிடத்திற்குச் செல்கிறது.

ஒரு குளத்தில் ஒரு கல்லைப் போட்டால், கல் விழுந்த இடத்தி லிருந்து நீர் அலைகள் உண்டாகி வட்டமாகப் பரவுவதைக் கண்டிருக் கிறோம். தண்ணீரில் மிதக்கும் இலை, தூசி இவற்றைக் கவனித்தால், அவை மேலும்கீழும் ஊசலாடுகின்றன. அலையோடு அவையும் பரவுவதில்லை. ஆகவே, நீரில் அலை பரவும்பொழுது, நீர் ஓரிடத் திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குப் பாய்வதில்லை ; அலைவடிவம்தான் பரவிச் செல்கிறது.

அலைகளில் இருவகைகளுண்டு. ஒன்று குறுக்கு அதிர்வு (transverse vibration); மற்றொன்று நெடுக்கு அதிர்வு (longitudinal vibration).

அலை பரவும் ஊடகத்தின் துகள்கள் அலை பரவும் திசைக்குச் செங்குத்தாக ஊசலாடினால், அதற்குக் குறுக்கு அதிர்வு என்று பெயர். தண்ணீரின் அலைகள் குறுக்கு அலைகள். குறுக்கு அலைகள் செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்தாகத் துகள் மேலும்கீழும் அசைவதால், மேடுபள்ளங்கள் (crests and troughs) உண்டாகின்றன. இம் மேடு பள்ளங்கள் பரவும் வேகமே அலையின் வேகம்.

ஊடகத்தின் துகள்கள் அலை பரவும் திசையிலேயே ஊசலாடினால், அந்த அலைக்கு நெடுக்கு அலை என்று பெயர். துகள்கள்



படம் 162.

ஊசலாடுவதால் அலை செல்லும் திசையில் அழுத்த ஏற்றங்களும் அழுத்தக் குறைவுகளும் (compressions and rarefactions) உண்டாகின்றன.

ஒலிபரப்பும் விதம்: ஓர் ஒலிக்கவையை (tuning fork) ஒலித்துப் பிடித்தால், கவையின் புயங்கள் வலதுபுறமும் இடதுபுறமும் அசைகின்றன. வலதுபுறம் செல்லும்பொழுது அருகேயுள்ள காற்று வலதுபுறம் தள்ளப்படுகிறது. இது அடுத்தாற்போலுள்ள காற்றைத் தள்ளுகிறது. இவ்வாறு அழுத்தம் வலதுபுறமாய்ப் போய்க்கொண்டிருக்கையில் ஒலிக்கவையின் புயம் இடதுபுறமாகச் செல்கிறது. உடனே, இதற்கு அண்மையில் உள்ள காற்றில் அழுத்தக் குறைவு ஏற்படுகிறது. இதுவும் அழுத்தத்தைப்போலவே பரவிச் செல்கிறது. ஆகவே, அழுத்த ஏற்றமும் அழுத்தக் குறைவும் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக ஒழுங்காகச் செல்கின்றன. படம் 150-ல் A, C, E அழுத்த ஏற்றங்கள்; B, D அழுத்தக் குறைவுகள். இவை நம் காதை வந்தடையும்பொழுது, நமது காதிலுள்ள செவிப்பறை இதற்கேற்ப அதிர்ந்து ஒலியுணர்ச்சியை உண்டுபண்ணுகின்றது.

ஒலியின் தன்மைகள்

1. ஒளி பரவுதற்கு ஓர் ஊடகம் தேவை. ஒளி வெற்றிடத்தின் ஊடே பரவும்; ஆனால், ஒலி வெற்றிடத்தினூடே செல்லாது. இதை ஓர் எளிய சோதனையால் அறியலாம். ஒரு மின்சார மணியை ஒரு மணிச்சாடியினுள் (bell jar) வைத்து, மணியை அடிக்கச் செய்தவாறு ஒரு பம்பின் உதவியால் சாடியின் காற்றை அப்புறப்படுத்தினால், மணி அடிப்பதன் சப்தம் குறைந்துகொண்டேபோவது தெரியவரும். மணி அடித்துக்கொண்டிருப்பதைக் காணலாம்; ஆனால், சப்தம் கேட்காது. பிறகு பம்பை நிறுத்திவிட்டுக் காற்றைச் சாடியினுள் விட்டால் மறுபடியும் மணியடிக்கும் சப்தம் கேட்கும்.

பூமியைச் சுற்றிச் சுமார் 200 மைல் உயரத்திற்குக் காற்றுப் பரவியுள்ளது. ஆனால், அதற்கப்பால் காற்றில்லாத வெற்றிடந்தான் உள்ளது. வெற்றிடத்தில் ஒலி பரவாதாகையால், சூரியனில் நிகழும் பிரம்மாண்டமான வெடிகளும் குமுறல்களும் நமக்குக் கேட்பதில்லை. சூரியனின் ஒளியும் வெப்பமும்தாம் வந்துசேருகின்றன.

2. ஒளியைப்போலவே ஒலியும் திருப்பமும் விலகலும் அடைகின்றது. எதிரொலி என்பது கட்டடம், குன்று இவைபோன்ற பொருள்களில் ஒலி திருப்பமடையும் நிகழ்ச்சிதான்.

ஒலியின் திருப்பத்தைப் பயன்படுத்திக் கடலின் ஆழங்களை வெகு விரைவில் அளக்கிறார்கள். நீர்மட்டத்திலிருந்து ஒலி அலைகளைக் கீழ்ப்புறமாக அனுப்பி, அவை கடலின் தரைமட்டத்தில் திருப்பமடைந்து, எதிரொலியாகத் திரும்பிவந்துசேரப் பிடிக்கும் நேரத்தை வெகுதிருத்தமாக அளக்கிறார்கள். நீரில் ஒலியின் வேகம் சுத்தமாகத் தெரியுமாகையால், கடலின் ஆழத்தை எளிதில் கணக்கிடலாம்.

எதிரொலியின் உதவியாலேயே வௌவால்கள் பறக்கின்றன என்று கண்டுபிடித்துள்ளனர். அவை பறக்கும்பொழுது வினாடிக்கு 35,000-க்கும் அதிகமான அதிர்வுள்ள ஒலிகளைக் கூவிக்கொண்டே செல்கின்றன. இவ் அலைகள் சுற்றிலுமுள்ள பொருள்கள்மீது பட்டுத் திருப்பமடைந்து வருவதால், அதைக்கொண்டு இரவிலும் அவை சுலபமாகப் பறக்கின்றன. மூடி (Moodie) ஆராய்ச்சி நிலையத்தில், வௌவால்களின் கண்களை நாடாவினால் இறுக மூடிப் பறக்கவிட்டனர். அவை யாதொரு கஷ்டமுமின்றி ஜன்னல் கம்பிகளினூடே பறந்து வெளியே சென்றன. வேறுசில வௌவால்களின் வாயை நூல்கொண்டு இறுகக் கட்டிப் பறக்கவிட்டனர். அவற்றின் கண்கள் திறந்தபோதிலும் அவை ஜன்னல் கம்பிகளின்மீது மோதிக் கீழே விழுந்தன.

அலை நீளம் (Wave length) என்பது அடுத்தடுத்துள்ள மேடுகளினிடையே (அல்லது பள்ளங்களினிடையே) உள்ள தூரமாகும்.

ஓர் அலையின் அதிர்வு எண் (Frequency) என்பது, ஒரு விநாடியில் உண்டாக்கப்படும் அலைகளின் எண்ணிக்கை.

அலையின் வேகம் (Speed) என்பது ஒரு விநாடியில் அவ்அலை செல்லும் தூரம்.

இவற்றிற்கிடையே உள்ள ஒரு முக்கியமான உறவைக் கண்டு பிடிக்கலாம். ஓர் அலையின் அதிர்வு எண் n என்றும், அலைநீளம் λ என்றும், வேகம் v என்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.

ஒரு விநாடியில் n அலைகள் உண்டாவதால், ஒரு விநாடியில் முதலாவது அலை v தூரம் சென்றிருக்கும். ஆகவே, n அலைகளின் நீளம் v ஆகிறது. ஆனால், n அலைகளின் நீளம் $n\lambda$.

$$\therefore \quad v = n\lambda.$$

சுயேச்சை அதிர்வும் பலவந்த அதிர்வும் (Free and forced vibrations)

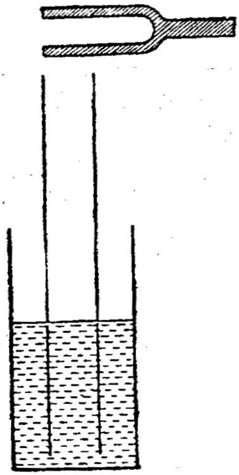
ஓர் ஒலிக்கவையை ஒலித்தோமானால், அது தனது சுய அதிர்வெண் வீதத்தில் ஒலிக்கும். இது சுயேச்சை அதிர்வு. கவையின் தண்டை மேஜையின்மீது வைத்தால், உடனே அதிகமான ஒலி உண்டாவதைக் கேட்போம். ஏனென்றால், ஒலிக்கவை மேஜையையும் தனது அதிர்வெண் வீதத்தில் அதிரும்படி பலவந்தப்படுத்துகிறது. மேஜையின் சுய அதிர்வெண் வேறாக இருக்கலாம்; ஆனால், அது ஒலிக் கவையின் அதிர்வெண் வீதத்தில் பலவந்த அதிர்வுக்குட்படுகிறது.

ஒப்பு அதிர்வு (Resonance)

மேஜையின் சுய அதிர்வெண் ஒலிக்கவையின் அதிர்வெண் ணுக்குச் சமமாயிருந்தால், இன்னும் அதிக பலமான ஒலியுண் டாகும். பலவந்தமாக அசைக்கப்படும் பொருளின் அதிர்வெண், செயல்படும் விசையின் அதிர்வெண்ணிற்குச் சமமாயிருந்தால், அதிர்வின் வீச்சு (amplitude) வெகுவாக அதிகரித்துவிடுகிறது. மேஜை ஒலிக்கவையுடன் ஒப்பு அதிர்வுபடுகிறது என்று சொல்லப் படும்.

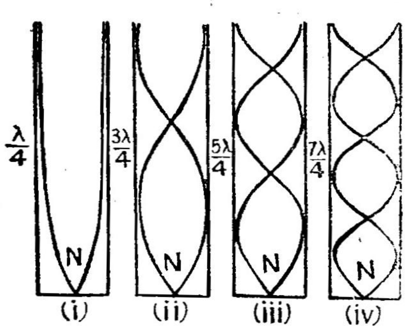
இருபுறமும் திறந்த தகரக் குழாயை ஒரு சாடி நீரில் அமிழ்த்தி, அதன்மேல் வாய் அருகில் ஓர் ஒலிக்கவையை ஒலித்துப் பிடித்து, குழாயை மேலும் கீழுமாக நகர்த்தினால், குழாயினுள் இருக்கும் காற்று ஒரு குறிப்பிட்ட நீளத்தை அடைந்தவுடன் பலத்த ஒலியுண்டாவதைக் கேட்போம். அச் சமயத்தில் அடைபட்ட காற்றின் சுய அதிர்வெண் ஒலிக்கவையின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாகி ஒப்பு அதிர்வு உண்டா வதே இப் பெருமுழக்கத்திற்குக் காரணம்.

இப்பொழுது, நெடுக்கு அதிர்வு அலைகள் குழாயின் வழியாகக் கீழே நீர்மட்டத்திற்குச் சென்று, திருப்பமடைந்து மேலே வருகின்றன. ஆகவே, குழாயின் காற்றில் கீழே செல்லும் அலைகளும் மேலே செல்லும் அலைகளும் ஒரே அதிர்வெண்ணும் அலைவீச்சும் உடையவையாக இருப்பதால், அவை ஒன்றோடொன்று தலையிட்டு நிலைமாரு அலைகளை (stationary waves) உண்டுபண்ணுகின்றன. நிலைமாரு அலைகளில், சில இடங்களில் அதிர்வே இல்லாமலும், வேறு இடங்களில் உச்ச அதிர்வும் ஏற்படுகிறது. முந்திய இடங்களை அதிர்வில் இடங்கள் (nodes) என்றும், பிந்தியவற்றைப் பேரதிர்வு இடங்கள் (antinodes) என்றும் சொல்கிறோம். அடுத்தடுத்துள்ள அதிர்வில் இடங்களுக்கு (அல்லது பேரதிர்வு இடங்களுக்கு) இடையேயுள்ள தூரம் பாதி அலை நீளமாகும் ($\lambda/2$). ஓர் அதிர்வில் இடத்திற்கும் அடுத்துள்ள பேரதிர்வு இடத்திற்குமிடையே உள்ள தூரம் $\lambda/4$ ஆகும்.



படம் 163.

ஒருபுறம் மூடியுள்ள ஒரு குழாயின் காற்று அதிர்ந்தால், மூடியுள்ள முனையிலிருக்கும் காற்று அதிர முடியாது. அந்த முனையில் ஓர்



படம் 164.

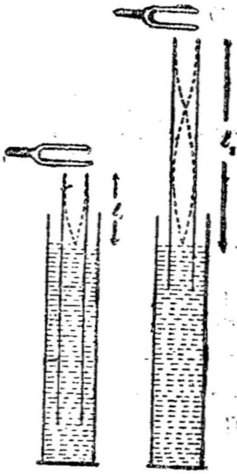
அதிர்வில் இடந்தான் உண்டாகியாக வேண்டும். திறந்த வாயருகே உச்ச அதிர்வு ஏற்படும். ஆகையால், அங்கே பேரதிர்வு இடம் உண்டாகும்.

படம் 164-ல் குழாயின் அடியில் ஓர் அதிர்வில் இடம்; மேல் வாயருகே பேரதிர்வு இடம். குழாயின் நீளம் $= \lambda/4$. அதிர்வெண் அதிகமானால் அதே நீளத்தில், திறந்த வாய்க்கும் மூடிய வாய்க்கு

யிடையே ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட அதிர்வில் இடங்கள் உண்டாகலாம். ஆகவே, குழாயின் நீளங்கள் $\frac{3}{4}\lambda$, $\frac{5}{4}\lambda$, $\frac{7}{4}\lambda$ ஆகும்.

ஒலியின் வேகம்

மேலே விளக்கிய முறையைக்கொண்டு ஒலியின் வேகத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம். ஓர் உயரமான சாடியில் நிறைய நீரை ஊற்றி, இருபுறமும் திறந்த நீண்ட குழாயை நீரில் அமிழ்த்து. ஓர் ஒலிக்கவையை ஒலித்து, குழாயின் வாய்க்கு அருகிலே பிடித்து, குழாயையும் ஒலிக்கவையையும் ஒன்றாக மேலே உயர்த்து. ஒரு நிலையில் குழாயிலுள்ள காற்று ஒலிக்கவையுடன் ஒப்பு அதிர்வு பெற்று, அதிகமான ஒலியைப் பெருக்கும். காற்றின் அந்த நீளத்தைக் குறித்துக்கொள். (l_1) மறுபடியும் ஒலிக்கவையையும் குழாயையும் மேலே உயர்த்து. முந்திய நீளத்தைப்போல் ஏறக்குறைய மூன்று மடங்கு நீளமுடைய குழாய் நீரைவிட்டு வெளியே வரும்போது, மறுபடியும் அதிகமான ஒலி உண்டாகும். இந்த நீளத்தையும் குறித்துக்கொள் (l_2).



படம் 165.

முதலாவது ஒப்பு அதிர்வு உண்டாகும்பொழுது, அதிர்வில் இடம் நீர் மட்டத்திலும், பேரதிர்வு இடம் குழாயின் வாய்க்குச் சற்று மேலேயும் உண்டாகின்றன. குழாயின் வாய்க்கு மேலேயுள்ள இச் சிறு தூரத்திற்கு முனைத்திருத்தம் (end correction) என்று பெயர் (e). இத் திருத்தம் சாதாரணமாகக் குழாயின் விட்டத்தில் ·3 பாகமாக இருக்கும்.

ஆகவே, $l_1 + e = \frac{\lambda}{4}$

இரண்டாம் ஒப்பு அதிர்வு உண்டாகும் நீளம் l_2

$$\therefore \quad l_2 + e = \frac{3}{4}\lambda$$

கழித்தால், $l_2 - l_1 = \frac{\lambda}{2}$; $\therefore \lambda = 2(l_2 - l_1)$

$\therefore$ வேகம் $v = n\lambda = 2n(l_2 - l_1)$

வெவ்வேறு அதிர்வெண் உடைய ஒலிக்கவைகளைக்கொண்டு அளவீடுகளை எடுத்து அட்டவணையாக்கு.

கவையின் அதிர்வு எண் n	ஒப்பு அதிர்வின்		ஒலியின் வேகம் $v = 2n\,(l_2 - l_1)$
	முதல் நீளம் l_1	2ஆம் நீளம் l_2	
—	—	—	—

சராசரி $v =$ ....

l_1, l_2 இரு அளவுகளையும்கொண்டு முனைத்திருத்தத்தையும் கண்டுபிடிக்கலாம்.

$$e = \frac{l_2 - 3\,l_1}{2} \text{ செ.மீ.}$$

குறிப்புகள்

1. காற்றில் ஒலியின் வேகம் காற்றழுத்தத்தைப் பொறுத்ததன்று.

2. வேகம் காற்றின் வெப்ப நிலையைப் பொறுத்து, வெப்ப நிலை உயர்ந்தால் வேகமும் அதிகரிக்கிறது. 0°C, t°C வெப்ப நிலைகளில் வேகம் V_o, V_t என்றால்,

$$V_t = V_o\left(1 + \frac{t}{546}\right) \text{ என்று காண்பிக்கலாம்.}$$

0°C-ல் காற்றில் ஒளியின் வேகம் = 330 மீட்டர்/விநாடி.

$$30°C\text{-ல் ஒலியின் வேகம்} = 330 + \frac{330 \times 30}{546}$$

$$= 330 + 18 = 348 \text{ மீ./ விநாடி}$$

3. திடதிரவ பதார்த்தங்களில் ஒலியின் வேகம் காற்றில் இருப்பதைவிட இன்னும் அதிகமாயுள்ளது. நீரில் ஒலியின் வேகம் = 1480 மீ./விநாடி; இரும்பில் ஒலியின் வேகம் = 5130 மீ./விநாடி.

உதாரணம்

ஓர் இரயில்வே எஞ்ஜின் ஒருகுகைக்கு $\frac{1}{2}$ மைலுக்கப்பால் வருகையில் ஓர் சிறு விசில் ஊதுகிறது. அவ்வொலியின் எதிரொலி என்ஜினை 4·5 விநாடிகளுக்கப்புறம் வந்துசேருகிறது. ஒலியின் வேகம் 1120 அடி 1 விநாடி என்றால், எஞ்ஜினின் வேகமென்ன ?

எஞ்ஜினின் வேகம் V அடி 1 விநாடியென்றால், 4·5 விநாடிகளில் அது சென்ற தூரம் = 4·5 V அடி.

ஒலி மலைக்குகையை நோக்கி $\frac{1}{2}$ மைல் (880×3 அடி) தூரமும் எதிரொலி ($880 \times 3 - 4 \cdot 5V$) அடி தூரமும் செல்கின்றன.

4·5 விநாடிகளில் ஒலி சென்ற மொத்த தூரம்

$$= 880 \times 3 + 880 \times 3 - 4 \cdot 5V \text{ அடி}$$

$$= 5280 - 4 \cdot 5\,V \text{ அடி}$$

$$\therefore \text{ ஒலியின் வேகம் } = \frac{5280 - 4 \cdot 5V}{4 \cdot 5} = 1120$$

$$\therefore 4 \cdot 5V = 5280 - 4 \cdot 5 \times 1120$$

$$\therefore V = \frac{5280}{4 \cdot 5} - 1120 = \frac{480}{9} \text{ அடி / விநாடி}$$

$$= 36 \cdot 36 \text{ மைல்/மணி}$$

எஞ்ஜினின் வேகம் = 36·36 மைல்/மணி.

பயிற்சி

78·4 மீட்டர் ஆழமுடைய ஒரு கிணற்றில் ஒரு கல்லைப் போட்ட **4·23** விநாடிகளுக்குப்பின், கல் விழுந்த ஒலி மேலே கேட்கிறது. ஒலியின் வேகமென்ன? ($g = 980$ செ.மீ./விநாடி^{2})

விடை : 340·87 மீட்டர் /விநாடி.

30. இசை ஒலிகள்

(Musical Sounds)

முந்திய அத்தியாயத்தில் இருவித ஒலிகளைப்பற்றிக் குறிப்பிட்டோம். ஒன்று, திடீரென்று ஆரம்பித்து, ஒழுங்கற்ற முறையில் நிகழ்ந்து, சட்டென்று நின்றுவிடுகிறது. இதற்கு இரைச்சல் அல்லது சப்தம் (noise) என்று பெயர். இடி இடித்தல், கைதட்டல், ஒரு பொருள் கீழே விழுதல் முதலியவை இதற்கு உதாரணம். ஆனால், இசை ஒலிகள் (musical sounds) ஒழுங்காகவும், மிருதுவாகவும், காதுக்கு இனிமையாகவும் உள்ளன. இவ்வொலிகள் சிறிது நேரம் தொடர்ந்து ஒலிப்பதால், அவற்றைப் பாகுபடுத்தி ஆராயலாம்.

மிகவும் எளிய இசை ஒலி, ஒரே ஓர் அதிர்வெண்ணுடன் ஒலிப்பதாகும். அதற்கு சுரம் (musical note) என்றும் பெயர். ஒலிக்கவை இவ்வித இசையொலியை உண்டுபண்ணுகிறது.

இசையொலியின் சிறப்பியல்புகள்

ஓர் இசையொலிக்கு மூன்று சிறப்பியல்களுண்டு. அவை சுருதி (pitch), உரப்பு (loudness), பண்பு (quality) என்பனவாகும்.

சுருதி என்பது, ஒலியின் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்தது. அதிர்வெண் அதிகமானால், சுருதியும் உயர்ந்து, ஒலி கீச்சுக் குரலாய் இருக்கிறது. அதிர்வெண் குறைவாக இருந்தால் ஒலியும் தடிப்பமாக இருக்கும்.

உரப்பு என்பது ஒலியின் அலைவீச்சைப் பொறுத்தது. ஒரே அதிர்வெண்ணுடைய ஒலியை மெதுவாகவோ உரக்கவோ ஒலிக்கலாம். ஒலியின் உரப்பு அலைவீச்சின் வர்க்கத்திற்கு நேர் விகிதமாயுள்ளது.

பண்பு : ஒரே சுருதியும் ஒரே உரப்புமுடைய இசை ஒலியைத் தம்புரா, வீணை, குழல் இவற்றைக்கொண்டு உண்டுபண்ணினால், இசைக்கருவிகளைப் பாராமலேயே நாம், இன்னின்ன ஒலி இன்னின்ன

கருவிகளால் உண்டாக்கப்படுகிறது என்று எளிதில் கூறிவிடலாம். ஒரே சுருதியும் உரப்புமுடையதாயினும், வெவ்வேறு கருவிகளால் ஒலிக்கப்படும் இசையொலிக்கு வெவ்வேறு தனி இயல்புகளுண்டு. இதற்குப் பண்பு என்று பெயர். ஓர் ஒலியின் பண்பு அதன் அலை உருவத்தைப் பொறுத்தது. அலைவெண்ணும் அலைவீச்சும் ஒன்ருயிருப்பினும், அலை உருவம் வேருயிருந்தால், அதன் பண்பு வேருயிருக்கும். உருவம் வேருயிருப்பதற்குக் காரணம், அச் சுரத்தி லுள்ள அனுஸ்வரங்களின் (harmonics) எண்ணிக்கை வேருயிருப்ப தாகும். நமது காதின் உறுப்புகள் அனுஸ்வரங்களைப் பகுத்தறிந்து ஒலிகளின் வேறுபாட்டைக் காண்பிக்கின்றன.

இசைக் கருவிகள்

இசைக் கருவிகளில் நரம்புக் கருவிகள், காற்றுக் கருவிகள், அடிக்கப்படும் கருவிகள் எனப் பலவகைகளுண்டு. வீணை, வயலின் முதலியன நரம்புக் கருவிகள். புல்லாங்குழல், தாரை, கிளாரினெட் முதலியன காற்றுக் கருவிகள். மத்தளம், தபேலா, கைத்தாளம் இவை அடிக்கப்படும் கருவிகள்.

வயலின், வீணை முதலிய கருவிகளில் நரம்புகளைச் சுண்டி விடுவதாலும் தேய்ப்பதாலும் ஒலி எழுப்பப்படுகிறது. அதைப் பெருக்க ஒரு ஒலிப்பெட்டி (sound box) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இசைக்கருவிகளில் ஒருபோதும் ஒரு தனிசுரம் உண்டாவதில்லை. கருவிகள் உண்டுபண்ணும் ஒரு சுரத்தில் பல அதிர்வெண்ணுடைய ஒலிகள் ஒன்றுசேர்ந்துள்ளன. அவற்றில் நீச அதிர்வெண்ணுடைய ஒலி சாதாரணமாக அதிக உரப்புள்ளதாயிருக்கும். இது ஆதார சுரம் (fundamental) எனப்படும். மற்ற ஒலிகளின் அதிர்வெண்கள் இதன் அதிர்வெண்ணின் பன்மடங்காயுள்ளன. இவ் அனுஸ்வரங் களே ஒலிக்கு அதன் பண்பைக் கொடுக்கின்றன.

காந்தவியல்

31. காந்தத்தின் தன்மைகள்

பழங்காலத்திலிருந்தே கருமையான சில இரும்புக் கனிக் கற்களுக்கு இரும்புத் துண்டுகளைத் தம்மிடமாக இழுத்துக்கொள்ளும் தன்மை உண்டு என்பதை மக்கள் அறிந்திருந்தனர். ஆசியா மைனர் நாட்டிலுள்ள மக்னிசியா (Magenesea) என்ற பிரதேசத்தில் இக் கற்கள் பெருவாரியாகக் கிடைக்கப்பெற்றமையால், இவற்றிற்கு 'மாக்னட்' (Magnet) என்ற பெயர் உண்டாயிற்று. கி.மு. ஆறாம் நூற்றாண்டில் கிரேக்கத் தத்துவஞானி தேல்ஸ் (Thales) என்பவர் முதன் முதலாக இக் கற்களின் அரிய இயல்பை எடுத்துக்காட்டியதாகக் கூறப்படுகிறது. மற்றொரு கிரேக்க ஞானி சாக்ரடீஸ் (Socrtes), "'மாக்னெட்' என்று அழைக்கப்படும் கல் இரும்பு வளையங்களைத் தன்னிடம் கவருவது மட்டுமன்று; அவைகளுக்கும் தன்னைப் போலவே மற்ற வளையங்களைக் கவரும் சக்தியைத் தருகிறது" என்று கூறியுள்ளார்.

இக் கற்களை ஒரு நூலில் கட்டித் தொங்கவிட்டால் அவை எப்போதும் தெற்கு வடக்காகத் திரும்பி நிற்கின்றன என்பது சில நூற்றாண்டுகளுக்குப் பின்னர் தெரியவந்தது. அவற்றின் உதவியால் அக் காலத்தில் மரக்கலங்கள் கடலில் திசை கண்டு செல்வது சாத்தியமாயிற்று.

தற்காலத்தில் மேற்கூறப்பட்ட இயற்கைக் காந்தங்கள் அநேகமாக உபயோகத்திலில்லை. செயற்கையாகச் செய்யப்படும் காந்தங்கள் அவற்றைவிட அதிக சக்தி பெற்றவையாக உள்ளதால், இவைகளே பெரும்பாலும் உபயோகத்திலுள்ளன. இரும்பு, கோபால்ட், நிக்கல் இவ்வுலோகத்தாலான பொருள்களை ஒரு கம்பிச் சுருளின் மத்தியில் வைத்துக் கம்பியில் மின்சாரம் பாய்ச்சினால், இவை காந்தசக்தி பெற்று விடுகின்றன. அலுமினியம், நிக்கல், கோபால்ட் இவற்றின் கலவையான ஆல்நிக்கோ (Alnico) உலோகக் கலவையால் அதிக சக்தி வாய்ந்த சட்ட காந்தங்கள் செய்யப்படுகின்றன.

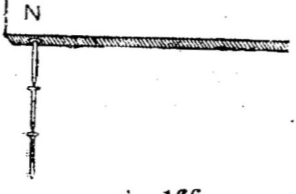
துருவம் : ஒரு காந்தத்தை இரும்புத் தூள்களில் முழுக்கி எடுத்தால், இரும்புத் தூள் அதன் இரு முனைகளில் மட்டும் கொத்துக் கொத்தாக ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும்; அதன் மத்தியில் வெகு சிறிய அளவே ஒட்டிக்கொண்டிருக்கலாம். கவரும் சக்தி காந்தத்தின் இரு முனைகளருகே குவிந்துள்ளதாகத் தோன்றுகிறது. இவ்விடங்களுக்குக் காந்தத் துருவங்கள் (Poles) என்று பெயர்.

ஒரு காந்தக் குச்சியை நூலில் கட்டித் தொங்கவிட்டால், அது தெற்கு வடக்காகத் திரும்பி நிற்கும்; வடக்கு நோக்கியுள்ள துருவத்திற்கு வடதுருவம் (north pole) என்றும், மற்றொன்றிற்குத் தென் துருவம் (south pole) என்றும் பெயர்.

இத் துருவங்களை இணைக்கும் நேர்கோட்டிற்குக் காந்த அச்சு (Magnet axis) என்று பெயர். தன்வயமாகத் தொங்கும் ஒரு காந்தத்தின் அச்சினூடே வரையப்பட்ட, செங்குத்தான தளத்திற்கு அவ்விடத்தின் காந்தத் துருவரேகை (Magnetic meridian) எனப் பெயர்.

ஒரு காந்தத்தின் வடதுருவத்தினருகே இன்னொரு காந்தத்தின் வடதுருவத்தைக் கொண்டுவந்தால் அவை ஒன்றையொன்று எதிர்ப்புறமாகத் தள்ளுவதைக் காண்போம். இவ்வாறே இரு தென்துருவங்களும் ஒன்றையொன்று எதிர்க்கின்றன. ஆனால், ஒரு வடதுருவம் மற்றக் காந்தத்தின் தென்துருவத்தைக் கவர்கின்றது. அவ்வாறே ஒரு காந்தத்தின் தென்துருவம் மற்றக் காந்தத்தின் வடதுருவத்தைக் கவர்கின்றது. ஆகவே, காந்தத்தின் ஒரு முக்கியமான விதியை அறிகிறோம். அதாவது,

ஒருவகைத் துருவங்கள் ஒன்றையொன்று எதிர்க்கின்றன; எதிர் வகைத் துருவங்கள் கவர்கின்றன.

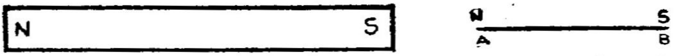


படம் 166.

காந்தத் தூண்டல் (Magnetic induction) ஓர் இரும்பாணியை ஒரு காந்தத்தினருகில் கொண்டுபோனால், இரும்பு காந்தத்தில் ஒட்டிக்கொள்கிறது. இரும்புத்தூளை இழுக்கிறது. காந்தத்தை அகற்றிவிட்டால் இரும்புத் தூள்கள் எல்லாம் விழுந்துவிடுகின்றன. ஆகவே, காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்பட்ட ஓர் இரும்பு காந்த சக்தியை அடைகிறது. இதற்குக் காந்தத் தூண்டல் என்று பெயர்.

காந்தத்திற்கும் இரும்புக்குமிடையில் ஒரு காகிதமோ கண்ணாடியோ வைக்கப்பட்டாலும் காந்தத் தூண்டல் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு காந்தத் தூண்டலில், அருகிலுள்ள இரும்பின் முனை காந்தத்தின்

எதிர்த் துருவத்தையும், தூரத்திலுள்ள முனை தூண்டும் துருவத்தையும் பெறுகின்றன (படம் 155). ஆகவே ஒரு தென்துருவத்தின் அருகில்



காந்தச் சட்டம் தேனிரும்புத் துண்டு

படம் 167.

ஓர் ஆணியைக் கொண்டுவந்தால் அருகிலுள்ள ஆணியின் முனை வடதுருவம் பெறுகிறது. பிறகு தென்துருவமும் தூண்டப்பட்ட வட துருவமும் ஒன்றையொன்று கவர்கின்றன.

ஓர் இரும்புத் துண்டு காந்தம் ஏற்றப்பட்டிருக்கிறதா இல்லையா என்று கண்டுபிடிக்க ஒரு காந்தத்தின் வடதுருவத்தை இரும்பின் ஒரு முனை அருகில் கொண்டுபோ. அது கவரப்பட்டால் அம் முனை ஒருவேளை காந்தமேறிய இரும்பின் தென்துருவமாயிருக்கலாம்; அல்லது காந்தமில்லாத வெறும் இரும்பாயுமிருக்கலாம். இப்பொழுது காந்தத்தின் வடதுருவத்தை இரும்பின் மறுமுனையருகில் கொண்டு போ. அதுவும் கவரப்பட்டால், அது காந்தமில்லாத இரும்பு என்று அறியலாம்; விலகியோடினால், இரும்புத் துண்டு காந்தமேறியது என்றும், அம் முனை வடமுனை என்றும் நிச்சயமாகிறது. ஆகவே, எதிர் விசையே காந்தமா இல்லையா என்பதை நிரூபிக்கவல்லது.

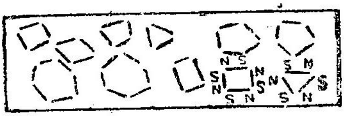
தேனிரும்பு (Soft iron) எஃகைவிட விரைவில் காந்தம் ஏற்கிறது; அதிக காந்த சக்தியையும் பெறுகிறது. ஆகவே, தேனிரும்பு உயர்ந்த 'ஏற்புத்திறன்' (susceptibility) வாய்ந்தது என்று சொல்லப்படுகிறது. ஆனால், காந்தமாக்கும் விசை எடுபட்டவுடன் தேனிரும்பு விரைவில் தன் காந்தத்தை இழந்துவிடுகிறது. எஃகோ தனது காந்தத்தை வெகுகாலம் இழக்காமல் வைத்துள்ளது. ஆகவே, எஃகின் 'காப்புத்திறன்' (retentivity) அதிகமானது. ஆகையால், தற்காலிகக் காந்தங்கள் தேனிரும்பாலும், நிலையான காந்தங்கள் எஃகாலும் செய்யப்படுகின்றன.

தற்காலத்தில் ஆல்நிக்கோ என்னும் கலவைப் பொருளைக்கொண்டு அதிக சக்திவாய்ந்த நிலையான காந்தங்களை உண்டுபண்ணுகின்றனர்.

