சௌந்திகம்—ஞர் அதிரூபம்.

ச. சம்பந்து

பௌதிகம் - ஓர் அறிமுகம்

(புகுமுக வகுப்புக்குரியது)

பிற்சேர்க்கை

(திருத்தப்பட்ட பாடத் திட்டத்தின் கீழ் வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்
ச. சம்பத்து, எம்.ஏ.,
பௌதிக விரிவுரையாளர்,
மண்டலப் பொறியியற் கல்லூரி,
திருச்சிராப்பள்ளி.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

பௌதிகம் - ஓர் அறிமுகம்

(புகுமுக வகுப்புக்குரியது)

பிற்சேர்க்கை

(திருத்தப்பட்ட பாடத் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்
ச. சம்பத்து, எம்.ஏ.,
பௌதிக விரிவுரையாளர்,
மண்டலப் பொறியியற் கல்லூரி,
திருச்சிராப்பள்ளி

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

© TAMIL NADU TEXT BOOK SOCIETY

AN INTRODUCTION TO PHYSICS (P.U C.)— (Supplement)

S SAMPATH

Net Price Rs. 0-70
(No discount)

'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 Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare'

Printed by
KUMARAN PRESS,
298. Mint Street,
Madras-1.

பொருளடக்கம்

1. அளவையியல் 1
2. இயக்கவியல் ... 8
3. நிலையியல் . 17
4. நீர்-நிலையியல் .. 25
5. வெப்பம் .. 30
6 ஒளி .. 33
7. ஒலி ... 36
8. அணு பௌதிகம் ... 45

1. அளவையியல்

1·1 மீ. கி. வி. அலகுத் திட்டம் (MKS system of units)

மெட்ரிக் முறை, பிரிட்டிஷ் முறை என்ற இருவகை அலகுத் திட்டங்களைப் பற்றி முன்னரே கண்டோம். அவற்றுள் மெட்ரிக் முறையே அறிவியல் துறையில் பெரிதும் விரும்பப்படுகின்ற தெனவும் கண்டோம். இந்த முறையில நீளத்தை சென்டி மீட்டராலும், பொருண்மையை கிராமாலும், காலத்தை வினடி யாலும் அளக்கின்றோம். எனவே, இது சுருக்கமாக செ. கி வி. முறை (C. G. S. System) எனவும் அழைக்கப்படும்.

ஆனல், இம்முறையிலுள்ள அலகுகள் (செ. மீ., கிராம் ஆகியவை) மிகச் சிறிய அளவுகளைக் குறிப்பனவாகவுள்ளதால் இவறறின் வழி அலகுகளாகத் தோன்றும் விசை, ஆற்றல் முதலியனவறறை அளக்கப் பயன்படும் அலகுகளும் மிகச் சிறியவை யாக உளளன. எனவே, நடைமுறை அலகுகள (Practical units) என்ற ஒன்று உண்டெனவும் கண்டோம். எனவே, செ. கி வி. முறையினைப் பயன்படுத்தினல் நடைமுறை அலகுகள் என்ற பிறிதொன்றையும சேர்த்துப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது. எனவே, இருவகை அலகுத திட்டங்களையும அவற்றிற்கிடையே யுள்ள தொடர்புகளையும நாம நினைவில கொள்ளவேண்டியவர்களா கின்றோம்.

1904 ஆம் ஆண்டில் ஜியார்ஜி (Giorgi) என்ற இத்தாலியப் பேராசிரியர், மீட்டரையும் கிலோ கிராமையும் விநாடியையும் அடிப்படை அலகுகளாகக் கொண்டால் செ கி. வி. முறையின் நடைமுறை அலகுகள் யாவும் இதனுள் அடங்குமெனக் காண பித்தார். இந்த அலகுத் திட்டம் மீ.கி.வி.முறை (M.K.S. System) எனப்படும்.

மீ. கி. வி. முறையில் நீளத்தின் அலகு மீட்டர், பொருண் மையின் அலகு கிலோகிராம், காலத்தின அலகு விநாடி.

இந்த முறையில் பரப்பளவின் அலகு சதுர மீட்டர் (மீட்டர்^{2}) என்பதும், கன அளவின் அலகு கன மீட்டர் (மீட்டர்^{3}) என்பதும் அடர்த்தியின் அலகு கிலோ கிராம்/கன மீட்டர் என்பதனையும் எளிதில் கண்டுகொள்ளலாம

இவ்வாறே, திசைவேகத்தின் (velocity) அலகு மீட்டர்/விநாடி, வேக வளர்ச்சியின் (acceleration) அலகு மீட்டர்/விநாடி/விநாடி என்பதும் தெளிவு. இத்திட்டத்தில் புவி ஈர்ப்பின் வேக வளர்ச்சி

g = 9·8 மீட்டர்/விநாடி/விநாடி, அல்லது,

g = 9·8 மீட்டர்/விநாடி^{2} ஆகும்.

இத்திட்டத்தில் விசையின் (force) அலகு நியூட்டன் (newton) எனப்படும். ஒரு கிலோகிராம் பொருண்மையுடைய ஒரு பொருள் மீது தொழிற்பட்டு ஒரு மீ/விநாடி/விநாடி எனும் வேகவளர்ச்சியை யுண்டாக்கும் விசையானது ஒரு நியூட்டன் எனப்படும்.

எனவே,

1 நியூட்டன் = 1 கிலோகிராம் × 1 மீட்டர்/விநாடி/விநாடி

= 10^3 கிராம் × 10^2 செ.மீ./விநாடி/விநாடி

= 10^5 கிராம் × செ.மீ,/விநாடி/விநாடி

= 10^5 டைன்கள்.

வேலையின் (work) அலகு மீ. கி. வி. திட்டத்தில் ஜோல் (joule) ஆகும். இதனைப் பின்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம்.

ஒரு நியூட்டன் விசையானது ஒரு புள்ளியில் தொழிற்பட்டு அதனைத் தன் திசையில 1 மீட்டர் தூரம் நகர்த்தும்போது நடை பெறும் வேலை 1 ஜோல் எனப்படும்.

எனவே,

1 ஜோல் = 1 நியூட்டன் × 1 மீட்டர்.

= 10^5 டைன் × 10^2 செ.மீ.

= 10^7 டைன் × செ.மீ.

= 10^7 எர்குகள்.

இது, செ. கி. வி. முறையில் உள்ள நடைமுறை அலகே என்பது ஈண்டு நோக்கற்பாலது.

திறனின் (power) அலகு வாட் (watt) ஆகும். ஒரு வினாடியில் ஒரு ஜோல் வேலை நடைபெறுமாயின் திறன் 1 வாட் என முன்னரே கண்டுளோம். இதுவும் செ. கி. வி. முறையில் உள்ள நடைமுறை அலகே.

ஆற்றலின் அலகு வேலையின் அலகே.

சுழற்று திறனின் (moment) அலகு நியூட்டன்-மீட்டர் என்பதனையும், அமுக்கத்தின் (pressure) அலகு நியூட்டன்/மீட்டர்^{2} என்பதனையும் எளிதில் புரிந்துகொள்ளலாம.

வேகத்திணிவின் (momentum) அலகு நியூட்டன்-மீட்டராகும. ஏனெனில்,

$$\text{வேகத்திணிவு} = \text{பொருண்மை} \times \text{திசைவேகம்}$$
$$= \text{கிலோகிராம்} \times \text{மீட்டர்/வினாடி}$$
$$= \text{கிலோகிராம்} \times \frac{\text{வினாடி}}{\text{வினாடி}} \times \frac{\text{மீட்டர்}}{\text{வினாடி}}$$
$$= \left(\text{கிலோகிராம்} \times \frac{\text{மீட்டர்}}{\text{வினாடி}^2}\right) \times \text{வினாடி}$$
$$= \text{நியூட்டன்} - \text{வினாடி}.$$

1·2 காந்தவியலிலும் மின்சாரவியலிலும் மீ.கி.வி. அலகுகள்

எந்திரவியலில் நீளம், பொருண்மை, காலம் ஆகிய மூன்று அடிப்படை அலகுகள் போதுமெனக் கண்டோம். ஆனால், மின்னமைப்புகளில் நான்காவது அலகு ஒன்று தேவை. இதைப் பற்றி முதற்கண் காண்போம்.

இரு காந்த முனைகளுக்கிடையேயுள்ள விசையினை

$$F = K\frac{m_1 m_2}{d^2} \longrightarrow \quad (1\cdot 1)$$

என எழுதலாமெனக் கண்டோம். (பக்கம் 405). இங்கு K என்பது ஒரு மாறிலி. வெற்றிடத்தில் இச் சமன்பாட்டை சற்று மாற்றி எழுதலாம்.

$$F = \frac{m_1 m_2}{\mu_0 d^2} \longrightarrow \quad (1\cdot 2)$$

இங்கே, μ_0 என்பது வெற்றிடத்தின உட்புகுதிறன் (permeability) எனப்படும். செ.கி.வி. முறையில் $K = 1$ ஆனதால் $\mu_0 = 1$ ஆகும்.

இதேபோல இரு மின்னேற்றங்களுக்கு இடையேயுள்ள விசையினை

$$F = \frac{1}{K} \quad \frac{Q_1 Q_2}{d^2} \longrightarrow \qquad (1 \cdot 3)$$

என எழுதலாமெனக் கண்டோம. (பக்கம் 447). இங்கும், வெற்றிடத்திற்கு K-இன் மதிப்பு ஒன்றென எடுத்துக்கொண்டோம. மேறகண்ட சமன்பாட்டை, வெற்றிடத்திற்கு

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{\varepsilon_0 d^2} \longrightarrow \qquad (1 \cdot 4)$$

என எழுதலாம். இஙகே ε_0 என்பது வெற்றிடத்தின் அனுமதிக்கும திறன் (permittivity) எனபபடும். செ.கி.வி. முறையில் ε_0-இன் மதிப்பு 1. ஆனல, μ_0, ε_0 ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகை $\frac{1}{c^2}$ எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. (c என்பது வெற்றிடத்தில் ஒளியின திசைவேகம், எனவே, μ_0, ε_0 ஆகிய இரண்டுமே நிச்சயமாக 1 எனும் மதிப்பை உடைத்தாயிருக்க முடியாது. இதனுல்தான் நிலேமின் அலகுத் திட்டம், மின்காந்த அலகுத் திட்டம் என்ற இருவேறு திட்டங்களை செ.கி.வி. முறையில் பயன் படுத்த வேண்டியவர்களாகினேரும். இதனைத் தவிர்ப்பதற்காக வேணடி மீ.கி.வி. (M.K.S.) திட்டத்தை உருவாக்கிய பேராசிரியர் ஜியார்ஜி, மின அலகுகளையும் இத் திட்டத்தினுள் அடக்க நான்காவது அலகாக வெறறிடத்தின் உட்புகுதிறனை (μ_0) எடுத்துக் கொள்ளலாமெனக் கூறினர்; μ_0-இன் மதிப்பை 10^{-7} என எடுத்துக்கொண்டார். எனவே, ε_0-இன் மதிப்பு $1 \cdot 113 \times 10^{-10}$ என வாகும் $\left(\varepsilon_0 = \frac{1}{c^2 \mu_0}\right)$.

இந்த மீ.கி.வி முறையைப் பயன்படுத்தும்போது வட்டச் சமச்சீருடைய (circular symmetry) இடங்களில கிடைக்கும் வாய்பாடுகளில் π இல்லாமலும் வட்டச் சமச்சீரில்லாத இடங்களுககான வாய்பாடுகளில் π இருக்கவும் காணப்பெறும வட்டத்தின சுற்றளவு, பரப்பளவு போன்றவற்றின் வாய்பாடுகளில் ($2\pi r$, πr^2)π வருவதனை நோக்கினல மின்சார, காந்தவியல் வாய்பாடுகளில் அவ்வாறன்றி மாறுபட்டு வருவது வடிவ கணிதவியல் அறிவிறகு ஒவ்வாத வொனருகக் காணப்படுகின்றது. இதனைத் தவிர்ப்பதற்காக வேண்டி μ_0-இன மதிப்பை $4\pi \times 10^{-7}$ என எடுத்துக்கொள்ளலாமென ஹெவிசைடு (Heavyside) என்பவர் கூறினர். இவ்வாறு உருவாகியது அறிவிற்குப் பொருத்தமான மீ கி வி. முறை (Rationalised MKS system—RMKS) எனப்படும்.

மேலும், μ_0-க்கு ஒரு படித்தரத்தினை (standard) ஆய்வுக் கூடத்தில அமைப்பது இயலாத ஒன்ருகையால் μ_0-க்குப் பதில் ஆம்பியரையே நானகாவது அடிப்படை அலகாகக் கொள்ளலா மெனா முடிவு செய்யப்பெற்றது. எனவே, இது அறிவிற்குப் பொருத்தமான மீ.கி.வி.ஆ. முறை (R M K S A System) எனப் படும்.

இந்தத் திட்டத்தினைப் பயன்படுத்தினுல வெற்றிடத்தில் இரு காந்த முனைகளுக்கிடையே யுள்ள விசையின் வாய்பாடு பின் கண்டவாருகும்.

$$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \quad \frac{m_1 m_2}{d^2} \quad \longrightarrow \quad (1{\cdot}5)$$

இத் திட்டத்தில் காந்தமுனையின் வலு வெபர் (weber) எனும் அலகால் அளக்கப்பெறும்.

$m_1 = m_2 = 1$ வெபர், $d = 1$ மீட்டர் ஆனுல்,

$$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} = \frac{1}{16\pi^2} \cdot 10^7 \text{ நியூட்டன்} \quad \longrightarrow \quad (1{\cdot}6)$$

ஆகும். எனவே, வெபரைப் பின்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம்.

ஒரு காந்தமுனையானது அதிலிருந்து ஒரு மீட்டர் தூரத்தில் வெற்றிடத்தில் வைக்கபபட்டுளள, அதனை முற்றிலுமொத்த பிறிதொரு காந்த முனையை $\left(\frac{1}{16\pi^2}\right)10^7$ நியூட்டன் விசை எதிர்ததுத் தள்ளுமாளுல் அதன் வலு ஒரு வெபர் எனப்படும்.

