பௌதிகம்—துணைப்பாடம்

(பகுதி I—இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது)

பி. தங்கராசன்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—214

பௌதிகம்—துணைப்பாடம்

(பகுதி I—இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின் கீழ் வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்
பி. தங்கராசன்,
முதல்வர்,
வி. இ. நா. செந்திக்குமார நாடார் கல்லூரி,
விருதுநகர்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—November, 1969
Revised Edition—February, 1973

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 214

© Tamil Nadu Text Book Society

PHYSICS ANCILLARY—Part I for B.Sc. (Book II)

P. THANGARAJAN

Price Rs. 2-65

'Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.'

Printed by
BHARANI PRESS,
11, Venkatadri Naicken Street,
Kuyappettai, Madras-12.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி—உள்ளாட்சித் துறை அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பன்னிரண்டாண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.யூ.சி., பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வருகின்றனர். நாடு முழுதும் பரந்துள்ள மாணவர்களின் ஆர்வம், 'தமிழிலேயே கற்பிப்போம்' என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத்திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது.

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

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய பல துறைகளில் மூல நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டுவருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'பௌதிகம்–துணைப்பாடம்' (பகுதி I—இரண்டாம் புத்தகம்) என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் சார்பில் வெளியான 214ஆவது வெளியீடாகும். தமிழ் மக்களின் பேராதரவினாலும் தமிழைப் பயிற்சி மொழியாகக் கொண்ட மாணவர்களின் நல்லூக்கத்தினாலும் இதன் முந்தைய பதிப்புப் படிகள் அனைத்தும் விற்பனையாகிவிட்டன. ஆதலின், இப்பொழுது இந் நூல் மீண்டும் வெளிவருகின்றது. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

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

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

II. வெப்பவியல்

			பக்கம்
1.	வெப்பமானியியல் (Thermometry)	...	1
2.	திட, திரவப் பொருள்களின் விரிவு (Expansion of Solids and Liquids)	...	9
3.	வாயுக்களின் விரிவு (Expansion of Gases)	...	25
4.	வெப்ப அளவியல் (Calorimetry)	...	40
5.	நிலை மாற்றம் (Change of State)	...	70
6.	வாயுக்களின் இயக்கப் பண்புக் கொள்கை (Kinetic Theory of Gases)	...	83
7.	மாறா வெப்பமுறை மாறுதல்கள் (Adiabatic Transformations)	...	113
8.	வெப்ப இயக்கவியல் (Thermodynamics)	...	123
9.	வெப்பம் பரவுதல் (Transmission of Heat)	...	133

II. வெப்பவியல்

(HEAT)

1. வெப்பமானியியல்

(Thermometry)

வெப்பநிலை : சூடான பொருள்களையும், குளிர்ச்சியான பொருள்களையும் வேறுபடுத்தி அறியக்கூடிய உணர்வுதிறன் எல்லோருக்கும் உண்டு. வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளிலுள்ள ஒரே பொருளின் வெவ்வேறு துண்டுகளைச் சூட்டின் நிலைக்கேற்றவாறு வரிசைப்படுத்த முடியும். ஆனால், இந்த உணர்வுதிறத்தை மட்டும் கொண்டு இரண்டு பொருள்களுக்கிடையேயுள்ள வெப்ப நிலையின் வேறுபாட்டைக் கூறமுடியாது. ஒரு பொருளை மற்றொரு பொருளுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்பொழுது சூடாகவோ குளிர்ச்சியாகவோ இருக்கிறது என்பதை மட்டுமே கூற முடியும். எனவே, இரண்டு பொருள்களுக்கும் உள்ள வெப்பநிலை வேறு பாட்டைத் திருத்தமாகக் கூறுவதற்கு நமது உணர்வுதிறத்தைத் தவிர வேறு ஏதாவது ஒரு திறத்தைப் பயன்படுத்தவேண்டும். சூடேற்றப்பட்டால் தொடர்ந்து தன் நிலையை மாற்றுகிற எந்தப் பொருளைக் கொண்டும் வேறொரு பொருளின் வெப்பநிலையை அறியலாம். இந்த மாற்றம் எளிதில் அளவிடக்கூடிய முறையில் இருக்க வேண்டும்.

வெப்பநிலையை அளத்தல் : வெப்பமேற்றப்படும்பொழுது ஒரு பொருள் விரிவடைகிறது. இந்த மாற்றத்தை வெப்பநிலையை அளப்பதற்குப் பயன்படுத்தலாம். வெப்பநிலைக்கு ஏற்றாற்போல் மாற்றம் அடைகின்ற எந்தப் பண்புகளையும் வெப்பநிலையை அளப்பதற்குப் பயன்படுத்தலாம். எடுத்துக்காட்டாக, மின் கடத்தியில் ஏற்படும் மின்தடை மாற்றம், வெப்ப இணையில் ஏற்படும் வெப்ப மின் இயக்க விசையின் மாற்றம், அழுத்தம் மாறிலியாக இருக்கும் குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவில் ஏற்படும் கனஅளவு மாற்றம், கனஅளவு மாறிலியாயிருக்கும் குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவில் ஏற்படும் அழுத்த மாற்றம், வாயுவின் நிறைநிலை ஆவி அழுத்தத்தில் ஏற்படும்

மாற்றம் ஆகிய பண்புகளை வெப்பநிலையை அளப்பதற்குப் பயன் படுத்தலாம். இருந்தபோதிலும், கண்ணுடிக் குழாயினுள் உள்ள பாதரசத்தின் கனஅளவு மாற்றத்தைக் கொண்டுதான் சாதாரண மாக வெப்பநிலைகள் அளவிடப்படுகின்றன. இந்த அமைப்பு கண்ணுடி-பாதரச வெப்பமானி எனப்படும். இந்த வெப்பமானி ஒரு சரியான நுட்பமான கருவியாக இல்லாவிடினும், வசதியாக இருப்பதால் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

பிளாட்டினம் மின்தடை வெப்பமானி (Resistance thermometer)

வெப்பமானியின் தத்துவம்: ஒரு மின் கடத்தியின் மின் தடை அதனுடைய வெப்பநிலையைப் பொறுத்தது. வெப்பநிலை உயர்ந்தால் மின்தடை அதிகரிக்கும். வெப்பநிலை குறைந்தால், மின்தடை குறையும். இந்தத் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி ஒரு வெப்பமானியை அமைக்கலாம்.

பிளாட்டினம் என்ற உலோகத்தின் மின்தடை, வெப்பநிலை யைப் பொறுத்துச் சீராக மாறுவதால், இது வெப்பமானியை அமைக்க அதிகமாகப் பயன்படுகிறது. குறிப்பிட்ட நீளமுடைய பிளாட்டினக் கம்பியின் மின்தடையை $0°C$-ல் R_0 எனவும் $t°$ C-ல் R_t எனவும் கொண்டால்,

$R = R_0 (1+\alpha t)$ (α—ஒரு மாறிலி). கொடுக்கப்பட்ட கம்பி யின் மின்தடையை $0°$, $100°$, $t°$ ஆகிய வெப்பநிலைகளில் கண்டு பிடித்து, கீழ்க்கண்டவாறு $t°$ யின் மதிப்பைப் பெறலாம்.

$$R_{100} = R_0\ (1 + 100\alpha)$$

$$\therefore\ \alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100\ R_0}$$

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_0\ \alpha}$$

$$= \frac{R_t - R_0}{R_0} \times \frac{100\ R_0}{R_{100} - R_0}$$

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \times 100$$

ஆகவே, இந்தச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி t என்ற வெப்ப நிலையைக் காணலாம்.

இவ்வாறு அளவிடப்படும் 'பிளாட்டினம் அளவு முறை' வெப்பநிலைக்கும் 'வாயு அளவு முறை' வெப்பநிலைக்கும் சிறிது

வேறுபாடு இருப்பதால், கீழ்க்கண்ட திருத்தம் செய்து சரியான வெப்பநிலையைப் பெறலாம் :

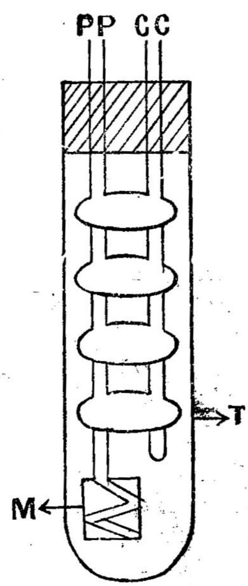
$$t^1 - t = \delta \left[\left(\frac{t^1}{100}\right)^2 - \left(\frac{t^1}{100}\right) \right]$$

t ⟶ பிளாட்டின அளவு முறையில் வெப்பநிலை.

t^1 ⟶ வாயு அளவு முறையில் அதே வெப்பநிலை.

δ ⟶ ஒரு மாறிலி.

வெப்பமானியின் அமைப்பு : இதில் தூய்மையான வேறு உலோகக் கலப்பில்லாத பிளாட்டினக் கம்பியொன்று M என்ற மைக்காத் துண்டின் மேல் இரட்டையாகச் சுற்றப் பட்டு T என்ற தடித்த சுவர்களையுடைய கண்ணாடி அல்லது சீனக் களிமண் குழாயினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். குழாயின் வாய் நன்கு மூடப்பட்டுக் கம்பியின் இரு முனைகளிலிருந்து தாமிர இணைப்புகள் (P, P) மூடியிலுள்ள துளை வழியாக வெளி வரும். C, C என்பது P, P என்ற இந்த இணைப்புகளின் மின்தடை மாற்றத்தை ஈடுசெய்வதற்குப் பொருத்தப்பட்டுள்ள கம்பிகளாகும். இதுவும் தாமிரத்தால் செய்யப்பட்டு P, P-க்கு எல்லா வகையிலும் ஒத்ததாயிருக்கும். வெப்ப நிலையைத் திருத்தமாகக் கணக்கிடுவதற்கு மின்தடையைத் திருத்தமாக அளவிட வேண்டும். எனவே, இதற்கென்று தனி அமைப்புடைய வலையொன்றைப் பயன் படுத்துகிறோம்.

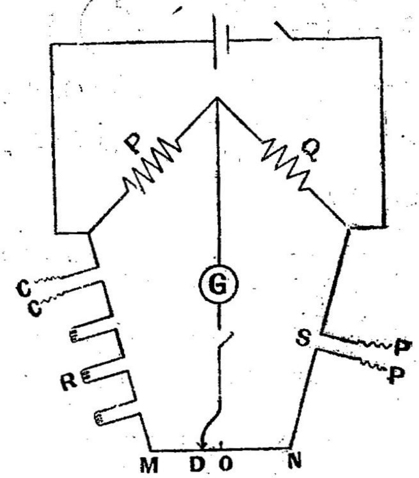


படம் 1

காலன்டர், கிரிப்த்ஸ் வலை: இவ்வலையின் அமைப்பைப் படத்தில் காணலாம்.

P, Q என்ற இரு புயங்களிலும் சம மின்தடையுள்ள மின் தடைப் பெட்டிகள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். S என்ற புயத்தில் பிளாட்டினக் கம்பியிலிருந்து வரும் இணைப்புக் கம்பிகளைப் பொருத்த வேண்டும். R என்ற புயத்தில் சில தனித்தனியான மின்தடைப் பெட்டிகள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இப் பெட்டி

களின் மின்தடை மதிப்பு $10 \times 0 \cdot 01$ ஓம், $20 \times 0 \cdot 01$ ஓம், $30 \times 0 \cdot 01$ ஓம் என்றவாறு இருக்கும். அதாவது, $0 \cdot 01$ ஐப் போல் 10 பங்கு, 20 பங்கு என்ற மின்தடையை இணைக்கும் வகையில்



படம் 2.

R என்ற புயம் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். $0 \cdot 01$ ஓம் ஓர் அலகு எனப்படும். MN என்பது சீரான குறுக்குப் பரப்புள்ள ஒரு மின் தடைக் கம்பியாகும். இதனுடைய மின்தடை ஓரலகு நீளத்திற்கு $\frac{0 \cdot 01}{2}$ ஓம் இருக்கும்.

வெப்பமானியை அளவிட வேண்டிய வெப்பநிலையில் ($t°C$) இருக்குமாறு வைத்துக்கொண்டு தேவையான மின்தடையை R என்ற புயத்தில் சேர்த்துக்கொண்டு தொடுகோலை MN என்ற கம்பியில் எந்த இடத்தில் வைத்தால் மின்னோட்டமானி (G)-யில் விலக்கம் சுழியாகிறது என்று காண வேண்டும். இந்தச் சரியீட்டுப் புள்ளியை D எனக் கொள்வோம்.

விலக்கம் சுழியாவதால்,

$$R + r + \rho \cdot MD = S + r + \rho \cdot ND$$

r என்பது ஈடு செய்யும் கம்பியின் மின்தடையை, அல்லது இணைப்புக் கம்பியின் மின்தடையைக் குறிக்கும். ρ என்பது MN கம்பியின் ஓரலகு நீளத்திற்கான மின்தடையைக் குறிக்கும். S என்பது கொடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையில் பிளாட்டினக் கம்பியின் மின்தடையைக் குறிக்கும்.

$$\therefore \quad S = R + \rho(MD - ND)$$

$$= R + \rho(OM - OD - DN - OD)$$

$$= R + \rho(-2 \cdot OD)$$

(MN-ன் மையப் புள்ளி O-வாகும்)

$$S = R - 2\rho \cdot OD.$$

இதே போன்று D என்ற புள்ளி O-விற்கு அடுத்த பக்கம் இருந்தால்,

$$S = R + 2\rho \cdot OD$$

ஆனல், $\rho = \dfrac{0{\cdot}01}{2}$

$$\therefore \quad S = R + 0{\cdot}01{\cdot}OD$$

இதே போன்று 0°C, 100°C வெப்ப நிலைகளில் பிளாட்டினக் கம்பியின் மின் தடையைக் கணக்கிட்டால், கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து வெப்பநிலை t-ஐக் காணலாம்.

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \times 100$$

பொதுவாக $R_{100} - R_0$-ன் மதிப்பு ஓர் ஓமாக இருக்குமாறு பிளாட்டினக் கம்பியின் நீளம் எடுக்கப்படும். இதனை 'அடிப்படை இடைவெளி' என்றும் கூறலாம்.

வெப்பமானியின் நுட்பம் : ρ-ன் மதிப்பு $\dfrac{0{\cdot}01}{2} = 0{\cdot}005$

ஆகையால், இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறும் எழுதலாம்.

$$\rho = 0{\cdot}005 = \frac{1}{200} \text{ ஓம்}$$

$$= \frac{R_{100} - R_0}{200} \text{ ஓம் } [R_{100} - R_0 = 1]$$

R என்ற புயத்தில் சேர்க்கப்படும் மின்தடையின் மதிப்பு R_0 எனவும், OD-ன் நீளம் 1 செ.மீ. எனவும் கொண்டால்,

$$S = R + 2\rho \times DD$$

$$= R_0 + 2\rho$$

$$= R_0 + 2 \times \frac{R_{100} - R_0}{200}$$

$$= R_0 + \frac{R_{100} - R_0}{100}$$

அல்லது $\frac{S - R_0}{R_{100} - R_0} = \frac{1}{100}$

$$\therefore \quad 1 = \frac{S - R_0}{R_{100} - R} \times 100$$

முன்பு பார்த்த $t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \times 100$ என்ற சமன்பாட்டோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்பொழுது $t = 1$ என்று கிடைக்கும்.

எனவே, கொடுக்கப்பட்ட பொருளின் வெப்பநிலை பிளாட்டினம் அளவை முறையில் ஒரு டிகிரியாகும்.

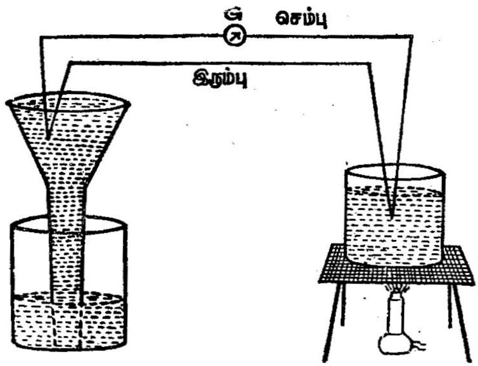
இதேபோன்று சரியீட்டுப் புள்ளியை 0·1 மி.மீ.-க்குச் சுத்தமாகக் கணக்கிட்டால், வெப்பநிலையை 0·01°C-க்குச் சுத்தமாகக் காணலாம்.

இவ்வகை வெப்பமானிகளின் உதவியால் 1200°C வெப்பநிலை வரை அளவிடலாம். ஆனால், வெப்பமானியின் சுவர்கள் தடிப்பாயுள்ளதால், அவைகள் வெப்பத்தை எளிதில் கடத்தாது. எனவே, வேகமாக மாறிக்கொண்டுவரும் வெப்பநிலைகளை அளவிட இதைப் பயன்படுத்த முடியாது.

வெப்ப மின் வெப்பமானி (Thermo-electric thermometer)

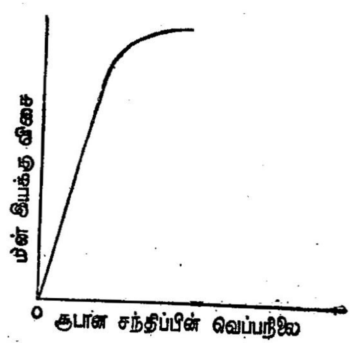
வெவ்வேறு உலோகங்களாலான இரு கம்பிகளைக் கொண்டு ஒரு மின் சுற்றை ஏற்படுத்தி அதில் உண்டாகும் இரண்டு சந்திப்பு முனைகளை வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் வைத்தால் சுற்றில் மின் இயக்கு விசையும் அதனால் மின்னோட்டமும் ஏற்படும் என்பதை சீபெக் (Seebeck) என்பவர் 1821ஆம் ஆண்டு கண்டார். இந்த அமைப்புக்கு வெப்ப மின் இரட்டை (Thermocouple) என்று பெயர். மின் இயக்கு விசையின் மதிப்பு சந்திப்புகளின் வெப்பநிலைகளின் வேறுபாட்டைப் பொருத்ததாகும். வெப்பமின் இரட்டையின் ஒரு சந்திப்பு ஒரு குறிப்பிட்ட, சாதாரணமாக்

0°C-ல் இருக்கும்பொழுது மற்ற சந்திப்பின் வெப்பநிலையை உயர்த்தினுல் மின்விசையின் மதிப்பு உயர்ந்து பெருமதிப்பையடைந்து பிறகு குறையும். உயர்ந்த பெருமதிப்பு மின் இயக்கு விசையைக் கொடுக்கும் சுடு சந்திப்பின் வெப்பநிலைக்குத் திருப்பு வெப்பநிலை (neutral temperature) என்று பெயர். சூடான சந்திப்பின் வெப்பநிலைக்கும் மின் இயக்கு விசைகளுக்குமிடையே ஒரு வரைபடம் வரைந்து, அதிலிருந்து, எந்த மின் இயக்கு விசைக்கும் உரிய வெப்பநிலையைத் தெரிந்து கொள்ளலாம்.



படம் 3.

இவ்வித வெப்பமானிகளில் வெவ்வேறு வெப்ப நிலைகளுக்கு வெவ்வேறு விதமான வெப்ப இரட்டைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக இரும்பு-நிக்கல் இரட்டை 600°C வரையும், நிக்கல்-நைக்ரோம் இரட்டை 1000°C வரையும், பிளாட்டினம்-பிளாட்டின்ரோடியம் இரட்டை 3000°C வரையும் பயன்படுத்தலாம். செம்பு-இரும்பு, ஆன்டிமனி-பிஸ்மத் உலோகங்கள் பொதுவாகப் பயன்படுகின்றன.



படம் 4.

இந்த விதமான வெப்ப மின் இரட்டைகளில் கிடைக்கும் மின் இயக்க விசையை அல்லது மின் ஞேட்டத்தை அளப்பதற்கு நுட்பமான மின் அழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தவேண்டும். அளவிடப்படும் மின் இயக்க விசையிலிருந்து,

$E = at + bt + ct^2$ என்ற மாதிரியுள்ள வெவ்வேறு வெப்ப நிலை நெடுக்கத்திற்கும் வெவ்வேறாக உள்ள சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி வெப்பநிலையைக் காணலாம். இந்த விதமான வெப்பமானிகளினால் வெகு விரைவில் மாறிக்கொண்டே வருகின்ற வெப்பநிலைகளை அளவிடலாம். ஆனால், பிளாட்டினம் மின்தடை வெப்பமானியைப் போன்று இது ஒரு நுட்பமான வெப்பமானி அல்ல. இது — 200°C முதல் 1600°C வரையான அதிக வெப்பநிலை நெடுக்கத்திற்கும் பயன்படக் கூடியது.

மின் இயக்கு விசையை அளக்க ஒரு மில்லி வோல்ட் மீட்டரைப் பயன்படுத்தலாம். மின் இயக்கு விசையை நுட்பமாக அளக்க மில்லி வோல்ட் மீட்டருக்குப் பதிலாக மின் அழுத்த மானியை (Potentiometer) பயன்படுத்தவேண்டும்.

2. திட, திரவப் பொருள்களின் விரிவு
(Expansion of Solids and Liquids)

நீள்விரிவு எண் (Coefficient of linear expansion)

திடப் பொருளொன்று சூடேற்றப்படும்பொழுது விரிவடைகிறது. ஒரே நீளமுள்ள வெவ்வேறு உலோகத்தாலான தண்டுகள் ஒரே அளவு வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றப்படும்பொழுது வெவ்வேறு நீளத்திற்கு விரிவடைகின்றன. ஒவ்வொரு தண்டிலும் ஏற்படும் விரிவை ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பதற்கு ஓரலகு நீளமுள்ள தண்டு ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்தப்படும்பொழுது எவ்வளவு விரிவடைகிறது என்று கண்டு அதிலிருந்து ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பது எளிதாகும். இந்த நீளத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்தை நீட்டப்பெருக்க எண் என்கிறோம். ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளமுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்தும்பொழுது அதனுடைய நீளத்தில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு அப் பொருளின் நீட்டப்பெருக்க எண் எனப்படும்.

l_1 செ.மீ. நீளமுள்ள தண்டின் வெப்பநிலை $t°C$ உயர்வதாகவும் அதனுடைய நீள்விரிவு எண் λ எனவும் கொள்வோம். ஒரு செ.மீ. நீளமுள்ள தண்டு $t°C$ சூடேற்றப்படும்பொழுது அதில் ஏற்படும் நீள அதிகரிப்பு $= \lambda t$. எனவே, ஒவ்வொரு செ.மீ. நீளமும் $(l+\lambda t$ செ.மீ. ஆக) விரிவடைந்திருக்கும். எனவே, தண்டின் புதிய நீளம் $l_2 = l_1 (l + \lambda t)$.

வரையறுத்தபடி

$$\lambda = \frac{\text{நீள அதிகரிப்பு}}{\text{தொடக்க நீளம்} \times \text{வெப்பநிலை ஏற்றம்}}$$

$$= \frac{l_2 - l_1}{l_1 \cdot t}$$

அட்டவணை

வெவ்வேறு பொருள்களின் நீட்டப்பெருக்க எண்

பொருள்	α = நீட்டப்பெருக்க எண்
கலவையற்ற உலோகங்கள் (Pure metals)	
இரும்பு	0·0000120
பிளாட்டினம்	0·0000089
வெள்ளி	0·0000188
தாமிரம்	0·0000167
உலோகக்கலவை (Alloy)	
பித்தளை	0·0000189
எஃகு	0·000011
இன்வர்	0·000001
உலோகமற்றவை	
ஃபிளின்ட் கண்ணாடி	0·0000078
சோடா கண்ணாடி	0·0000085
சிலிகா	0·0000004

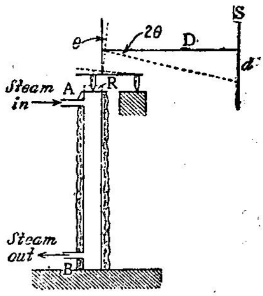
இரும்பும் நிக்கலும் சேர்ந்த இன்வர் என்ற கலப்பு உலோகத்தின் நீள்விரிவெண்ணும், சிலிகா என்ற உலோகமல்லாத பொருளின் நீட்டப்பெருக்க எண்ணும் மிகக் குறைவாக இருப்பதைக் காணலாம்.

சோதனையின் மூலம் நீட்டப்பெருக்க எண் கண்டுபிடித்தல் : ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள ஓர் எஃகு தண்டினை 30°C-லிருந்து 100°C வரை சூடேற்றினால் அதனுடைய நீளம் 0·8 மி.மீ. மட்டுமே அதிகமாகும். எனவே, கொடுக்கப்பட்ட தண்டிற்கு நீட்டப்பெருக்க எண்ணைக் காண அதனுடைய நீள அதிகரிப்பை மிகத் துல்லியமாகக் காணவேண்டும். இதற்கு ஒளியியல் நெம்புகோலைப் பயன்படுத்தலாம். எவ்வாறு ஒரு நெம்புகோல் நீள அதிகரிப்பைப் பெரிதுபடுத்திக் காட்டுகிறதோ, அதே முறையில் ஒளியியல் நெம்புகோலும் மிகக் குறைந்த அளவு வேறுபடும் நீளத்தை மிகவும் பெரிதுபடுத்திக் காட்டும். எனவே, அந்த நீளத்தைத் துல்லியமாக அளக்கலாம்.

ஒளியியல் நெம்புகோலின் உதவியால் ஒரு பொருளின் நீட்டப்பெருக்க எண் கண்டுபிடித்தல் : ஒளியியல் நெம்புகோலில் ஒரு செவ்வக வடிவமான பீடம் ஒன்றுள்ளது. இது சுமாராக 3 செ.மீ.

நீளமும். $\frac{1}{2}$ செ.மீ. அகலமும் உடையதாய் மூன்று சிறிய கூரான முனைகளையுடைய கால்களின் மேல் இருக்கும். மூன்று கால்களில் ஒரு கால் முன்பாகத்திலும் மற்ற இரண்டு கால்கள் பின்பாகத்திலும் இருக்கும். பீடத்தினுள் அதற்குச் செங்குத்தாக ஒரு சிறு கண்ணாடித்துண்டு பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

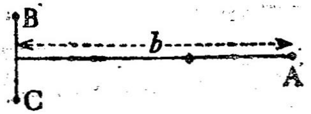
எந்த உலோகத்திற்கு நீட்டப்பெருக்க எண் காண வேண்டுமோ அந்த உலோகம் ஒரு குழாய் வடிவில் (A) எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்தக் குழாய் இருபுறமும் மூடப்பட்டு இரண்டு பக்கக் குழாய்கள் பொருத்தப்பட்டதாய் இருக்கும். இதன் கீழ்முனை ஒரு மரப் பலகையால் நன்கு இறுக்கமாய் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தக் குழாயைச் சுற்றி பஞ்சு, கம்பளி போன்ற வெப்பம் அரிதில் கடத்தும் பொருள்கள் வைக்கப் பட்டிருக்கும். இதனுடைய மேல் முனையை மூடும் தகடு சமதளமாகவும் வழவழப்பாகவும் இருக்கும். ஒளியியல் நெம்புகோலின் முன்பாகத்துக் கால், இந்தக் குழாயின் மேல் மூடியிலும் மற்ற இரண்டு கால்கள் ஒரு சார்பற்ற தாங்கியிலும் இருக்குமாறு வைக்கப்படும். இந்தத் தாங்கி, குழாயின் மேல்முனை மட்டத்திற்குச் சம உயரத்தில் இருக்கும். S என்ற ஓர் அளவுகோல் கண்ணாடித் துண்டிலிருந்து சுமாராக ஒரு மீட்டர் தொலைவில் இருக்குமாறு செங்குத்தாக ஒரு தாங்கியில் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. தொலைநோக்கியொன்றைக் கண்ணாடியினுள் தெரியும் அளவுகோலின் பிம்பம் தெரியும்படி அமைத்துக்கொள்ள வேண்டும்.



படம் 5

தொடக்கத்தில் குழாயின் நீளத்தை அளந்துகொள்ள வேண்டும். தொலைநோக்கியைச் சரிசெய்து குறுக்குக் கம்பியில் கிடைமட்டக் கம்பியுடன் ஒன்றியுள்ள அளவுகோலின் அளவைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். குழாயின் உள்ளே நீராவியைச் செலுத்த வேண்டும். இப்பொழுது தொலைநோக்கியில் தெரிகின்ற அளவுகோலின் அளவு சிறிது சிறிதாக மாறிக்கொண்டு வந்து இறுதியில் ஒரு நிலையான அளவோடு ஒன்றித்திருக்கும். இந்த நிலையான அளவைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். அறையின் வெப்பநிலையை t_1 என்றும், நீராவியின் வெப்பநிலையை t_2 என்றும் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். கண்ணாடிக்கும் அளவுகோலுக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவை D எனக் கொள்ளவேண்டும். ஒளி

யியல் நெம்புகோலின் மூன்று கால்களின் சுவடும் ஒரு தாளில் கிடைக்குமாறு அதனைத் தாளின் மீது வைத்து அழுத்தவேண்டும். பின் BC என்ற பின்பாகத்துக் கால்களை இணைக்கும் கோட்டிற்கும் முன்பாகத்துக் காலுக்கும் இடையேயுள்ள நேர்குத்துத் தொலைவை (b) அளக்கவேண்டும். இந்த அளவீடுகளிலிருந்து நீட்டப்பெருக்க எண்ணைக் கீழ்க்கண்டவாறு காணலாம்:



படம் 6.

குழாயின் நீளம் l செ.மீ. அதிகரித்திருப்பதாகக் கொள்வோம். எனவே, ஒளியியல் நெம்புகோல் தனது தொடக்க நிலையிலிருந்து சாய்ந்த கோண அளவு (ரேடியன் அலகில்) $\theta = \frac{l}{b}$. எனவே, கண்ணாடியும் இந்த அளவு கோணம் சாய்ந்திருக்கும். ஆதலால், மீள்கதிர் கண்ணாடி சுழன்றதைப்போல் இருமடங்கு சுழலும். மீள் கதிர் சுழன்ற கோணம் $= 2\theta$ ஆனால், ரேடியன் அலகில் மீள் கதிர் சுழன்ற கோணம் $= \frac{d}{D}$ ஆகும். d என்பது அளவு கோலில் ஏற்பட்ட மாறுபாடு.

$$\text{எனவே,} \quad \frac{2l}{b} = 2\theta = \frac{d}{D}$$

$$\therefore \; l = \frac{bd}{2D}$$

$$\text{நீட்டப்பெருக்க எண்} = \frac{\text{நீள அதிகரிப்பு}}{\text{தொடக்க நீளம்} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$$

$$= \frac{l}{L\,(t_2 - t_1)}$$

$$= \frac{d \cdot b}{2D \times L\,(t_2 - t_1)}$$

நீள அதிகரிப்பை அளப்பதற்கு ஒளியியல் நெம்புகோலிற்குப் பதிலாகக் கோளமானியையும் பயன்படுத்தலாம்.

கொடுக்கப்பட்ட உலோகம் ஒரு தண்டின் வடிவில் இருந்தால், தண்டினை ஓர் உறையினுள் வைத்துக்கொண்டு அதனுள் நீராவியைச் செலுத்தி, மேற்கூறிய முறையிலேயே சோதனையைச் செய்யவேண்டும்.

திரவங்களின் விரிவு

திரவங்களுக்குக் குறிப்பிட்ட வடிவம் இல்லாததால், அவைகளின் கன அளவு விரிவை மட்டுமே காணமுடியும். மேலும் திரவங்களை, நிரப்பியுள்ள கொள்கலத்துடன் சேர்த்தே சூடேற்ற வேண்டும். இதனால் கொள்கலமும் விரிவடையும். எனவே, திரவத்தில் தோற்ற விரிவு, சார்பிலா விரிவு என்ற இருவிதமான கன அளவு விரிவுகளைக் காணவேண்டும்.

ஓரலகு கன அளவுள்ள திரவத்தின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்தும்பொழுது அதனுடைய கன அளவில் ஏற்படும் உண்மையான அதிகரிப்பு அத் திரவத்தின் சார்பிலா விரிவெண் எனப்படும். இதே முறையில் ஓரலகு கன அளவுள்ள திரவத்தின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்தும் பொழுது கொள்கலத்துடன் சேர்ந்து பதிவு செய்யும் கன அளவின் அதிகரிப்பு அத் திரவத்தின் தோற்ற விரிவெண் எனப்படும்.

t_1°C, t_2°C ஆகிய வெப்பநிலைகளில் ஒரு திரவத்தின் கன அளவு V_1, V_2 என்றால் அத் திரவத்தின் பருமப்பெருக்க எண்

$$C = \frac{V_2 - V_1}{V_1(t_2 - t_1)} = \frac{V_2 - V_1}{V_1 t} \quad \left(t = t_2 - t_1\right)$$

$$C = \frac{\text{கன அளவு அதிகரிப்பு}}{\text{தொடக்க கன அளவு} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$$

வரையறுத்தபடி ஓரலகு கன அளவுள்ள திரவத்தின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி செ.கி. உயரும்பொழுது அதன் கன அளவு, C அதிகமாகும்.

எனவே, t C உயரும்பொழுது கன அளவு அதிகரிப்பு ct ஆகும்.

எனவே, ஒவ்வொரு ஓரலகு கன அளவும் இறுதியில் $(1+ct)$ கன அளவு உடையதாக விரிவடையும்.

இறுதியில் கன அளவு $V_2 = V_1\,(I+ct)$.

சில திரவங்களுக்குச் சார்பிலா விரிவெண்.

திரவம்	C
எதைல் ஆல்கஹால்	0.00110
கிளிசரின்	0.00053
பாதரசம்	0.00018
விளக்கெண்ணெய்	0.00065
தேங்காய் எண்ணெய்	0.00074
நீர்	0.00015

இந்த அட்டவணையிலிருந்து திரவங்களின் பருமப் பெருக்கு எண், பொதுவாக திடப்பொருள்களின் பருமப் பெருக்கு எண்ணை விட மிக அதிகமாக இருப்பதைக் காணலாம்.

இரு பருமப் பெருக்கு எண்களுக்குமிடையேயுள்ள தொடர்பு

C என்பது ஒரு திரவத்தின் சார்பிலா பருமன் பெருக்கு எண் எனவும், C_1 என்பது கண்ணுடியுடன் சேர்ந்த திரவத்தின் தோற்றப் பருமப் பெருக்கு எண் எனவும் கொள்வோம். கண்ணுடியின் கன அளவு விரிவெண் *g* எனவும் கொள்வோம், துல்லியமாக ஒரு க.செ.மீ. கொள்ளளவுள்ள ஒரு கண்ணுடிச் சீசாவை எடுத்துக் கொள்வோம். அதனைத் திரவத்தால் நிரப்பி ஒரு டிகிரி சென்டி கிரேடு வெப்பநிலை உயர்வுக்குச் சூடேற்றுவதாகக் கொள்வோம். சீசாவின் உட்புறக் கன அளவு *g* க.செ.மீ. அதிகமாகும். (சீசாவின் உள்ளீடற்ற பகுதியும் கண்ணுடியாக இருந்தால், எவ்வளவு விரிவு கிடைக்குமோ, அதே அளவுவிரிவுதான் இப்பொழுதும்கிடைக்கும்.) இப்பொழுது சீசாவின் கன அளவு *g* க.செ.மீ. அதிகமாகிவிட்டதால், $(C-g)$ க.செ.மீ. அளவுள்ள திரவமே வெளியே வழியும். எனவே, $(C-g)$ க.செ.மீ. அளவு விரிவடைந்திருப்பதாகத் தெரிகிறது. அல்லது தோற்ற விரிவு $= (C-g)$ க.செ.மீ.

எனவே, தோற்றப் பருமப் பெருக்கு எண் $c_1 = c-g$

அல்லது $c=c_1+g$

சார்பிலா பருமப் பெருக்கு எண் = தோற்றப் பருமப் பெருக்கு எண் + கண்ணுடியின் கன அளவு விரிவெண்

அடர்த்தியும் வெப்பநிலையும் : குறிப்பிட்ட பொருண்மையுள்ள திட, திரவப் பொருள்கள் சூடேற்றப்பட்டால் விரிவடைகின்றன.

$$\text{அடர்த்தி} = \frac{\text{பொருண்மை}}{\text{கன அளவு}}$$

ஆதலால், வெப்பநிலை உயரும் பொழுது அடர்த்தி குறைகிறது. *M* பொருண்மையுடைய ஒரு பொருளை எடுத்துக்கொள்வோம். $t_1°$ *C*-ல் அதனுடைய கன அளவு V_1 எனவும், அடர்த்தி d_1 எனவும் கொள்வோம். $t_2°C$-க்குச் சூடேற்றும்பொழுது அதனுடைய கன அளவு V_2-க்கு மாறுகிறது. அதனுடைய அடர்த்தி d_2-க்குக் குறைகிறது.

பொருண்மை = கன அளவு × அடர்த்தி

$$M = V_1 d_1 \times V_2 d_2 \qquad (1)$$

ஆனல், $V_2 = V_1 (1+ct)$ (2)

இங்கு $t = t_2 - t_1$; C = கன அளவு விரிவெண்.

(2)-லிருந்து V_2-ன் மதிப்பை (1)-ல் பதிலீடு செய்தால்,

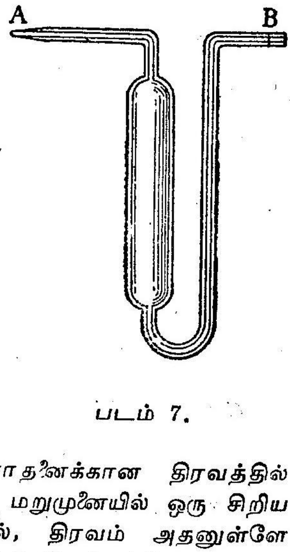
$$V_1 d_1 = V_1 (1+ct) d_2$$

$$\therefore = d_2 \quad \frac{d_1}{1+ct} \qquad (3)$$

இதனை $d_2 = d_1 (1 - C_t)$ என்றும் எழுதலாம். திடப்பொருள்களுக்கு C கன அளவு விரிவெண்ணையும், திரவப் பொருள்களுக்கு C சார்பிலா விரிவெண்ணையும் குறிக்கும்.

ஒரு திரவத்தின் தோற்ற விரிவெண்ணைக் காணல்

பைக்னுமீட்டர் முறை : பைக்னுமீட்டரில் 3 அங். நீளம், ½ அங். விட்டம் உள்ள ஒரு கண்ணாடிக்குமிழ் ஒன்றுள்ளது. இதன் இரண்டு முனைகளிலும் படத்திலுள்ளபடி இரண்டு நுண்துளைக் குழாய்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு நுண்துளைக் குழாயின் A என்ற முனை கூராக இருக்குமாறும், மற்றொரு குழாயின் முனை B என்ற இடத்தில் ஒரு குறி இருக்குமாறும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 7.

தூய்மையானதும், ஈரம் அற்றதுமான ஒரு பைக்னுமீட்டரை மெல்லிய கம்பியில் கட்டித் தொங்கவிட்டு, தராசில் அதன் எடையைக் காணவேண்டும் (W_1). சோதனைக்கான திரவத்தில் கூரான முனை இருக்குமாறு வைத்து மறுமுனையில் ஒரு சிறிய ரப்பர் குழாயை வைத்து உறிஞ்சினால், திரவம் அதனுள்ளே செல்லும். திரவம் முழுவதுமாக நிரம்பி இருக்கும்பொழுது ஒரு மை உறிஞ்சு தாளினால் B என்ற குறிவரை திரவம் இருக்குமாறு செய்துகொள்ள வேண்டும். கருவியின் வெளிப்புறத்தை நன்கு துடைத்துவிட்டு மறுபடியும் தராசில் தொங்கவிட்டு எடையைக் காணவேண்டும் (W_2). திரவத்தின் தொடக்க வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும் (t_1°C). பின் ஒரு முகவையிலுள்ள நீரில் ஸ்பைக்னுமீட்டரை வைத்து நீரைச் சூடேற்ற வேண்டும். சூடேறும்பொழுது திரவம் விரிவடைந்து நுண்துளைக்குழாயின் இருபுறமும் கசிந்து வெளியேறும். இதனை மைஉறிஞ்சு தாளினால் ஒற்றி எடுக்கவேண்டும். திரவம் கசிவது நின்றவுடன் மறுபடியும்

B என்ற குறிவரை இருக்குமாறு சரிசெய்துகொள்ள வேண்டும். கொதிக்கும் நீரின் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். (t_2°C) பைக்னுமீட்டரைக் கவனமாக வெளியே எடுத்துக் குளிர் வித்த பின் எடையைக் காணவேண்டும் (W_3).

சோதனை முடியும் வரை, பைக்னுமீட்டரைக் கட்டித் தொங்கவிடுவதற்கு ஒரே கம்பியை உபயோகிக்க வேண்டும். இதைப் பைக்னுமீட்டரின் ஒரு பகுதி என்று எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

விரிவெண்ணைக் கணக்கிடுதல்: t_1°C-யில் பைக்னுமீட்டரில் நிரம்பியுள்ள திரவத்தின் பொருண்மை $= W_2 - W_1 = M_1$

t_2°C-யில் நிரம்பியுள்ள திரவத்தின்

பொருண்மை $= W_3 - W_1 = M_2$.

t_1°C, t_2°C வெப்பநிலைகளில் திரவத்தின் அடர்த்தி முறையே d_1, d_2 எனக் கொள்வோம். பைக்னுமீட்டரின் கொள்ளளவு V எனக் கொள்வோம். (இது எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் ஒரே அளவாய் இருக்கிறது என்று எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.)

எனவே, $$d_1 = \frac{M_1}{V} \qquad (1)$$

$$d_2 = \frac{M_2}{V} \qquad (2)$$

ஆனால், $$d_2 = \frac{d_1}{(1+Ct)}$$

C என்பது திரவத்தின் கனஅளவு விரிவெண்.

$$t = t_2 - t_1$$

எனவே, (2)-ல் பதிலீடு செய்தால்,

$$\frac{d_1}{1 + Ct} = \frac{M_2}{V} \qquad (3)$$

(1)-ஐ (3) ஆல் வகுத்தால்,

$$1 + Ct = \frac{M_1}{M_2} \text{ அல்லது } Ct = \frac{M_1}{M_2} - 1$$

$$= \frac{M_1 - M_2}{M_2}$$

$$\therefore C = \frac{M_1 - M_2}{M_2 t}$$

M_1, M_2-ன் மதிப்புகளைப் பதிலீடு செய்தால்,

$$C = \frac{W_2 - W_3}{(W_3 - W_1)(t_2 - t_1)}$$

$$\text{எனவே, தோற்ற விரிவெண்} = \frac{\text{வெளியேற்றப்பட்ட திரவத்தின் எடை}}{\text{மீதமுள்ள திரவத்தின் எடை} \times \text{வெப்பநிலை உயர்வு}}$$

இச்சோதனையில் கொள்கலத்தின் விரிவை விட்டு விடுவதால் கிடைக்கும் விரிவெண் திரவத்தின் தோற்ற விரிவெண்ணே ஆகும்.

கொள்கலத்தின் விரிவைச் சேர்த்துக்கொண்டால், t_2°C-யில் திரவத்தின் கன அளவு $= V(1 + gt)$. எனவே, (2)ஆவது சமன்பாட்டைக் கீழ்க்கண்டவாறு திருத்தி அமைக்கலாம்,

$$d_2 = \frac{M_2}{V(1 + gt)}$$

$$\text{எனவே, இறுதியில் } C = \frac{M_1 - M_2}{M_2 t} + \frac{M_1}{M_2} \cdot g.$$

வெப்பநிலை அதிகம் மாறுபடாதபொழுது, $\frac{M_1}{M_2}$ ஏறத்தாழ ஒன்றுக்குச் சமமாகும். $\frac{M_1 - M_2}{M_2 t}$ என்பது தோற்ற விரிவெண்ணைத் தரும்.

$$\text{எனவே, } C_{\text{சார்பற்றது}} = C_{\text{தோற்றம்}} + g$$

விரிவெண்ணின் மதிப்பை வேறு முறையில் கணக்கிடுதல் : கொதிக்கும் நீரிலிருந்து வெளியே எடுத்த பின் திரவம் தொடக்க வெப்பநிலைக்குக் குளிர்வதாகக் கொள்வோம். அறையின் வெப்பநிலையை t_1 எனவும், இப்பொழுது பைக்னுமீட்டரிலுள்ள திரவத்தின் கன அளவை V_1 எனவும் கொள்வோம். இப்பொழுது இத் திரவத்தை t_2°C-க்குச் சூடேற்றினுல் அதனுடைய கன அளவு V_2 ஆகும்.

$$\therefore \quad C_1 = \frac{V_2 - V_1}{V_1 (t_2 - t_1)}$$

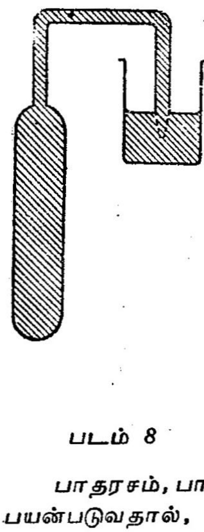
ஆனால், $V_1 = \dfrac{W_3 - W_1}{d}$; $V_2 = \dfrac{W_2 - W_1}{d}$

d — அறையின் வெப்பநிலையில் திரவத்தின் அடர்த்தி.

எனவே, $C_1 = \dfrac{[(W_2 - W_1)/d] - [(W_3 - W_1)/d]}{[(W_3 - W_1)/d] \; [t_2 - t_1]}$

எனவே, $C_1 = \dfrac{W_2 - W_3}{(W_3 - W_1)\,(t_2 \quad t_1)}$

எடை வெப்பமானி: இதன் அமைப்பைப் படம் 8-ல் காணலாம். இதில் ஒரு நீண்ட கண்ணாடிக் குமிழ் ஒன்றுள்ளது. குமிழின் மேலே இருமுறை செங்குத்தாக வளைந்த ஒரு நுண்துளைக் குழாய் இணைக்கப் பட்டிருக்கும். இந்தக் குழாயின் முனை கூராக இருக்கும். இதனைத் திரவத்தால் நிரப்புவதற்கு, கூரான முனை திரவத்தில் இருக்குமாறு வைத்துக்கொண்டு சிறிது சூடேற்ற வேண்டும். பின் குளிர்வித்தால் சிறிது திரவம் உள்ளே செல்லும். இவ்வாறு மாறிமாறி சூடேற்றி, குளிர்விப்பதன் மூலம் திரவத்தால் நிரப்பலாம். நிரப்பும் பொழுது காற்றுக் குமிழ்கள் உள்ளே செல்லாவண்ணம் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். சோதனையின் முறையும், கணக்கிடுவதும், பைக்னாமீட்டருக்குக் கூறியது போலவேயாகும்.



படம் 8

பாதரசம், பாரமானியிலும் அழுத்தமானியிலும் அதிகமாகப் பயன்படுவதால், அதனுடைய சார்பிலா விரிவெண்ணைக் காண்பதற்கு அதிக சோதனைகள் உள்ளன. ஏதாவது ஒரு வெப்ப நிலையில் சரியான அழுத்தத்தைக் காணவேண்டுமென்றால், பாதரசத்தின் அடர்த்தி தெரியவேண்டும். ஆனால் அடர்த்தி, அதனுடைய சார்பிலா விரிவெண்ணைப் பொறுத்தது. எனவே, அழுத்தத்திலிருந்து சார்பிலா விரிவெண்ணுக்கு ஒரு தொடர்பு கூறலாம்.

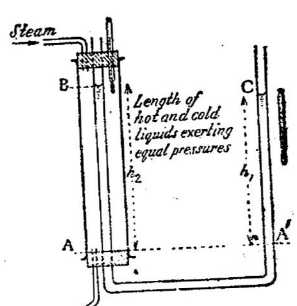
முதன் முதலில் பாதரசத்திற்கு சார்பிலா விரிவெண் டியூலாங், பெட்டிட் என்ற அறிஞர்களாலும், பின் மிகத்

திருத்தமாக ரெஃனோல்ட் என்ற அறிஞராலும் கண்டுபிடிக்கப் பட்டது.

சார்பிலா விரிவெண் : நேரடி முறை

சரியீட்டுத் தம்பங்களின் தத்துவம் : ஒரு திரவத் தம்பத்தினுல் ஏற்படக்கூடிய அழுத்தம் அத் திரவத் தம்பத்தின் செங்குத்து உயரத்தையும், திரவத்தின் அடர்த்தியையும் புவிஈர்ப்பின் முடுக்கத்தையும் மட்டுமே பொறுத்தது. கொள்கலத்தின் குறுக்குப் பரப்பளவைப் பொறுத்தது கிடையாது. அழுத்தம் கொள்கலத்தின் உருவத்தையோ, கொள் அளவையோ பொறுத்து மாறுதாதலால் கொள்கலத்தில், ஏற்படும் எந்த உருவ மாற்றமும் அழுத்தத்தை மாற்றுது. சரியீட்டுத் தம்பங்களின் தத்துவம் 1817-ல் டியூலாங், பெட்டிட் என்ற அறிஞர்களால் பயன்படுத்தப் பட்டது. அவர்கள் பயன்படுத்திய முறையின் எளிதான அமைப்பு ஒன்றைப் படத்தில் காணலாம். இதில் சுமாராக 80 செ.மீ. நீளமும், 40 செ.மீ. தொலேவிலும் உள்ள U வடிவக் குழாயின் இரு புயங்களில் ஒரு புயத்தைச் சுற்றி நீராவி செல்லு மாறு ஓர் உறையினுல் சூழப்பட்டிருக்கும். சோதனைக்குரிய திரவத்தால் தேவையான உயரத்திற்கு U குழாயை நிரப்ப வேண்டும்.

உறையின் வழியே நீராவியைச் செலுத்த வேண்டும். திரவத்தின் அடர்த்தி இப்பொழுது மாறுவதால் இரு புயங்களிலும் திரவ மட்டம் மாறும். சிறிது நேரத்தில் ஒரு நிலேயான நிலேக்கு வந்து விடும். இப்பொழுது சூடேற்றப் பட்ட புயத்தின் மட்டம் குளிர்ச்சியாகவுள்ள புயத்தின் மட்டத்தை விட உயரமாக இருக்கும்.