ஒரு காந்த ஊசியை இரண்டாக முறித்தால், இரு துண்டுகளும் காந்த ஊசிகளாக இருப்பதைக் காண்போம். மறுபடியும் அவற்றை இரண்டாக முறித்தால், நான்கு துண்டுகளுக்கும் வட, தென் துருவங்களுண்டு; காந்த விசையுண்டு. இவ்வாறு சிறுசிறு துண்டுகளாக்கினலும் அவை யாவற்றிற்கும் காந்தமுண்டு.

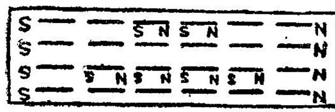
இவ்வாறு ஒரு காந்தத்தைச் சிறுசிறு துண்டுகளாக்கிக்கொண்டே போனல், கடைசியாக மேலும் பிரிக்கமுடியாத மூலக்கூறுகளை

(mo'ecules) அடைகிறோம் இம் மூலக்கூறுகளே நுண்ணிய காந்தங்கள் என்று நம்ப இடமிருக்கிறது. ஆகவே, ஒரு தனி வடதுருவத்தையோ, தனித் தென்துருவத்தையோ பெறுவது இயலாத காரியம் என்பது வெளியாகிறது.



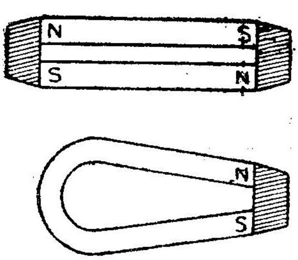
படம் 168.

மேலே விளக்கிய கொள்கைகள் காந்தத்தின் மூலக்கூறு கொள்கை (Molecu'ar theory of magnetisms) என்று பெயர். இதன்படி, காந்தப் பொருள்களின் மூலக்கூறுகள் யாவும் சிறுசிறு காந்தங்கள். ஆனால், பொருள் காந்தமாக்கப்படுமுன் மூலக்கூறு காந்தங்கள் ஒன்றோடொன்று எதிர்த்துருவங்கள் ஒட்டிக்கொண்டு மூடிய சுற்றுக்களாக உள்ளபடியால், பொருள் காந்தமின்றியுள்ளது.



படம் 169.

அது காந்தமேற்றப்படும்போது இம் மூலக்கூறு காந்தங்களெல்லாம் ஒரு வழியாகத் திரும்பி நிற்பதால், பொருளின் இரு முனைகளில் தன்வயமான காந்தத் துருவங்கள் ஏற்படுகின்றன. உட்புறத்தில் உள்ள துருவங்களின் விளைவுகள் பரஸ்பரம் அழிந்துவிடுகின்றன. பொருளில் உள்ள எல்லா மூலக்கூறுகளும் இவ்வாறு ஒருமுகமாக ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டுவிட்டால், அதற்குமேல் அப்பொருள் காந்தத்தை ஏற்காது என்பது வெளிப்படை. அது பூரித காந்தமாகிவிட்டது எனப்படும். எஃகில் இந்த ஒழுங்கு எளிதில் சிதையாது. ஆகையால், அது வெகுகாலம் காந்தமாக நிற்கிறது.



படம் 170.

ஆனால், காந்தத்தைச் சூடேற்றினாலோ, சம்மட்டியால் அடித்தாலோ, கீழே போட்டாலோ, அது காந்த சக்தியை இழக்கும். வெகுகாலம் வைத்திருந்தாலும் காந்த சக்தி இழக்கப்படலாம்; இதைத் தடுக்க, இரு எதிர்த்துருவங்களை ஒரு தேனிரும்புத் துண்டால் இணைத்துவைக்கவேண்டும். இவற்றிற்குக் காப்பு (keepers) என்று பெயர். இவை வெகுகாலம் காந்தமிழக்காமல் காக்க உதவுகின்றன.

32. காந்தப் புலம்
(Magnetic Field)

கூலோமின் விதி (Coulomb's Law)

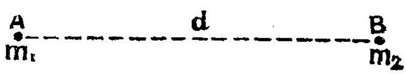
ஒருவகைத் துருவங்கள் ஒன்றையொன்று எதிர்க்கின்றன என்றும், எதிர்வகைத் துருவங்கள் கவர்கின்றன என்றும் மேலே பார்த்தோம். கூலோம் என்பவர் இந்த எதிர்ப்பு அல்லது கவர்ச்சி விசையைப்பற்றி இரு விதிகளைக் கண்டுபிடித்தார். அவை வருமாறு:

இரு காந்தத் துருவங்களிடையே செயல்படும் விசை

(1) அத் துருவசக்திகளின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர் விகிதத்திலும்

(2) அவற்றிற்கிடையே உள்ள தூரத்தின் வர்க்கத்திற்குத் தலைகீழ் விகிதத்திலும் உள்ளது.

இந்த இரண்டாம் விதி, காந்தத்தின் தலைகீழ் வர்க்க விதி (Inverse square law) எனப்படும்.



படம் 171.

m_1, m_2 என்ற இரு துருவங்கள் d என்ற தூரத்திலிருந்தால், அவற்றிற்கிடையே உள்ள விசை F என்பது,

முதலாம் விதியின்படி $F \propto m_1 \times m_2$

இரண்டாம் விதியின்படி $F \propto \frac{1}{d^2}$

இரண்டையும் சேர்த்து $\propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$

$$= K \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

K என்பது ஒரு மாறிலி. இது துருவசக்திகளின் அலகு, அவையுள்ள

ஊடகம் இவற்றைப் பொறுத்துள்ளது. துருவசக்தி அலகை ஏற்ற முறையில் எடுத்து இம் மாறிலியை ஒன்றுக்கலாம்.

ஓர் அலகு காந்தத் துருவம் என்பது 1 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள தன்னையொத்த மற்றொரு துருவத்தை ஒரு டைன் விசையுடன் தள்ளுவதாகும்.

அதாவது m_1 m_2 என்ற இரு சம துருவங்கள் 1 செ. மீ. தூரத்திலிருந்து ஒன்றையொன்று 1 டைன் விசையுடன் தள்ளினல், அத் துருவங்கள் c g. s. அலகு துருவங்களெனப்படும்.

$$(i.e.)\quad F=1,\ m_1=m_2=1,\ d=1 \quad \therefore K=1.$$

துருவங்கள் காற்றைத் தவிர வேறு ஊடகத்திலிருந்தால், K என்பது ஒன்ருயிராது. சாதாரணமாக இரு துருவங்களிடையே செயல்படும் விசை

$$F = \frac{m_1\ m_2}{\mu\ d^2}$$

μ என்பது ஊடகத்தின் கசியவிடு தன்மை (Permeability) எனப் படும். காற்றிற்கு இதன் அளவு ஒன்று.

$$\therefore \text{ காற்றில் அல்லது வெற்றிடத்தில் } F = \frac{m_1\ m_2}{d^2} \text{ டைன்}$$

வடதுருவத்தை (+) மிகைக்குறியுடனும் தென் துருவத்தைக் (−) குறைக் குறியுடனும் காண்பிப்பது வழக்கம். ஆகையால், இரு துருவங்களும் ஒருவகையாயிருந்தால், அவற்றின் பெருக்குத் தொகை மிகைக் குறியுள்ளது. மிகைக்குறியுள்ள விசை தள்ளும் விசையாகும். இரு துருவங்களும் எதிர் வகையாயிருந்தால், அதாவது, ஒன்று வட துருவமாயும் மற்றொன்று தென்துருவமாயும் இருந்தால், அவற்றின் பெருக்குத் தொகை குறைக்குறியுடையது. குறைக் குறியுடைய விசை கவர்ச்சி விசையாகும்.

காந்தப் புலம் (Magnetic field)

ஒரு காந்தத் துருவத்தின்மீது விசை செயல்படுகிற பகுதியெல்லாம் காந்தப் புலம் எனப்படும்.

ஒரு காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள இடத்தில் ஒரு காந்தத் துருவத்தைக் கொண்டுவந்தால் அதன்மீது விசை செயல்படும். ஒரு வட அலகு துருவத்தின்மீது செயல்படும் விசையைக் காந்தப் புலத்தின் வலிமை (strength) எனப்படும். வடதுருவம் உந்தப்படும் திசையே காந்தப் புலத்தின் திசையாகும்.

காந்தப் புல வலிமையின் அலகு ஓயர்ஸ்டெட் (Oersted) எனப் படும்.

ஒரு காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்பட்ட ஓர் அலகு துருவத்தின் மீது ஒரு டைன் விசை செயல்பட்டதானல், அப் புலத்தின் வலிமை ஓர் ஒயர்ஸ்டெட் ஆகும்.

m சக்தியுடைய ஒரு வடதுருவம் H ஒயர்ஸ்டெட் வலிமையுள்ள ஒரு காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டால், அதன்மீது *m* H டைன் விசை செயல்படும். அதே சக்தியுடைய தென்துருவம் அங்கு வைக்கப்பட்டால், அதன்மீது *m* H டைன் விசை எதிர்த்திசையில் செயல்படும்.

ஒரு காந்தப் புலத்தின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் ஒரு காந்தத் துருவத்தின்மீது செயல்படும் விசை, அளவிலும் திசையிலும் மாருமலிருந்தால், அது *சீரான காந்தப் புலம்* (Uniform magnetic field) எனப்படும்.

பூமியின் காந்தப் புலம் (Earth's magnetic field)

பூமியின் பரப்பின்மீது எந்த இடத்திலும் ஒரு காந்த ஊசியை ஒரு நூலில் கட்டித் தொங்கவிட்டால், அது எப்பொழுதும் வடக்கு—தெற்குத் திசையிலேயே வந்து நிற்கும். ஆகவே, காந்த ஊசியின் மீது ஒரு விசை செயல்படுகிறது என்று விளங்குகிறது. ஆகையால், பூமியின் பரப்பின்மீது ஒரு காந்தப் புலம் உள்ளது என்று அறியலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் இப் புலம் சீராயுள்ளது.

உதாரணம்

144 அலகு சக்தியுடைய ஒரு துருவத்திலிருந்து 6 செ.மீ. தூரத்தில் அதன் காந்தப் புலத்தின் வலிமை என்ன ?

காந்தப் புலத்தின் வலிமையை அறிய, அவ்விடத்தில் ஓர் அலகு வடதுருவத்தை வைத்து அதன்மீது செயல்படும் விசையை அளக்க வேண்டும்.

ஓர் அலகு வடதுருவம் அவ்விடத்தில் வைக்கப்பட்டால்,

$$F = m_1 m_2 / d_2$$

$$m_1 = 114; \; m_2 = 1; \; d = 6$$

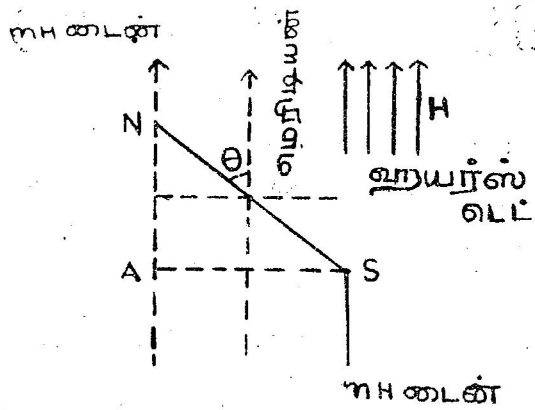
$$\therefore F = \frac{144}{36} = 4 \text{ டைன்}$$

ஆகையால், காந்தப் புலத்தின் வலிமை 4 ஒயர்ஸ்டெட்.

காந்தத்தின் திருப்புத் திறன் (Moment of a magnet)

NS என்ற காந்தம், H ஒயர்ஸ்டெட் வலிமையுடைய ஒரு காந்தப்புலத்தில் θ என்ற கோணத்தில் வைக்கப்பட்டிருப்பதாகவும், காந்தத்தின் துருவங்கள் ஒவ்வொன்றும் *m* சக்தியுடையன என்றும், வைத்துக்கொள்வோம். வடதுருவத்தின்மீது செயல்படும் விசை= *m*H டைன் (H திசையில்) தென் துருவத்தின்மீது விசை=*m*H டைன் (H-க்கு எதிர்திசையில்).

இவ்விரண்டு சமமான, எதிரான விசைகள் ஒரு புள்ளியில் செயல்படுவதில்லையாகையால், அவை ஒரு சுழல்-இரட்டை விசையாகும் (Couple).



படம் 172

இந்த இரட்டையின் திருப்புத்திறன் = ஏதாவதொரு விசை × அவற்றிற்கிடையே உள்ள செங்குத்துத் தூரம்.

அதாவது, $C = m\text{H} \times \text{SA}$

$$= m\text{H} \times \frac{\text{SA}}{\text{SN}} \times \text{SN} = m\text{H} \times \text{SN} \times \text{சைன் } \theta$$

காந்தத்தின் நீளம் $2l$ என்று வைத்துக்கொண்டால்,

$(\text{SN} = 2l)$, $C = m\text{H} \times 2l \times$ சைன் θ

$= \text{MH} \times$ சைன் θ

$\text{M} = 2\,l + m$ = காந்தத்தின் திருப்புத்திறன் என்பது.

$\theta = 90°$ ஆனால், சைன் $\theta = 1$: ஆகவே, θ 90°யும், $\text{H} = 1$-ம் ஆனால், இரட்டையின் திருப்புத்திறன் $= m$;

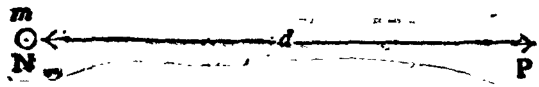
அதாவது, ஒரு காந்தத்தின் திருப்புத்திறன் என்பது, ஓர் அலகு வலிமையுடைய சீரான காந்தப் புலத்தில், அதற்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்ட அக் காந்தத்தின் மீது செயல்படும் இரட்டையின் திருப்புத் திறனாகும். இதன் அளவு = காந்தத்தின் துருவ சக்தி × காந்தத்தின் நீளம்.

காந்தப் புலத்தின் செறிவு அல்லது வலிமை

(1) ஒரு துருவத்தின் காந்தப் புலம்

N என்ற இடத்தில், m துருவ சக்தியுடைய ஒரு வடதுருவம் இருக்கட்டும். d செ.மீ. தூரத்திலுள்ள P என்ற புள்ளியில் இதன்

காந்தப் புலத்தைக் கண்டுபிடிக்க, P-ல் ஓர் அலகு வடதுருவத்தை வைத்து, அதன் மீது இயங்கும் விசையைக் கண்டுபிடி.



படம் 173

$$m_1 = m; \quad m_2 = 1; \quad d = d$$

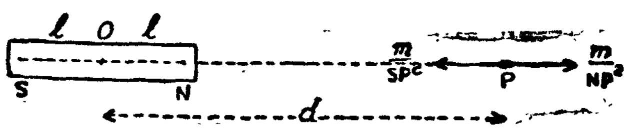
அலகு துருவத்தின் மீது விசை $= \frac{m \times 1}{d^2} = \frac{m}{d^2}$ டைன்

விசையின் திசை NP. (தள்ளு விசை—இரண்டும் வடதுருவங்கள்)

∴ P-யில் காந்தப் புலச் செறிவு $= \frac{m}{d^2}$ ஓயர்ஸ்டெட், NP திசையில்.

(2) சட்ட காந்த அச்சின் நேர் கோட்டின்மீதுள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப் புலம்.

P என்ற ஒரு புள்ளி, காந்தத்தின் மையத்திலிருந்து d செ.மீ. தூரத்தில் அதன் அச்சின்மீதுள்ளது என்று வைத்துக்கொள்வோம். காந்தத்தின் நீளம் $2l$, துருவ சக்தி m :



படம் 174

P என்ற புள்ளியில் ஓர் அலகு வடதுருவம் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம்.

இதன்மீது N-லிருக்கும் வடதுருவம் செயல்படும்.

விசை $= \frac{m \times 1}{(NP)^2}$ டைன் திசை NP⟶

P-யிலிருக்கும் அலகு வடதுருவத்தின்மீது S-லிருக்கும் தென் துருவம் செயல்படும் விசை $= \frac{M \times 1}{(SP)^2}$ டைன். இதன் திசை PS {(கவர்ச்சி விசை)⟵} ஆகும்.

இவ்விரு விசைகளின் தொகுபயன்

$$= \frac{m}{(NP)^2} - \frac{m}{(SP)^2}$$ டைன்; NP திசையில்⟶

ஆனால், $NP = OP - ON = d - l$

$SP = OP + OS = d + l$

$\therefore$ தொகு பயன் $= \dfrac{m}{(d-l)^2} - \dfrac{m}{(d+l)^2}$ டைன், NP திசையில்

$$= \frac{m(d+l)^2 - m(d-l)^2}{(d-l)^2\ (d+l)^2}$$

$$= \frac{m(d^2+2dl-l^2)-m(d^2-2dl+l^2)}{(d^2-l^2)^2}$$

ஆனல், காந்தத்தின் திருப்புத்திறன் $M = m \times 2l$

$\therefore$ தொகுபயன் (F) $= \dfrac{M.2d}{(d^2-l^2)^2}$

$$= \frac{2Md}{(d^2-l^2)^2} \text{ டைன் NP திசையில்,}$$

ஆகவே, P என்னும் புள்ளியில்

காந்தப்புலன் $\dfrac{2Md}{(d^2-l^2)^2}$

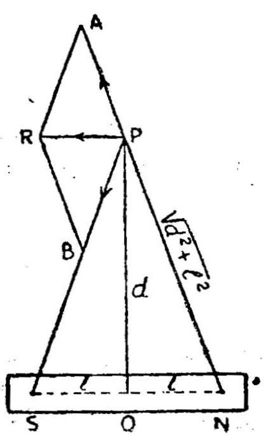
ஒயர்ஸ்டெட், $\overrightarrow{NP}$ திசையில் செயல்படுகிறது.

குறிப்பு: ஒரு சிறு சட்ட காந்தத்தை எடுத்துக்கொண்டால், அதன் பாதி நீளம் (l) புள்ளி P-யின் தூரத்தோடு (d) ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் மிகச் சிறியதாயிருக்கும்: ஆகையால்,

(d^2-l^2)-ல், l^2ஐ நிராகரித்துவிடலாம்.

$\therefore\ F = \dfrac{2Md}{(d^2)^2} = \dfrac{2M}{d^3}$ ஒயர்ஸ்டட், NP திசையில்.

(3) சட்ட காந்தத்தின் மத்தியரேகையில் (Equatorial line)



படம் 175.

காந்தப்புலம்: மத்திய ரேகை என்பது சட்டகாந்தத்தின் இருசமவெட்டி, சட்டத்திற்குச் செங்குத்தாக வரையப்பட்ட கோடு.

NS என்ற சட்டகாந்தத்தின் மத்திய ரேகையின்மீது. d என்ற தூரத்தில் P என்ற புள்ளி உள்ளது. $\therefore OP = d$. காந்தத் துருவத்தின் சக்தி m என்றும் காந்தத்தின் நீளம் $2l$ என்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.

P என்ற புள்ளியில் காந்தப் புலத்தைக் கண்டுபிடிக்க, அங்கே ஓர் அலகு வடதுருவத்தை வை.

P-யிலுள்ள அலகு வடதுருவத்தின்மீது N-லிருக்கும் வடதுருவம் செயல்படும்.

விசை $= \dfrac{m \times 1}{(SP)^2} = \dfrac{m}{d^2+l^2}$ டைன், PS திசையில்.

P-யிலுள்ள வடதுருவத்தின்மீது இரு விசைகள் செயல்படுகின்றன. அவற்றின் தொகுபயனை இணைகர விதியின்படி (Parallelogram Law) கண்டுபிடிக்கலாம்.

இரு விசைகளின் அளவுகளும் சமம். ஆகையால், PA, PB சமநீளமுடைய புயங்கள், NP, PS திசைகளில், இரு விசைகளைக் குறிப்பதாக வரைந்து, இணைகரத்தைப் பூர்த்தி செய் PARB. அதன் மூலைவிட்டமான PR விசைகளின் தொகுபயன்: NS-க்கு இணையாக உள்ளது.

$\triangle$APR, $\triangle$PNS வடிவொத்தவை. $\therefore \dfrac{PR}{PA} = \dfrac{NS}{PN}$

$$\therefore PR = \frac{NS}{PN} \times PA$$

இதில், PA என்பது $\left(\dfrac{m}{d^2+l^2}\right)$ என்ற விசை: NS$=2l$;

$$PN = \sqrt{d^2+l^2} = (d^2+l^2)^{\frac{1}{2}}$$

$\therefore$ PR என்பது ஒரு விசை: அதன் அளவு

$$= \frac{m}{(d^2+l^2)} \times \frac{2l}{(d^2+l^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{M}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}} \text{ டைன், PR திசையில்.}$$

ஆகவே, P-ல் காந்தப்புலன் $\dfrac{M}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}$ ஒயர்ஸ்டட்,

PR திசையில்; அதாவது, NS திசையில்.

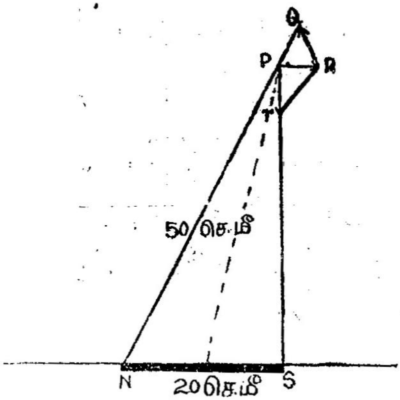
குறிப்பு: d-யுடன் ஒத்திட்டால் l சிறியதாயிருந்தால், P-ல் காந்தப் புலன் $= \dfrac{M}{(d^2)^{\frac{3}{2}}} = \dfrac{M}{d^3}$ ஒயர்ஸ்டட்.

உதாரணம்

1. ஒரு சட்ட காந்தத்தின் நீளம் 20 செ.மீ. அதன் துருவ சக்தி 30 என்றால், அதன் இரு துருவங்களிலிருந்து 50 செ.மீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்ட 40 அலகுகள் கொண்ட ஒரு காந்தத் துருவத்தின்மீது செயல்படும் விசை என்ன ?

துருவத்திலிருந்து 50 செ.மீ. தூரத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலம் =

$$F = \frac{M}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{2\,lm}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}$$



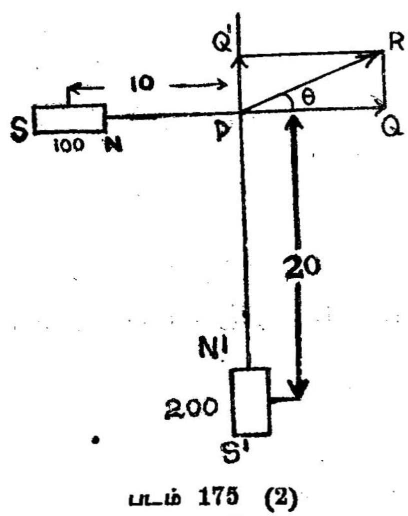
படம் 175 (1)

$= \frac{20 \times 30}{50^3}$: இது ஓர் அலகு துருவத்தின்மீதுள்ள விசை.

∴ 40 அலகு துருவத்தின்மீது விசை $= \frac{20 \times 30}{50^3} \times 40$ டைன்

$= 0{\cdot}192$ டைன்.

2. இரு சிறு சட்டகாந்தங்கள் இரு செங்குத்தான நேர்க்கோடு



படம் 175 (2)

களின்மீது வைக்கப்படுகின்றன. 100 அலகு திருப்புத்திறனுடைய

காந்தத்தின் மையம் செங்குத்துக் கோடுகள் தொடும் புள்ளியிலிருந்து 10 செ.மீட்டரும், 200 அலகு திருப்புத் திறனுடைய காந்தத்தின் மையம் அப் புள்ளியிலிருந்து 20 செ.மீ. தூரமும் உள்ளனவென்றால் அப் புள்ளியில் காந்தப் புலன் என்ன ?

SN காந்தத்தின் புலம், P புள்ளியில் $= \frac{2M}{d^3}$

$$= \frac{2 \times 100}{10^3} = \cdot 2 \text{ PQ திசை.}$$

S^1N^1 காந்தத்தின் புலம் $= \frac{2 \times 200}{20^3} = \cdot 05 \ PQ^1$ திசை.

இவற்றின் தொகுபயன் $PR = \sqrt{\cdot 2^2 + \cdot 05^2} = \cdot 206$ ஒயர்ஸ்டெட்

டாஞ்ஜென்ட் $\theta = \frac{RO}{PQ} = \frac{\cdot 05}{\cdot 2} = \cdot 25$

$\therefore \theta = 14^\circ$

பயிற்சி

1. ஒரு காந்தத் துருவம் தன்னைப்போல் 8 மடங்கு துருவ சக்தியுடைய இன்னொரு துருவத்திலிருந்து 10 செ.மீ. தூரத்திலிருக்கையில், இரண்டிற்கும் இடையே 500 மில்லிகிராம் எடை விசை செயல்படுகிறது. துருவ சக்திகள் யாவை ?

விடை : $35\sqrt{5}$; $280\sqrt{5}$ அலகுகள்.

2. 10 செ.மீ. நீளமும் 100 அலகு திருப்புத் திறன்களும்கொண்ட இருசம சட்டகாந்தங்கள், ஒரு சதுரத்தின் அடுத்தடுத்த பக்கங்களாக வைக்கப்படுகின்றன. (a) ஒரு வகைத் துருவங்கள் (b) எதிர் வகைத் துருவங்கள் ஒன்றாக வைக்கப்பட்டால், அதற்கு எதிர் மூலையில் உள்ள காந்தப் புலன் என்ன?

விடை: (a) ·0414; (b) ·1414 அலகுகள்

3. 125, 512 அலகுகள் திருப்புத் திறன்கள் கொண்ட இரு சிறு சட்ட காந்தங்கள் ஒரே நேர்க்கோட்டில் 26 செ.மீ. தூரத்தில் எதிர் வகைத் துருவங்கள் ஒன்றையொன்று நோக்கியவாறு வைக்கப்படுகின்றன. பூமியின் காந்தத்தை நிராகரித்து, எப் புள்ளியில் அவற்றின் புலங்கள் பூச்சியமாகின்றன என்பதைக் கண்டுபிடி.

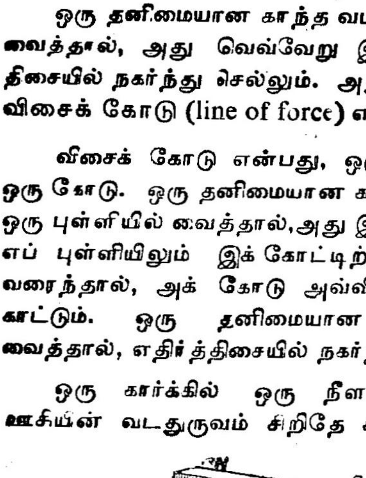
விடை : 125 அலகுடைய காந்தத்திலிருந்து 10 செ.மீ.

33. காந்த விசைக் கோடுகள்
(Magnetic Lines of Force)

ஒரு தனிமையான காந்த வடதுருவத்தை ஒரு காந்தப் புலத்தில் வைத்தால், அது வெவ்வேறு இடங்களிலுள்ள காந்தப் புலத்தின் திசையில் நகர்ந்து செல்லும். அது தொடர்ந்துசெல்லும் கோட்டிற்கு விசைக் கோடு (line of force) என்று பெயர்.

விசைக் கோடு என்பது, ஒரு காந்தப் புலத்தில் வரையப்பட்ட ஒரு கோடு. ஒரு தனிமையான காந்த வடதுருவத்தை இக் கோட்டின் ஒரு புள்ளியில் வைத்தால்,அது இக் கோட்டின்மீது நகர்ந்துசெல்லும். எப் புள்ளியிலும் இக் கோட்டிற்கு ஒரு தொடுகோடு (tangent) வரைந்தால், அக் கோடு அவ்விடத்தின் காந்தப் புலத் திசையைக் காட்டும். ஒரு தனிமையான தென்துருவம் இதே கோட்டில் வைத்தால், எதிர்த்திசையில் நகர்ந்து செல்லும்.

ஒரு கார்க்கில் ஒரு நீளமான காந்த ஊசியைப் பதித்து, ஊசியின் வடதுருவம் சிறிதே கார்க்குக்கு மேலே நீட்டியிருக்கவும், தென் துருவம் அதிக தூரத்தில் இருக்குமாறும் பொருத்தி வை. பிறகு ஒரு வாயகன்ற பாத்திரத்தில் நீரை நிரப்பிக் கார்க்கைச் செங்குத்தாக நீரில் மிதக்குமாறு விடு. ஒரு வலிமை மிக்க சட்ட காந்தத்தைப் பாத்திரத்தின் விளிம்பில், படம் 176-ல் காட்டியபடி வை. ஊசியின் வடமுனையைச் சட்ட காந்தத்தின் வட முனையருகில் கொண்டுவந்து விட்டுவிடு. இப்பொழுது ஊசி ஒரு வளைகோட்டில் தென்துருவத்திற்கு மிதந்து செல்லும். இவ் வளை கோடு ஒரு விசைக் கோடாகும். ஊசியைக் காந்தத்தின் வடதுருவத்தருகில் வெவ்வேறு இடங்களில் விட்டால் வெவ்வேறு வளைகோடுகளை இவ்வாறு வரையும்.

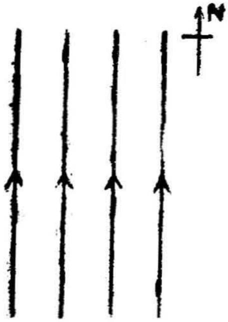


படம் 176.

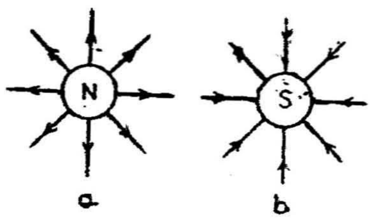
காந்த விசைக் கோடுகள் வடதுருவத்தில் துவங்கித் தென் துருவத்தில் முடிவதைக் காண்போம்.

சில சாதாரணமான காந்தப் புலங்களில் விசைக் கோடுகள் எவ்வாறுள்ளன என்பதைக் கீழ்க்கண்ட படங்கள் காட்டுகின்றன:

1. **சீரான காந்தப் புலத்தின் விசைக் கோடுகள் :** விசைக் கோடுகள் நேர்கோடுகளாய், ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளன.



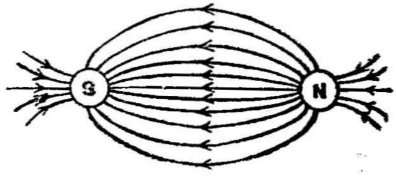
படம் 177.



படம் 178

2. **தனித் துருவத்தின் விசைக் கோடுகள் :** ஒரு தனி வட துருவமென்றால், விசைக் கோடுகள் துருவத்திலிருந்து விரிந்து செல்லும் (படம் 178 *a*). ஏனென்றால், ஓர் அலகு வட துருவம் இதனால் தள்ளப்படும். தனித் தென் துருவத்தில், கோடுகளெல்லாம் துருவத்தின்மீது குவியும்.

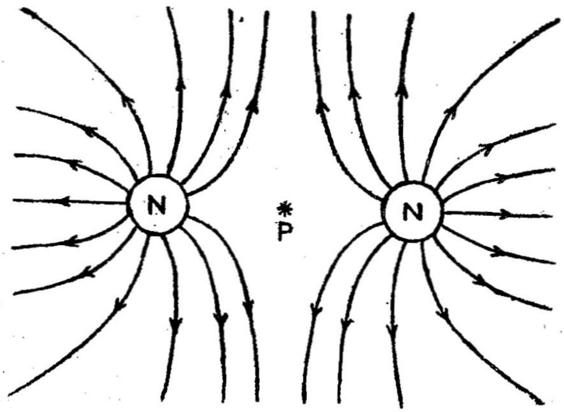
3. **அருகிலுள்ள இரு எதிர்வகைத் துருவங்களின் விசைக் கோடுகள் :** விசைக் கோடுகள் வட துருவத்திலிருந்து விரிந்து சென்று, தென் துருவத்தில் குவிகின்றன.



படம் 179.

4. **அருகிலுள்ள இரு ஒருவகைத் துருவங்கள் :** கோடுகள் துருவங்களைவிட்டு விரிந்து செல்கின்றன. இரு துருவங்களுக்கு இடையிலே உள்ள பிரதேசத்தில் புலங்கள் ஒன்றையொன்று எதிர்ப்பதால்,

கோடுகள் அதன்வழியே செல்வதில்லை. P என்னுமிடத்தில் புலங்கள் ஒன்றையொன்று அழித்துவிடுவதால், புலம் பூச்சியம். இதற்கு சூனியப் புள்ளி (neutral point or null point) என்று பெயர்.



படம் 180.

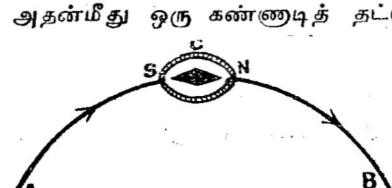
ஆகவே, விசைக் கோடுகள் வட துருவத்தில் துவங்கித் தென் துருவத்தில் முடிகின்றன என்று காண்கிறோம்.

விசைக் கோடுகள் ஒன்றையொன்று வெட்டா. ஏனெனில், இரு விசைக் கோடுகள் ஒரு புள்ளியில் வெட்டினால், அவ்விடத்தில் காந்தப் புலத்தின் தொகுபயன் இரு வெவ்வேறு திசைகளிலுள்ளதாக அர்த்தம். தொகுபயன் என்றால் அதற்கு ஒரே திசைதான் இருக்க முடியும். விசைக்கோடு என்பது காந்தப் புலத் தொகுபயனின் திசையைக் காட்டும் கோடு என்று முன்பே விளக்கியுள்ளோம்.

காந்தப் புலத்தின் விசைக் கோடுகளை வரைதல்

ஒரு தனிமையான வட துருவமோ, தென் துருவமோ கிடைப்பது இயலாத காரியம் என்று முன்பே கண்டோம். ஆகையால், விசைக் கோடுகளை வரைவதற்கு வேறு இரு முறைகளை உபயோகிக்கலாம்.

1. இரும்புத் தூள் முறை : ஒரு சட்ட காந்தத்தை மேஜை மீது வைத்து, அதன்மீது ஒரு கண்ணாடித் தட்டு அல்லது மரப்



படம் 181.