காந்தவியலிலுள்ள சில அளவுகளின் அலகுகள் கீழே தரப் பட்டுளளன (அட்டவணை 1·1.).

அட்டவணை 1·1

அளவு	அலகு
காந்தமுனை வலு	வெபர்
காந்த சுழறறு திறன்	வெபர்—மீட்டர்
காந்தப் புலச் செறிவு	ஆம்பியர் டர்ன்/மீட்டர்

இந்த அலகு திட்டத்தில் (R M K S A) இரு மின்னேற்றங்களுக்கிடையேயுள்ள விசையின் (வெற்றிடத்தில்) வாய்பாடு பின்கண்டவாறாகும்.

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\theta_1\theta_2}{d^2} \longrightarrow (1\cdot7)$$

$\theta_1 = \theta_2 = 1$ கூலம்பு, $d = 1$ மீட்டர் ஆனால்

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$ நியூட்டன்களாகும்.

மின்சாரவியலில் பயன்படும் சில அலகுகள் அட்டவணை 1·2-ல் தரப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 1·2

அளவு	அலகு
மின்னேற்றம்	கூலம்பு
மின்புலச் செறிவு	வோல்ட்/மீட்டர்
மின்னோட்டம்	ஆம்பியர்
மின்னழுத்த வேறுபாடு	வோல்ட்
மின்தடை	ஓம்
மின்தடை எண்	ஓம் - மீட்டர்

ஒரு வட்டமான கம்பிச் சுருளின் ஊடு மின்சாரம் பாய்வதால் அதன் மையத்தில் ஏற்படும காந்தப்புலம்.

$$F = K\frac{il}{r^2}$$

எனக் கண்டோம் (பக்கம் 455–458).

RMKSA அலகுத் திட்டத்தில் K-ன் மதிப்பு $\frac{1}{4\pi}$ ஆகும் கம்பியானது n- சுற்றுகளையுடையதாக விருந்தால் $l = 2\pi nr$.

எனவே,

$$F = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{i \cdot 2\pi nr}{r^2}$$

அல்லது,

$$F = \frac{ni}{2r} \text{ ஆம்பியர் டர்ன்/மீட்டர்.}$$

இங்கே, i ஆம்பியர்களிலும், r மீட்டர்களிலும் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

2. இயக்கவியல்

2·1 ராக்கெட்டுகள்

மனிதன் புவியின் கட்டுகளைத் தாண்டி, வெட்ட வெளியில் கோடிக்கணக்கான கிலோ மீட்டர் பயணம் செய்வதும், நிலாவிற்குச் சென்று வருவதும், மற்ற கோள்களை ஆராயும் திட்டங்களை மேற்கொள்வதும் இன்று நமக்குச் சாதாரண நிகழ்ச்சிகளாகி விட்டன. ஆயினும் இவை மாபெரும் சாதனைகள் என்பதனை, எண்ணிப் பார்க்கும் திறம் படைத்த யாரும் மறுக்கமுடியாது. இத்தகைய வியத்தகு வேலைகளையெல்லாம் இன்று மிகத் திருத்தமாக, துல்லியமாகக் கணக்கிட்டுச் செய்ய முடிகின்றது. இத்துறையில் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றங்களுக்கான முதற்காரணங்களுள் ஒன்றாய் அமைவது ராக்கெட்டுகள் (rockets) துறையில் ஏற்பட்டுள்ள வளர்ச்சியே.

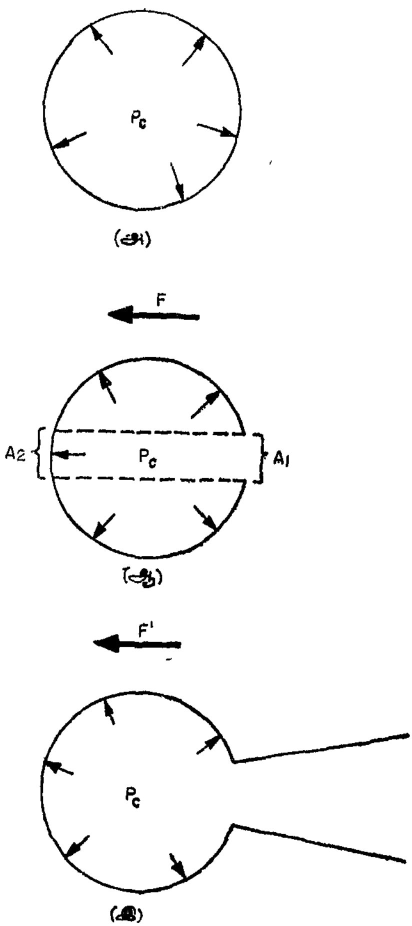
இரண்டாவது உலகப் போரின் போதுதான் இராணுவ உலகம் ராக்கெட்டுகள் பற்றி நன்கறியத் தலைப்பட்டது. ஜெர்மானியர்களின் கண்டம் விட்டு கண்டம் பாயும் V_2 ராக்கெட்டு ஒன்று லண்டனில் சிஸ்விக்கில் (Chiswick) 1944ஆம்ஆண்டு செப்டம்பர் 8ஆம் நாள் விழுந்தது முதல் புதியதோர் போர்முறை துவங்கியது. ருஷ்யா 1957ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் மாதம் 4ஆம் நாள் ஸ்புட்னிக்—1-ஐ, புவியைச் சுற்றி வலம்வர அனுப்பியபோது உலகம் முழுதுமே ஆச்சரியத்துடன் பார்த்தது ; அறிவியலின் சாதனையைக் கண்டு வியந்தது ; ராக்கெட்டுகளின் சிறப்புகளையும் புரிந்துகொண்டது.

ராக்கெட்டுகள் பற்றி இப்போதுதான் உலகம் உணரத் தலைப் பட்டாலும் ராக்கெட்டுகள் பன்னெடுங்காலமாகவே பயன்பட்டு வந்துள்ளன. சீனர்கள் 1232-லேயே ராக்கெட்டுகளைப் போரில் பயன்படுத்தி வந்துள்ளனர் என்று நம்ப இடமுண்டு. 1780-இல் ஹைதர் அலி, ஒவ்வொன்றும் 12 பவுண்டு எடையுள்ள, அரை மைல் தொலைவு செலலக்கூடிய, இரும்பு உறையிட்ட ராக்கெட்டு

களைப் பயன்படுத்தியே குண்டூரில் ஆங்கிலேயர்களின்மீது வெற்றிக்கொடி நாட்டினுர் என வரலாறு கூறுகின்றது. இன்று வேடிக்கைக்காக விடுகின்ற 'ராக்கெட் வாணம்' போன்றவையே இவை.

2·2. ராக்கெட் தத்துவம்—எதிர்வினைத் தத்துவம்

எவ்வளவு வலிமை பொருந்திய ராக்கெட்டாயிருந்தாலும், அதில் பயன்படும் எரிபொருள் எதுவாயிருந்தாலும், அது வேலை செய்யும் தததுவம் ஒன்றே. அதுதான் நியூட்டனின் மூன்ருவது இயக்க விதி. இவ் விதியினை மேலும் விளககத் தேவையில்லை. ஆனல் ஒரு கலத்தினுள் எரிபொருள் (fuel) எரியும் போது எவ்வாறு நியூட்டனின் மூன்ரும் விதி செயலுக்கு வருகின்றது, எவ்வாறு ராக்கெட் முன்னேறுகின்றது என்பதனைப் பின் கண்டவாறு விளக்கலாம்.



படம் 2·1

நிலையாக இருக்கும் ஒரு கோளத்தினை எடுத்துக் கொள்வோம். படம 2·1 (அ). இதனுள் ஒரு எரி பொருள், காட்டாக, பெட்ரோல் ஆவியும் காறறும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். இந்தக் கலவையைச் சூடாக்கி எரியவைத்தால் அறையினுள் ஓர் உயர் அழுககம (p_c) தோன்றும். இது கோளத்தின சுவர்களை எலலாப் பக்கங்களிலும் சம மான விசையுடன் தாக்கும். எனவே, கோளத்தின்மீது உண்டாகும் தொகுபயன் விசை (resultant force) சுழி (zero) ஆகும்; கோளம் நகராது.

இப்போது படம் 2·1 (ஆ)-இல் காட்டிய வண்ணம் கோளத்தின் ஒரு சிறு பகுதியை (A_1 பரப்பளவு) நீக்கிவிட்டால் இப் பகுதியின் வழியே வாயுக்கள் பீரிட்டு வெளியே செல்லும். A_1 பகுதியின்மீது வாயுவின் அழுக்கமில்லாததால் அதற்கு நேரெதிரேயுள்ள A_2 பகுதியின்மீது தொழிற்படும் விசையினை ஈடுசெய்து கொண்டிருந்த விசை மறைந்து விடுகின்றது. எனவே, A_2-இன்மீது ஒரு தொகுபயன் விசை (F) வலமிருந்து இடமாகச் செயல்படும். இதனால் கோளம் வலமிருந்து இடம் நகரும்.

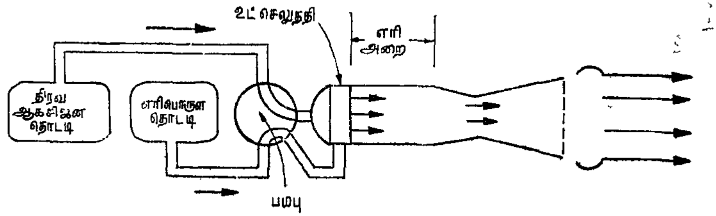
படம் 2·1. (இ)-இல் காட்டிய வண்ணம் ஒரு விரிவு கூர்முனையைச் (expansion nozzle) சேர்த்தால் கோளத்தை உந்தித் தள்ளும் விசை அதிகரிக்குமெனக் காட்டலாம்.

இந்தத் தத்துவத்தின் அடிப்படையில்தான் ராக்கெட் வேலை செய்கின்றது.

2·3 ராக்கெட் எந்திரம் (rocket engine)

ராக்கெட்டுகள் புவியினைத் தாண்டி, வளிமண்டிலத்தினைத் தாண்டி, வெட்ட வெளியில் செல்லும் காரியங்களுக்குப் பயன் படுத்தப் பெறுவதால் இவற்றின் எரிபொருள் எரிவதற்குத் தேவையான ஆக்சிஜன் அடங்கிய காற்று கிடைக்காது. எனவே, ராக்கெட்டில் காற்றினையும் எடுத்துச் செல்லவேண்டும். காற்றுக் குப் பதில திரவ ஆக்சிஜன் எடுத்துச் செல்லப்படும். இந்த வகையில் ராக்கெட்டுகள் ஜெட் விமானங்களிலிருந்து மாறு பட்டவை ; ஜெட் விமானங்கள் வளிமண்டலக் காற்றையே பயன் படுத்திக்கொள்ளும்.

திரவ எரிபொருளைப் பயன்படுத்தும் ஒரு ராக்கெட் எந்திரத்தின் அமைப்பு முறை படம் 2·2-இல் காட்டப்



படம் 2·2

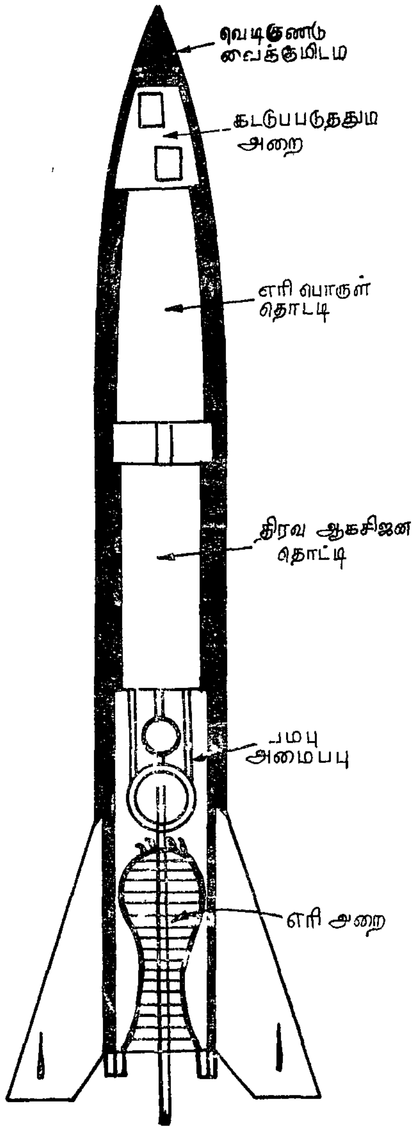
பெற்றுள்ளது. எரிபொருளாகப் பயன்படும் திரவம், திரவ ஆக்சிஜன் ஆகியவை அவற்றின் தொட்டிகளிலிருந்து ஒரு

பமபினுல் வெளிவரும்படிச் செய்யப்படுகின்றன. இவை ஒரு உட்செலுத்தியினுல் (injector) ஒழுங்காகப் பகிர்ந்து நனருகக் கலக்கப்பட்டு எரி அறைக்குச் (combustion chamber) செலுத்தப் படுகின்றன. இங்கே கொளுத்தும் சாதனம் ஒன்றினுல் இவை எரியூட்டப் பெறுகினறன. எரிதல் தொடங்கிவிட்டால் பின்னர் அவை தாமாகவே தொடர்ந்து எரியும். எரிதலின்போது திரவ எரி பொருள் ஆவியாகி உயர் அமுக்கங்களை யுண்டாக்கி அதன் பயனுகப் பின்புறம் வேகமாக தள்ளப்பெறும்; இந்த எந்திரம் பொருத்தப் பெற்ற ராக்கெட் முன்னேறும்.

இந்த எந்திரத்தின் பகுதிகள் ராக்கெட்டினுள் எவ்வாறு அமைக்கப்படுகின்றன என்பதனைப் படம் 2 3 காட்டுகின்றது.