படம் 9

AA' என்ற கிடைமட்டக் கோட்டை எடுத்துக்கொள்வோம். இந்த மட்டத்திற்கு சற்றே கீழுள்ள திரவம் இரண்டு புயங்களிலும் ஒரே வெப்ப நிலேயிலுள்ளது. எனவே, அவைகளின் அடர்த்தி ஒன்றுக இருக்கும். மேலும் அவைகள் அமைதி நிலேயிலிருக்கும். சூடான திரவத்தம்பம் AB யின் அழுத்தமும் குளிர்ச்சியான திரவத் தம்பம் A'C யின் அழுத்தமும் ஒன்றுக இருக்கும். (மண்ணெண்ணெய், நீர் ஆகியவற்றின்

அடர்த்தியை U குழாயின் மூலம் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் சோதனையும், இந்தச் சோதனையும் ஒரே மாதிரி இருப்பதைக் கவனிக்கவும்.) A′ A-க்குமேல் h_1, h_2 என்ற உயரங்களை அளக்கவேண்டும். நீராவியின் வெப்பநிலை t_2°-ஐயும் வளிமண்டல வெப்பநிலை t_1°-ஐயும் பதிவு செய்து கொள்ளவேண்டும். இந்தச் சோதனையில் பதிவு செய்யும் உயரங்கள் கொள்கலத்தின் குறுக்குப் பரப்பளவு வெப்பநிலை மாற்றத்தால் மாறிய போதிலும், அந்த மாற்றத்தைப் பொறுத்து மாறுவதில்லை. A என்ற இடத்திலுள்ள அழுத்தம் A′-ல் உள்ள அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும்.

சூடேற்றப்பட்ட திரவத்தின் அடர்த்தியை d_2 எனவும் குளிர்ந்த நிலையிலுள்ள திரவத்தின் அடர்த்தியை d_1 எனவும் கொள்வோம். எனவே,

$$h_2 d_2 = h_1 d_1$$

அல்லது $$\frac{h_2}{h_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

ஆனல், $$d_2 = \frac{d_1}{1 + c\,(t_2 - t_1)}$$

c-திரவத்தின் சார்பிலா விரிவெண்.

எனவே, $$\frac{h_2}{h_1} = 1 + c\,(t_2 - t_1)$$

அல்லது $$\frac{h_2}{h_1} - 1 = c\,(t_2 - t_1)$$

$$\therefore\ c = \frac{h_2 - h_1}{h_1\ (t_2 - t_1)}$$

டியூலாங்கும் பெட்டிட்டும் அவர்களுடைய சோதனைகளில் பாதரசத்தைப் பயன்படுத்தினர்கள். ஒரு புயத்தைச் சுற்றிலும் பனிக்கட்டியும் மற்றொரு புயம் எந்த வெப்பநிலையிலும் இருக்குமாறும் அமைத்திருந்தார்கள். சூடேற்றப்பட்ட புயத்தின் வெப்பநிலை ஒரு வாயு வெப்பமானியால் அளக்கப்பட்டது.

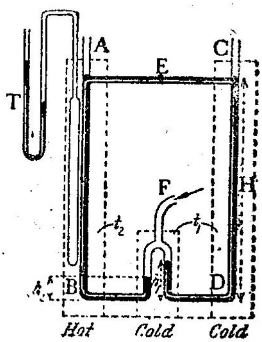
இந்தச் சோதனையில் கீழ்க்கண்ட குறைபாடுகள் உள்ளன :

1. இரண்டு புயங்களிலும் திரவம் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் உள்ளதால், புறப்பரப்பின் இழுவிசையால் ஏற்படும் ஏற்றமோ அல்லது இறக்கமோ வெவ்வேருக இருக்கும்.

2. திரவத்தின் மட்டங்களைப் பார்க்கும் வகையில் அவை உறையைவிட்டு வெளியே சிறிது தூரம் இருக்குமாறு வைக்கப் பட்டிருக்கும். எனவே, அந்த நீளமுள்ள தம்பங்களின் வெப்ப நிலையை நாம் சரியாகக் கூறமுடியாது.

3. இரண்டு தம்பங்களுக்கும் இடையே அதிக தொலைவு இருப்பதால், மட்டங்களின் வேறுபாட்டைத் துல்லியமாக அளக்க முடியாது.

ரெஃனுல்ட் முறை: மேற்கூறிய முறைகளை வெற்றி கொள்ள ரெஃனுல்ட் இந்தச் சோதனையைச் சிறிது திருத்தி அமைத்தார். கருவியின் தத்துவம் படம் 10ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. AB, CD என்ற இரண்டு நேர்குத்துக் குழாய்கள் AEC என்ற குறுகலான குழாய் மூலமும் படத்திலுள்ளபடி தலைகீழான U-வடிவக்குழாய் மூலமும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தக் குழாய்கள் பாதரசத் தால் நிரப்பப்பட்டுள்ளன. பாதரசம் E என்ற துளையிலிருந்து வழியுமாறு F என்ற இடத்தில் அழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. AB என்ற குழாய் எந்த வெப்பநிலையிலும் இருக்குமாறு அது எண் ணெய் நிரம்பிய உறையினுள் இருக்கும். இதனை எந்த வெப்ப நிலைக்கும் சூடேற்றலாம். வெப்பநிலையை T என்ற வாயு வெப்ப மானியின் மூலம் காணலாம். கருவியின் மற்றப்பகுதிகள் குறைந்த வெப்பநிலையில் வைக்கப்பட் டிருக்கும். இதற்கு அவைகளைச் சுற்றி யுள்ள உறையின் வழியாகக் குளிர்ந்த நீரைச் செலுத்தலாம். நிலையான நிலை ஏற்பட்டவுடன் இரண்டு புயங்களிலும் மட்டம் வெவ்வேறாக இருக்கும். இரு மட்டங்களுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டை காத்தொடோ மீட்டரால் (Catheto-meter) அளவிட வேண்டும். வளி அழுத் தத்தைவிட F என்ற இடத்தில் அதிக மாகத் தொழிற்படும் அழுத்தம் P என வும், AB அல்லது CD-யில் உள்ள பாத ரச மட்டத்தின் உயரம் H எனவும் கொள்வோம். F-க்கு இடது புறத்தி லுள்ள ஈடு செய்யும் அழுத்தம்



படம் 10

$$Hd_2 = h_2 d_1 + P$$

d_1 என்பது $t_1°$-ல் அடர்த்தியையும், d_2 என்பது $t_2°$-ல் அடர்த்தியையும் குறிக்கும்.

எனவே, $P = Hd_2 - h_2 d_1$ (1)

வலப் புறத்திற்கு

$Hd_1 = h_1 d_1 + P$

எனவே, $P = Hd_1 - h_1 d_1$ (2)

(2)-ம் (1)-ம் ஒப்பிட்டால்,

$$Hd_2 - h_2 d_1 = Hd_1 - h_1 d_1$$
$$Hd_2 = Hd_1 + h_2 d_1 - h_1 d_1$$
$$\therefore \quad \frac{d_1}{d_2} = \frac{H}{H + h_2 - h_1}$$

அல்லது $1 + c\,(t_2 - t_1) = \frac{H}{H + h_2 - h_1}$

எனவே, ஏறத்தாழ $c = \frac{H - H - h_2 + h_1}{(H + h_2 - h_1)(t_2 - t_1)} = \frac{h_1 - h_2}{H(t_2 - t_1)}$

மாதிரிக் கணக்குகள்

ஒரு லிட்டர் கொள்ளளவுள்ள குடுவையொன்று 4°C வெப்பநிலைக்குத் திருத்தி அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. குடுவை 80°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீரால் நிரப்பப்பட்டால் குடுவையிலுள்ள நீரின் எடை என்ன ?

(குடுவையின் நீள் விரிவெண் $= 8 \cdot 5 \times 10^{-6}$. நீரின் சராசரி கன அளவு விரிவெண் $= 5 \cdot 0 \times 10^{-4}$.)

கண்ணாடியின் கன அளவு விரிவெண்

$$= 3 \times 8 \cdot 5 \times 10^{-6} = \frac{25 \cdot 5}{1000000}$$
$$= 0 \cdot 0000255$$

தோற்ற விரிவெண் = சார்பிலா விரிவெண்—கண்ணாடியின் கன அளவு விரிவெண்

அதாவது, $C_1 = C - g.$

$= 0 \cdot 0005 - 0 \cdot 0000255$

$= 0 \cdot 0004745$

4°C-ல் கொள்ளளவு V_4 ஆகவும், 80°C-ல் V_{80} ஆகவும் கொண்டால்,

$$V_{80} = V_4 (1 + C_1 t)$$

$$V_4 = \frac{V_{80}}{(1+Ct_1)} = V_{80}\,(1-C_1t)$$

$$V_4 = 1000\,(1-0{\cdot}0004745\times76)$$

$$= 1000\times1-1000\times0{\cdot}0004745\times76)$$

$$= 1000-36{\cdot}1$$

$$= 963\cdot9 \text{ க. செ.மீ.}$$

$4^{\circ}C$-ல் ஒரு க. செ.மீ. நீரின் எடை ஒரு கிராம்

எனவே, $80^{\circ}C$-ல் = 963·9 கிராம்.

2. எடையேற்றப்பட்ட கண்ணாடிக் குமிழொன்று காற்றில் 156·25 கிராமும், $15^{\circ}C$ வெப்ப நிலையிலுள்ள திரவத்தில் அமிழ்ந்திருக்கும்பொழுது 57·50 கிராமும், $52^{\circ}C$-யிலுள்ள அதே திரவத்தில் 58·57 கிராமும் இருந்தால், அத் திரவத்தின் சார்பிலா விரிவெண்ணைக் கணக்கிடுக. (கண்ணாடியின் நீள் விரிவெண் = 0·000009.)

காற்றில் கண்ணாடிக் குமிழின் எடை w_1 = 156·25 கிராம்

$15^{\circ}C$-ல் திரவத்தினுள் குமிழின் எடை w_2 = 57·50 கிராம்

$52^{\circ}C$-ல் திரவத்தினுள் குமிழின் எடை w_3 = 58·57 கிராம்

$$C_1 = \frac{w_3-w_2}{(w_1-w_3)\;(t_2-t_1)}$$

$$= \frac{58.57-57.50}{(156.25-58.57)\;(52-15)}$$

$$= \frac{1.07}{97.68\times37}$$

$$= 0.000296$$

கண்ணாடியின் கன அளவு விரிவெண் = 3×0·000009
= 0·000027

$$C = C_1+g$$

$$= 0{\cdot}000296+0{\cdot}000027$$

சார்பிலா விரிவெண் = 0·000323

பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. ஓர் இருப்புப் பாதைக்கு 15 மீட்டர் நீளமுள்ள எஃகினால் ஆன தண்டவாளங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. 15°C-ல் இருப்புப்பாதை அமைத்தால் கோடைகாலங்களில் பெரும வெப்ப நிலை 50°C வரை தாங்குவதற்கு இரு தண்டவாளங்களுக்கு இடையே எவ்வளவு தூரம் விடவேண்டும். (எஃகின் நீள்விரி வெண் = 0·000011.) (3·3மி.மீ.)

2. எஃகினால் ஆன அளவுநாடா 15°C-ல் திருத்தப் பட்டுள்ளது. 30°C வெப்ப நிலையில் இரண்டு இடங்களுக்கு இடையேயுள்ள தொலை 20000 அடி என்று பதிவு ஆனால், அளந்ததில் ஏற்பட்ட பிழையைக் கணக்கிடுக. (எஃகின் நீள் விரிவெண் = 0·000011.) (0·33 அடி.)

3. கீழ்க்கண்ட அளவுகளிலிருந்து தாமிரத்தின் அடர்த்தியை 800° C-ல் கணக்கிடுக :

15°C-ல் தாமிரத்தின் அடர்த்தி = 8·94 கிராம்/க.செ.மீ.
தாமிரத்தின் நீள் விரிவெண் = $0·16 \times 10^{-4}$
(8·81 கிராம்/க.செ.மீ.)

4. கண்ணாடி—பாதரச வெப்பமானியொன்றின் குமிழின் கொள்ளளவு 0·5 க.செ.மீ. இரண்டு அடுத்தடுத்த குறியீடுகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் 2 மி.மீ. கண்ணாடியின் நீள் விரிவெண் $10^{-5}/°C$. பாதரசத்தின் கன அளவு விரிவெண் $1·8 = 10^{4}/°C$. தண்டின் குறுக்குப் பரப்பளவைக்கணக்கிடுக.($3·75 \times 10^{4}$ச.செ.மீ.)

5. எடை வெப்பமானியொன்று 15°C ல் பாதரசத்தால் நிரப்பப்படுகிறது. தேவையான பாதரசத்தின் எடை 350 கிராம். எடை வெப்பமானியின் வெப்ப நிலையை 100°C-க்கு உயர்த்தினால் எவ்வளவு எடையுள்ள பாதரசம் வெளியே கசியும் ? கண்ணாடியின் நீள் விரிவெண் 0·000008; பாதரசத்தின் கன அளவு விரிவெண் 0·000181. (4·01 கிராம்)

6. லிட்டர் குடுவையொன்றின் கொள்ளளவு வெப்ப நிலையைப் பொறுத்து மாறாமலிருக்க அதனுள் எவ்வளவு கன அளவுள்ள பாதரசம் இருக்கவேண்டும். பாதரசத்தின் சார்பிலா விரிவெண் = 0·000181.கண்ணாடியின் நீள்விரிவெண் = 0·000008.
(132·6 க.செ.மீ.)

7. 60°C-ல் நீரின் அடர்த்தி 0·981. கண்ணாடிக் கலம் ஒன்றில் நீர் இருக்கும்பொழுது அதனுடைய வெப்பநிலை 4°C-லிருந்து 60°C-க்கு உயர்ந்தால்,அதனுடைய சராசரித் தோற்ற விரிவெண் எவ்வளவு இருக்கும் ? கண்ணாடியின் நீள் விரிவெண் = 0·000008. (0·000261)

3. வாயுக்களின் விரிவு

(Expanison of Gases)

திட, திரவப் பொருள்களைப் போலன்றி வாயுப்பொருள்கள் அதிக அளவில் சுருங்கும் தன்மையுடையவை. வாயுவின் கன அளவு அதனுடைய வெப்பநிலையை மட்டுமின்றி அதன்மேல் தொழிற்படும் அழுத்தத்தையும் பொறுத்தது. எனவே, வாயுக்களைப் பொறுத்தவரை வெப்பநிலை உயரும்பொழுது இரண்டு வித மான விரிவெண்களைக் காணலாம். அழுத்தம் மாறாமல் இருக்கும் பொழுது கன அளவு எவ்வளவு மாறுகிறது என்பதிலிருந்து கன அளவு விரிவெண்ணும் (volume coefficient), கன அளவு மாறாமல் இருக்கும்பொழுது அழுத்தம் எவ்வளவு மாறுகிறது என்பதிலிருந்து அழுத்தம் விரிவெண்ணும் (pressure coefficient) காணலாம்.

அழுத்தம் மாறாநிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேட் உயரும்பொழுது ஏற்படும் கன அளவு அதிகரிப்பதற்கும் 0°C-ல் அதனுடைய கன அளவிற்கும் உள்ள விகிதம் அந்த வாயுவின் கன அளவு விரிவெண் எனப்படும்.

குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய அழுத்தம் மாறாநிலையி லுள்ள ஒரு வாயுவின் கன அளவை 0°C, θ°C வெப்பநிலைகளில் V_0, V எனக் கொண்டால்,

$$\alpha = \frac{V - V_0}{V_0\,\theta}$$

$$\therefore V = V_0(1 + \alpha\theta)$$

கன அளவு மாறாநிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயரும்பொழுது ஏற்படும் அழுத்தத்தின் அதிகரிப்பிற்கும் 0°C-ல் அதனுடைய அழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம் அந்த வாயுவின் அழுத்த விரி வெண் எனப்படும்.

குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய, கன அளவு மாறுநிலையிலுள்ள ஒரு வாயுவின் அழுத்தத்தை 0°C, θ°C வெப்பநிலைகளில் P_0, P எனக்கொண்டால்,

$$\beta = \frac{P - P_0}{P_0\,\theta}$$

$$\therefore P = P_0(1+\beta\,\theta)$$

θ_1, θ_2 என்ற இரண்டு வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் அழுத்தத்தை P_1, P_2 என அளவிட்டால்,

$$P_1 = P_0(1+\beta\,\theta_1)$$

$$P_2 = P_0(1+\beta\,\theta_2)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1+\beta\,\theta_1}{1+\beta\,\theta_2}$$

அல்லது $P_1(1+\beta\theta_2) = P_2(1+\beta\theta_1)$

$$\beta(P_1\theta_2 - P_2\theta_1) = P_2 - P_1$$

$$\boxed{\therefore \beta = \frac{P_2 - P_1}{P_1\theta_2 - P_2\theta_1}}$$

இதேபோன்று கன அளவு விரிவெண்

$$\boxed{\gamma = \frac{V_2 - V_1}{V_1\,\theta_2 - V_2\,\theta_1}}$$

பாயிலின் விதிக்குக் கட்டுப்பட்ட வாயுவிற்குக் கன அளவு விரிவெண்ணும் அழுத்த விரிவெண்ணும் ஒரே அளவினதாய் இருக்கும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுள்ள 0°C வெப்ப நிலையில் P_0 என்ற அழுத்தமும், V_0 என்ற கன அளவும் கொண்டதாகக் கொள்வோம். மாறு அழுத்தத்தில் அதனுடைய வெப்பநிலையை θ°C-க்கு உயர்த்துவதாகக் கொள்வோம். எனவே, θ°C-ல் அதனுடைய கன அளவு.

$$V = V_0(1+\gamma\,\theta)$$

அதே பொருண்மையுடைய வாயுவைக் கன அளவு மாறுநிலையில் θ°C வெப்ப நிலைக்கு உயர்த்துவதாகக் கொள்வோம். எனவே அதனுடைய அழுத்தம்,

$$P = P_0(1+\beta\theta)$$

பாயிலின் விதிப்படி வெப்பநிலை மாறாமலிருக்கும்பொழுது அழுத்தம், கனஅளவு ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலன் மாறிலியாதலால்,

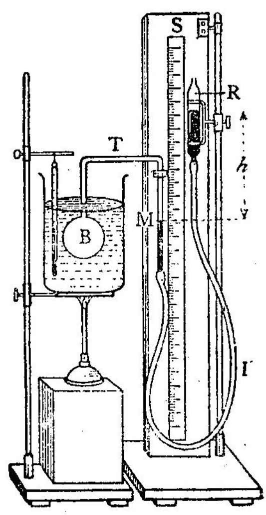
$$P_0V = PV_0$$

$$\therefore\ P_0V_0(1 + \alpha\theta) = P_0V_0(1 + \beta\theta)$$

$$\therefore\ 1 + \alpha\theta = 1 + \beta\theta$$

$$\therefore\ \alpha = \theta.$$

காற்றின் அழுத்த விரிவெண்ணைக் காணல் : ஜாலியின் கருவியைப் படம் 11-ல் காணலாம். இதில் B என்ற கண்ணாடிக் குமிழ் இருமுறை நேர்கோணத்தில் வளைக்கப்பட்ட T என்ற நுண்குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. குழாயின் திறந்த முனை R என்ற சேமக்குழாயுடன் I என்ற ரப்பர் குழாய் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சேமக் குழாயைத் தாங்கியில் மேலும் கீழும் நகர்த்தவோ தேவையான இடத்தில் பொருத்தி வைக்கவோ முடியும். நுண்குழாயின் ஒரு பகுதி, ரப்பர்குழாய், சேமக்குழாயின் ஒரு பகுதி ஆகியவை பாதரசத்தால் நிரப்பப்பட்டுள்ளன. இரண்டு குழாய்களுக்கும் இடையேயுள்ள Sஎன்ற அளவுகோலால் பாதரச மட்டங்களை அளவிடலாம். T என்ற குழாயில் M என்ற ஒரு குறியீடு உள்ளது. குமிழ் நீருள்ள பாத்திரத்தில் அமிழ்த்தப்பட்டு, அதனுடைய வெப்பநிலை வெப்பமானியால் அளவிடப்படும்.



படம் 11.

தொடங்குமுன் வளி அழுத்தத்தை ஃபார்ட்டின் பாரமானியால் கண்டு குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். சேமக்குழாயைச் சரிசெய்து பாதரச மட்டம் M உடன் இணையுமாறு செய்யவேண்டும். நீரின் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். பின் நுண்குழாய், சேமக்குழாய் ஆகியவற்றிலுள்ள பாதரச மட்டங்களின் அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்த மட்டங்களின் வேறுபாடு *h* என்று கொள்வோம். சேமக்குழாயில் பாதரச மட்டம் Mஐ விட மேலே இருந்தால், குமிழில் காற்றின் அழுத்தம்

= (வளி அழுத்தம் + h). சேமக்குழாய் மட்டம் M-ஐவிடக் கீழே யிருந்தால், குமிழில் காற்றின் அழுத்தம் = (வளி அழுத்தம் — h).

பாத்திரத்திலுள்ள நீரை 10°C வெப்பநிலைக்கு உயர்த்த வேண்டும். இப்பொழுதும் சேமக்குழாயைச் சரிசெய்து நுண் குழாயில் பாதரச மட்டம் M-க்கு இணையாக இருக்குமாறு செய்ய வேண்டும். இரண்டு மட்டங்களுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டைக் காண வேண்டும். இதே முறையில் ஒவ்வொரு 10°C உயர் வதற்கும் அளவீடுகளைக் கண்டு அட்டவணைப்படுத்தவேண்டும்.

வளி அழுத்தம் = H செ.மீ. பாதரசம். M-ன் அளவீடு ..செ.மீ.

எண்	நீரின் வெப்ப நிலை t	R-ல் உள்ள பாதரச மட்டத்தின் அளவீடு	இரண்டு மட்டங் களுக்கும் உள்ள வேறுபாடு h	P = H+h

P, t இவைகளை இணைக்கும் வரைபடம் வரையலாம்.

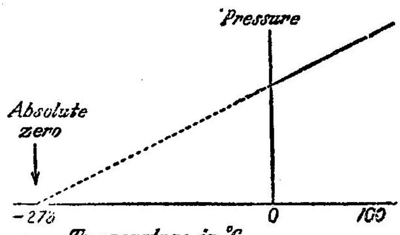
வரைபடம் ஒரு நேர்கோடாகும். 0°C வெப்பநிலையில் காற்றின் அழுத்தத்தை இந்த வரைபடத்திலிருந்து காணலாம்.

எனவே,

$$\beta = \frac{P - P_0}{P_0 t}$$

P — காற்றின் அழுத்தம், t°C வெப்பநிலையில்

P_0 — காற்றின் அழுத்தம் 0°C வெப்பநிலையில்



படம் 12.

அட்டவணையிலிருந்து ஏதாவது இரண்டு வெப்பநிலைகளிலுள்ள அழுத்தங்களிலிருந்து,

$$\beta = \frac{P_2 - P_1}{P_1 t_2 - P_2 t_1}$$

என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி அழுத்த விரிவெண்ணைக் காணலாம்.

இந்தச் சோதனையிலுள்ள குறைபாடுகள்

(1) T என்ற இணைப்புக் குழாயிலுள்ள காற்றுக் குமிழின் வெப்பநிலையில் இராது. இதற்குத் திருத்தம் செய்ய முடியாது. ஆனால், குமிழின் கொள்ளளவை அதிகமாக்கியும், குழாயின் துளையை மிக நுண்ணியதாக்கியும் இக் குறையை நிவர்த்திக்கலாம்.

(2) சூடேற்றப்படும்பொழுது குமிழின் கன அளவு அதிகரிப்பதால், நாம் மாறுக் கன அளவில் சோதனை செய்வதாகக் கூற முடியாது.

அட்டவணை

சில வாயுக்களுக்குக் கன அளவு, அழுத்த விரிவெண்கள்

வாயு	கன அளவு விரிவெண்	அழுத்த விரிவெண்
உயிர்வாயு (ஆக்ஸிஜன்)	0·003661	0·003660
ஹீலியம்	0 003658	0 003663
நைட்ரஜன்	0·003671	0 003672
கரியமிலவாயு (கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடு)	0·003712	0·003711
காற்று	0·003671	0·003674

இந்த அட்டவணையிலிருந்து, ஏறத்தாழ எல்லா வாயுக்களுக்கும் கன அளவு விரிவெண்ணும் அழுத்த விரிவெண்ணும் சமமாக இருப்பதை அறியலாம்.

எனவே, $\alpha = \beta = 0{\cdot}003662 = \frac{1}{273}$ என்று கொள்ளலாம்.

தனி அளவை (Absolute Scale)

தனி வெப்பநிலையும் தனி வெப்பநிலை அளவீட்டு முறையும்: அழுத்தம் மாறு நிலையில் θ°C வெப்பநிலையில் ஒரு வாயுவின் கன அளவைக் கீழ்க்கண்டவாறு காணலாம்:

$$\therefore V = V_0 (1 + \alpha\theta)$$

$$= V_0 \left(1 + \frac{\theta}{273}\right) \quad [\because \alpha = 1/273].$$

$$= V_0 \left(\frac{273 + \theta}{273}\right)$$

θ-வின் மதிப்பு −273°C ஆனால்,

$$V = 0$$

எனவே, அழுத்தம் மாறா நிலையில் ஒரு வாயுவின் கன அளவு —273° C வெப்பநிலையில் சுழியாகிறது. −273° C வெப்ப நிலையைவிட ஒரு வாயுவின் வெப்பநிலை குறையும்பொழுது V-ன் மதிப்பு எதிர்குறியாகும். ஆனால், V எதிர்குறியாக இருக்க முடியாதாகையால், ஒரு வாயுவிற்கு −273°C வெப்பநிலையே மிகக் குறைந்த வெப்பநிலை அல்லது வெப்பக் கீழ்வரம்பாகும். எனவே, இந்த வெப்பநிலையைத் தனிச்சுழி(absolute zero)எனலாம். இதே போன்று கன அளவு மாறா நிலையில் ஒரு வாயுவின் அழுத்தம் −273°C வெப்பநிலையில் சுழியாகும்.

இந்தத் தனிச்சுழி வெப்பநிலையை அடிப்படையாகக் கொண்டு மற்றுமொரு வெப்பநிலை அளவீட்டு முறையை அமைக்கலாம். இது தனி வெப்பநிலை அளவீட்டு முறை எனப்படும். இம்முறையில் −273° C சுழியாகவும், இதன் ஒரு டிகிரி அளவு சென்டி கிரேடு அளவு முறையில் ஒரு டிகிரி அளவுக்குச் சமமாகவும் இருக்கும்.

எனவே, −273°C = 0° தனி வெப்பநிலை

−272°C = c° தனி வெப்பநிலை

0°C = 273° தனி வெப்பநிலை

அல்லது பொதுவாக t°C = (273 + t°) தனி வெப்பநிலை. (273 + t)° தனி வெப்பநிலையை T° தனி வெப்பநிலை என்று எழுதுவது வழக்கம்.

சார்லஸின் விதி

நாம் முன்பு அறிந்தபடி,

$$V = V_0 (1 + \alpha\theta)$$

$$= V_0 \frac{(273 + \theta)}{273}$$

$$V = \frac{V_0 T}{273}$$

இங்கு V_0 ஒரு மாறிலியாதலால்.

$$V \propto T$$

எனவே, 'ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவின் அழுத்தம் மாறா நிலையிலிருக்கும்பொழுது அதன் கன அளவு தனி வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்'.

இதே போன்று

$$P = P_0 (1 + \beta\theta)$$

அல்லது $P = \frac{P_0 T}{273}$, $P \propto T$

எனவே, 'ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவின் கன அளவு மாறா நிலையிலிருக்கும்பொழுது அதனுடைய அழுத்தம் தனி வெப்பநிலைக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.'

வாயுச் சமன்பாடு (Gas Equation) : ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையை யுடைய வாயுவின் கன அளவு. அழுத்தம், தனி வெப்பநிலை ஆகியவை V_1, P_1, T_1-லிருந்து V_2 P_2, T_2-க்கு மாறுவதாக எடுத்துக் கொள்வோம்.

இம் மாற்றம் இரண்டு படிகளில் ஏற்படுவதாகக் கொண்டு வாயுவிற்கு ஒரு சமன்பாட்டைக் காணலாம்.

முதலில் வெப்பநிலை மாறாநிலையில் அதனுடைய அழுத்தம் P_1-லிருந்து P_2-க்கு மாறுவதாகக் கொள்வோம். எனவே, அதனுடைய கன அளவு V_1-லிருந்து V-க்கு மாறும்.

இங்கு பாலியின் விதிப்படி,

தொடக்கத்தில்		இறுதியில்
P_1		P_2
V_1		V
P_1V_1	=	P_2V
$\therefore V$	=	$\frac{P_1 V_1}{P_2}$

இரண்டாவது படியில் மாறா அழுத்த நிலையில் வெப்பநிலை T_1-லிருந்து T_2-க்கு மாறுவதாகக் கொள்வோம். எனவே, இறுதியில் கன அளவு V_2 ஆகும். இங்கு சார்லஸின் விதிப்படி,

தொடக்கத்தில்	இறுதியில்
V	V_2
T_1	T_2

$$\frac{V}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\therefore V_2 = \frac{VT_2}{T_1} = \frac{P_1V_1}{P_2} \times \frac{T_2}{T_1}$$

மாற்றி எழுதினால், $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

அல்லது பொதுவாக $\frac{PV}{T}$ = ஒரு மாறிலி = R

$$\therefore \quad PV = RT$$

R என்பது ஒரு மாறாத எண். அது வாயு மாறிலி என்றழைக்கப்படுகிறது. ஒரு கிராம் பொருண்மையுடைய வாயுவை எடுத்துக்கொண்டால், R-ன் மதிப்பு வெவ்வேறு வாயுக்களுக்கு வெவ்வேறாக இருக்கும். ஆனால், ஒரு கிராம்-மூலக்கூறு வாயுவிற்கு இந்த வாயு மாறிலி கணக்கிடப்பட்டால், அது எல்லா வாயுக்களுக்கும் ஒரே அளவினதாய் இருக்கும். இந்த மாறாத எண் அனைத்து வாயு மாறிலி (Universal Gas Constant) எனப்படும்.

அனைத்து வாயு மாறிலி: ஒரு மூலக்கூறு எடையுள்ள இயனளவு வெப்பநிலை, அழுத்த நிலைகளில் உள்ள எல்லா வாயுக்களுக்கும் கன அளவு 22·4 லிட்டர் ஆகும்.

எனவே, $P = 76 \times 13{\cdot}6 \times 980$ டைன் / ச.செ.மீ.

$V = 22{\cdot}4$ லிட்டர் $= 22{,}400$ க.செ.மீ.

$T = 273°$

$PV = RT$

$$\therefore \quad R = \frac{PV}{T}$$

$$= \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 980 \times 22{,}400}{273}$$

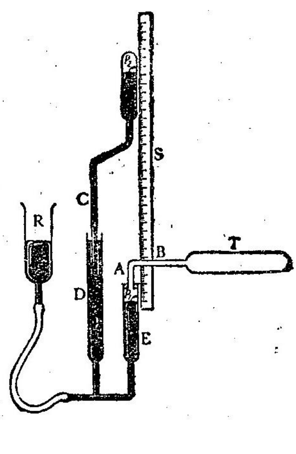
$= 8{\cdot}3 \times 10^7$ எர்க்குகள் / கிராம் மூலக்கூறு / டிகிரி வெப்ப நிலை.

வாயு வெப்பமானியியல்: ஒரு வாயுவின் அழுத்தம் அதனுடைய கன அளவு மாறுநிலையிலோ, அல்லது அதனுடைய கன அளவு அதனுடைய அழுத்தம் மாறுநிலையிலோ வெப்பநிலைக்கு நேச விகிதத்திலிருப்பதால், அதனுடைய அழுத்தத்தையோ, கன அளவையோ அளவிடுவதன் மூலம் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடலாம். இவ்வாறு வெப்பநிலையை அளப்பதற்குப் பயன்படும் வெப்பமானிகள் வாயு வெப்பமானிகள் எனப்படும்.

முன்பு நாம் கண்ட ஜாலியின் கருவியைக் கன அளவு மாறு வாயு வெப்பமானியாகப் பயன்படுத்தலாம். இதைவிட ஒரு நுட்பமான வெப்பமானியைப்பற்றிக் கீழே விவரிப்போம்.

நியம வாயு வெப்பமானி (Standard Gas Thermometer): இவ் வெப்பமானியில் பிளாட்டினம்-இருடியம் கலவையால் செய்யப் பட்ட T என்ற நீள் உருளை வடிவக் குமிழ் ஒன்றுண்டு. இதனுள் தூய்மையான ஈரம் போக்கிய ஹைட்ரஜன் நிரம்பியிருக்கும். இந்த குமிழ் AB என்ற குறுகிய துளையடைய குழாயின் உதவியால் E என்ற அழுத்தமானியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அழுத்தமானியுடன் R என்ற சேமக்கலம் ஒன்று இரப்பர் குழாய் மூலம் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். C என்ற பாரமானியின் குழாய் அழுத்தமானியின் D என்ற மறுபுயத்தில் அமிழ்ந்திருக்கும்.

சேமக்கலத்தைச் சரிசெய்து E-யிலுள்ள பாதரசமட்ட தந்தக் குறிமுள் P_1 ஐத் தொடுமாறு செய்து குமிழியிலுள்ள வாயுவின் கன அளவு மாறுமலிருக்கும்படி செய்யலாம். இப்பொழுது பாரமானிக் குழாயை உயர்த்தி அதிலுள்ள மட்டம் P_2 என்ற குறிமுள்ளைத் தொடுமாறு செய்து, இரண்டு குறிமுட்களுக்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தை அளக்க வேண்டும். இதிலிருந்து வாயுவின் அழுத்தத்தை அறியலாம்.



படம் 13.

கன அளவு மாறுநிலையிலிருக்கும் பொழுது குமிழிலுள்ள வாயுவின் அழுத்தம் 0°C, 100°C வெப்பநிலைகளில் P_0, P_{100} என்றால்,

$$P_0V = RT_0 \quad (1)$$

$$P_{100}V = R(T_0 + 100) \quad (2)$$

T_0 என்பது O°-ஐத் 'தனி வெப்பநிலையில் குறிக்கும்.'

வகுத்தால் $\frac{p_{100}}{p_0} = \frac{T_0 + 100}{T_0}$

$$\therefore \quad \frac{1}{T_0} = \frac{p_{100} - p_0}{p_0\ 100} \quad (3)$$

$$= \frac{1}{\beta}$$

β—அழுத்த விரிவெண்

பதிவு செய்த ஏதாவது ஓர் அழுத்தம் p_T-யில் வெப்பநிலை T என்றால் (தனி வெப்பநிலை),

$$\frac{p_T}{p_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$\therefore \quad T = \frac{p_T}{p_0} \cdot T_0$$

T_0-ன் மதிப்பைப் பதிலீடு செய்தால்,

$$T = \frac{p_T}{p_0} \cdot \frac{100\ p_0}{p_{100} - p_0}$$

$$= \frac{100\ p_T}{y_{100} - p_0} \quad (4)$$

இந்தச் சமன்பாட்டை வெப்பநிலையைக் கணக்கிடப் பயன்படுத்தலாம்.

இந்த வெப்பமானியை — 200°C-லிருந்து 500°C வரை பயன்படுத்தலாம். இதற்கு மேற்பட்ட வெப்பநிலைகளில், குமிழிலிருந்து ஹைட்ரஜன், விரவல் முறையில் வெளியேறிவிடும். 1500°C வெப்பநிலை வரை பயன்படுத்த நைட்ரஜனை எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

இந்த வெப்பமானியைக் கொண்டு மிகத் திருத்தமாக வெப்பநிலையைக் காணவேண்டுமாயின், குமிழின் விரிவிற்கு ஒரு திருத்தம் செய்யவேண்டும்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. ஒரு கிராம் ஹைட்ரஜனின் வாயு மாறிலியைக் கணக்கிடு. இயனளவு வெப்பநிலை அழுத்தத்தில் ஒரு லிட்டர் வாயுவின் எடை 0·0899 கிராம்.

$$\frac{PV}{T} = R$$

P = 76·0 × 13·6 × 980 டைன்/ச.செ.மீ.

T = 273

V = ஒரு கிராம் வாயுவின் கன அளவு $= \frac{1000}{0{\cdot}0899}$

$$\therefore R = \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 980}{273} \times \frac{1000}{0{\cdot}0899}$$

$= 4{\cdot}13 \times 10^7$ எர்க்/கிராம்/டிகிரி

2. மூடப்பட்ட கண்ணாடிக் குமிழுள் வளி அழுத்தத்தில் 30°C வெப்பநிலையில் காற்று நிரம்பியுள்ளது. குமிழ் இரண்டு வளி அழுத்தத்தைத் தாங்கும் திறன் பெற்றிருந்தால், எந்த வெப்பநிலையில் அது வெடிக்கும் என்று கணக்கிடு.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

P_2 = 2 வளி அழுத்தம்

P_1 = ஒரு வளி அழுத்தம்

$T_1 = 273 + 30$

$T_2 = ?$

$$\frac{2}{1} = \frac{T_2}{303}$$

$$\therefore T_2 = 2 \times 303 = 606°A$$

$$= 606 - 273$$

$$= 333°C$$

3. 27°C. வெப்பநிலையில் 0·3 கன மீட்டர் கொள்ளளவுள்ள எஃகினால் ஆன உருளையினுள் நிரம்பியுள்ள ஆக்சிஜனின் அழுத்தம் 150 வளி அழுத்தமானால், உருளையிலுள்ள ஆக்சிஜனின்

பொருண்மையைக் கணக்கிடு. இயனளவு வெப்ப, அழுத்த நிலையில் ஆக்சிஜனின் அடர்த்தி 1·43 கிராம்/லிட்டர்.

$$\frac{P_1 V_1}{T_2} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

உருளையிலுள்ள வாயுவின் கன அளவு $V_1 = 0\ 3 \times 100 \times 100 \times 100$ க.செ.மீ.

அழுத்தம் $P_1 = 150 \times 76$ செ.மீ. பாதரசம்.

வெப்பநிலை $T_1 = 273 + 27 = 300°A$

இயனளவு வெப்பநிலை $T_0 = 0°C = 273°A$

$P_0 = 76$ செ.மீ. பாதரசம்

$V_0 = ?$

$$\therefore \frac{150 \times 76 \times 0{\cdot}3 \times 100 \times 100 \times 100}{300} = \frac{76 \times V_0}{273}$$

$$\therefore V_0 = \frac{150 \times 76 \times 0{\cdot}3 \times 100 \times 100 \times 100 \times 273}{300 \times 76}$$

$= 4{\cdot}096 \times 10^5$ க.செ.மீ.

$= 4{\cdot}096 \times 10^2$ லிட்டர்.

எனவே, வாயுவின் பொருண்மை

$= 4{\cdot}096 \times 10^2 + 1{\cdot}43 = 585.6$ கிராம்

4. 100 க.செ.மீ., 200 க.செ.மீ. கொள்ளளவுள்ள இரு குமிழ்கள் ஒரு நுண்துளைக் குழாயினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தொடக்க நிலையில் இரு குமிழிலும் உள்ள காற்று 0°C வெப்பநிலையிலும் 76 செ.மீ. அழுத்தத்திலும் உள்ளது. அதிகக் கொள்ளளவுள்ள குமிழ்மட்டும் கொதிநிலையிலுள்ள நீரின் வெப்ப நிலைக்கு ஏற்றப்பட்டால் இந்த அமைப்பிலுள்ள இறுதி அழுத்தம் என்ன ?

இணைப்புக் குழாயின் துளை மிகவும் சிறியதாயிருப்பதால், இரண்டு குமிழிலும் உள்ள காற்று தானாகவே கலந்துகொள்ளாது. ஆனால், நிலையான நிலைக்குப் பின் இரண்டு குமிழ்களிலும் அழுத்தம் ஒரே அளவினதாய் இருக்கும்.

$$\frac{PV}{T} = nr$$

n — வாயுவின் பொருண்மை எத்துணை கிராம் என்பதையும்

r — ஒரு கிராம் வாயுவின் வாயு மாறிலியையும் குறிக்கும்.

தொடக்க நிலை :

முதலாவது குமிழ் $\frac{76 \times 100}{273} = n_1 r \quad (p = x)$

இரண்டாவது குமிழ் $\frac{76 \times 200}{273} = n_2 r$

$$\therefore \frac{76 \times 100}{273} + \frac{76 \times 200}{273} = (n_1 + n_2) r$$

= ஒரு மாறிலி

இறுதி நிலை :

முதலாவது குமிழ் $\frac{P' \times 100}{273} = n_1' r$

இரண்டாவது குமிழ் $\frac{P' \times 200}{373} = n_2' r$

ஆனால், $n_1' + n_2' = n_1 + n_2$

$$\therefore \frac{P' \times 100}{273} + \frac{P' \times 200}{373} = (n_1' + n_2')r = (n_1 + n_2)r$$

$$\therefore P' \left(\frac{100}{273} + \frac{200}{373}\right) = \frac{76 \times 300}{273}$$

$\therefore$ P′ = 92·41 செ.மீ. பாதரசம்.

எனவே, இறுதியில் அழுத்தம் = 92·41 செ.மீ. பாதரசம்.

பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. ஈரமற்ற காற்றினால் நிரப்பப்பட்ட மெல்லிய சுவர்களையுடைய குமிழொன்றின் வாய் 41° வெப்பநிலையிலுள்ள திரவத்தினுள் இருக்கும்பொழுது நன்றாக மூடப்படுகிறது. திரவத்தின் வெப்பநிலையைச் சிறிது சிறிதாக, குமிழ் வெடிக்கும் வரை உயர்த்தினால் வெடிக்கும்பொழுதுள்ள திரவத்தின் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடு. குமிழ் தாங்கக்கூடிய பெரும அழுத்தம் 1·5 வளி அழுத்தம். (198°C)

2. தனிச்-சூழி என்றால் என்ன ? அதற்குச் சமமான வெப்ப நிலையை சென்டிகிரேடிலும் ஃபாரன்ஹீட்டிலும் கூறு.

அரைகுறையாக ஊதப்பட்ட பலூன் ஒன்றினுள் உள்ள காற்றின் கன அளவு 1,00,000 லிட்டர். அதனுடைய வெப்பநிலை 15°C, அழுத்தம் 75 செ.மீ. பாதரசம். பலூன் 37 செ.மீ. அழுத்தமும் – 10°C. வெப்பநிலையும் உள்ள உயரத்திற்கு மேலே சென்றால் அதனுடைய கன அளவு என்ன என்று கணக்கிடு.

(1·85, 100 லிட்டர்)

3. வளி அழுத்தம் 762 மி.மீ. ஆகவும், வெப்பநிலை 25°C ஆகவும் இருக்கும்பொழுது நீரின் மேற்பரப்பில் 500 க.செ.மீ. ஹைட்ரஜன் சேகரித்தால் அதனை ஈரமற்றதாக்கும்பொழுது ஹைட்ரஜனின் எடை என்னவாகும் ? (இ.வெ.அ நிலையில் ஹைட்ரஜனின் அடர்த்தி = 0·09 கிராம்/லிட்டர்; நிறைநிலை நீர் — ஆவியின் அழுத்தம் = 23·55 மி.மீ. 23°C வெப்பநிலையில்)

(0·0401 கிராம்.)

4. 12°C வெப்பநிலையில் 4 கிராம் வாயுவினால் நிரப்பப் பட்ட குடுவையொன்றின் வெப்பநிலையை 50°Cக்கு உயர்த்தும் பொழுது சிறிது வாயு வெளியே கசிந்து போய்விட்டதாம். சோதனையின் முடிவிலும் அழுத்தம் தொடக்கத்திலுள்ளதே இருக்கிறது. வெளிச்சென்ற வாயுவின் பொருண்மையைக் கணக்கிடு. (உத்தேசமாக 0·471 கிராம்,)

5. இரண்டு சம கொள்ளளவுள்ள குமிழ்கள் ஒரு நுண்துளைக் குழாயினால் இணைக்கப்பட்டு இ.வெ.அ. நிலையில் வாயுவினால் நிரப்பப்படுகிறது. ஒரு குமிழைக் கொதிக்கும் நீரிலும், மற்றொரு குமிழைப் பனிக்கட்டியிலும் வைத்தால் இறுதியிலுள்ள அழுத் தத்தைக் கணக்கிடு. (1,154 வளி அழுத்தம்.)

6. இ.வெ.அ. நிலையில் ஹைட்ரஜனின் அடர்த்தி 0·089 கிராம்/லிட்டர் என்றால் 72·5 செ.மீ. அழுத்தம் 25°C வெப்ப நிலையில் அதனுடைய அடர்த்தியைக் கணக்கிடு. (0·078 கி./லி.)

7. கன அளவு மாறு வெப்பமானி யொன்றின் மூடிய புயத்தில் பாதரச மட்டம் 30 செ.மீ. அளவிற்கு எதிராக நிற்கிறது. குமிழ், உருகும் பனிக்கட்டியில் இருக்கும்பொழுது திறந்த புயத்தில் மட்டம் 32·4 செ.மீ.-க்கு எதிராகவும், நீராவியில்

இருக்கும்பொழுது **61·1** செ.மீ.-க்கு எதிராகவும், உறைகலவை யினுள் இருக்கும்பொழுது *22·4* செ.மீ.-க்கு எதிராகவும் நின்றால், உறைகலவையின் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடு. வளி அழுத்தம் 76 செ.மீ. பாதரசம். (– *34, 84°* C)

8. கன அளவு மாறா வாயு வெப்பமானியிலுள்ள வாயுவின் அழுத்தம் *100°C* -ல் *80* செ.மீ. என்றால் குமிழ் *(1) 445°C* வெப்பநிலையிலுள்ள கொதிக்கும் சல்ஃபரிலும், *(2)* – *22°C* வெப்பநிலையிலுள்ள உறைகலவையிலும் இருக்கும் பொழுது வாயுவின் அழுத்தத்தைக் கணக்கிடு.

[(1) 154 செ.மீ. பாதரசம் ; *(2) 53·84* செ.மீ. பாதரசம்).]

4. வெப்ப அளவியல்

(Calorimetry)

வெப்பத்தின் அளவு (Quantity of Heat)

வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளிலுள்ள இரண்டு பொருள்களைக் கலந்தால், குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளின் வெப்பநிலை உயர்வதையும் மற்ற பொருளின் வெப்பநிலை குறைவதையும் நாம் காண்கிறோம். இங்கு குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள் வெப்பத்தை ஏற்கிறது. அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள் வெப்பத்தை இழக்கிறது. ஒரு பொருளுக்கு வெப்பம் கொடுக்கும் பொழுது அதனுடைய வெப்பநிலை உயர்வடையும். அப்பொருளி லிருந்து வெப்பத்தை எடுக்கும்பொழுது அதனுடைய வெப்பநிலை குறையும். எனவே, வெப்பம் என்பது மற்ற அளவுகளைப் போன்று ஒரு பௌதிக அளவாகும். எனவே, அதனை அளவிடுவதற்கு அலகுகள் தேவைப்படுகின்றன.

மெட்ரிக் முறையில் வெப்பத்தை கலோரி (Calorie) என்ற அலகாலும், பிரிட்டன் முறையில் வெப்பத்தை பிரிட்டன் வெப்ப அலகு (British Thermal Unit) என்ற அலகாலும் அளவிடுகிறோம்.

ஒரு கிராம் நீரின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் ஒரு கலோரி ஆகும்.

ஒரு பவுண்டு நீரின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி ஃபாரன்ஹீட் உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் ஒரு பிரிட்டன் வெப்ப அலகு ஆகும்.

1 பி.வெ.அ. = 252 கலோரிகள்.

வெவ்வேறு மூலப்பொருளால் ஆன ஒரே பொருண்மையுடைய வெவ்வேறு பொருள்களை ஒரே அளவு வெப்பம் கொடுத்து சூடேற்

றுவதாகக் கொள்வோம். ஒவ்வொரு பொருளும் வெவ்வேறு வெப்பநிலையை அடைந்திருப்பதைக் காணலாம். அல்லது ஒரே அளவு வெப்பநிலைக்கு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் வெவ்வேறு பொருள்களுக்கும் வெவ்வேருக இருக்கும். எனவே, வெவ்வேறு பொருள்களின் வெப்ப ஏற்புத் திறன் வெவ்வேருக இருக்கிறது.

ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் அப் பொருளின் வெப்ப ஏற்புத் திறன் எனப்படும்'.

ஓரலகு பொருண்மையுடைய பொருளின் வெப்ப ஏற்புத் திறன் (Thermal capacity) அப் பொருளின் வெப்ப எண் எனப்படும்.

'ஒரு கிராம் பொருண்மை கொண்ட ஒரு பொருளின் வெப்ப நிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் அப் பொருளின் வெப்ப எண் எனப்படும்.'

அட்டவணை

திடப் பொருள்கள்		திரவப் பொருள்கள்	
பொருள்	வெப்ப எண் s	பொருள்	வெப்ப எண் s
தாமிரம்	0·093	ஆல்கஹால்	0·55
பித்தளை	0·088	கிளிசரின்	0·58
ஈயம்	0·031	பாரஃபின் எண்ணெய்	0·51
கண்ணாடி	0·16		
ரப்பர்	0·27 முதல் 0·48 வரை		

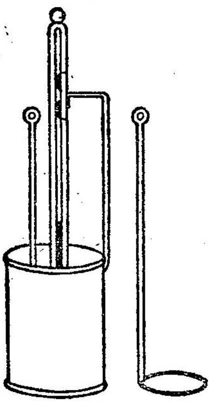
சமநீர் எடை : m கிராம் பொருண்மையும், வெப்ப எண் s-ம் உள்ள ஒரு பொருளை எடுத்துக்கொள்வோம்.

அதனுடைய வெப்ப ஏற்புத்திறன் = ms கலோரிகள். நீரின் வெப்ப எண் ஒன்ருதலால், இதே வெப்ப ஏற்புத் திறனுள்ள நீரின் பொருண்மை = ms கிராம்.

எனவே, ms கிராம் பொருண்மையுள்ள நீரும், m கிராம் பொருண்மையும் s என்ற வெப்ப எண்ணும் உள்ள பொருளும் ஒரே அளவு வெப்ப ஏற்புத் திறனுடையதாய் உள்ளன. நீரின் இந்தப் பொருண்மையைப் பொருளின் சமநீர் எடை (Water equivalent) என்கிறோம்.