பலகையை வைத்து, அதன்மீது ஒரு காகிதத் தாளைப் பரப்பு. பிறகு கொஞ்சம் இரும்புத் தூளை மிக இலேசாக, சீராகக் காகிதத்தின்மீது

தூவு. இப்பொழுது ஒரு பென்சிலால் மெதுவாய்க் கண்ணாடியைத் தட்டினால், இரும்புத் தூளெல்லாம் காந்தம் தூண்டப்பெற்று, காந்தப் புலத்தின் திசையில் தம் அச்சு இருக்குமாறு திரும்பி, விசைக் கோடுகளின் திசையைக் காட்டிக் கோடுகோடாகப் பரவி நிற்கின்றன.

2. திசைகாட்டி முள் முறை (Compass needle) : ஒரு சிறிய திசைகாட்டி முள்ளை ஒரு காந்தப் புலத்தில் C என்ற புள்ளியில் வைத்தால், அதன் வட துருவம் CB என்ற திசையிலும் தென்துருவம் CA என்ற திசையிலும் தள்ளப்படும். முள் தடையின்றிச் சுழலுமாறு பொருத்தப்பட்டிருப்பதால், விசைக்கோட்டின்மீது படத்தில் காட்டியவாறு நிற்கும். இதை உபயோகித்து, காந்தப் புலத்தின் விசைக் கோடுகளை வரையலாம். காந்தச் சட்டத்தின்மீது ஒரு பலகையையும், அதன்மீது ஒரு காகிதத் தாளையும் வைத்து, அதன் மீது திசைகாட்டி முள்ளை வை. முள் சுழன்று, விசைக் கோட்டுக்கு இணையாக வந்து நிற்கும். வட துருவத்திற்கு நேராக ஒரு புள்ளி இடு. இவ்வாறு குறித்த புள்ளிகளைச் சேர்த்து ஒரு கோடு வரை. இவ்வாறே, வெவ்வேறு இடங்களில் விசைக் கோடுகளைக் வரையலாம்.

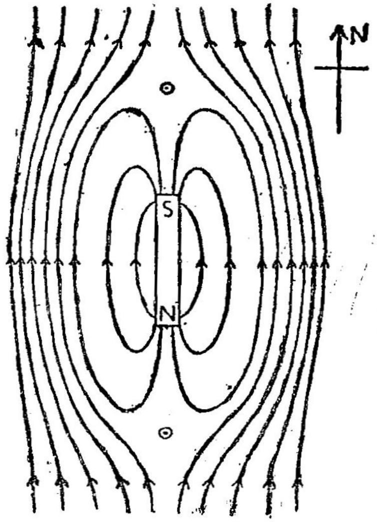
காகிதத் தாளில் ஒரு பரப்பில் மட்டுமே விசைக் கோடுகளை வரைய முடிகிறது என்றாலும், ஒரு காந்தப் புலத்தின் விசைக்கோடுகள் நீளம், அகலம், உயரம் என்ற மூன்று திசைகளிலும் பரவியுள்ளன என்பதை மனத்தில் வைக்கவேண்டும்.

(a) பூமியின் காந்தப் புலத்தை வரைதல் : ஒரு பலகையின் மீது ஒரு காகிதத் தாளைப் பதித்து, மேற்கண்ட முறையை உபயோகித்து, ஒரு திசைகாட்டி முள்ளைகொண்டு, பூமியின் காந்த விசைக் கோடுகளை வரையலாம். இவை வடக்கு-தெற்கிலே இணையாகச் செல்லும் நேர்கோடுகளாக உள்ளதைக் காண்போம். ஒரு குறிப்பிட்ட மாவட்டத்திலே இது சீராயுள்ளது. வெவ்வேறு இடங்களிலே இதனளவு சிறிது வேறுபடும். உதாரணமாக, டெல்லியில் இதனளவு ·317 ஒயர்ஸ்டெட்; பம்பாயில் ·367 ஒயர்ஸ்டெட்; மதராஸில் ·379 ஒயர்ஸ்டெட்.

இவ் விசைக் கோடுகளில் எதை வேண்டுமானாலும் அவ்விடத்தின் காந்தத் துருவரேகையாக (magnetic meridian) எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

(b) ஒரு சட்ட காந்தத்தைப் பூமியின் காந்தப் புலத்தில் வடதுருவம் தென்திசையை நோக்கியவாறு வைத்து, விசைக் கோடுகளை வரைதல் : ஒரு பெரிய காகிதத் தாளைப் பலகையின்மீது

பதித்து, அவ்விடத்தின் துருவரேகையை வரை. ஒரு சட்ட காந்தத்தைக் காகிதத்தின்மீது வடக்கு-தெற்குத் திசையில் (அதாவது, துருவரேகையின் மீது) வடதுருவம் தென்திசையை நோக்கியவாறு



படம் 182.

வைத்து, அதன் உருவத்தை வரை. பிறகு, ஒரு திசைகாட்டி முள்ளின் உதவியால் காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள பிரதேசத்தின் விசைக் கோடுகளை வரை. படம் 182-ல் காட்டியபடி கோடுகள் அமைந்திருக்கும்.

காந்தத்தின் அருகே விசைக்கோடுகள் காந்தத்தின் புலத்தையும், காந்தத்திற்கு வெகுதூரத்தில் பூமியின் காந்தப் புலத்தையும் காட்டுகின்றன. சிறு வட்டங்களில் வரைந்துள்ள இரு புள்ளிகளிலே பூமியின் காந்தப் புலமும் காந்தத்தின் புலமும் ஒன்றையொன்று எதிர்த்தழிக்கின்றமையால், அங்குப் புலமொன்றுமில்லை. இப் புள்ளிகளுக்குச் சூனியப் புள்ளிகள் என்று பெயர். அவை காந்தத்திற்கு வடக்கிலும் தெற்கிலும் சமதூரத்தில், காந்த அச்சுக் கோட்டின்மீது உள்ளன.

காந்தத்தின் திருப்புதிறன் M, நீளம் $2l$, சூனியப் புள்ளிகளின் தூரம், காந்தத்தின் மையத்திலிருந்து d தூரம் என்றும் வைத்துக் கொள்வோம்.

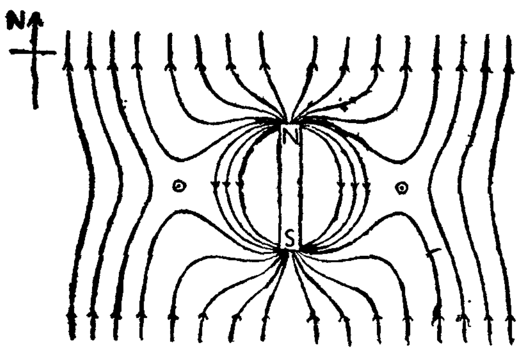
ஒரு சூனியப் புள்ளியினிடத்தில் காந்தத்தின் புலம் $= \frac{2\,M}{(d^2-l^2)^2}$

இது பூமியின் காந்தப் புலத்திற்குச் சமமாய், ஆனல், எதிராய் உள்ளபடியால்,

$$\frac{2M}{(d^2-l^2)^2} = H$$

சட்ட காந்தம் சிறியதாயிருந்தால், $\frac{2M}{d^3} = H$

([illegible]) சட்ட காந்தம் பூமியின் காந்தப் புலத்தில் வடதுருவம் வடதிசை நோக்கி வைக்கப்பட்டவாறு கோடுகளை வரைதல்: முன்போல துருவரேகையை வரைந்து, சட்ட காந்தத்தை அந்த



படம் 183.

ரேகையில வடதுருவம் வடக்கு நோக்கியவாறு வைத்து, அதன் உருவத்தை வரை. விசைக்கோடுகளை முன்போலவே வரை.

படம் 183-ல் காட்டியுள்ளதுபோல விசைக் கோடுகள் அமைந்துள்ளன. காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் பூமியின் காந்தப் புலமும் காந்தத்தின் புலமும் ஒரே திசையிலுள்ளன. ஆனால், மத்திய ரேகையில் இவை இரண்டும் எதிர்த் திசையிலுள்ளன. சிறு வட்டத்தில் குறியிட்ட இரு புள்ளிகளில் இவை பூச்சியமாகிவிடுவதால், அவை சூனியப் புள்ளிகளாகும்.

இப் புள்ளிகள் காந்தத்தின் மையத்திலிருந்து d செ.மீ. தூரத்திலிருந்தால், அவ்விடத்தில் காந்தத்தின் புலம்

$$= \frac{M}{(d^2+l^2)^{3/2}} = H \text{ பூமியின் காந்தப் புலம்}$$

சட்ட காந்தம் சிறியதானல், $\frac{M}{d^3} = H.$

பூமியின் காந்தம்; பூமியின் காந்த மூலங்கள் (Magnetic elements of the earth)

பூமிக்குக் காந்தத் தன்மையுண்டென்று முன்னே கூறினேம். தன்வயமாய்த் தொங்கவிடப்பட்ட ஒரு காந்த ஊசி ஏறக்குறைய

வடக்கு-தெற்குத் திசையில் நிற்கும் என்று கூறினோம். இக் காந்த ஊசியின் அச்சுவழியாகச் செல்லும் செங்குத்தான தளமே காந்தத் துருவரேகை (magnetic meridiam) என்று பார்த்தோம்.

காந்த விலக்கம் (Declination) : இந்தக் காந்த துருவ ரேகைக்கும், நிஜமான வடக்கு-தெற்குத் திசைக்குமிடையே உள்ள கோணத்திற்குப் பக்கச் சாய்வு அல்லது காந்தமுள் விலக்கம் (declination) என்று பெயர். இவ் விலக்கத்தின் அளவு இடத்திற்கு இடம் மாறுகிறது. ஒரே இடத்திலும் இதன் அளவு ஆண்டிற்கு ஆண்டு மாறுகிறது. கடற் பிரயாணத்திற்கு ஒவ்வோர் இடத்தின் விலக்கத்தையும் அறிந்திருத்தல் அவசியம்.

சரிவுக் கோணம் (Dip) : பூமியின் காந்தப் புலத்தின் தொகுப்புத் திசை கிடைமட்டமானதன்று. பூமியின் பரப்புக்குக் கீழ்ப்புறமாகச் சாய்ந்துள்ளது. இக் காந்தப் புலத்தின் திசைக்கும் கிடைமட்டத்திற்குமிடையே உள்ள கோணத்திற்குச் சரிவுக் கோணம் (angle of dip) எனப் பெயர். இக் கோணமும் இடத்திற்கு இடம் மாறுகிறது. பூமத்திய ரேகைக்கு அருகிலே இது பூச்சியமாகவும், துருவங்களுக்கருகிலே இது 90° ஆகவும் உள்ளது. பூமியின் பரப்பில் பூச்சியச் சரிவுக் கோணமுடைய இடங்களை ஒன்று சேர்க்கும் கோட்டிற்குக் காந்த நடுரேகை (magnetic equator) என்று பெயர்.

கிடைமட்டச் செறிவு (Horizontal intensity) : ஓர் இடத்தில் பூமியின் காந்தப் புலத்தின் கிடைமட்டப் பகுப்பிற்குக் கிடைமட்டச் செறிவு என்று பெயர். இதை H என்று குறிப்பிடுவது வழக்கம். புலத்தின் செங்குத்துப் பகுப்பை V என்று குறிப்பிடுவர். கிடைமட்டச் செறிவும் இடத்திற்கு இடம் மாறுகிறது.

பக்க விலக்கம், சரிவுக் கோணம், கிடைமட்டச் செறிவு இம் மூன்றும் பூமியின் காந்த மூலங்கள் எனப்படுகின்றன. இம் மூன்றையும் அறிந்தால், ஓரிடத்தில் பூமியின் காந்தப் புலத்தை முழுவதுமாக அறிந்துகொள்ளலாம்.

உதாரணம்

1. 8 செ.மீ. நீளமுடைய ஒரு சட்ட காந்தம் தன் வடதுருவம் தெற்கு நோக்கியவாறு காந்தத் துருவரேகையில் வைக்கப்படுகிறது. சூனியப்புள்ளி காந்த மையத்திலிருந்து 12 செ.மீ. தூரத்திலிருந்தால் காந்தத்தின் திருப்புதிறனென்ன? (H = ·3)

சூனியப் புள்ளி காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் உள்ளது. ஆகையால், அப் புள்ளியில் சட்ட காந்தத்தின் புலமும் பூமியின் காந்தப் புலமும் சமமாக எதிராக உள்ளன.

$$\therefore \quad H = \frac{2\,Md}{(d^2-l^2)^2}$$

$$\cdot 3 = \frac{2M\times 12}{(12^2-4^2)^2} = \frac{24\,M}{128\times 128} = \frac{3\,M}{16\times 128}$$

$$\therefore \; M = \frac{\cdot 3\times 16\times 128}{3} = 204{\cdot}8 \text{ அலகுகள்.}$$

2. ஒரு சிறு சட்ட காந்தம் தன் வடதுருவம் வடக்கு நோக்கிய வாறு வைக்கப்பட்டபொழுது, சூனியப்புள்ளி காந்த மையத்திலிருந்து 20 செ.மீ. தூரத்திலிருந்தது. காந்தத்தின் துருவங்களை முன்பின் திருப்பிவைத்தால், சூனியப் புள்ளி எங்கிருக்கும் ?

வடதுருவம் வடக்கு நோக்கியபொழுது, சூனியப் புள்ளிகள் காந்தத்தின் மத்தியரேகையிலுள்ளன.

$$\therefore \text{ சூனியப் புள்ளியில் } H = \frac{M}{d^3}$$

$$\therefore \qquad M = d^3H = 20^3\times H$$

காந்த துருவங்கள் மாற்றப்பட்டால், சூனியப் புள்ளிகள் காந்தத்தின் அச்சுக் கோட்டிலிருக்கும். தூரம் $= x$.

$$\therefore \quad H = 2M/x^3 \qquad \therefore \quad M = x^3H/_2$$

$$\therefore \quad 20^3H = x^3H/_2$$

$$\therefore \quad x^3 = 2\times 20^3$$

$$x = 20\,(2)^{\frac{1}{3}} \text{ செ.மீ.}$$

$$= 20\times 1{\cdot}26 = 25{\cdot}2 \text{ செ.மீ.}$$

பயிற்சி

1. 20 செ.மீ. நீளமுடைய சட்ட காந்தம் தன் தென்துருவம் வடக்கு நோக்கியவாறு வைக்கப்படுகிறது. சூனியப் புள்ளிகள் காந்த மையத்திலிருந்து 40 செ.மீ. தூரத்திலிருந்தால் காந்தத்தின் துருவ சக்தியென்ன ? ($H = \cdot 32$ ஒயர்ஸ்டெட்)

விடை : 450 அலகுகள்

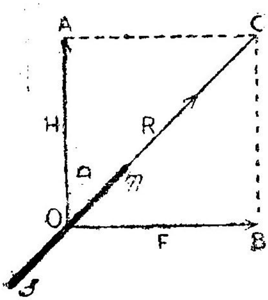
2. ஒரு சட்ட காந்தம் தன் வடதுருவம் வடக்குநோக்கியவாறு வைக்கப்பட்டபொழுது, சூனியப் புள்ளியும் துருவங்களும் 10 செ.மீ. நீளமான பக்கங்களுடைய சமமுக்கோணமாகின்றன. காந்தத் துருவ சக்தியைக் கணி. ($H = \cdot 3$ ஒயர்ஸ்டெட்) விடை : $M = 30$

3. ஒரு சிறிய சட்ட காந்தம் தன் தென்துருவம் வடக்குநோக்கிய வாறு வைக்கப்பட்டபொழுது சூனியப் புள்ளிகள் இரண்டும் 50 செ.மீ. தூரத்திலிருந்தன. இப்பொழுது காந்தத் துருவங்கள் முன் பின்னாகமாற்றி வைக்கப்பட்டன. சூனியப் புள்ளிகள் இப்பொழுது எங்குள்ளன ?

விடை : $25/(2)^{\frac{1}{3}}$ செ.மீ. தூரத்திலுள்ளன.
$= 19{\cdot}85$ செ.மீ.

34. ஒதுக்கக் காந்தமானி
(Deflection Magneto Meter)

ஒரு சிறிய காந்த ஊசி *n s*, கிடைமட்டமாகத் தடையின்றிச் சுழலுமாறு வைக்கப்பட்டிருந்தால், அது காந்தப் புலத்தின் தொகுபயன் திசையில் நிற்கும். பூமியின் காந்தப் புலத்தில் (H) மட்டும் இருந்தால், அது H–ன் திசையில் திரும்பி நிற்கும்.



படம் 184.

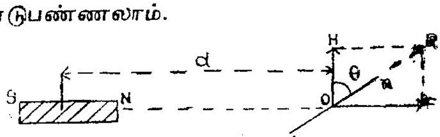
மேலேகண்ட ஊசியின்மீது H, F என்ற இரு காந்தப் புலங்கள், செங்குத்தான திசைகளில் செயல்படுகின்றன என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

OA, OB என்ற கோடுகள் H, F இரண்டையும் குறிப்பிட்டால், OBCA என்ற இணைகரத்தைப் பூர்த்திசெய்யலாம் அப்பொழுது அதன் மூலைவிட்டம் OC, H, F-ன் தொகுபயனைக் குறிக்கும் (R). H-க்கும் R-க்கும் இடையேயுள்ள கோணத்தை θ என்று குறிப்பிட்டால்,

$$\text{டாஞ்சென்டு (Tangent) } \theta = \frac{AC}{OA} = \frac{OB}{OA} = \frac{F}{H}$$

$$\therefore \quad F = H \text{ டாஞ்சென்டு } \theta$$
$$= H \tan \theta$$

H-க்குச் செங்குத்தாயுள்ள புலத்தை (F) ஒரு சட்டகாந்தம் கொண்டு உண்டுபண்ணலாம்.



படம் 185.

ஒரு சட்ட காந்தத்தை அதன் அச்சு கிழக்குமேற்காக இருக்குமாறு வை. அதன் அச்சுக்கோட்டில், *d* செ.மீ. தூரத்தில் ஒரு திசைகாட்டி முள்வைக்கப்பட்டுள்ளது.

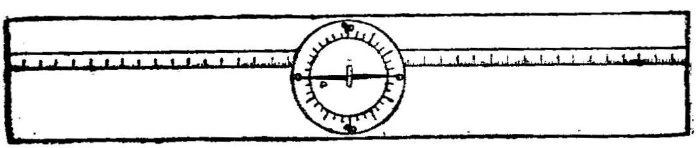
O என்ற புள்ளியில் H என்ற புலமும், அதற்கு நேர்கோணத்தில், SN என்ற திசையில், F என்ற புலமும் செயல்படுகின்றன. இதனால், ஊசி θ ஒதுக்கம் (deflection) அடைகிறது.

$$F = \frac{2md}{(d^2 - l^2)^2} = H \tan \theta$$

இது tan — A நிலை எனப்படும்.

காந்த சட்டம் சிறிதாயிருந்தால், $\frac{2m}{d^3} = H \tan \theta$

ஒதுக்கக் காந்தமானி : இதிலே ஒரு சிறிய ஊசி, கிடையாகத் தடையின்றித் திரும்புமாறு ஏற்றிவைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனடியில் ஒரு வட்ட ஸ்கேல் பதிக்கப்பட்டுள்ளது. ஊசிக்கு நேர்கோணத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு நீளமான குறிமுள் இந்த வட்ட ஸ்கேலின் மேல் சுழலுகிறது. நிலைபெயர்ச்சிப் பிழையில்லாமல் ஒதுக்கத்தை வாசிப்பதற்காகக் குறிமுள்ளின் அடியில் ஓர் ஆடி பதிக்கப்பட்டிருக்



படம் 186.

கிறது. அளவீட்டைக் காணும்போது, முள் தன் படிவத்தைத் தானே மறைக்கும்படியாக, நமது கண்களை வைத்துக்கொண்டு பார்க்க வேண்டும். இவையெல்லாம் ஓர் உலோகப்பெட்டியில் அடைக்கப்பட்டு, கண்ணாடி மூடியால் மூடப்பட்டுள்ளன; இப் பெட்டி ஒரு மீட்டர் நீளமுடைய பலகையின் நடுவே பதிக்கப்பட்டுள்ளது. இப் பலகையின்மீது மீட்டர் ஸ்கேலும் பதிக்கப்பட்டுள்ளது.

காந்தங்களின் திருப்புத்திறனை ஒத்திடல் : Tan — A நிலை :

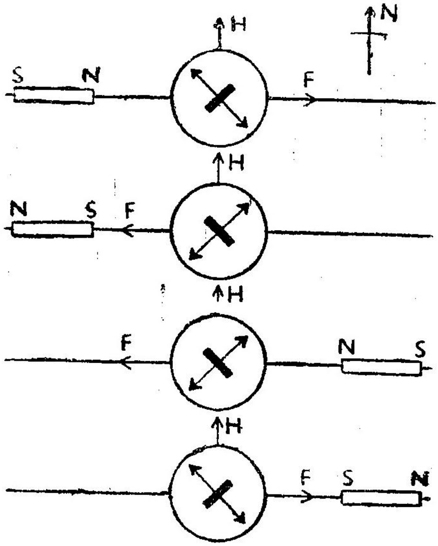
காந்தமானியின் பலகையைக் கிழக்குமேற்காக வைத்துக் காந்த ஊசிப் பெட்டியைக் கவனமாகத் திருப்பி, முள் 0° — 0° வாசிக்கும்படியாக வை.

கொடுக்கப்பட்ட இரு சிறிய சட்ட காந்தங்களிலொன்றை எடுத்து, அதன் வடதுருவம் ஊசியை நோக்கியவாறு அதைப் பலகையின்மீது வை. காந்த மையத்திற்கும் ஊசி மையத்திற்குமிடையே உள்ள தூரம் d செ.மீ. இப்பொழுது ஊசியும் குறிமுள்ளும் ஒதுக்கமடைகின்றன. ஒரு நிலைக்கு வந்த பின்னர் கண்ணாடி மூடியை மெதுவாகத்

தட்டிப் பிறகு முள்ளின் இரு முனைகளுக்கு எதிர்த்தாற்போலுள்ள அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள் (0). இப்பொழுது காந்த சட்டத்தை முனைக்கு முனை திருப்பித் தென்துருவம் ஊசியைப் பார்த்தவாறு முந்திய இடத்திலேயே வை. குறி முள்ளின் இருமுனைகளின் அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள். அடுத்தாற்போல், காந்த சட்டத்தை முந்திய தூரத்திலேயே, காந்த ஊசியின் மறுபுறத்தில் வைத்து, மறுபடியும் நான்கு அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள். அப்பொழுது,

$$F_1 = \frac{2M_1}{d^3} = H \tan \theta_1$$

M_1 என்பது முதலாம் சட்ட காந்தத்தின் திருப்புத்திறன்.



படம் 187.

இரண்டாம் சட்ட காந்தத்தை எடுத்து (திருப்பு திறன் M_2) அதே தூரத்தில் (d) வைத்து எட்டு அளவீடுகளை முன்போல் குறித்து, அவற்றின் சராசரியைக் (θ_2) கண்டுபிடி. இரண்டாம் காந்தத்திற்கு,

$$F_2 = \frac{2M_2}{d^3} = H \tan \theta_2 \text{ வகுத்தால் } \frac{M_1}{M_2} = \frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2}$$

சோதனையை வெவ்வேறு தூரங்களுக்குத் திருப்பிச் செய்து அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்து :

எண்	தூரம் (d)	ஒதுக்கம்								சராசரி ஒதுக்கம்	M_1/M_2
		1	2	3	4	5	6	7	8		
1	$d=$ செ.மீ. M_1										
	M_2										
2	$d=$ செ.மீ. M_1										
	M_2										
3											

ஒதுக்கத்தின் எட்டு அளவீடுகளை எடுத்தால்தான் பிழைகளையெல்லாம் தவிர்க்கமுடியும்.

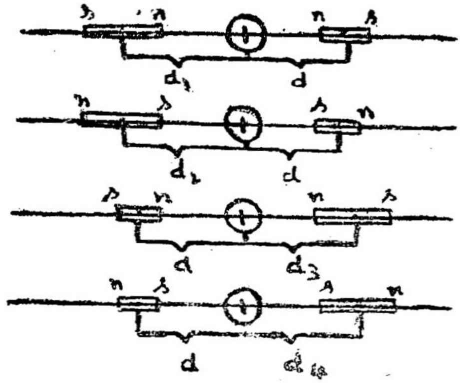
கடைசிப் பத்தியின் சராசரி அளவு M_1/M_2-ஐத் தரும்.

சூனிய முறை Null method)

காந்தமானியை Tan-A நிலையில் ஒழுங்கு செய். அதாவது, அதன் பலகை கிழக்கு-மேற்குத் திசையிலிருக்கவேண்டும். காந்த ஊசிப் பெட்டியைத் திருப்பி, குறிமுள் 0°—0° வாசகத்தில் நிற்கச் செய்.

கொடுக்கப்பட்ட இரு சிறிய சட்ட காந்தங்களில் ஒன்றை (M_1), பலகையின் மீது இணையாக வடதுருவம் காந்த ஊசிப் பெட்டியை நோக்கியவாறு d செ.மீ. தூரத்தில் வை. மறு சட்ட காந்தத்தை (M_2) மறுபுயத்தில், இணையாக வடதுருவம் பெட்டியை நோக்கியவாறு வைத்து, அதன் தூரத்தை நீட்டியும் குறுக்கியும், முன்னே உண்டான ஒதுக்கத்தைப் பூச்சியப்படுத்து. இரு காந்தங்களின் மையங்கள்

பெட்டியின் மையத்திலிருந்து எவ்வளவு தூரத்திலுள்ளன என்பதை (d, d_1) அள. பிறகு காந்தங்களைத் துருவத்திற்குத் துருவம் மாற்றி வைத்து, M_1 அதே d தூரத்திலிருக்க, M_2ஐ பூச்சிய ஒதுக்கமுண்



படம் 188.

டாக்கச் சரிப்படுத்தி, அதன் தூரத்தை அள (d_2). பிறகு காந்தங்களை ஒரு புயத்திலிருந்து மறுபுயத்திற்கு மாற்றி, மேலே விளக்கிய இரு அளவீடுகளை எடு. இந் நான்கின் சராசரி தூரத்தைக் கண்டுபிடி (D).

காந்த ஊசியில் பூச்சிய ஒதுக்கம் ஏற்படுவதால், அவ்விடத்தில் இரு சட்ட காந்தங்களின் புலங்களும் சமமாய் (ஆனால், எதிராய்) இருக்கவேண்டும்.

$$\text{ஆகவே, } \frac{2M_1}{d^3} = \frac{2M_2}{D^3}$$

$$\therefore \frac{M_1}{M_2} = \frac{d^3}{D^3}$$

அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்து :

எண்	முதல் காந்தத்தின் தூரம் d	இரண்டாம் காந்தத்தின் தூரம				சராசரி தூரம் D	$\frac{M_1}{M_2}$

சராசரி =

உதாரணம்

10 செ.மீ. நீளமுடைய ஒரு சட்ட காந்தம் காந்த துருவத்திற்கு நேர்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் அச்சுக்கோட்டில் அதன் மையத்திலிருந்து 40 செ.மீ. தூரத்தில் ஒரு சிறிய காந்த ஊசி வைக்கப் பட்டபோது, ஊசி 45° ஒதுக்கமடைகிறது. காந்தத்தின் திருப்பு திறனைக் கண்டுபிடி. (H = ·36 ஒயர்ஸ்டெட்)

ஊசி காந்தத்தின் அச்சில் உள்ளபடியால்,

$$\frac{2Md}{(d^2-l^2)} = H \tan \theta$$

$$\therefore \frac{2\times M\times 40}{(40^2-5^2)^2} = \cdot 36 \tan 45^\circ = \cdot 36$$

$$\therefore M = \frac{\cdot 36\times(40^2-5^2)^2}{80} = 11162\cdot 8 \text{ அலகுகள்}$$

பயிற்சி

1. ஒரு சிறு சட்ட காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் நேர் கிழக்கில் 50 செ.மீ. தூரத்தில் ஒரு காந்த ஊசி வைக்கப்பட்டபொழுது அதில் 45° ஒதுக்கமுண்டாயிற்று. சட்ட காந்தத்தின் திருப்பு திறனைக் கண்டுபிடி (H = ·18 ஒயர்ஸ்டெட்).

விடை : 11250 அலகுகள்.

2. இரு சிறு சட்ட காந்தங்கள் ஒதுக்க காந்தமானி புயங்களின் மீது tan-A நிலையில் 50 செ.மீ , 30 செ.மீ. தூரங்களில் வைக்கப்பட்ட பொழுது ஒதுக்கம் பூச்சியமாயிருந்தது. காந்தங்களின் திருப்பு திறன்களை ஒத்திடு.

விடை : 125 : 27

3. இரு சிறு சட்ட காந்தங்கள் காந்தரேகைக்கு நேர்குத்தாக ஒரு நேர்க்கோட்டில் 40 செ. மீ. தூரத்திலுள்ளன. அவைகளுக்கு மையத்தில் வைக்கப்பட்ட காந்த ஊசி 60° ஒதுக்கமடைகிறது. சட்ட காந்தங்களிலொன்று அகற்றப்பட்டபொழுது ஒதுக்கம் 30°-யாகக் குறைந்தது. காந்தங்களின் திருப்பு திறன்களை ஒத்திடு.

விடை : 2 : 1

நிலைமின் இயல் (Electro statics)

35. மின்சாரவியல்

(Electricity)

மின்சார சக்தி மனிதனுக்கு 25 நூற்றாண்டுகளாகத் தெரிந்துள்ளது. பழங்கால கிரேக்க ஞானி தேல்ஸ் (Thal s) என்பவர், அம்பர் (Amber) என்னும் பொருளைக் கம்பளியால் தேய்த்தால், அது இறகு, துரும்பு என்னும் பொருள்களைத் தன்னிடம் இழுக்கும் சக்தி பெறுகிறது என்று எழுதியுள்ளார். அம்பரைத் தவிர, கண்ணாடி, அரக்கு முதலிய பல பொருள்களுக்கும் இச் சக்தி உண்டாவதை கில்பர்ட் (Gilbert) என்னும் ஆங்கில விஞ்ஞானி பதினாறும் நூற்றாண்டில் கண்டறிந்தார். அவர் ஒரு கண்ணாடித் தண்டைப் பட்டுத்துணியால் தேய்த்து, சிறு சிறு காகிதத் துண்டுகளண்டையில் பிடித்தபொழுது, காகிதத் துண்டுகள் குதித்தோடிவந்து கண்ணாடித் தண்டின்மீது ஒட்டிக்கொள்வதைக் கண்டார். ஒரு சீப்பால் நமது தலைமயிரை இரண்டு மூன்று முறை சீவி, அதைக் காகிதத்துண்டுகள் அருகே கொண்டுபோனாலும் இவ்வாறே அவை சீப்பில் ஒட்டிக் கொள்ள முயலுவதைக் காண்போம்.

இவ்வாறு, தேய்ப்பதால் சிறுபொருள்களைக் கவரும் சக்திபெற்ற பொருள்கள் மின்னூட்டம் பெற்றதாகக் (electr fied) கூறப்படும். கிரேக்க மொழியில் 'எலக்ட்ரான்' என்பதற்கு அம்பர் என்பது பொருள்.

ஓடாமல் நிலையாக இருக்கும் மின்னேற்றங்களைக் குறித்த ஆராய்ச்சிக்கு நிலை மின் இயல் என்று பெயர்.

மின்சாரத்தில் இருவகைகளுண்டு. ஒரு கண்ணாடித் தண்டை எடுத்து, பட்டுத்துணியால் தேய்த்து, ஒரு நூலில் கட்டித் தொங்கவிடு. மற்றொரு கண்ணாடித்தண்டை அவ்வாறே பட்டால் தேய்த்து, முந்திய கண்ணாடித் தண்டினருகே கொண்டுவந்தால், ஒன்றையொன்று தள்ளுகின்றன. ஓர் அரக்குத் தண்டை பிளானல் துணியில்

தேய்த்து, தொங்கவிடப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டினருகே கொண்டு வந்தால், அவை ஒன்றையொன்று கவர்கிறதைக் காண்போம். ஆகவே, கண்ணாடித் தண்டிலுண்டான மின்சாரம் அரக்கிலேற்பட்ட மின்சாரத்திற்கு வேறுபட்டது என்று அறிகிறோம். பட்டுத்துணியால் தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடியில் உண்டான மின்சாரத்தை நேர் மின்சாரம் (positive electricity) என்றும் அரக்கில் உண்டான மின்சாரத்தை எதிர் மின் சாரம் (negative electricity) என்றும் கூறுவது வழக்கம்.

மேலே விளக்கிய சோதனைகளிலிருந்து இரு விதிகள் தெளிவாகின்றன: (1) ஒருவகை மின்னேற்றங்கள் ஒன்றையொன்று விலக்கும்; (2) எதிர்வகை மின்னேற்றங்கள் ஒன்றையொன்று கவரும்.

இவை, காந்தவியல் கண்ட விதிகளை ஒத்திருப்பது வெளிப்படை.

தக்கை உருண்டை சோதனை (Pith-ball experiment)

நிலை மின்னேற்றத்தைக் காட்டும் கருவிக்கு எலக்ட்ராஸ்கோப் (electroscope) அல்லது, நிலை மின்காட்டி என்று பெயர். ஒரு சிறிய தக்கை உருண்டையை ஒரு சன்னமான பட்டுநூலில் தொங்கவிட்டால், மின்னூட்டம் பெற்ற பொருள்கள் அருகில் வரும்போது தக்கை அவற்றால் இழுக்கப்பட்டு, மின்னூட்டத்தைக் காண்பிக்கும்.

ஆனால், இழுக்கப்பட்ட தக்கை மின்னூட்டம் பெற்ற பொருளைத் தொட்டவுடன், அது சட்டென்று தெரித்துச் செல்லும். இஃது ஏனென்றால், தக்கை அப் பொருளைத் தொட்டவுடன் அப் பொருளின் மின்னேற்றம் சற்று தக்கைக்கும் ஏறுகிறது. ஒருவகை மின்னேற்றங்கள் ஒன்றையொன்று விலக்குமாகையால், தக்கை சட்டென்று தெரித்துச் செல்லுகிறது. ஆகவே, தொடுவதன் மூலம் மின்னேற்றம் ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொன்றுக்குப் பாயும் தன்மையுடையது.

கடத்திகளும் கடத்தாப் பொருள்களும் (Conductors and Insulators)

ஒரு கண்ணாடித்தண்டின் முனையை ஒரு பட்டுத் துணியால் தேய்த்து, ஒரு தக்கை எலக்ட்ராஸ்கோப்பிடம் கொண்டுபோ. தேய்க்கப்பட்ட பாகம் மட்டுமே தக்கையைக் கவரும். மற்ற பாகங்களுக்குக் கவரும் சக்தியில்லை. ஆகவே, மின்னேற்றம் தேய்க்கப்பட்ட பாகத்தில் மட்டும் தங்கியுள்ளது என்பது வெளியாகிறது.