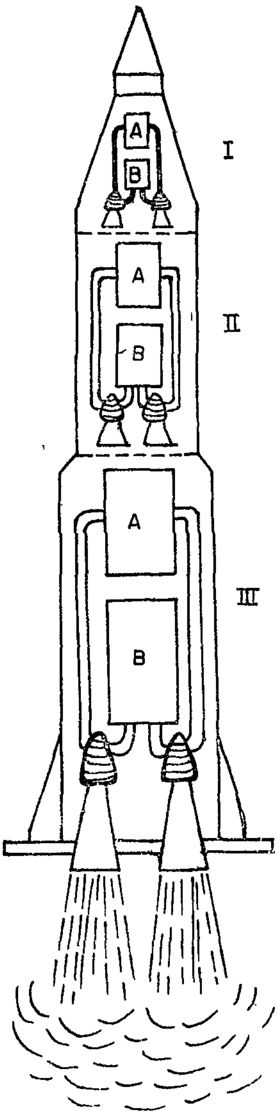
2·4 பல்கட்ட ராக்கெட்

ராக்கெட்டில் உற்பத்தியாகும் திறன் (power) ராக்கெட்டின் எடை முழுவதையுமு முடுக்குவதற்குப் பயன்படுகின்றது. எனவே, ராக்கெட் தன் பயணத்தில் காலியாகிக் கொண்டே செல்லும் தொட்டியின் பகுதி போன்ற காலியான பகுதிகளையும் கடைசி வரைத் தூக்கிக் கொண்டே செல்லவேண்டும். இதனுல் ஒரு ராக்கெட் அடையக்



படம் 2·3.

கூடிய பெரும திசைவேகத்திற்கு (maximum velociety) ஒரு வரம்பு ஏற்படுகின்றது. இன்று தயாரிக்கப்படும் மிகச் சிறந்த ஒருகட்ட ராக்கெட்டுகளும் (single stage rockets) 5 கிலோ மீட்டர்/வினாடி எனுமளவிற்குமேல வேகம் பெறமுடியாது. ஆனால், இது புவியின் கவர்ச்சியிலிருந்து தப்பியோடுவதற்கான வேகத்தைக் (escape velocity) காட்டிலும் குறைவு. எனவே இவற்றை கோளிடைப் பயணங்களுக்குப் பயன்படுத்த முடியாது. இதற்குப் பல்கட்ட ராககெட்டுகள் (multi stage rockets) தேவை.



படம் 2·4

ஒரு மூன்றுகட்ட ராக்கெட்டில் (three stage rocket) மூன்று ராக்கெட்டுகள் ஒன்றன் மீதொன்ருகப் பொருத்தப்பட்டிருககும. படம் 2·4. இதில முதல் பகுதியைவிட இரண்டாவது சிறியதாகவும், இரண்டாவதைவிட மூன்ருவது சிறியதாகவும் இருக்கும்.

பயணத்தின துவக்கத்தில் அடி ராக்கெட்டு செயலபடும. இது முழு அமைப்பையும மேலே தூககிச் செல்லும். இதனால அடையக்கூடிய பெரும திசைவேகத்தை அடையும் நிலையில் இதிலுள்ள எரிபொருள ஆக்சிஜன் திரவம ஆகியவை தீர்ந்துவிடும். இந் நிலையில் இந்த முதல்பகுதி இரண்டாவது கட்டத்தை துவக்கிவிட்டுத் தான் கழன்று விழுந்துவிடும். இதனால் ராக்கெட் அமைப்பின் எடை பெருமளவு குறைகின்றது. இரண்டாவது கட்ட ராக்கெட்டு வேலை செய்வதால் வேகம் மேலும் மேலும் உயர்ந்துகொண்டே செல்லும். இதனால் அடையக்கூடிய பெரும வேகத்தை அடைந்தவுடன் (இந் நிலையில் இதிலுள்ள எரிபொருளும் ஆக்சிஜனும் காலியாகும்). இது மூன்ருவது கட்ட ராக்கெட்டைத் துவக்கிவிட்டுத்

தான் சுழன்றுகொள்ளும். ராக்கெட்டு அமைப்பின் எடை மேலும் குறைகின்றது. எனவே, நாம் விரும்பும் மீஉயர் வேகங்களை இது எட்ட முடிகின்றது

2·5 ராக்கெட்டுகளின் பயன்கள்

இருந்த இடத்திலிருந்த வண்ணம் ஆயிரக்கணக்கான மைல் களுக்குப்பாலுள்ள இடங்களின் மீது வெடிகுண்டு வீசுகின்ற கண்டம விட்டு கண்டம் பாயும் ஏவுகணைகள் (intercontinental ballistic missiles) ராக்கெட்டுகளின் வளர்ச்சியால் விளைந்தவையே. கோளிடைப் பயணங்களுக்குத் துணைசெய்வனவும இவையே. வளிமண்டிலம பற்றிய ஆராய்ச்சிகளுக்கும், வானிலை ஆய்வு களுககும ராக்கெட்டுகள் பெருமளவில் பயனபடுகின்றன. நம் நாட்டில் கேரள மாநிலத்திலுள்ள துமபாவிலிருந்தும ஆந்திர மாநிலத்திலுள்ள ஸ்ரீஹரி கோட்டாவிலிருந்தும ராககெட்டுகள அனுப்பப்பெறறு இததகைய ஆராய்ச்சிகள் நடைபெறுகினறன.

2·6 புவியின துணைக கோள்கள்

நம் புவியைச் சுற்றி இயற்கை படைத்த நிலாவெனும் துணைக் கோள் சுறறிவருவதோடு அறிவியல படைதத துணைக்கோள களும் சுற்றிவருகின்றன. இவற்றை பலகட்ட ராக்கெட்டுகள் தூககிச் சென்று வாண வீதியில் வலம் வரச செய்கின்றன.

பல்கட்ட ராக்கெட்டு ஒன்று துணைக் கோளினை நாம் விரும்பும் உயரத்திற்குத் தூக்கிச் சென்று அங்கு புவிக்குக் கிடையான திசையில் ராககெட்டிலிருந்து விடுவிக்கும் அப்போது ராக்கெட்டு என்ன வேகத்தில் (புவிக்குக் கிடையான திசையில்) சென்று கொண்டுளதோ அதே வேகத்தில் துணைக்கோள் பூமியைச் சுற்றி வலம் வரும. எந்த குத்துயரத்தில் (altitude) துணைககோள சுற்றிவர வேண்டுமென நாம விரும்புகினறோமோ, அந்தக் குததுய ரத்திற்கேற்ற வேகததில துணைககோள ராக்கெட்டிலிருந்து விடுபட வேண்டும். துணைக்கோள் விடுபடும் நேரத்தில் என்ன வேகததில இயங்கிக் கொண்டிருக்கவேண்டுமெனபதனைப பின் கண்டவாறு கணக்கிடலாம்

துணைக்கோள் புவியைச் சுற்ற 'r' ஆரமுடைய சுற்றுப் பாதையில (orbit) v எனும் நேர்கோட்டு வேகத்தில் (linear velocity) சுற்றி வருவதாகக் கொள்வோம. அப்போது அதன் மையம் விட்டோடும் விசை $\frac{mv^2}{r}$. (பக்கம் 90 பார்க்க) இங்கே, m என்பது துணைக்கோளின் பொருண்மையைக் குறிக்கும்.

துணைக்கோளை வட்டப் பாதையில் செல்லச் செய்வதற்கு இதற்குச் சமமான, ஆனால் எதிர்த்திசையிலுள்ள ஒரு விசையும் துணைக்கோளின்மீது செயல்பட வேண்டும் அதாவது, மையம் நாடும் விசை (centripetal force) தேவை இங்கே, இந்த மையம் நாடும் விசையாக அமைவது புவி ஈர்ப்பு விசை (gravitational force) ஆகும். இதன் மதிப்பினை ஈர்ப்பு விசைகள் பற்றிய நியூட்டனின் விதிகளிலிருந்து பெறலாம்.

நியூட்டனின் விதிப்படி, M, m எனும் பொருண்மையுடைய இரு பொருள்கள் ஒன்றுக்கொன்று r தூரம் இடைவெளியில் இருக்குமானால் அவற்றினிடையே ஒரு கவர்ச்சி விசை இருக்கும். இதன் மதிப்பு $\frac{GMm}{r^2}$ ஆகும். இங்கே, G என்பது ஈர்ப்பு எண் (gravitation constant) எனப்படும்.

இவ் விதியின்படி புவியின் பொருண்மை M ஆனால் துணைக்கோளின்மீது செயல்படும் மையம் நாடும் விசை $\frac{GMm}{r^2}$ ஆகும்.

எனவே,

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \longrightarrow \qquad (2\cdot1)$$

அல்லது,

$$v^2 = \frac{GM}{r}$$

அல்லது,

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \longrightarrow \qquad (2\cdot2)$$

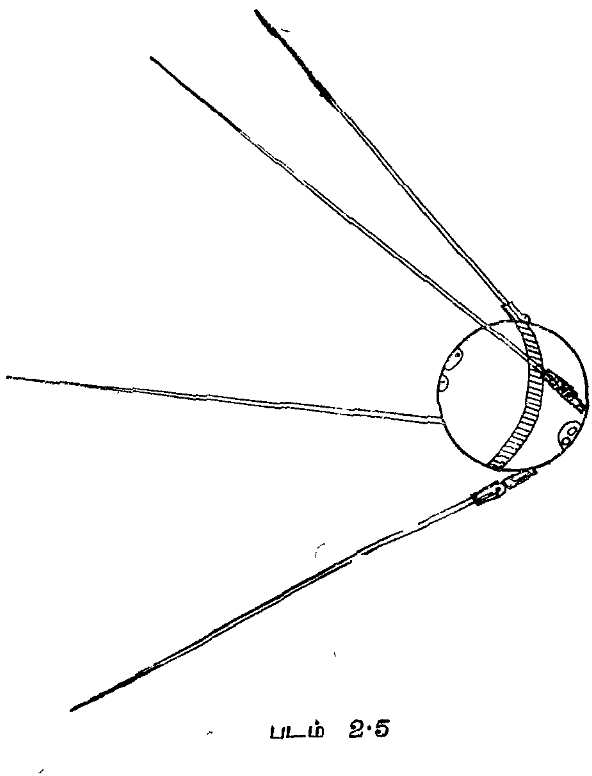
v ன் மதிப்பு துணைக்கோளின் எடையைப் பொறுத்ததல்ல என்பதனை நோக்கவும்.

இச் சமன்பாட்டின்படி (2·2) கணக்கிட்டால் காற்றின் தடை இல்லையென்று செல்லுமளவான ஏறத்தாழ 500 கிலோ மீட்டர்கள் குத்துயரத்தில் ($r = 500$ கி. மீ.) துணைக் கோளானது புவியைச் சுற்றி வட்டப் பாதையில் வரவேண்டுமானால் அதன் வேகம் ஏறத்தாழ 7 கி. மீ. வினாடி என இருக்கவேண்டும்

இவ்வாறு கணக்கிடும் சரியான வேகத்தில், கிடைத்திசையில் துணைக்கோள் விடப்பட்டால் அது வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும்.

மாருக, வேகம் அல்லது திசை சறறு மாறிஞலும் அது நீள்வட்டப் பாதையில் (elliptic orbit) சுற்றிவரும்

இவ்வாறு செலுத்தப்பட்ட முதல் செயற்கைத் துணைகோள் ஸ்புட்னிக்-*I* ஆகும. ஸ்புடனிக என்ருல ருஷ்யமொழியில உடன் பயணம் செய்வோன்' எனவும் 'துணைக்கோள்' எனவும் பொருள் படும். இதனை ஒரு மூன்றுகட்ட ராககெட்டிஞல செலுததியதாகத் தெரிகின்றது. இது நீள்வட்டப் பாதையில சுற்றி வந்தது இதன்



படம் 2·5

மிக அதிகமான குத்துயரம் 588 மைல்கள்; மிகக குறைந்த குத்துயரம் 142 மைல்கள். இது ஏறத்தாழ மூன்று மாதங்கள் புவியை வலம் வந்து கொண்டிருந்தது. பின்னர் வளிமண்டலத் தில் நுழைந்து எரிந்து போயிறறு. ஸபுட்னிக்-*I*-இன் படம் 2·5-இல் காட்டபபெற்றுள்ளது. இதனைத் தொடர்ந்து பல துணைக் கோள்கள் செலுத்தப்பெற்றுள்ளன.

2·7 துணைக்கோள்களின் பயனகள்

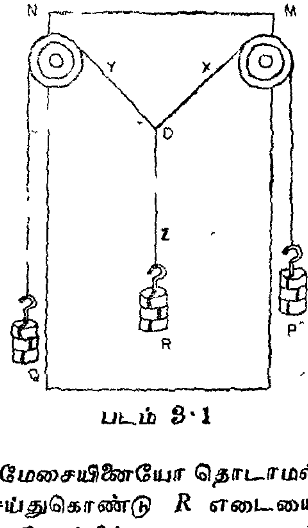
வளிமண்டிலத்திற் கப்பாலிருந்துகொண்டு வளிமண்டிலத்தின் உயர் மட்டங்களிலுள்ள அடர்த்தி, வெப்பநிலை, வளிமண்டலத்தின் மற்ற பண்புகள் போன்றவற்றையும் சூரியனின் கதிர் வீச்சு, கோள்கள், உடுக்கள் பற்றிய செய்திகளையும் அறிய துணைக்கோள்கள் பயன்படும் உண்மையில் சொல்லப்போனல் இவற்றை தொல்லை கொடுக்கும் வளிமண்டிலத்திற்கு அப்பாலமைக்கப்பெற்ற ஆய்வுக் கூடங்களெனக் கூறலாம். புவியின் கட்டமைப்பை அறியவும் இவை பயன்படும். செய்தித் தொடர்பு துறையில் இதன் பயன் பெரியது. உலக முழுவதறகுமான செய்தித் தொடர்புகள் ஏற்படுத்த துணைக்கோள்கள் உதவும் டெல்ஸ்டார் (Telstar), எர்லி பேர்ட் (Early Bird) என்பன இத்தகைய செயதித் தொடர்பு துணைக்கோள்களே. வானிலையை யறியவும் இவை பயன்படும்.