'ஒரு பொருளின் வெப்ப ஏற்புத் திறனுக்குச் சமமான வெப்ப ஏற்புத் திறனைக் கொண்ட நீரின் பொருண்மை அப்பொருளின் சம நீர் எடை எனப்படும்.'

சோதனைச்சாலையில் ஒரு பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் கலவை முறையில் எளிதில் காணலாம். இம்முறையில் வெப்பநிலை அதிகமாக உள்ள ஒரு பொருளை வெப்பநிலை குறைவாக உள்ள மற்றொரு பொருளுடன் நன்றாகக் கலந்து இறுதியில் உள்ள வெப்பநிலையை அளவிட வேண்டும். பின் சுற்றுப்புறங்களுக்கு வெப்பம் கடந்து செல்லவில்லையென்று கொண்டால், உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளின் வெப்ப இழப்பு குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளின் வெப்ப ஏற்பிற்குச் சமமாகும்.



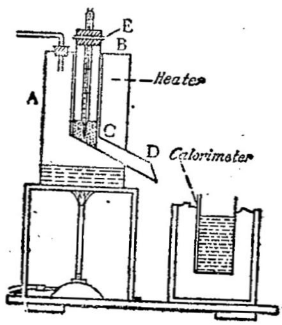
படம் 14.

இந்த முறையில் கலோரிமீட்டர் என்ற ஒரு கருவியைப் பயன்படுத்தலாம். இது தாமிரத்தால் செய்யப்பட்டு வெளிப்புறம் மெருகேற்றப்பட்ட ஓர் உருளைவடிவக் கலமாகும். இதனுடன் அதே உலோகத்தில் செய்யப்பட்ட கலக்கி ஒன்றும் உண்டு. சாதாரணமாகக் கலோரிமீட்டர் வெப்பம் கடத்தாப் பொருள்கள் நிறைந்துள்ள மரப் பெட்டியினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் வெப்பக் கடத்தல், வெப்பச் சலனம், வெப்பக்கதிர்வீசல் ஆகிய முறைகளில் கலோரிமீட்டருக்கு ஏற்படும் வெப்ப இழப்பு தவிர்க்கப்படுகிறது.

ஒரு திடப்பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் காணல்: சோதனைக்கான திடப்பொருள் சிறுசிறு துண்டுகளாக இருக்க வேண்டும். இதனைப் படத்தில் காட்டிய சின்க்ளேர் சூடேற்றியின் மூலம் உயர் வெப்ப நிலைக்கு ஏற்றலாம்.

இந்தச் சூடேற்றி தாமிரம் அல்லது பித்தளையினால் செய்யப்பட்ட ஓர் உருளை வடிவக் கலமாகும் (A). இதில் C என்ற இடத்தில் விரிகோணமாக வளைக்கப்பட்டு D என்ற சாய்வான

பாதையையுடைய, BCD என்ற குழாய் ஒன்றுள்ளது. இக் குழாயின் செங்குத்துப் பகுதியில் E என்ற இருபுறமும் திறந்த மற்ருெரு குழாய் செருகப்பட்டுள்ளது. இந்தக் குழாயின் கீழ்முனை திடப் பொருள் துண்டுகளைக் கீழே விழாத முறையில் பற்றிக்கொள்ள ஏதுவாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் மேல் முனை வழியாக வெப்பமானியை வைத்துத் திடப் பொருளின் வெப்பநிலையை அளவிடலாம். இந்தக் குழாயைச் சிறிது மேலே தூக்கினுல், திடப்பொருள் CDயின் வழியாகக் கீழே நழுவி விழும். A என்ற கலத்தில் நீரை ஊற்றிச் சூடேற்றினுல் ஆவியாகும். இதனுல் உள்ளேயுள்ள திடப்பொருள் நீர்படாமல் சூடேற்றப்படும்.



படம் 15.

முதலில் தூய்மைமிக்க, ஈரமற்ற கலோரி மீட்டரை அதனுடைய கலக்கியுடன் எடை பார்க்கவேண்டும் (W_1). அதில் மூன்றிலொரு பங்கு நீர் எடுத்துக்கொண்டு மறுபடியும் எடை பார்க்கவேண்டும் (W_2). கலோரிமீட்டரை அதற்குரிய பெட்டியில் வைத்து அதிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும் (t_1). சூடேற்றியிலுள்ள திடப்பொருளின் வெப்பநிலை ஒரு நிலைக்கு வந்தபின், அதன் வெப்பநிலை (t)ஐக் குறித்துக் கொண்டு அதிலுள்ள திடப்பொருளை விரைவில் கலோரிமீட்டருக்கு மாற்ற வேண்டும். கலோரிமீட்டரிலுள்ள கலவையை நன்கு கலக்கி அது அடைந்த பெரும வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும் (t_2). பின் கலோரிமீட்டரை அதிலுள்ள கலவையுடன் எடை காண வேண்டும் (w_3).

கலோரிமீட்டரின் பொருண்மை = w_1

கலோரிமீட்டர் செய்யப்பட்டிருக்கும்

பொருளின் வெப்ப எண் = s

வெப்பநிலை உயர்வு = $(t_2 - t_1)$

எனவே, கலோரிமீட்டரின் வெப்ப ஏற்பு = $w_1 s (t_2 - t_1)$

நீரின் பொருண்மை = $w_2 - w_1$

வெப்பநிலை உயர்வு = $(t_2 - t_1)$

நீரின் வெப்ப எண் = 1

எனவே, நீரின் வெப்ப ஏற்பு = $(w_2 - w_1)(t_2 - t_1)$

எனவே கலோரிமீட்டர், நீர் ஆகியவற்றின்

$$\text{வெப்ப ஏற்பு} = w_1s(t_2-t_1) + (w_2-w_1)(t_2-t_1)$$
$$= [w_1s + (w_2-w_1)](t_2-t_1)$$

திடப்பொருளின் பொருண்மை $= w_3-w_2$

திடப்பொருளின் வெப்ப எண் $= s$

திடப்பொருளின் வெப்பநிலை குறைவு $= (t-t_2)$

எனவே, திடப்பொருளின் வெப்ப இழப்பு $= (w_3-w_2)s(t-t_2)$

கலவை முறையின் தத்துவப்படி,

வெப்ப இழப்பு = வெப்ப ஏற்பு

$$(w_3-w_2)s(t-t_2) = [w_1s+(w_2-w_1)](t_2-t_1)$$

$$\therefore s = \frac{[w_1s+(w_2-w_1)](t_2-t_1)}{(w_3-w_2)(t-t_2)}$$

சோதனையின்பொழுது கவனிக்கவேண்டிய சில முக்கியக் குறிப்புகள்

(1) சூடேற்றியிலுள்ள திடப்பொருள் கலோரிமீட்டருக்கு மாற்றப்படும்பொழுது கலோரிமீட்டர் சூடேற்றிக்கு அருகில் வருவதால், அது சிறிது வெப்பத்தை ஏற்கும். இதனைத் தவிர்க்க, சூடேற்றியிலுள்ள திடப்பொருள் வரும் வெளிவாயில் தவிர மற்றப் பகுதிகளை நன்றாக, கலோரிமீட்டரிலிருந்து ஒரு மரப்பலகையினால் மறைத்துவிட வேண்டும்.

(2) கலோரிமீட்டர் வெப்பக் கடத்தல், வெப்பச் சலனம் வெப்பக் கதிர்வீசல் ஆகிய முறைகளால் வெப்பத்தை ஏற்கலாம் அல்லது இழக்கலாம். இதனைத் தவிர்க்க, கலோரிமீட்டரை அதற்குரிய மரப்பெட்டியினுள் வைக்க வேண்டும். மரப்பெட்டி வெப்பம் கடத்தாப் பொருள்களால் நிரப்பப்பட்டிருக்கவேண்டும். மேலும், கலோரிமீட்டரின் வெளிப்புறம் நன்கு மெருகேற்றப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

மேற்கூறிய முன்னெச்சரிக்கை ஏற்பாடுகள் செய்தபோதிலும், சிறிது வெப்ப இழப்பு எப்பொழுதும் ஏற்படும். அதனைக் கணக்கிட்டு வேண்டிய திருத்தம் செய்துகொள்ளலாம்.

வெப்பக் கதிர்வீச்சுத் திருத்தம்

(1) விலக்கீடு முறை (Method of Elimination) : இந்த முறையில் உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள திடப்பொருளைக் கலோரிமீட்டருள்

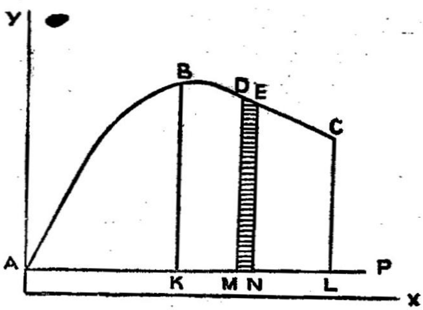
போட்டுக் கலக்கும்பொழுது உத்தேசமாக வெப்பநிலை எத்துணை டிகிரி உயரும் என்று தெரியவேண்டும். இதற்கு ஒரு முன்மாதிரிச் சோதனையைச் செய்துபார்க்கலாம். இந்த வெப்பநிலை உயர்வு (t) தெரிந்தவுடன், கலோரிமீட்டரும் அதிலுள்ள (திரவம் அல்லது) நீரும் தொடக்கத்தில் சுற்றுப்புற வெப்பநிலையிலிருந்து $\frac{t}{2}$ டிகிரி குறைவாக இருக்குமாறு வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். பின் கலோரிமீட்டருள் திடப்பொருளைப் போட்டுக் கலக்கி இறுதியில் அடையும் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்த வெப்பநிலை சரியான வெப்பநிலையாகும். இம்முறையில் வெப்பக் கதிர் வீசலால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பை விலக்கீடு செய்கிறோம். ஏனெனில், சோதனையின் முதல் பகுதியில் சுற்றுப்புற வெப்பநிலையிலிருந்து கலோரிமீட்டர் குறைவான வெப்பநிலையில் இருப்பதால், வெப்பம் ஏற்றிருந்தால் சோதனையின் பின்பகுதியில் திடப்பொருளைக் கலந்தவுடன் அதே அளவு வெப்பத்தை இழந்திருக்கும். எனவே, இரண்டு விளைவுகளும் ஈடுசெய்யப்படுகின்றன.

(2) பாதி நேரத் திருத்தம் (Half-time correction) அல்லது நுட்பமற்ற சாதாரணத் திருத்தம் (Approximate) : சூடேற்றப்பட்ட திடப்பொருளைக் கலோரிமீட்டருள் கலந்தவுடன் ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்க வேண்டும். கலவை பெரும வெப்பநிலைக்கு வருவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் மொத்த நேரத்தைக் கணக்கிட வேண்டும். பெரும வெப்பநிலை வந்தபின் கதிர்வீசலால் வெப்ப இழப்பு ஏற்படத் தொடங்கி வெப்பநிலை குறையத் தொடங்கும். பெரும வெப்பநிலை வருவதற்கு எடுத்துக்கொண்ட அதே காலத்தில் வெப்பநிலை எவ்வளவு குறைகிறது என்று காணவேண்டும். இதில் பாதி அளவைப் பெரும வெப்பநிலையுடன் கூட்டிக்கொண்டால் சரியான வெப்பநிலை கிடைக்கும்.

(3) பார்ட்டன் முறை (Barton's method) சூடான பொருளை கலோரிமீட்டரில் போட்டவுடன் ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கி கலவையைக் கலக்கிக்கொண்டு அரை நிமிடத்திற்கு ஒரு முறை வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொண்டுவர வேண்டும். கலோரிமீட்டரின் வெப்பநிலை உயர்ந்த மதிப்பையடைந்து ஏறத்தாழ ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு குறையும்வரை இவ்விதம் செய்ய வேண்டும். அல்லது கலவை உயர்ந்த வெப்பநிலையையடைய எவ்வளவு நேரம் எடுத்துக்கொண்டதோ ஏறத்தாழ மேலும் அதே அளவு நேரத்திற்கு வெப்பநிலைகளைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். காலத்தை X அச்சிலும், வெப்பநிலையை Y அச்சிலும் குறித்து ஒரு வரைபடம் A B C வரைய வேண்டும். A, B, C,

என்பவை முறையே தொடக்க வெப்பநிலை, உயர்ந்த வெப்ப நிலை, இறுதி வெப்பநிலைகளைக் குறிப்பதாகக் கொள்வோம். அறையின் வெப்பநிலையைக் குறிக்கும் புள்ளிவழியே X அச்சுக்கு இணையாக ஒரு கோடு வரைய வேண்டும். பொதுவாக A புள்ளி அறையின் வெப்பநிலையையும் குறிக்குமாதலால் A P என்பது மேற்கூறியபடி வரையப்பட்ட கோடு எனக் கொள்ளலாம். B K, CL என்பவை APக்கு வரையப்பட்ட குத்துக்கோடுகள். B வழியே X அச்சுக்கு இணையாக வரையப்பட்ட கோடு LC என்ற கோட்டின் நீட்டிவிட்ட பகுதியை Q என்ற புள்ளியில் சந்திக்கட்டும். KL காலத்தில் ஏற்பட்ட வெப்பநிலை வீழ்ச்சியை QC குறிக்கும். இதன் மதிப்பை y எனக் கொள்வோம். இந்த வெப்பநிலை வீழ்ச்சியானது KBCL என்ற பரப்பளவிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறதென்று நிறுவலாம்.

D. E என்பவை B C என்ற பகுதியில் பக்கத்திலுள்ள புள்ளிகள் எனக் கொள்வோம். இப்புள்ளிகள் குறிக்கும் வெப்பநிலைகளுக்கிடையேயுள்ள வேறுபாட்டை $d\theta$ எனவும் அவைகள் குறிக்கும் காலங்களுக்கிடையேயுள்ள வேறுபாட்டை dt எனவும் கொள்வோம். படத்தில் DM, EN என்பவை PQக்கு வரையப்பட்ட குத்துக்கோடுகள். DF என்பது EN கோட்டின் நீட்டிவிட்ட பகுதிக்கு வரையப்பட்ட நேர் குத்துக்கோடு. எனவே FE, MN ஆகியவை முறையே $d\theta$, dt களைக் குறிக்கின்றன.



படம் 16.

நியூட்டனின் குளிர்வு விதிப்படி ஒரு பொருள் வெப்பத்தை இழக்கும் வீதமானது அப்பொருளின் வெப்பநிலைக்கும், சுற்றுப்புற வெப்பநிலைக்குமிடையே உள்ள வேறுபாட்டிற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். ஆனால் வெப்ப இழப்பு வீதமானது வெப்பநிலை வீழ்ச்சி வீதத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். படத்தில் DM·EN முறையே

DE பகுதியின் தொடக்கத்திலும் இறுதியிலும் கலோரிமீட்டரின் வெப்பநிலைகள் சுற்றுப்புற வெப்பநிலையிலிருந்து எவ்வளவு அதிகமாக உள்ளன என்பதைக் குறிக்கும். ஆகையால் $\frac{DM + EN}{2}$ என்பது அவற்றின் சராசரி மதிப்பைக் கொடுக்கும்.

$$\text{எனவே,} \quad \frac{d\theta}{dt} \propto \frac{DM+EN}{2}$$

$$\therefore \quad d\theta \propto \left(\frac{DM + EN}{2}\right) dt$$

$$\propto \left(\frac{DM + EN}{2}\right) \times \dot{M}\dot{N}$$

$$\propto MDEN.$$

எனவே, MDEN-ன் பரப்பளவு MN கால இடைவெளியில் ஏற்பட்ட வெப்பநிலை வீழ்ச்சியைக் குறிக்கிறது. இவ்விதம் ஒவ்வொரு சிறு கால இடைவெளியிலேற்பட்ட வெப்பநிலை வீழ்ச்சிகளை ஒன்று சேர்த்துக் காணும்பொழுது KL குறிக்கும் கால இடைவெளியிலேற்பட்ட வெப்பநிலை வீழ்ச்சியை KBCL-ன் பரப்பளவு குறிக்கும். இவ்வாறே AK குறிக்கும் கால இடைவெளியிலேற்பட்ட வெப்பநிலை வீழ்ச்சியை ABK பரப்பளவு குறிக்கும். இந்த வெப்பநிலை வீழ்ச்சியின் மதிப்பு x என்றும், ABK, KBCL-ன் பரப்பளவுகள் முறையே A_1, A_2 என்று கொள்வோமாயின்

$$\frac{x}{y} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$\text{எனவே} \quad x = \frac{A_1}{A_2} \times y$$

இதில் x நமக்குத் தேவைப்படும் திருத்தத்தைக் கொடுக்கிறது. இதை உயர்ந்த வெப்பநிலையுடன் கூட்ட வேண்டும்.

கலோரிமீட்டரில் பனிக்கட்டியைப் போட்டு திருத்தப்பட்ட குறைந்த வெப்பநிலையைக் காணும்பொழுது வெப்பநிலையிலிருந்து x-ன் மதிப்பைக் கழிக்கவேண்டும்.

திரவத்தின் வெப்ப எண் ; இதில் திடப்பொருளுக்கு அளவீடுகள் எடுத்தது போன்று எடுத்துக்கொண்டு சோதனையைச் செய்யவேண்டும். கலோரிமீட்டரில் நீருக்குப் பதிலாகக் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

திடப்பொருள் இழந்த வெப்பம் $= (w_3 - w_2)\, s\, (t - t_2)$

கலோரிமீட்டரின் வெப்ப ஏற்பு $= w_1 s (t_2 - t_1)$

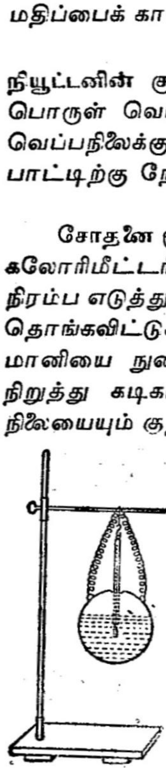
திரவத்தின் வெப்ப ஏற்பு $= (w_2 - w_1)\, x\, (t_2 - t_1)$

x - திரவத்தின் வெப்ப எண்.

வெப்ப ஏற்பையும் வெப்ப இழப்பையும் சமப்படுத்தி x-ன் மதிப்பைக் காணலாம்.

நியூட்டனின் குளிரல் விதி (Newton's Law of Cooling) : ஒரு பொருள் வெப்பத்தை இழக்கும் வீதம் அப் பொருளின் சராசரி வெப்பநிலைக்கும் சுற்றுப்புற வெப்பநிலைக்கும் உள்ள வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

சோதனை மூலம் மெய்ப்பித்தல் : ஒரு கோளவடிவத் தாமிரக் கலோரிமீட்டரில் சுமாராக 70° C வெப்பநிலையிலுள்ள நீரை நிரம்ப எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். தாங்கியில் அதனைக் கட்டித் தொங்கவிட்டுக் கலோரிமீட்டரிலுள்ள வாயினுள் ஒரு வெப்பமானியை நுழைத்து அதன் வெப்பநிலையைக் குறிக்க வேண்டும். நிறுத்து கடிகாரத்தை இயக்கிவிட்டுக் காலத்தையும் வெப்பநிலையையும் குறித்துக்கொண்டுவர வேண்டும். வெப்பநிலை சுமாராக 45° C வரும்வரை இந்த அளவுகளைக் குறித்து அட்டவணைப்படுத்தவேண்டும். பின் வெப்பநிலைக்கும் நேரத்திற்கும் ஒரு வரைபடம் வரையவேண்டும்.



படம் 17.

வரைபடத்தைக் குளிரல் வளைகோடு (cooling curve) எனலாம். வரைபடத்திலிருந்து ஏதாவது ஒரு வெப்பநிலையில் குளிரும் வீதத்தைக் கணக்கிடவேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, 50°C வெப்பநிலையில் குளிரல் வீதம் காண, வளைகோட்டிற்கு 50°C. புள்ளியில் தொடுகோடு வரையவேண்டும். இந்தத் தொடுகோட்டின் சாய்வு வீதம் குளிரும் வீதத்திற்குச் சமமாகும் அல்லது 51° C. வெப்பநிலையிலிருந்து 49°C வெப்பநிலைக்குக் குளிர, அதாவது, 2°C. குறைவதற்கு எடுத்துக்கொண்ட காலத்தைக் கணக்கிட்டும் குளிரும் வீதம் காணலாம். இதைபோன்று வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் குளிரும் வீதம் கணக்கிட்டு அட்டவணைப்படுத்த வேண்டும்.

சுற்றுப்புற வெப்பநிலை = θ° செ.கி,

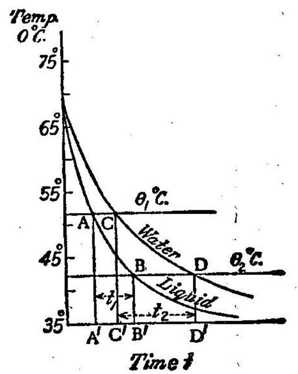
எண்	கலோரி மீட்டரின் சராசரி வெப்ப நிலை	2°C குளிரு வதற்கு எடுத்துக் கொண்ட காலம்	குளிரும் வீதம் r	சுற்றுப்புற வெப்ப நிலைக்கும் கலோரி மீட்டரின் சராசரி வெப்பநிலைக்கும் உள்ள வேறுபாடு	$\frac{r}{\text{வெப்ப நிலை வேறுபாடு}}$
	$\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$	t வினாடி கள்	$r = 2/t$	$\frac{\theta_1 + \theta_2}{2} - \theta$	$\frac{r}{\frac{\theta_1 + \theta_2}{2} - \theta}$

கடைசிப் பத்தியிலுள்ள அளவு மாறிலியாக இருப்பதைக் காணலாம். இது நியூட்டனின் விதியை மெய்ப்பிக்கிறது.

குளிரும் வீதத்திற்கும் சராசரி வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கும் வரையப்படும் வரைபடம் நேர்கோடாக இருக்கும்.

குளிரல் முறையில் ஒரு திரவத்தின் வெப்ப எண் காணல்

முதலில் ஈரம் போக்கப்பெற்ற கோளவடிவக் கலோரிமீட்டரின் எடையைக் காணவேண்டும்(w_1). சுமாராக 70°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீரால் நிரப்பிக் கலோரிமீட்டரைத் தாங்கியில் தொங்கவிடவேண்டும். நிறுத்து கடிகாரத்தின் உதவியால் ஒவ்வோர் அரை நிமிடத்திற்கும் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொண்டே வர வேண்டும். 45°C. வெப்பநிலை வரை அளவுகள் எடுத்த பின்பு நீருடன் எடையைக் காணவேண்டும் (w_2). இதே போன்று கொடுக்கப்பட்ட திரவத்திற்கும் சோதனை செய்து திரவத்துடன் கலோரிமீட்டரின் எடையைக் காணவேண்டும் (w_3). பின் ஒரே வரைபடத் தாளில் நீருக்கும் திரவத்திற்கும் குளிரல் வளைகோடு வரையவேண்டும். இதிலிருந்து θ° C. வெப்ப



படம் 18.

நிலையிலிருந்து θ_2°C. வெப்பநிலைக்குக் குளிருவதற்கு நீரும் திரவமும் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைக் கணக்கிடவேண்டும். இந் நேரத்தை முறையே t_1, t_2 என்று கொள்வோம்.

நியூட்டனின் விதிப்படி, குளிரும் வீதம் சுற்றுப்புறத்திலிருந்து சராசரியாக எவ்வளவு வெப்பநிலை உயர்ந்துள்ளது என்பதையும், கதிர்வீசல் ஏற்படும் பரப்புகளையும் மட்டுமே பொறுத்தது. இங்கு திரவத்திற்கும் நீருக்கும் ஒரே அளவாக மேற்கூறிய பண்புகள் இருப்பதால், இவை இரண்டும் ஒரு விநாடியில் இழந்த வெப்பம் ஒரே அளவினதாய் இருக்கும்.

கலோரிமீட்டர் நீரால் நிரம்பி, $\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$ என்ற சராசரி வெப்பநிலையில் இருக்கும்பொழுது வெப்பம் இழக்கும் வீதம்

$$= \frac{(w_1 s + w_2 - w_1)(\theta_1 - \theta_2)}{t_1}$$

இதேபோன்று திரவத்திற்கு

$$= \frac{[w_1 s + (w_3 - w_1)\, x]\ (\theta_1 - \theta_2)}{t_2}$$

எனவே,

$$\frac{(w_1 s + w_2 - w_1)(\theta_1 - \theta_2)}{t_1} = \frac{[w_1 s + (w_3 - w_1)\, x]\,[\theta_1 - \theta_2]}{t_2}$$

$$\therefore \quad x = \left[(w_1 s + w_2 - w_1)\, t_2/t_1 - w_1 s\right] \frac{1}{w_3 - w_1}$$

இதேபோன்று வெவ்வேறு வெப்பநிலை நெடுக்கத்திற்குத் திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் காணலாம்.

எண்	வெப்பநிலை நெடுக்கம்	குளிர எடுத்துக்கொண்ட காலம்		$\frac{t_2}{t_1}$
		நீர் t_1	திரவம் t_2	

ஏறத்தாழக் கடைசிப் பத்தியிலுள்ள அளவு மாறிலியாக இருக்கும். இதனுடைய சராசரி மதிப்பைப் பதிலீடு செய்து x-ன் மதிப்பைக் காணலாம்.

உள்ளுறை வெப்பம் (Latent Heat): முகவையிலுள்ள நீரைக் கீழிருந்து சூடேற்றும்பொழுது அதனுடைய வெப்பநிலை உயரும். நீர் அதனுடைய கொதிநிலைக்கு வந்தவுடன் வெப்பநிலை மாறாமல் நிலையாக நிற்கும். தொடர்ந்து சூடேற்றப்பட்டால் நீர் ஆவியாக மாறிச்செல்வதைக் காணலாம். அந்நிலையில் நீர் ஏற்கும் வெப்பம் அதனை ஆவியாக்கப் பயன்படுகிறது. இந்த வெப்பம் ஆவி நிலையில் மறைந்திருப்பதால் இதனை உள்ளுறை வெப்பம் எனலாம். இங்கு நீர், நீராவியாக மாற்றப்படுவதால், இந்த வெப்பம் நீரவியின் உள்ளுறை வெப்பம் எனப்படும். இதே போன்று ஒரு திரவம் அதனுடைய ஆவியாக மாற்றப்படும் பொழுது இந்த வெப்பம் 'ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம்' (L.H. of vaporisation) எனப்படும்.

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் : ஒரு கிராம் நீரை அதனுடைய கொதிநிலையில், வெப்பநிலையை மாற்றாமல் நீராவியாக்குவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு 'நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்' எனப்படும்.

ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் : ஒரு கிராம் திரவத்தை அதனுடைய கொதிநிலையில், வெப்பநிலையை மாற்றாமல் ஆவியாக்குவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு 'அத்திரவத்தின் ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம்' எனப்படும்.

இதே போன்று திடப்பொருளைத் திரவப்பொருளாக மாற்றும் பொழுது பொருள் ஏற்கும் வெப்பம் 'உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்' (L.H. of Fusion) எனப்படும்.

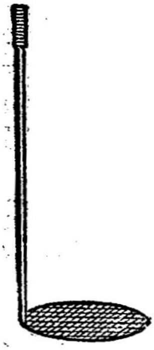
உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் : ஒரு கிராம் திடப்பொருளை அதனுடைய உருகுநிலையில், வெப்பநிலையை மாற்றாமல் திரவ நிலைக்கு மாற்றுதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு 'அப்பொருளின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்' எனப்படும்.

பனிக்கட்டியின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் : ஒரு கிராம் பனிக்கட்டி $0^{\circ}C$. நிலையிலேயே முழுவதும் நீராக மாறுவதற்குத் தேவையான வெப்பம் 'பனிக்கட்டியின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்' எனப்படும்.

உள்ளுறை வெப்பம் பொதுவாக L என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படும்.

பனிக்கட்டியின் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணல்

படம் 19-ல் காட்டியுள்ளபடி அமைந்த கம்பிவலை கலக்கியுடன் கலோரிமீட்டரின் எடையைக் காணவேண்டும் (w_1). கலோரிமீட்டரின் பாதி பாகத்திற்கு நீர் எடுத்துக்கொண்டு அதன் எடையைக் காணவேண்டும் (w_2). நீரின் தொடக்க வெப்பநிலை சுற்றுப்புற வெப்பநிலையைவிடச் சுமாராக 5° அதிகமாக இருந்தால் வெப்பக் கதிர்வீசலால் சோதனையின்போது ஏற்படும் வெப்ப மாற்றத்தை நீக்கிவிடலாம். நீரின் தொடக்க வெப்பநிலை (t_1)—ஐக் குறித்துக் கொண்டு, பனிக்கட்டியைச் சிறு சிறு துண்டுகளாக்கி, மை உறிஞ்சுதாளால் ஒற்றியெடுத்துக் கலோரிமீட்டருக்குள் போடவேண்டும். இப்பொழுது கலக்கியால் நன்கு கலக்கி இறுதி வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். (t_2). இந்த இறுதி வெப்பநிலையும் சுமாராக 5° குறைவாக இருக்கும்படி பனிக்கட்டியைச் சேர்க்கலாம். கலோரிமீட்டரைக் கலவையுடன் எடை காணவேண்டும் (w).



படம் 19.

நீரும் கலோரிமீட்டரும் இழந்த வெப்பம்

$$(w_1 s + w_2 - w_1)\ (t_1 - t_2)$$

0°C வெப்பநிலையில் பனிக்கட்டியை நீராக உருக்குவதற்குத் தேவையான வெப்பம் $= (w_3 - w_2\ L$

0°C வெப்பநிலையிலுள்ள உருகிய நீரை இறுதி வெப்பநிலை (t_2)-க்கு ஏற்றத் தேவையான வெப்பம் $= (w_3 - w_2)\ (t_2 - 0)$
எனவே, பனிக்கட்டியின் மொத்த வெப்ப ஏற்பு

$$= (w_3 - w_2)L + (w_3 - w_2)\ t_2$$

வெப்ப ஏற்பு = வெப்ப இழப்பு

$$(w_3 - w_2)L + (w_3 - w_2)t_2 = [w_1 s + (w_2 - w_1)]\ [t_1 - t_2]$$

$$\therefore\ L = \frac{[w_1 s + (w_2 - w_1)]\quad [t_1 - t_2]}{w_3 - w_2} - t_2$$

கவனிக்கவேண்டிய குறிப்புகள்

1. பனிக்கட்டிகள் வலைக்கம்பிக் கலக்கியால் நீருக்குள் நன்றாக அமிழ்த்தப்படவேண்டும்.

2. பனிக்கட்டிகள் சிறு துண்டுகளாக நன்றாக உலர்த்தப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

3. வெப்பக் கதிர்வீசல் திருத்தத்தை நீக்கிவிடுவதற்கு நீரின் தொடக்க வெப்பநிலை, சுற்றுப்புற வெப்பநிலையைவிடச் சிறிது அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

4. சேர்க்கப்படும் பனிக்கட்டியின் அளவு, கலவையின் சிறும வெப்பநிலை, பனிநிலைக்குக் கீழ் குறையாமல் இருக்கும் அளவிற்கு இருக்கவேண்டும்.

பனிக்கட்டியைப் பயன்படுத்தித் திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் காணல்

மேற்கூறிய சோதனையைப் போன்றே இதையும் செய்ய வேண்டும். கலோரிமீட்டரில் நீருக்குப் பதிலாகத் திரவத்தை எடுத்துக்கொண்டு, அதனுடன் பனிக்கட்டியைச் சேர்த்துக் கலக்க வேண்டும்.

பனிக்கட்டியின் வெப்ப ஏற்பு $= (w_3 - w_2) L + (w_3 - w_2) t_2$

கலோரிமீட்டரும் திரவமும் இழந்த வெப்பம்

$$= [\, w_1 s + (w_2 - w_3)\, x \,]\ (t_1 - t_2)$$

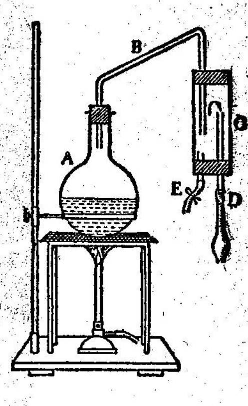
$x \longrightarrow$ திரவத்தின் வெப்ப எண்

வெப்ப ஏற்பு = வெப்ப இழப்பு

எனவே, $(w_3 - w_2) L + (w_3 - w_2) t_2 = [w_1 s + (w_2 - w_1)\, x\,]\ [t_1 - t_2]$

$$\therefore\ x = \frac{(w_3 - w_2)\ (l + t_2)}{(t_1 - t_2)\ (w_2 - w_1)} - \frac{w_1\, s}{(w_2 - w_1)}$$

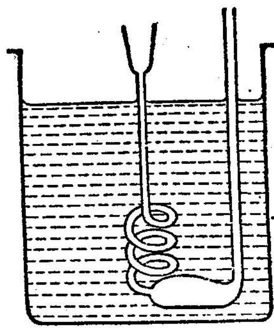
நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் காணல் ; ஈரமற்ற நீராவி உண்டாக்குவதற்குப் படத்திலுள்ளபடி ஒரு துளைத் தக்கையால் மூடப்பட்ட A என்ற கொதிகலத்தை எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். இந்தத் துளையின் வழியே B என்ற குழாய் செருகப்பட்டுள்ளது. இந்தக் குழாயின் மறுமுனை நீர் தடுப்பானோடு (steam trap) இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 20.

இந்தத் தடுப்பானின் மற்றொரு முனை, படம் 21-ல் காட்டியபடி அமைந்த ஓர் ஆவி சுருக்கியோடு (condenser) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கொதிகலத்திலிருந்து வெளிப்படும் நீராவி, குழாயின் வழி

யாகச் செல்லும்பொழுது மேல்நோக்கிச் சரிந்த பகுதியில் குளிர்ச்சியடைவதால், உருவாகும் நீர் கொதிகலத்திற்கே திரும்புகிறது. செங்குத்துப் பகுதியில் உருவாகும் நீர் தடுப்பான் அமைப்பிற்குள்ளேயே தங்கிவிடுகிறது. எனவே, தடுப்பானிலிருந்து வெளியேறும் நீராவி, நீர்த்திவலைகள் அற்ற உலர்ந்த நீராவியாகும்.



படம் 21.

முதலில் கலக்கியுடன் ஒரு கலோரிமீட்டரின் எடையைக் காணவேண்டும் (w_1). ஆவி சுருக்கி நன்றாக அமிழும் அளவிற்குக் கலோரிமீட்டரில் நீர் எடுத்துக்கொண்டு மறுபடியும் எடை காண வேண்டும் (w_2). பின் ஆவி சுருக்கியின் எடையைத் தனியாகக் கண்டுபிடித்து (W_1) அதனை நீருக்குள் வைக்கவேண்டும். கலோரிமீட்டரை அதற்குரிய மரப்பெட்டியில் வைத்து நீரின் வெப்பநிலையைக் (t_1) காணவேண்டும். அடுத்து நீராவி வெளியேறும் குழாயின் முனையை ஆவிசுருக்கியுடன் இணைக்க வேண்டும். வெப்பநிலை சுமார் 8° C. உயரும் வரை நீராவியைச் செலுத்தி இறுதிப் பெரும வெப்பநிலையைக் காண வேண்டும் (t_2). ஆவி சுருக்கியை வெளியே எடுத்து, அதன் வெளிப்புறத்தை நன்கு துடைத்துவிட்டு, மறுபடியும் எடை காண வேண்டும் (w_4). நீரின் கொதிநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும் (t_3). இங்குப் பெரும வெப்பத்திற்குக் கதிர்வீசல் திருத்தம் செய்துகொள்ளலாம்.

கலோரிமீட்டர், நீர், ஆவி சுருக்கி ஆகியவற்றின் வெப்ப ஏற்பு

$$= [\ (W_1 + W_3)\ s + (w_1 - w_2)\ ]\ [t_2 - t_1]$$

நீராவியின் வெப்ப இழப்பு

நீராவியின் எடை $= w_4 - w_3$

நீரின் கொதிநிலையில் நீராவி நீராக மாறும்பொழுது

இழந்த வெப்பம் $= (w_4 - w_3) L$

இவ்வாறு மாறிய நீரின் வெப்பநிலை t_3-யிலிருந்து t_2-க்குக் குறையும் பொழுது இழந்த வெப்பம்

$$= (w_4 - w_3)(t_3 - t_2)$$

எனவே, நீராவியின் மொத்த வெப்ப இழப்பு

$$= (w_4 - w_3)(L + t_3 - t_2)$$

வெப்ப இழப்பு = வெப்ப ஏற்பு

$$(w_4 - w_3)(L + t_3 - t_2) = [(w_1 + w_3) s + (w_2 - w_1)] [t_2 - t_1]$$

∴ L-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

கவனிக்கவேண்டிய குறிப்புகள்

1. கலோரிமீட்டருக்குள் செலுத்தப்படும் ஆவி, இயன்ற அளவு ஈரம் போக்கப்பெற்றதாக இருக்க வேண்டும்.

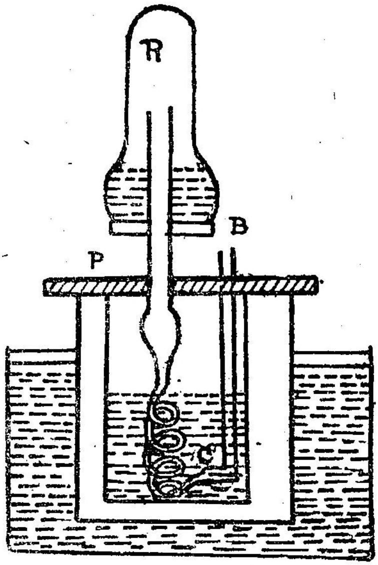
2. குழாயின் வழியே வெளியேறும் நீராவி அதிக அளவில் இருக்க வேண்டும். இதனால் தேவைப்பட்ட வெப்ப உயர்வு குறுகிய கால அளவிலேயே கிடைத்துவிடும். எனவே, வெப்பக் கதிர்வீச்சினால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பு மிகவும் குறைந்துவிடும்.

பெர்திலாட் முறை (Berthelot's Method)

பெர்திலாட் முறை மிகச் சிறந்ததாகும். R என்ற ஒரு குவிந்த பாத்திரத்திலுள்ள நீர் ஒரு வளைய அடுப்பின் (Ring burner) B உதவியால் கொதிநிலைக்குச் சூடாக்கப்படுகிறது. இதனால் உண்டாக்கப்படும் நீராவியானது பாத்திரத்தின் மத்தியில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு குழாய் வழியாகக் கீழே இழுக்கப்பட்டு, கதிர்வீச்சிலிருந்து பாதுகாக்கப்பட்ட ஒரு கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீருக்குள் ஆவிசுருக்கி (condenser) C மூலம் செலுத்தப்படுகிறது.

வளைய அடுப்பிலிருந்து வெப்பம் கீழே பரவாவண்ணம் ஓர் எபனைட் தகடு P கலோரிமீட்டரின் மீது வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஆவிசுருக்கியின் நிறையை முதலில் கண்டுபிடித்துக்கொண்டு, பின்னர் நீராவி அதனுள் செலுத்தப்பட்டு நீராக மாறியவுடன்

அதன் நிறையை மறுபடியும் கணக்கிட்டு, நீராவியின் எடையைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.



படம் 22.

மேலே குறிப்பிட்ட சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் கணக்கிடலாம். இம் முறையினால் நீராவியின் வெப்பநிலை மாறாமலிருக்கும்.

அக உள்ளுறை வெப்பமும் புற உள்ளுறை வெப்பமும் (Internal latent heat and external latent heat)

நீரை நீராவியாக மாற்றினால் அதன் பரிமாணம் மிகவும் அதிகரிக்கிறது. எனவே, வெளி அழுக்கத்தை எதிர்த்து விரிவு ஏற்படுகிறது. ஒரு கிராம் நிறையுள்ள நீரை அதன் கொதிநிலையில் ஆவியாக மாற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பமானது வெளி அழுக்கத்தை எதிர்த்து வேலை செய்வதற்கும், நீரின் உள்ளாற்றலை அதிகப்படுத்துவதற்கும் உதவுகிறது. வெளி அழுக்கத்தை எதிர்த்து வேலை செய்வதற்கு உதவும் வெப்பம் புற உள்ளுறை வெப்பமெனவும், நீரின் உள்ளாற்றலை அதிகப்படுத்த உதவும் வெப்பம் அக உள்ளுறை வெப்பமெனவும் கூறப்படும்.

1 கிராம் நீர் 100°C-ல் சுமார் 1 க.செ மீ. பரிமாணத்தைக் கொள்கிறது. அதை ஒரு வாயுமண்டல அழுக்கத்தில் ஆவியாக

மாற்றினால் 1·647 க.செ.மீ. பரிமாணத்தைக் கொள்கிறது. எனவே, வெளி அழுக்கத்தை எதிர்த்துச் செயல்படும் வேலை B என்றால்,

$$w = \text{ஒரு வாயு மண்டல அழுக்கம்} \times \text{பரிமாண அதிகரிப்பு}$$

$$= 76 \times 13{\cdot}6 \times 980 \times 1646 \times \text{எர்க்குகள்}$$

$$= 1{\cdot}67 \times 10^9 \text{ எர்க்குகள்}$$

இது 39·7 கலோரிகளுக்குச் சமம்.

எனவே, புற உள்ளுறை வெப்பம் = 39·7 கலோரிகள்/கிராம்

\நீராவியின் மொத்த உள்ளுறை வெப்பம் = 540 கலோரிகள்/கிராம்

எனவே, அக உள்ளுறை வெப்பம் = 540 − 39·7

= 500·3 கலோரிகள்/கிராம்

நீராவியின் மொத்த வெப்பம் (Total Heat of Steam): 0°C வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு கிராம் நீரை t°C வெப்பநிலையில் நிறை செறிவு ஆவியாக்குவதற்குத் தேவையான வெப்பம் t°-ல் நீராவியின் மொத்த வெப்பம் எனப்படும்.

எனவே, t°C-ல் நீராவியின் மொத்த வெப்பம் = ஒரு கிராம் நீரின் வெப்பத்தை 0°C-லிருந்து t°C-க்கு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் + t°C-ல் நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்.

வாட் என்ற அறிஞர் தனது சோதனைகளின் இறுதியில் கீழ்க்கண்ட ஒரு விதியைக் கண்டார். அவ்விதியாவது:

எந்த வெப்பநிலையிலும் நீராவியின் மொத்த வெப்பம் மாறிலியாயிருக்கும்.

எனவே. Q என்பது t°C-ல் நீராவியின் மொத்த வெப்பம் என்றால் வாட் விதிப்படி,

$$Q = t + L_t$$

$$= \text{ஒரு மாறிலி}$$

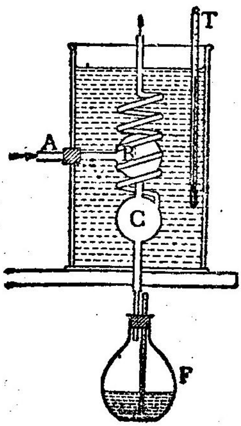
எனவே, இவ்விதிப்படி, உள்ளுறை வெப்பம் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் வெவ்வேறாக இருக்கவேண்டும்.

ஸகர்ன், கிரிக்டன் என்ற அறிஞர்கள் உள்ளுறை வெப்பம் எந்த வெப்பநிலையிலும் மாறாமல் இருக்கும் என்று கண்டார்கள். இவர்கள் விதிப்படி, நீராவியின் மொத்த வெப்பம் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் வெவ்வேறாக இருக்கவேண்டும்.

இந்த இரண்டு விதிகளும் உண்மைக்குப் புறம்பானவை என்று ரெக்னால்ட் என்ற அறிஞர் தனது சோதனைகளின் மூலம் கண்டார்.

ரெக்னால்டின் சோதனை : ரெக்னால்ட் பயன்படுத்திய கருவியின் அமைப்பைப் படத்தில் காணலாம்.

இதில் B, C என்ற இரு தாமிரத்தாலான கோளங்கள் ஒரு குழாயினால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தக் கோளங்கள் இரண்டும் கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரில் நன்கு அமிழ்த்தி வைக்கப்பட்டிருக்கும். கொதிகலத்திலிருந்து நீராவி B என்ற கோளத்திற்கு முதலில் சென்று, பின் C என்ற கோளத்திலிருந்து சுருள் குழாயின் மூலம் வெளியேறும். சுருள் குழாயிலும் கோளங்களிலும் குளிர்ந்து நீராக மாறிய நீராவி, F என்ற குடுவையை அடையும். கொதிகலத்திலுள்ள அழுத்தத்தை வெவ்வேறு அளவில் வைத்து, நீரின் கொதிநிலையை வெவ்வேறு வெப்பநிலைக்கு மாற்றி, நீராவியின் மொத்த வெப்பத்தை ஒவ்வொரு வெப்பநிலையிலும் காணலாம்.



படம் 23.

குளிர்ந்து நீராக மாறிய நீராவியின் எடையை m எனக் கொள்வோம் இரு கோளங்கள், கலோரிமீட்டர் முதலியவைகளின் சமநீர் எடையை w எனக் கொள்வோம். நீரின் தொடக்க வெப்பநிலையை t_2° C. எனவும், இறுதி வெப்பநிலையை t°C. எனவும், நீராவியின் வெப்பநிலையை t° C. எனவும் கொண்டால்,

$$m L_t + m(t - t_2) = w(t_2 - t_1)$$

வெவ்வேறு கொதிநிலைகளில் சோதனையைச் செய்து ரெக்னால்ட் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டைப் பெற்றார்:

$$Q = 606 \cdot 5 - 0 \cdot 305\, t$$

இதிலிருந்து, மொத்த வெப்பம் t-ஐப் பொறுத்து மாறும் என்று அறியலாம். எனவே, வாட் விதி தப்பாகும்.

$$\text{மேலும், } Q = L_t + t$$

$$L_t + t = 606 \cdot 5 + 0 \cdot 305\, t$$

$$\therefore\ L_t = 606 \cdot 5 - 0 \cdot 695\, t$$

இதிலிருந்து, உள்ளுறை வெப்பம் t ஐப் பொறுத்து மாறும் என்று அறியலாம். எனவே, ஸதர்ன் விதியும் தப்பாகும்.

$L_t = 606 \cdot 5 - 0 \cdot 695\, t$ என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து எந்த வெப்பநிலையில் உள்ளுறை வெப்பம் சுழியாகும் என்பதை அறியலாம்.

$$L_t = 0$$

$$\therefore \quad 606 \cdot 5 - 0 \cdot 695\, t = 0$$

$$\therefore \quad t = \frac{606 \cdot 5}{\cdot 695}$$

$$= 872^\circ C.$$

ஆனால், சோதனையின் மூலம் 374°C-ல் உள்ளுறை வெப்பம் சுழியாவதைக் காணலாம்.

வாயுவின் வெப்ப எண்: திட, திரவப் பொருள்களைப் போலன்றி வாயுப்பொருள்கள் அதிக அளவில் சுருங்கும் தன்மையுடையவை. எனவே, வெப்பநிலை சிறிதளவு உயர்ந்தாலும் அழுத்தமும் கன அளவும் அதிக அளவில் மாறுபடும். குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவிற்குக் கன அளவு மாறுநிலையிலோ, அல்லது அழுத்தம் மாறுநிலையிலோ வெப்பம் கொடுத்து வெப்ப நிலையை உயர்த்தலாம்.

கன அளவு மாறுநிலையில் ஒரு கிராம் பொருண்மையுடைய வாயுவின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டி கிரேடு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் அவ்வாயுவின் கன அளவு மாறு வெப்ப எண் (C_v) எனப்படும். இங்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் வாயுவின் உட்புற ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்கும் பயன்படும். எனவே, ஒரு கிராம் பொருண்மையுடைய வாயுவின் வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டி கிரேடு உயர்த்தப்பட்டால் அவ்வாயுவின் உட்புற ஆற்றல் அதிகமாகும்.

அழுத்தம் மாறுநிலையில் ஒரு கிராம் பொருண்மையுடைய வாயுவின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டி கிரேடு உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் அவ்வாயுவின் அழுத்தம் மாறு வெப்ப எண் (C_p) எனப்படும். வெப்பநிலை உயரும்பொழுது அழுத்தம் மாற வில்லையெனில் அதனுடைய கன அளவு அதிகரிக்கும். இதனால் வாயு வெளிப்புற அழுத்தத்தை எதிர்த்துச் சிறிது வேலை செய்யும். இவ்வாறு வேலை செய்வதற்கு வேண்டிய ஆற்றலும் கொடுக்கப் படும் வெப்ப ஆற்றலிலிருந்துதான் பெறப்படும். மேலும், வெப்ப நிலை உயர்வதால் உட்புற ஆற்றல் C_v கலோரி அதிகமாகியிருக்கும். எனவே, மேற்கூறிய இரண்டு விதமான ஆற்றல்களை நாம் கொடுக்கும் வெப்ப ஆற்றல் ஈடுசெய்யும். எனவே, C_p, C_v யைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

இரண்டுவிதமான வெப்ப எண்களுக்கும் உள்ள தொடர்பு

மேயரின் சமன்பாடு : அழுத்தம் மாறாநிலையிலுள்ள ஒரு கிராம் பொருண்மையுடைய வாயுவிற்கு dQ கலோரி வெப்பம் தொடுப்பதாகக் கொள்வோம். வெப்பநிலை dT° உயர்வதாகக் கொள்வோம்

$$\therefore \quad dQ = C_p \, dT$$

இந்த வெப்பம் இரண்டு வழிகளில் பயன்படும்.

(1) வாயுவின் உட்புற ஆற்றலை அதிகரிக்கவும், (2) விரிவடையும்பொழுது வேலை செய்வதிலும் ஆகும்.