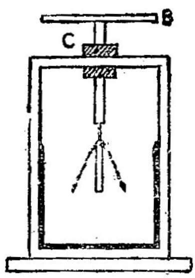
ஓர் உலோகத் தண்டைக் கையில் பிடித்து, மறு முனையை ஒரு ரப்பர்தாளால் தேய்த்து, தக்கை அருகே கொண்டுபோ. கவர்ச்சி ஒன்றுமில்லை. தண்டில் மின்னேற்றம் எதுவுமில்லை.

ஆனால், உலோகக் கம்பிக்கு ஓர் எபனைட் (ebonite) அல்லது கண்ணாடிப்பிடிபோட்டு, ரப்பரால் உலோகத் தண்டின் ஒரு முனையைத்

தேய்த்து தக்கை அருகே கொண்டுபோனால், உலோகத் தண்டின் எல்லாப் பாகமும் அதை இழுப்பதைக் காண்போம். ஆகவே, உலோகத் தண்டில் ஏற்றப்பெற்ற மின்னேற்றம் அதன் எல்லாப் பகுதிகளுக்கும் பரவுகிறது என்பதை அறிகிறோம். அதைக் கையில் பிடித்திருந்த பொழுது, மின்னேற்றமெல்லாம் நமது உடம்பின் வழியாகத் தரைக்குச் சென்றுவிட்டதால், மின்னேற்றம் ஒன்றும் காணப்படவில்லை.

மேலே விளக்கிய சோதனையிலிருந்து, கண்ணாடி போன்ற பொருள்கள் மின்னேற்றத்தைத் தம் மூலமாகக் கடத்தமாட்டா என்றும், உலோகம் போன்ற பொருள்கள் மின்னேற்றத்தைத் தம்மூடே கடத்தக்கூடியவை என்றும் தெரியவருகிறது. உலோகங்களுக்குக் கடத்திகள் (Conductors) என்றும், உலோகமல்லாத மின்சாரத்தைக் கடத்தாத பொருள்களுக்குக் கடத்தாப் பொருள் என்றும் பெயர்.

பொன் இலை எலக்ட்ராஸ்கோப் (Gold leaf electroscope)



படம் 189.

இஃது ஓர் எளிய மின்காட்டி. ஒரு கண்ணாடிச் சாடியின் கழுத்து ஓர் எபனைட் அடைப்பானல் (C) மூடப்பட்டு, அதன்வழியாக ஒரு பித்தளைத் தண்டு செல்கிறது. இத் தண்டின் ஒரு முனையில் ஒரு பித்தளைத்தகடும் (B), மறு முனையில் மிகச் சன்னமான இரு பொன் இலைகளும் பொருத்தப் பட்டுள்ளன. இலைகளுக்கு எதிர்த்தாற்போலுள்ள கண்ணாடியில் இரு சிறு உலோகத் தகடுகள் பதிக்கப்பட்டுள்ளன.

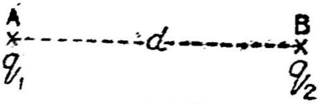
இலைகளின்மீது மின்னேற்றமொன்றுமில்லை யென்றால், அவை பக்கம்பக்கமாக, நேர்கீழே தொங்கும். பித்தளைக்கட்டை (B) மின்னூட்டம்பெற்ற ஒரு பொருளால் தொட்டால், உடனே மின்னேற்றம், பித்தளைத்தண்டு வழியாய்ப் பொன் இலைகளுக்குப் பரவும். ஒரு வகை மின்னூட்டம் பெற்ற இலைகள் ஒன்றையொன்று தள்ளி, விரிந்து நிற்கும் (படம் 173). பிறகு மின்னேற்றத்தை மெதுவாக இழக்க இழக்க, இலைகளும் மெதுவாகப் பழைய (தொங்கும்) இடத்திற்கு வந்து சேர்ந்துவிடும்.

மின்னேற்றங்களிடையே உள்ள விசை

ஒருவகை மின்னேற்றங்கள் ஒன்றையொன்று தள்ளும் என்று மேலே பார்த்தோம். இவற்றிற்கிடையே உள்ள விசைகளைக்குறித்து கூலோம் (Coulomb) என்ற விஞ்ஞானி பல சோதனைகள் செய்து காந்தத்தில் போலவே 'தலைகீழ் வர்க்க விதி' ஒன்றைக் கண்டு பிடித்தார். இதற்கும் கூலோமின் விதி என்றே பெயர்.

'இரு புள்ளிகளிலுள்ள மின்னேற்றங்களிடையே செயல்படும் விசை, அம் மின்னேற்றங்களின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர்

-விகிதத்திலும், அப் புள்ளிகளிடையே உள்ள தூரத்தின் வர்க்கத்திற்குத் தலைகீழ் விகிதத்திலுமுள்ளது'.



படம் 190.

A, B என்ற புள்ளிகளில் q_1 q_2 என்ற மின்னேற்றங்களிருந்தால், அவைகளிடையே உள்ள தூரம் d என்றிருந்தால், கூலோம்பின் விதிப்படி அவைகளிடையே செயல்படும் விசை

$$F \propto q_1 \times q_2$$
$$\propto 1/d_2$$

இரண்டையும் சேர்த்து, $F \propto \frac{q_1\ q_2}{d_2}$

$$= C\frac{q_1\ q_2}{d_2}$$ C ஒரு மாறிலி.

ஓர் அலகு மின்னேற்றத்தை ஏற்றவாறு தெரிந்துகொண்டால், C ஒன்று என்று ஆகிவிடும்.

மெட்ரிக் முறையில்: ஒரு மின்னேற்றம், ஒரு செ.மீ. தூரத்திலுள்ள, தனக்கு எவ்வகையிலும் சமமான இன்னொரு மின்னேற்றத்தை ஒரு டைன் விசையுடன் தள்ளினால், அஃது ஓர் அலகு மின்னேற்றம் எனப்படும். இதன் பெயர் நிலைமின் அலகு (electrostatic unit: e. s. u.) என்பது.

இதன்படி, $d = 1$, $F = 1$, $q_1 = q_2$ என்றால், $q_1 = 1$

$$\therefore \quad 1 = C\frac{\times 1 \ \times 1}{1} \qquad \therefore C = 1$$

ஆகவே, காற்றில், அல்லது வெற்றிடத்தில், $F = \frac{q_1\ q_2}{d_2}$

மற்ற ஊடகங்களில், $F = \frac{q_1\ q_2}{k\ d_2}$

k என்பது ஊடகத்தின்மேல் சார்ந்த ஒரு மாறிலி.

மின்புலத்தின் செறிவு (Intensity of an Electric field)

ஒரு மின்னேற்றம் ஓரிடத்திலுள்ளதென வைத்துக்கொள்வோம். அதனருகே எங்காவது இன்னொரு மின்னேற்றம் வைக்கப்பட்டால், அதன்மீது தள்ளுவிசையோ கவர்ச்சிவிசையோ செயல்படும்.

ஒரு மின்னேற்றத்தின்மீது விசை செயல்படும் பிரதேசம் மின்புலம் எனப்படும்.

ஓர் அலகு நேர்மின்னேற்றத்தின் செயல்படும் விசையே, அளவிலும் திசையிலும் மின்புலத்தின் செறிவைக் கொடுப்பதாகும்.

ஒரு புள்ளியில் மின்புலத்தின் செறிவு F அலகுகள் என்று வைத்துக்கொள்வோம். அப் புள்ளியில் q அலகுகள் கொண்ட

மின்னேற்றம் வைக்கப்பட்டால், அதன்மீது Fq டைன் விசை செயல்படும்.

O என்ற ஒரு புள்ளியில் q என்ற மின்னேற்றம் வைக்கப்பட்டால், r தூரத்திலுள்ள P என்ற புள்ளியில், அதன் மின்புலம் என்ன வென்று அறிய, அவ்விடத்தில் ஓர் அலகு மின்னேற்றத்தை வை.

அதன்மீது செயல்படும் விசை $= \frac{q \times 1}{r^2}$ ஆகவே,

P-யில் மின்புலம் $= q/r^2$, OP திசையில்

மின் அழுத்தம் (Electric potential)

ஒரு பாத்திரத்தில் நீரை ஊற்றினால் அதன் நீர்மட்டம் உயருகிறது. ஒரு பொருளுக்கு வெப்பமேற்றினால் அதன் வெப்ப நிலை உயருகிறது. அதுபோல், ஒரு மின்கடத்திக்கு நேர் மின்சாரம் ஊட்டினால் அதன் மின்னழுத்தம் உயருகிறது. ஆனால், நீருடன் பனிக்கட்டியைச் சேர்த்தால் நீரின் வெப்பநிலை குறைகிறது. அதுபோல் ஒரு மின்கடத்திக்கு எதிர்மின்சாரம் ஊட்டினால் அதன் மின்னழுத்தம் குறைகிறது.

m எடையுள்ள பொருளை h உயரம் தூக்கினால், ஈர்ப்பு விசைக்கு எதிராக mgh வேலை செய்கிறோம் என்று இயக்கவியலில் கண்டோம். இது உயர வேற்றுமையாகிய h-ஐப் பொறுத்தது. அவ்வாறே நீரை உயர்ந்த மட்டத்திற்குக் கொண்டுபோவதற்கும், வேலைசெய்தாக வேண்டும். இவ் வேலையின் அளவு உயர வேற்றுமையைப் பொறுத்தது. நீர் சாதாரணமாக உயர்ந்த மட்டத்திலிருந்து தாழ்ந்த மட்டத்திற்குப் பாயும்.

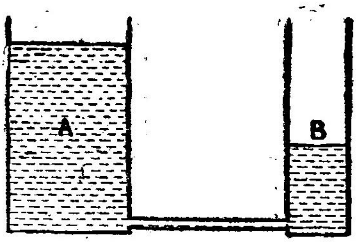
அவ்வாறே மின்சாரமும் உயர்ந்த மின்னழுத்தத்திலிருந்து தாழ்ந்த மின்னழுத்தத்திற்குப் பாயும். மின்சாரத்தைத் தாழ்ந்த மின்னழுத்தத்திலிருந்து உயர்ந்த மின்னழுத்தத்திற்குத் தள்ள வேண்டுமானால், வேலைசெய்தாக வேண்டும். இவ் வேலையின் அளவு இவ்விரு இடத்திற்குமுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப் பொறுத்தது.

மின்னோட்டம் (Electric Current)

மின்சாரம் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குப் பாய வேண்டுமானால், அவ்விரு இடங்களுக்குமிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்கவேண்டும்.

A, B என்ற இரு பாத்திரங்களில் நீர் உள்ளது. அவை இரண்டும் ஒரு சன்னமான குழாயினால் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

A-யின் நீர் மட்டம் B-யின் நீர்மட்டத்தைவிட உயரமாயுள்ளது. ஆகையால், A-யிலிருந்து நீர் B-க்குப் பாய்கிறது. இதனால் A-யின் மட்டம் குறைந்து, B-யின் மட்டம் உயர்ந்து, மட்ட வேறுபாடு குறைந்துகொண்டே வருகிறது மட்ட வேறுபாடு பூச்சியமானவுடன் நீரோட்டமும் நின்றுவிடுகிறது.



படம் 191.

அவ்வாறே, A, B என்ற இரு புள்ளிகள் ஒரு மின்கடத்தியால் பிணைக்கப்பட்டிருந்தால், A-யின் மின்னழுத்தம் B-யின் மின்னழுத்தத்தைவிட உயர்வாயிருந்தால், A-யிலிருந்து B-க்கு மின்னோட்டம் ஏற்படும். இதனால் A-யின் மின்னழுத்தம் குறைந்து B-யின் மின்னழுத்தம் உயரும். மின்னழுத்த வேறுபாடு குறைந்துகொண்டே சென்று, பூச்சியமானவுடன் மின்னோட்டமும் நின்றுவிடும். தொடர்ச்சியாக மின்னோட்டம் நடைபெறவேண்டுமானால், அவ்விரு புள்ளிகளுக்கிடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு தொடர்ந்து உண்டாகியே தீரவேண்டும்.

இவ்வாறு தொடர்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாவதற்குக் காரணகர்த்தாவாயிருப்பது மின் இயக்கு விசை (electromotive force) என்பதாகும்(E. M. F.). இரு புள்ளிகளுக்கிடையில் மின்னோட்டம் இல்லாதபொழுது அவற்றின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மின் இயக்கு விசையைத் தரும்.

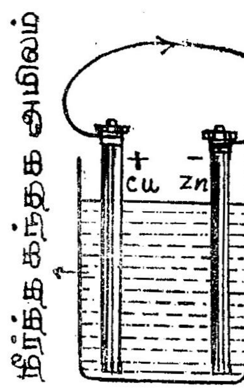
36. மின்னோட்டம்

(Current Electricity)

ஒரு மின்கடத்தியால் பிணைக்கப்பட்ட இரு புள்ளிகளுக்கிடையே மின்னோட்டம் தொடர்ந்து நடைபெறவேண்டுமானால், அப் புள்ளிகளிடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு தொடர்ச்சியாக இருக்க வேண்டும். மின்கலன்கள் (electric cells) இவ்வாறு மின்னழுத்த வேறுபாட்டைத் தொடர்ந்தாற்போல் உண்டுபண்ணி மின்சுற்றில் (circuit) மின்சாரம் தொடர்ந்து ஓடுவதற்கு உதவுகின்றன. இம் மின்கலன்களில் இரசாயன ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாறி, மின்னழுத்த வேறுபாட்டை உண்டுபண்ணுகிறது. இவற்றில் எளிதான வோல்ட்டா கலம் (Voltaic cell) 1800 ஆம் ஆண்டில் அலெசாண்ட்ரோ வோல்ட்டா என்பவரால் உண்டுபண்ணப்பட்டது.

வோல்ட்டா மின்கலம்:

இம் மின்கலத்தில், ஒரு தாமிரத்தகடும், ஒரு துத்தநாகத் தகடும் (Zn), ஒரு பாத்திரத்தில் உள்ள நீர்த்த கந்தக அமிலத்தில் (dilute sulphuric acid) ஒன்றையொன்று தொடாமல் அமிழ்க்கப்பட்டுள்ளன. தாமிரத் தகடு நேர்மின்னேற்றத்துடன் உயர்ந்த மின் அழுத்தத்திலும் உள்ளது. இவ்விரண்டையும் ஓர் உலோகக் கம்பியால் பிணைத்தால் தாமிரத்திலிருந்து துத்தநாகத்திற்கு மின்னோட்டம் எப்போதும் பாய்ந்த வண்ணம் இருக்கும். தாமிரத்தை நேர் மின்வாய் (Positive electrode) என்றும், துத்தநாகத்தை எதிர்மின்வாய் (Negative el ctrode) என்றும் சொல்வது வழக்கம்.



படம் 192.

தாமிரமும் துத்தநாகமும் நீர்த்த கந்தக அமிலத்திலே அமிழ்த்தப்பட்டு, வெளியிலே ஒரு கம்பியால் பிணைக்கப்பட்டவுடன், அமிலம்

துத்தநாகத்தின்மீது இரசாயனச் செயல்புரிந்து, ஹைட்ரஜனை வெளி விடுகிறது. இதைக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடுவது வழக்கம்.

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow Zn\,SO_4 + H_2 \uparrow$$

இந்த இரசாயன மாறுதலில் உண்டாகும் ஆற்றலில் ஒரு பகுதி மின்னோட்டத்தைத் தொடர்ந்து நடத்த உதவுகிறது.

தாமிரமும் துத்தநாகமும் அமிலத்தில் வைக்கப்பட்டு, வெளியில் கம்பியால் பிணைக்கப்படாதிருக்கும்போது, அவற்றிற்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை மின்கலத்தின் மின் இயக்குவிசை (electromotive force—E.M.F.) என்று பெயர். வோல்டா கலத்தின் E.M.F. சுமார் 1.06 வோல்ட் என்று தெரியவருகிறது. (வோல்ட் என்பது மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளக்கும் அலகு. இதைப் பின் அத்தியாயத்தில் விளக்குவோம்.)

வோல்ட்டா மின்கலத்தில் பல குறைகளுண்டு. அவற்றில் சில பின்வருமாறு:

(1) மின்னோட்டத் துருவகரணம் (Polarisation): மின்னோட்டம் விரைவில் குறைந்து, சிறிது நேரத்தில் நின்றுவிடுகிறது; இஃதேனென்றால், ஹைட்ரஜன் வாயு துத்தநாகத்திலிருந்து தாமிரத்திற்கு அமிலத்திற்குள்ளாகச் சென்று தாமிரத் தகட்டைச்சுற்றிச் சிறு சிறுகுமிழிகளாக நின்று, தாமிரத்திற்கும் அமிலத்திற்கும் மின் தொடர்பு இல்லாதவாறு செய்துவிடுகின்றது. இந்த ஹைட்ரஜன் குமிழிகளை நீக்கினாலன்றி மின்னோட்டம் நடைபெறாது. இக் குறைக்குத் துருவகரணம் என்று பெயர்.

இக் குறையை நீக்கி, மின்னோட்டம் தடையின்றி ஓடச்செய்ய வேண்டுமானால், ஹைட்ரஜன் குமிழிகளை அவ்வப்போது துடைத்து நீக்கவேண்டும். ஆனால், அது அவ்வளவு சௌகரியமான முறையன்று. ஹைட்ரஜனை இரசாயன முறையில் தொடர்ச்சியாக நீக்குவதே சௌகரியமான முறை. இதற்கு உபயோகப்படுத்தும் இரசாயனப் பொருளுக்குத் துருவத்துவம் நீக்கி (depolarisor) என்று பெயர் தரப்படும். உதாரணமாக, டேனியல் மின்கலத்தில் (Daniel cell) செம்பு சல்ஃபேட்டு (Copper Sulphate) என்னும் மயில்துத்தம் உள்ளது; இது ஹைட்ரஜனுடன் இரசாயனச் செயல்புரிந்து அதை அகற்றிவிடுவதால் இக் குறை நீங்கிவிடுகிறது.

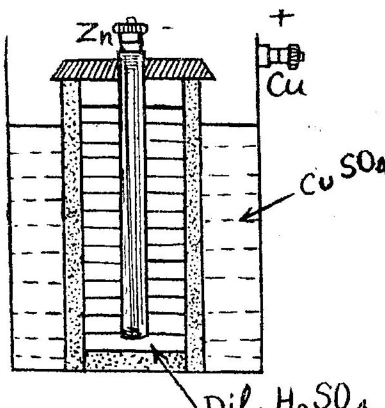
(2) உள்ளிட நிகழ்ச்சி (Local Action): இம் மின்கலத்தில் உபயோகப்படும் துத்தநாகம் சாதாரணமாக மிகவும் சுத்தமான நிலையில் இராது; கார்பன், இரும்பு, முதலிய அந்நியப்பொருள்கள் சிறுசிறு அளவு கலந்திருக்கும். இவ்வாறு பல உலோகப்பொருள்கள் அமிலத்தில் உள்ளதால், அவை சிறுசிறு மின்கலன்களாக இயங்கி, தமக்குள்ளேயே மின்னோட்டத்தை உண்டுபண்ணிக் கொள்கின்றன.

இதன் விளைவாக, வெளிக்கம்பியின் மின்னோட்டத்திற்குப் பயனொன்றும் இல்லை. துத்த நாகத் தகடுதான் தொடர்ந்து அரிக்கப்பட்டு வெகு சீக்கிரத்தில் பாழாகிவிடுகிறது. இதற்கு உள்ளிட நிகழ்ச்சி என்று பெயர்.

இக் குறையை நீக்குவதற்கு துத்தநாகத் தகட்டின்மேல் பாதரசத்தைப் பூசுவது வழக்கம். பாதரசம் நாகத்தைக் கரைத்து, அதை மட்டும் வெளிப்பரப்பிற்குக் கொண்டுவருகிறது. மற்ற அந்நியப் பொருள்கள் உள்ளுக்குள்ளேயே தங்கிவிடுவதால், உள்ளிட நிகழ்ச்சி தடுக்கப்படுகிறது. துத்தநாகம் வீணாக அரிக்கப்படுவதில்லை.

டேனியல் மின்கலம் (Daniel Cell)

இது ஒரு செப்புப் பாத்திரம். இதில் செம்பு சல்ஃபேட்டுத் (மயில் துத்த) திரவம் ஊற்றப்பட்டு, அதற்குள் நுண்துளையுடைய சாடி porous pot) ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தச் சாடியினுள்



படம் 193.

நீர்த்த கந்தக அமிலம் ஊற்றப்பட்டு, அதில் பாதரசம் பூசப்பட்ட துத்தநாகத் தண்டு வைக்கப்பட்டுள்ளது. துத்தநாகம் எதிர்மின் வாயாகவும், செம்புப் பாத்திரம் நேர்மின் வாயாகவும் செயல்படுகின்றன. சாடியின் நுண்துளைகள் வழியாக ஹைட்ரஜன் வாயு செல்லும்; ஆனால், இரு திரவங்களும் கலந்துவிடாதபடி இது தடுக்கின்றது.

துத்தநாகமும் செம்பும் வெளிப்புறமாக ஒரு கம்பியினால் இணைக்கப்பட்டால், மின்கலம் செயல்பட ஆரம்பிக்கின்றது. வெளியே

பாத்திரத்தில் துத்தநாகம் அமிலத்துடன் கிரியைசெய்து, ஹைட்ரஜனை வெளிவிடுகிறது.

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$$

இந்த ஹைட்ரஜன், நுண்துளைகள் வழியாய் நேர்மின் வாயை நோக்கிச் செல்கிறது. ஆனால், இது செப்பு சல்ஃபேட்டு திரவத்தினுள் புகுந்ததும் கீழ்க்கண்ட கிரியை நடைபெறுகிறது.

$$H_2 + Cu\,SO_4 \longrightarrow H_2\,SO_4 + Cu$$

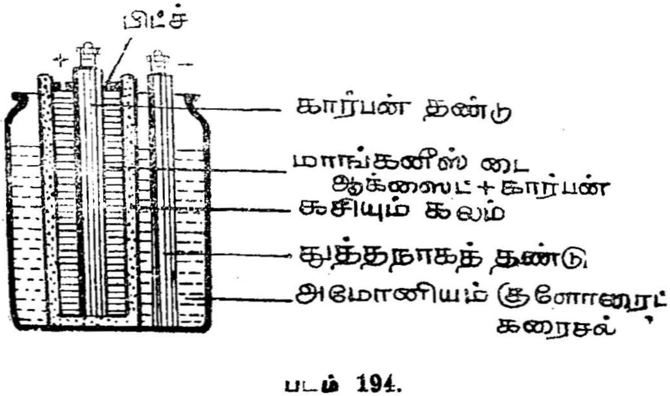
ஆகவே, செம்புத் தகட்டின்மீது ஹைட்ரஜன் படிய வழியில்லை. செம்பு தான் படிகிறது. இதனால் துருவகரணம் முற்றிலும் நீக்கப்படுகிறது.

டேனியல் மின்கலம் வெகு நிலையான மின்னியக்கு விசையை (E.M.F.) 1·08 வோல்ட் அளவில் மாறாமல் தருவதால், இது சோதனைக் கூடங்களில் வெகுவாகப் பயன்படுகிறது. செம்பு சல்ஃபேட்டுத் திரவம் நுண்துளை வழியாகக் கசிந்துசென்று துத்தநாகத்தை அரிக்க முயலும். ஆகையால், மின்கலம் உபயோகத்தில் இல்லாதபொழுது நுண்துளை சாடியைத் துத்தநாகத்துடன் வெளியே எடுத்து வைத்துவிடுவது வழக்கம்.

லெக்ளாஞ்ச்சி மின்கலம் (Lechlanche Cell)

லெக்ளாஞ்ச்சி என்பவர் 1868-ல் இம் மின்கலத்தை உண்டு பண்ணினார். அதுமுதல் தந்தி, மின்சாரமணி முதலிய சாதனங்களில் இது வெகுவாகப் பயன்பட்டுவருகிறது. கை மின்விளக்கிலும் (flash light) இது பசை மின்கலமாக (dry cell) உலகமெங்கும் உபயோகிக்கப்படுகிறது.

இம் மின்கலத்தில் ஒரு நுண்துளை சாடியுள்ளது. அதில் ஒரு கார்பன் தண்டு வைக்கப்பட்டு, அதைச்சுற்றிலும் கரித்தூள்.



படம் 194.

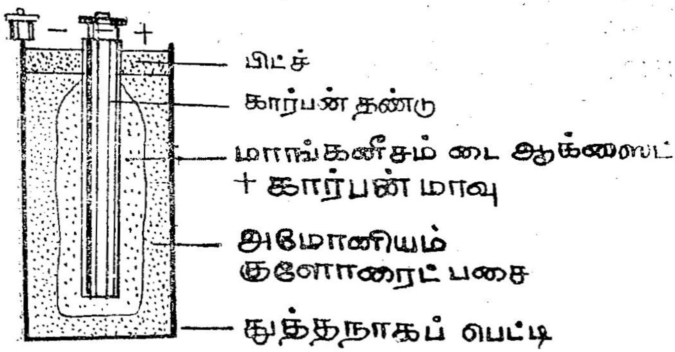
மாங்கனீஸ் டையாக்ஸைடு கலவை திணிக்கப்பட்டுத் தார் ஊற்றி மூடப்பட்டுள்ளது. இக் கார்பன் தண்டு நேர்மின் வாய்.

இந் நுண்துளைச் சாடி, ஒரு வெளிக்கண்ணாடிப் பாத்திரத்திலுள்ள அம்மோனியம் குளோரைடு திரவத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இத் திரவத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு துத்தநாகத் தண்டு எதிர் மின் வாயாகும்.

மங்கனீஸ் டையாக்ஸைடு துருவத்துவம்நீக்கியாக ஹைட்ரஜன் வாயுவை அகற்றப் பயன்படுகிறது. ஆனால், இதன் கிரியை மிகவும் மெதுவாக நடப்பதால், 1·45 வோல்டாக இருந்த அதன் மின் இயக்கு விசை (e m.f) துருவகரணத்தினால் குறைகிறது. ஆனால், சிறிது நேரம் உபயோகிக்காமல் வைத்தால் இக் குறை நீங்கிவிடுகிறது. ஆகையால், இம் மின்கலத்தைத் தொடர்ச்சியாக அல்லாமல் இடைவிட்டு உபயோகித்தல நலம். இம் மின்கலத்திற்கு அதிகமான கண்காணிப்புத் தேவையில்லை; வெகுகாலம் உழைக்கும் மின்சார மணி, தொலைபேசி தந்தி இவ் வேலைகளுக்கு இது மிகவும் ஏற்றது.

பசை மின்கலம் (Dry cell)

இது ஒரு வகையான லெக்லாஞ்சி மின்கலம்தான். இடத்துக்கு இடம் எடுத்துச்செல்ல உதவுகிறது. இதனுள் ஒரு கார்பன் தண்டு வைக்கப்பட்டு, அதைச் சுற்றிலும் முன்போலவே கரித்தூளும் மங்கனீஸ் டையாக்ஸைடும் கலந்த தூள் ஒரு பையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதைச் சுற்றிலும் அம்மோனியக் குளோரைடு பசையும்



படம் 195.

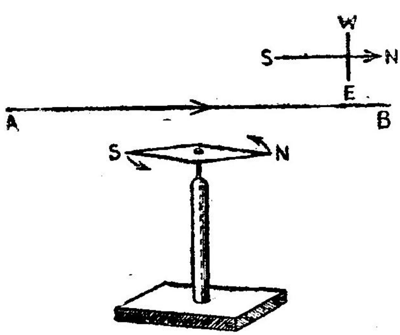
பாரிஸ் சாந்தும் (plaster of Paris) வைக்கப்பட்டு, இவை யாவற்றையும் ஒரு துத்தநாகக் கலத்தில் வைத்து, வாய்ப்பகுதியைத் தார் இட்டுக் கெட்டியாக மூடி அடைத்துள்ளனர். ஆகையால், பசை உலர்ந்து போகாது. கை-மின்விளக்குகளில் (flash light) இது வெகுவாகப் பயன்படுகிறது. மின் விளையாட்டுக் கருவிகளிலும், தற்காலத்தில் டிரான்ஸிஸ்டர் (transister) ரேடியோ சாதனங்களிலும் இவை இன்றியமையாதவையாகும்.

37. மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்
(Magnetic Effects of an Electric Current)

மின்னேற்றம் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குப் பாயும் பொழுது மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. ஒரு விநாடியில் பாயும் மின்னேற்றமே மின்னோட்டத்தின் அளவாகும். Q என்ற மின்னேற்றம் சீராக t என்ற நேரத்தில் பாய்ந்தால், மின்னோட்டம் $I = Q/t$.

ஒரு பொருளில் மின்னோட்டம் நடைபெறும்பொழுது, அப்பொருளிலும் அதற்கருகிலும் பல விளைவுகள் உண்டாகின்றன. அவற்றைக் (1) காந்த விளைவுகள், (2) வெப்ப விளைவுகள், (3) இரசாயன விளைவுகள் என மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். இம் மூன்றில் காந்த விளைவுகளை இவ்வத்தியாயத்தில் கவனிப்போம்.

1819ஆம் ஆண்டில், டேனிஷ் விஞ்ஞானி ஹான்ஸ் கிறிஸ்தியன் ஒயர்ஸ்டர் என்பவர், ஒரு கம்பியில் மின்சாரம் பாய்ந்தால் அதைச்



படம் 196.

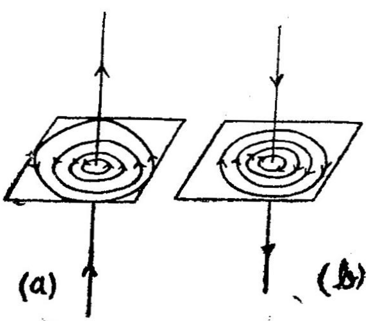
சுற்றிலும் ஒரு காந்தப் புலம் இருப்பதைக் காண்பித்தார்; மின்னோட்டமுள்ள ஒரு கம்பியருகே ஒரு காந்த ஊசியைக் கொண்டுவந்த பொழுது, ஊசி ஒதுக்கமடைந்தது.

AB என்ற கம்பியின் வழியே மின்சாரம் தெற்கிலிருந்து வடக்குத் திசையில் பாய்வதாக வைத்துக்கொள்வோம். அதற்கு நேர்கீழே ஒரு காந்த ஊசியை வைத்தால், அதன் வடதுருவம் மேற்குத் திசையில் ஒதுக்கமடைகிறது. ஊசியைக் கம்பிக்குமேலே பிடித்தால், அதன் வடதுருவம் கிழக்குத் திசையில் ஒதுக்கமடைகிறது. மின்னோட்டத்தை எதிர்த்திசையில் செலுத்தினால், ஒதுக்கங்களும் எதிர்த்திசையில் நடைபெறுகின்றன.

ஆம்பியரின் விதி (Ampere's Rule): மின்னோட்டமுடைய ஒரு கம்பியினருகேயுள்ள காந்த ஊசி ஒதுக்கமடையும் திசையைப் பற்றி ஆம்பியர் கீழ்க்காணும் விதியைக் கூறினர்: 'ஒருவன் மின்னோட்டத்தின் திசையில், கம்பியின்மீது காந்த ஊசியை நோக்கிய வண்ணம் நீந்திச்சென்றால், ஊசியின் வடதுருவம் அவனது இடதுகைப் புறம் ஒதுக்கமடையும்.'

நேர்கோட்டில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் காந்தப் புலம்

ஒரு நேர்கம்பியை ஓர் அட்டையின் மையத்திலே செங்குத்தாகச் செலுத்தி, அதன்வழியாக மின்சாரத்தைச் செலுத்து. இரும்புத் தூளை அட்டையின்மீது தூவினால், அவை பொதுமைய



படம் 197.

(concentric) வட்டங்களாக அமைவதைக் கவனி. ஆகவே, நேர்கோட்டில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் காந்த விசைக்கோடுகள் அதற்குச் செங்குத்தான தளத்தில் பொதுமைய வட்டங்களாயுள்ளன என்று தெரியவருகின்றது.

ஒரு திசைகாட்டி ஊசியைக்கொண்டு இவ் விசைக்கோடுகள் எத் திசையில் செல்கின்றன என்பதைச் சுலபமாய்க் கண்டுபிடித்து விடலாம். மின்னோட்டம் மேல்நோக்கிச் சென்றால் காந்தப் புலத்தின் கோடுகள் கடிகாரமுள் செல்வதற்கு எதிர்த்திசையிலும், மின்னோட்டம் கீழ்நோக்கிச் சென்றால் விசைக்கோடுகள் கடிகாரமுள் செல்லும் திசையிலுமாக இருப்பது தெரியவரும்.

இத் திசைகளைச் சுலபமாக ஞாபகம் வைப்பதற்கு இரு 'விதி'கள் உள்ளன. அவை 'வலதுகை விதி', 'மரை ஆணி விதி' (Corkscrew Rule) என்பனவாகும்.

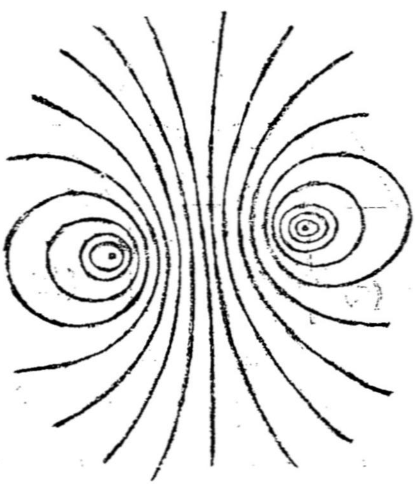
வலதுகை விதி : 'மின்னோட்டக் கம்பியை வலதுகையில் பிடித்துக் கட்டைவிரலைக் கம்பியோடு மின்னோட்டத்தின் திசையில் நீட்டினால், மடக்கிய நான்கு விரல்களும் காந்தப் புலத்தின் திசையைக் காண்பிக்கும்."

மரை ஆணி விதி : 'ஒரு மரை ஆணியை மின்னோட்டத்தின் திசையில் செல்லும்படி திருகினால், அதன் தலை சுழலும் திசையே காந்தப் புலத்தின் திசையாகும்'.

இது 'மேக்ஸ்வெல்லின் திருகாணி விதி' என்றும் சொல்லப் படும். நகைகளிலுள்ள திருகாணிகளைத் தவிர, மற்றத் திருகாணிகள் எல்லாம் 'வலதுகை விதி'யையே பின்பற்றுகின்றன என்பது கவனிக்கத்தக்கது.