3. நிலையியல்

3·1. புள்ளிசேர் விசைகளின் விதிகளைச் சரிபார்த்தல்

புள்ளிசேர் விசைகள் (concurrent forces) பற்றிய, (1) இணைகர விதி (law of parllelogram of forces), (2) முக்கோண விதி (law of triangle of forces), (3) லாமி தேற்றம் (lami's theorem) ஆகியவற்றைப் பின்கண்ட சோதனையின் வாயிலாகச் சரிபார்க்கலாம்.

செங்குத்தாக இருக்கும்படி அமைக்கப்பட்ட ஒரு வரைபலகையின் (drawing board) மேல் மூலைகளில் படம் 3·1-இல் காட்டியுள்ள வண்ணம் M, N என்ற இரு கப்பிகளைப் (pulleys) பொருத்த வேண்டும். இவற்றின் வழியே ஒரு நூலைச் செலுத்தவேண்டும். நூலின் இரு முனைகளிலும் P, Q என்ற எடைகளைத் தொங்கவிடவேண்டும். இப்போது, மூன்றாவது எடை ஒன்றினை (R) ஒரு நூலின் ஒரு முனையில் கட்டி நூலின் மறு முனையினை கப்பிகளின் வழியே செல்லும் நூலில் O என்ற புள்ளியில் ஒரு முடிச்சு போட்டு கட்டிவிடவேண்டும். நூல்களுக்குப் பின்புறத்தில் வரைபலகையின்மீது ஒரு தாளைப் பொருத்தவேண்டும்.



படம் 3·1

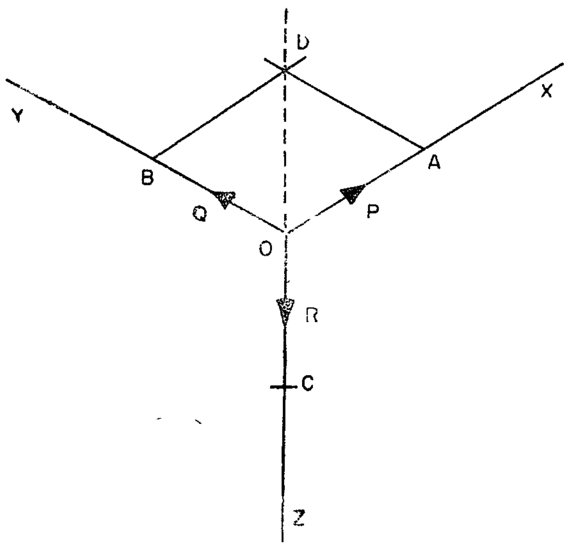
எடைகள் வரைபலகையையோ மேசையினையோ தொடாமல் இருக்கின்றதா என்பதனை உறுதி செய்துகொண்டு R எடையை இலேசாக இழுத்துவிட்டால் சற்று நேரத்தில் அது அமைதி நிலைக்கு வரும். இப்போது தாளின்மீது முடிச்சின் நிலை O-வையும O-இல் சந்திக்கும நூல்களின் சுவடுகள் (traces) OX, OY, OZ ஆகியவற்றையும் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். எடைகளின் மதிப்புகளையும் (P, Q, R) குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். P, Q, R

ஆகியவற்றின் மதிப்புகளை மாற்றி ஒவ்வொரு முறையும் விசைகளையும், விசைகளின் திசைகளையும் மேற்கண்டவாறு குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

3·1. 1. விசைகளுக்கான இணைகர விதியைச் சரிபார்த்தல

மேற்கண்டவாறு கிடைத்த படத்தில் OX, OY, OZ ஆகிய கோடுகள் O-இல் சமநிலையிலிருக்கும் P, Q, R ஆகிய விசைகளின் திசைகளைக் குறிக்கின்றன. இப்போது இம்மூன்று விசைகளையும் அளவாலும் குறிக்கும்படி OA, OB, OC என்ற நீளங்களை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும் (படம் 3·2)

இப்போது OA, OB ஆகியவற்றை இருபக்கங்களாக உடைய ஓர் இணைகரத்தை வரையவேண்டும். இந்த இணைகரத்தில OA, OB என்பன O-இல் தொழிற்படும் P, Q ஆகிய இரு விசைகளை



படம் 3 2

அளவாலும், திசையாலும் குறிககினறன. எனவே, இணைகர விதிப்படி O-ன வழியே செல்லும மூலைவிட்டம் (diagonal) OD ஆனது P, Q க்களின் தொகுதியினைக் குறிக்கவேண்டும் ஆனல் OC ஆல் குறிக்கபபடும் R ஆனது P, Q ஆகியவறறின் சமனி (eqilibrant) என்பது தெளிவு எனவே, தொகுபயன் OD-யும், சமனி OC-யும் ஒன்றுக் கொன்று சமமாகவும் எதிர்திசையிலும்

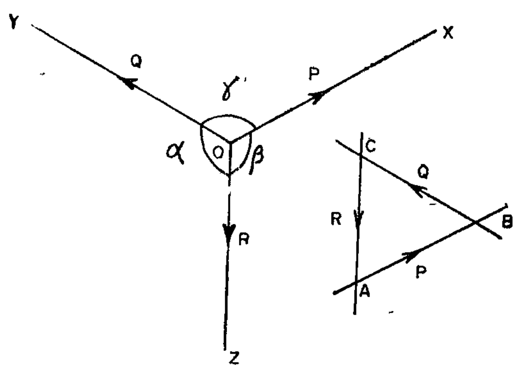
இருக்கவேண்டும். எனவே, இப்போது, OD, OC ஆகியவற்றையும் $\underline{|COD}$ யையும் அளந்து இதனைச் சரிபார்க்கலாம். எனவே $OD = OC$, $\underline{|COD} = 180°$ என (சோதனையின் பிழைகட்கு உட்பட்டு) இருக்குமானல் இணைகர விதி சரியே. இதனை நாமெடுத்த பல்வேறு அளவுகளுக்கும் படம் வரைந்து அட்டவணை 3·1-இல் குறித்துக்கொண்டு சரிபார்க்கலாம்.

அட்டவணை 3·1

எண்	P	Q	R	OD	OC	$\underline{\vert COD}$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

3·1. 2 விசைகளுக்கான முககோண விதியைச் சரிபார்த்தல்

OX, OY, OZ ஆகிய மூன்று திசைகளுக்கும் இணையாக மூன்று கோடுகளை வரையவேண்டும் இவை மூன்றும் ABC என்ற ஒரு முக்கோணத்தை யுண்டாக்கும (படம் 3 3). இப்போது,



படம் 3·3

AB, BC, CA என்பன முறையே P, Q, R ஆகியவற்றின் திசைகளிலுள்ளன. முக்கோண விதியின் மறுதலைப்படி P, Q, R ஆகிய மூன்று விசைகள் ஒரு புள்ளியில் தொழிற்பட்டு சமநிலையிலுள்ளதால் அவற்றின் திசைக்களுக்கிணையான திசைகளில் பக்கங்களையுடைய இம் முக்கோணத்தின் பக்கங்கள அவ்விசைகளுக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கவேண்டும். அதாவது,

$$\left.\begin{array}{l} P \propto AB \\ Q \propto BC \\ R \propto CA \end{array}\right\} \longrightarrow \quad (3\cdot 1.)$$

அல்லது,

$$\frac{P}{AB} = \frac{Q}{BC} = \frac{R}{CA} \longrightarrow \quad (3\cdot 2.)$$

படத்திலிருந்து பக்கங்களை அளந்து அட்டவணை (3·2.)-ல் குறித்து இது சரியாக உளளதாவென கண்டுகொள்ளலாம். முக்கோண விதியின் மறுதலை சரியானல் முக்கோண விதியும சரிதானே.

அட்டவணை 3·2

எண்	P	Q	R	AB	BC	CA	$\frac{P}{AB}$	$\frac{Q}{BC}$	$\frac{R}{CA}$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									

3.1. 3. லாமி தேற்றத்தைச் சரிபார்த்தல்

படம் (3.3)-இல் குறிக்கப்பட்டுள்ள α, β, γ கோணங்களை அளந்து அட்டவணை (பி. 3.3)-இல் நிரப்பி

$$\frac{P}{\sin \alpha} = \frac{Q}{\sin \beta} = \frac{R}{\sin \gamma} \longrightarrow \quad (3.3)$$

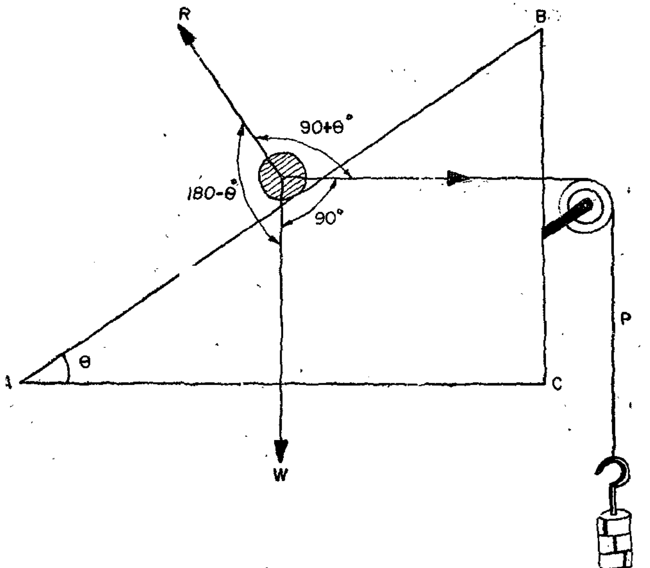
என எப்போதுமுள்ளதாவென சரிபார்த்துக் கொள்ளலாம். லாமி தேற்றம் இதுதானே.

அட்டவணை பி. 3·3

எண்	P	Q	R	α	β	γ	$\frac{P}{\sin \alpha}$	$\frac{Q}{\sin \beta}$	$\frac{R}{\sin \gamma}$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									

3·2 சாய்தளம் — அடிப்பக்கத்திற்கு இணையான திசையில் திறன் செயல்படுகையில்.

சாய்தளத்தில் திறனானது சாய்தளத்திற்கு இணையான திசையில் செயல்படும்போதுள்ள நிலையினை ஆராய்ந்தோம் (பக்கங்கள் 135—137). இப்போது, தளத்தின் அடிப்பக்கத்திற்கு இணையாக திறன் தொழிற்பட்டால் உள்ள நிலையினைக் காண்போம் இத்தகைய நிலையினை படம் (3. 4.) விளக்குகின்றது. பொருள் சாய்தளத்தின் சமநிலையிலிருக்கும்போது பொருளின் மீது கீழ்கண்ட விசைகள் தொழிற்படுகின்றன.



படம் 3·4

(1) பொருளின் எடை W. இது செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி இருக்கின்றது,

(2) திறன் P. இது கயிற்றின் திசையில், அதாவது, அடிப் பாகத்திற்கு இணையாக, அதாவது கிடையாக இருக்கின்றது.

(3) தளத்தின் எதிர்வினை R. இது தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்.

எனவே, பொருளை மூன்று விசைகள் சமநிலையில் வைத்துள்ளன. ஆகையால் லாமி தேற்றத்தைப் பயன்படுத்த லாம். சாய்தளத்தின் கோணம் θ ஆனால் விசைகளுக்கிடையே யுள்ள கோணங்கள் படம் 3. 4-இல் காட்டப்பெற்றுள்ளன. எனவே, லாமி தேற்றப்படி

$$\frac{W}{\sin(90+\theta)} = \frac{P}{\sin(180-\theta)} = \frac{R}{\sin 90} \longrightarrow (3.4.)$$

அல்லது,

$$\frac{W}{\cos\theta} = \frac{P}{\sin\theta} = \frac{R}{1}$$

அல்லது,

$$\frac{W}{P} = \cot\theta$$

அல்லது,

$$\frac{W}{P} = \frac{AC}{BC} \longrightarrow (3\cdot5.)$$

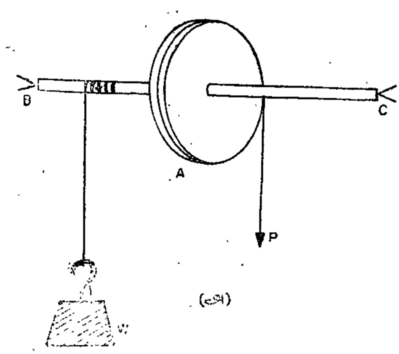
எனவே,

$$\text{எந்திரலாபம்} = \frac{\text{சாய்தளத்தின் அடிப்பக்க நீளம்}}{\text{சாய்தளத்தின் உயரம்}}$$

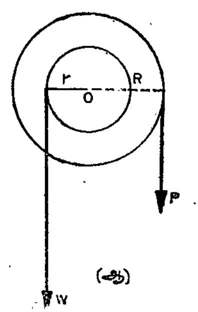
எனவே, எந்திர லாபம் ஒன்றைவிட கூடுதலாகவோ அல்லது குறைவாகவோ இருக்கும்.

3·3 உருளையும் இருசும்

இது ஒரு தனி எந்திரம் (simple machine). ஒரு திண் உருளையும் (A), ஓர் இருசும் (Bc) ஒரே அச்சின்மீது சுழலுமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இருசின்மீது ஒரு கயிறு சுற்றப்பட்டுள்ளது. இதன் ஒரு முனை இருசில் கட்டப்பட்டிருக்கும், மறு முனையில் தூக்கப்படவேண்டிய எடை W கட்டப்பட்டிருக்கும்.



படம் 3·5 (அ)



படம் 3·5 (ஆ)

உருளையின் விளிம்பின் வழியே செல்லும் பிறிதொரு கயிறின் ஒரு முனையில் திறன் தொழிற்படுத்தப்படும். படம் 3. 5 (அ)-ல் காண்க. இந்தக் கயிறானது இருசின்மீது கயிறு சுற்றப்பட்டுள்ளதற்கு எதிர்த்திசையில் சுற்றப்பட்டிருக்கும். இதனால் A-யின் மீதுள்ள கயிறு பிரிந்துக்கொண்டே வந்தால் Bc-யின் மீதுள்ள கயிறு மேலும் மேலும் சுற்றிக்கொள்ளும்.