உட்புற ஆற்றலை அதிகரிக்கப் பயன்பட்டிருக்கும் வெப்பம் $= C_v \, dT$, வெளியேயுள்ள அழுத்தம் P என்றும், அதிகரித்த கன அளவின் மதிப்பு dV என்றும் கொண்டால் வேலை செய்வதற்குப் பயன்பட்டிருக்கும் வெப்பம் $= \frac{P \cdot dV}{J}$

$$\text{என்வே, } dQ = C_p dT + = C_v dT + \frac{P \cdot dV}{J}$$

எடுத்துக்கொண்ட வாயு செயல்முறை சாராத வாயுவானால்,

$$PV = RT$$

$$P\, dV = R \cdot dT$$ (அழுத்த மாறாநிலையில் உள்ளதால் P மாறிலியாயிருக்கும்)

$$\therefore \quad C_p \, dT = C_v dT + \frac{R\, dT}{J}$$

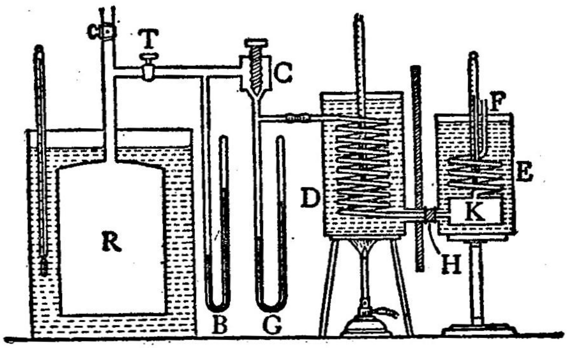
$$C_p = C_v + \frac{R}{P}$$

$$\therefore \quad C_p - C_v = \frac{R}{J}$$

C_p-ஐக் காணல் : ரெக்னால்ட் முறை

படம் 24-ல் காட்டியுள்ளபடி அமைந்த ஒரு கருவியைப் பயன்படுத்தலாம். சோதனைக்குரிய வாயு R என்ற சேமக்கலத்தினுள் அதிக அழுத்தத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். வாயுவின் அழுத்தத்தை B என்ற பாதரசமானியால் அளக்கலாம். T என்ற அடைப்பானைத் திருகி வாயுவை வெளியேற்றலாம். C என்ற அடைப்பிதழைச் சரிசெய்து வாயுவை எண்ணெய்

நிரம்பிய முகவையிலுள்ள D என்ற சுருள்குழாயின் உள்ளே செலுத்தலாம். G என்ற அழுத்தமானியின் மட்டங்கள் நிலையாக இருக்குமாறு C-யைச் சரிசெய்துகொண்டேயிருக்கவேண்டும். இவ்வாறு செய்வதன் மூலம் அழுத்தத்தை மாருமல் வைத்திருக்கலாம். சூடேற்றப்பட்ட வாயு, கலோரிமீட்டரில் (E) உள்ள நீரில் அமிழ்த்திவைக்கப்பட்டுள்ள R என்ற ஆவி சுருக்கியினுள் சென்று, F-ன் வழியாக வெளியே செல்லும்.



படம் 24.

தொடக்கத்தில் R-ல் உள்ள வாயுவின் அழுத்தத்தையும் கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையையும் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். அடைப்பிதழைச் சரிசெய்து குறிப்பிட்ட காலத்திற்கு வாயுவை வெளியேற்ற வேண்டும். வாயு சூடேற்றப்பட்டு அதனுடைய வெப்பத்தைக் கலோரிமீட்டருக்குக் கொடுக்கும். கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரின் வெப்ப நிலையையும் R-ல் உள்ள வாயுவின் அழுத்தத்தையும் மறுபடியும் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும்.

வெளியேற்றப்பட்ட வாயுவின் பொருண்மை m எனக் கொள்வோம். முகவையிலுள்ள எண்ணெயின் வெப்பநிலை θ_1 எனவும், தொடக்கத்தில் கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலை θ_2 எனவும், இறுதியில் அதன் வெப்பநிலை θ_3 எனவும், கலோரிமீட்டர், ஆவிசுருக்கி ஆகியவற்றின் எடை W எனவும், நீரின் எடை w எனவும் கொள்வோம்.

எனவே, கலோரிமீட்டரும் நீரும் ஏற்ற வெப்பம்

$$= (Ws+w)\ (\theta_3-\theta_2)$$

$$\text{வாயு இழந்த எடை} = mc_p - \left(\theta_1 - \frac{\theta_2+\theta_3}{2}\right)$$

$$\therefore (W_s+w)(\theta_3-\theta_2) = mc_p\left(\theta_1 - \frac{\theta_2+\theta_3}{2}\right)$$

m-ன் மதிப்பைக் காணல்

R-ல் உள்ள வாயுவின் அழுத்தம் தொடக்கத்திலும் இறுதியிலும் P_1, P_2 எனக் கொள்வோம். சேமக்கலத்தின் கொள்ளளவை V எனவும், சுற்றுப்புற வெப்பநிலையை θ°C எனவும் கொள்வோம். R-ல் உள்ள வாயுவின் அடர்த்தி தொடக்கத்திலும் இறுதியிலும் முறையே ρ_1, ρ_2 எனக் கொள்வோம். இயனளவு வெப்ப அழுத்த நிலையில் வாயுவின் அடர்த்தி ρ_0 எனக் கொள்வோம்.

$$\text{எனவே,}\ \frac{P_1}{\rho_1} = R(273+\theta)$$

$$\therefore \rho_1 = \frac{P_1}{R(273+\theta)}$$

$$\frac{P_2}{\rho_2} = R(273+\theta)$$

$$\therefore \rho_2 = \frac{P_2}{R(273+\theta)}$$

$$\therefore \rho_1-\rho_2 = \frac{P_1-P_2}{R(273+\theta)}$$

$$\text{மேலும்,}\ \frac{76}{\rho_0} = R\times 273$$

$$\therefore R = \frac{76}{\rho_0\times 273}$$

$$\therefore \rho_1-\rho_2 = \frac{P_1-P_2}{76}\times\frac{273}{273+\theta}\times\rho_0$$

$$\therefore m = (\rho_1-\rho_2)V$$

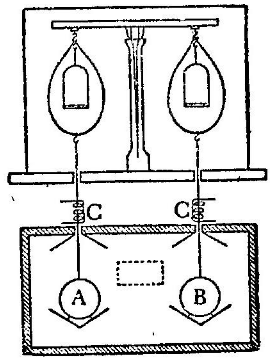
$$= V\times\frac{P_1-P_2}{76}\times\frac{273}{(273+\theta)}\times\rho_0$$

சோதனையின்மூலம் C_v-ஐக் காணல்

ஜாலியின் பகுநீராவிக் கலோரிமீட்டர்: இதில் A, B என்ற தாமிரத்தால் ஆன, எல்லா வகையினும் ஒத்த வடிவமுடைய கோளங்கள் சமநீளமுள்ள மெல்லிய கயிற்றினுல் நுட்பமான தராசின் தட்டுகளிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும். இந்தக்

கோளங்களைச் சுற்றி ஒரு நீராவி அறை இருக்கும். நீராவி அறையின் வாயில்களில் நீராவி குளிர்ந்து நீராக மாறுவதைத் தடுக்க C, C என்ற சூடேற்றிக் கம்பிகள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தக் கோளங்களோடு நீர் சேகரிக்கும் இரு தட்டுகள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

தொடக்கத்தில் இரண்டு கோளங்களிலும் காற்றை நீக்கித் தராசைச் சரிசெய்ய வேண்டும். பின் ஏதாவது ஒரு கோளத்தில் அதிக அழுத்தத்தில் சோதனைக்குரிய வாயுவை அடைத்து மறுபடியும் தராசைச் சரி செய்ய வேண்டும். இந்த இரண்டு எடைகளிலிருந்து அடைக்கப்பட்டுள்ள வாயுவின் பொருண்மை (m)ஐக் காணலாம். நீராவி அறையினுள் இப்பொழுது நீராவியைச் செலுத்தவேண்டும். நிலையான நிலை ஏற்பட்டவுடன் மறுபடியும் தராசைச் சரிசெய்ய வேண்டும். இப்பொழுது இரண்டு கோளங்களிலும் நீராவி குளிர்ந்து நீராக மாறி சேகரிக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 25.

வாயு நிரம்பியுள்ள கோளத்தில் சேகரிக்கப்பட்டுள்ள நீர் அதிக அளவில் இருக்கும். இந்த அதிகப்படியான எடையைக் (W) காணவேண்டும். நீராவியின் வெப்பநிலையை t_2 எனவும், தொடக்கத்தில் நீராவி அறையின் வெப்பநிலையை t_1 எனவும் கொண்டால், வாயு கன அளவு மாறுநிலையில் ஏற்கும் வெப்பம் $= mc_v(t_2-t_1)$

$$\text{நீராவி இழந்த வெப்பம்} = WL$$

$$\therefore mc_v(t_2-t_1) = WL$$

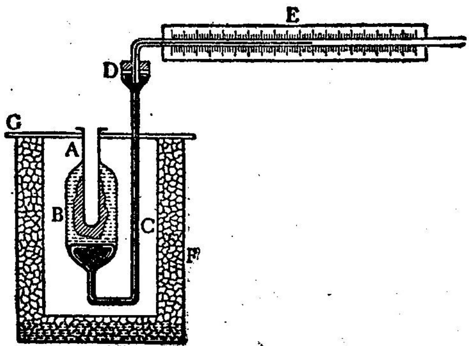
$$\therefore c = \frac{WL}{m(t_2-t_1)}$$

எல்லா வகையிலும் ஒத்த இரு கோளங்கள் எளிதில் கிடைக்காததால், வாயுவை அடுத்த கோளத்திற்கு மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்யவேண்டும். வெப்பநிலை உயர்வதால், கோளங்களுக்கு ஏற்படும் ஒரு சிறிய கன அளவு மாற்றத்திற்குத் திருத்தம் செய்துகொள்ளலாம்.

புன்சனின் பனிக்கட்டி கலோரிமீட்டர் : மிகக்குறைந்த அளவில் கிடைக்கக்கூடிய திட, திரவப் பொருள்களுக்கு இதன் மூலம்

வெப்ப எண்ணைக் காணலாம். பனிக்கட்டி உருகி நீராக மாறும் பொழுது கன அளவு குறையும் என்ற தத்துவத்தில் இந்தக் கலோரிமீட்டர் வேலை செய்கிறது.

இதில் A என்ற சோதனைக்குழாய் B என்ற மற்றொரு குழாயினுள் இருக்குமாறு இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. B யின் கீழ்முனையில் CD என்ற இருமுறை நேர்கோணமாக வளைக்கப்பட்ட குழாய் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். D என்ற முனை அகன்ற வாயுடன் இருக்கும். இந்த வாயை ஒரு துளையுள்ள தக்கையால் மூடலாம்.



படம் 26.

துளையின் வழியே அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்ட E என்ற நுண்துளைக் குழாய் செருகப்பட்டிருக்கும். இந்த முழு அமைப்பும் F என்ற ஒரு பாத்திரத்தினுள் வைக்கப்பட்டு பனிக்கட்டியால் சூழப்பட்டிருக்கும். பாத்திரத்தை G என்ற மூடியால் மூடலாம்.

தொடக்கத்தில் B யின் மேல்பாகத்தைக் காற்று நீக்கப்பட்ட சுத்தமான நீராலும் கீழ்ப்பாகத்தையும், C என்ற குழாயையும், நுண்துளைக்குழாயின் ஒரு பகுதியையும் பாதரசத்தாலும் நிரப்ப வேண்டும்.

சோதனைக் குழாயினுள் சிறிது ஈதரை ஊற்றிக் காற்றைச் செலுத்தி அதனை வேகமாக ஆவியாக்கினால், சோதனைக்குழாயைச் சுற்றிலும் வெப்பநிலை மிகக்குறையும். இதனால் நீர் உறைந்து குழாயைச் சுற்றிலும் பனிக்கட்டியாக மாறும். தேவையான அளவு பனிக்கட்டி உண்டாகுமாறு ஈதரை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இப்பொழுது நுண்துளைக்குழாயில் பாதரசமட்டத்திற்கு எதிராக உள்ள அளவைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும்.

இப்பொழுது m கிராம் பொருண்மையும் s என்ற வெப்ப எண்ணும் கொண்ட ஒரு திடப்பொருளின் வெப்பநிலையை θ° உயர்த்தி சோதனைக்குழாயினுள் போடவேண்டும். இதனுல் சிறிது பனிக்கட்டி உருகும். இதன் விளைவாக நுண்துளைக் குழாயில் பாதரச மட்டம் பின்னேக்கி n பகுதிகள் நகருவதாகக் கொள்வோம். திடப்பொருள் இழந்த வெப்பம் $= ms\theta$ கலோரி. எனவே, ஒரு பகுதி நகருவதற்குத் தேவையான வெப்பம் $= \dfrac{ms\theta}{n}$ கலோரி.

கொடுக்கப்பட்ட M கிராம் பொருண்மையுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை T° உயர்த்தி அதனை இப்பொழுது சோதனைக் குழாயினுள் போடவேண்டும். இதன் விளைவாக, பாதரசமட்டம் N பகுதிகள் நகர்ந்தால், பனிக்கட்டி ஏற்ற வெப்பம்.

$$= \frac{ms\theta}{n} \times N.$$

பொருள் இழந்த வெப்பம்

$$= Ms_1T \text{ (} s_1 \text{ — பொருளின் வெப்ப எண்)}$$

$$\therefore \frac{ms\theta}{n} \times N = Ms_1 T.$$

$$\therefore s_1 = \frac{m\theta}{MT} \times \frac{N}{n} \times s.$$

கலோரிமீட்டரைப் பனிக்கட்டி கலந்த நீருள்ள அகன்ற பாத்திரத்தில் வைக்கவேண்டும். இல்லையெனில், சுற்றுப்புறத்தி லிருந்து கலோரிமீட்டர் வெப்பத்தை ஏற்கும். இதனுல் பாதரச மட்டம் பொதுவாகப் பின்னேக்கி நகர்ந்துகொண்டே இருக்கும்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. 26°C வெப்பநிலையிலுள்ள 300 கிராம் திரவம் (வெப்ப எண் 0·5) 182·3 கிராம் பொருண்மையுடைய கலோரிமீட்டரில் உள்ளது. இதனுள் 4·08 கிராம் நீராவியைச் செலுத்திஞல் வெப்பநிலை எவ்வளவு உயரும்? (கலோரிமீட்டர் செய்யப்பட்டுள்ள பொருளின் வெப்ப எண் = 0·09, நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் = 540 கலோரி/கிராம்.)

வெப்பம் t°C உயருவதாகக் கொள்வோம்.

எனவே, கலோரிமீட்டரின் வெப்ப ஏற்பு $= 182{\cdot}3 \times 0{\cdot}09 \times t$

திரவத்தின் வெப்ப ஏற்பு $= 300 \times 0{\cdot}5 \times t$

மொத்த வெப்ப ஏற்பு $= 182{\cdot}3 \times 0{\cdot}09 \times t + 300 \times 0{\cdot}5 \times t$

$= 166{\cdot}4 \times t$

நீராவி 100°C-ல் நீராக மாறும்பொழுது

இழக்கும் வெப்பம் $= 4{\cdot}08 \times 540$

இந்த நீர் 100°C-லிருந்து $(26 + t)^\circ$-க்குக் குளிரும் பொழுது

இழக்கும் வெப்பம் $= 4{\cdot}08\ [100 - (26 + t)]$

$= 4{\cdot}08\ (74 - t)$

வெப்ப ஏற்பு = வெப்ப இழப்பு

$166{\cdot}4\ t = 4{\cdot}08\ (74 - t)$

$\therefore\ t = 14{\cdot}6^\circ C$

2. 80 கிராம் எடையுள்ள தாமிரத்தாலான கலோரிமீட்டரில் 0°C வெப்பநிலையிலுள்ள 143 கிராம் நீரில் 7 கிராம் பொருண்மையுடைய பனிக்கட்டி மிதந்துகொண்டிருக்கிறது. கலோரிமீட்டருள் இறுதி வெப்பநிலை 35°C வரும் வரை 100°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீராவியைச் செலுத்தினுல், எவ்வளவு நீராவி குளிர்ந்து நீராக மாறியிருக்கும்.

(L—பனிக்கட்டிக்கு—80 கலோரி/கிராம்; L—நீராவிக்கு 536 கலோரி/கிராம். கலோரிமீட்டரின் வெப்ப எண் = 0·1)

கலோரிமீட்டரின் வெப்ப ஏற்பு $= 80 \times 0{\cdot}1 \times 35$

$= 280$

7 கிராம் பனிக்கட்டியின் மொத்த

வெப்ப ஏற்பு $= 7 \times 80 + 7 \times 35$

$= 560 + 245$

$= 805$

நீரின் வெப்ப ஏற்பு $= 143 \times 35$

$= 5005$

எனவே, மொத்த வெப்ப ஏற்பு $= 280 + 805 + 5005$

$= 6090$ கலோரிகள்

நீராக மாறிய நீராவியின் பொருண்மையை x எனக் கொண்டால்,

நீராவி இழந்த மொத்த வெப்பம் $= x \times 536 + x \times (100 - 35)$

$= x \times 536 + 65x$

$= 601\ x$

$\therefore\ 601\ x = 6090$

$\therefore\ x = \dfrac{6090}{601} = 10{\cdot}1$ கிராம்.

3. $-8°C$ வெப்பநிலையிலுள்ள 10 கிராம் பனிக்கட்டியை $100°C$ வெப்பநிலையில் நீராவியாக மாற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பத்தைக் கணக்கிடு. (L-பனிக்கட்டிக்கு 80 கலோரி/கிராம்; L-நீராவிக்கு 536 கலோரி/கிராம்; பனிக்கட்டியின் வெப்ப எண் 0·5.)

(a) 10 கிராம் பனிக்கட்டியின் வெப்பநிலை $-8°C$-லிருந்து $0°C$-க்கு உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம்

$$= 10 \times \cdot 5 \times 8 \quad 40 \text{ கலோரி}$$

(b) $0°C$ வெப்பநிலையிலேயே பனிக்கட்டியை நீராக மாற்றுவதற்குத் தேவையான வெப்பம் $= 10 \times 80 = 800$ கலோரி.

(c) 10 கிராம் நீரின் வெப்பநிலையை $0°C$-லிருந்து $100°C$-க்கு உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம் $= 10 \times 1 \times 100 = 1000$ கலோரி.

(d) $100°C$ வெப்பநிலையிலேயே நீராவியாக மாற்றத் தேவையான வெப்பம் $= 10 \times 536 = 5360$ கலோரி.

$\therefore$ மொத்த வெப்பம் $= 40 + 800 + 100 + 5360$

$= 6300$ கலோரிகள்.

(4) புன்சனில் பனிக்கட்டி கலோரிமீட்டரிலுள்ள நுண்துளைக் குழாயில் துளைவிட்டம் 0·4 மி.மீ. 0·5 கிராம் பொருண்மையும் $100°C$ வெப்பநிலையும் உள்ள ஒரு பொருளைக் கலோரிமீட்டருள் போடும்பொழுது பாதரச மட்டம் 4 செ.மீ. நகருகிறது. பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடு. ($0°C$-ல் நீரின் ஒப்படர்த்தி $= 1$; $0°C$-ல் பனிக்கட்டியின் ஒப்படர்த்தி $= 0{\cdot}917$; பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பம் $= 80$ கலோரி/கிராம்.)

நுண்துளைக்குழாயின் குறுக்குப் பரப்பளவு

$$= \pi \times 0{\cdot}02 \times 0{\cdot}02 \text{ ச.செ.மீ.}$$

எனவே, பனிக்கட்டி உருகுவதால் ஏற்படும் கன அளவு மாற்றம்

(கன அளவு குறைவு) $= \pi \times 0{\cdot}0004 \times 4$ க.செ.மீ.

$= 0{\cdot}0016\,\pi$ க.செ.மீ.

$0°C$-ல் 1 கிராம் பனிக்கட்டியின் கன அளவு

$$= \frac{1}{0{\cdot}917} = 1{\cdot}09 \text{ க.செமீ.}$$

எனவே, ஒரு கிராம் பனிக்கட்டி உருகுவதால் குறையும் கன அளவின் மதிப்பு = 0·09 க.செ.மீ.

அல்லது 0·09 க.செ.மீ. குறைய 80 கலோரி வெப்பம் தேவைப் படுகிறது.

எனவே, 0·0016 π க.செ.மீ. குறைவதற்குத் தேவையான

$$\text{வெப்பம்} = \frac{0 \cdot 0016\pi}{0 \cdot 09} \times 80$$

பொருள் இழந்த வெப்பம் $= 0 \cdot 5 \times s \times 100$

$$\therefore \quad 0 \cdot 5 \times s \times 100 = \frac{0 \cdot 0016\pi}{0 \cdot 09} \times 80$$

$$\therefore s = \frac{0 \cdot 0016\pi}{0 \cdot 09} \times \frac{80}{0 \cdot 5 \times 100}$$

$$s = 0 \cdot 089$$

பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. 300 கிராம் எடையுள்ள ஈயத்தாலான பாத்திரம் ஒன்றில் 29°C வெப்பநிலையிலுள்ள 418 கிராம் திரவத்தில் 99°C வெப்ப நிலையிலுள்ள 96 கிராம் எடையுள்ள ஈயக்குண்டுகளைக் (வெப்ப எண் 0·03) கலந்தால், கலவையின் இறுதி வெப்பநிலை 33°C ஆகிறது. திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடு. (0·26)

2. 56°C வெப்பநிலையிலுள்ள 0·6 வெப்ப எண் உடைய 120 கிராம் எண்ணெய் 10 கிராம் சம நீர் எடையுள்ள ஒரு கலோரி மீட்டரில் இருக்கிறது. கலோரிமீட்டர், எண்ணெய் ஆகியவற்றின் வெப்பநிலையை 6° குறைவதற்கு எவ்வளவு பனிக்கட்டி தேவைப் படும். (47·7 கிராம்)

3. 26°C வெப்பநிலையிலுள்ள 300 கிராம் திரவம் (வெப்ப எண் 0·5) 182·3 கிராம் பொருண்மையுடைய தாமிரக் கலோரி மீட்டரில் உள்ளது. இதனுள் 4·08 கிராம் நீராவியைச் செலுத் தினல் வெப்பநிலை எவ்வளவு உயரும். (நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம் = 540 கலோரி/கிராம். தாமிரத்தின் வெப்ப எண் = 0·09.) (14·4°C)

4. 55 கிராம் எடையுள்ள ஒரு தாமிரக் கலோரிமீட்டரில் 35°C வெப்பநிலையிலுள்ள 70 கிராம் எண்ணெய் உள்ளது. எண்ணெயின் வெப்பநிலையை 25°C குறைப்பதற்கு 5·14

கிராம் பனிக்கட்டி தேவைப்பட்டால் எண்ணெயின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடு. (0·7)

5. 100°C வெப்பநிலையிலுள்ள 10 கிராம் பொருண்மை யுடைய ஓர் உலோகத்துண்டை புன்சனின் பனிக்கட்டி கலோரி மீட்டரில் போடும்பொழுது நுண்துளைக் குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டம் 11·1 செ.மீ. பின்னோக்கி நகருகிறது. நுண்துளைக் குழாயின் துளைவிட்டம் 1.25 மி.மீ. பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் 80 கலோரி/கிராம் என்றும், ஒரு க.செ.மீ. பனிக் கட்டி 0°C வெப்பநிலையிலேயே 0·91 க.செ.மீ. நீராக மாறும் என்றும் எடுத்துக்கொண்டு உலோகத் தண்டின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடு. (0.122,)

6. 105°C வெப்பநிலையிலுள்ள 3 கிராம் பொருண்மையும், 0·095 கலோரி/கிராம் வெப்ப எண்ணும் கொண்ட ஒரு திடப் பொருள் புன்சனின் பனிக்கட்டி கலோரிமீட்டரில் போடும் பொழுது, 1 6 மி.மீ. துளைவிட்டமுள்ள நுண்துளைக் குழாயில் பாதரசம் எவ்வளவு தூரம் நகரும். பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பம் = 80 கலோரி/கிராம்; பனிக்கட்டியின் அடர்த்தி = 0·917 கிராம்/க.செ.மீ. (1·69செ.மீ)

7. சுற்றுப்புறம் 10°C வெப்பநிலையிலுள்ள ஓர் இடத்தில் கலோரிமீட்டரிலுள்ள சூடேற்றப்பட்ட திரவம் 80°C-லிருந்து 60°C-க்கு வர 10 நிமிடங்கள், எடுத்துக்கொண்டால், 60°C-லிருந்து 40°C-க்கு வர எவ்வளவு காலம் ஆகும். (15·18 நிமிடங்கள்.)

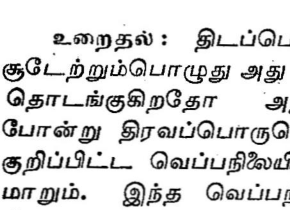
8. அடுத்தடுத்து திரவத்தாலும் நீராலும் நிரப்பப்பட்ட 10 கிராம் சமநீர் எடையுள்ள ஒரு கலோரிமீட்டர் ஒரே அளவு வெப்பநிலையிலுள்ள சுற்றுப்புறத்தில் இருக்கும்பொழுது குளிர்வதால் வெப்பநிலை ஒரே அளவு குறைவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் முறையே 4 நிமிடங்கள், 9 நிமிடங்கள் 40 வினாடிகள் என்றால், திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடு. (நீரின் எடை 400 கிராம்; திரவத்தின் எடை 320 கிராம்.) (0.49)

5. நிலை மாற்றம்

(Change of State)

உறைதல் : திடப்பொருள் ஒன்றை அதிக வெப்பநிலைக்குச் சூடேற்றும்பொழுது அது உருகும். எந்த வெப்பநிலையில் உருகத் தொடங்குகிறதோ அதனை உருகுநிலை எனலாம். இதே போன்று திரவப்பொருளொன்றைக் குளிர்விக்கும்பொழுது ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் அது உறைந்து திடப்பொருளாக மாறும். இந்த வெப்பநிலையை **உறைநிலை** எனலாம். படிக இயல்புடைய பொருள்களுக்கு (எடுத்துக்காட்டு: பனிக்கட்டி) நிலை மாற்றம் ஒரே வெப்பநிலையில் ஏற்படும். மற்றப் பொருள்களுக்கு (எடுத்துக்காட்டு: மெழுகு) நிலைமாற்றம் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை நெடுக்கத்திடையே ஏற்படும்.

சிறிது நாப்தலீனை ஒரு சோதனைக் குழாயில் எடுத்துக்கொண்டு நன்கு சூடேற்றவேண்டும். வெப்பநிலை சுமாராக 100°C வந்தவுடன் சோதனைக்குழாயை ஒரு தாங்கியில் கட்டித் தொங்க விட வேண்டும். நிறுத்து கடிகாரத்தின் உதவியால் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொண்டே வந்து, வெப்பநிலைக்கும் காலத்திற்கும் ஒரு வரைபடம் வரையவேண்டும். படம் 27-ல் காட்டியபடி ஒரு வரைபடம் கிடைக்கும்.



படம் 27.

இதில் ABயில் திரவம் வெகு வேகமாகக் குளிர்வதையும், BC யில் வெப்பம் கடத்தப்பட்டாலும் வெப்பநிலை மாறாமல் இருப்பதையும் CDயில் திடப்பொருள் குளிர்வதையும் அறிகிறோம். B என்ற புள்ளியில் நாப்தலீன் முழுவதும் திரவநிலையிலும் C என்ற புள்ளியில் முழுவதும் திடநிலையிலும் இருக்கும். BC என்ற கிடைமட்டக்

கோட்டிற்கு எதிராகவுள்ள வெப்பநிலை நாப்தலீனின் உருகு நிலையைக் குறிக்கும். படிக இயல்பற்ற பொருள்களுக்கு BC என்ற கோடு கிடைமட்டமாக இல்லாமல் சிறிது சாய்வாக இருக்கும்.

உறையும் பொழுது ஏற்படும் கன அளவு மாற்றம்: மெழுகு போன்ற அநேக பொருள்கள் உறையும்பொழுது சுருங்கு கின்றன. ஆனால் நீர், அச்சு உலோகம் போன்ற சில பொருள் கள் உறையும்பொழுது விரிவடைகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு க.செ.மீ. நீர் 0°C வெப்பநிலையில் உறையும்பொழுது 1.09 க.செ.மீ. கன அளவு இடத்தை நிரப்பும்.

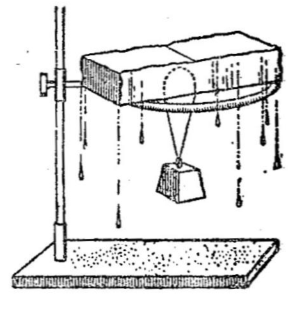
உருகுநிலையும் அழுத்தமும்: ஒரு பொருளின் உருகுநிலை θ என்று கூறினால் அது ஒரு குறிப்பிட்ட அழுத்தத்திலேயாகும். அழுத்தம் மாறினால் உருகு நிலையும் மாறும். சில பொருள்களுக்கு அழுத்தம் அதிகமாகும்பொழுது உருகுநிலையும் உயரும். மற்றும் சில பொருள்களுக்கு அழுத்தம் அதிகமாகும்பொழுது உருகுநிலை குறையும்.

உறையும்பொழுது விரிவடையும் பொருளான (நீரின்) பனிக் கட்டியின் உருகுநிலை ஒவ்வொரு வளி அழுத்த அதிகரிப்பிற்கும் சுமாராக 0.0072°C குறையும்.

உறையும்பொழுது சுருங்கும் பொருளான மெழுகின் உருகு நிலை ஒவ்வொரு வளி அழுத்த அதிகரிப்பிற்கும் சுமாராக 0.03° உயரும்.

பனிக்கட்டி புறமுருகி இணைந்துறையும் சோதனை (Regelation)

படத்தில் காட்டியுள்ளபடி ஒரு பெரிய பனிக்கட்டித் துண்டை தாங்கியில் வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். ஒரு கம்பியை அதன் மேல் சுற்றி கீழே ஒரு எடையைக் கட்டித் தொங்கவிட வேண்டும். இப்பொழுது கம்பி பனிக்கட்டியை வெட்டிக்கொண்டே கீழே இறங்கு வதையும் ஆனால், பனிக்கட்டி இரு துண்டுகளாகாமல் அப்படியே இருப் பதையும் காணலாம்.



படம் 28.

இச்சோதனையில் கம்பிக்குக் கீழே உள்ள பனிக்கட்டியின்மேல் அதில் கட்டியுள்ள எடையின் அழுத் தம் தொழிற்படுவதால், இந்த அதிக அழுத்தத்தில் பனிக்கட்டியின் உருகு நிலை அதிக அளவில் குறைந்துவிடும். எனவே, பனிக்கட்டி உருகி

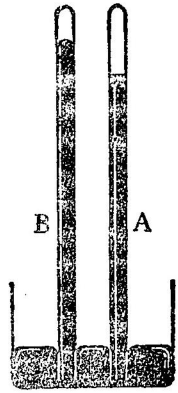
கம்பி கீழே செல்லும். ஆனால், கம்பி கீழே சென்றவுடன் அழுத்தம் இயல்பான நிலைக்கு வந்துவிடுவதால், உருகிய நீர் உள்ளுறை வெப்பத்தை இழந்து மறுபடியும் பனிக்கட்டியாக உறைந்துவிடும். இவ்வாறாகக் கம்பி கீழே செல்லச் செல்ல உருகிய நீர் பனிக்கட்டியாக மாறிக்கொண்டே வரும். எனவே, கம்பி முழுவதுமாக வெளியே, வந்த பின்பும் பனிக்கட்டி இரண்டு துண்டுகளாகாமல் அப்படியே இருக்கும்.

இதே போன்று இரு துண்டுகளாகப் பனிக்கட்டியை எடுத்துக் கொண்டு ஒன்றின்மேல் மற்றொன்றை அழுத்தினால் இரண்டும் சேர்ந்து ஒரே கட்டியாக மாறிவிடும்.

கொதித்தலும் ஆவியாதலும் : முகவையொன்றில் திரவம் ஒன்றை எடுத்துச் சூடேற்றுவதாகக் கொள்வோம். வெப்பநிலை உயர உயர திரவத்தினுள் குமிழ்கள் உண்டாவதைக் காணலாம். இந்தக் குமிழ்களின் உள்ளே திரவத்தின் ஆவி இருக்கும். குமிழ்கள் திரவத்தின் மேற்பரப்பிற்கு வருவதற்குள் சுருங்கி அமிழ்ந்துபோவதையும் காணலாம். வெப்பநிலை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வந்தவுடன், இக் குமிழ்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகி அவைகள் திரவத்தின் மேற்பரப்பு வரை வந்து வெளியே ஆவியாகச் செல்லும். இப்பொழுது திரவம் கொதிக்கிறது என்று கூறுகிறோம். இப்பொழுது உள்ள வெப்பநிலையை திரவத்தின் கொதிநிலை என்கிறோம். எனவே, கொதிநிலை வருவதற்கு முன் உண்டாகும் குமிழ்கள் திரவத்தின் மேற்பரப்பிற்கு வருவதற்கு முன் அழிந்துபோகும். ஏனெனில், குமிழ்களில் உள்ளேயுள்ள ஆவியின் அழுத்தம் வெளியேயுள்ள அழுத்தத்தைவிடக் குறைவாக இருப்பதாலாகும். ஆனால், கொதிநிலையில் குமிழ்கள் மேற்பரப்பு வரை வந்து பின் வெளியே செல்வதால், இந்த வெப்பநிலையில் குமிழ்களின் உள்ளேயுள்ள அழுத்தம் வெளியேயுள்ள அழுத்தத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். எனவே, கொதிநிலையில் ஆவியின் அழுத்தமும் வெளி அழுத்தமும் ஒன்றாக இருக்கும். இதனால்தான் வெளி அழுத்தம் குறைவாக இருக்கும்பொழுது திரவத்தின் கொதிநிலை குறைகிறது.

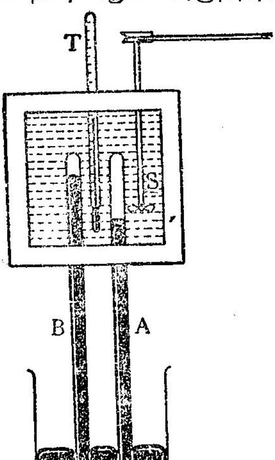
ஒரு திரவத்தின் நிறை செறிவு அழுத்தம் (Saturation vapour pressure) : A, B என்ற இரு பாரமானிக் குழாய்கள் பாதரசக் கிண்ணம் ஒன்றில் இருக்கின்றன. A என்ற குழாயினுள் சிறிது ஆல்கஹாலைச் செலுத்துவதாகக் கொள்வோம். ஆல்கஹால் முழுவதும் ஆவியாகிவிடும். மறுபடியும் சிறிது ஆல்கஹாலைச் செலுத்துவதாகக் கொள்வோம். தேவையான

அளவு ஆல்கஹாலைச் செலுத்தினால், A-யில் பாதரச மட்டத்திற்கு மேலேயுள்ள இடம் முழுவதும் ஆல்கஹாலின் ஆவியால் நிறை செறிவாகிவிடும், சிறிது ஆல்கஹால் ஆவியாகாமல் திரவநிலையிலேயே இருக்கும். இப்பொழுது இரு குழாய்களிலும் உள்ள பாதரச மட்டங்களின் வேறுபாடு நிறை செறிவு ஆவி அழுத்தத்தை அந்த வெப்பநிலையில் கொடுக்கும். இப்பொழுது A என்ற குழாயைச் சிறிது மேலே தூக்கினால், ஆவியின் கொள்ளளவு அதிகமாகும். ஆனால், அதே நேரத்தில் சிறிது ஆல்கஹால் ஆவியாவதால், பாதரச மட்டங்களின் வேறுபாடு மாறாமல் இருக்கும். அதேபோன்று குழாயைச் சிறிது கீழே அமிழ்த்தினால் சிறிது ஆவி குளிர்ந்து ஆல்கஹாலாக மாறிவிடும். எனவே, இப்பொழுதும் மட்டங்களின் வேறுபாடு மாறாமல் இருக்கும். எனவே, நிறை செறிவு ஆவி அழுத்தம் ஆவியின் கன அளவைப் பொறுத்து மாறாது.



படம் 29.

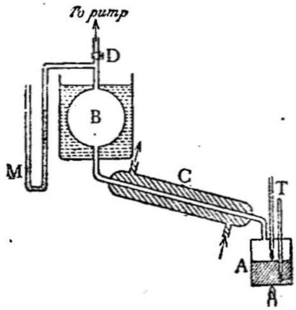
வெப்ப நிலையும், நிறை செறிவு ஆவி அழுத்தமும்: நிறை செறிவு ஆவி அழுத்தத்தை வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் ஒரு எளிதான பாரமானிக் குழாயின் மூலம் காணலாம்.



படம் 30.

கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தை பாரமானிக் குழாயின் டாரிசெல்லி வெற்றிடத்தில் எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். மற்றொரு குழாயை ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பதற்காக வைத்துக்கொள்ளலாம். இந்த இரண்டு குழாய்களும் ஒரு நீர் நிறைந்த உறையினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதிலுள்ள நீரை வெவ்வேறு வெப்பநிலைக்கு உயர்த்திக் கொள்ளலாம். வெப்பநிலையை T என்ற வெப்பமானியால் அளவிடலாம். நீரை நன்றாகக் கலக்குவதற்கு S என்ற கலக்கியைப் பயன்படுத்தலாம். வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் இரண்டு குழாய்களிலும் உள்ள பாதரச மட்டங்களின் வேறுபாட்டைக் காணவேண்டும். இந்த வேறுபாடு அந்தந்த வெப்பநிலைகளில் நிறை செறிவு ஆவியின் அழுத்தத்தைக் கொடுக்கும்.

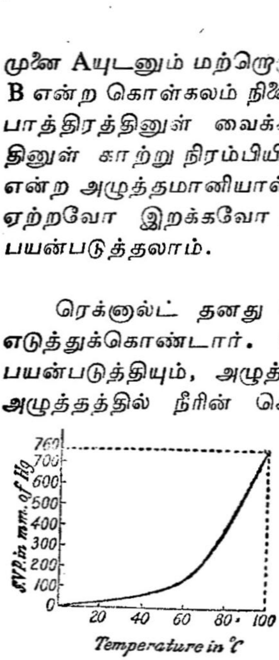
நீரின் கொதிநிலையைவிட அதிகமான வெப்பநிலைகளில் அழுத்தத்தைக் காண்பதற்கு ரெக்னால்ட் முறையைப் பின்பற்றலாம். இதில் A என்ற கொதிகலத்தில் திரவத்தை எடுத்துக்கொண்டு சூடேற்ற வேண்டும். C என்ற ஆவிசுருக்கியின் ஒரு



படம் 31.

முனை Aயுடனும் மற்றொருமுனை Bயுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். B என்ற கொள்கலம் நிலையான வெப்பநிலையிலுள்ள நீர் நிரம்பிய பாத்திரத்தினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். B என்ற கொள்கலத்தினுள் காற்று நிரம்பியிருக்கும். இதனுடைய அழுத்தத்தை M என்ற அழுத்தமானியால் அளவிடலாம். காற்றின் அழுத்தத்தை ஏற்றவோ இறக்கவோ B-யில் இணைக்கப்பட்டுள்ள பம்பைப் பயன்படுத்தலாம்.

ரெக்னால்ட் தனது சோதனையில் திரவத்திற்குப் பதில் நீரை எடுத்துக்கொண்டார். தொடக்கத்தில் வெளியேற்றும் பம்பைப் பயன்படுத்தியும், அழுத்து பம்பைப் பயன்படுத்தியும் வெவ்வேறு அழுத்தத்தில் நீரின் கொதிநிலையைக் காணவேண்டும். இங்கு காற்றின் அழுத்தம் நீரின் நிறை செறிவு ஆவி அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும்.

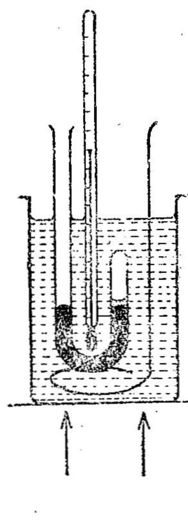


படம் 32.

படம் (3_2) வெப்பநிலைக்கும், நீரின் நிறை செறிவு ஆவி அழுத்தத்திற்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டுகிறது. வரைபடத்திலிருந்து வெவ்வேறு வெளி அழுத்தத்தில் நீரின் கொதிநிலையைக் காணலாம்.

J-குழாய் மூலம் திரவத்தின் கொதிநிலையைக் காணல் : தடித்த சுவர்களையுடைய ஒரு கண்ணாடிக் குழாயை J-வடிவில் வளைத்துக் கொள்ளவேண்டும். குழாயின் ஒரு முனையை மூடிவிட வேண்டும். தேவையான அளவு திரவத்தை எடுத்துக்கொண்டு சிறிய புயத்தின் மீதிப் பகுதியையும் பெரிய புயத்தின் ஒரு பகுதியையும் பாதரசத்தால் நிரப்பவேண்டும். இந்தக் குழாயை, சோதனைக்குரிய திரவத்தின் கொதிநிலையைவிட அதிகமான கொதிநிலையுடைய திரவத்தினால் நிரப்பப்பட்ட முகவையினுள் அமிழ்த்தி வைக்கவேண்டும். முகவையைக் கீழிலிருந்து சூடேற்றவேண்டும். இப்பொழுது குழாயிலுள்ள திரவம் படிப்படியாக ஆவியாக மாறிக்கொண்டு வரும். இதனால் பாதரச மட்டம் சிறிய புயத்தில் கீழ்நோக்கியும், பெரிய புயத்தில் மேல்நோக்கியும் நகரும்.

சிறிது நேரத்தில் இருபுயங்களிலும் மட்டம் சமஅளவில் நிற்கும். இப்பொழுது முகவையிலுள்ள திரவத்தின் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்த வெப்பநிலை குழாயிலுள்ள திரவத்தின் வெப்பநிலைக்குச் சமமாகும். முகவையிலுள்ள நீரைக் குளிரச்செய்து மறுபடியும் எந்த வெப்பநிலையில் இரு புயங்களிலும் பாதரச மட்டம் ஒரே அளவாய் இருக்கிறதென்று காணவேண்டும். இந்த இரண்டு வெப்பநிலைகளுக்கும் உள்ள சராசரி மதிப்பைச் சோதனைக்குரிய திரவத்தின் கொதிநிலை என்று கொள்ளவேண்டும்.



படம் 33.

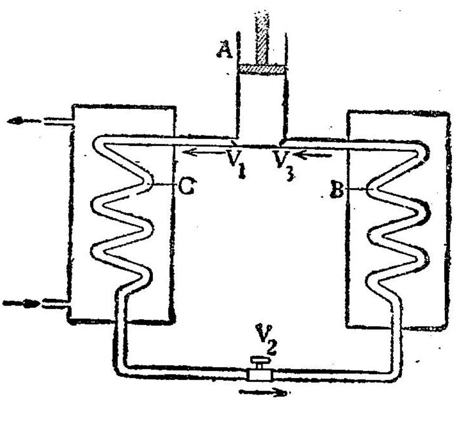
ஒரு கரைசலின் கொதிநிலையும் உருகு நிலையும்: ஒரே வெப்பநிலையில் ஒரு கரைசலின் நிறை செறிவு ஆவி அழுத்தம் தூய்மையான கரைப்பானின் கொதிநிலையைவிட அதிகமாக இருக்கும். கொதிநிலையின் இந்த ஏற்றம் கரைப்பானிலுள்ள கரை பொருளின் செறிவிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். ஒரு கிராம்-மூலக்கூறு எடையுள்ள கரைபொருள் 100 கிராம் கரைப்பானில் கலக்கப்பட்டிருந்தால் அந்தக் கரைசலுக்கு ஏற்படும் கொதிநிலையின் ஏற்றம் மூலக்கூறு ஏற்றம் (Molar elevation) எனப்படும். இது எல்லா மின்பகு கரைசலுக்கும் ஒரே அளவினதாய் இருக்கும்.

இதேபோன்று கரைசலின் உருகுநிலை கரைப்பானின் உருகு நிலையைவிடக் குறைவாக இருக்கும். எல்லா மின்பகு கரைசலுக்

கும் மூலக்கூறு தாழ்வு (Molar depression) ஒரே அளவினதாய் இருக்கும். அதனுடைய மதிப்பு ஏறத்தாழ 18·3 ஆகும். மின் பகு அல்லாத கரைசல்களுக்கு மூலக்கூறு ஏற்றமும் தாழ்வும், மின் பகு கரைசல்களுக்கு உரிய மதிப்பைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

உறைகலவைகள் : பனிக்கட்டியுடன் சாதாரண உப்பைக் கலந்து—21°C வரை வெப்பநிலையைக் குறைக்கலாம். உப்பைக் கலக்கும்பொழுது பனிக்கட்டியிலுள்ள நீர்த்திவலைகள் உப்பைக் கரைக்கும். இதனால் பனிக்கட்டி விரைவாக உருக ஆரம்பிக்கும். ஆனால், உருகுவதற்குத் தேவையான உள்ளுறை வெப்பத்தைத் தன்னிடமிருந்தே எடுத்துக்கொள்வதால், பனிக்கட்டியின் வெப்ப நிலை வெகுவாகக் குறைகிறது. இதேபோன்று கால்சியம் குளோரைடு படிக வடிவ உப்பைப் பனிக்கட்டியுடன் கலந்து 54°C. வரை வெப்பநிலையைக் குறைக்கலாம்.

குளிர் பதனேற்றி (Refrigerator) : இது செயற்கை முறையில் பொருளைக் குளிர்ச்சியூட்டும் இயந்திரமாகும். இது, ஒரு திரவம் வேகமாக ஆவியாகும்பொழுது அதனால் குளிர் விளைவு ஏற்படும் என்ற தத்துவத்தில் வேலை செய்கிறது. இதில் பயன்படுத்தப்படும்



படம் 34.

குளிர்பதனூட்டி (Refrigerant) அம்மோனியா, கரியமிலவாயு அல்லது சல்பர் டைஆக்சைடு ஆகியவற்றுள் ஏதாவது ஒன்ருக இருக்கும். இந்த இயந்திரம் சிறியதாக அடக்கமாக இருக்க வேண்டுமெனில், கரியமிலவாயுவைப் பயன்படுத்தலாம். தற் பொழுதெல்லாம் ஃபிரியான் (Freon) என்ற பொருள் பயன் படுத்தப்படுகிறது.

படத்தில் இதன் தத்துவம் விளக்கப்பட்டுள்ளது. A என்ற பம்பு மின்சுழற்சியினுல் இயக்கப்படும். உந்து தண்டு கீழ்நோக்கி இயங்கும்பொழுது அம்மோனியா ஆவி அழுத்தப்படும். எனவே, இந்த ஆவி V_1 என்ற ஒரு வழி அடைப்பிதழ் வழியாக C என்ற சுருள் குழாயினுள் செல்லும். அதில் தொழிற்படும் அழுத்தத்தினுல் திரவமாக மாறி ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பத்தை வெளியேற்றும். இந்த வெப்பத்தை C-யைச் சுற்றியுள்ள உறையினுள் ஓடிக்கொண்டிருக்கும் குளிர்ந்த நீர் எடுத்துக்கொள்ளும். V_2 என்ற ஒரு வழி அடைப்பிதழ் வழியாக அம்மோனியா திரவம் B என்ற குழாயினுள் செல்லும். இதே நேரத்தில் உந்து தண்டு மேல்நோக்கிச் செல்வதால், அழுத்தம் மிகக் குறைந்து இந்தத் திரவம் வேகமாக ஆவியாக மாற்றப்படும். ஆவியாக மாறுவதற்கு வேண்டிய வெப்பத்தைச் சுற்றுப்புறத்திலிருந்து எடுத்துக் கொள்வதால், சுற்றுப்புறத்தின் வெப்பநிலை குறையும். சாதாரணமாக B என்ற குழாய் ஒரு திரவத்தினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தத் திரவம் குளிர்வதால் வேண்டிய பகுதிகளுக்கு இத் திரவத்தைக் குழாய்களின் மூலம் எடுத்துச் சென்று இயந்திரத்தின் முழுப் பாகமும் குறைந்த வெப்பநிலையில் இருக்குமாறு செய்யலாம்.

காற்றுப் பதனுக்கம் (Air Conditioning)

அறையிலுள்ள காற்றின் வெப்பநிலையையும் ஈரத்தையும் தேவையான அளவு கட்டுப்படுத்துவதோடு காற்றிலிருந்து தூசியையும் கிருமிகளையும் அகற்றுவதற்கு காற்றுப் பதனுக்கம் என்று பெயர். 1901ஆம் ஆண்டில் வில்லிஸ் எச். கேரியர் (Willis H. Carrier) என்ற அமெரிக்க பொறியியல் வல்லுநர் கோடையில் ஒரு நாள் குளிர்ந்த நீர்க்குழாயின் மேற்பரப்பில் நீர்த்துளிகள் இருப்பதைக் கண்டார். குளிர்ந்த நீர்க்குழாயின் தாழ்ந்த வெப்பநிலை காரணமாக வெளிக்காற்றிலுள்ள நீராவி குளிர்ந்து நீர்த்துளிகள் உண்டாகி குழாயின் மீது படிந்தன வென்று உணர்ந்தார். 1902ஆம் ஆண்டில் காற்றைப் பதனுக்கம் செய்யும் கருவியை அமைத்தார். தொழிற்சாலைகளிலும், சினிமாக் கொட்டகைபோன்ற பெருங் கட்டிடங்களிலும், கட்டிடங்களிலுள்ள அறைகளிலும் காற்றைப் பதனுக்கம் செய்கிறோம். கட்டிடத்தின் அடித்தளத்தில் காற்றைப் பதனுக்கம் செய்யும் சாதனம் அமைத்து கட்டிடத்தின் அறைகளில் உள்ள காற்றை இடைவிடாது இயந்திரத்திற்கு அனுப்பி அங்கு அதை வெளிக் காற்றுடன் கலந்து தூய்மைப்படுத்திச் சரியான வெப்பநிலைக்குக் கொண்டுவந்து தேவையான ஈரத்தையும் ஏற்குமாறு செய்து கட்டிடத்திற்குள் திரும்பச் செலுத்தவேண்டும். கோடை

யில் காற்றைக் குளிர்விக்கவும், உலர்த்தவும், குளிர்காலத்தில் காற்றைச் சற்று சூடாக்கவும், ஈரமாக்கவும் இம்முறை பயன் படும். இம்முறைக்கு மத்திய நிலைய முறை (central station type) என்று பெயர். 1940ஆம் ஆண்டு குழாய்முறை (conduit system) வளர்ச்சியடைந்தது. கட்டிடத்திலுள்ள ஒவ்வொரு அறையிலும் விருப்பத்திற்கேற்ப அந்தந்த அறையின் வெப்ப நிலையைக் கட்டுப்படுத்த இம்முறை சிறந்தது. இவ்விரு முறை களும் புதியதாகக் கட்டும் கட்டிடங்களில் பயன்படும்.