வட்டக் கம்பியில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் காந்தப் புலம்

செங்குத்தாயுள்ள ஒரு வட்டமான கம்பியின்வழியே மின்சாரம் பாய்கிறதென்றும், அவ் வட்டத்தின் மையத்தினூடே, கிடைமட்ட



படம் 198.

மாக ஓர் அட்டை துளைத்து வைக்கப்படுகிறதென்றும் வைத்துக் கொள்வோம். இரும்புத் தூளை அட்டையின்மீது தூவி, இலேசாக அட்டையைத் தட்டினால். இரும்புத்தூள் படத்தில் காட்டியபடி கோடுகளாக அமையும். மின்னோட்டம் A என்னும் புள்ளியில் காகிதத்திலிருந்து மேற்புறமாகவும் B என்ற புள்ளியில் காகிதத்திற்குள்ளும் செல்வதாகக் கொண்டால், விசைக்கோடுகள் அம்புகளால் காட்டப்பட்

டுள்ளன. வட்டக் கம்பியின் மையத்தில் விசைக்கோடுகள் இணையாய் ஒரு திசையில் செல்கின்றன. ஆகவே, ஒரு வட்டச் சுருளின் மையத்தில் காந்தப் புலம் சீராய்ச் சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாயுள்ளது.

லப்ளாஸ் (Laplace) என்ற விஞ்ஞானி, ஒரு வட்டச் சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் விளைவாக அதன் மையத்திலே செயல்படும் காந்தப் புலத்தின் செறிவு,

(a) மின்னோட்டத்தின் (i) அளவுக்கு நேர்விகிதத்திலும்,

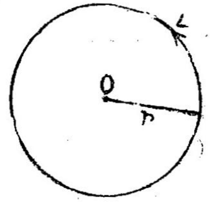
(b) சுருளிலுள்ள கம்பியின் நீளத்திற்கு (l) நேர்விகிதத்திலும்,

(c) வட்டத்தின் ஆரவர்க்கத்திற்குத் (r^2) தலைகீழ் விகிதத்திலும் உள்ளதெனக் காண்பித்துள்ளார்.

அதாவது, காந்தப் புலம்

$$F \propto \frac{i \times l}{r^2}$$

அதாவது, $F = k \dfrac{i \times l}{r^2}$



படம் 199.

மின்னோட்ட அலகை ஏற்றபடி நிர்ணயித்தால். மாறிலி $k=1$ ஆகிவிடும். இந்த அலகிற்கு 'மின்காந்த மின்னோட்ட அலகு' (Electromagnetic unit of current) என்று பெயர். இதை ஆம்பியர் (Ampere) என்ற விஞ்ஞானி வரையறுத்தது வருமாறு :

'மின்காந்த அலகு மின்னோட்டமென்பது, ஒரு செ மீ. ஆரமுடைய வட்டத்தின் ஒரு பாகமாக வளைக்கப்பட்ட ஒரு செ.மீ. நீளமுடைய கம்பியின்வழியாகப் பாய்ந்து, வட்டத்தின் மையத்தில் ஓர் ஓயர்ஸ்டெட் காந்தப் புலத்தை உண்டுபண்ணும் மின்னோட்டமாகும்.'

அதாவது, $l=1$, $r=1$, $F=1$ என்றிருந்தால், $i=1$ ஆகும்.

இதன்படி, $1 = k \dfrac{1 \times 1}{1}$

$$\therefore \quad k = 1$$

ஆகவே, கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் காந்தப் புலம்

$$F = \frac{il}{r^2} \text{ ஓயர்ஸ்டெட்.}$$

மின்னோட்டத்தின் இவ்வலகு மிகப்பெரிதாக இருப்பதால், இதில் பத்திலொரு பாகமே நடைமுறையில் பயனாகின்றது. அதற்கு 'ஆம்பியர்' (Ampere) என்று பெயர்.

ஆகவே, 1 ஆம்பியர் $= \frac{1}{10}$ மின்காந்த மின்னோட்ட அலகு (e.m.u.).

கம்பியில் n சுருள்கள் r ஆரத்தில் இருந்தனவானால், கம்பியின் மொத்த நீளம் $l = 2\pi r \times n$. ஆகவே, சுருளின் மையத்திலேயுள்ள காந்தப் புலம்

$$F = \frac{2\pi r n i}{r^2} = \frac{2\pi n i}{r} \text{ ஓயர்ஸ்டெட்.}$$

இதில் i என்ற மின்னோட்டம் e.m.u. அலகிலுள்ளது. மின்னோட்டத்தை ஆம்பியரில் குறிப்பிட்டால், i ஆம்பியர் மின்னோட்டமுடைய, n சுற்றுகள் கொண்ட ஒரு சுருளின் மையத்தில் செயல்படும் காந்தப் புலம்

$$F = \frac{2\pi n i}{10 r} \text{ ஓயர்ஸ்டெட் } (\because i \text{ ஆம்பியர் } = \frac{i}{10} \text{ e.m.u.})$$

குறிப்பு : ஒரு கம்பியில் ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஒரு விநாடி நேரம் ஓடினால், ஓடிய மின்னேற்றத்திற்கு ஒரு கூலோம் (Coulomb) என்று பெயர். இதுவே மின்னேற்றத்தின் நடைமுறை அலகு (Practical unit of charge).

மின்னோட்டமானி (Galvanometer)

பல சுற்றுகள் கொண்ட ஒரு கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் ஒரு காந்த ஊசியைத் தொங்கவிட்டு, சுருளைப் பூமியின் துருவரேகையில் வைத்து, மிகச் சிறிய அளவு மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சினாலும், ஊசி வெகுவான ஒதுக்கமடையும். ஏனெனில், சுருளின் ஆரம் குறைவாயும் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாயுமிருந்தால், மின்னோட்டத்தின் காந்தப் புலம் அதிக அளவாயிருக்கும்.

மின்னோட்டத்தை அளப்பதற்கு மின்னோட்டமானிகள் பயன்படுகின்றன. இதில் இருவகையுண்டு. அவை: (1) இயங்கு காந்த மின்னோட்டமானி, (2) இயங்கு சுருள் மின்னோட்டமானி எனப்படும்.

டாஞ்சென்ட் மின்னோட்டமானி (Tangent galvanometer)

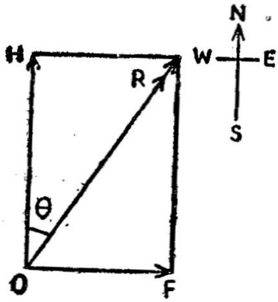
இது இயங்கு காந்த வகையைச் சேர்ந்தது; மேலே விளக்கிய தத்துவத்தைப் பயன்படுத்துவது.

r ஆரமுடைய சுருள்கம்பியில் n சுற்றுகள் இருக்க, அதனூடே i ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்ந்ததானால், அதன் மையத்தில் செயல்படும் காந்தப் புலத்தின் செறிவு

$$F = \frac{2\pi n i}{10 r} \text{ ஓயர்ஸ்டெட்.}$$

கம்பிச் சுருள் செங்குத்தாய்ப் பூமியின் துருவரேகையில் வைக்கப்பட்டால், சுருளின் புலம் F கிடையாய், H-க்கு நேர்கோணத்தில்

செயல்படும். சுருளின் மையத்தில் (34 ஆவது அத்தியாயத்தில் படித்த) ஓர் ஒதுக்கமானியின் ஊசிப்பெட்டியை வைத்தால், அது θ ஒதுக்கமடையும்.



படம் 200.

$$\frac{F}{H} = \tan \theta$$

$$\therefore \quad F = \frac{2\pi n i}{10 r} = H \tan \theta$$

$$\therefore \quad i = \frac{10 r H}{2\pi n} \tan \theta \text{ ஆம்பியர்கள்}$$

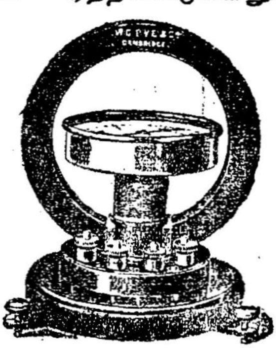
$$= K \tan \theta \text{ ஆம்பியர்கள்}$$

$K = \frac{10 r H}{2\pi n}$ ஒரு மாறிலி. ஏனென்றால், ஒரு சுருளின் ஆரமும் (r), சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையும் (n) மாறா. ஓரிடத்தில் பூமியின் கிடைச்செறிவு (H) மாறாது. ஆகையால், இவற்றின் அளவு களைக்கொண்டு K-யின் அளவைக் கணிக்கலாம். இதற்குச் சுருக்கக் காரணி (Reduction factor) எனப் பெயர். இதைக்கொண்டு ஒதுக்கக் கோணத்தின் டாஞ்சென்டைப் (tangent) பெருக்கினால், மின்னோட்டத்தின் அளவு ஆம்பியரில் கிடைக்கும். இது காரண மாகவே இக் கருவிக்கு டாஞ்சென்ட் மின்னோட்டமானி எனப் பெயர் தரப்பட்டுள்ளது.

மின்னோட்டத்தின் அளவு (i) தெரிந்தால் சுருக்கக் காரணியை

$K = \frac{i}{\tan \theta}$ என்ற சமன்பாட்டைக்கொண்டு கணிக்கலாம்.

டாஞ்சென்ட் மின்னோட்டமானியில் ஒரு வட்டச் சுருள் ஒரு கிடையான பீடத்தின்மீது செங்குத்தாக ஏற்றப்பட்டுள்ளது. பீடத்தின் கிடைமட்டத்தை மூன்று திருகு களைக்கொண்டு சரிப்படுத்தலாம். கம்பிச் சுருளின் இரு முனைகள் பீடத்தில் பதிக்கப் பட்டுள்ள இணைப்புத் திருகாணிகளில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சுருளின் மையத் தில் காந்தமானிப் பெட்டியொன்று கிடை மட்டமாக, காந்த ஊசியின் மையம் சுருளின் மையத்தில் இருக்குமாறு வைக்கப்பட்டுள் ளது. முன்னே விவரித்ததுபோல் (அத்தி யாயம் 34) இப் பெட்டியில் ஒரு சிறு காந்த முள் தடையின்றிச் சுழலுமாறு ஏற்றப்பட் டுள்ளது. அதற்கு நேர்கோணத்தில் ஒரு எடையற்ற குறிமுள் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.



படம் 201.

அளவீடுகளைப் புடைபெயர்ச்சியின்றி வாசிக்கக் குறிமுள்ளினடியில் ஒரு சமதள ஆடி பதிக்கப்பட்டுள்ளது. சாதாரணமாக, ஒரே கருவியில் மூன்று வெவ்வேறு எண்ணிக்கைச் சுற்றுகளையுடைய சுருள்கள் இருக்கும். மிகக்குறைவான மின்னோட்டங்களை அளக்க 500 சுற்றுகளையுடைய சுருளும், அதிகமான மின்னோட்டங்களை அளக்க 2 அல்லது 5 சுற்றுகளையுடைய சுருளும் உண்டு.

கீழ்க்காணும் முறைகளைக் கையாளுதல் அவசியம் :

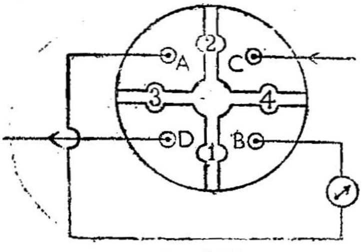
(1) கருவியின் பீடத்தைக் கிடைமட்டப்படுத்து.

(2) சுருள்களுள்ள சட்டத்தைத் திருப்பி, அது பூமியின் துருவ ரேகையில் இருக்குமாறு வை. காந்தமுள் சுருளுக்கு இணையாக நிற்கும்.

(3) சுருளைக் கலைக்காமல், காந்தமானிப் பெட்டியை மட்டும் ஜாக்கிரதையாய்ச் சுற்றிக் குறிமுள் 0° — 0°வுக்கு எதிராக வரும்படி செய்.

மின்னோட்டத்தை அளத்தல் : மேலே கண்ட ஒழுங்குகளைச் செய்து முடித்த பின்னர், கருவியின் கம்பிச் சுருளை அளக்கவேண்டிய மின்னோட்டம் பாயும் சுற்றுடன் பிணை. மின்னோட்டம் சுருளில் பாய்ந்தவுடன் குறிமுள் ஒதுக்கம் காட்டும். இவ்வொதுக்கத்தைக் கவனமாக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். முள்ளின் இருமுனைகளின் அளவீடுகளையும் எடுக்கவேண்டும்.

சுருளின் தளம் பூமியின் துருவரேகையை விட்டுச் சிறிது விலகியிருந்தால் பிழை ஏற்படும். இதை நீக்க மின்னோட்டத்தின் திசையை எதிர்மாறாக்கி, மறுபடியும் குறிமுள்ளின் இரு அளவீடுகளை ஏடு. இந் நான்கு அளவீடுகளின் சராசரி ஒதுக்கத்தை (θ) தரும். ஒதுக்கம் 30°-க்கும் 60°-க்கும் இடையே இருக்கவேண்டும்.



படம் 202.

மின்னோட்டமானியின் அருகில் காந்தமோ, காந்தம் உண்டுபண்ணக்கூடிய எந்தக் கருவியோ இருக்கக்கூடாது.

சராசரி ஒதுக்கம் θ ஆனால்,

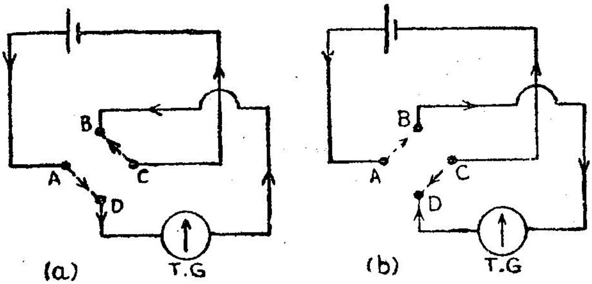
$$i = \frac{10rH}{2\pi n} \tan\theta = K \tan\theta$$

ஆம்பியர்.

திசைமாற்றி (Commutator)

திசைமாற்றி என்னும் கருவி ஒரு திசையில் செல்லும் மின்னோட்டத்தை எதிர்த் திசையில் செலுத்த உதவுகிறது.

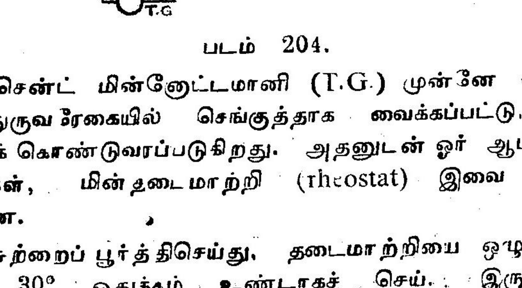
டாஞ்சென்ட் மின்னோட்டமானியில் பாயும் மின்னோட்டத்தை எதிர்த் திசையில் செலுத்த இது வெகுவாகப் பயன்படுகிறது. இது நான்கு பித்தளைக் கால் வட்டங்களைக் கொண்டது. எபொனைட் பீடத்தில் பதிக்கப்பட்ட இவற்றைப் பித்தளையாலான செருகுசாவிகளைக் (plug key) கொண்டு இரண்டிரண்டாகப் பிணைக்கலாம். AB-ஐயும் CD-ஐயும் பிணைத்தால் மின்னோட்டம் ஒருதிசையில் செல்லும்; AD-யையும் BC-யையும் பிணைத்தால எதிர்த்திசையில் செல்லும்.



படம் 203

டாஞ்சென்ட் மின்னோட்டமானியைக்கொண்டு ஆம்பியர்மானியை அளவுதிருத்தல் (Calibration of an ammeter with O.T.G.)

ஆம்பியர்மானி என்பது ஒரு மின்சுற்றில் ஓடும் மின்னோட்டத்தை நேரடியாக ஆம்பியர் அலகில் அளக்கும் கருவியாகும். இதன் பிரிவுகள் சரியானவையா, திருத்தங்கள் அவசியமா என்பதை டாஞ்செண்ட் மின்னோட்டமானி கொண்டு கண்டுபிடிக்கலாம்.



படம் 204.

டாஞ்செண்ட் மின்னோட்டமானி (T.G.) முன்னே விளக்கியது போல், துருவ ரேகையில் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டு, 0° — 0° அளவுக்குக் கொண்டுவரப்படுகிறது. அதனுடன் ஓர் ஆம்பியர்மானி, மின்கலங்கள், மின்தடைமாற்றி (rheostat) இவை பிணைக்கப் படுகின்றன.

மின்சுற்றைப் பூர்த்திசெய்து, தடைமாற்றியை ஒழுங்குபடுத்தி, T.G. யில் 30° ஒதுக்கம் உண்டாகச் செய். இரு முனைகளின்

ஒதுக்கத்தைக் குறித்துக்கொண்டு, மின்னோட்டத் திசையை மாற்றி, மறுபடியும் இந் அளவீடுகளைக் குறி. இவற்றின் சராசரி அளவையும் ஆம்பியர்மானியின் அளவீட்டையும் குறித்துக்கொள். தடைமாற்றி யின் உதவியால் இவ்வாறே T.G.யின் ஒதுக்கத்தை 30°-யிலிருந்து 60° வரை உயர்த்தி, ஒவ்வொரு முறையும் ஆம்பியர்மானியின் அளவீட்டைக் குறி. TGயின் ஆரம் (r), சுற்று எண்ணிக்கை (n), பூமியின் H இவற்றையும் குறித்துக்கொள். பிறகு $i = \frac{10\,r\,H}{2\pi n} \tan\theta$ என்ற சமன்பாட்டைக்கொண்டு மின்னோட்ட அளவைக் கணித்து, ஆம்பியர்மானியின் அளவோடு ஒத்திட்டுப்பார்.

அளவீடுகளைக் கீழ்க்காணுமாறு அட்டவணைப்படுத்து :

சுருளின் ஆரம் (r) = ... செ மீ.

சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை (n) =

சுருக்கக் காரணி $K = \frac{10\,r\,H}{2\pi n} = \ldots$

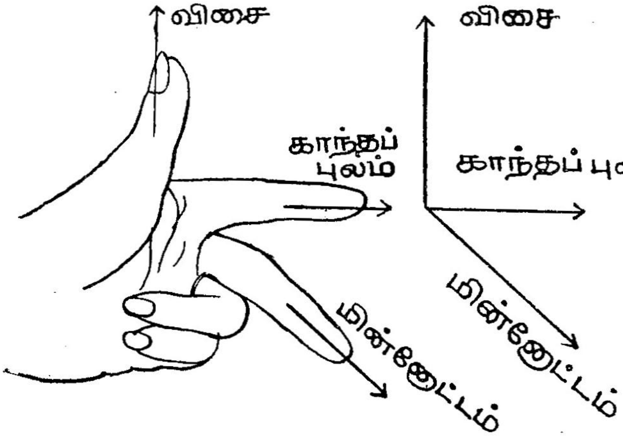
சோதனை எண்	ஆம்பியர் மானி அளவீடு A	TG-யின் ஒதுக்கம்				சராசரி ஒதுக்கம் θ	$\tan\theta$	$i = K\tan\theta$	திருத்தம் $i-A$
		1	2	3	4				
1									
2									
3									

மின்னோட்டமுடைய கம்பி காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்பட்டால், அதன்மீது செயல்படும் விசை (Force on a conductor carrying current placed in a magnetic field)

மின்னோட்டமுடைய கம்பியைச் சுற்றிலும் காந்தப் புலம் உள்ள தென்று மேலே பார்த்தோம். அப் புலத்தில் வைக்கப்பட்ட காந்தத் துருவத்தின்மீது ஒரு விசை செயல்படும். அப்படியானல் நியூட்டனின் மூன்றும் விதிப்படி அக் கம்பியின்மீது ஓர் எதிர்விசை செயல்படவேண்டும். அதாவது, காந்தத் துருவத்தில் புலத்தில் வைக்கப்பட்ட மின்னோட்டமுடைய கம்பி ஒரு விசைக்கு உட்படுகிறது என்று அறிகிறோம்.

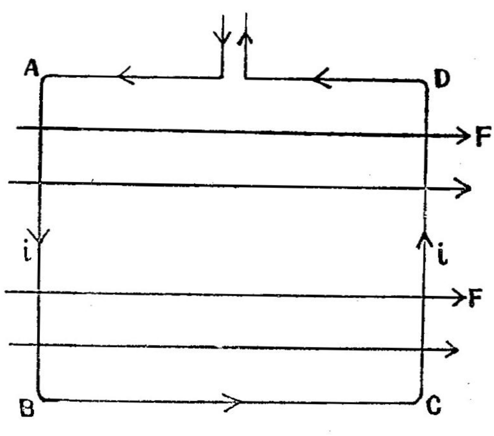
இவ் விசையின் திசையை அறிய ஃப்ளெமிங் (Fleming) என்ற விஞ்ஞானி ஒரு விதியைக் குறித்துள்ளார். இதற்கு 'ஃப்ளெமிங்கின்

இடதுகை விதி' என்று பெயர். 'இடதுகையின் பெரு விரலையும் முதல் இரு விரல்களையும் ஒன்றுக்கொன்று நேர்கோணங்களாக மூன்று திசைகளில் விரித்துப் பிடி. இப்பொழுது, முதல் விரல்



படம் 205.

காந்தப் புலத்தின் திசையையும் நடுவிரல் மின்னோட்டத்தின் திசையையும் குறித்ததானால், பெருவிரல் கம்பியின்மீது செயல்படும் விசையின் திசையைக் குறிக்கும்.'



படம் 206.

இது ஒரு மிகவும் முக்கியமான விதி. இதையொட்டியே மின்சார விசிறி, இயங்கு சுருள் மின்னோட்டமானி (moving coil galvanometer) முதலிய பல சாதனங்கள் இயங்குகின்றன.

ABCD என்ற சதுரமான சுருள்கம்பி, F என்ற காந்தப் புலத்தில் அதற்கு இணையாகத் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. இக் கம்பியின் வழியாக i என்ற மின்னோட்டம் அம்புக்குறி காட்டிய திசையில் செல்கிறது. ஃப்ளெமிங்கின் இடதுகை விதியின்படி, AB என்ற கம்பியின்மீது செயல்படும் விசை அதைக் காகிதத்திற்குச் செங்குத்தாக வெளியே தள்ளுகிறது. அவ்வாறே CD என்ற கம்பியின்மீது செயல் விசை அதைக் காகிதத்திற்குள்ளே தள்ளுகிறது. BC, AD என்ற பக்கங்களில் செயல்படும் சமமான, ஆனால், எதிர்த்திசையான விசைகள் சுழல் இரட்டையாகி, இக் கம்பிச் சுருளை அதன் செங்குத்தான அச்சில் சுழலச் செய்கிறது இச் சுருள் ஒரு கம்பியில் தொங்கவிடப்பட்டிருப்பதால், இதன் சுழற்சியை அக கம்பியில் ஏற்படும் முறுக்கு (twist) எதிர்க்கிறது ஆகவே, சுருள் θ என்னும் ஒரு கோணத்திற்கு ஒதுக்கமடைந்து நின்றுவிடுகிறது.

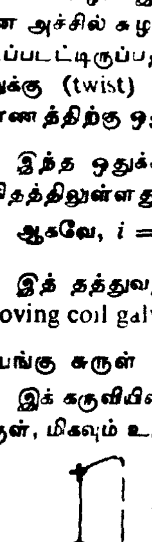
இந்த ஒதுக்கம் θ, சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு (i) நேர் விகிதத்திலுள்ளது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

ஆகவே, $i = K\theta$

இத் தத்துவத்தையொட்டியே இயங்கு சுருள் மின்னோட்டமானி (Moving coil galvanometer) இயங்குகிறது.

இயங்கு சுருள் மின்னோட்டமானி

இக் கருவியில், ஒரு சதுரமான பல சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச் சுருள், மிகவும் உரப்பான காந்தப் புலத்தில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.



படம் 207.

சுருளின் ஒரு முனை ஒரு தீ வெண்கல (phosphor bronze) இழையில் இணைக்கப்பட்டு அதிலிருந்து தொங்குகிறது. அடுத்த முனை ஒரு வில்லின் வழியாக வெளிச்சுற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, சுருள் ஒதுக்கமடைவதை அதில் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு குறிமுள் காட்டுகிறது. இன்னும் உணர்வுள்ள கருவிகளில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள இழையில் ஒரு சிறு ஆடி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ஒரு விளக்கையும் ஸ்கேலையும் இதனுடன் உபயோகித்து மிகக் குறைந்த ஆம்பியர் அளவான நுண்ணிய மின்னோட்டத்தையும் அளக்கலாம். இதில $i = K\theta$ என்ற சமன்பாடு செயல்படும்.

இயங்கு சுருள் மின்னோட்டமானி பல வழிகளில் மேலானது. (1) இதிலுள்ள காந்தப் புலம் மிகப் பலமுடையதாகையால், பூமியின் காந்தப் புலத்தை நிராகரித்துவிடலாம். ஆகவே, இக் கருவியை எத் திசையிலும் வைத்துச் சோதனை நடத்தலாம். துருவரேகையில்

தான் வைக்கவேண்டுமென்கிற அவசியமில்லை. அருகிலுள்ள சிறுசிறு காந்தப் புலங்களும் இதைப் பாதிக்கமாட்டா.

(2) இது மிக்க உணர்வுள்ளது (sensitive).

(3) மின்னோட்டம் ஒதுக்கத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது.

ஆம்பியர்மானியும் மின்னழுத்தமானியும் (Ammeters and voltmeters)

மேலே விளக்கப்பட்ட இயங்கு சுருள் மானியின் ஸ்கேல் சமபிரிவாகக் குறிக்கப்பட்டால், அவற்றை ஆம்பியராகவும் அதன் பின்னங்களாகவும் நேரடியாகக் குறித்து, ஒரு குறிமுள் காட்டியையும் பொருத்திவிடலாம். மின்னோட்டத்தை ஆம்பியரில் அளக்கும் இக்கருவிக்கு ஆம்பியர்மானி (Ammeter) என்று பெயர். ஆம்பியர்மானியின் மின்தடை (resistance) வெகுகுறைவாக, பூச்சியத்திற்கு அருகில் இருக்கவேண்டும். மின்னோட்டமானியின் மின்தடை வெகு அதிகமாயிருந்தால், அதை மின்னழுத்தமானியாகப் பயன்படுத்தலாம்.

உதாரணம்

1. 50 சுற்றுகளுடைய 10 செ.மீ. ஆரமுள்ள கம்பிச் சுருளில் 1 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் உள்ளபோது, சுருளின் மையத்தில் இயங்கும் காந்தப் புலம் என்ன?

$$F = \frac{2\pi n I}{10r} \quad n = 50;\ I = 1 \text{ ஆம்பியர்}$$

$$r = 10 \text{ செ.மீ.}$$

$$= \frac{2\pi \times 50 \times 1}{10 \times 10} = \pi = 3{\cdot}14 \text{ ஓயர்ஸ்டெட்}$$

2. ஒரு டாஞ்சென்ட் மின்னோட்டமானியின் 5 சுற்றுகளுடே 1 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. சுருளின் விட்டம் 15 செ.மீ. என்றால், அதன் மையத்தில் செயல்படும் காந்தப் புலம் என்ன? மானியின் ஒதுக்கமென்ன? (H = ·38).

$$F = \frac{2\pi n I}{10r} \quad n = 5;\ I = 1 \text{ ஆம்பியர்};\ r = 7{\cdot}5 \text{ செ.மீ.}$$

$$= \frac{2\pi \times 5 \times 1}{10 \times 7{\cdot}5} = {\cdot}42 \text{ ஓயர்ஸ்டெட்}$$

ஒதுக்கம் θ என்றால், $\tan\theta = \frac{F}{H} = \frac{{\cdot}42}{{\cdot}38} = 1{\cdot}105$

$$\theta = 48^\circ$$

பயிற்சி

1. 50 சுற்றுகளும் 10 செ.மீ. ஆரமும் கொண்ட ஒரு டாஞ்சென்ட் மின்னோட்டமானியில் 45° ஒதுக்கமேற்பட்டால், அதில் பாயும் மின்னோட்டம் யாது? (H = ·30 ஓயர்ஸ்டெட்).

விடை: ·095 ஆம்பியர்.

2. 10 சுற்றுகளும் 10 செ.மீ. ஆரமுமுடைய ஒரு வட்டச் சுருளில் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. அச் சுருளைச் செங்குத்தாக, கிழக்கு மேற்குத் திசையில் வைத்தால், அதன் மையத்தில் சூனியப் புள்ளி ஏற்படுகிறது அதில் பாயும் மின்னோட்டம் என்ன? (H = ·35).

விடை : ·557 ஆம்பியர்.

3. ஒரு சிறு சட்ட காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் 7 செ.மீ. தூரத்தில் ஏற்படும் காந்தப் புலமும், 25 சுற்றுகளும், 5 செ.மீ ஆரமும் கொண்ட ஒரு வட்டச் சுருளில் 1 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது, அதன் மையத்தில் ஏற்படும் காந்தப் புலமும் சமமாயுள்ளன. சட்ட காந்தத்தின் திருப்புதிறனைக் கணி.

விடை : 539 அலகுகள்.

4. 200 சுற்றுகளும் 10 செ.மீ. ஆரமுமுடைய ஒரு வட்டச் சுருளில் ·05 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. அதே மையமுடைய வேறொரு வட்டச் சுருளில் 250 சுற்றுகளுள்ளன; அதன் ஆரம் 15 செ.மீ. இச் சுருளில் ஒரு மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது அச் சுருள்களின் பொது மையத்தில் காந்தப் புலமில்லை. இரண்டாவது சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் என்ன?

விடை : ·06 ஆம்பியர்.

5. ஒரு டான்ஜெண்ட் மின்னோட்டமானியின் ஆரம் 15·7 செ.மீ. அதில் ·01 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 45° ஒதுக்கத்தை உண்டாக்கினால், அதிலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை என்ன? (H = ·18).

விடை : 449·6 சுமாராக.

38. ஓமின் விதியும் அதன் பிரயோகமும்

(Ohm's Law and its Application)

ஓமின் விதியைப் பற்றி ஆராயுமுன், முந்திய அத்தியாயங்களிற் குறிப்பிட்ட சில மின்ராசிகளைச் சிறிது விளக்கலாம்.

மின்னேற்றம் (Electric charge): ஓர் ஆம்பியர் மின்னேட்டம் ஒரு கம்பியில் ஒரு விஞடி நேரம் பாய்ந்ததானல், ஒரு கூலம் (coulomb) மின்னேற்றம் பாய்ந்துள்ளது எனப்படும். I ஆம்பியர் மின்னேட்டம் t விஞடிகளுக்குச் செலுத்தப்பட்டால், பாய்ந்த மின்னேற்றத்தின் அளவு $Q = I \times t$ கூலம்கள்.

மின்னழுத்த பேதம் (Potential difference)

மின்சாரம் உயர்ந்த அழுத்தத்திலிருந்து தாழ்ந்த அழுத்தத்திற்குப் பாயும் என்று முன்னே கண்டோம். நீர் உயர்ந்த மட்டத்திலிருந்து தாழ்ந்த மட்டத்திற்குப் பாயும்பொழுது வேலைசெய்வது போலவே, மின்சாரமும் உயர்ந்த அழுத்தத்திலிருந்து தாழ்ந்த அழுத்தத்திற்குப் பாயும்பொழுது வேலைசெய்கிறது. இந்த வேலையை வெப்பமாகவோ, இயந்திர இயக்கமாகவோ, இரசாயன ஆற்றலாகவோ மாற்றலாம்.

ஒரு கம்பியின் இருபுள்ளிகளிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளப்பதற்கு, ஒரு புள்ளியிலிருந்து இன்னொரு புள்ளிக்கு ஓர் அலகு மின்னேற்றத்தைப் பாயச்செய்வதால் உண்டாகும் வேலையை அளக்கவேண்டும்.

வோல்ட் (volt) என்பது நடைமுறையில் பயன்படும் மின் அழுத்த வேறுபாட்டலகு.

ஒரு கூலம் மின்னேற்றத்தை ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்ருெரு புள்ளிக்கு எடுத்துச் செல்கையில் ஒரு ஜூல் வேலை செய்யப்பட்டதானல், அப் புள்ளிகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒரு வோல்ட் எனப்படும்.

E வோல்ட் மின்னழுத்த பேதமுள்ள இரு புள்ளிகளுக்கு இடையே Q கூலம்கள் செலுத்தப்பட்டதானால், செய்யப்படும் வேலை

$$W = EQ \text{ ஜூல்கள்}$$

ஆனால், $Q = It$ கூலம்கள்

$$W = EIt \text{ ஜூல்கள்}$$

I ஆம்பியரிலும், t விநாடிகளிலும், E வோல்ட்டுகளிலும் இருக்க வேண்டும்.

ஓமின் விதி (Ohm's Law)

ஒரு கம்பியில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கும், அக் கம்பியின் முனைகளிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குமுள்ள உறவை இவ் விதி விளக்குகிறது.

'ஒரு கம்பியின் வெப்பநிலை மாறாதிருந்தால், அதன்வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் அதன் முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.'

அதாவது, வெப்பநிலை மாறாதிருந்தால்,

$$E \propto I$$

அல்லது $\frac{E}{I}$ = மாறிலி R.

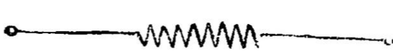
இம் மாறிலிக்கு மின்தடை (Resistance) என்று பெயர்.

ஆகவே, ஒரு கம்பியின் மின்தடை அதன் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும், அதனூடே பாயும் மின்னோட்டத்திற்குமுள்ள விகிதம் $R = E/I$.

இதைக்கொண்டு மின்தடையின் அலகை வரையறுக்கலாம். இதன் பெயர் ஓம் (ohm) என்பது.

ஒரு கம்பியின் இருமுனைகளிடையே ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடு நிலையாய் இருக்கையில், அதனூடே ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்ந்ததானால், அக் கம்பியின் மின்தடை ஓம் எனப்படும்.

ஆகவே, $\frac{E}{I} = R$ என்ற சமன்பாட்டில் E வோல்ட்களிலும், I ஆம்பியரிலுமிருந்தால், **R ஓமாக** இருக்கும்.

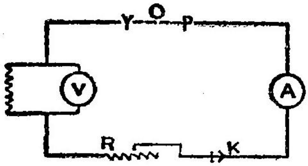


படம் 208.

மின்தடையுள்ள கம்பி, ஒரு மின்சுற்றுப் படத்தில் சாதாரணமாக ஒரு வளைந்து நெளிந்த கோட்டால் காண்பிக்கப்படும்.