இதன் எந்திரலாபத்தைப் பின்கண்டவாறு கணக்கிடலாம். உருளை, இருசு ஆகியவற்றின் ஆரங்கள் முறையே R, r எனக் கொண்டால் (படம் 3.5 ஆ) சுழற்றுதிறன்களின் தத்துவப்படி,

$$W \times r = P \times R \qquad \longrightarrow \quad (3.6)$$

எனவே,

$$\frac{W}{P} = \frac{R}{r}. \qquad \longrightarrow \quad (3.7)$$

அதாவது,

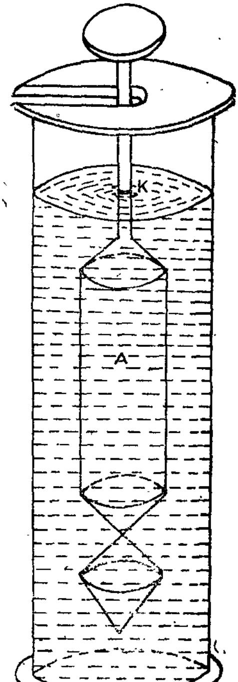
$$\text{எந்திரலாபம்} = \frac{\text{உருளையின் ஆரம்}}{\text{இருசின் ஆரம்}} \qquad \longrightarrow \quad (3.8)$$

எனவே, உருளையின் ஆரத்தைக் கூட்டினால் எந்திரலாபம் அதிகரிக்குமென்பது தெளிவு. உருளையும் இருசும் பயன்படுமிடங்களைச் சிந்தித்துணரவும்.

4. நீர்–நிலையியல்

4·1 நிக்கல்சன் திரவமானி

நிக்கல்சன் திரவமானி (Nicholson's hydrometer) படம் 4.1-இல் காட்டப்பெற்றுள்ளது. இது இருமுனைகளிலும் கூம்பு வடிவமுடைய ஓர் உள்ளீடற்ற உருளையினை உடையது. இதன் மேற்பக்கத்தில் ஒரு நீண்ட தண்டின் வழியாக ஒரு வட்டத் தட்டு (circular pan) இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அடிப்பக்கத்தில் ஒரு வாளி (bucket) இருக்கும். வாயில் தகுந்த எடைகளைப் போட்டு எந்த திரவத்திலும் திரவமானி செங்குத்தாக மிதக்கும்படிச் செய்யலாம். இதன் தண்டின்மீது ஒரு குறியிடப்பட்டிருக்கும் (K). எப்போதும் திரவமானி திரவத்தில் இந்தக் குறிவரை அமிழ்ந்திருக்கும்படி சரிசெய்துதான் அளவீடுகள் செய்யப்படும். எனவே, இது ஒரு மாறு அமிழ்வு திரவமானியாகும் (constant immersion hydrometer). இதனைக் கொண்டு திடப்பொருள்கள். திரவங்கள் ஆகியவற்றின் ஒப்படர்த்திகளைக் காணலாகும்.



படம் 4.1

4·2. 1. நிக்கல்சன் திரவமானியைக் கொண்டு ஒரு திடப்பொருளின் ஒப்படர்த்தியைக் காணல்.

திரவமானியை நீருள்ள ஒரு சாடியில் செங்குத்தாக மிதக்கவிடவேண்டும். இப்போது, மேல் தட்டில் போதுமான எடைகளைப் (W_1) போட்டு, திரவமானி K குறிவரையில் அமிழ்ந்திருக்கும்படிச் செய்ய வேண்டும். இந்த எடையை அமிழ்த்தும் எடை எனலாம். திரவமானி சாடியின் பக்கங்களையோ, அடியையோத் தொடாத

வண்ணம் பார்த்துக்கொள்ளவேண்டும். எடைகள் நீரில் விழுந்து விடாமலிருப்பதற்கென துளையிட்ட அட்டையினைக் கொண்டு சாடியை மூடிவிடலாம்.

ஒப்படர்த்தி காணவேண்டிய திடப்பொருளை மேல் தட்டின் மீது வைத்து, அதனுடன் போதுமான எடைகளையும் சேர்த்து வைத்து (W_2) திரவமானி K குறிவரை அமிழ்ந்திருக்கச் செய்ய வேண்டும். பின்னர், பொருளை அடித்தட்டில் (வாளியில்) வைக்க வேண்டும். (தக்கை போன்ற பொருளாயிருந்தால் ஒரு மெல்லிய கயிறு கொண்டு அடித்தட்டுடன் கட்டிவிடலாம்.) இப்போது மேல் தட்டில் வைக்கவேண்டிய அமிழ்த்தும் எடை (W_3)-ஐக் காண வேண்டும். இவ்வளவுகளிலிருந்து பின் கண்டவாறு பொருளின் ஒப்படர்ந்தியைக் காணலாம்.

காற்றில் பொருளின் எடை $= w_1 - w_2$ ⟶ (4·1)

நீரில் பொருளின் எடை $= w_1 - w_3$ ⟶ (4·2)

எனவே, நீரில் பொருள்

இழக்கும் எடை $= (w_1 - w_2) - (w_1 - w_3)$

$= w_3 - w_2$. ⟶ (4·3)

எனவே, பொருளின் ஒப்படர்த்தி,

$$= \frac{\text{காற்றில் எடை}}{\text{திரவத்தில் இழக்கும் எடை}}$$

$$P = \frac{w_1 - w_2}{w_3 - w_2} \quad \longrightarrow \quad (4{\cdot}5)$$

4·2. 2. நிக்கல்சன் திரவமானியைக் கொண்டு ஒரு திரவத்தின் ஒப்படர்த்தியைக் காணல்.

அ. முதல் முறை

திரவமானியின் எடையை (w) தனியொரு தராசில் காண வேண்டும். பின்னர் நீரில் திரவமானியை K வரை அமிழ்த்து வதற்கு மேல்தட்டில் வைக்கவேண்டிய எடை (w_1)-ஐ வழக்கம் போல் காணவேண்டும். பின்னர், திரவமானியை வெளியி லெடுத்து, ஈரம்போக நன்கு துடைத்து, அதன் வாளியிலுள்ள எடைகளை மாற்றுமல், பிறிதொரு சாடியிலுள்ள திரவத்தில் மிதக்கவிட்டு அமிழ்த்தும் எடை (w_4)–ஐக் காணவேண்டும்.

நீரிலும், திரவத்திலும் ஒரே அளவிற்கு திரவமானி அமிழ்ந் திருந்ததால் விலக்கப்பட்ட நீரின் கன அளவும், திரவத்தின் கன அளவும் ஒன்றே. இது V எனவும் ρ_1, ρ_2 என்பன நீர், திரவம் ஆகியவற்றின் அடர்த்திகளெனவும் கொண்டால், மிதத்தல் விதிப்படி,

விலக்கப்பட்ட நீரின் எடை = மிதவையின் எடை

அதாவது,

$$V\rho_1 = w + w_1 \longrightarrow \quad (4.6)$$

அதேபோல,

$$V\rho_2 = w + w_4 \longrightarrow \quad (4.7)$$

எனவே,

$$\frac{V\rho_2}{V\rho_1} = \frac{w + w_4}{w + w_1}$$

அல்லது,

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{w + w_4}{w + w_1}$$

அல்லது, திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி,

$$\rho = \frac{w + w_4}{w + w_1} \longrightarrow \quad (4{\cdot}8)$$

ஆ. இரண்டாவது முறை

முதல் சோதனையில் (பி. 4·2·1) செய்தது போல ஒரு திடப் பொருள் மேல் தட்டிலும், கீழ்த்தட்டிலும் உள்ளபோது நீரில் அமிழ்த்தும் எடைகளைக் (முறையே w_2, w_3) காணவேண்டும். இப்போது, திரவமானி திரவத்தில் மிதக்கும்போது அதே திடப் பொருள் மேல்தட்டில் உள்ளபோது அமிழ்த்தும் எடையையும் (w_5), கீழ்த்தட்டிலுள்ளபோது அமிழ்த்தும் எடையையும் (w_6) காணவேண்டும்.

இப்போது,

திடப்பொருள் நீரில் இழக்கும் எடை — $w_3 - w_2$ → (4·9)

திடப்பொருள் திரவத்தில் இழக்கும் எடை = $w_6 - w_5$ → (4·10)

எனவே,

$$\text{திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி} = \frac{\text{திரவத்தில் எடை இழப்பு}}{\text{நீரில் எடை இழப்பு}}$$

$$\rho = \frac{w_6 - w_5}{w_3 - w_2} \longrightarrow (4{\cdot}11)$$

4·3 வெற்றிடப் பம்பு

வெற்றிடப் பம்பு (exhaust pump) படம் 4·22-ல் காட்டப் பெற்றுள்ளன காற்றமுக்கும் பம்பு போன்ற அமைப்பினையுடையதே. ஆனால், இதில் ஒருவழி அடைப்புகள் (valves) V_1, V_2 ஆகிய இரண்டுமே மேனோக்கி திறக்கும் இயல்புடையன.

T குழாயின் நுனியை எந்தக் கலத்திலிருந்து காற்றினை வெளியேற்ற வேண்டுமோ (R) அதனுடன் இணைக்க வேண்டும். உருளையின் கன அளவு v எனவும், கலனின் கன அளவு V எனவும், தொடக்கத்தில் கலனிலுள்ள வாயுவின் அமுக்கம் P எனவும் கொள்வோம். தொடக்கத்தில் உந்துதண்டு (piston) கீழே இருப்பதாகக் கொள்வோம். இப்போது தண்டினை மேனோக்கி உயர்த்த உருளையில் வெற்றிடமுண்டாகும்; R-லுள்ள காற்று V_2-ஐத் திறந்துகொண்டு உருளையினுள் நுழையும். இதனால் காற்றின் கன அளவு $V+v$ என உயர்கின்றது; அமுக்கம் P_1 எனக் குறையும். எனவே, பாயில் விதிப்படி,

$$P_1(V+v) = PV \longrightarrow (4{\cdot}12)$$

அல்லது,

$$P_1 = P\left(\frac{V}{V+v}\right) \longrightarrow (4{\cdot}13)$$

இப்போது உந்து தண்டை கீழ்நோக்கி அமுக்க உருளையிலுள்ள காற்று V_1-ஐத் திறந்துகொண்டு வெளியேறும். கலனிலுள்ள வாயுவின் அமுக்கம் P_1 ஆகவே இருக்கும். மீண்டும் உந்துதண்டினை மேனோக்கி உயர்த்த முன்போல் கலனிலுள்ள காற்று உருளையில் நுழைய அதன் கன அளவு $V+v$ ஆகும். அமுக்கம் P_2 எனக் குறையும். பாயில் விதிப்படி,

$$P_2(V+v) = P_1 V \longrightarrow (4{\cdot}14)$$

அல்லது,

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V}{V+v}\right) \longrightarrow \quad (4\cdot15)$$

P_1-இன் மதிப்பை (4·13) சமன்பாட்டிலிருந்து பதிலிட

$$P_2 = \left\{P \cdot \frac{V}{V+v}\right\} \frac{V}{V+v}$$

அல்லது,

$$P_2 = P \left(\frac{V}{V+v}\right)^2 \longrightarrow \quad (4\cdot16)$$

இது இரண்டாவது வலிப்பின் (stroke) பின்னுள்ள அழுக்கம். இது P_1-ஐ விடக் குறைவு. இவ்வாறே ஒவ்வொரு வலிப்பின் பின்னும் கலனிலுள்ள அழுக்கம் குறைந்துகொண்டே செல்லும். n வலிப்புகளுக்குப் பின்னர் கலனிலுள்ள அழுக்கம் P_n ஆனால்,

$$P_n = P \left(\frac{V}{V+v}\right)^n \longrightarrow \quad (4\cdot17)$$

என்பது தெளிவு.

5. வெப்பம்

5·1 வெப்பநிலையும் அடர்த்தியும்

பொருள்கள் வெப்பத்தினால் விரிவடைவதால் அவற்றின் அடர்த்தியும் மாறுபடும். θ_1, θ_2 ஆகிய வெப்பநிலைகளில் ஒரு பொருளின் கன அளவு V_1, V_2 எனவும், அதன் அடர்த்தி d_1, d_2 எனவும் பொருளின் பொருண்மை m எனவும் கொள்வோம்.

$$V_2 = V_1 \quad [1 + \gamma\,(\theta_2 - \theta_1)] \quad \longrightarrow \quad (5\cdot1)$$

என்பது நாமறிந்ததே. இங்கே γ என்பது பொருளின் கன விரிவுக் கெழு.

ஆனால், $$m = V_1 d_1 = V_2 d_2 \quad \longrightarrow \quad (5\cdot2)$$

எனவே, $$V_1 = \frac{m}{d_1},\ V_2 = \frac{m}{d_2} \quad \longrightarrow \quad (5\cdot3)$$

எனவே, $$\frac{m}{d_2} = \frac{m}{d_1}\,[1 + \gamma\,(\theta_2 - \theta_1)]$$

அல்லது, $$\frac{1}{d_2} = \frac{1}{d_1}\,[1 + \gamma\,(\theta_2 - \theta_1)]$$

அல்லது, $$d_1 = d_2\,[1 + \gamma\,(\theta_2 - \theta_1)] \quad \longrightarrow \quad (5\cdot4)$$

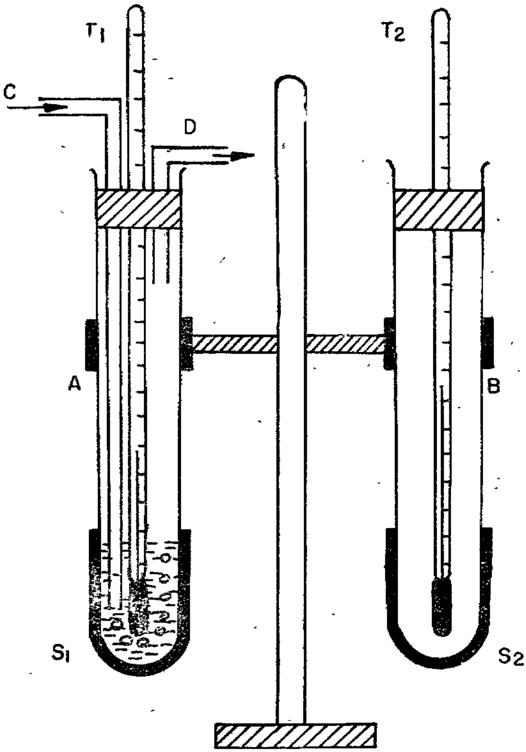
அல்லது, $$d_2 = d_1\,[1 + \gamma\,(\theta_2 - \theta_1)]^{-1}$$

அல்லது, $$d_2 = d_1\,[1 - \gamma\,(\theta_2 - \theta_1)] \quad \longrightarrow \quad (5\cdot5)$$

[γ சிறியதானதால் $\gamma\ (\theta_2 - \theta_1)$-ன் உயர் படிகள் புறக் கணிக்கப்பட்டன.]