ஏற்கனவே கட்டப்பட்ட கட்டிடங்களில் பெட்டி முறை (unit installation) பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒவ்வொரு அறையிலும் ரேடியோ பெட்டிபோன்ற ஓர் இயந்திர சாதனம் அமைக்கப் படும். அறையின் சன்னலுடன் இணைத்துவிடுவதால் அது வெளிக்காற்றை உறிஞ்சி உட்காற்றைப் பதனுக்கம் செய்கிறது. இது கோடையில் மட்டுமே பயன்படும். பதனுக்கம் செய்யும் சாதனத்திற்குள் காற்று ஒரு விசிறியின் உதவியால் இழுக்கப்படு கிறது. உள்ளே இழுக்கப்படும் காற்றிலுள்ள தூசியும் கிருமி களும் நீக்கப்படும். கண்ணாடி நார்களையோ அல்லது சணல் நார்களையோ மிகவும் நெருக்கமாக இணைத்து அமைந்த ஒரு வடிகட்டியை எண்ணெயில் நனைத்து அதன் வழியாகக் காற்று செலுத்தப்படுகிறது. வடிகட்டியின் வழியே காற்று செல்லும் பொழுது தூசிப் பொருள்கள் நாரில் ஒட்டிக்கொள்கின்றன. காற்றிலுள்ள மணத்தைப் போக்குவதற்குக் காற்று வினைவல்ல கரியின் (active carbon) மீது செலுத்தப்படுகிறது. காற்றைக் குளிரச்செய்து அதிலுள்ள ஈரப்பதனைக் குறைக்கவேண்டும். காற்றின் வெப்பநிலை சுமார் 75° முதல் 85° பாரன்ஹீட் ஆகுமாறு செய்யவேண்டும். இவ்வாறு பக்குவம் செய்யப்பட்ட காற்றை குழாய்களின் மூலம் அறையின் பல பாகங்களுக்கும் செலுத்தப் படுகிறது.

கோடையிலும் பனிக்காலத்திலும் மக்களை நலத்துடன் வாழச் செய்யவும், தொழிலாளர்கள் வசதியாக களைப்பின்றி வேலை செய்யவும், நெசவாலைகளிலும் ஆராய்ச்சிக் கூடங்களிலும் காற்றில் ஈரமிருக்கச் செய்யயும் காற்றுப் பதனுக்கம் மிகவும் பயன்படுகிறது.

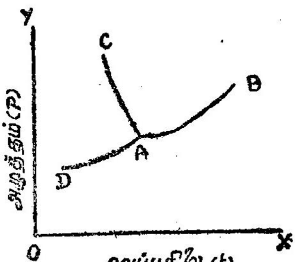
மும்மைப் புள்ளி (Triple Point)

நீரின் நிறைசெறிவு ஆவியழுத்தத்திற்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பை வரைபடம் 35-ல் AB என்ற கோடு காட்டுகிறது. இந்தக் கோட்டின் எந்தப் புள்ளியிலும் நீரும் அதன்

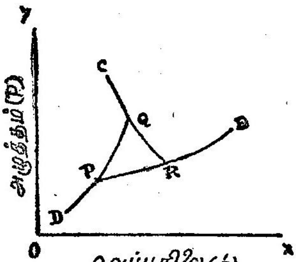
ஆவியும் சமநிலையில் இருக்கின்றன. இக்கோட்டிற்கு நீராவிக் கோடு (steam line) என்று பெயர். இக்கோட்டின் மேலேயுள்ள புள்ளிகளில் அப்புள்ளிகளுக்கேற்ற வெப்பநிலையில் அழுத்தமானது நிறைசெறிவு ஆவியமுக்கத்தைவிட அதிகமாயிருக்கும். எனவே, ஆவி திரவமாக மாறிவிடும். இதனால் நீராவிக்கோட்டிற்குமேல் ஒரு பொருள் திரவமாகத்தான் இருக்கமுடியும். நீராவிக் கோட்டிற்குக் கீழேயுள்ள புள்ளிகளில் அப்புள்ளிகளுக்கேற்ற வெப்பநிலையில் அழுத்தமானது நிறைசெறிவு ஆவியழுத்தத்தைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். தனது குறைந்த அழுத்தத்தில் திரவம் ஆவியாக மாறிவிடும். இதனால் நீராவிக்கோட்டிற்குக் கீழ் ஒருபொருள் ஆவியாகத்தான் இருக்கமுடியும்.

பனிக்கட்டியின் உருகுநிலையையும் அதன் வெப்பநிலையையும் CA என்ற கோடு காட்டுகிறது இக்கோட்டின் எந்தப் புள்ளியிலும் பனிக்கட்டியும் நீரும் சமநிலையில் இருக்கின்றன. இக்கோட்டிற்குப் பனிநீர்க் கோடு (ice line) என்று பெயர். இக் கோட்டிற்குமேல் ஒரு பொருள் குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் திரவமாகத்தான் இருக்கும். இக் கோட்டிற்குக் கீழ் ஒரு பொருள் குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் திடப்பொருளாகத்தான் இருக்கும்.

பனிக்கட்டியின் வெப்பநிலையையும் நீரின் நிறைசெறிவு ஆவியழுத்தத்தையும் DA என்ற கோடு காட்டுகிறது. இந்தக் கோட்டில் எந்தப் புள்ளியிலும் பனிக்கட்டியும் அதன்மீதுள்ள ஆவியழுத்தமும் சமநிலையில் இருக்கின்றன. இக் கோட்டிற்கு உறைபனிக் கோடு (Hoar frost line) என்று பெயர். இக் கோட்டிற்குமேல் ஒரு பொருள் குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் திடப்பொருளாகவும் இக் கோட்டிற்குக் கீழ் ஆவியாகவும் தான் இருக்கும்.



படம் 35.



படம் 36.

இம் மூன்று கோடுகளையும் ஒரே வரைபடத்தில் வரைந்தால் அவை A என்ற புள்ளியில் சந்திக்கும். இப்புள்ளிக்கு மும்மைப்

புள்ளி என்று பெயர். இப் புள்ளி 0·0072°C. 4·60 மி.மீ. பாதரச அமுக்கத்தைக் குறிப்பிடுகிறது.

இம் மூன்று கோடுகளும் ஒரு புள்ளியில் கட்டாயம் சந்திக்க வேண்டும் என்பதை நிரூபிக்கலாம். அப்படி அவைகள் ஒரு புள்ளியில் சந்திக்காவிட்டால், அவைகள் ஒன்றையொன்று வெட்டி PQR என்ற முக்கோணம்போல் உள்ள ஒரு பகுதியை உண்டாக்கும் (படம் 36). இந்தப் பகுதியில் ஒரு பொருளின் நிலையைக் கவனிப்போம். PQ-க்குக் கீழே ஒரு பொருள் ஆவியாகத்தான் இருக்கும். QR-க்குக் கீழே அப்பொருள் திடப்பொருளாகத்தான் இருக்கும். PR-க்கு மேலே அப்பொருள் திரவப் பொருளாகத்தான் இருக்கும். எனவே, ஒரு பொருள் மூன்று நிலைகளிலும் ஒரே சமயத்தில் இருந்தாக வேண்டும். இது முடியாத காரியம். எனவே, இம் மூன்று கோடுகளும் ஒரே புள்ளியில் சந்திக்க வேண்டும் என்பது உறுதியாகிறது.

நீரின் மும்மைப் புள்ளியின் வெப்பநிலை, அழுத்தநிலை

மும்மைப்புள்ளியின் வெப்பநிலை t°C எனவும், அழுத்தம் P மி.மீ. பாதரசம் எனவும் கொள்வோம்.

0°C-ல் நீரின் நிறைசெறிவு அமுக்கம் = 4·58 மி.மீ.

1°C-ல் நீரின் நிறைசெறிவு அமுக்கம் = 4·92 மி.மீ.

எனவே, 1°C-க்கு அதிக அமுக்கம் = 0·34 மி.மீ.

மும்மைப் புள்ளியில் நீரின் நிறைசெறிவு அமுக்கம்

$$P = 4{\cdot}58 + 0{\cdot}34t \qquad (1)$$

ஒரு வாயுமண்டல அமுக்கத்திற்குப் பனிக்கட்டியின் உருகுநிலை ·0072° (குறைகிறது).

எனவே, P அமுக்கத்தில் உருகு நிலை $t = {\cdot}0072 - \frac{{\cdot}0072}{760}P \quad (2)$

இவைகளிலிருந்து, $t = {\cdot}007156°C.$

P = 4·5824 மி.மீ. பாதரசம் எனக் கணக்கிடலாம்.

மாதிரிக் கணக்குகள்

1. வளி மண்டலத்தில் வெப்பநிலை 28·6° C. ஆக இருக்கும் பொழுது பனிநிலை 20·2° C. என்று கணக்கிடப்படுகிறது. தேவையான அளவுகளை அட்டவணையிலிருந்து எடுத்துக்கொண்டு ஈரப்பதனைக் கணக்கிடு.

அட்டவணையிலிருந்து :

20° C-ல் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தம்

= 17 54 மி.மீ பாதரசம்

21° C-ல் நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தம்

= 18·15 மி.மீ. பாதரசம்

∴ 1° C வெப்பநிலை உயர்விற்கு நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தின் வேறுபாடு = 0·61மி.மீ. பாதரசம்.

எனவே, 0·2° C வெப்பநிலை உயர்விற்கு நிறைசெறிவு ஆவி அழுத்தத்தின் அதிகரிப்பு = 0·2 × 0 61 = 0.12

எனவே. 20 2° C-ல் நிறைசெறிவு ஆவியழுத்தம்

= 17·54 + 0·12 = 17·66மி.மீ. பாதரசம்

28·0° C-ல் நி. செ. ஆவியழுத்தம் = 28·36 மி.மீ. பாதரசம்

29·0°C-ல் நி. செ. ஆவியழுத்தம் = 30·05 மி. மீ. பாதரசம்

எனவே, 0·6° C உயர்விற்கு நி. செ. ஆவியழுத்தத்தின் அதிகரிப்பு = 0·6 × 1·69 = 1·01 மி·மீ. பாதரசம்.

எனவே, 28·6° C-ல் நி. செ. ஆவியழுத்தம்

= 28·36 + 1·01 = 29·37 மி மீ. பாதரசம்

$$\text{ஈரப்பதன்} = \frac{\text{பனிநிலையில் நி· செ· ஆவியழுத்தம்}}{\text{அறையின் வெப்பநிலையில் நி.செ. ஆவியழுத்தம்}}$$

$$= \frac{17 \cdot 66}{29 \cdot 37} = 0 \cdot 6013$$

$$= 60 \cdot 13\%$$

பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. அறையின் வெப்பநிலை 27·5°C ஆகவும் பனிநிலை 21·4°C ஆகவும் இருந்தால், ஈரப்பதனைக் கணக்கிடு. (21°C-ல் நி.செ. ஆவியழுத்தம் = 18·65 மி.மீ. பாதரசம்; 22°C-ல் 19·83 மி.மீ., 27°C-ல் 26·75 மி.மீ., 28°C–ல் 28·36 மி.மீ.) (67·4%)

2. 10 மீட்டர் நீளமும், 6 மீட்டர் அகலமும் 3 மீட்டர் உயரமும் உள்ள ஓர் அறையிலுள்ள நீராவியின் பொருண்மையைக் கணக்கிடு. அறையின் வெப்பநிலை 25°C, பனிநிலை 20°C நீராவியின் அடர்த்தி அதே வெப்பநிலை அழுத்தத்திலுள்ள ஈரமற்ற காற்றின் அடர்த்தியில் எட்டில் ஐந்து பாகங்களாகும். (இ.வெ.அ நிலையில் காற்றின் அடர்த்தி = 1·293 கிராம்/லிட்டர். 20°C-ல் நி.செ. ஆவியழுத்தம் = 17·54 மி.மீ. பாதரசம். (30·76 கிராம்)

3. வெப்பநிலை 18°C ஆக இருக்கும் ஒரு நாளில் ஈரப்பதன் பதன் 70% என்று கணக்கிடப்படுகிறது. வளிமண்டலத்தின் வெப்பநிலை திடீரென்று 6°C-க்கு குறைந்தால் வளிமண்டலத்தின் உள்ள நீர்-ஆவியில் எத்துணைப் பங்கு நீராக மாறும்?

(18°C-ல் நி.செ. ஆவியழுத்தம் = 15.46 மி.மீ. பாதரசம்; 60°C-ல் நி.செ. ஆவியழுத்தம் = 7.01 மி.மீ. பாதரசம்.)

(35·2%)

6. வாயுக்களின் இயக்கப் பண்புக் கொள்கை
(Kinetic Theory of Gases)

வெப்பத்தின் இயல்பு: சென்ற அத்தியாயங்களில் வெப்பத்தின் பண்புகளைப் பற்றியும் அதன் விளைவுகளைப் பற்றியும் கண்டோம். நாம் கண்ட சில அடிப்படையான உண்மைகளைக் கீழ்க் கண்டவாறு தொகுத்துக் கூறலாம்: (1) வெப்பம் ஏற்றப்பட்ட பொருள் விரிவடைகிறது. (2) வெப்பத்தை ஏற்பதாலோ, இழப்பதாலோ பொருளின் பொருண்மை மாறுவதில்லை. (3) வெப்பத்தின் அளவு அழியாத தன்மையுடையதாய் உள்ளது. அதாவது, ஒரு பொருள் வெப்பத்தை ஏற்ருல், அதே அளவுள்ள வெப்பத்தை அதனோடு சேர்ந்துள்ள மற்றொரு பொருள் இழக்கும். (4) பொருள் தனது திட, திரவ, வாயு நிலைகளில் ஏதாவது ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு மாறும்பொழுது வெப்பநிலையில் மாற்றம் ஏற்படாமலேயே வெப்பத்தை ஏற்கும் அல்லது இழக்கும். (5) ஒவ்வொரு பொருளுக்கும் வெப்பம் ஏற்கும் திறன் வெவ்வேருகவும், வெப்பம் கடத்தும் திறன் வெவ்வேருகவும் இருக்கும். இவ்வாறு வெவ்வேறு பண்புகளையும் விளைவுகளையும் சோதனைகளின் மூலம் கண்டறிந்ததால் வெப்பத்தின் இயல்பைப்பற்றி அறிய விழைகிறோம்.

பதினெட்டாம் நூற்ருண்டின் இடையிலேயே வெப்பத்தின் இயல்பினை விளக்க இருவித முரண்பாடான கொள்கைகள் நிலவி வந்தன. ஒரு கொள்கை கலோரிக் கொள்கை எனவும், மற்ருென்று இயக்குவிசைக் கொள்கை எனவும் அழைக்கப்பட்டன.

கலோரிக் கொள்கையின்படி, வெப்பத்தைக் கலோரிக் என்ற ஒரு பாய்பொருளாக எடுத்துக்கொண்டார்கள். அந்தப் பாய்பொருளிற்குக் கீழ்க்கண்ட குணங்களையும், இந்தக் கொள்கையின் ஆதரவாளர்கள் வரையறுத்தார்கள்: (1) இப் பாய்பொருளின் ஆக்கக் கூறுகள் பொருண்மையற்றவை. (2) இக் கூறுகள் ஒன்றையொன்று அதிக விசையுடன் எதிர்த்துத் தள்ளும். (3) இவைகள்

எல்லா இடங்களிலும் ஊடுருவிச் செல்லும். (4) இவைகளை அழிக்கவோ ஆக்கவோ முடியாது. (5) இவைகள் வெப்பநிலை அதிகமான இடத்திலிருந்து வெப்பநிலை குறைவான இடத்தை நோக்கி ஓடும் தன்மையுடையவை.

இக் குணங்களின் உதவியால் மேற்கூறிய வெப்பத்தின் விளைவுகளை வியக்கத்தக்க வகையில் விளக்கிக் காட்டினார்கள். ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையை உயர்த்தினால், அப் பொருளுக்குக் கலோரிக் பாய்பொருள் கொடுப்பதாக எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். கலோரிக்கின் ஆக்கக் கூறுகள், பொருளின் மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே நுழைந்து, ஒன்றையொன்று எதிர்த்துத் தள்ளுவதன் மூலம், மூலக்கூறுகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவை அதிகப்படுத்தும். இதன் பயனாக அப் பொருள் விரிவடையும். இவ்வாறு வெப்பமேற்றப்பட்ட பொருள் விரிவடைவதற்கு விளக்கம் கொடுத்தார்கள். இரண்டு பொருள்கள் ஒன்றின்மேல் ஒன்று உராய்வதால் ஏற்படும் வெப்பத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கினார்கள் : 'பொருள்கள் உராயும்பொழுது, அப் பொருள்களின் உள்ளே உறைந்துள்ள கலோரிக் பிழியப்பட்டு வெளியேறுகிறது; எனவே, வெப்பம் உண்டாகிறது' என்று கூறினார்கள். இவ்வாறு எல்லா விளைவுகளுக்கும் விளக்கம் கொடுக்கப்பட்டதால், இந்தக் கொள்கை, எதிர்ப்பாரின்றித் திருத்தமான கொள்கை என்று எல்லோராலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது.

இந்தக் கலோரிக் கொள்கை திருத்தமற்றது என்பதைப் பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் இறுதியில்தான் ரம்ஃபோர்டு என்ற விஞ்ஞானியும், அதன்பின் டேவி, ஜோல் போன்றவர்களும் கண்டார்கள். ரம்ஃபோர்டு என்ற விஞ்ஞானி அப்பொழுது பீரங்கிக் குழாயில் துளைபோடும் பணியில் ஈடுபட்டிருந்தார். துளை போடும் பொழுது தெறித்து விழும் உலோகத் துகள்கள் அதிக வெப்பநிலையில் இருப்பதை அவர் கண்டார். இந்த வெப்பம் எங்கிருந்து கிடைக்கிறது என்பதே இங்கு சிந்தனைக்குரியது. கலோரிக் கொள்கையின் படி, துளை போடும்பொழுது ஏற்படும் அழுத்தத்தால் கலோரிக் பாய் பொருளினால் பிழியப்பட்டு அதனால் வெப்பம் உண்டாகிறது என்று கொள்ளவேண்டும். குழாயில் உள்ள பாய்பொருள் முழுவதுமாக (பாய்பொருளின் அளவு ஒரு வரம்பிற்குட்பட்டதாகவே இருக்க முடியும்) பிழியப்பட்டுவிட்டால் அதன் பின்வெப்பம் உண்டாவதற்கு வழியில்லை. ஆனால், சோதனையில் தொடர்ந்து வெப்பம் உண்டாவதை ரம்ஃபோர்டு கண்டார். எனவே, வெப்பம் துளை போடும்போது ஏற்படுகின்ற உராய்வினால்தான் உண்டாக முடியும் என்று அவர் விளக்கினார். எனவே, இரு பொருள்களுக்கிடையே

உராய்வு ஏற்படும்போது வெப்பம் உண்டாகும். உண்டாகின்ற வெப்பத்தின் அளவு, பொருள்கள் உராயும்பொழுது செய்யப் படும் வேலைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். எனவே, வெப்பம் என்பது ஒரு வகை ஆற்றல் என்று அறிகிறோம். இந்தக் கொள்கையே வெப்பத்தின் இயக்க விசைக் கொள்கை எனப் படும்.

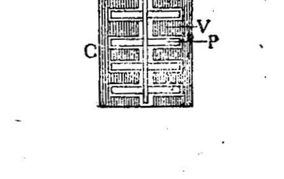
வேலை செய்யப்படும்பொழுது உண்டாகும் வெப்பத்தின் அள விற்கும் செய்த வேலைக்கும் உள்ள தொடர்பை ஜோல் என்ற விஞ்ஞானி கண்டார். இவருடைய கூற்றுப்படி, W என்பது செய் யப்பட்ட வேலை எனவும், H என்பது அதன் விளைவால் ஏற்பட்ட வெப்பம் எனவும் கொண்டால்,

$$\frac{W}{H} = J.$$

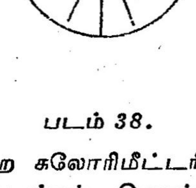
J என்பது ஒரு மாறிலி. அது ஜோல் மாறிலி அல்லது பொறி முறை வெப்பச் சமன் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

J-ன் மதிப்பைக் காணச் சோதனைகள்

1. ஜோல்முறை : இம் முறையில் கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரை ஒரு துடுப்பின் உதவியால் கடைவதன் மூலம் வெப்பமேற்றி, எவ்வளவு வெப்பநிலை உயர்ந்துள்ளது, எவ்வளவு வேலை செய்யப் பட்டிருக்கிறது. என்று அளவிட்டு Jஐக் கணக்கிடலாம்.



படம் 37.



படம் 38.

இங்கு நீரால் நிரப்பப்பட்ட C என்ற கலோரிமீட்டரின் மூடி யிலுள்ள துளையின் வழியாக எட்டு புயங்கள் கொண்ட ஒரு துடுப்பு தொழிற்படும். இந்தத் துடுப்பின் புயங்கள் கலோரிமீட் டரிலுள்ள V என்ற நிலையான தகடுகளின் இடையே இருக்குமாறு அமைந்திருக்கும். துடுப்பின் அச்சு B என்ற மரப்பெட்டியின்

ஊடே செலுத்தப்பட்டு D என்ற உருளையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த உருளையில் சுற்றப்பட்ட ஒரு கயிற்றின் இருமுனைகளும் கம்பிகளின் வழியே சென்று M_1, M_2 என்ற சமமான எடைகளைத் தாங்குமாறு இருக்கும். எடைகள் கீழே விழும்பொழுது துடுப்புச் சுற்றப்பட்டு கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீர் கடையப்படும்

தொடக்கத்தில் கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொண்டு, இந்த எடைகளைக் குறிப்பிட்ட உயரம் கீழே விழுமாறு செய்யவேண்டும். கயிற்றின் சுற்று அவிழ்ந்தவுடன், மறுபடியும் உருளையில் கயிற்றினைச் சுற்றி எடைகளைக் கீழே விழச்செய்ய வேண்டும். இவ்வாறு திரும்பத் திரும்பச் செய்து இறுதியில் கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையைக் காணவேண்டும். மற்ற அளவீடுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

வெப்பநிலை உயர்வு = $\theta°$ C.

கலோரிமீட்டரும் துடுப்பும் சேர்ந்து எடை = W கிராம்

கலோரிமீட்டர் செய்யப்பட்ட உலோகத்தின் வெப்ப எண் = s

கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரின் எடை = M கிராம்.

M_1, M_2 என்ற எடைகளின் மதிப்பு = m கிராம் (ஒவ்வொன்றும்)

இந்த எடைகள் கீழே விழும் உயரம் = h செ.மீ.

இந்தச் சோதனை n முறைகள் திரும்பச் செய்யப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம்.

ஒவ்வொரு முறையும் இரண்டு எடைகளும் h என்ற உயரம் கீழே இறங்கும்பொழுது செய்யப்படும் வேலை = $mgh \times 2$.

n முறைகள் செய்யப்பட்டால் மொத்த வேலை

$$= mgh \times 2 \times n$$

$$= 2\,n\,mgh \text{ எர்க்குகள்}$$

$$\text{பெறப்பட்ட வெப்பம்} = (Ws + M)\,\theta$$

$$\therefore\ J = \frac{\text{செய்யப்பட்ட வேலை}}{\text{பெறப்பட்ட வெப்பம்}}$$

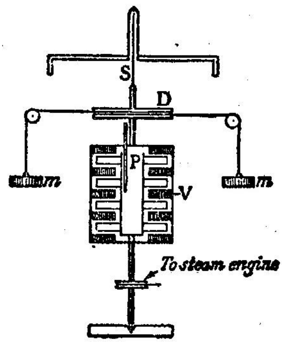
$$= \frac{2n\,mgh}{(Ws + M)\theta} \text{ எர்க்/கலோரி}$$

இந்தச் சோதனையில் பல குறைபாடுகள் உள்ளன. இந்தச் சோதனையைத் தொடர்பாக ஒரு மணி நேரம் செய்தால், வெப்ப

நிலை சுமாராக ஒரு டிகிரி பாரன்ஹீட் உயரும். எனவே, இதற்குச் சரியான வெப்பக் கதிர் வீசல் திருத்தம் செய்யமுடியாது. மேலும், இச் சோதனை ஒரு கடினமான ஒன்றாகும். இருந்த போதிலும், இது வரலாற்றுச் சிறப்பு வாய்ந்த ஒன்றாகும். ஜோல் தனது சோதனையின் முடிவில் J-க்கு $4{\cdot}16 \times 10^7$ எர்க்/கலோரி என்ற மதிப்பைக் கண்டார்.

2. ரோலண்டு முறை : இது திருத்தியமைக்கப்பட்ட ஜோலின் சோதனையாகும். முக்கியமாக வெப்பநிலை அதிக அளவில் உயரும் வகையில் இம் முறை திருத்தியமைக்கப்பட்டது.

இதில் V என்ற நிலையான தகடுகள் பொருத்தப்பட்ட கலோரிமீட்டர் D என்ற சக்கரத்துடன் இணைக்கப்பட்டு S என்ற முறுக்குக் கம்பியினால் தொங்கவிடப் பட்டிருக்கும். இந்தச் சக்கரத்தில் ஒரு கயிறு சுற்றப்பட்டு, அதன் முனைகளில் M, M என்ற இரு எடைகள் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும். கலோரிமீட்டரின் அடிப் பாகத்தின் வழியே செல்லும் ஒரு துடுப்பில் புயங்கள் இணைக்கப் பட்டு, துடுப்பு ஓர் இயந்திரத்தின் உதவியால் சுழற்றப்படும். துடுப்பு எத்தனை முறை சுழற்றப்பட்டது என்பதை அளவிட ஓர் அமைப்பு பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. துடுப்புச் சுழலும்பொழுது கலோரிமீட்டரும் அதனோடு சுழல விழையும்.



படம் 39.

ஆனால், D என்ற சக்கரத்தில் தொழிற்படும் விசைப்பிணை கலோரிமீட்டரை சுழலவிடாமல் தடுத்துவிடும்.

தொடக்கத்தில் கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். துடுப்புச் சுழலும்பொழுது கலோரிமீட்டர் நடுநிலைமையில் இருக்குமாறு D-யில் உள்ள எடைகளைச் சரிசெய்துகொள்ளவேண்டும். D-யின் விட்டம் d எனவும், ஒவ்வோர் எடையின் மதிப்பும் M எனவும், துடுப்பு n முறை சுழற்றப்பட்டது எனவும் கொள்வோம்.

D-யில் தொழிற்படும் விசைப்பிணை $= Mg.d$

துடுப்பு ஒருமுறை சுற்றினால், 2π என்ற கோணம் திரும்பும்.

எனவே, செய்யப்படும் வேலை $= Mgd \times 2\pi$

துடுப்பு n முறை சுற்றினால் செய்த வேலை $= n\,Mgd \times 2\pi$

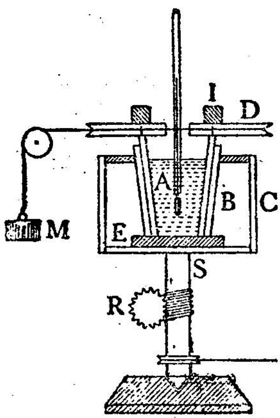
கலோரிமீட்டரின் சமநீர் எடை W எனவும், எடுத்துக் கொண்ட நீரின் எடை m எனவும், வெப்பநிலை θ C அதிகரித்தது எனவும் கொண்டால்,

$$\text{பெறப்பட்ட வெப்பம்} = (W + m)\theta$$

$$\text{எனவே, } J = \frac{2\pi n\,Mgd}{(W + m)\theta}$$

ரோலண்டு தனது சோதனையின் முடிவில் J-க்கு $4{\cdot}179 \times 10^7$ எர்க்/கலோரி என்ற மதிப்பைக் கண்டார்.

3. பெயர்ல் முறை: இதில் ஒன்றினுள் ஒன்று சரியாகப் பொருந்தக்கூடிய A, B என்ற இரு பித்தளையாலான கூம்பு வடிவக் கலங்கள் உண்டு. B என்ற வெளிப்புறக் கலம் C என்ற உள்ளீடற்ற பெட்டியினுள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். வெப்ப இழப்பைத் தவிர்க்க E என்ற அரிதில் கடத்தி இந்தக் கலத்தைச் சூழ்ந்திருக்கும். இந்தப் பெட்டி S என்ற தண்டோடு இணைக்கப்பட்டுத் தண்டு ஒரு சக்கரத்தின் உதவியால் சுற்றப்படும். எவ்வளவு முறை சுற்றப்பட்டது என்பதை R என்ற எண்ணிக்கைமானி (Counter) மூலம் கணக்கிடலாம். A என்ற உட்புறக் கலம் D என்ற தட்டுடன் இணைக்கப்பட்டு, தட்டு நடுநிலைமையில் இருக்குமாறு I என்ற எடையும், தட்டிலுள்ள பள்ளத்தின் வழியே செல்லும் கயிற்றின் முனையில் M என்ற எடையும் வைக்கப்பட்டிருக்கும். தண்டு S சுழலும்போது வெளிப்புறக் கலமும் சுழலும். உட்புறக் கலம் நிலையாக இருப்பதால், இரண்டிற்கும் இடையே ஏற்படும் உராய்வினால் வெப்பம் ஏற்படும். இதனை உட்புறக் கலத்திலுள்ள நீரின் வெப்பநிலை ஏற்றத்திலிருந்து அளவிடலாம்.



படம் 40.

தொடக்கத்தில் A, B என்ற இரண்டு கூம்பு வடிவக் கலங்களின் எடையையும் காணவேண்டும். பின் உட்புறக் கலத்தில் சிறிது நீர் எடுத்துக்கொண்டு, மறுபடியும் எடையைக் காண

வேண்டும். வெளிப்புறக் கலத்தைச் சுற்றும்பொழுது உட்புறக் கலம் நிலையாக இருக்குமாறு M என்ற எடையைச் சரிசெய்து கொள்ளவேண்டும். மேலும், இரு கூம்புகளுக்கும் இடையே தேவையான அளவு உராய்வு இருக்கும் வகையில் அவைகளுக்கு இடையே சிறிது வாஸலீன் தடவலாம்.

நீரின் தொடக்க வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொண்டு வெளிப்புறக் கலத்தை n முறைகள் சுற்றுவதாகக் கொள்வோம். வெப்பநிலை θ° C உயருவதாகவும், D என்ற தட்டின் ஆரம் r எனவும் கொள்வோம். இச் சோதனையில், வெளிப்புறக் கலம் நிலையாகவும், உட்புறக்கலம் சுற்றுவதாகவும் எடுத்துக்கொண்டு, J-யைக் கணக்கிடுவது சுலபமாகும். எனவே, உட்புறக் கலம் n முறை சுற்றப்பட்டால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W = M \cdot g \cdot 2\pi r \cdot n$$

எடுத்துக்கொண்ட நீரின் எடை w எனவும், இரு கலங்களின் சமநீர் எடை m எனவும்

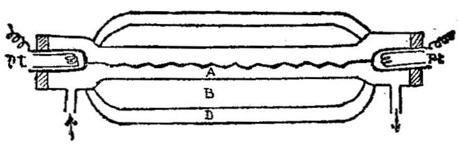
[ஒரு சுற்றுக்கு M கீழே விழும் உயரம் $= 2\pi r$ $\therefore$ வேலை $= Mg 2\pi r$]

கொண்டால், பெறப்பட்ட வெப்பம் $= (W + m)\theta$

$$\therefore J = \frac{M g \, 2\pi r n}{(W+m)\,\theta} \text{ எர்க்/கலோரி}$$

இம் முறையில் கதிர்வீசல் திருத்தம் செய்யலாம்.

4. காலண்டர், பார்ன்ஸ் முறை (Callender and Barnes Method) : காலண்டர் என்பவரால் நிர்ணயிக்கப்பட்டு பார்ன்ஸ் என்பவரால் இம்முறை செயல்படுத்தப்பட்டது. ஒரு நுண்ணிய 2 மி.மீ. விட்டமுள்ள கண்ணாடிக்குழாய் A வழியாக நீர் செலுத்தப்பட்டு, குழாயில் பொருத்தப்பட்டுள்ள மெல்லிய பிளாட்டினக் கம்பி வழியாக மின்சாரம் செலுத்தப்படுகிறது. குழாயின் வழி



படம் 41.

யாக உட்செல்லும் நீரின் வெப்பத்தையும், வெளிவரும் நீரின் வெப்பத்தையும் பிளாட்டினம், மின்தடை வெப்பமானிகளால் அளக்கவேண்டும். குழாயில் உள்ள வெப்பம் சிதறுவண்ணம்

குழாயைச் சுற்றி வெற்றிடம் உள்ள B என்ற ஒரு குழாயும், குளிர்ந்த நீர் செல்லும் D என்ற உறைக்குழாயும் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன.

கண்ணாடிக் குழாய் வழியாக நீரைச் சீராகச் செலுத்தி ஒரு விநாடியில் வெளிவரும் நீரின் நிறையை m கிராம் எனக் கொள்வோம். பிளாட்டினம், மின்தடை வெப்பமானிகளின் உதவியால் உட்செல்லும் நீரின் வெப்பநிலையை θ_1°C எனவும், வெளியே வரும் நீரின் வெப்பநிலையை θ_2°C எனவும் கொள்வோம். பிளாட்டினக் கம்பி வழியாகச் செல்லும் மின்சாரத்தின் அளவு C ஆம்பியர் எனவும், அதனிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு E வோல்ட் எனவும் கொண்டால்,

$$\frac{EC}{J} = m(\theta_2 - \theta_1) + K$$

K என்பது கதிர்வீச்சுக்குத் திருத்தம்.

நீரோட்டத்தின் அளவைச் சற்றுமாற்றி, விநாடிக்கு m_1 கிராம் செல்ல மின்சார அளவையும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டையும் C_1. E_1 ஆக மாற்றி, வெப்பநிலை வித்தியாசமாகிய $(\theta_2 - \theta_1)$ஐ மாறாமல் வைத்துக்கொண்டால்,

$$\frac{E_1 C_1}{J} = m_1 (\theta_2 - \theta_1) + K.$$

எனவே, $$\frac{E_1 C_1 - EC}{J} = (m_1 - m)(\theta_2 - \theta_1)$$

$$J = \frac{E_1 C_1 - EC}{(m_1 - m)(\theta_2 - \theta_1)}$$

இந்த மின்சார முறைப்படி செய்வதால் J-யின் அளவு ஒரு கலோரிக்கு 4·19 ஜோல் எனக் கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது.

கலோரிமானியின் எடை, கலக்குவது முதலியன தேவைப்படாமையினாலும் கதிர்வீச்சு நீக்கப்படுவதனாலும் இம்முறை மிகவும் சிறந்ததாகும்.

மேற்கூறிய சோதனைகளிலிருந்து, வெப்பம் என்பது ஒரு வகை ஆற்றல் எனவும், பொருள்களுக்கு இடையேயுள்ள இயக்கத்தோடு தொடர்புடையது எனவும் நாம் அறிகிறோம். எனவே, அடுத்தபடியாக நம் முன்னே நிற்கும் வினாவானது, அது எப்படிப்பட்ட ஆற்றல், எந்தவிதமான இயக்கம் என்பதேயாகும். இவ் வினாவிற்குரிய விடையைப் பொருள்களின் இயக்கப் பணிவுக் கொள்கையில் பெறலாம்.

இந்தக் கொள்கையின்படி ஒரு பொருள் திட, திரவ, வாயு ஆகிய எந்நிலையில் இருப்பினும், அது மூலக்கூறு எனப்படும் மிகச் சிறிய கணக்கிலடங்கா எண்ணிக்கையுடைய துகள்களால் ஆக்கப் பட்டது எனக் கொள்ளவேண்டும். இம் மூலக்கூறுகள் அப்பொருளிற்கு உள்ள எல்லாக் குணங்களையும் பெற்றிருக்கும். மேலும் இம் மூலக்கூறுகள் இயக்கநிலையிலேயே இருக்கும். எனவே, இவைகளுக்கு இயக்க ஆற்றல் உண்டு. மூலக்கூறுகளின் இந்த ஆற்றலையே வெப்பம் என்கிறோம். வெப்பநிலை அதிகமாக உள்ள பொருள்களிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல் அதிகமாகவும், வெப்பநிலை குறைவாக உள்ள பொருள்களின் மூலக்கூறுகளுக்கு இயக்க ஆற்றல் குறைவாகவும் இருக்கும். ஆகவே, மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் அப்பொருளின் வெப்பநிலையைக் குறிக்கும்.

மூலக்கூறுகள் இயக்க நிலையில் இருப்பதை பிரவுன் என்ற விஞ்ஞானி கண்டறிந்தார். எனவே,இந்த இயக்கத்தாலே வெப்பம் உண்டாகிறது என்பது உறுதியாகிறது. இந்த இயக்கப் பண்புக் கொள்கையை முதலில் வாயுப்பொருள்களுக்கு எடுத்துக்கொண்டு அதன் விளைவுகளை ஆராய்வோம். முதலில் கீழ்க்கண்ட அடிப்படைக் கூறுகளை வரையறுத்துக்கொள்ளவேண்டும்.

இயக்கப் பண்புக் கொள்கையின் அடிப்படைக் கூறுகள்

1. ஒரு வாயு கணக்கிலடங்கா மூலக்கூறுகளால் ஆனது. இம் மூலக்கூறுகளை, மிகச் சிறிய, கெட்டியான, மீள் திறனுடைய கோளவடிவத் துகள்கள் என்று கொள்ளலாம். ஒரு வாயுவிலுள்ள எல்லா மூலக்கூறுகளும் தம்முடைய உருவ அமைப்பிலும் பொருண்மையிலும் ஒத்ததாயிருக்கும்.

2. இந்த மூலக்கூறுகள் எப்பொழுதும் இயக்க நிலையிலேயே இருக்கும். எனவே, ஒன்றுடன் ஒன்று மோதிக்கொண்டும் கொள்கலத்தின் சுவர்களில் மோதிக்கொண்டும் இருக்கும். இவைகளின் திசைவேகத்திற்கு ஒரு வரம்பு கிடையாதெனினும், வழக்கமாக இரு வரம்புகளுக்கிடையே இவைகளின் திசைவேகம் இருக்குமெனக் கொள்ளவேண்டும்.

3. வாயுவின் வெப்பநிலை மாறாதிருக்கும்வரை, இந்தத் திசைவேகம் மாறாதிருக்கும். வெப்பநிலை அதிகமானால் திசைவேகமும் அதிகமாகும்.

4. ஏதாவது அடுத்தடுத்த இரு மோதல்களுக்கிடையே ஒரு மூலக்கூறு நேர்கோட்டில் இயங்கும் எனக் கொள்ளலாம். இந்தத்

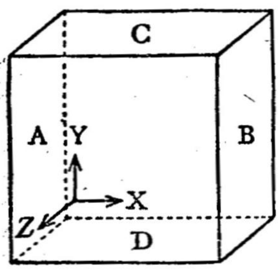
தொலைவைச் சுதந்திரப் பாதை எனவும், இப்பாதையின் சராசரியைச் சராசரிச் சுதந்திரப்பாதை எனவும் கூறலாம்.

5. செயல்முறை சாராத வாயுவிற்கு, மூலக்கூறின் ஆரத்தைச் சராசரிச் சுதந்திரப்பாதையுடன் ஒப்பிடும்பொழுது, புறக்கணித்து விடலாம். எனவே, மூலக்கூறை ஓர் எடைப்புள்ளி என்று கொள்ளலாம்.

6. சராசரிச் சுதந்திரப் பாதையைக் கடந்துசெல்ல எடுத்துக் கொள்ளும் காலத்தோடு ஒப்பிடும்பொழுது, மோதும்போது இரண்டு மூலக்கூறுகள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்திருக்கும் நேரத்தைப் புறக்கணித்துவிடலாம்.

7. செயல்முறை சாராத வாயுவில் மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே இழுவிசை இராது எனக் கொள்ளலாம்.

இலட்சிய வாயுவின் அழுத்தம் (Pressure of Ideal Gas): சென்டிமீட்டர் பக்கம் கொண்ட ஒரு கனசதுர கலத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். இதிலுள்ள வாயுவின் மொத்த மூலக்கூறுகள் n எனவும் மூலக்கூறு ஒவ்வொன்றின் பொருண்மையையும் m எனவும் கொள்வோம். B என்ற பக்கத்திற்குச் செங்குத்தாக X திசையில் ஒரு மூலக்கூறின் திசைவேகத்தின் ஆக்கக்கூறு u எனக்கொண்டால், அம்மூலக்கூறு சுவரோடு மோதுவதற்கு முன் அதற்குள்ள உந்தப்பாடு $= mu$. ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் நிறை மீள்திறன் பெற்றிருப்பதால், அதே திசைவேகத்திலேயே திரும்பும். எனவே, திரும்பும்போது அதனுடைய உந்தப்பாடு $= -mu$. எனவே, உந்தப்பாட்டின் வேறுபாடு $= mu - (-mu) = 2mu$. B என்ற பக்கத்தில் மோதியபின், மூலக்கூறுபின்னோக்கி இயங்கி A என்ற பக்கத்தில் மோதும். எனவே, அடுத்தடுத்து இருமுறை மோதுவதற்குள் ஒரு மூலக்கூறு நகரும் தொலைவு $= 2 \times$ இரண்டு பக்கங்களுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு $= 2 \times 1 = 2$. மூலக்கூறு u என்ற திசைவேகத்தில் இயங்குவதால் அடுத்தடுத்த இரு மோதல்களுக்கிடையேயுள்ள காலம் $= \frac{\text{தொலைவு}}{\text{திசை வேகம்}} = \frac{2}{u}$. எனவே, ஒரு வினாடியில் ஏற்படும் மோதல்களின் எண்ணிக்கை $= \frac{u}{2}$. ஒவ்வொரு



படம் 42.

மோதலின்பொழுதும் ஏற்படும் உந்தப்பாட்டின் வேறுபாடு = 2 mu. எனவே, ஒரு விஞடியில் ஒரு மூலக்கூறிஞல் ஏற்படும் உந்தப் பாட்டின்

$$\text{வேறுபாடு} = \frac{u}{2} \times 2\,mu = mu^2.$$

ஆகையால், உந்தப்பாட்டு மாறுபாட்டின் வீதம்/பரப்பளவு

$$= \text{அழுத்தம்} = \frac{mu^2}{\text{பரப்பளவு}} = mu^2 \; [\text{பரப்பளவு} = 1].$$

இதே போன்று Y, Z திசைகளில் மூலக்கூறின் திசைவேகத்தினுடைய ஆக்கக்கூறுகள் v, w என்றால், இத்திசைகளில் அழுத்தம் முறையே mv^2, mw^2 ஆகும். c_1 என்பது மூலக்கூறின் பொதுவான திசைவேகம் என்றால், $c_1{}^2 = u^2 + v^2 + w^2$. எல்லாத் திசைகளிலும் அழுத்தம் ஒரே அளவினதாய் இருப்பதால்,

$$\text{சராசரி அழுத்தம்} = \tfrac{1}{3}\, mc_1{}^2.$$

இதே போன்று வெவ்வேறு மூலக்கூறுகளின் திசைவேகம் c_2, c_3 எனக் கொண்டால், அழுத்தம் = $\frac{1}{3}\,mc_2{}^2$; $\frac{1}{3}\,mc_3{}^2$......ஆகும். இதே போன்று n மூலக்கூறுகளுக்கும் எழுதலாம்.

$$\frac{c_1{}^2 + c_2{}^2 + \cdots\cdots\cdots + cn^2}{n} = \overline{C}^2 \text{ எனக் கொண்டால்,}$$

$$\text{சராசரி அழுத்தம்} = \tfrac{1}{3}\, nm\, \overline{C}^2.$$

$\overline{C}^2$ என்பது சராசரி வர்க்கத் திசைவேகமாகும். எனவே, C என்பது சராசரி வர்க்கமூலத் திசைவேகமாகும். $\overline{C}$ என்பது ஒவ்வொரு தனித்தனி மூலக்கூறின் திசைவேகத்தின் வர்க்கத்திற்குச் சராசரி கண்டு, அதற்கு வர்க்கமூலம் கண்டால், கிடைக்கப்பெறும் மதிப்பாகும். மேற்கூறிய சமன்பாட்டில் nm = வாயுவின் அடர்த்தியாகும்.

$$P = \tfrac{1}{3}\, \rho\, \overline{C}^2$$

$$\text{அல்லது } \overline{C} = \sqrt{\frac{3\,P}{\rho}}$$

இவ்வளவு வெப்ப அழுத்த நிலையில் ஹைட்ரஜனுக்கு

$$P = 76 \times 13{\cdot}6 \times 981 \text{ டைன்/ச.செ.மீ.}$$

$$\rho = 0{\cdot}000089 \text{ கிராம்/க.செ.மீ.}$$

$$\therefore \overline{C} = \sqrt{\frac{3 \times 76 \times 13{\cdot}6 \times 981}{0{\cdot}0000089}} \text{ செ.மீ./விஞடி}$$

$$= 1{\cdot}84 \times 10^5 \text{ செ.மீ./விஞடி}$$

மூலக்கூறின் திசைவேகம் 0°C வெப்பநிலையில்

வாயு	மூலக்கூறின் எடை	$\overline{C}$ செ.மீ./விநாடி
ஹைட்ரஜன்	2·0	$1{\cdot}84 \times 10^5$
நைட்ரஜன்	28	$0{\cdot}425 \times 10^5$
ஆக்சிஜன்	32	$0{\cdot}461 \times 10^5$
ஆர்கான்	40	$0{\cdot}414 \times 10^5$
கரியமிலவாயு	44	$0{\cdot}395 \times 10^5$
குளோரின்	71	$0{\cdot}311 \times 10^5$

இந்த அட்டவணையிலிருந்து, $\overline{C}$, மூலக்கூறு எடையின் வர்க்க மூலத்திற்கு எதிர்விகிதத்திலிருப்பதைக் காணலாம்.

வாயுக்களின் விதியை வருவித்தல்

பாயிலின் விதி : இயக்கப் பண்புக் கொள்கையிலிருந்து அழுத்தத்திற்குக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டைக் கண்டோம் :

$$P = \frac{1}{3} nm \overline{C}^2$$

ஆனால், $nm = \rho$ (அடர்த்தி)

$$\therefore P = \frac{1}{3} \rho \overline{C}^2$$

$$\text{ஆனால், அடர்த்தி} = \frac{\text{பொருண்மை}}{\text{கன அளவு}} = \frac{M}{V}$$

$$\therefore P = \frac{1}{3} \cdot \frac{M}{V} \overline{C}^2$$

$$\therefore PV = \frac{1}{3} M \overline{C}^2$$

வெப்பநிலை மாருமலிருக்கும்பொழுது $M\overline{C}^2$ ஒரு மாறிலியாயிருக்கும். எனவே, PV என்பது மாரு வெப்பநிலையில் ஒரு மாறிலியாகிறது. இதுவே பாயிலின் விதி.

சார்லஸ் விதி : $M\bar{C}^2$ என்பது வாயுவின் தனி வெப்பநிலையைப் பொறுத்து மாறுவதால் PV-யும் தனி வெப்பநிலை T-ஐப் பொறுத்து மாறும். வாயுவின் பரிமாணம் மாருமலிருந்தால், $P \propto T$; அழுத்தம் மாருமலிருந்தால் $V \propto T$.

$$\text{எனவே,} \quad PV \propto T$$

அல்லது $PV = RT$ (V—ஒரு கிராம் மூலக்கூறு வாயுவின் கன அளவு)

எனவே, R என்பது கிராம்-மூலக்கூறு. ஒரு மூலக்கூறின் எடை M கிராம் என்ருல், $\frac{1}{3} MC^2 = RT$.

அவோகாட்ரோ விதி : இந்த விதிப்படி சமவெப்ப அழுத்த நிலைகளிலுள்ள எல்லா வாயுக்களிலும் சம கன அளவில் ஒரே எண்ணிக்கையுள்ள மூலக்கூறுகள் இருக்கும்.

ஒரு கன சதுர செ.மீ. கன அளவுள்ள இரு வெவ்வேறு வாயுக்களை எடுத்துக்கொள்வோம். இவைகள் இரண்டும் T என்ற வெப்பநிலையிலும் P என்ற அழுத்தத்திலும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். முதல் வாயுவில் மொத்தம் n_1 மூலக்கூறுகளும், மூலக்கூறு ஒவ்வொன்றின் பொருண்மையும் m_1 எனவும், சராசரி வர்க்க மூலத் திசைவேகம் $\bar{C}_1$ எனவும் கொள்வோம். இதே அளவுகளை இரண்டாவது வாயுவிற்கு முறையே n_2, m_2, C_2 எனவும் கொள்வோம்.

அழுத்தம் ஒரே அளவினதாய் இருப்பதால்,

$$\frac{1}{3} n_1 m_1 \bar{C}_1^2 = \frac{1}{3} n_2 m_2 C_2^2 \qquad \text{——(1)}$$

வெப்பநிலை ஒரே அளவினதாய் இருப்பதால் இயக்க ஆற்றலும் ஒரே அளவினதாய் இருக்கும்.

$$\therefore \frac{1}{2} m_1 \bar{C}_1^2 = \frac{1}{2} m_2 \bar{C}_2^2 \qquad \text{——(2)}$$

இந்த இரண்டு சமன்பாடுகளிலிருந்தும்

$$n_1 = n_2$$

எனவே, அவோகாட்ரோவின் விதி பெறப்படுகிறது.

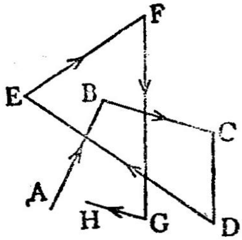
வாயுக்களில் கிரஹாமின் விரவல் விதி

ρ_1, ρ_2 என்ற அடர்த்தியுள்ள இருவிதமான வாயுக்களை எடுத்துக்கொள்வோம். இரண்டிற்கும் இடையே விரவல் ஏற்பட்டு

ஒரு நிலையான நிலை ஏற்பட்டவுடன் அழுத்தம் ஒரே அளவினதாய் இருப்பதால்,

$$\frac{1}{2} \rho_1 \bar{C_1}^2 = \frac{1}{2} \rho_2 \bar{C_2}^2$$

$\bar{C_1}$, $\bar{C_2}$ என்பது மூலக்கூறுகளின் சராசரி வர்க்கமூலத் திசைவேகம்.