ஓமின் விதியைச் சரிபார்த்தல் (Verification of Ohm's Law)

ஒரு மின்கலன் அடுக்கு (B), ஆம்பியர் மானி (A), மின்தடை (R), இவற்றை ஒரு தடைமாற்றியுடன் (CR*h*) வரிசையாகப் பிணை. ஒரு மின்னழுத்த மானியை (V) மின்தடை R-ன் இரு முனைகளிடையே பிணை. இம் முனைகளிடையேயுள்ள மின்னழுத்தத்தை V அளக்கும்; அதனூடே பாயும் மின்னோட்டத்தை A அளக்கும்.



படம் 209.

மின்சுற்றைப் பூர்த்திசெய்து, தடைமாற்றியைக்கொண்டு மிகச் சிறிய அளவு மின்னோட்டம் பாயுமாறு செய். அதிக அளவு மின்னோட்டம் பாய்ந்தால் மின்தடை R-ன் வெப்பநிலை உயரும்; ஓமின் விதி செயல்படாது.

R-ல் பாயும் மின்னோட்டத்தை (I) A-யிலும் அதன் முனைகளிடையேயுள்ள மின் அழுத்தத்தை V-யிலும் அள. இவற்றைக் கொண்டு E/I விகிதத்தைக் கணி. தடையை மாற்றிக்கொண்டு மின்னோட்டத்தை மாற்றி, I_1, I_2, I_3 ... என்ற மின்னோட்டங்களுக்கு, கம்பிமுனைகளிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு E_1, E_2, E_3...இவற்றைக் கண்டுபிடித்து அட்டவணைப்படுத்து.

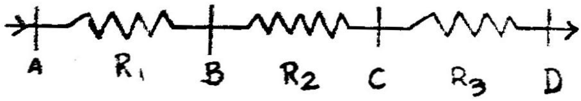
சோதனை எண்	மின்னோட்டம் I	மின்னழுத்த பேதம் E	$R = \frac{E}{I}$

கடைசிக்கட்டம் E/I மாறிலியாக இருப்பதால், ஓமின் விதி உண்மையென்றாகிறது. E/I-ன் சராசரி அளவு கம்பியின் மின்தடையைத் தருகின்றது.

உலோகக் கம்பிகளின் வெப்பநிலை உயர்ந்தால், சாதாரணமாக அவற்றின் மின்தடையும் அதிகரிக்கின்றது. தொடர் அடுக்கிலும் பக்க அடுக்கிலும் உள்ள மின்தடைகள் (Resistances in series and in parallel).

தொடர் அடுக்கு (In series)

மின்தடைகள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக, மின்னோட்டத்திற்கு ஒரே வழியுள்ளவாறு பிணைக்கப்பட்டால் அவை தொடர் அடுக்கில் பிணைக்கப்பட்டதாகக் கூறப்படும். அவை யாவிலும் ஒரே அளவு மின்னோட்டமே பாயும்.



படம் 210.

படத்தில் R_1, R_2, R_3 என்ற மூன்று மின்தடைகள் தொடர் அடுக்கில் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. மூன்றிலும் I என்ற மின்னோட்டம் பாய்கிறது.

A என்னும் புள்ளியில் மின்னழுத்தம் E_A என்றும்
B என்னும் புள்ளியில் மின்னழுத்தம் E_B என்றும்
C என்னும் புள்ளியில் மின்னழுத்தம் E_C என்றும்
D என்னும் புள்ளியில் மின்னழுத்தம் E_D என்றும்

வைத்துக்கொண்டால், AB என்ற கம்பியின் இருமுனைகளிடையே யுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $= E_A - E_B = IR_1$

(ஓமின் விதிப்படி)

அவ்வாறே, $E_B - E_C = IR_2$
$E_C - E_D = IR_3$

ஆகவே, A-க்கும் D-க்கும் இடையேயுள்ள மொத்த மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$\begin{aligned} E_A - E_D &= (E_A - E_B) + (E_B - E_C) + (E_C - E_D) \\ &= IR_1 + IR_2 + IR_3 \\ &= I(R_1 + R_2 + R_3) \end{aligned}$$

இப்பொழுது, R_1, R_2, R_3-க்குப் பதிலாக அதே மின்னோட்டத்தைத் (I) தரும் R என்ற ஒரே மின்தடையை A-க்கும் D-க்குமிடையே இணைத்தால்

$$E_A - E_D = IR = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

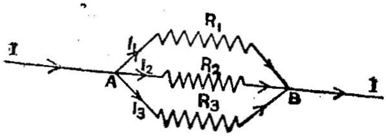
$$\boxed{R = R_1 + R_2 + R_3}$$

இது எத்தனை மின்தடைகளுக்கும் பொருந்தும்.

ஆகவே, பல மின்தடைகள் தொடர் அடுக்கில் பிணைக்கப்பட்டிருந்தால், அவற்றில் மொத்த விளைவு அத் தனித்தனி மின்தடைகளின் கூட்டுத் தொகையாகும்.

பக்க அடுக்கு (In parallel)

மின் தடைகள் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே பல கிளைகளாக, மின்னோட்டம் அவைகளிடையே பிரிந்துபாயுமாறு பிணைக்கப்பட்டால், அவை பக்க அடுக்கு மின் தடைகள் எனப்படும்.



படம் 211.

படம் 211-ல் A, B-க்கு இடையே R_1, R_2, R_3 என்ற மின் தடைகள் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. I என்ற மின்னோட்டம் A-க்கு வந்தவுடன் மூன்று கிளைகளாகப் பிரிந்து. I_1, I_2, I_3 என்ற வெவ்வேறு அளவுகள் மூன்று மின் தடைகளில் பாய்கின்றன.

ஆனல், $I = I_1 + I_2 + I_3$

A, B-க்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு E என்ருல் ஓமின் விதிப்படி,

$$I_1 = \frac{E}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{E}{R_3}$$

இம் மூன்று மின் தடைகளுக்குப் பதிலாக A அதே I என்ற மின்னோட்டம் உண்டுபண்ணும். R என்ற ஒரு தனி மின்தடையை A, B-க்கிடையே பிணைத்தால்,

$$I = \frac{E}{R}$$

ஆனல், $I = I_1 + I_2 + I_3$

$$\therefore \quad \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3} = \frac{E}{R}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ஆகவே, பக்க அடுக்கில் ட மின் தடைகளின் தொகு பயனின் தலைகீழ்ப் பின்னம், தனித்தனி மின் தடைகளின் தலைகீழ்ப் பின்னங்களின் கூட்டுத் தொகையாகும்.

உதாரணம்: 1 ஓம், 2 ஓம், 4 ஓம் உடைய மூன்று மின் தடைகள் (a) தொடர் அடுக்கிலும் (b) பக்க அடுக்கிலும் பிணைக்கப் பட்டிருந்தால் அவற்றின் தொகுபயன் என்ன ?

(a) தொடர் அடுக்கில், $R = R_1 + R_2 + R_3$

$$= 1 + 2 + 4$$

$$= 7 \text{ ஓம்கள்}$$

(b) பக்க அடுக்கில்: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}$$

$$= \frac{4+2+1}{4} = \frac{7}{4}$$

$$\therefore \ R = \frac{4}{7} \text{ ஓம்}$$

ஆகவே, மின்தடைகள் தொடர் அடுக்கிலிருந்தால் அவற்றின் தொகுபயன் தனித்தனி மின்தடைகளைக்காட்டிலும் அதிகமானது. அவை பக்க அடுக்கில் பிணைக்கப்பட்டிருந்தால் அவற்றின் தொகுபயன் தனித்தனி மின்தடைகளைக்காட்டிலும் குறைவானது என்று தெரிய வருகிறது.

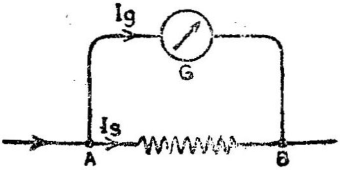
இரு சமமான மின்தடைகள் தொடர் அடுக்கில் பிணைக்கப் பட்டால் தொகுபயன் அவற்றில் ஒன்றைப்போல் இருமடங்காகும். அவை பக்க அடுக்கில் பிணைக்கப்பட்டால், தொகுபயன் அவற்றில் ஒன்றைப்போல் பாதியாகிவிடும்.

$$R = R_1 + R_1 = 2R_1; \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} = \frac{2}{R_1}$$

$$\therefore \ R = \frac{R1}{2}$$

கிளைப்பிரிவு (Shunt)

மின்னோட்டமானி மிகவும் நுண்மையானதொரு கருவி. அதிகமான மின்னோட்டம் பாய்ந்தால் அது சேதமடைந்துவிடும். இதைத் தடுக்க, ஒரு குறைந்த தடையுள்ள கம்பி, மானிக்கு இணையாகப் பிணைக்கப்படுகிறது. இக்குறைந்த தடையுள்ள கம்பிக்குக் கிளைப் பிரிவு என்று பெயர். இப்பொழுது அதிகமான மின்னோட்டம் பாய்ந்தாலும், பெரும்பகுதி கிளைப்பிரிவில் சென்று வெகு சிறிய பகுதியே மின்னோட்டமானியில் செல்லும்.



படம் 212.

G என்பது மானியின் தடையென்றும், S என்பது கிளைப்பிரிவின் தடையென்றும் வைத்துக்கொள்வோம். I_g, I_s மானியிலும், S-இலும் பாயும் மின்னோட்டங்கள்.

மொத்த மின்னோட்டம் $I = I_g + I_s$

ஓமின் விதிப்படி A, B-யின் மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$= I_g \times G = I_s \times S$$

$$\therefore I_g \times G = (I - I_g) \times S$$

$$\therefore I_g (G+S) = I \times S$$

$$I_g = I \frac{S}{G+S}$$

ஆகவே, மின்னோட்ட மானியில் பாயும் மின்னோட்டம் மொத்த மின்னோட்டத்தின் ஒரு பகுதிதான் என்பது வெளியாகிறது. கிளையின் தடை (S) குறைவாயிருந்தால் மானியின் மின்னோட்டம் குறைவாயுள்ளது.

உதாரணம் : மொத்த மின்னோட்டத்தில் $\frac{1}{200}$ பங்கே மானியில் பாயவேண்டுமானால், $I_g = \frac{1}{200} I$

$$\frac{I_g}{I} = \frac{1}{200} = \frac{S}{G+S} \qquad \therefore G+S = 200\,S$$

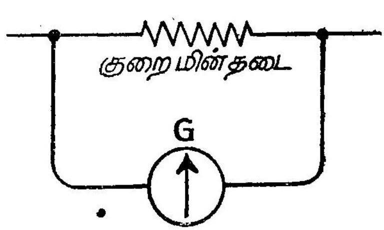
$$\therefore S = \frac{G}{(200-1)}$$

பொதுவாக, மொத்த மின்னோட்டத்தில் $\frac{1}{n}$ பாகமே மின்னோட்ட மானியில் செல்லவேண்டுமானால், கிளைப்பிரிவின் மின்தடை

$$S = \frac{G}{n-1}$$ ஆக இருக்கவேண்டும்.

ஆம்பியர்மானி (Ammeter)

ஆம்பியர்மானி என்பது மின்னோட்டங்களை நேரடியாக ஆம்பியரில் அளக்கும் கருவி. இது மிகச்சிறிய மின்தடையைக்

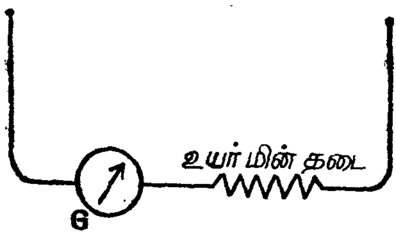


படம் 213.

கிளைப்பிரிவாகக்கொண்ட மிகவும் உணர்வுள்ள மின்னோட்டமானி. இணையாக உள்ள மின்தடை மிகக் குறைவானதாகையால் கருவியின் மொத்த மின்தடை மிகக் குறைந்துவிடுகிறது. ஆகவே, மின் சுற்றில் இதைப் பிணைப்பதால் மின்னோட்டம் மாறுபடாது.

மின்னழுத்தமானி (Voltmeter)

இது இரு புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளப்பது. இரு புள்ளிகளிடையே இதை இணையாகப் பிணைத்தால், மின்சுற்றில் ஓடிக்கொண்டிருந்த மின்னோட்டம்

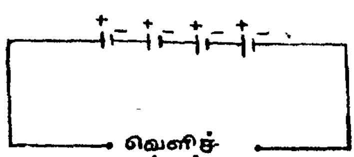


படம் 214.

பாதிக்கப்படக்கூடாது, ஆகையால் இம்மானியின் மின்தடை மிக அதிகமாக இருக்கவேண்டும். ஒரு மின்னோட்ட மானியுடன் தொடர் அடுக்காக ஒரு பெரிய மின்தடை பிணைக்கப்பட்டால், அது மின் அழுத்தமாகும்.

மின்கல அடுக்கு—பாட்டரி (Battery)

மின்கலன்களைக்கொண்டு அதிகமான மின்னழுத்தம் உண்டாக்கப்படவேண்டுமானால், பல மின்கலன்களைத் தொடர்

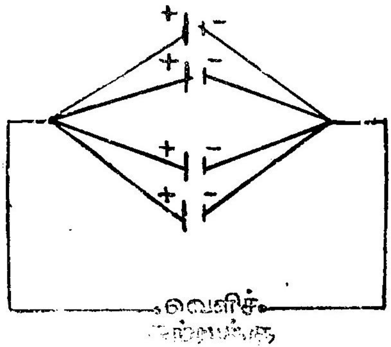


படம் 215.

அடுக்கில் பிணைக்கலாம். ஒரு மின்கலனின் எதிர்மின்வாய் அடுத்த கலனின் நேர்மின்வாயுடனும், இரண்டாவது கலனின் எதிர்மின்வாய் மூன்றாவது கலனின் நேர் மின்வாயுடனும்......இவ்வாறு தொடர்ச்சியாகப் பிணைக்கப்படுவதாகும். கடைசியாக முதலாம் கலனின் நேர்மின்வாயும், கடைசிக்கலனின் எதிர்மின்வாயும் வெளிச்சுற்றுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு கலனின் மின்னழுத்த வேறுபாடு E என்றும், n கலன்கள் தொடர் அடுக்கிலுள்ளன

என்றும் வைத்துக்கொண்டால், மொத்த மின்னழுத்த வேறுபாடு En ஆகும். கலன்களின் மின்தடைகளும் அவ்வாறே கூட்டப்படுகின்றன

மின்கலன்கள் பக்க , அடுக்கிலிருந்தால், எல்லாக் கலன்களின் நேர்மின்வாய்களும் ஒன்றாகவும், எல்லாக் கலன்களின் எதிர்மின்வாய்களும் ஒன்றாகவும் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வடுக்கின் மொத்த

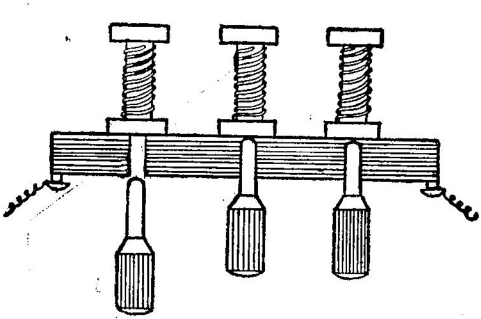


படம் 216.

மின்னழுத்த வேறுபாடு, ஒரு கலனின் மின்னழுத்தவேறுபாட்டிற்குச் சமம். கலன்களின் மின்தடைகளும் இணையாகப் பிணைக்கப்படுவதால், அவற்றின் தொகுபயன் வெகுவாகக் குறைந்துவிடுகிறது.

மின்தடைப் பெட்டி (Resistance Box)

ஒரு மின்சுற்றில் தெரிந்த அளவு மின்தடையைச் சேர்ப்பதற்கு இப் பெட்டி பயன்படுகிறது. இதில் வெவ்வேறு தெரிந்த மின் தடை



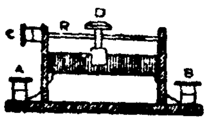
படம் 217.

களுடைய கம்பிச்சுருள்கள் கண்டுகளின்மீது மடித்துச் சுற்றப்பட்டு. உருக்கிய மெழுகினுள் முழுக்கிப் பதியவைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு கம்பிச்சுருளின் இரு முனைகளும் இரு பித்தளைக்கட்டை

களோடு பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு பித்தளைக்கட்டைகளுக்கும் இடையே உள்ள சந்து ஒரு தடித்த பித்தளை முளையால் மூடப் பட்டிருக்கும். முளையை நீக்கிவிட்டால் மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருள் வழி யாய்ச் செல்லவேண்டும். முளை செருகப்பட்டிருந்தால் இக் கம்பிச் சுருள் குறுக்கிடப்பட்டு அதன் மின்தடை நீக்கப்பட்டுவிடும்.

தடைமாற்றி (Rheostat)

ஒரு மின்சுற்றின் மின் தடையையும் அதன் மின்னோட்டத்தையும் மாற்ற இது பயன்படுகிறது. ஒரு நீண்ட கயிச்சுருள் ஒரு சிலிண்டர் வடிவமுள்ள மின் கடத்தாப் பொருளின்மீது சுற்றப்பட்டு இரு முனைகளும் A, B என்ற முனை களில் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. R என்னும் ஓர் உலோகத் தண்டின்மீது D என்னும் உலோகத் தகடு நகர்ந்து சென்று சுருள்கம்பியின் வெவ் வேறு பாகங்களைத் தொடுகிறது. தண்டு C என் னும் மின்முனையில் முடிகிறது. D-ஐ வெவ் வேறு பாகத்திற்கு நகர்த்தினால் கம்பியின் வெவ்வேறு நீளங்கள் மின்சுற்றில் சேர்க்கப்படுகின்றன. இதனால் அதன் மின்தடை மாற்றமடைகிறது. C-யும் B-யும், அல்லது C-யும் A-யும் வெளிச் சுற்றுக்கு இணைக்கப்பட வேண்டும்.



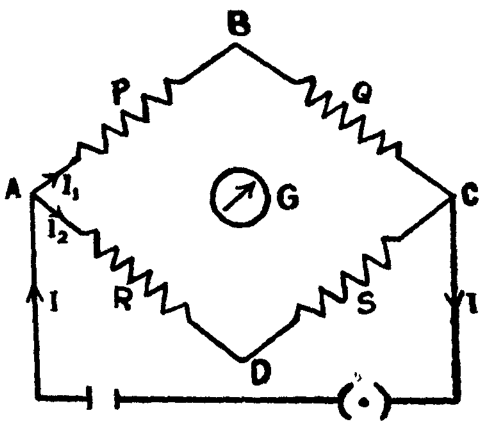
படம் 218.

மின்னியல் அளவைகள் (Electrical Measurements)

1. மின்தடையை அளத்தல்: வீட்ஸ்டனின் வலை (Wheat- stone's net)

மின்தடைகளை அளப்பதற்கு இதுவே வெகுவாகப் பயன்படுகிறது.

P, Q, R, S என்ற நான்கு மின்தடைகளும், G என்ற மின் னோட்டமானியும், மின்கலனும் படத்தில் காட்டியபடி பிணைக்கப்படு



படம் 219.

கின்றன. மொத்த மின்னோட்டம் I என்றும், AB, AD புயங்களில் I_1, I_2 என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். நான்கு மின்தடைகளையும் ஒழுங்குபடுத்தி, G-யில் மின்னோட்டம் ஏதுவுமில்லாதவாறு செய்து விடவேண்டும் (G-யில் ஒதுக்கம் இருக்கக் கூடாது).

இந் நிலையில் I_1 மின்னோட்டம் P, Q மின்தடைகள் வழியாய்ப் பாய்கின்றது. I_2, R, S வழியாகப் பாய்கின்றது. B-யிலிருந்து D-க்கு மின்னோட்டம் ஏதுவுமில்லையாகையால் அவ்விரு புள்ளிகளும் ஒரே மின்னழுத்தத்திலுள்ளன. A, B-யின் மின்னழுத்த வேறுபாடு, AD-யின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமம்.

$$\therefore \quad I_1 \times P = I_2 \times R.$$

அதுபோலவே, BC-யின் மின்னழுத்த பேதம் DC-யின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமம்.

$$\therefore \quad I_1 \times Q = I_2 \times S$$

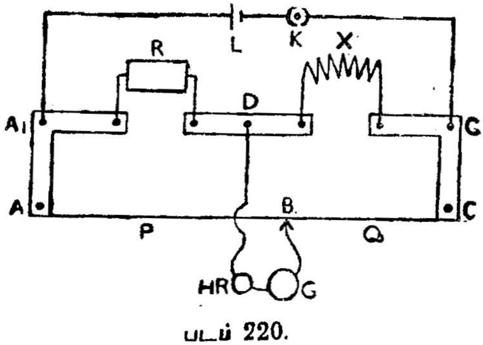
$$\text{வகுத்தால்,} \quad \frac{I_1 P}{I_1 Q} = \frac{I_2 R}{I_2 S} \quad \therefore \frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

ஆகவே, இந் நான்கில் மூன்று மின்தடைகள் தெரிந்தால், நாலாவதைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம்.

இந்த ஒழுங்கை வீட்ஸ்டனின் பாலம் (Wheatstone's Bridge) என்றும் சொல்வதுண்டு. மின்னோட்ட மானியின் புயம் மின்தடைப் புயங்களுக்குக் குறுக்கே பாலத்தைப்போல் செல்வதால் இதற்கு இப் பெயர் வந்தது.

மீட்டர் பாலம் (Metre Bridge)

இது வீட்ஸ்டனின் வலையின் தத்துவத்தை நடைமுறையில் பயன்படுத்தும் ஒரு சாதனம். இதில் ஒரு சன்னமான, சீரான



படம் 220.

உலோகக் கம்பி, ஒரு மீட்டர் நீளத்திற்கு ஒரு மீட்டர் ஸ்கேலுக்கு மேலாக நீட்டிக் கட்டப்பட்டுள்ளது. A, B என்னுமிடங்களில் இரு தடிப்பான செப்புத் தகடுகள் பலகையில் பதிக்கப்பட்டுள்ளன

இன்னொரு தடிப்பமான செப்புத் தகடு (D). AB-க்கு இடையே தனியாகப் பதிக்கப்பட்டுள்ளது.

A-க்கும் B-க்குமிடையே ஒரு மின்கலனும் தொடுசாவியும் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. A-க்கும் D-க்குமிடையே உள்ள சந்தில் R-ம், B-க்கும் D-க்கும் இடையே உள்ள சந்தில் X என்ற அறியப்படாத மின்தடையும் பிணைக்கப்படுகின்றன D-யின் மையம், ஒரு மின்னோட்ட மானியில் (G) வழியாக AB கம்பியுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. அதாவது G-யுடன் பிணைக்கப்பட்ட ஒரு நகரும் மின்வாய் AB கம்பியை வெவ்வேறு பகுதிகளில் தொடுகிறது. இதற்கு ஜாக்கி என்று பெயர்.

இந்த ஒழுங்கு வீட்ஸ்டன் வலையின் ஒழுங்கே என்பது வெளிப்படை.

மின்சுற்றைப் பூர்த்திசெய்து, ஜாக்கியை A-க்கு அருகிலும், பின்பு B-க்கு அருகிலும் தொடு. இணைப்புகளெல்லாம் சரியாக இருந்தால், மின்னோட்ட மானியின் ஒதுக்கங்கள் எதிர்ப்புறமாக இருக்கும். [மானியைப் பாதுகாக்க ஒரு பெரிய மின்தடையை (HR) எப்பொழுதும் அதனுடன் உபயோகிப்பது வழக்கம்] இப்பொழுது ஜாக்கியைக் கம்பியின் வெவ்வேறு பாகங்களில் தொட்டுச் சென்றால், ஓரிடத்தில் (C) மின்னோட்ட மானியின் ஒதுக்கம் பூச்சியமாயிருக்கும். பெரிய மின்தடையை எடுத்துவிட்டு, C-யைத் திருத்தமாகக் கண்டுபிடி.

மேலே விளக்கியபடி : $\frac{R}{X} = \frac{P}{Q}$

அதாவது, $\frac{R}{X} = \frac{\text{AC கம்பியின் மின்தடை}}{\text{CB கம்பியின் மின்தடை}} = \frac{l_1}{l_2}$

மீட்டர் கம்பி சீராக இருப்பதால், அதன் மின்தடை அதன் நீளத்திற்கு நேர் விகிதத்திலுளளது

$$\therefore \quad X = R \times \frac{l_2}{l_1}$$

R-ஐயும், X-ஐயும் இடம் மாற்றி, மறுபடியும் X-ஐக் கண்டுபிடித்து, சராசரி அளவை எடு.

C கம்பியின் மத்திய பாகத்திலிருந்தால் அளவு மிகத்திருத்தமாக இருக்கும். இதற்கு, R என்பது ஒரு மின்தடைப் பெட்டியில் இருந்தால், அதன் அளவை ஒழுங்குபடுத்தி, C கம்பியின் மத்தியில் வரச் செய்யலாம்.

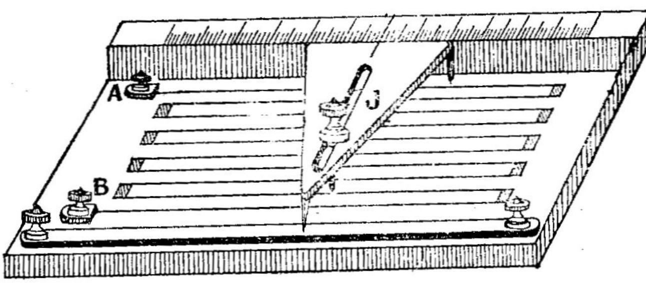
X-ன் நீளம் l என்றும், அதன் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு A என்றும் வைத்துக்கொண்டால், அதன் சுயமின் தடையைக் (specific resistance) (ρ) கணிக்கலாம் :

$$\rho = \frac{XA}{l}$$

மின்னளவை மானி (Potentiometer)

இச்சாதனம் மின்னழுத்த பேதங்களைக் கண்டுபிடிக்க உதவுகிறது. அறியப்படாத ஒரு மின்னழுத்தத்தை, அறிந்த இன்னொரு மின் அழுத்தத்தால் எதிர்த்துச் சமநிலையைக் கண்டுபிடிப்பதே இதன் தத்துவம். சமநிலை ஏற்படும்பொழுது மின்னோட்டம் பூச்சியமாயிருப்பதால் இது திருத்தமானதொரு முறையாகும்.

இம்மானியில் பத்து மீட்டர் நீளமுடைய ஒரு கம்பி A, B என்ற புள்ளிகளுக்கிடையே வளைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு மில்லி மீட்டர்



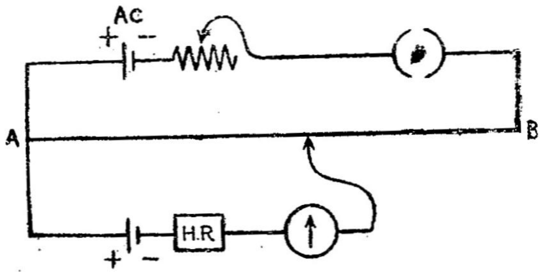
படம் 221.

ஸ்கேல் அவற்றின் நீளவாக்கில் பதிக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பிகளின் எப் புள்ளியையும் தொடுமாறு ஒரு ஜாக்கி J அவற்றின்மேல் நகர்ந்து செல்ல ஒழுங்கு செய்யப்பட்டுள்ளது.

இருமின்னியக்கு விசைகளை ஒத்திடுதல் (Comparison of emf's)

AB என்னும் கம்பி முனைகளை ஒரு பாட்டரி, தடைமாற்றி சாவி இவற்றுடன் பிணை. இது பிரதம சுற்று (Primary Circuit) எனப்படும். பாட்டரியின் நேர்முனை A-க்கும் எதிர்முனை B-க்கும் பிணைக்கப்படல்வேண்டும். இதன் மின்னியக்கு விசை, ஒத்திடப்போகும் விசைகளைவிட, அதிகபாய் இருத்தல்வேண்டும். ஒத்திடப்போகும் மின் கலன்களில் ஒன்றின் (லெக்லாஞ்சி கலனின்) நேர்மின் வாயை A-க்குப் பிணைத்து, எதிர் மின்வாயை ஓர் உயர்ந்த மின்தடை, மின்னோட்டமானி, ஜாக்கி இவற்றுடன் பிணை. இதற்குத் துணைச் சுற்று (Secondary Circuit) என்று பெயர்.

தடைமாற்றியில் மிகக் குறைவான தடையை வைத்து, பிரதம சுற்றைப் பூர்த்திசெய். ஜாக்கியை முதலில் A-க்கு அருகிலும் பின்பு B-க்கு அருகிலும் தொடு. மின்னோட்ட மானியில் ஒதுக்கங்கள் எதிர்ப்புறத்திலிருந்தால், சுற்றுகள் இரண்டும் சரியாகப் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன என்றும் விளங்கும். ஜாக்கியைக் கம்பிகளின்மீது நகர்த்தி,



படம் 222.

சமநிலைத்தானம் C எங்குள்ளது எனக் கண்டுபிடி. சமநிலை நீளத்தை ($AC_1 = L_1$) கண்டுபிடி. பிறகு லெக்லாஞ்சி கலனை எடுத்துவிட்டு, டேனியல் கலனை அவ்விடத்தில் பிணைத்து, மறுபடியும் சமநிலை நீளத்தைக் ($AC_2 = L_2$) கண்டுபிடி. இச் சமயத்தில் பிரதம சுற்று எவ்விதத்திலும் மாற்றப்படக் கூடாது.

பிரதம சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் I என்றும், AB கம்பியின் ஒரு செ.மீ. நீள மின்தடை r என்றும் வைத்துக்கொண்டால்,

A-க்கும், C_1-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த பேதம்

$$= I \times L_1 \times r$$

இந்த நீளமான (AC_1) கம்பி லெக்லாஞ்சி மின்கலனைச் சமநிலைப்படுத்துவதால், லெக்லாஞ்சி கலனின் மின்னியக்கு விசை (emf)

$$= E_1 = IL_1 r$$

அவ்வாறே, டானியேல் மின்கலனின் emf $= E_2$

$$= IL_2 r$$

$$\therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{IL_1 r}{IL_2 r} = \frac{L_1}{L_2}$$

குறிப்பு: (1) இந்த அளவீடுகளை எடுத்து முடியும்வரையில் பிரதம சுற்று எவ்விதத்திலும் மாற்றமடையக்கூடாது.

(2) லெக்லாஞ்சி, டானியல் மின்கலன்களின் நேர்மின் வாய், பாட்டரியின் நேர்மின்வாய் பிணைக்கப்பட்ட அதேமுனையில் (A-யில்) பிணைக்கப்படவேண்டும். இல்லையென்றால், சமநிலைத் தானம் கிடைக்காது.

இப்பொழுது தடைமாற்றியைச் சிறிதுசிறிதாக மாற்றி, மறுபடியும் L_1, L_2 சமநிலை நீளங்களைக் கண்டுபிடித்து, E_1/E_2 விகிதங்களைக் கண்டுபிடி.

சமநிலை நீளம்		$\frac{E_1}{E_2}=\frac{L_1}{L_2}$
லெக்லாஞ்சி கலம்: L_1	டானியல் கலம்: L_2	

$$\text{சராசரி } \frac{E_1}{E_2} = \ldots$$

உதாரணம்

1. இரு கம்பிகளின் மின் தடைகள் 6 ஓம், 12 ஓம். அவை 6 வோல்ட் மின்னழுத்தமுடைய பாட்டரியுடன் (*a*) தொடர் அடுக்காய் (*b*) பக்க அடுக்காய்ப் பிணைக்கப்பட்டால், பாட்டரியிலிருந்து பாயும் மின்னோட்டம் என்ன?

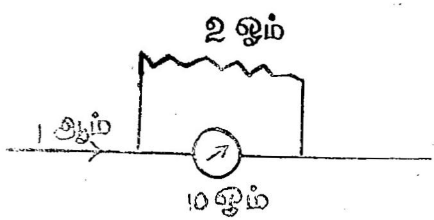
(*a*) தொடர் அடுக்காய்ப் பிணைக்கப்படும்பொழுது, அவற்றின் மொத்த மின்தடை $R=R_1+R_2=6+12=18$ ஓம்.

$$\therefore \text{ பாயும் மின்னோட்டம் } I=\frac{E}{R}=\frac{6}{18}=\frac{1}{3} \text{ ஆம்பியர்.}$$

(*b*) பக்க அடுக்காய்ப் பிணைக்கப்படும்பொழுது, அவற்றின் மொத்த மின்தடை R என்றால், $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{1}{6}+\frac{1}{12}=\frac{1}{4}$

$$\therefore \quad R = 4 \text{ ஓம்.}$$

$$\therefore \text{ பாயும் மின்னோட்டம் } I=\frac{6}{4}=1 \cdot 5 \text{ ஆம்பியர்.}$$



2. 10 ஓம் மின்தடையுள்ள ஒரு மின்னோட்டமானி 2 ஓம் மின் தடையுள்ள ஒரு கம்பியுடன் பக்க அடுக்காய்ப் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்சுற்றில் பாயும் மொத்த மின்னோட்டம் 1 ஆம்பியர் என்றால், (*a*) மானியினூடே (*b*) கம்பியினூடே பாயும் மின்னோட்டங்களின் அளவென்ன?

I_g, I_s மின்னோட்டங்கள் மானியினூடேயும் கம்பியினூடேயும் பாய்கிறதெனக் கொள்வோம்.

$$I_g = I \cdot \frac{S}{G+S} = 1 \times \frac{2}{10+2} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6} \text{ ஆம்பியர்}$$

$$I_s = I \cdot \frac{G}{G+S} = 1 \times \frac{10}{12} = \frac{5}{6} \text{ ஆம்பியர்.}$$

3. ஒரு மீட்டர் பாலத்தில் 10 ஓம் இடது சந்தில் இருக்கும்பொழுது 40 செ.மீ. நீளத்தில் பூச்சிய ஒதுக்கம் ஏற்பட்டது. (a) வலது சந்தின் மின்தடை என்ன? (b) 10 ஓமை 25 ஓமாக மாற்றினால் பூச்சிய ஒதுக்கம் எங்கு ஏற்படும்?

(a) வலது சந்தின் மின்தடை X ஓம் என்றால், $\frac{10}{X} = \frac{40}{60}$

$$\therefore\ X = 10 \times \frac{60}{40} = 15 \text{ ஓம்.}$$

(b) பூச்சிய ஒதுக்க நீளம் x செ. மீ. $\frac{25}{15} = \frac{x}{100-x} = \frac{5}{3}$

$$3x = 500 - 5x$$

$$\therefore\ 8x = 500$$

$$x = \frac{500}{8} = 62{\cdot}5 \text{ செ.மீ.}$$

பயிற்சி

1. 2 ஓம், 4 ஓம், 8 ஓம் மின்தடையுள்ள மூன்று கம்பிகளை (a) தொடர் அடுக்காய் (b) பக்க அடுக்காய்ப் பிணைத்தால், அவற்றின் மொத்த மின்தடை என்ன?