5·2 ரேனுல்ட் ஈர அளவி

ரேனுல்ட் ஈர அளவி (regnaults hygrometer) ஒரு பனி நிலை ஈர அளவியாகும் (dew point hygrometer) (படம் 5·1). இதன் அமைப்பினை விளக்கும். இது A, B என்ற இரு கண்ணாடிக்



படம் 5·1

குழாய்களையுடையது. இக்குழாய்களின் அடிப்பாகங்கள் பளபளப்பான வெள்ளிப் பூண்களை(silver thimbles) (S_1 S_2) உடையன. குழாய்களின் மேற்பாகங்கள் தக்கையால் மூடப்பெற்றிருக்கும். இரு குழாய்களும் ஒன்றன் பக்கத்திலொன்ருகப் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். A குழாயின் அடிப்பாகத்தில் ஈதர் (ether) ஊற்றப் பட்டு அதில் அமிழ்ந்திருக்கும்படி C எனும் குழாய் செருகப் பட்டிருக்கும். D என்பது பிறிதொரு குழாய். இது ஒரு காற்றுறிஞ்சு கலத்துடன் (aspirator bottle) இணைக்கப்பட்டிருக்கும். A, B ஆகிய இரு குழாய்களிலும் T_1, T_2 என்ற இரு வெப்பநிலை மாணிகள் (thermometers) செருகப்பட்டிருக்கும்.

காற்றுறிஞ்சி கலம் செயல்படத் துவங்கினால் ஈதர் ஆவியாகும். இதனால் ஈதர் குளிரும்; A-ஐ ஒட்டியுள்ள சூழலும் குளிரும். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் S_1-ன் மீது பனித்துளிகள் துளிர்க்க ஆரம்பிக்கும். இந்நிலையில் T_1 காட்டும் வெப்பநிலை θ_1-ஐக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். பனித்துளிகள் நிறைய படிந்தபின் காற்றுறிஞ்சியைச் செயல்படுத்தாமல் விட்டுவிட்டால் ஈதர், A குழாய் ஆகியவற்றின் வெப்பநிலை படிப்படியாக உயர ஆரம்பிக்கும். இப்போது T_1 காட்டும் வெப்பநிலை θ_2-ஐக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

அருகிலுள்ள B குழாயின் மீதுள்ள வெள்ளிப் பூணின்மீது (S_2) பனித்துளிகள் இல்லாததால் S_1-ன் மீது பனித்துளிகள் உருவாதலையும், மறைதலையும் எளிதில் கண்டுகொள்ளலாம்.

θ_1, θ_2 ஆகியவற்றின் சராசரி மதிப்பு θ பனிநிலையைக் (dew point) குறிக்கும் B குழாயிலுள்ள T_2 காட்டும் வெப்பநிலை θ'-ஐக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். இது அறையின் வெப்பநிலையாகும். θ θ' ஆகிய வெப்ப நிலைகளில் நிறைநிலை ஆவி அமுக்கங்களை (SVP) அட்டவணைகளிலிருந்து கண்டு ஒப்பு ஈரப்பதனை (relative humidity) கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிட்டுவிடலாம்.

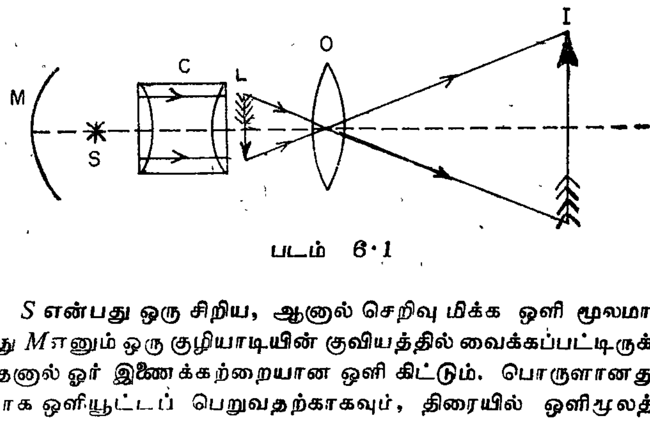
$$\text{ஒப்பு ஈரப்பதன்} = \left(\frac{\text{பனிநிலையில் நிறைநிலை ஆவி அமுக்கம்}}{\text{அறை வெப்பநிலையில் நிறைநிலை ஆவி அமுக்கம்}} \right) \times 100\,\%$$

சோதனையின்போது நம் மூச்சுக் காற்று வெள்ளிப்பூண்களின் மீது படாத வண்ணம் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும்.

6. ஒளி

6·1. வீழ்த்தி விளக்கு

சிலைடுகள் (slides), சினிமாப்படத்துண்டுகள் போன்ற ஒளிபுகும் பொருள்களின் பெருக்கமடைந்த பிம்பங்களை திரையில் வீழ்த்தப் பயன்படும் கருவி, வீழ்த்தி விளக்கு (projection lantern) எனப்படும். இது படம் 6·1-இல் காட்டப்பெற்றுள்ளது.

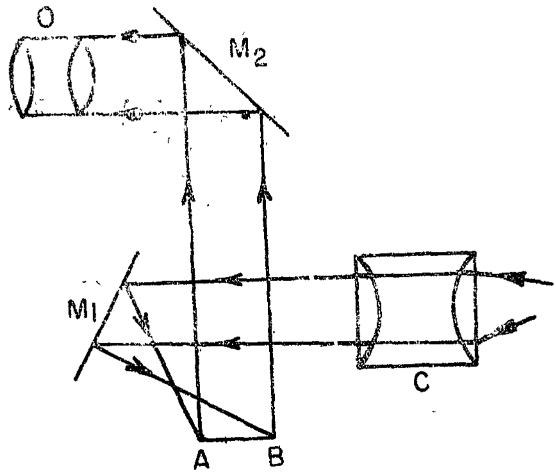


படம் 6·1

S என்பது ஒரு சிறிய, ஆனால் செறிவு மிக்க ஒளி மூலமாகும். இது M எனும் ஒரு குழியாடியின் குவியத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் ஓர் இணைக்கற்றையான ஒளி கிட்டும். பொருளானது (L) சீராக ஒளியூட்டப் பெறுவதற்காகவும், திரையில் ஒளிமூலத்தின் பிம்பம் விழுவதனைத் தவிர்ப்பதற்காக வேண்டியும் இந்த இணையொளிக் கற்றை ஒரு ஒளிகுவி வில்லை அமைப்பின் (condensing lens system) C வழியே செலுத்தப்படும். இதிலிருந்து வரும் ஒளி சிலைடினை (L) சீராக ஒளியூட்டும். O எனும் குவிவில்லை சிலைடின் பெருக்கப்பட்ட பிம்பத்தினை (I) திரையின்மீது உருவாக்கும். L-ன் தூரத்தைச் சரிசெய்து தெளிவான, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் திரையில் விழும்படிச் செய்யலாம். இவ்வாறு திரையில் விழும் பிம்பம் தலைகீழாக இருக்கும். திரையில் நேரான பிம்பம் கிடைக்கவேண்டுமெனில் சிலைடினைத் தலைகீழாகப் போட வேண்டும்.

6.2. எபிஸ்கோப்பு

புத்தகத்தின் ஒரு பக்கம், அல்லது ஒருதாளில் வரையப் பட்டுள்ள படம் போன்ற ஒளிபுகாப் பொருள்களின் பெருக்க மடைந்த பிம்பங்களைத் திரையில் வீழ்த்துவதற்கு வீழ்த்தி விளக்கு பயன்படாது ; இதற்கு ஒரு எபிஸ்கோப்பு (episcope) தான் பயன் படும். இது வேலை செய்யும் தத்துவம் படம் 6.2 - இல் காட்டப்பெற்றுள்ளது.

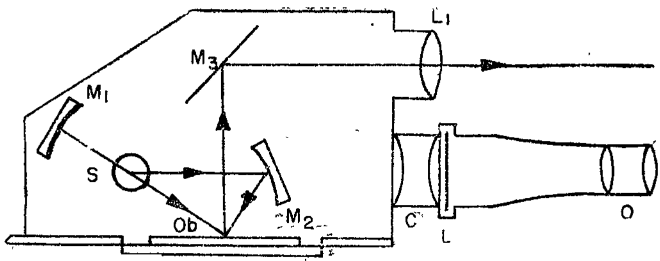


படம் 6.2

செறிவுமிக்க ஒரு ஒளிமூலத்திலிருந்து வரும் ஒளி ஒரு ஒளிகுவி வில்லை அமைப்பால் (C) குவிக்கப்பட்டு, M_1 எனும் ஆடியால் எதிரொளிக்கப்பட்டு AB எனும் பொருளை ஒளியூட்டும். இவ்வாறு ஒளியூட்டப் பெற்ற பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் M_2 எனும் பிறிதொரு ஆடியால் எதிரொளிக்கப்பெற்று O எனும் பொருள் வில்லை அமைப்பால் திரையின் மீது வீழ்த்தப்பெற்று பெருக்கப்பட்ட பிம்பத்தை உருவாக்கும்.

6.3. எபிடியாஸ்கோப்பு

வீழ்த்தி விளக்கு, எபிஸ்கோப்பு ஆகிய இரண்டும் சேர்ந்த அமைப்பு எபிடியாஸ் கோப்பு (epidioscope) எனப்படும். இது படம் (6.3)-இல் காட்டப்பெற்றுள்ளது.



படம் 6·3

இது எபிஸ்கோப்பாக வேலைசெய்யும்போதுள்ள நிலையினை படம் விளக்குகின்றது. S எனும் ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளியானது M_1, M_3 ஆகிய குழி ஆடிகளால் ஒளிபுகா பொருளின் மீது (Ob) பட்டு அதனை ஒளியூட்டுகின்றது. பொருளிலிருந்து வரும் ஒளி M_3 ஆடியால் எதிரொளிக்கப்பட்டு L_1 வில்லையால் திரையில் வீழ்த்தப்பட்டு பிம்பத்தை உருவாக்கும். சிலேடுகளை திரையில் காட்டப் பயன்படுத்த வேண்டுமானுல் ஒரு கைப் பிடியினைக் கொண்டு (இது படத்தில் காட்டப்பெறவில்லை) M_2 ஆடியானது M_3 க்கு ஒளிசெல்லும் பாதையில் இருக்கும்படி வைத்து விடலாம். இப்போது சிலேடுடன் பிம்பத்தை வீழ்த்தி விளக்கு அமைப்பு $(C\text{-}L\text{-}O)$ திரையில் உருவாக்கும்.

உயர்திறன் விளக்கினை இதில் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளதால் கருவி எளிதில் சூடாகி விடும். எனவே, குளிர்விப்பதற்காக ஒரு காற்றுடியும் இதனுள் பொருத்தப் பெற்றிருக்கும். இது படத்தில் காட்டப்பெறவில்லை.

7. ஒலி

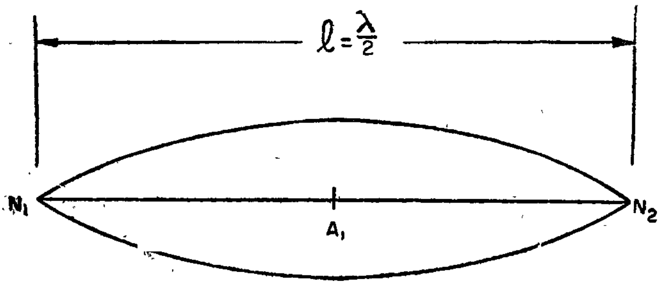
7·1. கம்பிகளின் குறுக்குகதிர்வுகள்

இரு புள்ளிகளுக்கிடையே T இழுவிசையில் (tension) ஒரு கம்பியானது இழுத்துப் பொருத்தப் பெற்றிருக்கின்றதெனக் கொள்வோம். இப்போது அதன் நீளத்திற்கு நேர்குத்தான திசையில் அதனை மீட்டிவிட்டால் கம்பி குறுக்கதிர்வுகளைச் (transverse vibrations) செய்யும். இதனால் கம்பியில் செல்லும் ஒலி அலைகளின் வேகம் c ஆனால் அதனைப் பின் கண்டவாறெழுதலாம்.

$$C = \sqrt{\frac{T}{m}} \quad \longrightarrow \quad \longrightarrow \quad (7 \cdot 1)$$

இங்கே, m என்பது ஒரு அலகு நீளக் கம்பியின் பொருண்மையாகும்.