படம் 43.

எனவே, $\frac{\bar{C_1}}{\bar{C_2}} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$

எனவே, இரு வெவ்வேறு வாயுக்களிலுள்ள மூலக்கூறின் சராசரி வர்க்க மூலத் திசைவேகம், அவ்விரு வாயுக்களின் அடர்த்தியின் வர்க்கத்திற்கு எதிர் விகிதத்திலிருக்கும்.

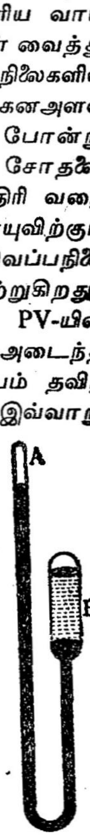
மூலக்கூறு எவ்வாறு நகருகிறது என்பதைப் படம் 43-லிருந்து தெரிந்துகொள்ளலாம்.

பாயிலின் விதியும் வாயுக்களின் குணங்களும்

பாயிலின் விதிப்படி மாறுவெப்பநிலையில் குறிப்பிட்ட பொருண்மையுடைய வாயுவின் அழுத்தம் அதனுடைய கன அளவிற்கு எதிர்விகிதத்திலிருக்கும். 1661ஆம் ஆண்டு பாயில் இந்த விதியை வரையறுத்தபொழுது, ஒரு வாயுவிற்கு $\frac{1}{30}$ முதல் 4 வளி அழுத்தங்கள் வரையுள்ள அழுத்தத்தைச் செலுத்தி, அவைகளின் கன அளவைக் கண்டார். எல்லா வாயுக்களுக்கும் அழுத்தம், கன அளவு ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலன் மாறிலியாக இருப்பதைக் கண்டார்.

1847ஆம் ஆண்டு வெவ்வேறு வாயுக்களுக்கு 30 வளி அழுத்தங்கள்வரை அழுத்தத்தைச் செலுத்தி அவைகளின் குணங்களை ஆராயும்பொழுது ரெச்ஞல்ட் கீழ்க்கண்ட முடிவுகளைப் பெற்றார்: காற்று, கரியமிலவாயு போன்ற வாயுக்களுக்கு PV-யின் பெருக்கற்பலன், அழுத்தம் அதிகமாகும்பொழுது முதலில் குறைந்து பின் அதிகமாகும். ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்ற வாயுக்களுக்கு PV அதிகரித்துக்கொண்டே செல்லும். எனவே, எந்த வாயுவும் பாயிலின் விதியை அப்படியே பின்பற்றவில்லை என்பது தெளிவு. இதே போன்று வெவ்வேறு அதிக அழுத்தங்களில் வெவ்வேறு விஞ்ஞானிகள் சோதனைகள் செய்தார்கள். அவர்களுள் அமகாட் என்ற விஞ்ஞானியின் சோதனை குறிப்பிடத்தக்க ஒன்றாகும்.

அமேகாட் 3,000 வளி அழுத்தங்கள்வரையுள்ள அழுத்தத்தைச் செலுத்தி, வாயுவின் அழுத்தம், கனஅளவு ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனைக் கண்டார். இவர் முதலில் மிகவும் கவனமாக நைட்ரஜன் வாயு எவ்வாறு அழுத்தத்தைப் பொறுத்து மாறுகின்றது எனக் கண்டறிந்து, இந்த மாற்றத்தை ஒப்பிட்டு மற்ற வாயுக்களின் மாற்றத்தை அளவிட்டார். இவருடைய சோதனையில் அருகருகே இரண்டு அழுத்தமானிகள் உண்டு. ஒன்றில் நைட்ரஜனும் மற்றொன்றில் சோதனைக்குரிய வாயுவும் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் வாயு இருக்கும்பொழுது அதன் மாற்றம் எத்தகையது என்பதை அறிய, சோதனைக்குரிய வாயு நிரப்பப்பட்ட அழுத்தமானியை ஒரு திரவ முழுக்கினுள் வைத்து அதன் மாற்றத்தை அளவிடலாம். வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் வெப்பநிலையை நிலையாக வைத்துக்கொண்டு அழுத்தம், கனஅளவு ஆகியவற்றின் பெருக்கற்பலனைக் காணலாம். இதே போன்று வெவ்வேறு வாயுக்களுக்கும் சோதனை செய்யலாம். சோதனையின் முடிவைப் படம் 44-ல் காட்டியுள்ளபடி ஒரு மாதிரி வரை படத்தால் அறியலாம். படத்திலிருந்து ஒவ்வொரு வாயுவிற்கும் பாயில் வெப்பநிலை உண்டென்று அறிகிறோம். இந்த வெப்பநிலையில் மட்டுமே ஒரு வாயு பாயிலின் விதியைப் பின்பற்றுகிறது. இந்த வெப்பநிலைக்குக் குறைவான வெப்பநிலைகளில் PV-யின் பெருக்கற்பலன் முதலில் குறைந்து, ஒரு சிறும மதிப்பை அடைந்த பின் அதிகரிக்கத் தொடங்கும். ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் தவிர மற்ற எல்லா வாயுக்களும் இயல்பான வெப்பநிலையில் இவ்வாறு மாறும். ஹைட்ரஜனுக்கும் ஹீலியத்திற்கும் இயல்பான வெப்பநிலைகளில் அழுத்தம் அதிகரிக்கும் பொழுது PV-யின் மதிப்பை நேரடியாக அதிகரிக்கும். இந்த வகையான மாற்றத்திற்கு இவ்வாயுக்களின் பாயில் வெப்பநிலை இயல்பான வெப்பநிலையைவிட மிகக் குறைவாக இருப்பதே காரணமாகும். ஹைட்ரஜனின் பாயில் வெப்பநிலை —144°C ஆகும்; அதே போல் ஹீலியத்தின் பாயில் வெப்பநிலை —250°C ஆகும். எல்லா வாயுக்களும் பாயில் வெப்பநிலையிலிருந்து ஒரே அளவில் வேறுபாடுடையதாக இருந்தால் அவைகளில் PV-யின் மாற்றம் ஒரே வகையானதாய் இருக்கும். எனவே, ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் முதலிய வாயுக்களின் தொடக்க வெப்பநிலை பாயில் வெப்பநிலைக்குக் கீழ் இருந்தால் இவ் வாயுக்களிலும் மற்ற வாயுக்களைப்போலவே மாற்றம் ஏற்படும்.



படம் 44.

இவ்வாறு ஒரே அளவில் பாயில் வெப்பநிலையிலிருந்து வேறுபாடுடையதாக உள்ள வாயுக்களின் மாற்றம் ஒரே வகையாய் இருக்

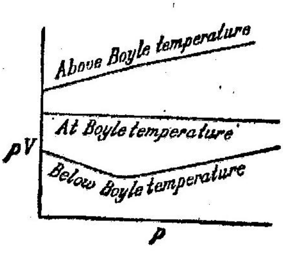
பதை வாயுக்களின் ஒத்த நிலைகள் (Corresponding states) என்கிறோம்.

மேற்கூறிய சோதனைகளிலிருந்து, இயல்பான வாயுக்கள் எல்லாம் பாயிலின் விதியைப் பின்பற்றவில்லை என்பதை அறிகிறோம். பாயிலின் விதியைப் பின்பற்றும் வாயுக்களை இலட்சிய (Ideal) வாயுக்கள் என்கிறோம். நாம் வாயுக்களின் இயக்கப் பண்புக் கொள்கையில் கூறிய அடிப்படைக் கூறுகள் எல்லாம் செயல்முறை சாராத வாயுக்களுக்கே பொருந்துமாதலால், இயல்பான வாயுக்களுக்கு அவைகளில் மாற்றம் செய்யவேண்டும். முக்கியமாக இம் மாற்றம் வாயுக்களின் மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயுள்ள இழுவிசைக்கும், மூலக்கூறுகளின் உருவத்திற்கும் செய்யப்படும். இம் மாற்றங்கள் செய்து வாயுக்களுக்கு ஒரு புதிய வாயுச் சமன்பாட்டைப் பெறலாம். இவ்வகையில் வருவித்த வாண்டர்வால் சமன்பாட்டை நாம் பின்னால் காண்போம்.

நாம் வாயுக்களின் மாற்றம் எவ்வாறு உள்ளது என்பதை அமகாட் சோதனைகளிலிருந்து கண்டோம். எல்லா வாயுக்களுக்கும் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைக்குக்கீழ் PV குறைகிறது. எனவே; அழுத்தத்தை அதிகரித்து ஒரு வாயுவைத் திரவமாக்குவதற்கு இம் மாற்றம் வழிவகுக்கிறது. இவ்வாறு வாயுக்களைத் திரவமாக்கும் முயற்சியில் ஆண்ட்ரூ என்ற விஞ்ஞானியின் சோதனைகள் குறிப்பிடத்தக்கவையாகும்.

மாறுநிலை மாறிலிகளைச் சோதனை மூலம் கண்டுபிடித்தல்

இம் மாறிலிகளைப் பின்வரும் காக்னியார்ட்-டி-லா-டுர் என்ற விஞ்ஞானியின் சோதனை மூலம் காணலாம். இதில் A என்ற ஒரு நீளமான குழாய் J வடிவில் வளைக்கப்பட்டு B என்ற அகன்ற குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த அமைப்பு வெவ்வேறு புய நீளங்களுள்ள U வடிவக் குழாய் போன்று இருக்கும். நீளம் அதிகமான புயத்தில் காற்றும் மற்ற புயத்தில் திரவமும் அதன் ஆவியும் இருக்கும். இரண்டு புயங்களுக்கும் இடையில் சிறிதளவு பாதரசம் இருக்கும். புயங்களின் இரு முனைகளும் அடைக்கப்பட்டிருக்கும்.

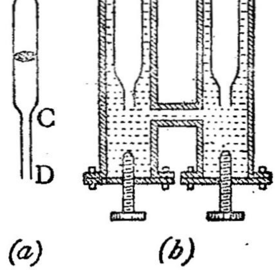


படம் 45.

இதனைத் திரவ முழுக்கு ஒன்றினுள் வைத்துச் சூடேற்ற வேண்டும். வெப்பநிலை உயர உயரக் குழாயிலுள்ள திரவமட்டத்

தின் வளைந்த பரப்புச் சிறிது சிறிதாக நேர்பரப்பாக மாறும். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் இந்த நேர்பரப்பும் மறைந்துவிடும். எனவே. திரவமும் வாயுவும் ஒன்றுடன் ஒன்று கலந்த நிலையில் இருக்கும். இந்த வெப்பநிலையே மாறுநிலை வெப்பநிலையாகும். A-யிலுள்ள காற்றுத் தம்பத்தின் நீளத்திலிருந்தும் பாதரச மட்டங்களின் வேறுபாட்டிலிருந்தும் அழுத்தத்தைக் காணலாம். இவ்வழுத்தம் மாறுநிலை அழுத்தமாகும். எனவே, இந்த வெப்பநிலையில் திரவநிலைக்கும் வாயுநிலைக்கும் எந்த ஒரு வேறுபாடும் இல்லாமல் இரண்டு நிலைகளும் ஒத்திருக்கும்.

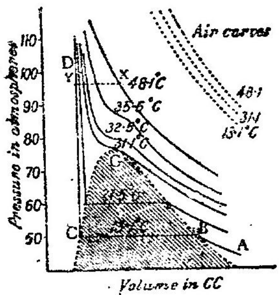
ஆண்ட்ரூவின் சோதனை : இச் சோதனையில் கரியமில வாயு பயன்படுத்தப்பட்டது. வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் இவ்வாயுவின் அழுத்தம் அதிகரிக்கும்பொழுது ஏற்படும் கன அளவு மாற்றத்தை அளவிடவேண்டும். இதற்குப் படம் 46 (a), (b)-யில் காட்டியபடியுள்ள கருவி பயன்படுத்தப்படும். இதில் AB என்ற தடித்த சுவர்களுடைய நுண்துளைக் குழாய், BC என்ற குறுக்குப் பரப்பு அதிகமான குழாயுடனும், CD என்ற மற்றொரு குழாயுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். நுண்துளைக் குழாயின் குறுக்குப் பரப்பளவை முதலில் ஒரு சோதனையின் மூலம் காணவேண்டும். பின் இக் குழாயைக் கலப்பில்லா தூய்மையான கரிய மிலவாயுவால் நிரப்பி, பாதரசத்தின் உதவியால் அடைத்துக் கொள்ளவேண்டும். இந்தக் குழாயை இதேபோன்ற மற்றொரு காற்றடைக்கப்பட்ட குழாயுடன் படம் (b)-யில் காட்டியபடி ஒரு கலத்தில் வைக்கவேண்டும். இந்தக் கலம் நீரால் நிரப்பப்பட்டு S_1, S என்ற திருகுகளின் உதவியால் அழுத்தத்தை அதிகரிக்கும் அமைப்போடு இருக்கும்.



படம் 46.

இந்தச் சோதனையில் திருகுகளைத் திருகி வெவ்வேறு அழுத்தங்களில் கரிய மிலவாயுவின் கன அளவைக் காணவேண்டும். நீரின் வெப்பநிலையை வெவ்வேறு நிலையான அளவில் வைத்துக்கொண்டு சோதனையைச் செய்யவேண்டும். பதிவு செய்த அளவுகளிலிருந்து வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் அழுத்தத்திற்கும் கன அளவிற்கும் வரைவடம் வரையவேண்டும். இவ் வரைபடம் மாறா வெப்பநிலைக் கோடுகள் எனப்படும்.

படம் 47 வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் வரையப்பட்ட மாரு வெப்பநிலைக் கோடுகளைக் குறிக்கிறது. படத்தில் AB என்ற பாதை அழுத்தம் அதிகரிக்கும்பொழுது வாயுவின் கன அளவு உத்தேசமாக பாயிலின் விதிப்படி குறைவதைக் குறிக்கும். B என்ற புள்ளியில் வாயு திரவமாகத் தொடங்கும். C என்ற புள்ளி வரை அதே அழுத்தத்தில் கன அளவு குறைந்து வாயு திரவமாக மாறுகிறது. C-யில் வாயு முழுவதுமாகத் திரவமாக மாற்றப்பட்டு, CD என்ற பாதை திரவம் அழுக்கப்பட்டு அதன் கன அளவு மாறுவதைக் குறிக்கும். திரவத்தில் அழுத்தத்தால் ஏற்படும் மாற்றம் மிகக் குறைவாக இருப்பதால், CD என்ற கோடு ஏறத்தாழ ஒரு நேர் கோடாக இருக்கும். B என்ற புள்ளி நிறைசெறிவு ஆவியையும், C என்ற புள்ளி அதே பொருண்மையுடைய நிறைசெறிவு திரவத்தையும் குறிக்கும்.



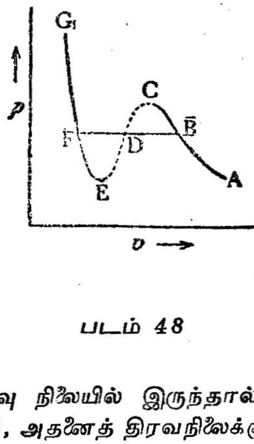
படம் 47.

வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்பொழுது BC என்ற கிடைமட்டப் பாதை ஏறத்தாழ மறைந்துவிடும். இதற்கு மேற்பட்ட வெப்பநிலைகளில் திரவமும் வாயுவும் ஒன்ருக இருக்கும் நிலையைக் குறிக்கின்ற கிடைமட்டப் பாதை முழுவதுமாக மறைந்துவிடும். எனவே, இதற்கு மேற்பட்ட வெப்பநிலைகளில் வாயுவைத் திரவமாக மாற்ற முடியாது. இந்த வெப்பநிலையை மாறுநிலை வெப்பநிலை எனவும், G என்ற புள்ளிக்குரிய கன அளவு, அழுத்தம் ஆகியவற்றை முறையே மாறுநிலை கன அளவு, மாறுநிலை அழுத்தம் எனவும் கூறலாம். இந்தக் கோடு மாறுநிலையின் மாரு வெப்பநிலைக் கோடு (Critical isothermal) எனப்படும்.

மாறுநிலை வெப்பநிலையைக் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம். எந்த ஒரு நிலைக்குமேல் அழுத்தம் மட்டும் தொழிற்பட்டு ஒரு வாயவைத் திரவமாக்க முடியாதோ, அந்த வெப்பநிலையே அந்த வாயுவின் மாறுநிலை வெப்பநிலை எனப்படும். மாறுநிலை வெப்பநிலையில் ஒரு வாயுவைத் திரவமாக்குவதற்குத் தேவையான அழுத்தம் மாறுநிலை அழுத்தம் எனவும், இந்த மாறுநிலை வெப்பநிலை, அழுத்தம் ஆகியவற்றில் உள்ள வாயுவின் சுய கன அளவை (ஒரு கிராம் வாயுவின் கன அளவு) மாறுநிலை கன அளவு எனவும் கூறலாம்.

எனவே, எந்த வாயுவினுடைய தொடக்க வெப்பநிலையும் அதனுடைய மாறுநிலை வெப்பநிலைக்குக்கீழ் இருந்தால் அதனைத் திரவமாக்கலாம். பொருள்களின் திட, திரவ, வாயு ஆகிய மூன்று நிலைகளும் ஒரு தொடர்ச்சியான பௌதிக மாற்றத்தில் கிடைக்கக் கூடிய மூன்று தனித்தனி நிலைகளேயாகும். ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு ஒரு தொடர்ச்சியான மாற்றத்தின் மூலம் செல்லலாம்.

ஜேம்ஸ் - தாம்ஸன் அடிப்படைக் கூறு : ஆண்ட்ரூவின் சோதனைகளிலிருந்து, வெவ்வேறு நிலைகளை ஒரு தொடர்ச்சியான மாற்றத்தின் மூலம் அடையாளம் என்பதைக் கண்டோம். எனவே, தாம்ஸன் என்ற விஞ்ஞானி, படம் 47-ல் உள்ளபடி AB யிலிருந்து BC-க்குரிய மாற்றம் ஒரு திடீர் மாற்றமாக இல்லாமல் படம் 48-ல் உள்ளதுபோல் ஓர் இழைவான மாற்றமாக இருக்கலாம் என்ற கருத்தைத் தெரிவித்தார். ஆனால், இந்த இழைவான மாற்றம் நம்மால் சோதனைகளின் மூலம் அடையக்கூடிய ஒரு மாற்றம் அன்று. இருந்தபோதிலும் இவருடைய கருத்தை ஒப்புக்கொண்டு படம் 48-ல் உள்ளபடி இந்த மாற்றம் ABCDEFG வழியே இருக்கும் எனக் கொள்ளலாம். இவ்வாறு எடுத்துக்கொள்வதன் மூலம் நாம் மிகு குளிர் தன்மையையும் மிகு வெப்பத் தன்மையையும் விளக்கலாம். மேலும், நாம் அடுத்து வருவிக்கப்போகும் வாண்டர்வால் சமன்பாட்டின்படி இந்த வகையான இழைவான கோடே சரி என்றும் காணலாம்.



படம் 48

B என்ற புள்ளியில் வாயு நிறைசெறிவு நிலையில் இருந்தால், BC என்ற பாதையில் அழுத்தம் செலுத்தி, அதனைத் திரவநிலைக்கு மாறாமல் இருக்கும்படி செய்யலாம். எனவே, C என்ற புள்ளியில் வாயு உறுதியற்ற மிகுகுளிர் தன்மையுடையதாய் இருக்கும். இதே தன்மையைச் சோதனைச்சாலையில் தூய்மையான நிறைசெறிவு ஆவியை அழுத்துவதன் மூலம் பெறலாம்.

EF என்ற பாதையில் திரவத்தின் அழுத்தத்தைக் குறைத்து அது கொதிநிலையை அடையாமல் இருக்கும்படி செய்யலாம். எனவே, E என்ற புள்ளியில் திரவம் உறுதியற்ற மிகுவெப்பத் தன்மையுடையதாய் இருக்கும். இதே தன்மையைச் சோதனைச் சாலையில் தூசு அற்ற தூய்மையான திரவத்தைக் குறைந்த அழுத்த நிலையில் வைப்பதன் மூலம் பெறலாம்.

எனவே, C E, என்ற புள்ளிகளில் முறையே திரவமாக மாற வேண்டிய வாயு திரவமாக மாருமலும், ஆவியாக மாறவேண்டிய திரவம் ஆவியாக மாருமலும் உறுதியற்ற நிலையில் இருக்கும்.

மேற்கூறிய விளக்கம் கிடைப்பதால் ஜேம்ஸ்-தாம்ஸனின் அடிப்படைக் கூற்றை நாம் ஒப்புக்கொள்கிறோம்.

வேண்டர் வால் சமன்பாடு (Vander Waal's Equation)

வாயுநிலைக்கும் திரவநிலைக்கும் நெருங்கிய தொடர்பு இருக்கிறதென்கிற உண்மை PV = RT என்ற சமன்பாடு மூலம் விளங்கும். வாயுவின் உயர்ந்த வெப்பநிலையிலிருந்து திரவத்தின் குறைந்த வெப்பநிலை வரை PV = RT என்ற ஒரே சமன்பாடு மூலம் அறியலாம். இந்தச் சமன்பாடு ஓர் இலட்சிய வாயுவுக்குக் (Ideal gas) குறைந்த அழுத்தத்தில் வெப்பநிலை அதிகமாக இருக்கும் பொழுது பொருந்தும். எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் ஒரு வாயுவின் நிலையை அறிய முற்பட்டவர்களில் வேண்டர்வால்முக்கியமானவர். இலட்சிய வாயுவின் சமன்பாடு (Ideal gas equation) அமைக்கும் பொழுது மூலக்கூறுகளின் உருவம் மிகச் சிறியதென்றும், அவை களைப் பொருட்படுத்தவேண்டியதில்லையென்றும் நினைத்தோம். ஆனல், மூலக்கூறுகள் சிறிய பரிமாணத்தைக் கொள்கின்றன. வென்றும், அவைகளினிடையே கவர்ச்சி விசை இருக்கிறதென்றும் கொண்டு, வேண்டர் வால்ஸ், வாயுவின் சமன்பாட்டில் சிறிது மாற்றங்களைச் செய்தார்.

மூலக்கூறுகளிடையே உள்ள கவர்ச்சி விசையினுல் ஏற்படும் திருத்தம்: ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள வாயுவில் ஒரு மூலக்கூறு வாயுவை அதன் மத்தியில் எடுத்துக்கொள்வோம். அதைச் சுற்றி யுள்ள மூலக்கூறுகள் அதை எல்லாப் பக்கங்களிலும் சமமான விசையுடன் இழுக்கின்றன. எனவே, பல்வேறு விசைகளின் தொகு பயன் ஒன்றுமில்லாமலிருக்கும். ஆனுல், அந்த மூலக்கூறு பாத்தி ரத்தின் ஒரு பக்கத்திற்குச் சமீபத்திலிருந்தால், மற்ற மூலக்கூறுகள் அதை இழுத்து அதன் வேகத்தைக் குறைக்கும். எனவே, பாத்திரத் தின் பக்கத்தில் அழுத்தப்படும் விசை சாதாரணமாக அழுத்தப் படும் விசையைவிடக் குறைவாக இருக்கும். எனவே, உண்மை யான அழுத்தத்தைக் கணக்கிடவேண்டுமென்றுல், ஏற்படும் அழுத் தத்தோடு ஒரு சிறிய பாகத்தைக் கூட்டவேண்டும். அளக்கப்பட்ட அழுத்தம் p என்ருல் உண்மையான அழுத்தம் $(p+p_1)$. p_1 என்பது திருத்தம். p_1 என்பது பாத்திரத்தின் பக்கத்திலுள்ள மூலக் கூறை இழுக்கும் மூலக்கூறுகளைப் பொறுத்தது; உள்நோக்கி இழுக்கும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை ஓர் அலகு பரிமாணத்தி

லுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தது. எனவே, அது வாயுவின் அடர்த்தியைப் பொறுத்தது. இழுக்கப்படும் மூலக்கூறுகளும் வாயுவின் அடர்த்தியைப் பொறுத்தன. எனவே, அழுத்தத்தின் அளவு வாயுவின் அடர்த்தியின் வர்க்கத்தைப் பொறுத்தது. $p \propto d^2$. d என்பது வாயுவின் அடர்த்தி. ஆனால் $d \propto \frac{1}{v}$. v என்பது வாயுவின் பரிமாணம். எனவே, $p_1 \propto \frac{1}{v^2}$. அதாவது, $p_1 = \frac{a}{v^2}$. a என்பது ஒரு மாறிலி. எனவே, திருத்தப்பட்ட அழுத்தம் $= p + \frac{a}{v^2}$.

மூலக்கூறுகளின் பரிமாணத் திருத்தம்

மூலக்கூறுகளுக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட பரிமாணம் உண்டு. எனவே, பாத்திரத்தில் அங்குமிங்கும் நகரும் மூலக்கூறுகள் நடமாடும் இடமானது பாத்திரத்தின் பரிமாணத்தைவிடச் சற்றுக் குறைவாக இருக்கும். இப் பரிமாணத்தை $(v-b)$ என்று கொள்ளலாம். b என்பது மூலக்கூறுகவின் பரிமாணத்தைப் பொறுத்த ஒரு மாறிலி. இதன் மதிப்பு, மூலக்கூறுகளின் பரிமாணத்தைப் போல நான்கு மடங்கு. எனவே இந்த இரண்டு திருத்தங்களையும் கொண்டு வேண்டர் வால்ஸ் என்பவர்,

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = RT$$

என்ற சமன்பாட்டை ஏற்படுத்தினர். a, b என்பவை வேண்டர் வால்ஸின் மாறிலிகளாகும். சாதாரண வாயுவின் சமன்பாட்டைவிட வேண்டர் வால்ஸ் சமன்பாடு, ஜௌல்-தாம்சன் சண்ட சம வெப்பநிலை அழுத்தம்—பரிமாணம் (Isothermal) குறித்த சம்பந்தங்களை நன்ருக விளக்குவதாக அமைகிறது. எனவே, வேண்டர் வால்ஸ் சமன்பாடு மிகவும் முக்கியமானது.

அமேகாட் வளைவுகளின் விளக்கம் (Amagat's Curves)

pv ஐ y அச்சிலும் pஐ x அச்சிலுமாக எடுத்து வரையப்பட்ட படங்கள் 45 சில அம்சங்களைக் காட்டுகின்றன. பாயில் (Boyle) வெப்பநிலைக்குக்கீழ் p அதிகரித்தால் pv-யின் பெருக்குத் தொகை குறைந்து நீசநிலையடைந்து பின் கூடுகிறது. இதற்குக் காரணம் பின்வருமாறு. குறைந்த அழுத்தத்தில் வாயுவின் பரிமாணம் கூடுதலாக இருக்கும். எனவே, v-யின் மதிப்பைவிட b-யின் மதிப்பு மிகவும் குறைந்திருப்பதால் அதைப் பொருட்படுத்த வேண்டியதில்லை, எனவே,

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = RT$$ என்ற சமன்பாட்டை

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right) = RT$$ எனக் கொண்டால்,

$$pv + \frac{a}{v} = RT$$

$$pv = RT - \frac{a}{v}$$

எனவே, pv-யின் மதிப்பு RT-யின் மதிப்பைவிடக் குறைவாக இருக்கும். ஆகவே, வாயுவின் பரிமாணம் மிகவும் குறைக்கப்படக் கூடியது. மூலக்கூறுகளுக்கிடையே உள்ள கவர்ச்சி விசையே இதற்குக் காரணம். வாயுவின் அழுத்தம் அதிகமானாலும் v-யின் மதிப்புக் குறைந்து b-யின் மதிப்பைப் பொருட்படுத்த வேண்டும். ஆனால், p-யின் மதிப்பு அதிகமாயிருப்பதால், $\frac{a}{v^2}$-ன் மதிப்பைப் பொருட்படுத்தவேண்டியதில்லை. எனவே, வேண்டர் வால்ஸின் சமன்பாட்டை $p(v-b) = RT$ எனக் கொள்ளலாம்.

$$\therefore pv = RT + pb$$

எனவே, RT-யின் மதிப்பைவிட pv-யின் மதிப்பு அதிகமாயிருக்கும். மற்றும், p-யின் மதிப்பு அதிகரித்தால் வித்தியாசம் அதிகரிக்கும். மூலக்கூறுகளினிடையே ஏற்படும் கவர்ச்சியும் மூலக்கூறுகளின் பரிமாணமும் வேறு திசைகளில் இருப்பதால் pv-யின் மதிப்பு நீசநிலையடைகிறது. பாயில் வெப்பநிலையில் ஒன்றையொன்று சரிசெய்துகொள்கிறது. உயர்ந்த வெப்பநிலையில் கவர்ச்சியால் ஏற்படும் திருத்தம் பரிமாணத்தால் ஏற்படும் திருத்தத்தைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். எனவே, அமேகாட்டின் வளைவுகள் இவ்விதமாக விளக்கப்படுகின்றன.

வேண்டர்வால் சமன்பாட்டிலிருந்து மாறுநிலை மாறிலிகள் (Critical constants) கண்டுபிடித்தல்

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = RT$$

இரு பக்கங்களையும் v^2 ஆல் பெருக்கினால்,

$$(pv^2 + a)(v-b) = RTv^2$$

$$pv^3 - pv^2b + av - ab = RTv^2$$

p-யால் வகுத்தால்,

$$v^3 - v^2 b + \frac{av}{p} - \frac{ab}{p} = RT\frac{v^2}{p}$$

$$v^3 - \left(b = \frac{RT}{p}\right)v^2 + \frac{av}{p} - \frac{ab}{p} = 0 \quad \text{——(1)}$$

இந்தச் சமன்பாடு v-யின் மூன்று அடுக்கு. ஜேம்ஸ்-தாம்சன் சொல்லியபடி ஒரே வெப்பநிலையில் இந்தச் சமன்பாடு பொருந்தும். அலதி வெப்பநிலைக்குக்கீழ் v-க்கு மூன்று மூலங்கள் (roots) ஏற்படும். அவைகள் தாம்சனின் வளைவுகளிலுள்ள (curves) **B,D,F** என்ற புள்ளிகளைக் குறிக்கும். வெப்பநிலை அதிகரித்தால் இந்தப் புள்ளிகள் நெருங்கும், அலதி வெப்பநிலையில் இந்த மூன்று புள்ளிகளும் ஒன்றுசேரும். அலதி வெப்பநிலைக்குமேல் ஒரு மூலம் உண்மையுள்ளதாகவும் (real) மற்ற இரண்டும் கற்பனையாகவும் (imaginary) அமையும்.

எனவே, v_1, v_2, v_3 என்பவை மூலங்களாயிருந்தால், $(v-v_1)(b-v_2)(v-v_3) = 0$.

அலதி வெப்பநிலையில் $v_1 = v_2 = v_3 = vc$ அலதி பரிமாணமாகும். Tc = அலதி வெப்பநிலை ; Pc = அலதி அழுத்தம். எனவே, $(vv - vc)^3 = 0$.

$$v^3 - 3v^2 vc + 3v\, vc^2 - vc^3 = 0 \quad \text{——(2)}$$

$$\therefore\ 3\,vc = b + \frac{RTc}{pc} \quad \text{——(3)}$$

$$3\,vc^2 = \frac{a}{pc} \quad \text{——(4)}$$

$$vc^3 = \frac{ab}{pc} \quad \text{——(5)}$$

(5) ஐ (4) ஆல் வகுத்தால், $\frac{vc}{3} = b$. எனவே,

$$vc = 3b \quad \text{——(6)}$$

(5)-ல் vc-யின் மதிப்பைப் புகுத்தினுல்,

$$27b^3 = \frac{ab}{pc}.\ \text{எனவே,}\ pc = \frac{a}{27b^2} \quad \text{——(7)}$$

(3)-ல் p_c, v_c-யின் மதிப்புகளைப் புகுத்தினால்,

$$T_c = \frac{8a}{27 Rb} \qquad \text{——(8)}$$

ஒரே வெப்பநிலையில் ஒரு வாயுவின் நிலையை அறிந்து வேண்டர் வால்ஸின் மாறிலிகளைக் கணக்கிடலாம். கரியமிலவாயுவை எடுத்துக்கொண்டால், டரிசோதனைப்படி $p_c = 73$ வாயுமண்டல அழுத்தம்; $T_c = 30 \cdot 9°C$ கணக்கீட்டின்படி $p_c = 61$ வாயு மண்டல அழுத்தம்; $T_c = 31°C$.

வாயுக்களைத் திரவமாக்குதல் (Liquefication of Gases)

வெகுகாலம்வரை பனிக்கட்டியின் வெப்பநிலைதான் நம்மால் அடையக்கூடிய மிகக் குறைந்த வெப்பநிலை என்ற ஒரு கருத்து நிலவிவந்தது. ஆனால், வாயுக்களின் விதிகளிலிருந்து நாம் $-273°C$ வெப்பநிலை வரை அடையலாம் என்ற உண்மை தெரிய வந்தது. $0°C$-யைவிடக் குறைவான வெப்பநிலையை அடைவதற்குப் பல வழிகள் உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, பனிக்கட்டியுடன் சில விதமான உப்புகளைச் சேர்த்து உறைகலவை தயாரித்தால், அவ் உறைகலவையால் $-30°C$ வரை வெப்பநிலையை அடைவதற்கு நாம் கீழ்க்கண்ட வழியையே பின்பற்றுகிறோம். அதாவது, இயல்பான வெப்பநிலையில் வாயு நிலையிலுள்ள பொருளைக் குளிரச்செய்து திரவநிலைக்கு மாற்ற வேண்டும். இத்திரவத்தை மிகக் குறைந்த அழுத்தத்தில் ஆவியாகச் செய்தால், சுற்றுப்புற வெப்பநிலையை அடைவதற்கு வாயுப் பொருள்களைத் திரவமாக்குவது இன்றியமையாததாகிறது.

வாயுப் பொருள்களைத் திரவமாக்கும் முயற்சியில் முதலில் வெற்றி கண்டவர் ஃபாரடே என்ற விஞ்ஞானியே. இவர் குளோரின் வாயுவைத் திரவமாக்கினார். குளோரின் வாயு உள்ள குழாயை உறைகலவையினுள் வைத்துக்கொண்டு வாயுவிற்கு அழுத்தம் கொடுப்பதன் மூலம் அவர் திரவநிலைக்குக் கொண்டு வந்தார். இதே சோதனையை ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்ற வாயுக்களில் செய்து பார்க்கும்பொழுது அவரால் இவைகளைத் திரவமாக்க முடியவேயில்லை. இதற்குரிய காரணத்தைப்பற்றி எண்ணுகையில்தான் ஆண்ட்ரூ என்ற விஞ்ஞானி தனது சோதனையின் முடிவை வெளியிட்டார். இச் சோதனைகளின்படி, எல்லா வாயுக்களுக்கும் மாறுநிலை வெப்பநிலை (Crittical temperature) என்ற ஒரு வெப்பநிலை உண்டு. வாயுவின் தொடக்க வெப்பநிலை, மாறுநிலை வெப்ப நிலைக்குக் குறைவாக இருந்தால்தான் அழுத்தம் மட்டும் கொடுத்து ஒரு வாயுவைத் திரவமாக்க முடியும்.

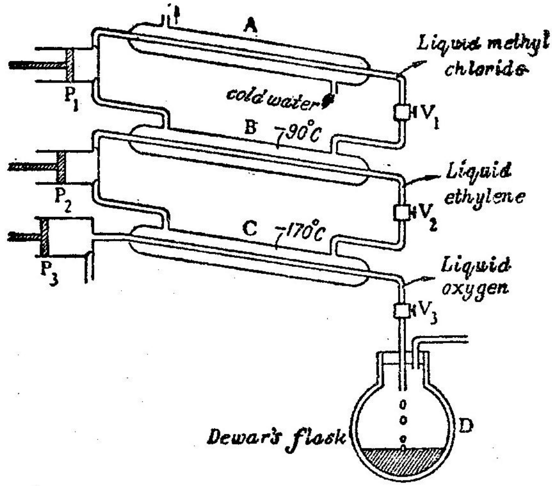
சில வாயுக்களும் அவைகளின் மாறுநிலை வெப்பநிலைகளும்

வாயு	மாறுநிலை வெப்பநிலை
ஆக்சிஜன்	—113°C
காற்று	—140°C
ஹைட்ரஜன்	—240°C
ஹீலியம்	—268°C

ஆண்ட்ருவின் இந்த மாறுநிலை வெப்பநிலைக் கோட்பாட்டைப் பயன்படுத்தி எவ்வாறு ஒரு வாயுவைத் திரவமாக்கலாம் என்பதைக் காண்போம். எடுத்துக்காட்டாக, ஆக்சிஜனைத் திரவமாக்க வேண்டுமென்றால் அதனுடைய தொடக்க வெப்பநிலை –118°C-க்குக்கீழ் இருக்கவேண்டும். ஆனால்,—118°C வெப்பநிலையை அடைவதே கடினமாகும். 1877-ல் பிக்டேட் என்ற விஞ்ஞானி இதற்கு ஒரு வழி கண்டார் ;—118°C வெப்பநிலையைப் படிப்படியாக இரண்டு மூன்று செய்முறைகளுக்குப்பின் அடையலாம் என்று கண்டார். இம்முறையில் ஆக்சிஜனைத் திரவமாக்கக் கீழ்கண்ட கருவியின் அமைப்பைப் பயன்படுத்தலாம்.

இக்கருவியில் முதலில் 143°C மாறுநிலை வெப்பநிலையுள்ள மெதைல் குளோரைட் என்ற வாயு, பம்பின் உதவியால் அமுக்கப்படுகிறது. இதனால் ஏற்படும் வெப்பத்தை இவ் வாயு செல்லும் குழாயைச் சுற்றிலும் இருக்கின்ற குளிர்நீர் ஏற்றுக்கொள்ளும். இந்த அழுத்தத்தினால் இவ் வாயு திரவமாகி P_1 என்ற உந்து தண்டின் கீழ்வீச்சின்போது V_1 என்ற அடைப்பிதழ் வழியாக B-க்குச் செல்லும். இங்கு அழுத்தம் குறைவாக இருப்பதால் இத் திரவம் ஆவியாக மாறும். இதனால் B என்ற உறையின் வெப்பநிலை —90°C வரை வரும். இதன் உள்ளேயுள்ள குழாயின் வழியே அதிக அழுத்தத்துடன் செலுத்தப்படும் எதிலின் வாயு திரவமாக மாற்றப்படும். எதிலின் வாயுவின் மாறுநிலை வெப்பநிலை 10°C ஆகும். திரவ எதிலின் C என்ற உறையின் வழியே செல்லும்பொழுது ஆவியாவதால் —160°C வரை வெப்பநிலை வரும். எனவே, இதனுள்ளேயுள்ள குழாயின் வழியே அழுத்தத்துடன் செலுத்தப்படும் ஆக்சிஜன் வாயு (மாறுநிலை வெப்பநிலை = —119°C) எளிதில் திரவமாகிவிடும். திரவ ஆக்சிஜனை D என்ற டேவர் குடுவையினுள் வைக்கலாம்.

இம்முறையில் படிப்படியாக வெப்பநிலையைக் குறைப்பதால் இதனை பிக்டெட் தொகுதிமுறை எனலாம். ஆனால், இம்முறையில் —200°C வெப்பநிலைக்குக்கீழ் உள்ள வெப்பநிலைகளை அடைய



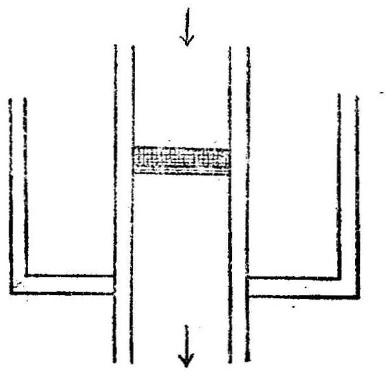
படம் 49.

முடியாது. எனவே, ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்ற நிலையான வாயுக்களைத் திரவமாக்க ஜோல்-கெல்வின் முறையைப் பயன் படுத்தவேண்டும்.

ஜோல்-கெல்வின் விளைவு—ஜோல் கெல்வின் நுண்துளை அடைப்பு சோதனை (Joll-Kelvin—Porous plug Experiment)

1852-ம் ஆண்டு ஜோல்-கெல்வின் ஆகிய இருவரும் நுண்துளை களையுடைய ஓர் அடைப்பு வழியாக இறுக்கிய வாயுவைச் செலுத்தி விரிவடையும்படி செய்ததில் வெப்பநிலை மாறுவதைக் கண்டனர். இதுவே ஜோல்-கெல்வின் விளைவு. இச் சோதனை நுண்துளை அடைப்பு சோதனை எனப்படும். அவர்கள் பயன் படுத்திய அடைப்பு பஞ்சு, கம்பளி, பட்டு முதலிய பொருள் களாலானது. இந்த அடைப்பு இரு கம்பி வலைகளுக்கிடையே வெப்பங் கடத்தாத உறைக்குள் வைக்கப்பட்டிருந்தது. அடைப் புக்கு ஒரு பக்கத்தில் நிலையாக அதிக அழுத்தமும், மறுபக்கத்தில் நிலையான குறைந்த அழுத்தமும் இருக்குமாறு பம்புகள் மூலம் தேவையான அமைப்பு செய்யப்பட்டிருந்தது. அழுத்தத்திலுள்ள வாயு அடைப்பானை அடைவதற்குமுன் நிலையான வெப்பநிலையி

லுள்ள திரவத்திற்குள் வைக்கப்பட்ட ஒரு சுருள் குழாய் வழி யாகச் செலுத்தப்படுதின்மூலம் அதன் தொடக்க வெப்பநிலை யைத் தேவையான மதிப்பில் வைத்துக் கொண்டார்கள். வாயு விரிவடைவதற்கு முன்னிருந்த வெப்பநிலையையும், வாயு விரி வடைந்தபின் ஏற்பட்ட வெப்பநிலையையும் இரு பிளாட்டின வெப்பமானிகளைக் கொண்டு அளந்தார்கள்.



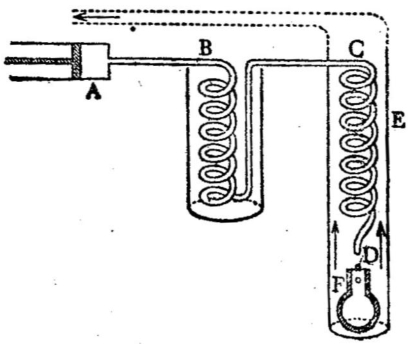
படம் 50.

வேண்டர் வால் கூறியபடி வாயுவின் மூலக்கூறுகளுக்கிடையே இழுவிசை இருப்பதை நாம் அறிவோம். எனவே, ஒரு வாயுவை விரிவடையச் செய்தால், இரு மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு அதிகரிப்பதால் அவைகளின் நிலையாற்றல் அதிகரிக்கும். இவ்வாறு அதிகமாக்குவதற்கு வேண்டிய வேலையை அதனுடைய இயக்க ஆற்றலிலிருந்தே பெறவேண்டும். எனவே, வாயுவின் இயக்க ஆற்றல் குறையும். இயக்க ஆற்றல் வாயுவின் வெப்ப நிலைக்கு நேர்விகிதத்திலிருப்பதால் வாயுவின் வெப்பநிலை குறையும். ஜோல், அதிக அழுத்தத்திலுள்ள ஒரு வாயுவைப் புறவேலை ஏதும் செய்யாமல் விரிவடையச் செய்து, விரி வடைந்த வாயுவின் வெப்பநிலையை அளவிட்டார். இவ்வாறு வெவ்வேறு வாயுக்களுக்குச் சோதனை செய்து கீழ்க்கண்ட உண்மைகளைக் கூறினர்: (1)இயல்பான வெப்பநிலையில் ஆக்ஸிஜன், கரியமிலவாயு போன்ற வாயுக்கள் விரிவடையும்பொழுது வெப்பநிலை குறையும். ஆனால், ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்ற வாயுக்களுக்கு வெப்பநிலை கூடும். (2) அழுத்த வேறுபாடு அதிகமாக இருப்பின் வெப்பநிலை அதிக அளவில் குறையும். (3) ஒரே அழுத்த வேறுபாட்டிற்கு வெப்பநிலை குறையும் அளவு வாயுவின் தொடக்க வெப்பநிலையைப் பொறுத்தது. தொடக்க வெப்பநிலை கூடினால் வெப்பநிலை குறைவது குறைந்த அளவிலேயே

இருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட தொடக்க வெப்பநிலையில் வெப்ப நிலையில் மாற்றம் எதுவும் இருக்காது. இந்த வெப்பநிலையை ஜோல்-கெல்வின் வெப்பநிலை அல்லது மாற்ற வெப்பநிலை எனலாம். தொடக்க வெப்பநிலை மாற்ற வெப்பநிலைக்கு அதிகமாக இருந்தால் வாயு விரிவடையும்பொழுது, வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் ஹைட்ரஜனின் மாற்ற வெப்பநிலை—80°C ஆதலால், இம் முறையில் இதனை எளிதில் திரவமாக்கலாம்.

காற்றைத் திரவமாக்குதல் : லிண்டே முறை

இம் முறையில் ஜோல்-கெல்வினின் விளைவு பயன்படுத்தப் படுகிறது. இம் முறையில் பயன்படுத்தப்படும் கருவியின் அமைப்பைப் படம் 51-ல் காணலாம்.



படம் 51.

A என்ற பம்பினால் 200 வளி அழுத்தத்திற்கு அமுக்கப்பட்ட காற்று குளிர் நீரில் மூழ்கியுள்ள சுருள் குழாயின் வழியே செலுத் தப்படும். இதனால் குளிர்விக்கப்பட்ட காற்று C என்ற மற்றொரு குழாயினுள் சென்று D என்ற இடத்திலுள்ள முனையின் வழியே விரிவடையும். இதனால் ஜோல்-கெல்வின் விளைவு ஏற்பட்டு காற்றின் வெப்பநிலை குறையும். இக் காற்று E என்ற வெளிப் புறக் குழாயின் வழியே செல்லும்பொழுது C என்ற குழாயினுள் வரும் காற்றைக் குளிர்விக்கும். இதனால் இக் காற்று D யில் விரி வடையும்பொழுது மேலும் குளிரும். இந்த முறை திரும்பத் திரும்ப நடப்பதால் சிறிது நேரத்தில் காற்று திரவமாக மாறி விடும். இந்த முறையையும் தொகுதி முறை எனலாம். இங்கு ஏற்கெனவே குளிர்விக்கப்பட்ட காற்றின் ஒரு பகுதி உள்நோக்கி

வரும் காற்றின் மற்றொரு பகுதியைக் குளிர்விக்கப் பயன்படுத்தப் படுகிறது. இறுதியில் திரவ நிலையிலுள்ள காற்றை F என்ற டேவர் குடுவையில் பிடித்துக்கொள்ளலாம்.

திரவக் காற்றின் பயன்கள்

1. மிகக் குறைந்த வெப்பநிலையில் பொருள்களின் பண்புகளைப்பற்றி ஆராய அப் பொருள்களை டேவர் குடுவையிலுள்ள திரவக் காற்றினுள் வைத்துக்கொள்ளலாம்.

2. வாயுக்களிலுள்ள அசுத்தங்களைப் பிரிப்பதற்கு திரவக் காற்றைப் பயன்படுத்தலாம்.

3. திரவ ஹைட்ரஜன், திரவ ஆக்சிஜன் முதலியவற்றைப் பெற திரவக் காற்றைப் பயன்படுத்தலாம்.

ஹைட்ரஜனைத் திரவமாக்குவதற்கு முதலில் திரவக்காற்றைப் பயன்படுத்தி அதன் தொடக்க வெப்பநிலையைக் குறைத்துக் கொள்ளவேண்டும். பின் மேற்கூறிய தொகுதி முறையில் ஹைட்ரஜனைத் திரவமாக்கலாம்.

ஹைட்ரஜனின் (Hydrogen) மாறுநிலை வெப்பநிலை (Critical temperature) —240°C. இந்த வெப்பநிலை திரவ நைட்ரஜனைக் குறைந்த அழுக்கத்தில் ஆவியாக்கினாலும் அடைய முடியாது. 1898 ஆம் ஆண்டில் தேவார் (Dewar) திரவக் காற்றினால் ஹைட்ரஜனை முன்கூட்டியே குளிரச் செய்து ஒரு நுண்ணிய துவாரத்தின் வழியாக விரிவடையும்படி செய்தார். ஜோல்-கெல்வின் சோதனையின் விளைவாக ஹைட்ரஜனின் மாற்ற வெப்பநிலை (Temperature of inversion) —80°C என்பது தெரிகிறது. திரவக் காற்றின் வெப்பநிலை —190°C. எனவே, திரவக் காற்றைப் பயன்படுத்தி ஹைட்ரஜனின் ஒரு பகுதியை திரவமாக்கலாம் என்று தெரிய வந்தது. திரவ ஹைட்ரஜனின் கொதிநிலை —253°C. தேவார் (Dewar) மறு ஆண்டில் திட ஹைட்ரஜனைத் தயாரித்தார். இதன் வெப்பநிலை—259°C.

ஹீலியத்தை (Helium) திரவமாக்குவது பெருங் கடினமாகவே யிருந்தது. கேமர்லிங் ஓன்ஸ் (Kammerling Onnes), கீசாம் (Keesom) என்பவர்கள் ஹீலியத்தின் மாறு வெப்பநிலையாகிய —268°C ஐக் கணக்கிட்டார்கள். ஹீலியத்தின் மாற்ற வெப்பநிலை —238°C என்று ஜோல்-கெல்வின் முறைப்படி கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. திரவ ஹைட்ரஜனைக் குறைந்த அழுக்கத்தில் கொதிக்க

வைத்து ஜோல்-கெல்வின் முறையைக் கையாண்டு 1908 ஆம் ஆண்டில் ஹீலியத்தைத் திரவமாக்கி —268·8°C வெப்பநிலையை அடைய முடிந்தது. மற்றும் ஹீலியத்தைத் திடப் பொருளாக்க முயற்சிகள் எடுக்கப்பட்டன. 1926 ஆம் ஆண்டு கீசாம் ஹீலியத்தை 130 வாயுமண்டல அமுக்கத்தினால் அமுக்கி, ஜோல்-கெல்வின் முறைப்படி ஹீலியத்தைத் திடப் பொருளாக ஆக்கினார்கள். இதனால் —272·3°C, அதாவது 0·7°A வெப்பநிலை கிடைக்கப்பெற்றது. மற்றும் காந்தத்தின் சக்திகளைப் பயன்படுத்தி 1931 ஆம் ஆண்டில் கியாக், மேக்டுகல் (Giauque and Mcdougall) என்பவர்கள் 0·25°A வெப்பநிலையை யடைந்தார்கள். தாழ்வெப்ப நிலை (low temperature) அளவுகளுக்கு மேற்கண்ட சோதனைகள் மிகவும் பயன்படுகின்றன. மேலும் 0°A அதாவது —273°C வெப்பநிலைக்குச் சமீபத்தில் பொருள்களின் தன்மைகளையும் பொருள்களின் அமைப்புகளையும் பற்றி ஆராய இச் சோதனைகள் பயன்படுகின்றன.