விடை: (a) 14 ஓம்; (b) $\frac{8}{7}$ ஓம்.

2. 3 ஓம், 6 ஓம் மின்தடையுள்ள இரு கம்பிகள் பக்க அடுக்காகப் பிணைக்கப்பட்டு, அவற்றுடன் தொடர் அடுக்காய் 8 ஓம் உள்ள ஒரு கம்பியும் 3 வோல்ட் பாட்டரியும் பிணைக்கப்பட்டால், (a) சுற்றில் ஓடும் மொத்த மின்னோட்டமென்ன? (b) பக்க அடுக்குக் கம்பிகளின் மின்னோட்டமென்ன?

விடை: (a) ·3 ஆம்பியர்; (b) ·1 ஆம்பியர். ·2 ஆம்பியர்.

3. 2 ஓம் உடன் என்ன மின்தடையைத் தொடர் அடுக்கில் பிணைத்தால் 1·2 ஓம் கிடைக்கும்?

விடை: 3 ஓம்.

4. 200 மீட்டர் நீளமும் ·6 மி.மீ. விட்டமுமுடைய செப்புக் கம்பியின் மின்தடை 13·4 ஓம் என்ருல், அதன் சுய மின் தடையைக் கணி.

விடை : $1{\cdot}69 \times 10^{-6}$ ஓம்/செ.மீ.²

5. ஒரு மீட்டர் பாலத்தின் இடது சந்தில் 10 ஓமும், வலது சந்தில் 8 ஓமும் இருந்தால் எங்கு சூனிய ஒதுக்கம் ஏற்படும்? மின்தடைகளை ஒன்றுகொன்று இடம் மாற்றினுல் எங்கு சூனிய ஒதுக்கம் கிடைக்கும?

விடை : 55·6 செ.மீ.; 44·4 செ மீ.

6. ஒரு மின்னளவை மானியில் (pot.n'iom.ter), இரு மின் கலன்கள் தொடர் அடுக்காயுள்ளபொழுது 750 செ.மீ. நீளக் கம்பி அவற்றைச் சமநிலைப்படுத்துகிறது. அவை ஒன்றையொன்று எதிர்த்தாற்போல் பிணைத்தால, சமநிலை நீளம் 90 செ.மீ. ஆகிறது. அவற்றின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒத்திடு.

விடை : 1·27 : 1.

(குறிப்பு : $\dfrac{E_1+E_2}{E_1-E_2}=\dfrac{750}{90}$;

$$\therefore \quad \frac{E_1}{E_2}=\frac{750+90}{750-90}=\frac{840}{660}=1{\cdot}27$$)

39. மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவுகள்
(Heating Effects of Electric Current)

மின்னேற்றம் உயர்ந்த அழுத்தத்திலிருந்து தாழ்ந்த அழுத்தத்திற்குப் பாயும்பொழுது, அது வேலை செய்கிறதென்றும், செய்யப்பட்ட வேலை $W = E \times I \times t$ என்றும் முந்திய அத்தியாயத்தில் பார்த்தோம். இதில், E என்பது மின்னழுத்த பேதம்; I மின்னோட்ட அளவு; t மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரம். $I \times t = Q$, பாய்ந்த மொத்த மின்னேற்றத்தின் அளவு என்பதையும் அறிந்துள்ளோம். ஆகையால் $W = EQ$ என்றும் கூறலாம்.

இவ்வாறு செய்யப்பட்ட வேலை, மின்னோட்டம் பாயும் தடைக் கம்பிகளில் வெப்பமாக வெளிவருகிறது. ஆகையால், மின்தடையுள்ள கம்பிகளில் மின்சாரம் பாயும்பொழுது அதில் வெப்பமுண்டாகிறது.

ஜூலின் விதி (Joule's Law)

ஜூல் என்ற விஞ்ஞானி, பல சோதனைகளின்மூலம் கீழ்க்கண்ட உண்மைகளைக் கண்டறிந்தார். ஒரு கம்பியின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, அதிலுண்டாகும் வெப்பம்,

(1) மின்னோட்டத்தின் வர்க்கத்திற்கும் (I^2)

(2) கம்பியின் மின்தடைக்கும் (R)

(3) மின்னோட்டம் பாயும் நேரத்திற்கும் (t)

நேர் விகிதத்தில் இருப்பதாகக் கண்டார். இம் மூன்றையும் ஒன்று சேர்த்து, $H \propto I^2 R t$ என்று எழுதலாம். H கேலரியிலும், I ஆம்பியரிலும், R ஓமிலும், t விநாடியிலுமிருந்தால் $H = I^2 R t / J$ கேலரிகள் என்று காண்பிக்கலாம் ($J = 4{\cdot}2$ ஜூல்கள்/கேலரி). ஓமின் விதிப்படி I R என்பது, கம்பியின் இரு முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த பேதம் E.

$I \times t = Q$, பாய்ந்த மின்னேற்றத்தின் மொத்த அளவு.

ஆகவே, $I^2 R t = EQ$ என்பது தெளிவு. EQ என்பது மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது செய்யப்பட்ட வேலை என்பதை மேலே பார்த்தோம்.

I ஆம்பியரிலும், R ஓமிலும், t வினாடியிலுமிருந்தால், செய்யப்பட்ட வேலை (I^2Rt) ஜூல்களில் கொடுக்கப்படும்.

ஆகவே, I^2Rt ஜூல்கள் வேலைசெய்யப்படுவதால் H கேலரிகள் வெப்பமுண்டாகிறது. J என்பது வெப்பத்தின் இயக்கவேலைச் சமத்துவம் (mechanical equivalent of heat) என்று கொண்டால்,

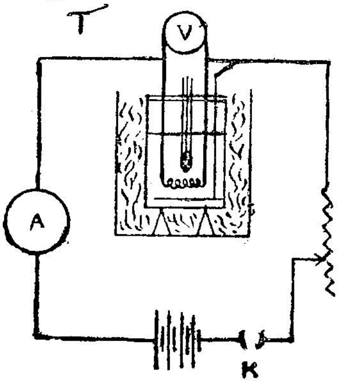
$$H = \frac{W}{J} = \frac{I^2Rt}{J} \text{ கேலரிகள்}$$

J, வெப்பத்தின் இயக்கவேலைச் சமத்துவத்தின் அளவு 4·2 ஜூல்கள்/கேலரி என்று 21ஆம் அத்தியாயத்தில் பார்த்தோம்.

ஜூலின் இச் சமன்பாட்டைக்கொண்டு வெப்பத்தின் இயக்க வேலைச் சமத்துவத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

வெப்பத்தின் இயக்கவேலைச் சமத்துவத்தைக் கண்டுபிடித்தல்—மின்னோட்ட முறை (J by electrical method)

ஜூலின் கேலரி மீட்டர் என்பது, ஒரு சாதாரண செப்புக் கேலரி மீட்டருக்கு எபொனைட் மூடி போடப்பட்டு, அம் மூடியில் ஒரு மின் தடையுள்ள சுருள் கம்பி பொருத்தப்பட்ட சாதனமாகும். மூடியில் வெப்பமானியைச் செருக ஒரு துவாரமுண்டு. கலக்கியைச் செருகுவதற்கும் ஒரு சிறிய துவார முண்டு. மூடியைக் கேலரிமீட்டரின் மீது வைத்து மூடினால், கம்பிச்சுருள் கீழாக, கேலரி மீட்டரிலுள்ள நீரினுள் மூழ்கியிருக்கும். முன்னைப் போல், கேலரி மீட்டரை ஒரு மரப் பெட்டியினுள் வைத்து, இடை வெளியைப் பஞ்சு அல்லது கம்பளித் துண்டால் மூடவேண்டும்.



படம் 223.

கேலரிமீட்டரையும் கலக்கியையும் (மூடியின்றி) காலியாக எடை போடு (W_1 கிராம்). பிறகு, சுமார் முக்கால் அளவு நீரை எடுத்து மறுபடியும் எடையை அள (W_2 கிராம்). கேலரிமீட்டரை மரப் பெட்டியில் வைத்து, மூடியை மேலே வைத்து, கம்பிச் சுருளை நீரில் முழுக வை.

இக் கம்பிச் சுருளுடன் தொடர்அடுக்காக ஒரு பாட்டரி, ஆம்பியர்மானி, தடைமாற்றி, சாவி இவற்றையும், சுருளுக்கு இணையாக ஒரு மின்னழுத்த மானியையும் (V) பிணை. மின்சுற்றைப் பூர்த்திசெய்து, தடைமாற்றியைக்கொண்டு ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய ஒழுங்குசெய்.

இப்பொழுது மின்சுற்றை முறித்துவிட்டு, நீரைக் கலக்கி, அதன் ஆரம்ப வெப்பநிலையை அள (T_1).

மின்சுற்றை மறுபடியும் பூர்த்திசெய்து, அதே சமயத்தில் ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தையும் ஓட வை. அவ்வப்போது மின்னோட்டத்தின் அளவையும் மின்னழுத்த பேத அளவையும் குறித்துக்கொள். நீரைக் கலக்கி அதன் வெப்பநிலையைக் கவனி. சுமார் நாலைந்து டிகிரி வெப்பநிலை உயர்ந்ததும் மின்சுற்றை முறித்துக் கடிகாரத்தையும் நிறுத்திவிடு. ஆனால், நீரின் வெப்பநிலை இன்னும் சிறிது உயரும். நன்ருகக் கலக்கி, உச்ச வெப்பநிலையைக் குறி (T_2). மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரம் (t), சராசரி மின்னோட்ட அளவு (I), மின்னழுத்தம் (V) இவற்றையும் குறித்துக்கொள். கேலரிமீட்டரின் சமநீர் எடை W.

கேலரி மீட்டரும் நீரும் வாங்கிய வெப்பம் =

$$\{(W_2-W_1)+W\}\ \{T_2-T_1\} \text{ கேலரிகள்}$$

மின்னோட்டத்தால் செய்யப்பட்ட வேலை = EIt ஜூல்கள்

வெப்பத்தின் இயக்க வேலை சமத்துவம்

$$J=\frac{W}{H}\text{ம்.}\quad J=\frac{EIt}{\{(W_2-W_1)+W\}\quad\{T_2-T_1\}}$$

ஜூல்கள்/கேலரி.

குறிப்பு: ஆம்பியர்மானிக்குப் பதிலாக ஒரு டாஞ்சென்ட் மின்னோட்டமானியைப் பயன்படுத்தலாம். அப்பொழுது $I=K\tan\theta$; θ சராசரி ஒதுக்கம்; K மானியின் சுருக்கக் காரணி (Reduction factor).

மின்திறன் (Electric power)

E வோல்ட் மின்னழுத்த பேதமுடைய ஒரு மின் சுற்றில் I ஆம்பியர் மின்னோட்டம், t விநாடிகளுக்குப் பாய்ந்தால், செய்யப் பட்ட வேலை EIt ஜூல்கள் என்று பார்த்தோம். இவ் வேலை t விநாடிகளில் செய்யப்பட்டது ; ஆகையால்,

ஒரு விநாடியில் செய்யப்பட்ட வேலை $\frac{EIt}{t}$ ஜூல்கள்/விநாடி

கம்பிச் சுருளின் மின்தடை R ஓம் என்ருல் $(E=RI)=EI$ வாட்

ஒரு விநாடியில் வேலை = I^2R வாட்டுகள்

$$=\frac{E^2}{R}\text{ வாட்டுகள்.}$$

ஆகவே, E வோல்ட் மின்னழுத்தத்தில் I ஆம்பியர் மின்னோட்டம் R ஓம் தடையுள்ள சுற்றில் பாய்ந்தால், அதன்

$$\text{திறன்}=EI=I^2R=\frac{E^2}{R}\text{ வாட்டுகள்}$$

வாட் (Watt) என்பது நடைமுறையில் மிகவும் சிறிய அலகு. ஆகையால், 1000 வாட்டுகள் கொண்ட அலகையே நடைமுறையில் அலகாக உபயோகிப்பது வழக்கம்.

வர்த்தகத் துறையில் 'கிலோ வாட் ஹவர்' (Kilo-Watt hour) என்ற அலகை உபயோகிக்கின்றனர். இதற்கு வர்த்தகக் குழு அலகு (Board of Trade Unit) எனப் பெயர்.

இது, ஒரு கிலோ வாட் (1000 வாட்) திறன்கொண்ட மின் சுற்று ஒரு மணி நேரத்தில் உபயோகிக்கும் சக்தியாகும்.

E மின்னழுத்த பேதம்கொண்ட மின்சுற்று I ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தில் EI வாட் திறனை உண்டுபண்ணுகிறது. இது $\frac{EI}{1000}$ கிலோ வாட். இவ் வீதத்தில் ஒரு மணி நேரத்தில் செல

வாகும் சக்தி $= \frac{EI}{1000}$ கிலோ வாட் ஹவர்கள். 5 மணி நேரத்தில்

செலவாகும் சக்தி $= \frac{EI}{1000} \times 5$ கிலோ வாட் ஹவர்கள்.

கிலோ வாட் ஹவரையே ஒரு 'யூனிட்' என்றும் சொல்வதுண்டு. வீடுகளில் மின்சார விளக்கு, விசிறி முதலியவை செலவழிக்கும் மின் திறனை அளக்க வீடுகளில் பதிக்கப்பட்ட 'வாட்மானிகள்', இந்த 'யூனிட்'டையே அளக்கின்றன. இதைக்கொண்டே நமது மின் சாரக் கட்டணம் வசூலிக்கப்படுகிறது.

தினசரி வாழ்க்கையில் பிரயோகம்

மின்விளக்கு : தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் என்ற அமெரிக்க விஞ்ஞானி இதை முதன்முதலில் 1879ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் 21ஆம் தேதி உண்டுபண்ணி வெற்றி கண்டார். அவர் உபயோகித்தது ஒரு கார்பன் இழை. இழையைக் காற்றில்லாத் பல்புக்குள் வைத்து, அதன்மூலமாக மின்னோட்டம் பாய்ச்சினால் வெப்பமடைந்து மஞ்சளான ஒளியைத் தந்தது. ஆனால், அது சீக்கிரம் அறுந்து போகக்கூடியது. அதிக மின்சக்தியையும் செலவழித்தது.

தற்காலத்தில் டங்ஸ்டன் உலோகத்தாலான இழைகளை உபயோகிக்கின்றனர். இதன் மின்தடை உயர்ந்தது ; இதன் உருகு நிலையும் வெகு அதிகம். காற்றில்லாத பல்பினுள் பொருத்தப்பட்டிருப்பதால், அதிக வெப்பநிலையிலும் ஆக்ஸிஜனுடன் கலந்து எரிய வழியில்லை. வெப்பத்தினால் இழை வெண்ணிறமாகி அதிக ஒளியைத் தருகிறது. ஆயினும், மின்சக்தியில் பெரும்பான்மை வெப்பமாக வீணாகிப்போகிறது.

21

மின் அடுப்பு (Electric heater)

மின் அடுப்பு, மின் சலவைக்கருவி முதலியவற்றில் மின் தடை அதிகமுள்ள கம்பிச்சுருள், பீங்கான், அப்ரகம் (Mica), கல் நார் (Asbestos) போன்ற பொருள்களின்மீது சுற்றப்பட்டு, அதிக மான மின்னோட்டத்தையும் வெப்பத்தையும் தாங்கவல்லதாயுள்ளது.

மின் சலவைக்கருவியில் நைக்ரோம் கம்பி அப்ரகத் தாளின்மீது அருகருகே சுற்றப்பட்டுள்ளது. செலுத்தப்படும் மின்னோட்டம் இதைச் செந்நிற வெப்பத்திற்கே சூடாக்குகிறது.

உருகு கம்பி (fuse)

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குமேல் மின்னோட்டம் பாய்ந்தால், அதிக வெப்பமுண்டாகி, வீடுகளில் தீவிபத்து ஏற்படலாம். இதைத் தடுக்க வீடுகளின் மின்சுற்றுகளில், வெவ்வேறு பாகங்களில், சீக்கிரத்தில் உருகிப்போகக்கூடிய கம்பிகளைச் சேர்த்துள்ளனர்.

இந்த உருகு கம்பி (fuse) ஈயம், தகரம் இவற்றின் கலவை; அல்லது செம்பு, தகரம் இவற்றின் கலவை. குறிப்பிட்ட அளவுக்கு மேல் (5 ஆம்பியர், 10 ஆம்பியர், 15 ஆம்பியர்) மின்னோட்டம் சென்றால், இக் கம்பி தானாக உருகி, மின்னோட்டத்தை நிறுத்தி விடும். இது ஒரு பீங்கான்பீடத்தில் ஏற்றப்பட்டு, உருகிய உலோகமே தீவிபத்து விளைவிக்காதபடி காக்கப்பட்டுள்ளது.

உதாரணங்கள்

1. 1·5 ஓம் மின்தடையுள்ள கம்பியினூடே 1 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இக் கம்பியை 400 கிராம் நீரில் முழுக்கினால், 10 நிமிஷத்தில் நீரின் வெப்பநிலை எவ்வளவு உயரும்? J = 4·2 ஜூல்/கேலரி.

$$\text{உண்டாகும் வெப்பம்} = \frac{I^2Rt}{J} = \frac{1^2 \times 1{\cdot}5 \times 10 \times 60}{4{\cdot}2} \text{ கேலரிகள்}$$

$$= \frac{900}{4{\cdot}2} \text{ கேலரிகள்}$$

$$\therefore \text{ வெப்பநிலை ஏற்றம்} = \frac{900}{4{\cdot}2} \times \frac{1}{400} = {\cdot}53^\circ C$$

2. ஒரு வீட்டில் கீழ்க்கண்ட மின்சாதனங்கள் தினமும் உபயோகிக்கப்படுகின்றன:

எட்டு 40-வாட் விளக்குகள்	...	3 மணி நேரம்
மூன்று 90-வாட் விசிறிகள்	...	10 மணி நேரம்
ஒரு மின் குளிரூட்டி 450 வாட்	...	12 மணி நேரம்
ஒரு மின் அடுப்பு 1250 வாட்	...	4 மணி நேரம்

ஒரு 'யூனிட்' 15 பைசா வீதம் அவ் வீட்டின் ஒரு மாதச் செலவென்ன?

அவ் வீட்டில் உபயோகிக்கப்படும் மொத்த மின்திறன் :

8 விளக்குகள் :	$8 \times 40 \times 3 = 960$	வாட் ஹவர்,
3 விசிறிகள் :	$3 \times 90 \times 10 = 2700$	,,
1 மின்குளிரூட்டி :	$450 \times 12 = 5400$	,,
1 மின் அடுப்பு :	$1250 \times 4 = 5000$	,,
	14060	

ஒரு நாளில் செலவாகும் மின்திறன் 14·06 கிலோ வாட் ஹவர், அல்லது 14·06 'யூனிட்'டுகள்.

∴ 30 நாட்களில்: $30 \times 14{\cdot}06 = 421{\cdot}8$ யூனிட்டுகள்

∴ ஒரு மாதச் செலவு: $421{\cdot}8 \times {\cdot}15 =$ ரூ. 63·77

3. மேலே குறிப்பிட்ட வீட்டில் என்ன திறனுடைய உருகு கம்பி (fuse) தேவைப்படும் ? (220-வோல்ட்டு மின்சப்ளை).

வீட்டின் மின்சாதனங்கள் அத்தனையும் ஒரேசமயத்தில் உபயோகிக்கப்பட்டால், பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கண்டுபிடிப்போம்.

8 விளக்குகளின் திறன் :	$8 \times 40 =$	320	வாட்டுகள்
3 விசிறிகள் :	$3 \times 90 =$	270	,,
மின்குளிரூட்டி :		450	,,
மின் அடுப்பு :		1250	,,
		2290	வாட்டுகள்

E I = வாட்டுகள்

$$\therefore \text{ மின்னோட்டம் } I = \frac{\text{வாட்டுகள்}}{\text{வோல்ட்டு}} = \frac{2290}{220} = 10{\cdot}4 \text{ ஆம்பியர்}$$

அவ் வீட்டில் 15 ஆம்பியர் உருகு கம்பி தேவைப்படும்.

பயிற்சி

(1) ஒரு மாணவன் இரண்டு மின்சார விளக்குகளை உபயோகிக்கிறான். அவைகளில் ஒன்று 100 வாட். மற்றொன்று 20 வாட். இவைகளை நாள் ஒன்றுக்கு 5 மணிநேரம் உபயோகப்படுத்தினால், 30 நாட்கள்கொண்ட மாதத்திற்கு, யூனிட் 25 பைசாவீதம் செலவு என்ன?

விடை: ரூ. 4·50

(2) 5 ஆம்பியர் உருகு கம்பி இணைக்கப்பட்ட 230 வோல்டு மின் அழுத்தம் உள்ள மின்சுற்றில் 60 வாட் மின்விளக்கு , எவ்வளவு சேர்த்துக்கொள்ளலாம்?

விடை : 19

(3) 20 கிலோகிராம் தண்ணீரை 40°C முதல் 100°C வரை 40 நிமிடங்களில் உயர்த்தும் மின் அடுப்பின் திறன் என்ன ?

விடை : 21kw

(4) ஒரு வீட்டில் கீழே கொடுக்கப்பட்ட மின்சாதனங்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன.

பத்து 60 வாட் விளக்குகள்	— 5 மணிநேரம்
மூன்று 80 வாட் விசிறிகள்	— 9 மணிநேரம்
ஒரு மின் குளிரூட்டி 400 வாட்	— 10 மணிநேரம்
ஒரு மின் அடுப்பு 2000 வாட்	— 3 மணிநேரம்
$\frac{1}{2}$ HP மோட்டார் பொருத்தப்பட்ட தண்ணீர் பம்பு	— 2 மணிநேரம்

31 நாட்கள்கொண்ட மாதத்துக்கு யூனிட் 12 பைசா வீதம் என்ன செலவாகும். 1 HP = 746 வாட்

விடை : ரூ. 73·95

40. மின்ஞற் பகுப்பு

(Electrolysis)

பாதரசம், உருகிய உலோகம் முதலிய திரவப் பொருள்களினூடே மின்னேட்டம் செல்லும்பொழுது, இரசாயன மாறுதல்கள் எதுவும் ஏற்படுவதில்லை. ஆனல், சில உப்புத் திரவங்கள், அமிலங்கள் போன்ற திரவங்களினூடே பாய்கையில், அவற்றை வெவ்வேறு இரசாயனப் பொருள்களாகப் பகுத்துவிடுகின்றது. இவ்வாறு பகுக்கப்படும் பொருள்களுக்கு 'மின்ஞற் பகுபொருள்' (electrolyte) என்றும், மற்றவைகளுக்கு மின்ஞற் பகுபடாப் பொருள் (non-eletrolyte) என்றும் பெயர் தரப்பட்டுள்ளது.

மின்ஞற் பகுப்பு (Electrolysis)

மின்ஞற் பகுப்பு நடைபெறும் திரவங்களில் மின்சக்தி இரசாயன சக்தியாக மாற்றமடைகிறது. இது மின்கலன்களில் நடைபெறும் கிரியைக்கு நேர் எதிரானது.

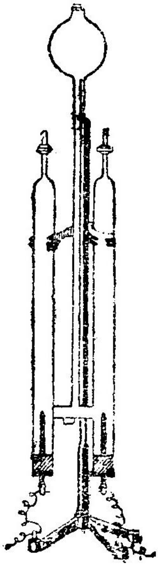
மின்ஞற் பகுபடும் பொருளுக்குள் மின்னேட்டம் செலுத்தப்படும் முனைகள் மின்வாய்கள் எனப்படும் (electrodes). மின்னேட்டம் பொருளுக்குள் புகும் மின்வாய், நேர்மின்வாய் (anode) என்றும், மின்னேட்டம் வெளியில் செல்லும் முனைக்கு, எதிர்மின்வாய் (cathode) என்றும் பெயர்.

இச் சாதனத்தை மின்னேட்டத்தை அளப்பதற்குப் பயன்படுத்தினல் அது வோல்ட்டா மீட்டர் எனப்படும்.

நீரின் மின்ஞற் பகுப்பு

சுத்தமான நீர் மின்கடத்தாப் பொருள். ஆனல், சில துளிகள் கந்தக அமிலத்தை நீரில் கலந்தால், அது நல்ல மின்கடத்தியாகி விடுகிறது. நீரை மின்ஞற் பகுக்கும் கருவிக்கு நீர் வோல்ட்டா மீட்டர் (Water Voltameter) என்று பெயர். இதில் அளவுகள் குறிக்கப்பட்ட இரு நீண்ட கண்ணடிக் குழாய்களும், நடுவே நீர்த்தேக்கக் குழாயும்

உள்ளன. இம் மூன்றும் அடிப்பாகத்தில் ஒன்றோடொன்று தொடர்புள்ளனவாய் இருக்கின்றன. இரு பக்கக் குழாய்களின் மேற்பாகம் கண்ணாடி அடைப்பான்களால் மூடப்பட்டுள்ளன. நடுக்குழாய் காற்றழுத்தத்திற்குத் திறந்துள்ளது. பக்கக் குழாய்களின் அடியில் பிளாட்டின மின்வாய்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.



படம் 224.

நடுக்குழாயில் அமிலம் கலந்த நீரை ஊற்றி, பக்கக் குழாய்களின் அடைப்பான்களைத் திறந்துவிட்டால், மூன்று குழாய்களும் நிரம்பிவிடும். பக்கக் குழாய்களின் மின்வாய்களுடன் ஒரு பாட்டரி, தடைமாற்றி, சாவி இவை தொடராய்ப் பிணைக்கப்படுகின்றன. அடைப்பான்களை மூடிவிட்டு, மின்சுற்றைப் பூர்த்திசெய்தால், மின்பகுப்பு நடைபெற்று, நீர் ஹைட்ரஜனாகவும், ஆக்ஸிஜனாகவும் பிரிக்கப்படுகின்றது. ஹைட்ரஜன் எதிர்மின்வாயிலும் ஆக்ஸிஜன் நேர் மின்வாயிலும் வெளிவிடப்படுகின்றன. அவை மின்வாயிலிருந்து சிறுசிறு குமிழிகளாகக் கிளம்பி மேலேறிச் செல்வதைக் காணலாம். ஹைட்ரஜனின் பரிமாணம் ஆக்ஸிஜனைப் போல் இருமடங்காக இருப்பதைக் காணலாம். நீரின் மூலக்கூறு இரு பங்கு ஹைட்ரஜனாலும் ஒரு பங்கு ஆக்ஸிஜனாலும் ஆனது (H_2O) என்பது நாம் அறிந்ததே.

மின்னாற் பகுப்பின் தத்துவம்

ஓர் உப்பை நீரில் கரைத்தால் அதன் மூலக்கூறுகள் மின்னேற்றம் உடைய இருபகுதிகளாய்ப் பிரிகின்றன. உதாரணமாக, சாதாரண உப்பை (சோடியம் குளோரைடை $NaCl$) நீரில் கரைத்தால், அது சோடியமாகவும் (Na^+) குளோரின் (Cl^-) ஆகவும் பிரிந்து திரவத்தில் நிற்கின்றன. சோடியம் நேர்மின்னேற்றமும், குளோரின் எதிர் மின்னேற்றமும் உடையன. இவற்றிற்கு அயனிகள் (ions) எனப் பெயர்.

உப்பு : $NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$

கந்தக அமிலம் : $H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{--}$

செப்பு சல்பேட்டு : $CuSO_4 \longrightarrow Cu^{++} + SO_4^{--}$

இத் திரவத்தில் மின்னழுத்த பேதம் உண்டுபண்ணினால், நேர் மின்னேற்றமுடைய அயனிகள் எதிர்மின்வாய்க்கும், எதிர்மின்னேற்ற அயனிகள் நேர்மின்வாய்க்கும் செல்கின்றன. அங்கே தமது மின்னேற்றத்தை மின்வாய்களுக்கு அளித்துவிட்டு, மின்னேற்றம் அற்ற பொருள்களாகிவிடுகின்றன : (Na, Cu, Cl, SO_4...).

உலோகங்களில் எலக்ட்ரான்கள் நகர்ந்து செல்வதாலேயே மின்னோட்டம் நடைபெறுவது போல, மின்பகு பொருள்களில் இவ் வயனிகளின் போக்கினாலேயே மின்னோட்டம் நடைபெறுகிறது.

ஹைட்ரஜனும், எல்லா உலோக அயனிகளும் நேர்மின்னேற்ற முடையவை; எதிர்மின்வாயில் படியும். உலோகமில்லாதவை அனைத்தும் எதிர் மின்னேற்றமுடையவை; நேர்மின்வாயில் வெளிப் படும்.

அமிலம் கலந்த நீர் பகுக்கப்படுவது கீழ்க்கண்டவாறு :

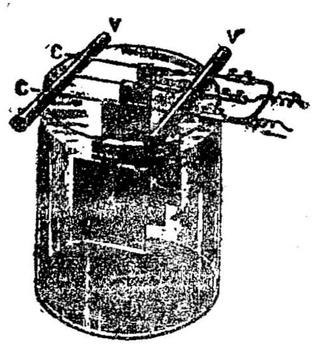
முதலில் $H_2SO_4 \longrightarrow H_2^{++} + SO_4$ என்று பகுக்கப்பட்டு,

$$SO_4 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + O$$

என்று சேர்க்கையடைகிறது. ஆகவே, கந்தக அமிலம் இவ் இரசாயனப் பாகுபாடு நடைபெற உதவுகிறது. ஆனால், தன் அளவில் குறைவுபடுவதில்லை. நீர்தான் H_2, O என்று பகுக்கப்பட்டு, வாயுக் களாக வெளிவிடப்படுகின்றன.

செப்பு வோல்ட்டாமீட்டர் (Copper Voltameter)

இதில், ஒரு கண்ணாடிப்பாத்திரம் சிறிது கந்தக அமிலம் கலந்த செப்பு சல்பேட்டு ($CuSO_4$) கரைசலால் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. C, C என்ற இரு செப்புத் தகடுகள் நேர்மின் வாயாகவும், K என்ற ஒரு செப்புத் தகடு எதிர்மின்வாயாக இவ்விரண்டிற் கும் இடையிலேயும் உள்ளன.



படம் 225

மின்னோட்டம் செல்லும்பொழுது செப்பு அயனிகள் (Cu^+) எதிர்மின் வாய்க்குக் கவரப்பட்டு, அங்கே செப்புத் தகட்டிற்குத் தன் மின்னேற்றத்தை அளித்துவிட்டு, தகட்டின்மேல் படிகிறது. எதிர் மின்னேற்ற முடைய சல்பேட்டு அயனிகள் (SO_4^-) நேர்மின்வாய்த் தகடு களுக்குச் சென்று, அவற்றிற்குத் தம் மின்னேற்றத்தை அளித்து விட்டு, செப்புத்தகட்டுடன் இரசாயனக்கிரியை செய்து, மறுபடியும் செப்பு சல்பேட்டு உண்டாக்கிவிடுகின்றன. ஆகவே, செப்பு சல்பேட்டின் தரம் குறைவதில்லை. செம்புதான் நேர்மின்வாயிலிருந்து எடுபட்டு, எதிர் மின்வாயில் படிகிறது.

ஃபாரடேயின் மின்பகுப்பு விதிகள் (Faraday's Laws of Electrolysis)

மைக்கேல் ஃபாரடே என்ற பிரபல ஆங்கில விஞ்ஞானி மின்பகுப் பைக் குறித்துப் பல சோதனைகள் நடத்தி, தன் முடிவுகளை இரு விதி களாக வெளியிட்டார்.

அவையாவன :

(1) மின்பகுப்பின் பயனாய் ஒரு மின் வாயில் வெளிவிடப்படும் அல்லது படியும் பொருளின் பொருண்மை (m) அத் திரவத்தினூடே பாய்ந்த மின்னேற்றத்தின் மொத்த அளவுக்கு (Q) நேர்விகிதத்தி லுள்ளது.

(2) வெவ்வேறு திரவங்களுள் ஒரே அளவு மின்னேற்றம் செலுத்தப்பட்டால், வெளிவிடப்பட்ட பொருளின் எடை அப் பொருளின் இரசாயனச் சம எண்ணுக்கு (chemical equipment) நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

முதலாம் விதியிலிருந்து, m கிராம் பொருள் Q மின்னேற்றம் செலுத்தப்பட்டதால் வெளிவிடப்பட்டால், $m \propto Q$.

$$\text{ஆனால் } Q = I\,t\,; \quad \therefore m \propto I\,t$$
$$\text{அல்லது, } m = e\,I\,t = eQ.$$

e என்பது வெளிவிடப்பட்ட பொருளைப்பொறுத்த மாறிலி. இதற்கு மின்-இரசாயனச் சம எண் (electro-chemical equivalent) (e.c.e.) என்று பெயர்.

$$\therefore Q = 1 \text{ ஆனால், } m = e.$$

ஆகவே, ஒரு பொருளின் மின்-ரசாயனச் சம எண் என்பது, ஒரு கூலோம் மின்னேற்றம் திரவத்தின் வழியாய்ப் பாய்ந்தால் வெளி விடப்படும் அப் பொருளின் பொருண்மையாகும்.

e-யின் அலகு: கிராம்/கூலோம்.

E_1, E_2 என்ற இரசாயனச் சம எண்களைக்கொண்ட இரு பொருள்கள் ஒரே அளவு மின்னேற்றத்தினால் பகுக்கப்படும்பொழுது, m_1, m_2 கிராம் பொருண்மைகள் வெளிவிடப்பட்டால், ∴பாரடேயின் இரண்டாம் விதியின்படி $\dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{E_1}{E_2}$

ஆனால், $\dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{e_1 Q}{e_2 Q}$ என்று மேலே பார்த்தோம்.

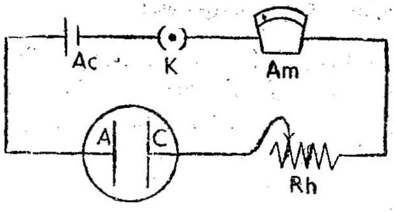
$$\therefore \frac{e_1}{e_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

அதாவது, ஒரு பொருளின் மின்-ரசாயனச் சம எண் அதன் இரசாயனச் சம எண்ணுக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது என்று தெரிய வருகிறது.