இந்த அலைகள் கம்பியின் ஊடே சென்று, முனைகளை அடைந்து, அங்கே எதிரொலிக்கப்பெறும் (reflect). இதனால் பக்கம் 391·ல் விவரித்தப்படி நிலை அலைகள் (stationary waves) உண்டாகும். அதிர்வுகள் மிகவும் எளிய வகையாக இருந்தால் கம்பியின் இரு முனைகளில் இரு கணுக்களும் (N_1, N_2) கம்பியின் மையத்தில் ஒரேயொரு எதிர்க்கணுவும் (A_1) உண்டாகும். இது



படம் 7·1

படம் 7·1-ல் காட்டப்பெற்றுள்ளது. இப்போது கம்பியின் நீளம் 'l' ஆனது அலை நீளத்தில் பாதி $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ என்பது தெளிவு. இந்த நிலையில் கம்பியின் அதிர்வெண் n ஆனால்,

$$c = n\lambda \quad \longrightarrow \quad \longrightarrow \quad (7 \cdot 2)$$

எனவே,

$$n = \frac{c}{\lambda}$$

அல்லது,

$$n = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{T}{m}}$$

அல்லது,

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}. \quad \longrightarrow \quad (7 \cdot 3)$$

இது கம்பியின் அடிப்படை அதிர்வெண் (fundamental frequency) எனப்படும்.

7·2. கம்பியின் குறுக்கதிர்வு விதிகள்

மேற்கண்ட வாய்பாட்டிலிருந்து (7·3) கம்பியின் குறுக்கதிர்வு பற்றிய விதிகளை வரையறுக்கலாம். இவ்விதிகளை முதன் முதல் 1636-ல் மரின் மர்செனே (Marin Marsenne) என்பவர் மொழிந்தார்

முதல் விதி

ஒரு குறிப்பிட்ட கம்பியின் இழுவிசை மாறாமலிருக்குமானால் அதன் அடிப்படை அதிர்வெண்ணானது அதன் அதிர்வுறும் கணு இடைப் பகுதியின் (vibrating segment) நீளத்திற்கு எதிர் விகிதத்திலிருக்கும்.

அதாவது,

$$n \propto \frac{1}{l}, \qquad (\text{T}, m \text{ ஆகியவை மாறாத போது}) \quad \longrightarrow \quad (7.4)$$

இரண்டாம் விதி

ஒரு குறிப்பிட்ட கம்பியின் குறிப்பிட்ட நீளம் வெளிவிடும் அடிப்படைச்சுரத்தின் அதிர்வெண் அக்கம்பி ஆளாகியுள்ள இழுவிசையின் இருபடிமூலத்திற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

அதாவது,

$$n \propto \sqrt{T}, \quad l, m \text{ ஆகியவை மாருதபோது} \quad \rightarrow \quad (7\cdot5)$$

மூன்றும் விதி

ஒரு குறிப்பிட்ட இழுவிசைக்கு ஆளாகியுள்ள, ஒரு குறிப்பிட்ட நீளமுள்ள ஒரு கம்பியின் அடிப்படை அதிர்வெண் அதன் நீட்சி அடர்த்தியின் (linear density) இருபடி மூலத்திற்கு எதிர் விகிதத்தி லிருக்கும்

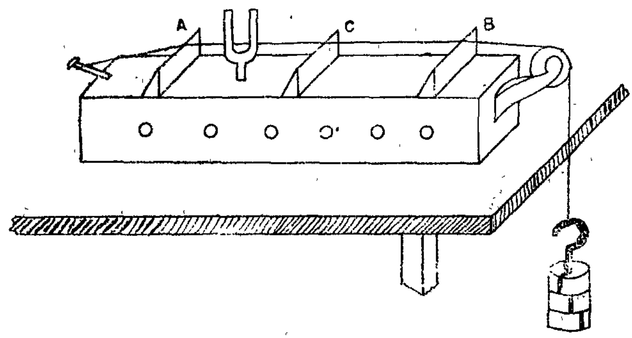
அதாவது,

$$n \propto \frac{1}{\sqrt{m}}, \quad l, T \text{ ஆகியவை மாருதபோது.} \quad \rightarrow \quad (7\cdot6)$$

7.3. சுரமானி அல்லது ஒற்றைநாண் கருவி

கம்பிகளின் குறுக்கதிர்வு விதிகளைச் சரிபார்ப்பதற்கு சுரமானி (sono meter) அல்லது ஒற்றைநாண் கருவி (monochord) எனப்படும் கருவியினைப் பயன்படுத்தலாம்.

இது படம் (7·2)–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு மீட்டருக்கும் அதிகமான நீளமுடைய, மிருதுவான மரத்திஞல்



படம் (7·2)

செய்யப்பட்ட ஒரு ஒலிப்பெட்டியினை (sound box) உடையது இது. இப்பெட்டியின்மீதுள்ள இரண்டு நிலையான குதிரைகளின் மீது (fixed bridges) ஒரு கம்பி நீட்டி வைக்கப்பட்டிருக்கும். கம்பியின் ஒரு முனை ஒலிப்பெட்டியின் ஒரு முனையிலுள்ள ஒரு முனையில் கட்டப்பட்டிருக்கும்; மறுமுனை ஒலிப்பெட்டியின் மறுமுனையிலுள்ள

கம்பியின் வழியே செலுத்தப்பெற்று எடைத்தொங்கல் (weight hanger) ஒன்றில் கட்டப்பட்டிருக்கும். எடைத் தொங்கலில் தேவையான எடைகளைப் போட்டு கம்பியின் இழுவிசையை விருப்பிற்கேற்ப மாற்றிக்கொள்ளலாம். C எனும் நகரக்கூடிய ஒரு குதிரையைப் பயன்படுத்தி அதிர்வுறும் கணு இடைப்பகுதியின் நீளத்தை (AC) மாற்றிக்கொள்ளலாம்,

ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுறும் கம்பியின் நீளத்தைக் கண்டுபிடிக்க பின்கண்ட வழியைக் கையாளலாம்.

AC-ஐ மீட்டிவிட்டு அதிலிருந்து வரும் சுரத்தை (note) தெரிந்த அதிர்வெண்ணுடைய ஓர் இசைக்கவையின் (tuning fork) சுரத்தோடு ஒப்பிட்டு அறியலாம். இசைக் கவையை இலேசாகத் தட்டி, ஒலிப்பெட்டியின் மீது வைத்துவிட்டு கம்பியினை (AC) மீட்டி விட வேண்டும். இப்போது நகரக்கூடிய குதிரையை நகர்த்தி AC-இன் நீளத்தைச் சரிசெய்தால் ஒரு நிலையில் விம்மல்கள் (beats) கேட்கும். இந்நிலையில் AC-இன் அதிர்வெண்ணும் இசைக் கவையின் அதிர்வெண்ணும் ஏறத்தாழச் சமமாயிருக்கும். இப்போது, AC-இன் நீளத்தை மிகுந்த கவனத்துடன் சரிசெய்தால் ஒரு வினாடியில் கேட்கும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை குறைந்து கொண்டே சென்று ஒரு நிலையில் விம்மல்கள் மறையும் இப்போது AC-இன் அதிர்வெண் இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமம்.

நாம் இவ்வாறு சரிசெய்தது சரிதானா என்பதை ஒரு சிறு காகிதத் துண்டினை கம்பியின் மீது (AC-இன் மையத்தில்) வைத்துச் சரிபார்க்கலாம். திருத்தமாகச் சரிசெய்திருந்தால் இசைக்கவையை தட்டி ஒலிப்பெட்டியின்மீது வைக்கும்போது காகிதத்துண்டு படபட வெனத் துடிக்கும், தூக்கியெறியப்படும்.

7·4. கம்பியின் குறுக்கதிர்வு விதிகளைச் சரிபார்த்தல்

அ. முதல் விதி

பல்வேறு அதிர்வெண்களையுடைய இசைக்கவைகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். ஒரு மெல்லிய கம்பியினை (எஃகுக் கம்பி) சுரமானியியல் அமைத்து, எடைத் தொங்கலில் ஒரு குறிப்பிட்ட எடையினைப் போடவேண்டும். இப்போது எடைத் தொங்கலையும் சேர்த்து அதிலுள்ள மொத்த எடையே கம்பியின் இழுவிசையாகும்.

முதல் இசைக்கவையினை எடுத்து அதன் அதிர் வெண்ணைக் (n) குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். பின்னர் கவையினை

அதிர்வுறச் செய்து, சுரமானியின் ஒலிப்பெட்டியின் மீது வைத்து, AC-ஐ மீட்டி, AC-ன் நீளத்தை மேலே விளக்கியது போல சரி செய்து இசைக்கவையோடு ஒத்திரும் AC-ன் நீளத்தைக் (l) காண வேண்டும். இவ்வாறு, ஒவ்வொரு இசைக்கவைக்கும் (கம்பியையும், இழுவிசையையும் மாற்றுமல்) ஒத்திரும் நீளத்தைக் காணவேண்டும். அவற்றை அட்டவணை (7·1.) - ல் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

அட்டவணை 7·1

எண்	அதிர்வெண் n	நீளம் l	$n \times l$
1.			
2.			
3.			
4.			

முதல் விதிப்படி T-யும், m-உம் மாறுதபோது $n \propto \frac{1}{l}$, அல்லது $nl =$ ஒரு மாறிலி. அட்டவணை (7·1.)-ல் கடைசி பத்தியில் உள்ள மதிப்புகள் மாறுமலிருக்குமானல் முதல்விதி சரியாகும்.

ஆ. இரண்டாம் விதி

இரண்டாம் விதியை முதல் விதியைப்போல் நேரடியாகச் சரிபார்ப்பது கடினம். ஏனெனில், ஒரு குறிப்பிட்ட நீளமுடைய கம்பியின் அதிர்வெண்ணை மேற்கண்ட எளிய முறையால் கண்டு பிடிக்கமுடியாது. ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணுடைய கம்பியின் நீளத்தைதான் கண்டுபிக்கமுடியும். எனவே, இதற்குப் பின்கண்ட முறையினைக் கையாளலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட கம்பியானது n அதிர்வெண்ணுடைய ஓர் இசைக்கவையோடு T_1 இழுவிசையில் l_1 நீளத்தில் ஒத்ததிர்வதாகக் கொள்வோம். இதே கம்பி இதே இழுவிசையில் L நீளத்திற்கு என்ன அதிர்வெண்ணுடையதாக (N_1) இருக்குமென முதல் விதியைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

முதல் விதிப்படி,

$$N_1 L = nl_1 \quad \longrightarrow \quad (7·7)$$

அல்லது,

$$N_1 = \frac{nl_1}{L} \quad \longrightarrow \quad (7·8)$$

இதே கம்பி T_2 இழுவிசையின்போது இதே n அதிர்வெண்ணுடைய இசைக்கவைக்கு l_2 நீளத்தில் ஒத்ததிர்ந்தால் L நீளமுடைய கம்பியின் ஒத்ததிர்வு அதிர்வெண்.

$$N_2 = \frac{nl_2}{L} \quad \longrightarrow \quad (7·9)$$

நாம் சரிபார்க்க வேண்டியது நீளமும் m-உம் மாருதபோது

$$N \propto \sqrt{T}$$

அதாவது, $\frac{\sqrt{T}}{N}$ = ஒரு மாறிலி

அதாவது, $\frac{\sqrt{T_1}}{N_1} = \frac{\sqrt{T_2}}{N_2} = \dots\dots$

அதாவது, $\frac{\sqrt{T_1}}{nl_1/L} = \frac{\sqrt{T_2}}{nl_2/L} = \dots\dots$

அதாவது, $\frac{\sqrt{T_1}}{l_1} = \frac{\sqrt{T_2}}{l_2} = \dots\dots$

அதாவது, $\frac{\sqrt{T}}{l}$ = ஒரு மாறிலி $\longrightarrow$ (7.10)

எனவே, இரண்டாவது விதியைச் சரிபார்ப்பதற்கு m-உம் n-உம் மாருதபோது $\frac{\sqrt{T}}{l}$ = ஒரு மாறிலி எனக் காட்டினால் போதும்.

ஒரு குறிப்பிட்டக் கம்பியையும், குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணுடைய ஒரு இசைக்கவையையும் பயன்படுத்தி பல்வேறு இழுவிசைகளுக்கும் அதிர்வு நீளங்களைக் கண்டு அட்டவணைப்படுத்தி (அட்டவணை 7·2) $\frac{\sqrt{T}}{l}$ மாருதிருக்கின்றதா எனக் கண்டு இரண்டாவது விதியைச் சரிபார்க்கலாம்,

அட்டவணை 7.2

எண்	இழுவிசை T	நீளம் l	$\frac{\sqrt{T}}{l}$
1.			
2.			
3.			
4.			

இ. மூன்றும் விதி

மூன்றுவது விதியையும் நேரிடையாக சரிபார்க்க முடியாது. m_1, m_2 நீட்சி அடர்த்தியுடைய இரு கம்பிகள் T இழுவிசையில் n அதிர்வெண்ணுடைய இசைக்கவையோடு முறையே l_1, l_2 நீளங்களில் ஒத்ததிர்வு செய்கின்றனவெனக் கொள்வோம். L நீளமுடைய முதல் கம்பி T இழுவிசையில் என்ன அதிர்வெண் (N_1) பெற்றிருக்கும்? முதல் விதிப்படி

$$N_1 L = n l_1 \quad \rightarrow \quad (7.11)$$

அல்லது,

$$N_1 = \frac{nl_1}{L} \quad \rightarrow \quad (7.12)$$

இவ்வாறே, இரண்டாவது கம்பி T இழுவிசையில் L நீளத்தில் பெற்றிருக்கும் அதிர்வெண் N_2 ஆனுல்

$$N_1 = \frac{nl_2}{L} \quad \rightarrow \quad (7.13)$$

நாம் சரிபார்க்க வேண்டியது நீளமும் இழுவிசையும் மாருத போது,

$$N \propto \frac{1}{\sqrt{m}} \quad \rightarrow \quad (7{\cdot}14)$$

அதாவது, $N\sqrt{m}$ = ஒரு மாறிலி

அதாவது, $N_1\sqrt{m_1} = N_2\sqrt{m_2}$

அதாவது, $\frac{nl_1}{L}\sqrt{m_1} = \frac{nl_2}{L}\sqrt{m_2}$

அதாவது, $l_1 \sqrt{m_1} = l_2 \sqrt{m_2}$

அதாவது, $l \sqrt{m}$ = ஒரு மாறிலி.