பயிற்சிக் கணக்குகள்

(1) ஆக்ஸிஜனின் அடர்த்தி கனம் $1{\cdot}43 \times 10^{-3}$ கிராம்/க.செ.மீ. எனக் கொண்டு, ஆக்ஸிஜனின் மூலக்கூறின் வேகத்தைக் கண்டுபிடி. ($4{\cdot}61 \times 10^{4}$ செ.மீ./செகண்டு)

(2) ஹைட்ரஜனின் மூலக்கூறின் பரிமாணம் 22·4 லிட்டர்கள் எனக் கொண்டு, 0°C-ல் அதன் வேகத்தைக் கண்டுபிடி. ($1{\cdot}84 \times 10^{5}$ செ.மீ./செகண்டு)

(3) 76 செ.மீ. பாதரச அமுக்கம், 0°C-ல் ஒரு க.செ.மீ. வாயுவில் $2{\cdot}7 \times 10^{9}$ மூலக்கூறுகள் இருந்தால், (1) 0°C-ல் 10^{-6} மி.மீ. அமுக்கத்தில் (2) 39°C-ல் 10^{-6} மி.மீ. அமுக்கத்தில் ஒரு க.செ.மீ. வாயுவில் எத்தனை மூலக்கூறுகள் இருக்கும்,

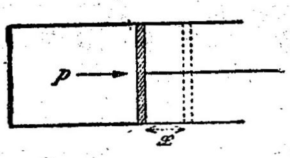
[(1) $3{\cdot}55 \times 10^{10}$ (2) $3{\cdot}07 \times 10^{10}$]

7. மாறா வெப்பமுறை மாறுதல்கள்
(Adiabatic Transformation)

ஒரு நீள் உருளை வடிவமான பாத்திரத்தில் ஒரு வாயுவை எடுத்து அதை ஒரு பிஸ்டன் (Piston) உதவிகொண்டு அழுத்தவும். பாத்திரத்தின் பக்கங்களும் பிஸ்டனும் நல்ல வெப்பக் கடத்தியாயிருந்து, பிஸ்டனை மிக மெதுவாக நகர்த்தினால் வாயு ஒரே வெப்ப நிலையிலிருக்கும். இதற்குக் காரணம் என்னவெனில், பிஸ்டனை அழுத்தும்போது செய்யப்படும் வேலையினால் ஏற்படும் வெப்பமானது பாத்திரத்தின் பக்கங்களுக்குச் சென்று கதிர்வீச்சு மூலம் வெளியே செல்லுகிறது. இத்தகைய அழுத்தத்திற்கு வெப்பநிலை மாறா அழுத்தம் (Isothermal Compression) என்று பெயர். வெப்பநிலை மாறாமல் ஏற்படும் மாறுதல்களைச் சமவெப்பநிலை மாறுதல்கள் எனலாம். ஆனால், பிஸ்டனை வெகு விரைவாக அழுத்தலால் ஏற்படும் வேலையினால் உண்டாகும் வெப்பமானது பாத்திரத்தை விட்டு வெளியே செல்லாமல் இருந்தால் வாயுவின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும். இதை மாறா வெப்ப மாறுதல்கள் (Adiabatic Transformation) என்கிறோம். பாத்திரத்தின் பக்கங்களும் பிஸ்டனும் அரிதில் கடத்திகளாக இருந்தால் வெப்பம் வெளியே செல்லாது. வெப்பம் உள்ளிருந்து வெளியே செல்லாமலும், வெளியிலிருந்து உள்ளே செல்லாமலும் ஏற்படும் மாறுதல்கள் மாறாவெப்ப முறை (Adiabatic) மாறுதல்களாகும்.

வாயு விரிவடைவதால் ஏற்படும் வேலை

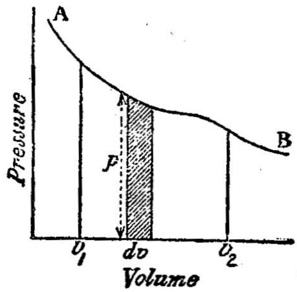
ஒரு நீள் உருளை வடிவமான பாத்திரத்தில் ஒரு வாயுவை அடைத்துக் காற்றுப் புகமுடியாத ஒரு பிஸ்டன் பொருத்தப்படட்டும். பிஸ்டனின் வெட்டுப் பரப்பு A ச.செ. மீட்டராகவும், வாயுவின் அழுத்தம் ஒரு ச.செ. மீட்டருக்கு P டைன்ஸ் எனவும்கொள்வோம். பிஸ்டனின்மீது ஏற்படும் விசை $F = P.A$ பிஸ்டன் மேல்நோக்கி x செ.மீ. நகருவதால் வாயு விரிவடைகின்றது. இதனால் வாயுவினால் செய்யப்படும் வேலை



படம் 52.

$dw = F\,x = P.Ax = P \cdot dv$. dv என்பது வாயுவின் விரிவாகும்.

பக்கத்தில் வரையப்பட்டிருக்கும் P.V. வரைபடத்தில் வாயுவினால் செய்யப்பட்ட வேலையின் அளவுகுறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதில் வாயுவின் அமுக்கம் P ஒரே மாதிரியாக இருந்து dv அளவு விரிவடைந்திருக்கிறது. வாயுவின் பரிமாணம் V_1 யிலிருந்து V_2 ஆக அதிகரித்தால் வரைபடத்தில் V_1, V_2-க்கு இடையேயுள்ள பரப்பு செய்யப்பட்ட வேலையின் அளவைக் குறிக்கும். வாயுவின் பரிமாணம் V_2 யிலிருந்து V_1 ஆகக் குறைக்கப்பட்டால் வாயுவின்மீது செய்யப்படும் வேலையின் அளவைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். எனவே, வேலையின் அளவை



படம் 53.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P.\, dv. \text{ எனக் குறிக்கலாம்.}$$

$$= \int_{V_1}^{V_2} \frac{r \cdot T}{V} \cdot dv \left(PV = r \cdot T \text{ என்பதால் } P = \frac{r \cdot T}{V} \right)$$

வெப்பம் மாறிலி என்றால், T என்பது மாறுமலிருக்கும். எனவே,

$$W = r \cdot T. \int_{V_1}^{V_2} \frac{dv}{V}$$

$$= r \cdot T. (\log_e V_2 - \log_e V_1)$$

$$= r \cdot T. \log_e \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

வாயுவின் வெப்ப எண்களுக்குள்ள சம்பந்தம்

ஒரு கிராம் வாயு பிஸ்டன் பொருத்தப்பட்ட ஒரு நீள் உருளை வடிவமான பாத்திரத்தில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். வாயுவின் அழுத்தம் P எனக் கொள். dQ அளவு வெப்பம் வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்படுவதால் அதன் வெப்பநிலை 1°C உயர்வதாகக் கொள்

வோம். வாயு விரிவடையாமல் வைத்தால் அதன் பரிமாணம் மாறுமலிருக்கும். அதன் அழுத்தம் அதிகரிக்கும். எனவே, $dQ = C_v . t = 1 \times C_v \times 1 = C$. C_v என்பது பரிமாணம் ஒரே மாதிரியாக இருக்கும்போதுள்ள வெப்ப எண்.

வாயு ஒரே அமுக்கத்திலிருந்து விரிவடைந்தால் அது செய்யும் வேலையின் அளவைக் கணக்கிடலாம். பரிமாணம் dv அளவு அதிகரித்தால் வாயு செய்யும் வேலை $dw = P.dv$. இதனுல் ஏற்படும் $\frac{P.dv}{J}$ காலரிகள் வெப்ப அளவு வாயு குளிராமல் இருப்பதற்கு வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்பட வேண்டும். எனவே, அமுக்கத்தை ஒரே மாதிரியாக வைத்துக்கொண்டு 1 கிராம் வாயுவிற்கு $1°C$ வெப்ப நிலை உயருவதற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பத்தின் அளவை

$$CP = dQ + \frac{P.dv}{J} \text{ எனலாம்.}$$

$$\text{அல்லது } CP = C_v + \frac{P.dv}{J}$$

P என்ற அழுத்தம் மாறுமலிருந்து வெப்பநிலை dT அளவு அதிகரித்தால் வாயுவின் பரிமாணம் dV அளவு அதிகரிக்கும்.

$$\text{எனவே, } P(V + dv) = r(T + dT)$$

$$\text{அல்லது } P.V. + P.dv = r T + r.dT$$

$$\text{ஆனுல் } P,V. = r.T$$

$$\text{எனவே, } C_p = C_v + \frac{r\,dT}{J} \quad dT = 1$$

$$\text{எனவே, } C_p - C = \frac{r}{J}$$

ஒரு கிராம் மூலக எடையுள்ள வாயுவை எடுத்துக்கொண்டால், r-க்குப் பதிலாக R (Universal gas constant) என்று எழுதவும்.

$$C_p - C_v = \frac{R}{J}$$

இதுவே மெய்யர்ஸ் (Meyer's) சமன்பாடு எனப்படும். இந்தச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி J-யின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

பயிற்சி

பின் கொடுக்கப்பட்ட விபரங்களிலிருந்து J-யின் மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்கவும். ஹைட்ரஜனின் $C_p = 8{\cdot}40$, $C_v = 2{\cdot}42$, $R = 8{\cdot}31 \times 10^7$ எர்க்ஸ், மூலகம் 1 கிராம். $M = 2{\cdot}016$ கிராம்.

$$C_p - C_v = \frac{r}{J}$$

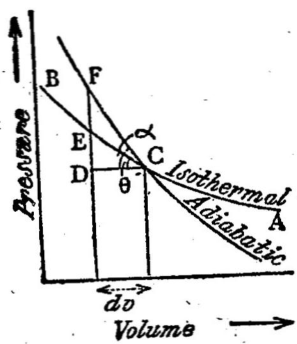
$$r = \frac{R}{M}$$

$$\text{எனவே, } J = \frac{r}{C_p - C_v} = \frac{8{\cdot}31 \times 10^7}{2{\cdot}016} \times \frac{1}{(3{\cdot}40 - 2{\cdot}42)}$$

$$= 4{\cdot}21 \times 10^7 \text{ எர்க்ஸ்/காலரி.}$$

சம வெப்பநிலைக் கோட்டின் சரிவு

படத்தில் AB என்பது சம வெப்பநிலைக் கோடு. C என்பது ஒரு புள்ளி. அதன் வழியாக ஒரு தொடு கோடு வரைந்தால் அதன் சரிவு $\tan\theta = \frac{DE}{DC}$, மற்றும் $\tan\theta = \frac{P}{V}$ இதனைப் பின்வருமாறு கண்டு பிடிக்கலாம்.



படம் 54

$$P.V. = \text{மாறிலி}$$

$$\text{எனவே, } P.dv + V.dP = 0$$

$$V.dP = -P.dv$$

$$\frac{dP}{dv} = -\frac{P}{V}$$

V அதிகரித்தால் P குறையும். V குறைந்தால் P அதிகரிக்கும்.

ஒரு வாயுவின் வெப்ப மாறாச் சமன்பாடு (Adiabatic)

ஒரு கிராம் மூலக்கூறு வாயு வெப்ப மாறா (Adiabatic) முறைப் படி dv அளவு விரிவடைவதாகக் கொள்வோம். அழுத்தம் P என்பது ஒரே மாதிரியாக இருந்தால் வாயு செய்யும் வேலையின் அளவு P.dv. வெப்பம் உள்ளேயும் வெளியேயும் செல்லாமலிருப்பதால் வெப்பநிலை dT அளவு குறைவுபடுவதைச் சரிகட்ட வாயுவின் உள்ளாற்றல் (Internal Energy) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

எனவே, வேலை செய்வதால் எடுபடும் வெப்ப அளவு Cv.dT. செய்யப்படும் வேலையின் அளவு எடுபடும் வெப்பத்திற்குச் சமம். எனவே, $P.dv = -Cv.dT$, வாயு வேலை செய்வதால் வெப்பநிலை குறைகிறது. எனவே—குறி ஏற்படுகிறது.

$$P.dv + Cv.dT = 0 \qquad (1)$$

ஆனால் $P.v - R.T = 0$

$$P.dv + V.dP = R.dT \qquad (2)$$

$$\frac{P.dv + V.dP}{R} = dT \qquad (3)$$

மேலும் $C_p - C_v = R \qquad (4)$

(3), (4)ஐ (1)-ல் பயன்படுத்தினால்,

$$P.dv + C_v \frac{P.dv + V.dP}{(C_p - C_v)} = 0$$

$$C_p.P.dv - Cv.\,P.dv + Cv.\,P.dv + Cv.\,V.dP = 0$$

$$C_p.\,P.dv + Cv.\,V.dP = 0$$

எல்லாவற்றையும் Cv, Pv ஆல் வகுத்தால்,

$$\frac{C\ \ .dv}{Cv.\,v} + \frac{dP}{P} = 0$$

$$\gamma \cdot \frac{dv}{v} + \frac{dP}{P} = 0 \quad \left(\therefore \frac{CP}{Cv} = \gamma\right)$$

$$\gamma \,.\log .\,V + \log P = \text{மாறிலி}$$

$$\log P.V.^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

$$P.V.^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

வெப்ப மாறா நிலையின் சரிவு (Adiabatic slope)

54ஆம் படத்தில் வெப்ப மாறா நிலைக் கோடு FC. இதன் சரிவு $\frac{FD}{DC}$. இதைப் பின்வருமாறு கண்டுபிடிக்கலாம் ;

$$P.V.^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

$$V^{\gamma}\cdot dp + P.\,\gamma\, V^{\gamma-1} = 0$$

$V^{\gamma} P$ ஆல் வகுத்தால்,

$$\frac{dP}{P} + \gamma . \frac{dv}{V} = 0$$

$$\therefore \frac{dP}{P} = - \gamma . \frac{dv}{V} \text{ அல்லது } \frac{dP}{dv} = - \gamma . \frac{P}{V}$$

வெப்ப மாறு நிலைக் கோட்டின் சரிவு வெப்ப மாறிலியின் சரிவைவிட γ மடங்காக இருக்கும்.

அழுத்தம், வெப்பநிலை சம்பந்தம்

$$P.V^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

$$\text{ஆனால், } PV = R.T$$

$$V = \frac{R.T}{P}$$

$$P. \left(\frac{R \cdot T}{P}\right)^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

$$P. \frac{R^{\gamma} \cdot T^{\gamma} \cdot}{P^{\gamma} \cdot} = \text{மாறிலி. } \frac{R^{\gamma} T^{\gamma}}{P^{\gamma - 1}} = \text{மாறிலி.}$$

$$\text{அல்லது } \frac{T^{\gamma}}{\gamma - 1} = \text{மாறிலி.}$$

பரிமாணம், வெப்பநிலை சம்பந்தம்

$$P.V^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

$$\text{ஆனால், } P.V = R.T$$

$$\text{எனவே, } P = \frac{R.T}{V}$$

$$\text{எனவே, } \frac{R.T}{V} . V^{\gamma} = \text{மாறிலி}$$

$$\text{அல்லது, } T. V^{\gamma - 1} = \text{மாறிலி.}$$

வெப்ப மாறு நிலையில் செய்யப்படும் வேலை

ஒரு கிராம் வாயு V_1 பரிமாணத்திலிருந்து V_2 பரிமாணத்திற்கு மாறட்டும்.

$$\text{செய்யப்படும் வேலை} = W = \int_{V_1}^{V_2} P.\,dv.$$

ஆனால், $PV^{\gamma} = K =$ மாறிலி.

அல்லது $P = K.\,V^{\gamma-1}$

$$\text{எனவே, } W = K. \int_{V_1}^{V_2} V^{\gamma-1}.\,dv$$

$$= \frac{K}{r+1}\left[V^{-\gamma+1}\right]_{V_1}^{V_2}$$

$$= \frac{K.\,V_2^{-\gamma+1}}{1-r} - \frac{K.\,V_1^{-\gamma+1}}{1-r}$$

$$= \frac{1}{1-\gamma}\left[V_2^{-\gamma+1}\,P_2V_2^{\gamma} - V_1^{-\gamma+1}\,P_1V_1^{\gamma}\right]$$

$$(\because k = P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma})$$

$$= \frac{1}{1-\gamma}(P_2V_2 - P_1V_1)$$

பரிமாணம் V_1 இருக்கும்போது வெப்பநிலை θ_1 எனவும், பரிமாணம் V_2 இருக்கும்போது வெப்பநிலை θ_2 எனவும் கொள்வோம்.

$$P_1V_1 = r.\,\theta_1;\quad P_2V_2 = r\,\theta_2.$$

$$\text{எனவே, } W = \frac{1}{1-\gamma}(r\,\theta_2 - \theta_1$$

$$= \frac{r}{\gamma-1}(\theta_1 - \theta_2)$$

பயிற்சி

ஒரு பாத்திரத்தினுள் 30°C-ல் உள்ள காற்றின் பரிமாணம் ¼ பங்காக விரைவில் அமுக்கப் பெற்றால், அதன் வெப்பநிலையைக் கண்டுபிடி. $(\gamma = 1{\cdot}4)$

$$T_1.\,V_2^{\gamma-1} = T_2V_1^{\gamma-1}$$

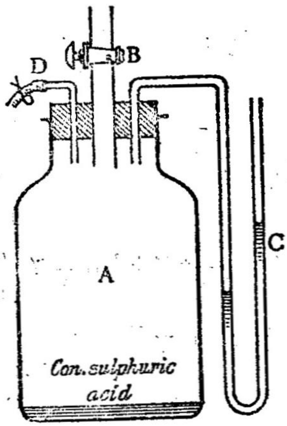
$$\text{எனவே } T_2 = T_1\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}$$

$\gamma = 1{\cdot}4,\ T_1 = 303°A,\ T_2 = ?$

$$V_2 = 303\,(4)^{1\cdot4-1}$$
$$= 527{\cdot}4°A$$

காற்றுக்கு r-ன் மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்க கிளிமண்ட் அன் டெஸார் மீஸ் பரிசோதனை

A என்ற ஒரு பெரிய கண்ணாடி சீசாவில் B என்ற ஒரு குழாய் அடைப்பான் (stop-cock), ஒரு U குழாய், எண்ணெய் அழுத்தமானி, D என்ற பக்கக் குழாய் முதலியவைகளை ஒரு ரப்பர் கார்க் வழியாகப் பொருத்த வேண்டும். பருத்திப் பஞ்சு அடைத்த ஒரு மரப் பெட்டியினுள் இந்தப் பாட்டிலை வைக்கவேண்டும். பாட்டிலின் உள்ளே காற்று வரட்சியாயிருக்கும்பொருட்டு சிறிது அடர்த்தியான கந்தக அமிலம் (Sulphuric acid) பாட்டிலில் ஊற்ற வேண்டும். பாட்டிலுக்குள் காற்றை யடைத்து அதன் அழுத்தம் வெளி யழுத்தத்தைவிட சுமார் 30 செ.மீ. எண்ணெய் அழுத்தம் அதிகமாக இருக்கும்படி செய்து குழாய் அடைப் பானை மூடவேண்டும். உள்ளேயுள்ள காற்றின் அழுத்தத்தினால் காற்றின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கிறது.



படம் 55

U குழாய் அழுத்தமானியின் உதவியால் காற்றின் அழுத்தத்தை அளந்துகொள்ள வேண்டும். B என்ற குழாய் அடைப்பானை ஒரு வினாடி நேரம் திறந்து உடனே மூடவேண்டும். சீசாவில் உள்ள காற்று வெப்ப மாறா முறையில் விரிவடைந்து வெப்பநிலை குறைகிறது. இதன் வெப்பநிலை அதைச் சுற்றி வெளியேயுள்ள காற்றின் வெப்பநிலையை அடையும்வரை காத்திருக்கவேண்டும். அழுத்தமானி நிலையான நிலையடையும்பொழுது திரவத்தின் மட்ட வித்தியாசத்தை அளக்க வேண்டும். ஃபார்டின் பாரமானி உதவியால் வெளி அழுத்தத்தை அளக்கவும், சீசாவிலுள்ள காற்றின் பரிமாணம் V_1 என்றும், அதன் ஆரம்ப அழுத்தம் P_1 எனவும் அறையின் வெப்பநிலையில் கொள்வோம். வெப்ப மாறா முறையில் காற்று விரிவடையும்பொழுது அதன் அழுத்தம் P_2 என்றும் பரிமாணம் V_2 எனவும் கொள்வோம். மறுபடியும் காற்று அறையின் வெப்பநிலையடையும்பொழுது காற்றின் அழுத்தம் P_3 ஆக உயர்ந்து அதன் பரிமாணம் V_2 ஆகவேயிருக்கிறது.

எனவே, $P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$ (1)

தொடக்கத்திலும் இறுதியிலும் காற்று ஒரே வெப்பநிலையில் இருப்பதால், $P_1 V_1 = P_3 V_2$

$$\text{எனவே, } \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{P_1}{P_3}\right)^{\gamma}$$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{\log P_1 - \log P_2}{\log P_1 - \log P_3} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_3}$$

$$\text{ஆனால் } P_1 = P_2 = P_2 + h_1 \,;\; P_3 = P_2 + h_2$$

(h_1, h_2 என்பவை அழுத்தமானியில் திரவங்களின் மட்ட வித்தியாசம்)

$$\therefore \quad \gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

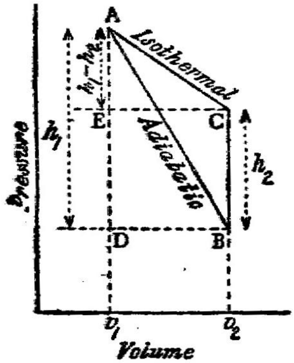
இப் பரிசோதனையின் மூலம் பல வாயுக்களுக்கும் γ-வின் மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

கீழ்க்கண்ட வாயுக்களுக்கு C_p, C_v, r முதலியவைகளின் மதிப்புகள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன :

வாயு	அதன் ஃபார்முலா	ஒரு மூலகத்தில் உள்ள அணுக்கள்	C_p	C_v	$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$
ஆர்கான்	A	1	0·127	·0701	1·702
பிராணவாயு	O_2	2	0·2175	·1551	1·400
ஹைட்ரஜன்	H_2	2	3·409	2·4110	1·420
கரியமிலவாயு	CO_2	3	0·2169	·1720	1·260
மார்ஷ் வாயு	CH_4	5	0·5929	·4680	1·260
ஈதில் ஆல்கஹால்	C_2H_6O	9	0·4534	·4160	1·1100
ஈதர்	$C_4H_{10}O$	15	0·4797	·4530	1·050
டர்பன்டைன்	$C_{10}H_{16}$	26	0·5061	·4910	1·030

அணுக்கள் அதிகமானல் γ-வின் மதிப்புக் குறைகிறது.

56ஆம் படத்தில் சம வெப்பநிலைச் சரிவும் வெப்ப மாறு நிலைச் சரிவும் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன.



$$\text{சமவெப்பநிலைச் சரிவு} = \frac{AE}{EC} = \frac{AE}{DB}.$$

$$\text{வெப்ப மாறுநிலைச் சரிவு} = \frac{AD}{DB}.$$

$$\gamma = \frac{\text{வெப்பமாறுநிலைச் சரிவு}}{\text{சமவெப்பநிலைச் சரிவு}}$$

$$= \frac{AD}{DB} \Big/ \frac{AE}{DB}$$

$$= \frac{AD}{AE} = \frac{h_1}{h_1-h_2}$$

படம் 56

ஒலியின் வேகத்திலிருந்து γ கண்டுபிடித்தல்

ஒலி அலைகள் அலை செல்லும் திசையில் அழுத்த ஏற்றங்களையும் அழுத்தக் குறைவுகளையும் உண்டாக்குகின்றன. ஒலி கேட்கக் கூடியதாகயிருக்கவேண்டுமானால், அதன் அதிர்வு (Frequency) விநாடிக்குக் குறைந்தது 30 ஆக இருக்கவேண்டும். அழுத்த ஏற்றங்களும் குறைவுகளும் விரைவாக ஏற்படுவதால் வெப்பமாறு மாறுதல்கள் உண்டாகின்றன.

ஒலியின் வேகம் $V = \sqrt{\frac{\gamma . P}{d}}$ என்னும் சமன்பாட்டினால் கொடுக்கப்படுகிறது. P என்பது அழுத்தம்; d என்பது அடர்த்தி

எனவே, $V = \frac{\gamma . P}{d}$

$$= V^2 \frac{d}{P}$$

பயிற்சிகள்

1. கரிய மிலவாயுக்கு $C_p = \cdot 2169, C_v = \cdot 172, R = 8\cdot 31 \times 10^7$, மூலக எடை 44. Jயின் மதிப்பு என்ன?

(4·22 × 10^7 எர்க்குகள்/காலரி.)

2. 20°C வெப்பநிலையில் 76செ.மீ. பாதரசம் அழுத்தமுள்ள காற்று திடீரென்று விரிவடைந்து இரண்டு மடங்கு பரிமாணம் அடைகிறது. $\gamma = 1\cdot 4$ என்றால் அதன் புதிய வெப்பநிலை என்ன? அதன் வெப்பநிலை மாற்றம் 20°C-க்கு வந்தால் அதன் அழுத்தம் எவ்வளவு? (—52·5°C; 38 செ·மீ. பாதரசம்)

8. வெப்ப இயக்கவியல்
(Thermo Dynamics)

முதலாம் விதி—வெப்ப எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று எண் (Mechanical equivalent of heat)

வெப்ப இயக்கவியல் எந்திர சக்திக்கும் (Mechanical energy) வெப்ப சக்திக்கும் (Heat energy) உள்ள சம்பந்தத்தை அறிய ஜூல் (Joule), ரோலண்டு (Rowland), காலண்டர் (Callendar) முதலியோர் முயன்றனர். எந்திர சக்தி முழுவதும் வெப்ப சக்தியாக மாற்றப்பட்டாலும், அல்லது வெப்பசக்தி முழுவதும் எந்திர சக்தியாக மாற்றப்பட்டாலும், செலவழிக்கப்பட்ட எந்திர சக்திக்கும், உண்டான வெப்ப சக்திக்கும் உள்ள விகிதமானது ஒரு மாறிலியாகும் என்று ஜூல் கண்டுபிடித்தார். W அலகு வேலையானது H அலகு வெப்பமாக மாற்றப்பட்டால் $\frac{W}{H} = J$. இங்கு J என்பது ஜூலின் மாறிலியாகும். இதன் மதிப்பு 1 காலரிக்கு $4 \cdot 185 \times 10^7$ எர்க்குகள் அல்லது 4·185 ஜூல்கள்.

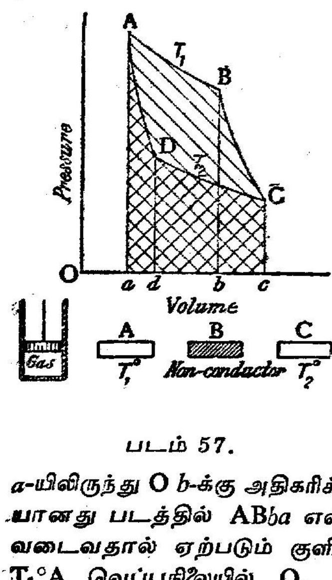
வெப்ப எந்திரங்கள் (Heat engines)—வெப்ப இய்க்கவியல் இரண்டாவது விதி

வெப்பசக்தியைத் தொடர்ச்சியாக எந்திரசக்தியாக மாற்றுவதற்கான எந்தச் சாதனமும் வெப்ப எந்திரம் எனப்படும். வெப்பமூட்டினவுடன் எந்திரசக்தியைக் கொடுக்கும் பொருள்களுக்குத் தொழிற்படுபொருள் (Working Substance) என்று பெயர். வழக்கத்திலுள்ள வெப்ப எந்திரங்கள் எல்லாம் நீராவி அல்லது வாயு தொழிற்படுபொருளாகப் பயன்படுகிறது. ஒவ்வொரு வெப்ப எந்திரத்திலும் தொழிற்படு பொருளில் அதனுடைய அழுத்தம், பரிமாணம், வெப்பநிலை முதலியவற்றில் மாறுதல்கள் சுழற்சியாக ஏற்படுகின்றன. ஒவ்வொரு சுழற்சியிலிருந்தும் கிடைக்கக்கூடிய பயனுள்ள எந்திர சக்தியை அழுத்தம் பரிமாணம் வரைபடத்தின் மூலம் காணலாம்.

கார்னே வெப்ப எந்திரம் (Carnots' Heat Engine)

கார்னேவின் மின்சுழற்சி (Carnot's reversible cycle) எளிமையான ஆனால், மிக்க பயனுள்ள வெப்ப எந்திரத்தை முதன் முதலில் செய்தவர் சாடி கார்னே (Sadi Carnot) என்வர். கார்னே எந்திரத்தில் ஒரு திட்டமான அளவு வாயு தொழிற்படு பொருளாகப் பயனுகின்றது. இது வெப்பங்கடத்தாப் பொருளாகிய பக்கங்களையும், நல்ல கடத்தியான அடியையும், வெப்பங்கடத்தா உராய்வற்ற பிஸ்டனுடன் (Frictionless Piston) கூடிய ஒரு நீள் உருளைப் பாத்திரத்தில் அடக்கப்பெறும்.

எந்திரம் இச் சுழற்சியை மறுபடியும் திருப்பி இயக்கவல்லது. கார்னே எந்திரம் செயல்பட ஒரே வெப்பநிலையில் $T_1{}^0A$ இருக்கக் கூடிய ஒருமூலம் (Source), அழுத்தம் வெப்பம் கடத்தா B என்ற ஒரு தாங்கி (Stand), $T_2{}^0A$ வெப்ப நிலையிலேயுள்ள ஒரு வெப்ப வாங்கி (Sink) தேவைப்படும். அழுத்தம்-பரிமாணப் படத்தில் A என்னும் புள்ளி, சிலிண்டரிலுள்ள தொழிற்படும் வாயுப் பொருளின் அழுத்தப் பரிமாணம் முதலியவைகள் $T_1{}^0$ A வெப்ப நிலையில் இருப்பதைக் காட்டும்.



படம் 57.

$T_1{}^0A$ வெப்ப நிலையிலுள்ள மூலத்தின்மீது வைக்கப்பட்டு அதன் பிஸ்டன் உயரே தூக்கப்படுவதால் வாயு விரிவடைந்து O *a*-யிலிருந்து O *b*-க்கு அதிகரிக்கும். இதனுல் வாயு செய்யும் வேலையானது படத்தில் AB*ba* என்பதாகக் குறிக்கப்படும். வாயு விரிவடைவதால் ஏற்படும் குளிர்ச்சியை ஈடுசெய்ய மூலத்திலிருந்து, $T_1{}^0A$ வெப்பநிலையில் Q_1 காலரி வெப்பம் உறிஞ்சப்படுகிறது. படத்தில் AB என்பது வெப்ப மாறுதலைக் காட்டும்.

வெப்பம் கடத்தா B, தாங்கியில் வைக்கப்பட்டு, நீள் உருளை பாத்திரம் O*b* என்ற பரிமாணத்திலிருந்து OC என்ற பரிாணத்திற்கு வெப்ப மாரு முறையில் விரிவடையட்டும் வாயுவினுல் செய்யப்படும் வேலையின் அளவு BC*cb* என்பதாகும். வெப்பமாரு மாறுதலால் வாயுவிலிருந்து அதற்குத் தகுந்த வெப்பம் எடுக்கப் பட்டு வாயு $T_2{}^0A$-க்குக் குளிர்ச்சி அடைகிறது. படத்தில் BC என்பது மாறுதலைக் காட்டும்.

நீள் உருளைப்பாத்திரம் $T_2{}^0A$ வெப்பநிலையிலுள்ள வெப்ப வாங்கியின் மீது வைக்கப்பெற்று பிஸ்டனின் உதவியால் அழுத்தப் படட்டும். இதனால் வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்பட்டு அதனால் உண்டாகும் Q_2 வெப்பம் வெளியேற்றப்பட்டு சமவெப்பநிலை ஏற் படும். படத்தில் CD என்பது மாறுதலைக் காட்கிறது. மற்றும் வாயுவின்மீது செய்யப்பட்டவேலையின் அளவு CcdB என்பதாகும்.

நீள்உருளைப் பாத்திரம் மறுபடியும் Bஎன்ற வெப்பங்கடத்தா தாங்கி Bயின் மீது வைக்கப்பட்டு பிஸ்டனால் அமுக்கப்பட்டு,அதன் வெப்பநிலை $T_1{}^0A$-க்கு அதிகரிக்கட்டும். வாயுவின் மீது செய்யப் பட்ட வேலையின் அளவு DdaA என்பதாகும். படத்தில் DA என்பது மாறுதலைக் குறிக்கும். இதனால் வாயு வெப்பத்தை வெளியிலிருந்து பெறவுமில்லை, வெளியே விடவுமில்லை.

இந்த நிகழ்ச்சிகளிலிருந்து வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையையும், வாயு செய்த வேலையையும் அறியலாம் AB CD அளவு வேலை வாயுவினால் செய்யபட்டதாக அறியக் கிடக்கிறது. மற்றும் வாயு Q_1 அளவு வெப்பத்தை $T_1{}^0A$யில் பெற்றுக் கொண்டு, $T^0{}_2A$ வெப்பநிலையில் Q_2 அளவு வெப்பத்தை $T_2{}^0A$ யில் தள்ளுகிறது என்பது தெரிகிறது. வெப்ப இயக்க முதல் விதிப்படி எந்திரம் செய்த நிகர வேலையானது $Q_1—Q_2$ அளவு நிகர லாபம் பெற்றுக்கொண்டதற்குச் சமம். மற்றும் எந்திரம் $T_1{}^0A$ நிலையில் Q_1 அளவு வெப்பத்தைப் பெற்றுக் கொண்டு $Q_1—Q_2$ அளவு வெப்பத்தை வேலையாக மாற்றுகிறது.

$$\text{எனவே, எந்திரத்திறன் } E = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\text{செய்யப்பட்ட வேலை}}{J \cdot Q_1}$$

இதிலிருந்து எந்திரத்தின் தொழிற்படும் பொருளைப் பொறுத் தில்லாது மூலம், கன்டென்சரின் வெப்பநிலைகளைப் பொருத்திருக் கிறது என்பது புலனாகும். மற்றும் மூலம், வெப்பம் வாங்கி, வெப்ப நிலைகள் ஒரே மாதிரியாக இருந்தால், எந்திரத்திறனும் ஒரே மாதிரியாகவேயிருக்கும்.

கார்னோ சுழற்சி திருப்பி இயக்கவல்லது

அழுத்தம் பரிமாணப் படத்தில் ABCD என்பது ஒரு சுழற்சி யாகும். இந்தச் சுழற்சி ADCB என்ற முறையில் திருப்பி இயக்கப் படலாம்.

A-யிலிருந்து துவக்கி, நீள் உருளைப் பாத்திரத்தை வெப்பங் கடத்தா தாங்கியில் வைத்து வாயுவை விரிவுபடுத்தினால் அதன்

வெப்பநிலை $T_1°A$-யிலிருந்து $T_2°A$-க்குக் குறையும். இந்த முறையில் வாயு வேலை செய்கிறது. படத்தில் AD மாறுதலைக் காட்டும்.

நீள் உருளைப் பாத்திரத்தை வெப்பக் கடத்தித் தாங்கியில் வைத்துப் பிஸ்டனை அழுத்தினால் வெப்பநிலை $T_1°A$-க்கு உயரும். வாயுவின்மீது வேலை செய்யப்படுகிறது. வேலையின் அளவு CcbB.

இறுதியாக நீள் உருளைப் பாத்திரத்தை $T_1°A$-யிலுள்ள மூலத்தின்மீது வைத்து வாயுவைப் பிஸ்டன் கொண்டு அழுத்தினால் வாயுவின்மீது B b a A வேலை செய்கிறது. இதனால் Q வெப்பம் வெளிப்படுத்தப்படுகிறது.

நேர் சுழற்சியில் Q_1 வெப்பம் உயர்ந்த வெப்பநிலையில் கவரப்பட்டு, குறைந்த வெப்பநிலையில் Q_2 வெப்பம் தள்ளப்படுகிறது. இதனால் வாயு ஓர் அறை வேலை செய்கிறது. ஆனால், திரும்பச் சுழற்சியில் T_2 என்ற குறைந்த வெப்பநிலையில் Q_2 வெப்பம் கவரப்பட்டு உயர்ந்த வெப்பநிலை $T_1°A$யில் Q_1 வெப்பம் தள்ளப்படுகிறது. எனவே, சுயமாகப் பணியாற்றும் எந்திரம் அயல் செயற்கருவியின் உதவியில்லாமல் வெப்பம் ஒரு பொருளினின்றும், உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள மற்றொரு பொருளுக்குச் செல்ல முடியாது என்பது தெரிகிறது. இதுவே வெப்ப இயக்க இரண்டாவது விதியாகும்.

காா்னோ எந்திரத்தின் திறன்

$T_1°A$யில் Q_1 வெப்பத்தைப் பெற்று, $T_2°A$யில் Q_2 வெப்பத்தைத் தள்ளினால் பயனுறுதிறன் $E = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$. காா்னோ எந்திரத்தில் ஒரு கிராம் தொழிற்படும் பொருளை எடுத்துக் கொண்டு காா்னோ நேர் சுழற்சியைக் கொண்டு ABCD என்ற வரைபடம் வரைக. A,B,C,D என்ற புள்ளிகள், v_1, v_2, v_3, v_4 பரிமாணத்தைக் குறிக்கட்டும். பரிமாணம் v_1லிருந்து v_2-க்கு அதிகரித்தால்,

$$Q_1 = \int_{v_1}^{v_2} P.dv = \int_{v_1}^{v_2} \frac{rT_1}{v_1} . dv = r \cdot T_1 \log e \frac{v_2}{v_1} \qquad (1)$$

$$T_2°A\text{-யில் தள்ளப்படும் வேலை} = Q_2 = r\, T_2 \log e \frac{v_3}{v_4} \qquad (2)$$

$$\text{வாயு செய்யும் வேலை} = Q_1 - Q_2$$

$$r\left(T_1 \log e \frac{v_2}{v_1} - T_2 \log e \frac{v_3}{v_4}\right)$$

B, C என்ற புள்ளிகள் ஒரே வெப்ப மாறுநிலைக் கோட்டில் இருப்பதால்,

$$T_1 \cdot V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1} \qquad (3)$$

மற்றும் A, D என்ற புள்ளிகள் ஒரு வெப்ப மாறுநிலைக் கோட்டில் இருப்பதால்

$$T_1 \; V_1^{\gamma-1} = T_2 V_4^{\gamma-1} \qquad (4)$$

$$\text{எனவே,} \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

$$E = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{r\left[T_1 \log e\left(\frac{V_2}{V_1}\right) - T_2 \log e\left(\frac{V_3}{V_4}\right)\right]}{r \cdot T_1 \log e\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}$$

$$\therefore \quad E = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

கார்னோ தேற்றம்

தொழிற்படு பொருளின் தன்மை எவ்வாறிருப்பின் அதே இரண்டு வரம்புகளுக்கு உட்பட்ட வெப்பநிலையில் இயங்கும் திருப்பி இயக்கவல்ல வெப்ப எந்திரங்களின் திறன் ஒரே அளவாயிருக்கும். 'அதே இரண்டு வரம்புகளுக்கு உட்பட்ட வெப்பநிலையில் இயங்கும் திருப்பி இயக்கவல்ல வெப்ப எந்திரத்தைவிட அதிகத் திறனுடன் அதே நிலையில் வேறு எந்திரமும் இயங்க மாட்டாது, என்பது கார்னோவின் தேற்றமாகும்.

அதே இரண்டு வரம்பாகிய T_1°A, T_2°A வெப்பநிலைகளில் இரண்டு திருப்பி இயக்கவல்ல இரண்டு வெப்ப எந்திரங்களைக் கவனிப்போம். A என்பதை Bஐ விட அதிகத் திறனுள்ளதாகக் கொள்வோம். இரண்டு எந்திரங்களும் பிணைக்கப்பட்டு A நேர் சுழற்சியிலும், B மறு சுழற்சியிலும் இயங்கட்டும். A என்னும் இயந்திரம் T_1°Aயில் Q_1 வெப்பத்தைப் பெற்று T_2°-ல் Q_2 வெப்பத்தை வெளியேற்றுவதாகக் கொள்வோம். B என்ற எந்திரம் T_2°Aயில்

Q_2' வெப்பத்தைப் பெற்று $T_1°$Aயில் Q_1' வெப்பத்தை வெளியேற்றும்.

$$\text{A}யின் எந்திரத்திறன் = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\text{B}யின் எந்திரத்திறன் = \frac{Q_1' - Q_2'}{Q_1'}$$

ஆனால் $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} > \frac{Q_1' - Q_2'}{Q_1'}$ என்று கொண்டிருக்கிறோம். எந்திரத்திறன்கள் வேறுபட்டிருப்பினும் அவைகள் ஒரே அளவுள்ள வேலைகள் செய்யும்படி நாம் அவைகளைக் கொள்ளலாம்.

எனவே, $Q_1 = Q_2 = Q_1' - Q_2'$ (2)

எனவே, (1), (2)-லிருந்து $\frac{1}{Q_1} > \frac{1}{Q_1'}$ என்று தெரியும்.

எனவே, $Q_1' > Q_1$

(2)-ல் பயன்படுத்தினால் $Q_2' > Q_2$ எனத்தெரியும். மற்றும் (2)-ல் இருந்து $Q_1' - Q_1 = Q_2' - Q_2$ எனவே, $T_1°$-ல் A என்னும் எந்திரம் Q_1 வெப்பத்தைப் பெறுகிறதென்றும் B என்னும் இயந்திரம் Q_1' வெப்பத்தை வெளியிடுகிறதென்றும் தெரிகிறது. எனவே, அதிகமாகப் பெறும் வெப்பம் $= Q_1' - Q_1$ மற்றும் $T_2°$யில் A, Q_2 வெப்பத்தை வெளியேற்றி, B என்பது Q_2' வெப்பத்தைப் பெறுகிறதென்று தெரிகிறது. எனவே, அதிகமாக வெளியேற்றப்படும் வெப்பம் $= Q_2' - Q_2$.

எனவே, $(Q_2' - Q_2) = (Q_1' - Q_1)$ வெப்பம் அந்நிய உதவியின்றி T_2 என்ற குறைந்த வெப்பநிலையிலிருந்து T_1 என்ற அதிக வெப்பநிலைக்குச் செல்கிறது. இது வெப்ப இயக்க இரண்டாவது விதிக்குப் புறம்பானது.

எனவே, $Q_1' = Q_1$; $Q_2' = Q_2$

எனவே, இரண்டு எந்திரத் திறன்களும் ஒரே மாதிரியாகவேயிருக்க வேண்டும் என்பது புலனாகிறது.

எந்த எந்திரத்தின் எந்திரத்திறனும் ஒரு திருப்பி இயக்கவல்ல எந்திரத்தின் எந்திரத் திறனைவிட அதிகமாக இருக்காது.

அதே இரண்டு வரம்புகளுக்கிடையே செயல்படும் C என்ற எந்திரத்தின் எந்திரத்திறன் A என்ற திருப்பி இயக்கவல்ல எந்தி

ரத்தின் எந்திரத்திறனைவிட அதிகமாக இருப்பதாகக் கொள் வோம், C,A என்ற எந்திரங்கள், C நேர் சுழற்சியிலும் A மறு சுழற் சியிலும் இயங்கும்படி பிணைக்கப்படட்டும். மேலே சொன்ன விளக்கப்படி, Cயின் எந்திரத்திறன் Aயின் எந்திரத்திறனைவிட அதிகமாக இருக்க முடியாது என்று சொல்லலாம். திருப்பி இயக்க முடியாத Cயின் எந்திரத்திறன் Aயின் எந்திரத்திறனின்றும் வேறுபட்டிருப்பதால், அதன் எந்திரத்திறன் திரும்பி இயக்கவல்ல எந்திரத்திறனைவிடக் குறைவாகவேயிருக்கும். எனவே, திருப்பி இயக்கவல்ல எந்திரத்தின் எந்திரத்திறன் உச்சநிலையிலிருக்கும்.

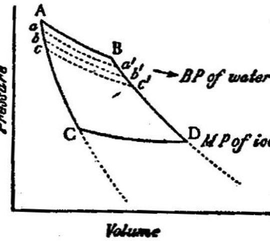
வெப்ப இயக்க இரண்டாவது விதியை நேரடியாகவோ பரிசோதனை மூலமாகவோ காட்டமுடியாது. மற்றும் வெப்ப எந்திரங்களில் கவரப்படும் வெப்பத்தில் ஒரு பகுதியே வேலையாக மாற்றப்படுகிறது. மீதி வெப்பம் வெளியே தள்ளப்படுகிறது. வெப்பம் வாங்கியின் (Sink) வெப்பநிலையைக் குறைத்தால் வெளியே தள்ளப்படும் வெப்ப அளவு குறையும். எந்திரத்திறன், வெப்பம் வாங்கியின் (Sink) வெப்பநிலை 0°A ஆகவிருந்தால் மிக உச்சநிலையடையும். அப்போது எல்லா வெப்பமும் வேலையாக மாற்றப்படும்.

கெல்வின் வெப்பநிலை அளவு (Kelvin's Scale of Temperature)

வெப்பநிலை அளவை (Scale of Temperature) நாம் எடுத்துக் கொண்ட பொருளின் ஏதாவது ஒரு தன்மையைப் பொறுத்தது. கீழ்த்திட்ட வரை மேல்திட்டவரை (lower, upper fixed points) வெப்பநிலைகளைத் தவிர மற்ற வெப்பநிலைகளில் எந்த இரண்டு வெப்பமானிகளும் ஒரே எண்ணைக் காட்டாது. எனவே, பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்துள்ள ஒரு வெப்பநிலை அளவு மிகவும் விரும்பத்தக்கது. கெல்வின் பிரபு வெப்ப எந்திரத்தில் எந்திரத்திறன் தொழிற்படு பொருளைச் சாராமல், மூலம் (Source), வெப்பம் வாங்கி (Sink) முதலியவைகளின் வெப்பநிலையைப் பொறுத்தது என்பதை உணர்ந்து ஓர் அளவையைக் குறிப் பிட்டார். இந்த முறை கெல்வின் வெப்பநிலை அளவு எனப்படும்.

படத்தில் காட்டியபடி A, B, C, D என்ற வளைவுகள் நீரின் கொதிநிலை, உறைநிலைகளில் வரையப்பட்ட P,V சம்பந்தத்தைக் குறிக்கும். சம வெப்பநிலைக் கோடுகள் AC, BD என்பன வெப்ப மாறுநிலைக் கோடுகள். ஒரு வெப்ப எந்திரம் A B C D A என்ற சுழற்சியில் சென்றால் அது செய்யும் வேலை A B C D-க்கு உட்பட்ட பரப்பைக் குறிக்கும். இது AB, CD யின் வெப்பநிலைகளின் வித்தி

யாசத்தைப் பொறுத்தது. இந்தப் பரப்பை AB, CD-க்கு இணையான 99 கோடுகளால் 100சமப் பிரிவுகளாகப் பிரித்தால் ஒரு சமப் பிரிவின் பரப்புமொத்தப்பரப்பில் $\frac{1}{100}$ பாகமாயிருக்கும். இதன் வெப்பநிலை வித்தியாசம் V°C.



படம் 58.

ஒரு திரும்பிச் சுழலக்கூடிய வெப்ப எந்திரத்தில் AB, CD என்ற வெப்பநிலைகளுக்கேற்ற சம வெப்ப நிலைக் கோடுகளைக் கவனித்தால் அந்த வெப்பநிலைகள் கெல்வின் பிரபுவின் θ_1, θ_2 வெப்பநிலைகளைக்குறிக்கும். BD, AC என்பவை வெப்பம் மாறுநிலைக் கோடுகள் மூலம், வெப்பம் வாங்கி முதலியவைகளிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட வெப்பம் Q_1 என்றும் தள்ளப்பட்ட வெப்பம் Q_2 என்றும் கொண்டால் செய்யப்பட்ட நிகர வேலை $Q_1 - Q_2$ என்பது $(\theta_1 - \theta_2)$ ஐப் பொறுத்தது.

$$Q_1 - Q_2 \propto (\theta_1 - \theta_2) \qquad (1)$$

தொழிற்படும் பொருள் வெப்பம் மாறு முறையில் விரிவடைந்து வேலை செய்யட்டும். வேலை செய்யச் செய்ய அதன் வெப்பநிலை குறைந்து இறுதியில் ஆற்றலில்லாமல் ஆகிவிடும். இந்நிலையில் அது அதிகமாகக் குளிர்ந்து மேலும் குளிர முடியாத நிலையடையும். இந்த நிலை தனிச்சுழி (absolute zero) நிலையைக் காட்டும் எனவே, தனிச்சுழி, θ முதலிய வெப்பநிலைகளுக்கிடையே வேலை செய்யும் எந்திரத்தின் எந்திரத்திறன் உச்சநிலையாகிய ஒன்றையடையும்.