செம்பின் e.c.e.-ஐக் கண்டுபிடித்தல்

முன்னே விவரிக்கப்பட்ட செப்பு வோல்ட்டாமீட்டர், பாட்டரி, சாவி, தடைமாற்றி, ஆம்பியர்மானி இவற்றுடன் தொடர்பாகப் பிணைக் கப்பட்டுள்ளது. நேர்மின்வாயுடன் பிணைக்கப்பட்ட வோல்ட்டா மீட்டரின் மின்வாய் நேர்மின்வாய் எனவும், எதிர் மின்வாயுடன்

பிணைக்கப்பட்ட வோல்ட்டா மீட்டரின் மின்வாய் எதிர் மின்வாயாகவும் செயல்படும்.



படம் 226.

மின் சுற்றைப் பூர்த்திசெய்து, தடைமாற்றியைக் கொண்டு சுமார் ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயச்செய். மின் சுற்றை முரித்து, வோல்டா மீட்டரின் எதிர் மின்வாயை எடுத்துக் கழுவி, உலர்த்தி, ஒரு மில்லிகிராமுக்குத் திருத்தமாக அதன் எடையைக் கண்டு பிடி. (m_1)

பிறகு, அத் தகட்டை அதன் இடத்தில் பொருத்தி, மின்சுற்றைப் பூர்த்தி செய்து, உடனே ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தையும் ஓடச்செய். ஆம்பியர்மானியின் அளவைக்குறி. சரியாக 20 நிமிஷங்களுக்குப் பிறகு மின்னோட்டத்தை நிறுத்தி, எதிர்மின்வாய்த் தகட்டை எடுத்து, இலேசான நீர்த்தாரையில் கழுவி, உலர்த்தி அதன் எடையைக் கண்டுபிடி. (m_2)

படிந்த செம்பின் எடை $= m_2 - m_1 = m$ கிராம்

I மின்னோட்டம் (ஆம்பியர்), t வினாடிகளுக்குப் (20×60)

பாய்ந்தால், $m = e\mathrm{I}t \quad \therefore e = \dfrac{m}{\mathrm{I}t}$

மேலே விவரித்த சோதனையில் ஆம்பியர் மானிக்குப் பதிலாக டாஞ்செண்ட் மின்னோட்டமானியை மின்சுற்றில் வைத்து, மேற்கண்ட சோதனையை நடத்தினால், அம் மானியின் சுருக்கக் காரணியை (reduction factor) கீழ்க்கண்டவாறு கணிக்கலாம் :

எதிர் மின்வாயில் படிந்த செம்பின் எடை $= m$ கிராம்

$e =$ செம்பின் ece ($=\cdot 0003295$ கிராம்/கூலோம்)

$t =$ மின்னோட்டம் சென்ற நேரம். $\theta =$ மானியின் சராசரி ஒதுக்கம்

$$\therefore \mathrm{I} = \frac{m}{et} = \mathrm{K} \tan\theta$$

$$\therefore \mathrm{K} = \frac{m}{et \tan\theta}$$

தொழில்முறைகளில் மின்பகுப்பின் பிரயோகம்

மின்பகுப்பு முறைகள் தொழிற்சாலைகளில் பெரிதும் பயன்படுகின்றது. ஒருசிலவற்றைக் குறிப்பிடுவோம் :

(1) மின்முலாம் பூசுதல் (Electroplating): செம்பு வோல்டாமீட்டரில் செம்பு உலோகம் எதிர் மின்வாயான செப்புத் தகட்டின்மீது படிகிறதென்று பார்த்தோம். இதுபோலவே மற்ற உலோகங்களையும் படியவைத்து 'முலாம்' பூசலாம். உதாரணமாக, வெள்ளி முலாம் பூசுவதற்கு, செம்பு, இரும்பு முதலிய சாதாரண உலோகப் பொருள்களை எதிர்மின்வாயாக வைத்து, வெள்ளித்தகட்டை அல்லது தண்டை நேர்மின்வாயாகவும், ஒரு வெள்ளி உப்புக்கரைசலை மின்னூற் பகுப்பு திரவமாகவும் வோல்டாமீட்டரில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். உலோகம் சீராகப் படியவேண்டுமானால், திரவம் மிகவும் நீர்த்ததாயும், மின்னோட்டம் மிகவும் குறைவாகவும் இருக்கவேண்டும்.

(2) உலோகத்தைச் சுத்தப்படுத்தல்: கலப்பு நிறைந்த செப்புக்கட்டிகளை நேர்மின்வாயாகவும், மிகவும் சுத்தமான மெல்லிய செப்புத்தகட்டை எதிர் மின்வாயாகவும் ஒரு செப்பு வோல்டாமீட்டரில் வைத்து, மின்னோட்டம் பாய்ச்சினால், செம்பு திரவத்தில் கரைந்து, சுத்தமான செம்பு எதிர்மின்வாய்த் தகட்டில் படியும். கலப்புப் பொருள்களெல்லாம் தொட்டியினடியில் படிந்துவிடும்.

(3) உலோகங்களைக் கனிப்பொருளிலிருந்து பிரித்தல்: அலுமினியம் ஆக்ஸைடை மின்னூற்பகுத்து. அலுமினியத்தை எதிர் மின்வாயில் படியச்செய்து, சுத்தமான உலோகத்தை எடுக்கிறார்கள். அவ்வாறே, சோடிய, பொட்டாஸிய ஹைட்ராக்ஸைடுகளை மின்னூற் பகுத்து, மிகச்சுத்தமான சோடியமும் பொட்டாசியமும் தயாரிக்கின்றனர்.

(4) மின்னச்சு எடுத்தல் (Electrotyping): ஒரு புத்தகத்தின் ஏராளமான பிரதிகளை அச்சடிக்கவேண்டுமானால், அதற்கு வேண்டிய அச்சு மின்னூற் பகுப்பு முறைகளில், செப்பு வோல்டாமீட்டரின் உதவியால் தயாரிக்கப்படுகிறது. எழுத்துகளை ஒழுங்குபண்ணிய பின், உருகிய மெழுகைக்கொண்டு அவற்றின் பிரதிகளை எடுத்து, அவற்றின் பரப்பைக் கிராஃபைடால் பூசி, மின் கடத்தியாக்குகின்றனர். பின்னர், இவற்றைச் செப்பு வோல்டாமீட்டரில் எதிர் மின்வாயாக வைத்து மின்னோட்டம் பாய்ச்சி, இவ் அச்சுகளின்மீது செம்பு படியுமாறு செய்கின்றனர். போதிய கனமான செம்பு படிந்ததும் இந்த மின்னச்சை வெளியே எடுத்து, மெழுகை உருக்கி நீக்கிவிட்டு, இச் செப்புத் தகட்டின்மேல் 'டைப்' உலோகத்தைப் படியவைக்கின்றனர். ஆகவே, மிகவும் உறுதியான அச்சுப்பிரதிகள் கிடைக்கின்றன.

உதாரணங்கள்

1. ஒரு செப்பு வோல்டாமீட்டரில் 2 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 20 நிமிஷங்களுக்குப் பாய்கிறது. படியும் செம்பின் அளவென்ன? (செம்பின் ece = ·00033 கிராம்/கூலோம்).

$$m = eit = \cdot 00033 \times 2 \times 20 \times 60 = \cdot 792 \text{ கிராம்.}$$

2. பொன் குளோரைடு திரவத்தில் 2 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. ஒரு கிராம் பொன் படிய எவ்வளவு நேரம் ஆகும்? (பொன்னின் e c e = ·0006814 கிராம்/கூலோம்).

$$t = \frac{m}{ie} = \frac{1}{2 \times \cdot 0006814} \text{ விநாடி} = 733 \cdot 8 \text{ விநாடி.}$$

12 நிமி., 13·8 விநாடி.

பயிற்சி

1. 1 கிராம் குரோமியத்தை 3 மணி நேரத்தில் படியவைக்கும் மின்னோட்டம் என்ன? குரோமியத்தின் ece = ·00018.

விடை 0·15 ஆம்பியர்

2. 5 செ.மீ. நீளம், 3 செ.மீ. அகலம் உள்ள தாமிரத்தட்டிற்கு $\frac{1}{4}$ மி.மீ. கனத்துக்கு 5 மணி நேரத்தில் வெள்ளி முலாம் பூச எவ்வளவு மின்னோட்டம் தேவை? (வெள்ளியின் ece = ·001118, அதன் அடர்த்தி எண் 10·5).

விடை = 0·37 ஆம்பியர்

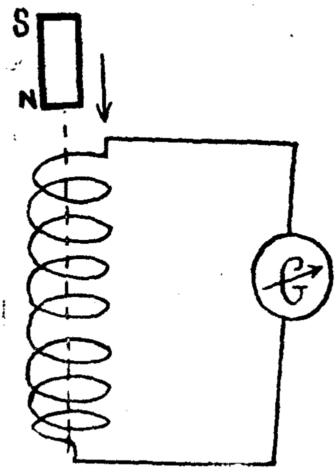
(3) தொடர் அடுக்காக இணைக்கப்பட்ட நீர் வோல்டாமீட்டர், செம்பு வோல்டாமீட்டர், வெள்ளி வோல்டாமீட்டர் வழியாக 1 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 1 மணி நேரம் பாய்ந்தால், அவைகளில் வெளிப்படும் அல்லது படியும் கீழ்க்கண்ட பொருள்களின் எடை என்ன?—ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன், செம்பு, வெள்ளி இவைகளின் இரசாயனச் சம எண் முறையே, 1·008, 8, 63·57, 107·88. வெள்ளியின் ece 0·001118.

விடை 0·043, 0·315, 2·50, 4·25 கி.

41. மின்காந்தத் தூண்டல்
(Electromagnetic Induction)

ஒரு காந்தச் சட்டத்தை ஒரு கம்பிச்சுருளின் அருகே வேகமாகக் கொண்டுபோனாலும், சுருளினருகேயிருந்து வேகமாய் விலக்கினாலும், கம்பிச்சுருளில் மின்னோட்டம் பாய்கிறதென்ற மிக முக்கியமான உண்மையை, 1831ஆம் ஆண்டில், ஆங்கில விஞ்ஞானி மைக்கேல் ஃபாரடே கண்டுபிடித்தார்.

சோதனை : தடிப்பமான செப்புக் கம்பியாலான ஒரு நீண்ட கம்பிச்சுருளின் AB என்ற இரு முனைகளிடையே ஒரு மின்னோட்டமானியைப் பிணை (G). ஒரு சட்டகாந்தத்தின் வடதுருவத்தைக் கம்பிச்சுருளின் அச்சுக்கு இணையாக வேகமாய் அதனருகே கொண்டுபோ. மின்னோட்ட மானி சடுதியாக ஒதுக்கமடைந்து காந்தம் நகர்வது நின்றதும் ஒதுக்கம் பூச்சியமாகிவிடுகிறது. காந்தத்தை அப்புறப்படுத்தும்பொழுதும் அவ்வாறே. ஆனால், எதிர்ப்புறத்தில் மானி ஒதுக்கமடைகிறது. தென் துருவத்தைக் கொண்டுபோனாலும், வெளியே எடுத்தாலும் அவ்வாறே ஒதுக்கங்கள் எதிர்த் திசைகளில் உண்டாகின்றன.



படம் 227.

ஒதுக்கங்கள் உண்டாவதற்குக் காரணம், கம்பிச்சுருளினூடே செல்லும் காந்தவிசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை மாறுவதால் சுருளில் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுவதேயாகும்.

மின்னழுத்தமோ, மின்னோட்டமோ உண்டாவதற்கு, கம்பிச்சுருளினூடே செல்லும் காந்தவிசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை

மாற்றமடைய வேண்டும். இம் மாற்றத்தின் வீதம் அதிகமானல், தூண்டப்படும் மின் இயக்க விசையும் அதிகமாகிறது. இம் முடிவுகளை யெல்லாம் கீழ்க்கண்ட விதிகள் விளக்குகின்றன:

மின்காந்தத் தூண்டலின் விதிகள்

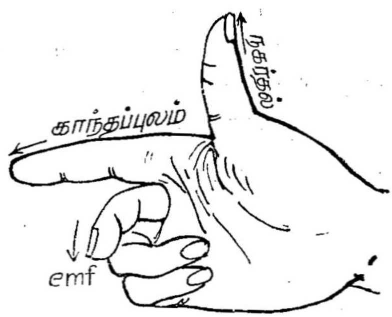
ஃபாரடேயின் விதிகள்: (1) ஒரு கம்பிச்சுருளினூடே செல்லும் காந்தவிசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை மாறினல், அச் சுருளில் ஒரு மின்னியக்க விசை தூண்டப்படுகிறது. எண்ணிக்கை மாற்றம் உண்டாகும் வரையில் இவ் விசை நீடித்திருக்கும்.

(2) தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கவிசையின் அளவு காந்தவிசைக் கோடு மாற்றத்தின் வீதத்திற்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது.

லென்ஸின் விதி (Lenz's Law)

(3) தூண்டப்பட்ட மின்னியக்க விசையின் திசை அவ்வெண்ணிக்கை மாற்றத்தை எதிர்ப்பதற்கான திசையிலுள்ளது.

லென்ஸின் விதியைக்கொண்டு, ஃப்ளெமிங்கின் (Fleming's) வலதுகர விதியை விளக்கலாம். இது, ஒரு கம்பி ஒரு காந்தப்புலத்



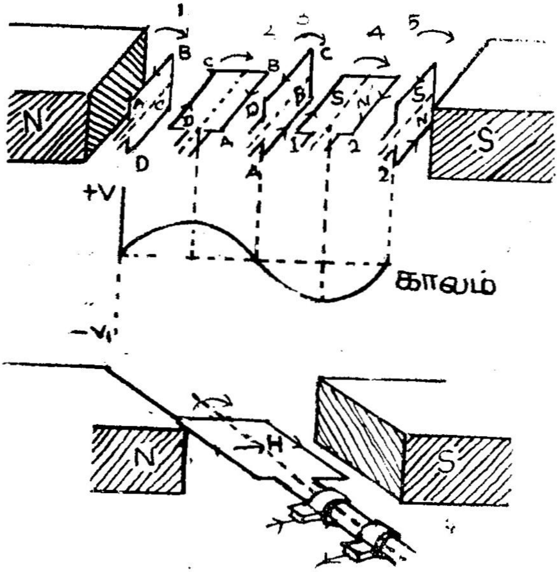
படம் 228.

தில் நகர்ந்தால், அதில் தூண்டப்படும் மின்னியக்க விசையும் மின்னோட்டமும் எத்திசையிலிருக்கும் என்பதை விளக்கும் விதியாகும்.

இதுவருமாறு :

'வலதுகையின் பெருவிரலையும் முதல் இருவிரல்களையும் ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்தாக விரித்துப் பிடி. பெருவிரல் கம்பி நகரும் திசையையும், முதல் விரல் காந்தப்புலத்தின் திசையையும் காண்பித்தால், நடுவிரல் தூண்டப்படும் மின்னோட்டத்தின் (மின்னியக்க விசையின்) திசையைக் காட்டும்' (படம் 228).

இத் தத்துவத்தைக்கொண்டே மின் ஜனனிகள் இயங்குகின்றன.



படம் 229.

மாறு மின் ஜனனி (Alternating Current Generator)

இச் சாதனத்தைக்கொண்டு இயந்திர ஆற்றல் மின் ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. இதன் தத்துவத்தை அறிய, ஒரு சதுரமான ஒற்றைச் சுருள்கம்பி (ABCD) ஒரு பலமான காந்தப்புலத்தில் சுழலுவதாக வைத்துக்கொள்வோம் (படம் 229). முதலில் சுருளின் தளம் காந்தப் புலத்திற்குச் செங்குத்தாயுள்ளதென்றும், சுருள் கடிகார முள்ளின் திசையிலே சுழலுகிறதென்றும் வைத்துக்கொள்வோம். AB என்ற பக்கம் கீழே செல்ல ஆரம்பிக்கிறது. ஃப்ளெமிங்கின் வலதுகை விதியின்படி AB என்ற பக்கத்தில் மின்னோட்டம் B-யிலிருந்து A-க்கும், CD என்ற பக்கத்தில் D-யிலிருந்து C-க்கும் பாயும். அதாவது, சுருளில் மின்னோட்டம் BADC என்ற திசையில் ஓடுகிறது.

சுருள் சுற்றிக்கொண்டே போனால், AB கீழ் நீச நிலைக்கும், CD உச்சநிலைக்கும் வந்துசேர்கின்றன. இப்பொழுது சுற்றின் இரண்டாம் பகுதி ஆரம்பிக்கிறது. AB பக்கம் மேலே எழும்ப ஆரம்பிக்கிறது; CD கீழே வர ஆரம்பிக்கிறது. AB, CD-யில் மின்னோட்டத்தின் திசை மாறி, ABCD என்ற திசையில் ஓடுகிறது. ஆகவே, சுருள் சுழலும்போது ஒவ்வொரு முழுச்சுழற்சியின்போதும் மின்னோட்டத்தின் திசை இருமுறை மாறுகிறது.

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை, காந்தவிசைக் கோடுகளைச் சுருள் வெட்டும் வீதத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருப்பதால், இது ஒரு

சீராயிருப்பதில்லை. சுருள் செங்குத்தான நிலையில் (1,3) இருக்கும்பொழுது, AB-யும் CD-யும் காந்தப்புலத்திற்கு இணையாக நகருகின்றன. ஆகையால், விசைக்கோடுகள் எதையும் வெட்டுவதில்லை. ஆகவே, அவ்விரண்டு நிலைகளிலும் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை பூச்சியம்.

சுருள் சுற்றிவரும்பொழுது, அது விசைக் கோடுகளை வெட்டும் வீதம் அதிகரிக்கின்றது ; சுருளின் தளம் கிடைமட்டமாய் (காந்தப் புலத்திற்கு இணையாய்) வரும்பொழுது, அது விசைக்கோடுகளை வெட்டும் வீதம் உச்சமாய் இருக்கிறது ; ஏனென்றால், அது விசைக் கோடுகளுக்குச் செங்குத்தாய்ச் செல்கிறது. ஆகவே, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையும் உச்சமாயுள்ளது.

அதற்கப்புறம், இயக்குவிசை குறைந்து, சுருளின் தளம் செங்குத்தாக இருக்கையில் பூச்சியமாகிவிடுகிறது. AB அடியிலும் CD மேலும் உள்ளன. சுருள் சுற்றிக்கொண்டே செல்வதால், மின்னோட்டத்தின் திசை எதிர்ப்புறமாக மாறி, பூச்சியத்திலிருந்து மறுபடியும் உச்சநிலைக்கு வருகிறது. ஆகவே, சுருளின் முழு சுழற்சியால், மின்னோட்டம் பூச்சியத்திலிருந்து உச்சநிலைக்குச் சென்று, பிறகு குறைந்து பூச்சியமாகி, திசைமாறி எதிர்த்திசையில் அதிகரித்து உச்சநிலைக்கு வருகிறது. மறுபடியும் எதிர்த்திசையில் குறைந்து பூச்சியமாகி, திசைமாறி, அதிகரிக்க ஆரம்பிக்கும்பொழுது, ஒரு முழு சுழற்சி முற்றுப்பெறுகிறது. இவ்வாறே மறுபடியும் மறுபடியும் மின்னோட்டம் மாறிமாறிப் பாய்கிறது.

இச் சுருள், இரு நழுவு வளையங்கள் (slip rings), துடைப்பான் (brushes) இவைமூலமாய் வெளி மின் சுற்றுடன் இணைக்கப்படுகிறது. நழுவு வளையங்கள் சதுர சுருளின் முனைகளுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. துடைப்பான்கள் இவ் வளையங்களின்மீது இலேசாய் அழுத்தித் தொட்டுக்கொண்டுள்ளன. மின்னியக்க விசையும் மின்னோட்டமும் வெளிச்சுற்றில் ஒவ்வொரு சுழற்சிக்கு இருமுறை திசை மாற்றமடைகின்றன.

ஒரு விநாடியில் ஏற்படுகின்ற சுழற்சி எண்ணிக்கையே மின் ஜனனியின் சுழற்சி எண் (frequency). உதாரணமாக, நமது வீடுகளில் பயன்படும் மின்சாரத்தின் சுழற்சி எண் 50 : அது விநாடிக்கு 50 முறை திசைமாறிப் பழைய நிலைக்கு வந்து சேர்ந்துவிடும். அதாவது, நமக்கு மேட்டூர் ஜனனியிலிருந்து மின்சார சப்ளை வந்தால், மின்சாரம் ஒரு விநாடிக்கு 50 முறை மேட்டூரிலிருந்து ஒரு கம்பிவழியாய் நமக்கு வந்து, இரண்டாவது கம்பிவழியாய் மேட்டூருக்குச் சென்று, பிறகு இரண்டாவது கம்பி வழியாய் எதிர்ப்புறமாக மேட்டூரிலிருந்து நமக்கு வந்து முதல் கம்பி வழியாய் மேட்டூருக்குச் செல்கிறது. இதுவே, மாறுமின்சாரமெனப்படுவது.

அவசியமானல், இம் மாறுமின்சாரத்தை நேர்மின்சாரமாக்கிக் கொள்ளலாம்.

மின் அடுப்புகளில் மாறு, நேர் மின்சாரம் இரண்டையும் பயன் படுத்தலாம் ; ஏனென்றல், உண்டாகும் வெப்பம் I^2-க்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது. ஆனல், மாறுமின்சாரத்தை முலாம் பூச உபயோகிக்க முடியாது. வெகுதூரங்களுக்கு மின்சாரத்தைக் கொண்டுபோக வேண்டுமானல், மாறுமின்சாரமாகத்தான் கொண்டு செல்லமுடியும். இல்லையெனில், வெகுவான சக்தி சேதமாகிவிடும்.

தொலைபேசி, தந்தி, வானெலி முதலிய மின்சாரத்தின் பல பயன்களை மேல் வகுப்புகளில் பார்ப்போம்.

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்

சென்னை-9

1967 வரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

				ரூ.	பை.
*1.	பொருளாதாரம்-II	...	சி. வேலாயுதம்	9	00
2.	புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள்	...	திருமதி ஆர். தாமரஜாட்சி	12	00
3.	பொருளாதாரம் ஓர் அறிமுகம்-I	...	தி. சி. மோகன்	12	00
4.	,, II	...	எம். ஏ. அப்பூர்வசாமி,	10	75
5.	பொருளாதாரக் கோட்பாடு	...	பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்		
	வளர்ந்த வரலாறு	...	க. முத்தையன்	7	00
*6.	பணவியலும் பாங்கியலும்-II	...	சி. வேலாயுதம்	11	50
7.	நவீன பாங்கு இயல்	...	க. வெற்றிவேல்	7	50
*8.	இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும்	...	பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	5	50
*9.	அரசாங்க நிதி இயல்	...	அர. சேஷாசலம்	4	75
10.	இந்தியப் பொருளியல்-I	...	எம். பாலசுப்பிரமணியன்	10	00
11.	,, II	...	எம். லூர்துநாதன்	4	25
12.	நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை-I	...	சி. சுந்தரராஜன்	10	75
13.	,, II	...	எஸ். குழந்தைநாதன்	10	50

* மூல நூல் (Original Book)

பொருளாதாரம் (தொடர்ச்சி)

				ரூ.	பை.
14.	இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு-I	கீ. சீ. இராமசாமி	...	6	00
15.	,, II	,,	...	6	00
16.	அமெரிக்காவின் நவீன பொருளாதார வளர்ச்சி	தி. சி. மோகன்	...	5	00
17.	அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு-I	மு. க. சுப்பிரமணியம்	...	11	00
18.	,, II	பி. வி. சீனிவாசன்	...	6	00
19.	,, III	,,	...	6	50
20.	அரசாங்க நிதியியலின் பொருளாதாரம்-I	மா. குமாரசாமி	...	10	00
21.	,, II	அர. சேஷாசலம்	...	9	50
22.	இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி-I	தே. வேலப்பன்	...	10	00
23.	,, II	ஜி. சிதம்பரம்	...	8	00
24.	பணம்—சிறு விளக்கம்	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	...	10	00
*25.	வணிக இயலின் தத்துவங்கள்	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	...	9	50
26.	பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில், வாணிபப் புரட்சி	சு. ரா. கருப்பண்ணன்	...	11	00
27.	பென்ஹாம் பொருளாதாரம்-I	ஏ. குழந்தை	...	11	00
28.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	...	7	00
*29.	வரவு செலவுத் திட்டம்	ஆர். ரங்காச்சாரி	...	6	00
30.	பன்னாட்டுப் பொருளாதாரம்-I	ஏ. குழந்தை	...	7	50
31.	,, II	கே. எஸ். இராமசாமி	...	9	00
32.	பொருளாதார ஆய்வு நூல்-I	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	...	7	75
33.	,, II	,,	...	7	00
34.	வளர்ச்சியுறாத நாடுகளின் அரசாங்க நிதியியல்	க. வெற்றிவேல்	...	4	25
35.	வளர்ச்சி குறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம் பற்றிய சிக்கல்கள்	மா. குமாரசுவாமி	...	5	50
36.	1939 முதல் இந்தியாவில் பணவீக்க விலைப் போக்குகள்	சி. சுந்தரராஜன்	...	7	50
37.	பொருளாதார வளர்ச்சிபற்றிய கட்டுரைகள்	எம். கே. சுப்பிரமணியம்	...	7	75

வரலாறு

			ரூ.	பை.
*38.	பிரிட்டன் வரலாறு-I	கி. ர. அனுமந்தன்	10	00
*39.	,, II	,,	9	75
*40.	ஐரோப்பிய வரலாறு-1	டி. வி. சொக்கப்பா	4	50
41.	ஐரோப்பா-கடந்த ஐந்து நூற்றாண்டு காலச் சரித்திரம்	வை. விருத்தகிரீசன்	15	00
42.	இங்கிலாந்து வரலாறு-I	இரா. அண்ணாமலை	13	00
43.	,, II	பா. மாணிக்கவேலு	13	00
44.	,, III	என். ஜே. ராஜகோபால்	8	00
45.	,, IV	,,	8	00
46.	இங்கிலாந்தின் வரலாறு-I	க. த. திருநாவுக்கரசு	15	00
47.	,, II	எம். எக்ஸ். மிராண்டா	8	00
48.	,, III	,,	5	00
49.	இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு-I	தி. வெ. குப்புசாமி	7	50
50.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	9	00
51.	,, III	அ. பாண்டுரங்கன்	11	00
52.	கிரேக்க நாட்டு வரலாறு-I	சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன்	7	50
53.	,, II	,,	7	00
54.	,, III	பி. இராமானுஜம் தேவதாஸ்	7	75
55.	ஆக்ஸ்ஃபோர்டின் இந்திய வரலாறு-I	தி. வெ. குப்புசாமி	8	25
56.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	7	50
57.	,, III	க. த. திருநாவுக்கரசு	10	50
58.	முகலாயப் பேரரசு-I	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப், எம். எக்ஸ். மிராண்டா	7	50
59.	,, II	எம். எக்ஸ். மிராண்டா, பா. மாணிக்கவேலு	7	75

* மூலநூல் (Original Book)

அரசியல்

			ரூ.	பை.
*60.	இந்திய அரசியலமைப்பு	வீ. கண்ணையா	4	75
61.	அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	டி. செல்லப்பா	8	50
62.	தற்கால அரசியல் அமைப்புகள்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	8	50
63.	பன்னாட்டு அரசியல்-I	திருமதி நூர்ஜஹான் பாவா	16	00
64.	,, II	,,	13	25
65.	பொதுத்துறை ஆட்சி இயல்-I	வீ. கண்ணையா	9	00
66.	,, II	அ. ஜெகதீசன்	7	25
67.	பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	வீ. கண்ணையா	7	50
68.	,,	டி. செல்லப்பா	7	50
69.	இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம்	தி. வெ. குப்புசாமி, எஸ். சுப்பிரமணியன்	9	25
70.	இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி-I	வீ. கண்ணையா	6	25
*71.	மக்கள் ஆட்சி	க. சந்தானம்	4	25
72.	1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும்	என். ஜே. இராஜகோபால்	7	75

உளவியல்

73.	குழந்தை உளவியல்-I	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	8	00
74.	,, II	,,	7	00
75.	உட்கவர் மனம்	சி. ந. வைத்தீஸ்வரன்	7	00
76.	இளையோர் உளவியல்-I	தி. இரா. அரங்கராசன்	12	00
77.	,, II	,,	9	00
78.	சமூக உளவியல்	என். வேதமணி மானுவேல்	9	25
79.	பிறழ்நிலை உளவியல்	அ. பெசன்ட் கிரீப்பர் ராஜ்	11	00
80.	பித்தரின் உள்ளம்	,,	3	00
*81.	குமர உள்ளம்	டாக்டர் மு. அறம்	6	25

				ரூ.	பை.
தத்துவம்					
82.	இந்து சமயத் தத்துவம்	...	ஞா. ராஜாபகதூர்	5	50
*83.	அறிவு ஆராய்ச்சி இயல்	...	ஆர். இராமானுஜாச்சாரி	3	50
*84.	மேலைநாட்டுத் தத்துவம்	...	ஆர். எஸ். தேசிகன்	3	50
85.	அத்துவித தத்துவம்	...	கோ. மோ. காந்தி	6	50
86.	ஆங்கிலேயப் பயன்வழிக் கொள்கையினர்	...	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	5	50
87.	இந்தியத் தத்துவம்	...	வ. அ. தேவசேனபதி, பா. நா. சண்முகசுந்தரம்	3	50
88.	மெய்ப்பொருளியல்—ஓர் அறிமுகம்-I	...	சி. இராமலிங்கம்	6	00
அறவியல்					
89.	அறவியல்—ஓர் அறிமுகம்	...	கோ. மோ. காந்தி	8	50
அளவையியல்					
90.	அளவை இயல்—தொடக்க நூல்...	...	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	2	50
மானிடவியல்					
*91.	மானிடவியல்	...	ம. சு. கோபாலகிருஷ்ணன்	4	75
92.	பண்பாட்டுக் கோலங்கள்	...	கி. பூ. சுப்பிரமணியன்	5	50
93.	இந்தியாவில் குடியானவர் வாழ்க்கை	...	எஸ். இலட்சுமி	3	50
சமூகவியல்					
94.	சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள்	...	ஜே. நாராயணன்	10	00
புவியியல்					
95.	ஆசியா-I	...	கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	9	50
96.	,, -II	...	,,	8	75
97.	ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல்	...	ஏ. எஸ். நாராயணன்	8	50
*98.	தென்கிழக்கு ஆசியா	...	ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி	8	50

* மூல நூல் (Original Book)

புவியியல் தொடர்ச்சி

			ரூ.	பை.
*99.	வட அமெரிக்கா	குமாரி இரா. அலமேலு	8	25
*100.	தென் அமெரிக்கா	எம். என். பத்மநாபன்	9	00
*101.	தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா	திருமதி எச். நியூமன்	4	00
*102.	,, —ஆஃபிரிக்கா	எஸ். முத்துக்கிருஷ்ணக் கரையாளர்	3	25
*103.	புவிப்புறவியல்-II	நா. அனந்தபத்மநாபன்	6	00
*104.	செய்முறைப் புவியியல்	சு. ஜெயச்சந்திரன்	9	00
*105.	மக்கட் பரப்பியல்	வி. எஸ். அனந்தபத்மநாபன்	6	25
*106.	சமுத்திரவியல்	கோ. இராமசாமி	6	50
107.	காலநிலை இயல்-I	கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	10	00
108.	,, II	,,	5	00
109	வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	கோ. இராமசாமி	11	00
*110.	புவி அமைப்பு இயல்	சி. விசுவநாதன்	4	75
111.	பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும்	கோ. இராமசாமி	6	00

புள்ளியியல்

*112.	புள்ளியியல்—அறிமுகம்	சு. வைத்தியநாதன்	10	00
113	புள்ளியியல் முறைகள்-I	கோ. சண்முகசுந்தரம்	10	00
114.	,, II	கே. ஆர். இராஜகோபாலன்	14	00
115.	நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம்	தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்	6	50

உயர் கணிதம்

*116.	ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்	டி. கே. மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை	12	50
*117.	வகை நுண்கணிதம்	,,	8	00
*118.	தொகை நுண்கணிதம்	தி. கோவிந்தராசன்	9	00

விலங்கியல்		ரூ.	பை.
*119. விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணாமலை, இரா. முருகேசன்	12	00
பௌதிகவியல்			
120. ஒளி நூல்	ச. சம்பத்து	10	
விஞ்ஞானம்			
*121. வானவெளி வெற்றி	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	6	00
*122. ரேடியோ	,, பி. திருஞானசம்பந்தம்	4	75
*123. எக்ஸ்-கதிர்கள்	பெ. நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம்	4	50
*124. பாம்புகள்	பெ. மா. அண்ணாமலை	3	50
*125. தாவரம்—வாழ்வும் வரலாறும்	டாக்டர் கு. சீனிவாசன்	8	00
*126. கரும்பு	கு. பெரியசாமி	4	00
*127. தாவரங்களின் வாழ்வியல்	எஸ். சுந்தரம்	6	50
மருத்துவம்			
*128. நீரிழிவு-க்ஷயரோகம்	டாக்டர் ஜி. வேங்கடசாமி, டாக்டர் ஏ. கதிரேசன்	2	50
129. மகப்பேறும் மாதர் நோயும்	டாக்டர் (குமாரி) மணிமேகலை	8	25
*130. பாக்டீரியா	சு. சுந்தரம்	2	50
*131. புற்றுநோய்	அ. கதிரேசன்	3	50

*மூல நூல் (Original Book)

பொறியியல்

			ரூ	பை.
132.	நீங்களே வீட்டைக் கட்டலாம்	கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், சி. ஆர். சுப்பிரமணியம், ஆர். இராமசாமி, கே. வேணுகோபால்	8	50

சட்டம்

*133.	குற்றவியல் சட்டம்	எம் சண்முகசுப்பிரமணியம்	10	00

பொது நூல்கள்

134.	மகாத்மா காந்தி	சரஸ்வதி தங்கையன்	3	25
135.	விவசாயப் புரட்சி	வி. கார்த்திகேயன்	8	00
136.	சேமக் கை நூல்	ஆ. சுப்பிரமணியம்	2	50
*137.	முற்காலச் சோழர் கலையும் சிற்பமும்	எஸ். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்	9	00
*138.	உணவும் ஊட்டமும்	தி. வேங்கிடகிருஷ்ணய்யங்கார்	4	50

புகுமுக வகுப்புகளுக்குரியவை (P.U.C.)

*139.	உலக வரலாறு	டி. ஆர். இராமச்சந்திரன்	4	
*140.	பொருளாதாரம்	ஜி. சிதம்பரம்	3	50
*141.	வணிகவியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்-I	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	4	00
*142.	,, -II	,,	3	50

*மூல நூல் (Original Book)