தனிச்சுழி வெப்பநிலையில் வெப்பம் வெளியேற்றப்படுவதில்லை. எந்திரத்திறன் 1-க்கு மேல் இருக்க முடியாதென்பதால் வெப்பம் வாங்கியின் வெப்பநிலை மிகவும் தாழ்ந்ததாகவே இருக்கும்,

இந்நிலையில் $E = \dfrac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1$

$$Q_2 = 0$$

மற்றும் முதல் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$(Q_1 - 0) \propto \theta_1 - \theta_2)$$

(1) ஐ *(2)* ஆல் வகுத்தால்,

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

மற்றும் எந்திரத்திறன் $E = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

(T_1, T_2 என்பவை வாயுவின் தனி வெப்பநிலை அளவுகள்)

எனவே, $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

$$\therefore \quad = \frac{T_2}{T_1} = \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

நீரின் கொதிநிலையைப் பொறுத்து வெப்பநிலைகள் கெல்வின் அளவையின் θ_{100} என்றும், வாயுவின் அளவையில் T_{100} மற்றும் நீரின் உறையும் நிலையில் அவ்வளவைகள் θ_0, T_0 என்றும் கொண்டால்,

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\theta_{100}}{\theta_0} = \frac{T_{100}}{T_0}$$

இந்த இரண்டு அளவைகளிலும் நீரின் கொதிநிலை, உறைநிலை களுக்கிடையே வித்தியாசம் 100^0

எனவே, $\frac{\theta_0 + 100}{\theta_0} = \frac{T_0 + 100}{T_0}$

$$1 + \frac{100}{\theta_0} = 1 + \frac{100}{T_0}$$

$$\theta_0 = T_0$$

அதே மாதிரியாக $\theta_{100} = T_{100}$'

கெல்வின்அளவையில் θ வும், வாயுவின் அளவையில் Tயும் ஆக இருந்தால்

$$\frac{\theta}{\theta_0} = \frac{T}{T_0}$$

ஆனால், $\theta_0 = T_0$; $\theta = T$

மற்றும் 1° இடைவெளி இரண்டு அளவைகளின் ஒரே மாதிரி யாகவே இருக்கிறது.

எனவே, கெல்வின் பிரபுவின் அளவையும், வாயுவின் அளவையும் நெருங்கிய தொடர்புடையவையாகவே இருக்கின்றன என்பது புலனாகும்.

மாதிரிக் கணக்கு

27C°, 100°C இவைகளுக்கிடையே வேலை செய்யும் வெப்ப எந்திரத்தின் எந்திரத்திறனைக் கண்டுபிடி.

$$E = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1} = \frac{373 - 300}{373} = \frac{73}{373}$$

$$= \cdot 196$$

பயிற்சிகள்

1. 30°C, 330°C இவைகளுக்கிடையே வேலை செய்யும் வெப்ப எந்திரத்தின் எந்திரத்திறனைக் கண்டுபிடி. (0 5)

2. ஒரு வெப்ப எந்திரத்தின் எந்திரத்திறன் 0·2, வெப்ப வாங்கியின் வெப்பநிலையை 20°C குறைத்தால் எந்திரத்திறன் 0·25 ஆக மாறுகிறது. வெப்ப மூலம், வெப்பம் வாங்கி வெப்ப நிலைகளைக் கண்டுபிடி. (500 ; 50)

9. வெப்பம் பரவுதல்

(Transmission of Heat)

வெப்பம் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு மூன்று வகைகளில் பரவுகிறது. அவை வெப்பக் கடத்தல் (Conduction), வெப்பச் சலனம் (Convection), வெப்பக் கதிர்வீசல் (Radiation) என்பவையாகும்.

வெப்பக் கடத்தல்

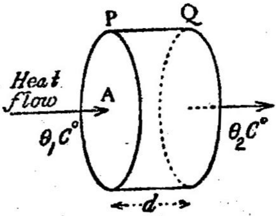
வெப்பக் கடத்தல் என்பது ஒரு பொருளில் எவ்விதச் சலனமுமின்றி வெப்பம் பொருளின் ஒரு பாகத்திலிருந்து மற்றொரு பாகத்திற்குச் செல்வதாகும். ஓர் உலோகத் துண்டை எடுத்து அதன் ஒரு முனையை வெப்பப்படுத்தினால், சிறிது நேரத்தில் அதன் மறு முனையும் சூடாகிறது. வெப்பப்படுத்தப்பட்ட நுனியிலுள்ள மூலகங்கள் அதிக வீச்சுடன் அதிர்வுபடுகின்றன (Vibrate). எனவே, இதனாலுண்டாகும் ஆற்றலின் ஒரு பகுதி அதன் பக்கத்திலுள்ள மூலகங்களுக்குக் கொடுக்கப்பட்டு அவைகளும் அதிர்வு படுகின்றன. இப்படியாக ஆற்றல் ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்றொரு பகுதிக்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. எனவே, துகள்களின் சலனம் எதுவுமில்லாமல் வெப்பம் அதிக வெப்பநிலையுள்ள இடத்திற்குச் செல்கிறது. ஊடேயுள்ள பாகங்கள் இவ்விரண்டிற்குமிடையேயுள்ள வெப்பநிலையை யடைகின்றன. வெப்பக் கடத்தலுக்குப் பொருள் ஊடகம் (Material medium) தேவைப்படுகிறது.

வெப்பத்தை எளிதில் கடத்தும் பொருள்களுக்கு நல்ல கடத்திகள் (Good conductors) என்றும் எளிதில் கடத்தாப் பொருள்களுக்கு அரிதில் கடத்திகள் (Non-conductors) என்றும் பெயர். எல்லா உலோகங்களும் நல்ல கடத்திகள். மரம், கண்ணாடி, ரப்பர் முதலியவை அரிதில் கடத்திகள். பாதரசத்தைத் தவிர சாதாரணமாக எல்லா திரவங்களும் வாயுக்களும் அரிதில் கடத்திகள். உலோகம் நல்ல கடத்தியென்றும் நீர் ஓர் அரிதில் கடத்தி என்றும்

பரிசோதனைகள் மூலம் விளக்கலாம். மற்றும் டேவி காப்பு விளக்கு (Davy Safety Lamp) சுரங்கங்களில் வெடி விபத்து ஏற்படாமல் தப்பித்துக் கொள்ள உதவுகிறது என்பதை நாம் அறிவோம்.

வெப்பக் கடத்தி எண் அல்லது திறன் (Coefficient of Thermal Conductivity)

ஓர் உருளை வடிவ உலோகத் துண்டின் இரு முனைகள் A B வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளிருப்பதாகக் கொள்வோம். அதன் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு A எனவும், AB-க்கிடையே உள்ள தூரம் d எனவும் கொள்வோம். A-யிலிருந்து B-க்குச் செல்லும் வெப்பத்தின் அளவு (1) தண்டின் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு. (2) AB யின் வெப்ப நிலை வித்தியாசம், (3) வெப்பம் செல்லும் நேரம் இவைகளுக்கு நேர் விகிதமாகவும், ABயின் தூரத்திற்கு (d) தலைகீழ் விகிதத்திலுமிருக்கும்



படம் 59.

$$Q \propto A$$

$$\propto (\theta_1 - \theta_2)$$

$$\propto t$$

$$\propto \frac{1}{d}$$

எனவே, $Q \propto A.\frac{(\theta_1 - \theta_2)}{d}.t$ காலரிகள்

$Q = K.\ A\frac{\theta_1 - \theta_2}{d}\ t$ காலரிகள்

K என்பது ஒரு மாறிலி

(K) இதற்கு வெப்பக் கடத்தல் எண் என்று பெயர்.

$\frac{\theta_1 - \theta_2}{d}$ என்பது வெப்பநிலை வாட்டம் (Temperature gradient) என்று பெயர்.

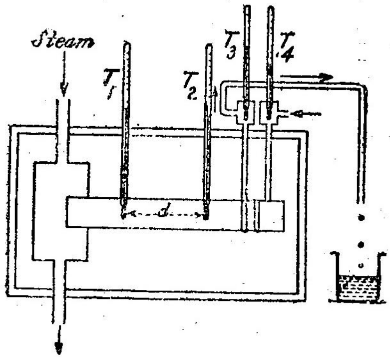
இதில் $A = 1,\ \frac{\theta_1 - \theta_2}{d} = 1,\ t = 1$ என்றால்

$$Q = K$$

எனவே, வெப்பக் கடத்தல் என்பது அப் பொருளின் ஓர் அலகு பரப்பு வழியாக ஓர் அலகு வெப்பநிலை வாட்டத்தில் ஒரு வினாடியில் பாயும் வெப்பமாகும்.

ஓர் உலோகத் தண்டின் வெப்பக் கடத்துதல் குணகத்தை அளத்தல் : சர்ல்ஸ் முறை (Searle's)

AB என்ற சுமார் 30 செ.மீ. நீளமும் 2 செ.மீ. விட்டமுமுள்ள ஓர் உருளை வடிவமான செம்புத் தண்டை எடுத்து அதன் A என்ற முனையில் நீராவிக் குழாயையும், B என்ற முனையைச் சுற்றிக் குளிர்ந்த நீர் செல்லும்படியாகக் குழாய்களைப் பொருத்தியும்



படம் 60

அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இக் குழாய்கள் வழியாக உட்செல்லும் நீரின் வெப்பத்தையும், வெளிவரும் நீரின் வெப்பத்தையும் அளக்க T_3, T_4 என்ற வெப்பமானிகளைப் பொருத்தவும். தண்டில் இரண்டு குழிகள் அமைத்து அவைகளில் T_1, T_2 என்ற வெப்பமானிகளைப் பொருத்து. T_1, T_2 என்ற வெப்பமானிகள் வெப்பத்தைச் சரிவர அளக்க உதவியாயிருக்கும்பொருட்டு, தண்டின் இரு குழிகளிலும் பாதரசத்தை ஊற்றவும். தண்டின் பக்கங்களிலிருந்து வெப்பம் வெளியே செல்லாத முறையில் அதைச் சுற்றிக் கம்பளம், ரப்பர் போன்ற அரிதில் கடத்திகளால் மூடப்பெற்று ஒரு மரப் பெட்டியினுள் வைத்திருக்க வேண்டும். A என்ற நுனி ஒரு நீராவிப் பெட்டிக்குள் வைக்கப்பட்டு, நீராவியை உட்செலுத்த வேண்டும். குளிர்ந்த நீர் குழாயின் வழியே ஒரு நிலையான அழுத்தத்தில் விடப்படவேண்டும். நீரின் போக்கை மட்டுப்படுத்தி, T_3, T_4 என்ற வெப்பமானிகள் ஓரே வித்தியாச அளவைக் காட்டும்படி செய்ய வேண்டும். θ_1, θ_2, θ_3, θ_4 என்பவை, T_1, T_2, T_3, T_4 என்ற வெப்ப

மானிகளில் நிலையான வெப்பநிலைகளைக் காட்டும்பொழுது, t வினாடியில் குழாய் வழியே வெளிவரும் நீரை அளந்து அதன் எடையைக்(m) கண்டுபிடி.

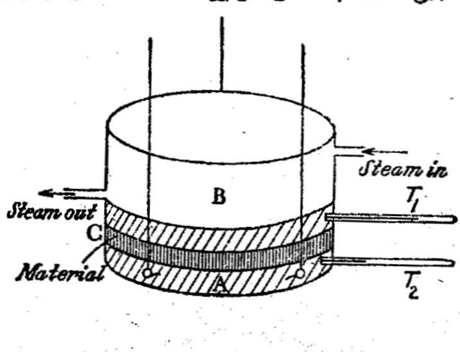
$$Q = m.\ (\theta_3 - \theta_4) = K.\ A.\ \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{d}\ .t$$

இதிலிருந்து K யின் மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

லீசின் அகல் (Lee's Disc)

வெப்பத்தை மிக அரிதாகக் கடத்தும் அட்டை, எபனைட் போன்ற பொருள்களின் வெப்பக் கடத்துதல் எண்ணைக் கண்டு பிடிக்க லீசின் முறை கையாளப்படுகிறது. செம்பு அல்லது பித்தளையால் செய்யப்பட்ட ஓர் அகல் (A) ஒரு தாங்கியிலிருந்து (stand) நூல் கயிற்றால் தொங்கவிடப்பட வேண்டும். இந்த அகலின் மீது B என்ற உள்ளகற்றப்பட்ட உருளை (Hollow Cylinder) சரியாகப் பொருத்தப்பட வேண்டும். இந்த உருளை யினுள் நீராவி செல்லவும், வெளி வரவும் வசதி செய்யப்பட வெண்டும். A, B இவற்றுள் இரு குழிகள் அமைத்து இரண்டு வெப்பமானிகளைப் படுக்கையாகப் பொருத்த வேண்டும்.

கொடுக்கப்பட்ட பொருளை மிகச் சிறிய கனமுள்ள ஒரு தகடாக எடுத்துக்கொண்டு அதன் விட்டம் A, B என்ற தகடு களின் விட்டத்திற்குச் சமமாக இருக்கும்படி செய்து, A, B என்ற



படம் 61.

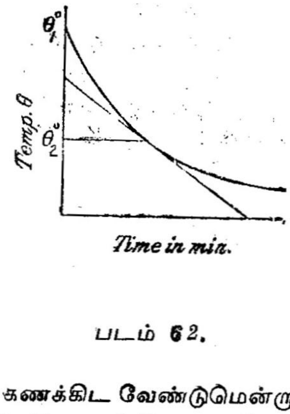
தகடுகளிடையே வைக்க வேண்டும். Aயினுள் நீராவியைச் செலுத்தி A, B என்ற தகடுகளின் நிலையான வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். A-யிலிருந்து B-க்கு C வழியாக ஒரு செகண்டில் செல்லும் வெப்பத்தின் அளவு Q என்றால்

$$Q = K\ .\ \pi\ \cdot\ R^2 \left(\frac{Q_1 - Q_2}{d}\right)$$

K = எண், R = தகட்டின் ஆரம், d என்பது, C என்ற தகட்டின் கனம், θ_1, θ_2 என்பவை T_1, T_2 என்ற வெப்பமானிகள் காட்டும் அளவுகள். Qவைக் கண்டுபிடிக்க பின்கண்ட பரிசோதனை செய்யப்பட வேண்டும்;

C என்ற தகட்டைத் தனியே எடுத்துவிட்டு, A-யின் மீது B-யைப் படியவைத்து A-யின் வெப்பநிலை θ_2-வைவிட சுமார் $10°C$ அதிகமாக இருக்கும்படி செய்து, பின்னர் B என்ற உருளையை எடுத்துவிட்டு, A-யின் வெப்பநிலை θ_2 வைவிட $10°C$ குறைவாக வரும் வரை நிமிடத்திற்கொரு தரம் வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். வெப்பநிலையை Y அச்சிலும் நேரத்தை X அச்சிலும் எடுத்துக்கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைய வேண்டும்.

θ_2 என்ற வெப்பநிலையில் குளிரும் விகிதத்தை θ_2 வழியாக ஒரு தொடுகோடு வரைந்து கண்டுபிடிக்க வேண்டும். குளிரும் விகிதம் r என்று கொண்டால், ஒரு செகண்டுக்கு வீசப்படும் வெப்பத்தின் அளவு $Q = M \cdot s \cdot r$ ஆகும். இதில் M என்பது A என்ற அகலின் எடை, s என்பது அதன் வெப்ப எண்.



படம் 62.

எனவே,

$$M \cdot s \cdot r = K \cdot \pi \cdot r^2 \left(\frac{\theta_1 - \theta_2}{d}\right)$$

இதிலிருந்து K-யின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

A என்ற அகலின் பரப்பிலிருந்து வீசப்படும் வெப்பத்தைச் சரியாகக் கணக்கிட வேண்டுமென்றால் அதன் கனம், ஆரம் முதலியவைகளை h, R எனக் கொள். C என்ற தகடு A-யின் மீது இருக்கும்பொழுது Bயின் மேல்பரப்பு வெப்பம் வீசவில்லை.

எனவே, $\dfrac{2\pi RH + \pi R^2}{2\pi RH + 2\pi R^2}$ என்ற திருத்தத்தைக் கொள்ள வேண்டும்.

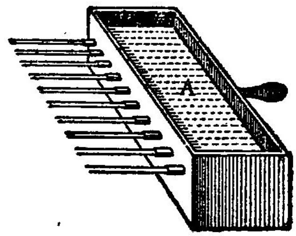
இதை $\dfrac{\pi R(2H + R)}{\pi R(2H + 2R)} = \dfrac{2H + R}{2H + 2R}$ என்று எழுதலாம்.

$$\text{எனவே, } M.\ s.\ r\left(\frac{2H + R}{2H + 2R}\right) = K.\pi.R^2\ \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{d}$$

என்ற சமன்பாட்டை உபயோகித்து Kயின் மதிப்பைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

வெப்பக் கடத்தல் எண்களை ஒப்பிடுதல்

A என்ற பாத்திரத்தின் அடியில் வெவ்வேறு உலோகங்களால் ஆன மூன்று அல்லது நான்கு தண்டுகள் செலுத்தப்பட்டுள்ளன. இவை ஒரே நீளமும் குறுக்களவும் உடையவை. இத் தண்டுகளின் மீது உருகிய வெண் மெழுகு (Paraffin wax) ஒரே தடிப்பத்திற்குப் பூசப்பட்டுள்ளது.



படம் 63.

பாத்திரத்தில் நீரை ஊற்றி அதில் நீராவியை பாயச்செய்து சூடேற்றினல், தண்டுகளில் பூசப்பட்டுள்ள மெழுகு உருகத் துவங்கும். நீரின் வெப்பநிலை ஒரு நிலையாக நிற்கும் பொழுது, மெழுகு உருகி தண்டுகளில் வெப்பக்கடத்தலின் திறனுக்கேற்ப வெவ்வேறு நீளங்கள் வரை உருகி நிற்கும். பாத்திரத்தின் அடியிலிருந்து இந்த நீளங்களை l_1, l_2, l_3, l_4 என்று அளக்கலாம். தண்டுகளின் வெப்பக் கடத்தல் எண்கள் K_1, K_2, K_3, K_4 என்ருல் $K_1 : K_2 : K_3 : K_4 = l_1^2 : l_2^2 : l_3^2 ; l_4^2$

இதிலிருந்து வெப்பக் கடத்தல் எண்களை ஒப்பிடலாம்.

$$\text{மற்றும்} \frac{K_1}{l_1^2} = \frac{K_2}{l_2^2} = \frac{K_3}{l_3^2} = \frac{K_4}{l_4^4}$$

வெப்பச் சலனம் (Convection)

வெப்பச் சலனமென்பது ஒரு பொருளின் ஒரு பாகத்திலிருந்து மற்றொரு பாகத்திற்குத் துகள்கள் சலனத்தால் வெப்பம் செல்வதாகும். இந்த நிகழ்ச்சி திரவங்களிலும் வாயுக்களிலும் நடைபெறும். ஒரு திரவமோ அல்லது வாயுவோ வெப்பப்படுத்தப்பட்டால் அதன் வெப்பமான பாகம் விரிவடைந்து அடர்த்தி குறையும். ஆகையால், அது மேலே கிளம்பிச் செல்ல, குளிர்ந்த அடர்த்தி அதிகமான மேல்பாகத்தின் பொருள் கீழே வருகிறது. இவ்வாறு எப்போதும் சலனம் அடைந்து பொருளின் பரிமாணம் முழுவதும் ஒரே வெப்பநிலை அடைகிறது. இதன் காரணமாகத் தான் சமுத்திரங்களில் நீரோட்டங்களும் (Ocean currents), நிலக்

காற்று, கடற்காற்றுகளும் (Land and Sea Breeze), பருவக் காற்றுகளும் (Monsoons) ஏற்படுகின்றன.

வெப்பக் கதிர்வீச்சு (Radiation)

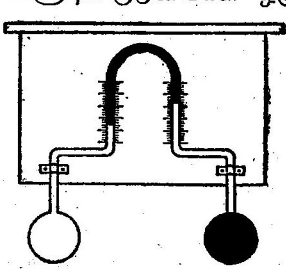
வெப்பம் ஓரிடத்திலிருந்து மற்ரோரிடத்திற்கு எவ்வித ஊடக (Medium) உதவியுமின்றிப் பரவுவதற்குக் கதிர்வீச்சு முறை என்று பெயர். சூரியனிடமிருந்து நாம் வெப்பத்தைப் பெறுவது இம் முறையாலேதான். ஓர் அடுப்பின் எதிரே நின்ருேமானுல் நமக்கு வெப்பக் கதிர்வீச்சு முறையால் வெப்பம்தான் வருகிறது. ஏனென்ருல், காற்று அரிதில் கடத்தி. கடத்தல் முறையில் வெப்பம் வராது. சலன முறையில் வெப்பம் அடுப்பிற்குமேல்தான் ஏறும். பக்கவாட்டமாக நமக்கு வரும் வெப்பம் கதிர்வீச்சு முறையில் தான். வெப்பக் கதிர்கள் ஒளிக்கதிர்களைப் போலவே திருப்பம் (reflection), திசைவிலக்கம் (refraction) முதலியவைகளுக்கு உள்ளாகின்றன. வெப்பக்கதிர்கள் ஒளிக்கதிர்களைப் போல் செகண்டுக்கு 3×10^{11} செ.மீ. செல்கின்றன.

டிவார் தெர்மாஸ் குடுவை (Dewar's Thermos Flask)

சூடான திரவங்களைச் சூடு இழக்காமலும் குளிர்ந்த திரவங் களைக் குளிர்ந்த நிலையிலும் வைக்கவல்லது. குடுவையின் சுவர்கள் பளப்பளப்பாயிருப்பதால் கதிர்வீச்சால் வெப்பமாயிருக்காது. இடைவெளி வெற்றிடமாயிருப்பதால் வெப்பக் கடத்தல், சலனம் இவை ஏற்படுவதில்லை. ஆகவே, உள்ளிருந்து வெளியேறவோ, வெளியிலிருந்து உள்ளேயோ வெப்பம் செல்லாது.

கதிர்வீச்சைக் காணுதல்

வெப்பக் கதிர்வீச்சையறிய லெஸ்லி (Leslie)ஒரு சோதனையை மேற்கொண்டார். இரண்டு சிறிய கண்ணாடிக் குடுவைகள் ஒரு U-குழாயில் ரப்பர்க் குழாய்களினுல் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. U-குழா யில் கந்தக அமிலம் வண்ணத்துட னிருக்கிறது. கண்ணாடிக் குடுவை களில் ஒன்றன்மீது கருப்பு நிறம் பூசப்பட்டிருக்கிறது. வெப்பக் கதிர் வீச்சுகள் கருப்புநிறக் குடுவையின் மீது விழுந்தால் அது வெப்பக் கதிர் களைத் தன்பால் இழுப்பதால் அதி லுள்ள காற்றின் அழுக்கம் அதிகமாகி U-குழாயில் உள்ள திரவத்தின் மட்டத்தை அழுத்துகிறது. இதனுல்

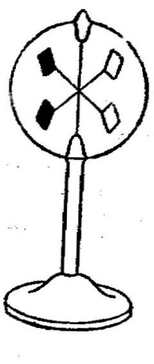

படம் 64.

U-குழாயிலுள்ள திரவத்தின் மட்டங்கள் மாறுபடும். திரவத்தின் உயர வித்தியாசம் கதிர்வீச்சின் அளவைப் பொறுத்ததாகவிருக்கிறது.

குருக் கதிர்வீச்சு அளவுமானி (Crooke's Radiometer)

வெப்பக் கதிர்வீச்சை அளப்பதற்கு குருக் ஒரு சோதனை நடத்தினர். நான்கு இலேசான மெல்லிய மைக்காத் தகடுகள் ஒரு செங்குத்தான தண்டில் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. தகடுகளின் ஒரு பக்கத்தில் கருப்பு நிறம் பூசப்பட்டு அவைகள் ஒரே திசையில் சுற்றக் கூடியதாக அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

இந்தச் சுழலி ஒரு கண்ணாடிக் குடுவையினுள் வைக்கப்பெற்றுக் குடுவையிலிருக்கும் காற்று அகற்றப்படுகிறது. வெப்பக்கதிர்கள் கருப்பான தகடுகளின்மீது விழும்பொழுது அவைகள் பளபளப்பான பக்கங்களைவிட அதிகமான வெப்பத்தை ஏற்றுக்கொள்வதால் கருப்பான பக்கங்களிலுள்ள காற்றுத் துகள்கள் அடர்த்தி குறைகின்றது. எனவே, பளபளப்பான பக்கங்களிலுள்ள காற்று இவைகளை நோக்கி விரைந்து வந்து கருப்பான பாகங்களில் மோதுவதால் கருப்புப்பாகம் தள்ளப்படுகிறது. எனவே, மைக்காத் தகடுகள் சுழல ஆரம்பிக்கின்றன. சுழலும் வேகம் கதிர்வீச்சின் அளவைப் பொறுத்தது. வெப்பக் கதிர்வீச்சை அளக்க போலோ மீட்டர், தெர்மா பைல், பாய்ஸ் ரேடியோ-மைக்கிரோ மீட்டர் என்ற கருவிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.



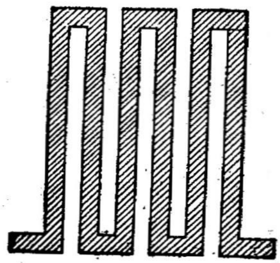
படம் 65

போலோ மீட்டர்: வெப்பம் அதிகரித்தால் ஓர் உலோகத்தின் மின்தடை (Resistance) அதிகரிக்கும். இந்தப் பண்பைப் பயன்படுத்தி லாங்லி (Langley) என்பவர் போலோ மீட்டர் என்ற கருவியைச் செய்தார். ஒரே மாதிரியான பிளாட்டினத்திலான இரண்டு வெட்டப்பட்ட வலைத் தகடு துண்டுகள் (Grids) கருப்பு நிறத்தால் பூசப்படவேண்டும்.

வீட்ஸ்டனின் வலையில் (Wheatstone's net) இந்தத் துண்டுகள் இரண்டு புயங்களில் இணைக்கப்பட்டு சமநிலைத்தானம் கண்டு பிடிக்கப்படவேண்டும். பின்னர் ஒரு துண்டின்மீது வெப்பக்

கதிர்கள் விழும்படி செய்யவேண்டும். இப்பொழுது சமநிலைத் தானம் மாறுபடும். இதிலிருந்து மின்தடை அதிகரிப்பைக் கணக்கிடலாம். துண்டின் வெப்பமேற்படும் திறனை அறிந்து வெப்பக் கதிர்வீச்சின் அளவைத் தெரிந்துகொள்ளலாம்.

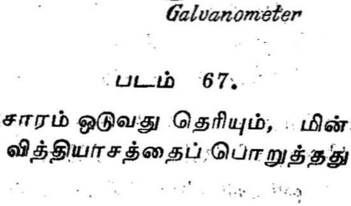
தெர்மோ பைல் : இரண்டு வேறுபட்ட உலோகங்கள் A, B என்பவைகளை இணைத்து அவைகளின் நுனிகள் ஒன்றோடு ஒன்றாகச் சேர்க்கப்பட்டு இரு சந்திப்புகள் ஏற்படுத்த வேண்டும். ஒரு சந்திப்பு அதிக வெப்பநிலையிலும் மற்றொரு சந்திப்பு குறைந்த வெப்பநிலையிலுமிருந்தால், உலோகங்களின் வழியாக மின்சாரம் பாய்வது தெரியும்.



படம் 66

வெப்பநிலையின் வித்தியாசத்திற்கு ஏற்ப மின்னழுத்தம் ஏற்படுவதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதுவே தெர்மோ பைல் (Thermo Pile) வெப்ப வினை அடுக்கு எனப்படும்.

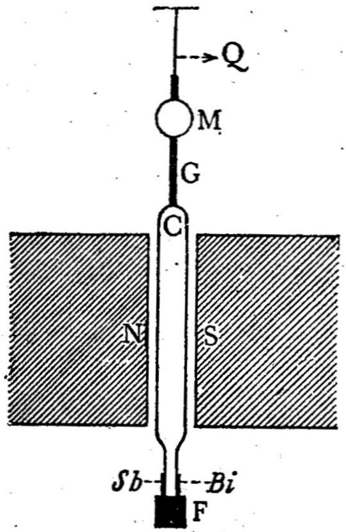
ஆன்டிமனி (Antimony), பிஸ்மத் (Bismuth) என்ற உலோகக் கம்பிகளை இணைத்துப் பல சந்திப்புகளை வரிசையாக ஏற்படுத்த வேண்டும். ஒன்று விட்ட சந்திப்புகள் குறைந்த வெப்பநிலையிலும் மற்றச் சந்திப்புகளின் மீது வெப்பக் கதிர் வீச்சுகள் விழும்படி வைக்க வேண்டும். கம்பிகளின் நுனிகள் ஒரு மின்னோட்டமானியுடன் (Galvanometer) இணைத்தால் மின்சாரம் ஓடுவது தெரியும். மின்சாரத்தின் அளவு வெப்பநிலையின் வித்தியாசத்தைப் பொறுத்தது என்பது புலனாகும்.



படம் 67.

பாய்ஸ் ரேடியோ மைக்கிராமீட்டர் (Boys Radio Micrometer) ; தெர்மோ கப்பிள் (Thermo Couple , இயங்கு சுருள், மின்னோட்டமானி (MovingCoilGalvanometer) இவைகளின்செயல்களையறிந்து பாய்ஸ் (Boys) என்பவர் இந்தக் கருவியைச் செய்தார். மின்தடை குறைவாகவுள்ள வெள்ளிக் கம்பி ஒரு நீண்ட சதுரமான சுருள்ச (Loop) மடக்கி மிகவும் உரப்பான N, S என்ற காந்தங்களிடையே தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. சுருளின் ஒரு

முனை ஒரு தீ வெண்கல் (Phosphor Bronze) கம்பி இணைக்கப்பட்டு அதிலிருந்து தொங்குகிறது அடுத்த முனைகளிலுள்ள இரண்டு கம்பிகளும் ஆன்டிமனி, பிஸ்மத் கம்பிகளோடு இணைக்கப் பெற்று, இவைகள் ஒரு செப்புத் தகட்டில் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. செப்புத் தகடு கருப்பு நிறத்தால் பூசப்பட்டிருக்கும். மேலேயுள்ள தீ வெண்கலக் கம்பியில் ஓர் ஆடித் துண்டு (Mirror) பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஒரு விளக்கையும் ஸ்கேலையும் இத்துடன் உபயோகித்து மிகக் குறைந்த அளவு மின்னோட்டத்தையும் அளக்கலாம். வெப்பக் கதிர்வீச்சுகள் F என்ற செப்புத் தகட்டில் விழுந்தால், அதன் வெப்பநிலை அதிகரித்து அதனால் மின்சார நட்டத்தை ஏற்படுத்துகிறது. எனவே, காந்தங்களுக்கிடையே தொங்கவிடப்பட்ட சுருள் ஒதுக்கமடைகிறது. ஒதுக்கமடையும் அளவை எளிதில் அளந்துகொள்ளலாம். ஒதுக்கமடையும் அளவு வெப்பநிலையின் வித்தியாசத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். வெப்பநிலை வித்தியாசம் F என்ற செப்புத் தகட்டில் விழும் வெப்பக் கதிர்வீச்சைப் பொறுத்திருக்கும்.



படம் 68.

கதிர்வீச்சை அளப்பதற்கு மேற்கண்ட முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. பாஸ்ரேடியோ மைக்கிரோமீட்டரில் வெப்பக் கதிர்வீச்சின் அளவை வெகு திருத்தமாகக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

பிரிவோஸ்டின் வெப்பம் பரிமாறிக்கொள்ளும் கொள்கை (Prevosts Theory of Exchange of Heat)

ஓர் அரிதில்கடத்தி அலகுள்ள. காற்று நீக்கப்பட்ட ஒரு பெட்டியில் வெவ்வேறு வெப்பநிலையிலுள்ள பல பொருள்கள் வைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். உள்ளே காற்று இல்லாமையால் வெப்பக் கடத்தலும் வெப்பச் சலனமும் ஏற்படா; கதிர்வீச்சு மட்டுமே நடைபெறும். பெட்டியின் வெப்பநிலையைவிட அதிகமான வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள்களின் வெப்பநிலை கொஞ்சம் கொஞ்சமாகக் குறைந்தும், பெட்டியின் வெப்பநிலையைவிடக் குறைவான வெப்பநிலையில் உள்ள பொருள்களின்

வெப்பநிலை கொஞ்சம் கொஞ்சமாகக் கூடியும் பெட்டியின் இறுதி வெப்பநிலைக்குச் சமமாக வந்துவிடும். இந்த நிலையில் பொருள்கள் வெப்பக் கதிர்வீச்சைக் கடத்துமா இல்லையா? ஒரு பொருள் அதைச் சுற்றியுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையி லிருந்தாலும் அது கதிர்வீச்சை நடத்திக்கொண்டேயிருக்கும் என பிரிவோஸ்ட் கூறினர். ஒரு பொருள் அதன் கதிர்வீச்சினுல் இழக்கும் வெப்பமானது மற்றப் பொருள்களின் கதிர்வீச்சினுல் கிடைக்கப்பெறும் வெப்பத்திற்குச் சமம் என்று பிரிவோஸ்ட் கூறினர். எனவே, அதிக வெப்பநிலையிலுள்ளபொருள்தான் மற்றப் பொருள்களிடமிருந்து வாங்கும் கதிர்வீச்சைவிட அதிகமான கதிர் வீச்சை இழக்கிறது என்பது புலனுகும். அதேமாதிரியாக,குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள்தான் மற்றப் பொருள்களிடமிருந்து வாங்கும் கதிர்வீச்சைவிடக் குறைவான கதிர்வீச்சை இழக்கிறது என்பது புலனுகும். ஒருவன் பனிக்கட்டியருகில் சென்ருல் பனிக் கட்டியிலிருந்து வீசப்படும் குளிரை உணருவான். தன்னிடமிருந்து வெப்பம் பனிக்கட்டிபால் பாய்வதால் இந்த உணர்ச்சி ஏற்படு கிறது. எனவே, தனிச்சுழி வெப்பநிலைக்கு (absolute zero) மேலுள்ள எல்லாப் பொருள்களும் எல்லா வெப்பநிலையிலும் கதிர் விச்சு நடத்துகின்றன என்பதும், தனிச்சுழி வெப்பநிலையில் கதிர் வீச்சு நடைபெறுவதில்லை என்பதும், வெப்பநிலை உயர்ந்தால் கதிர் வீச்சு அதிகமாக இருக்கும் என்பதும் அறியப்படுகின்றன.

கரிய பொருள் : ஒரு சூடான பொருள் தன்னிடமுள்ள வெப் பத்தைக் கதிர்வீச்சினுல் வெளியிடுகிறது. பொருளின் மேற்பரப்பு அதிகமானல் இதிலிருந்து வெளியாகும் வெப்பம் அதிகரிக்கும்;மேற் பரப்பு மெருகுள்ளதாயின் வெளியாகும் வெப்பம் குறையும் கரிய பொருள்கள் அதிகமாக வெப்பக் கதிர்வீச்சுத்திறனுள்ளளவை. இவ்வாறு வெளியாகும் வெப்பம் பொருளின் நிலையையும் பொறுத் திருக்கும். பொருளின் வெப்பநிலை சூழ்நிலையின் வெப்பநிலையைக் காட்டிலும் வெகு அதிகமாக இல்லாமலிருந்தால், அதிலிருந்து வெளியாகும் வெப்பம் பொருளின் வெப்பநிலைக்கும் சூழ்நிலையின் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள வித்தியாசத்திற்கு நேர் விகிதமாக இருக்கும். இதுவே நியூட்டனின் குளிர்ச்சி விதி எனப்படும். இதை விடத் திருத்தமான விதி ஸ்டிஃபான் விதி (Stefan's law) எனப் படும். அதன்படி, பரிபூரணமான ஒரு கரிய பொருள் $T_1{}^0A$ வெப்ப நிலைக்குச் சூடேற்றப்பட்டு $T_2{}^0A$ வெப்பநிலையிலுள்ள பிரதேசத் தில் வைக்கப்பட்டால், அப்பொருளிலிருந்து கதிர்வீச்சு முறையில் வெளியாகும் வெப்பம், E என்பதற்கு $(T_1{}^4 - T_2{}^4)$ நேர்விகிதத் தில் இருக்கும். இதன்படி $E \propto (T_1{}^4 - T_2{}^4)$

$$E = \sigma (T_1{}^4 - T_2{}^4)$$

σ என்பது ஸ்டிஃபான் மாறிலி எனப்படும்.

ஸ்டிஃப்பான் விதியிலிருந்து நியூட்டன் விதி

$(T + t)^\circ A$ வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு பொருள் $T^\circ A$ வெப்ப நிலையிலுள்ள ஒரு பெட்டியில் வைக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். $(T + t)$-க்கும் T-க்கும் உள்ள வித்தியாசம் குறைவாக இருக்கட்டும்.

ஸ்டிஃப்பான் விதிப்படி கதிர்வீச்சு முறையில் வெளியிடப்படும் வெப்பம் E_1 என்றால்,

$$E_1 = \sigma (T + t)^4$$

அது ஏற்றுக்கொள்ளும் வெப்பம் E_2 என்றால்,

$$E_2 = \sigma . T^4$$

எனவே, இதன் வித்தியாசம்

$$E_1 - E_2 = \sigma (T + t)^4 - \sigma T^4$$

$$\left(= \sigma T^4 \quad 1 + \quad \frac{t}{T}\right)^4 - \sigma T^4$$

$$= \sigma T^4 + \sigma . 4t \cdot T^3 -$$

$$\sigma T^4 \quad \left(1 + \frac{t^4}{T}\right)$$

$$= 1 + \frac{4t}{T}$$

$$= \sigma . 4t . T^3$$

$$= 4 \sigma . t . T^3$$

$\sigma . T^3$ என்பது மாறிலி

எனவே, $E_1 - E_2 \propto t$.

வெளியாகும் வெப்பமானது பொருளின் வெப்பநிலைக்கும், அதனைச் சூழ்ந்துள்ள பிரதேசத்தின் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள வித்தியாசத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது. இதுவே நியூட்டனின் விதியாகும்.

கதிர்வீச்சுத் திறன் (Emissivity)

கதிர்வீச்சினால் வெளியிடப்படும் வெப்பம் ஒரு பொருளின் பரப்பையும் அதன் தன்மையையும் பொறுத்தது. ஒரு பொருளின்

ஓர் அலகு பரப்பிலிருந்து 1 அலகு வெப்பநிலையில் ஒரு செகண்டுக்கு ஒரு டிகிரி வெப்பநிலை வித்தியாசத்திற்கு வெளியிடப் படும் வெப்பத்திற்குக் கதிர்வீச்சுத் திறன் (Emissivity) என்று பெயர். m கிராம் எடையுள்ள s வெப்ப எண்ணுள்ள ஒரு பொருளின் பரப்பு A எனக் கொள்வோம். அது θ_1°C-லிருந்து θ_2°C-க்கு t செகண்டில் குளிர்ந்தால்,

$$E = \frac{m \cdot s \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{A \cdot t \left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2} - \theta\right)}$$

ஒரு பாத்திரத்தின் எடை m கிராம் என்றும், அதன் வெப்ப எண் s என்றும், அதன் பரப்பு A என்றும் கொள்வோம். வெளிப் புறத்தின் வெப்பநிலை θ°C என்றும், பாத்திரம் θ_1°C-யிலிருந்து θ_2-க்கு t செகண்டில் குளிர்வதாகக் கொண்டால்,

$$\text{அதன் கதிர்வீச்சுத் திறன், } E = \frac{m \cdot s \cdot (\theta_1 - \theta_2)}{A \cdot t \left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2} - \theta\right)}$$

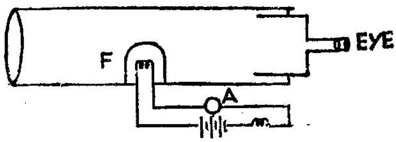
கரிய பொருளுக்குக் கதிர்வீச்சுத் திறன் அதிகம்; பளபளப்பான பொருளுக்குக் கதிர்வீச்சுத் திறன் குறைவு.

மறையும் மின்னிழை பைரோமீட்டர் (Disappearing Filament Pyrometer)

இக் கருவியில் ஒரு தொலைநோக்கியுள்ளது. இதன் குறுக்கிணைக் கம்பியிருக்குமிடத்தில் ஒரு மின்விளக்கின் மின்னிழை (F) இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. விளக்கின் மின்னிழை வழியே வேண்டிய மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துவதற்காக அது ஒரு மின்கலத் தொகுப்பு (Battery), மின்தடை மாற்றி, அம்மீட்டர் இவைகளுடன் தொடரிணைப்பு முறையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. தொலைநோக்கியின் கண்ணருகுக்கருவிக்கு (Eye piece) ஒரு சிவப்புக் கண்ணாடி வடிகட்டியாக (Filter) பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது.

எந்தப் பொருளின் வெப்பநிலை அளக்கப்படவேண்டுமோ அந்தப் பொருளின் பிம்பத்தை மின்னிழையுடன் இணையுமாறு செய்த பின் மின்னிழை வழியே போதுமான மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தி அதனை பிம்பத்தினின்று வேறுபடுத்தி அடையாளம் கண்டு கொள்ளாதவாறு செய்ய வேண்டும். இந்த நிலையில் பிம்பமும் மின்னிழையும் ஓர் அங்குலப் பரப்பளவிலிருந்து ஒரு வினாடியில் ஒத்த அலைநீளக் கதிர்களில் சம அளவு ஆற்றல் செறிவு இருக்குமாறு வீசு வெப்பத்தைக் கொடுக்கின்றன. எனவே இவை

ஒரே வெப்பநிலையிலிருக்குமென்பது ஆற்றல் பரப்பீட்டு வாய்பாடு களிலிருந்து (Energy distribution formula) தெளிவாகும். தெரிந்த வெப்பநிலைகளிலுள்ள பொருட்களை வைத்துச் சோதனை செய் வதன் மூலம் அம்மீட்டரின் வெவ்வேறு அளவீடுகளுக்கான வெப்ப நிலையைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். எனவே கொடுக்கப் பட்ட பொருளுக்குரிய அம்மீட்டர் அளவீடு என்னவென்று அள விட்டு வெப்பநிலையைத் தெரிந்து கொள்ளலாம்,



படம் 69.

சூரிய வெப்ப மாறிலி (Solar constant): சூரியனிடமிருந்து ஆற்ற லானது வெப்பமாகவும் வெளிச்சமாகவும் தொடர்ந்து வெளிப் பட்டுக்கொண்டேயிருக்கிறது. சூரியன் ஓர் அலகு பரப்பிலிருந்து வெளியேறும் வெப்ப ஆற்றலைத் தெரிந்துகொண்டால் ஸ்டீஃபான் விதியை வைத்துக்கொண்டு சூரியனின் வெப்பநிலையை அறியலாம். பூமியின் பரப்பில் ஓர் அலகு பரப்பின்மீது விழும் சூரியனின் வெப்ப ஆற்றலைப் பரிசோதனை மூலம் அறிந்துகொள்ளலாம். எனவே, சூரிய வெப்ப மாறிலியைக் (Solar constant) கண்டுபிடிக்கவேண்டும்.

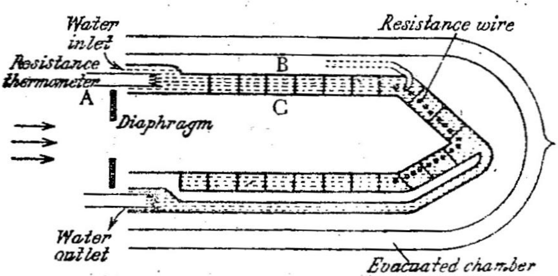
சூரியனுக்கும் பூமிக்கும் இடையேயுள்ள சாரசரி தூரத்தில் பூமியின் வாயுமண்டலத்திற்கு வெளியே ஓர் அலகு பரப்பின்மீது ஒரு நிமிடத்தில் விழும் செங்குத்தான வெப்பக் கதிர்களின் ஆற்ற லுக்குச் சூரியவெப்ப மாறிலி (Solar contant) என்று பெயர்.

பைர்ஹிலியோமீட்டர் (Pyrheliometer) உதவியினுல் சூரியவெப்ப மாறிலி கண்டுபிடித்தல்.

பூமியின்மீது விழும் சூரியனின் வெப்ப ஆற்றலைக் கண்டுபிடிக்க உதவும் கருவிக்கு பைர்ஹிலியோமீட்டர் என்று பெயர். இக்கருவி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. சூரியவெப்பக் கதிர்கள் A என்ற துவாரத்தின் (Aperture) வழியாக C என்ற ஒரு கருப்பான காலிப் பாத்திரத்தினுள் விழும்படி செய்யவேண்டும். இப் பாத்திரம் B என்ற ஒரு காலரிமீட்டரால் சூழப்பட்டு அக் காலரிமீட்டர் வழி யாகத் தண்ணீர் சென்றுகொண்டே யிருக்கவேண்டும். C என்ற பாத்திரத்தில் விழும் சூரியனின் வெப்பக் கதிர்கள் நீரைச் சூடாக்கும். பிளாட்டினம் மின் தடை வெப்பமானிகளின் உதவி யினுல் உள்ளே செல்லும் நீரின் வெப்பத்தையும் வெளியே வரும் நீரின் வெப்பத்தையும் அளந்துகொள்ளலாம். வெப்பநிலைக்கு

ஏற்ப மின்தடை அதிகரிக்கும் என்னும் விதியிலிருந்து வெப்ப நிலையை ஒருவாறு அறியலாம்.

பரிசோதனையில் வெளியே வரும் நீரின் வெப்பநிலை ஒரே மாதிரியாக இருக்கும்வரை சூரியனின் வெப்பக் கதிர்கள் துவாரத்தின் வழியே C என்ற பாத்திரத்திற்குள் விழும்படி செய்ய வேண்டும். பின் துவாரத்தை மூடிவிட்டுப் போதிய மின்சாரத்தை C என்ற பாத்திரத்தின்மீது சுற்றப்பட்ட கம்பி வழியாகச் செலுத்தி, வெளியேறும் நீரின் வெப்பநிலை முன்போல இருக்கும்படி சரிசெய்யவேண்டும். மின்சாரத்தின் அளவு, மின்தடை முதலியவைகளைத் தெரிந்துகொண்டு வெப்பத்தின் அளவைக் கணக்கிடலாம். இதிலிருந்து சூரிய வெப்ப மாறிலியைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.



படம் 70.

வாயுமண்டலம் ஏற்றுக்கொள்ளும் வெப்பத்திற்கு ஒரு திருத்தம் செய்யப்படவேண்டும். சூரியன் பல உயரங்களில் இருக்கும்பொழுது வாயுமண்டலத்தின் வழியே செல்லும் வெப்பத்தைத் தெரிந்துகொண்டு, பல நேரங்களில் சூரிய வெப்ப மாறிலியைக் கணக்கிட்டு ஒரு வரைபடம் வரைந்து, சரியான சூரிய வெப்ப மாறிலியைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

சூரிய வெப்ப மாறிலி ஒரு நிமிடத்திற்கு ஓர் அலகு பரப்பிற்கு 1·93 காலரிகள் என்று தெரியவருகிறது.

சூரியனின் வெப்பநிலை

சூரியனின் வெப்ப மாறிலியைத் தெரிந்துகொண்டால் சூரியனின் வெப்பநிலையை மதிப்பிடலாம். சூரியனின் ஆரம் r எனவும், சூரியனைச் சுற்றிப் பூமி செல்லும்பொழுது இரண்டிற்குமிடையேயுள்ள தூரம் R எனவும், S என்பது சூரியனின் வெப்ப மாறிலி எனவும் கொள்வோம்.

ஒரு செகண்டுக்கு R ஆரமுள்ள கோளத்தின்மீது விழும் வெப்ப

$$\text{ஆற்றல்} = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \ \frac{S}{60}$$

இந்த ஆற்றல் r ஆரமுள்ள சூரியனின் பரப்பிலிருந்து வீசப் படுகிறது. இதன் பரப்பளவு $= 4\pi . r^2$.

எனவே, சூரியன் பரப்பிலிருந்து 1 அலகு பரப்பு வீசும்

$$\text{ஆற்றல் } E = \frac{4\pi . R^2 \frac{S}{60}}{2\pi r^2}$$

$$= \frac{R^2}{r^2} \frac{S}{60}$$

சூரியனின் வெப்பநிலை T°A என்றால்,

ஸ்டிஃபான் விதிப்படி $E = \sigma \cdot T^4$

$$\text{எனவே, } \sigma \cdot T^4 = \frac{R^2}{r^2} \cdot \frac{S}{60}$$

$$T = \left[\frac{R^2}{r^2} \cdot \frac{S}{6} \frac{1}{\sigma}\right]^{\frac{1}{4}}$$

இதில் $r = 4 \cdot 3 \times 10^5$ மைல்

$R = 9 \cdot 28 \times 10^7$ மைல்

$$\sigma = \frac{5 \cdot 77 \times 10^{-5}}{4.2 \times 10^7}$$

$S = 1 \cdot 937$ காலரி/ச.செ.மீ./நிமிடங்கள்.

$$T = \left[\left(\frac{9 \cdot 28 \times 10^7}{4 \cdot 3 \times 10^5}\right)^2 \times \frac{1 \cdot 937}{60} \times \frac{4 \cdot 2 \times 10^7}{5.77 \times 10^{-5}} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$= 5 \cdot 781°A$$

எனவே, சூரியனின் மேல்பரப்பின் வெப்பநிலை 5·781°A என்று கருதப்படுகிறது. சூரியனின் உள் வெப்பநிலை அதிகமாகவிருக்கும்.

பயிற்சிக் கணக்கு

5 செ.மீ. ஆரம் 10 செ.மீ. உயரம், 1 மி.மீ. கனமான ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் பனிக்கட்டி இருக்கிறது. அதைச் சுற்றி யுள்ள வெப்பநிலை 100°C ஆக இருந்தால், ஒரு நிமிடத்திற்கு எவ்வளவு பனிக்கட்டி உருகும்? கண்ணாடியின் வெப்பக் கடத்தல் எண் = ·002. பனிக்கட்டியின் உள்ளுறை வெப்பம் = 80 காலரி கள்/கிராம்.

(471·4 கிராம்.)

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை

★

பின்வரும் பொருள்களில்

பட்டப்படிப்பிற்குரிய நூல்கள்

விரைவில் வெளிவரும்

கணிதம்	—	41	நூல்கள்
இயற்பியல்	—	28	,,
வேதியியல்	—	39	,,
தாவரவியல்	—	30	,,
விலங்கியல்	—	40	,,
பொறியியல்	—	50	,,
வரலாறு	—	45	,,
அரசியல்	—	34	,,
பொருளாதாரம்	—	83	,,
வணிகவியல்	—	36	,,
புள்ளியியல்	—	16	,,
உளவியல்	—	8	,,
புவியியல்	—	18	,,