எனவே, மூன்றும் விதியைச் சரிபார்க்க n-உம், T-யும் மாறாத போது $l \sqrt{m}$ ஒரு மாறிலி எனக் காண்பித்தால் போதும். இதற்கு முதலில் ஒரு எஃகுக் கம்பியினை எடுத்துக்கொண்டு அதன் m மதிப்பை $m = \pi r^2 d$ எனும் வாய்பாட்டால் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவேண்டும். இங்கே r என்பது கம்பியின் ஆரம், d என்பது பொருளின் அடர்த்தி. திருகுமானியைக் கொண்டு r-இன் சராசரி மதிப்பை அளந்துகொள்ளலாம். பிறகு, இக் கம்பியைச் சுரமானியில் பயன்படுத்தி ஒரு குறிப்பிட்ட இழுவிசையில் ஒரு குறிப்பிட்ட இசைக்கவையோடு ஒத்ததிரும் நீளத்தைக் காண வேண்டும். இவ்வாறே வேறு ஆரமுடைய எஃகுக் கம்பிகளையோ அல்லது வேறு பொருள்களாலான கம்பிகளையோ பயன்படுத்தி சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து, கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்தி மூன்றும் விதியைச் சரிபார்க்கலாம்.

அட்டவணை 7·3

எண்	m	l	$l \sqrt{m}$
1.			
2.			
3.			
4.			

7·5. ஒரு இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணைக் கண்டு பிடித்தல்.

ஒரு இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணைக் கண்டுபிடிக்கவும் சுரமானியைப் பயன்படுத்தலாம்.

எடைத் தொங்கலில் ஏற்றதொரு எடையைப் போட்டு எடைத் தொங்கலும் சேர்ந்த மொத்த பொருண்மை M-ஐக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணில் ஒத்த திரும் சுரமானிக் கம்பியின் நீளத்தை (l) வழக்கம்போலக் காண வேண்டும். M மதிப்பினை மாற்றி சோதனையைப் பலமுறை

செய்து கிடைக்கும் முடிவுகளைப் பின்கண்டவாறு அட்டவணைப் படுத்திக் கொள்ள வேண்டும்.

அட்டவணை 7·4

எண்	பொருண்மை M	நீளம் l	$\frac{M}{l^2}$
		சராசரி =	

இதில் கடைசி பத்தியிலுள்ள மதிப்புகள் ஒன்ருகவே இருக்கும். இதன் $\left(\frac{M}{l^2}\right)$ சராசரி மதிப்பினைக் காணவேண்டும். பின்னர் கம்பியின் சராசரி ஆரத்தை (r) ஒரு திருகுமானியைக் கொண்டு கண்டுபிடிக்கவேண்டும். கம்பி செய்யப்பட்டுள்ள பொருளின் அடர்த்தியை (d) அட்டவணைகளிலிருந்து கண்டுகொள்ள வேண்டும். இவற்றிலிருந்து $m = \pi r^2 d$ எனக் கணக்கிட்டு m–இன் மதிப்பை அறியவேண்டும்.

கம்பியின் அதிர்வெண் n-ஐப் பின்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} \longrightarrow (7·3)$$

இங்கே, $T = Mg$.

எனவே, $$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{Mg}{m}}$$

அல்லது, $$n = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{m}}\sqrt{\frac{M}{l^2}} \longrightarrow (7·4)$$

இதில் $\frac{M}{l^2}$-இன் சராசரி மதிப்பையும் மற்றவற்றையும் பதிலிட n-இன் மதிப்பு கிட்டும். இதுதான் இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணுமாகும்.

8. அணு பௌதிகம்

8·1. அணுவின் கட்டமைப்பு

இருபதாம் நூற்றுண்டின் முன்பாதி அணுயுகம் என அழைக்கப் படும். பொருள்களின் அமைப்பையும் இயல்பையும் அறியும் ஆவல் மனித இனத்திற்கு நெடுங்காலமாகவே இருந்து வந்துள்ளது. பொருள்கள் அணுக்கள் (atoms) எனப்படும் மேற் கொண்டு துண்டாடப்பட முடியாத அடிப்படைத் துகள்களால் ஆனவை என்ற கொள்கையினை டெமாகிரிடஸ் (democritus, கி. மு. 460) கொண்டிருந்தார். இது எந்த அளவிற்கு உண்மை என்பதனை இன்று நாமறிவோம்.

> '' அணுவைத் துளைத்துஏழ் கடலைப் புகட்டிக்
> குறுகத் தறித்த குறள் ''

என ஔவை அன்று மொழிந்ததை (திருவள்ளுவ மாலை) இன்று எண்ணிப் பார்த்து வியக்கின்றோம் !

அணு பற்றிய இன்றைய எண்ணத்திற்கு அடிகோலியவர் ஜான் டால்டன் (John Dalton) எனலாம். 1802-ல் அவர் இயற்றிய அணு கொள்கையின்படி, தனிமங்கள் (elements) அணுக் களாலானவை. இவற்றை மேற்கொண்டு சிறிதாக வெட்ட முடியாது. ஒவ்வொரு தனிமத்தின் அணுவும் மற்ற தனிமங்களின் அணுக்களிலிருந்து மாறுபட்டவை. ஒரு தனிமத்தின் எல்லா அணுக்களும் ஒரே மாதிரியானவை. இவர்தம் கூற்றுகள் ஓரள விற்கே உண்மையென்பதனை அண்மைக் காலத்திய சோதனைகள் காட்டியுள்ளன.

ஃபாரடேயின் மின் பகுப்பு (electrolysis) ஆய்வுகள் (பக்கம் 501—505) அணுக்கள் நேர்மின்னேற்றங்களையும் (positive charges), எதிர்மின்னேற்றங்களையும் (negative charges) உடையன வாக இருக்கவேண்டுமெனக் காட்டின, ஓரணுவானது சாதாரண

மாக மின் நடுநிலையிலுள்ளதால் (electrical neautrality) அதிலுள்ள நேர், எதிர்மின்னேற்றங்கள் சம அளவினவாயிருக்க வேண்டு மென்பதனை உய்த்துணரலாம்.

1897-ல் ஜே. ஜே. தாம்சன் (J. J. Thomson) என்பார் அணுக்களின் அமைப்பில் பங்குபெறும் எலெக்ட்ரான் (electron) எனப்படும் எதிர்மின்னேற்றமுடைய துகளைக் கண்டுபிடித் தார். இது மிகமிக இலேசானது; அணுக்களிலேயே இலேசான ஹைட்ரஜனின் பொருண்மையில் ஏறத்தாழ 1840-ல் 1 பங்கு பொருண்மையுடையது. எலெக்ட்ரான்களே அணுவின் எதிர்மின் னேற்றங்களாக அமைகின்றன. எனவே, அணுவின் நேர்மின் னேற்றமுடைய பகுதிதான் அணுவின் பொருண்மைக்குக் காரணமாக அமைய வேண்டும். இத்தகைய பொருண்மைமிக்க எலெக்ட்ரானைப் போல் ஏறத்தாழ 1840 மடங்கு பொருண்மை யுடைய, நேர்மின்னேற்றமுடைய துகள்களும் கண்டுபிடிக்கப் பட்டன. இவை புரோட்டான்கள் (protons) எனப்படும். ஒரு புரோட்டானின் மின்னேற்ற அளவு எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றத் தின் அளவிற்குச் சமம்.

மேற்கண்டவற்றிலிருந்து ஓர் அணுவின் எலெக்ட்ரான்களும் புரோட்டான்களும் இருக்கின்றனவென்பதும் மின் நடுநிலையில் இவற்றின் எண்ணிக்கை சமமாயிருக்க வேண்டுமென்பதும் தெளிவு. நடுநிலை ஹைடிரஜன் அணுவில் 1 எலெக்ட்ரானும் 1 புரோட்டானும் இருக்கும். நடுநிலை ஹீலியத்தின் அணுவில் 2 எலெக்ட்ரான்கள் உண்டு. எனவே, அதில் 2 புரொட்டான்கள் இருக்கவேண்டும். புரோட்டான்கள்தான் அணுவின் எடைக்குக் காரணமாய் அமைகின்றன என முன்னரே கூறினோம். எனவே, ஒரு ஹீலியம் அணுவின் எடை ஹைடிரஜன் அணுவின் எடையைப் போல் ஏறத்தாழ 2 மடங்கிருக்க வேண்டும். ஆனால் ஆய்வு களின்படி ஹீலியம் அணுவின் எடை ஹைடிரஜன் அணுவின் எடையைப்போல் ஏறத்தாழ நான்கு மடங்கு. எனவே, அணுவின் கட்டமைப்பில் (structure) எலெக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் தவிர்த்து வேறு பொருளும் பங்குபெற வேண்டுமென்பது தெளிவு. இத்தகைய ஒரு துகள் 1932-ல் சாட்விக் (chadvick) என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அது நியூட்ரான் (neutron) எனப்படும். இது மின்னேற்றமற்றது; ஏறத்தாழ புரோட்டானுக்குச் சமமான பொருண்மையுடையது.

எனவே, அணுவின் அமைப்பில் எலெக்ட்ரான்கள், புரோட் டான்கள், நியூட்ரான்கள் ஆகியவை பங்கு பெறுகின்றன என்பது தெரிகிறது. ஓரணுவிலுள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை

அதன் அணு எண் Z (atomic number) எனப்படும்; அதிலுள்ள புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்கள் ஆகியவற்றின் மொத்த எண்ணிக்கை அணுவின் நிறை எண் (mass number) எனப்படும். A-லிருந்து Z-ஐக் கழித்தால் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை கிடைக்கும்.

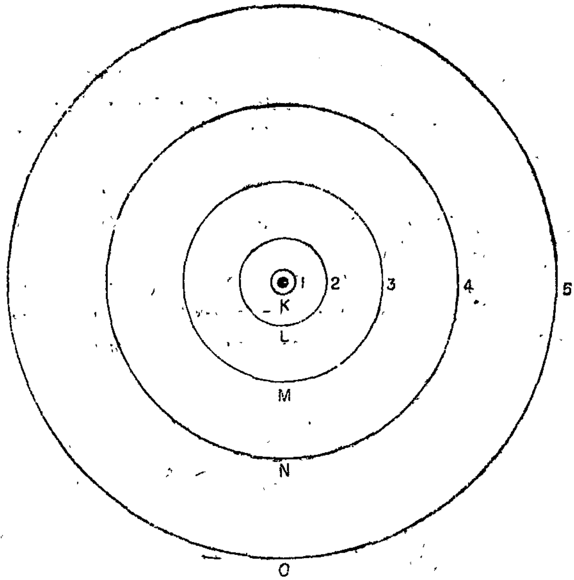
இந்த எண்களும் (A, Z) அணுவின் பெயரைக் குறிக்கும் குறியீட்டையும் சேர்த்து அணுவைப் பற்றிய விவரங்களைச் சுருக்கமான ஒரு குறியீட்டால் குறிப்பது வழக்கம். காட்டாக, $_2He^4$ என்றால் ஹீலியம் அணு என்பதும் இதன் அணு எண் 2 என்பதும் இதன் நிறை எண் 4 என்பதும் பொருள். அவ்வாறே, அணு எண் 8 உம், நிறை எண் 16உம் உள்ள ஆக்சிஜன் அணு $_8O^{16}$ என எழுதப்படும்.

அணுவில் இந்த வெவ்வேறு துகள்களும் எவ்வாறு அமைந்துள்ளன என்பதனை விளக்கும், அதாவது, அணு மாதிரியமைப்பைக் (atomic model) கண்டறியும் முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப் பட்டன. 1898-இல் ஜே. ஜே. தாம்சன் உருவாக்கியது தாம்சன் அணு மாதிரியமைப்பு (Thomson's model of the atom). இதன்படி அணு என்பது நேர்மின்னேற்றமுடைய ஒரு கோளத்தாலானது. இதில் எலெக்ட்ரான்கள் பதிந்திருக்கும். ஆனால் இந்த அமைப்பினைக் கொண்டு α-துகள்களின் பெருங்கோணச் சிதறல் (large angle scattering of α-particles) எனப்படும் ஒரு நிகழ்ச்சியினை விளக்க முடியவில்லை.

எனவே, α-துகள்களின் சிதறல் பற்றிய சோதனைகள் தந்த உண்மைகளை விளக்குவான் வேண்டி 1911-ல் ரூதர்ஃபோர்ட் (Rutherford) என்பவர் அணுவின் அணுக்கரு மாதிரியமைப்பினை (nuclear model of the atom) முன் மொழிந்தார். ஆனால் இதனைக் கொண்டு அணுக்கள் கதிர்வீச்சுகளை வெளிவிடுவதனை விளக்குவதில் சில சிக்கல்கள் ஏற்பட்டன. எனவே, நீல்ஸ் போர் (Neils Bohr) என்பவர் 1913-ல் குவான்டம் கொள்கையின் (quantum theory) அடிப்படையில் ரூதர்ஃபோர்டின் மாதிரியினைச் சீரமைத்தார்.

அணுவின் மையத்தில் புரோட்டான்களும் நியூட்ரான்களும் பொதிந்திருக்கும். இது அணுக்கரு (nucleus) எனப்படும். இதன் ஆரம் 10^{-13} செ. மீ. எனுமளவில் இருக்கும், நேர்மின்னேற்றமுடைய இந்த அணுக்கருவைச் சுற்றி எலெக்ட்ரான்கள் சில குறிப்பிட்ட சுற்றுப்பாதைகளில் (orbits) வலம் வருகின்றன. மிகக் குறுகிய ஆரமுடைய முதல் சுற்றுப்பாதை K-கூடு (K-shell) எனப்

படும். அதனையடுத்துள்ள 2 வது பாதை L-கூடு எனவும், 3 வது 4 வது...... பாதைகள் M-கூடு, N-கூடு...... எனவும் அழைக்கப் பெறும். இவை படம் (8.1)-இல் காட்டப்பெற்றுள்ளன.



படம் 8·1

ஒவ்வொரு சுற்றுப்பாதையிலும் எத்தனை எலெக்ட்ரான்கள் இருக்கக்கூடு மென்பதற்குக் கணக்குண்டு. K-கூட்டில் 2 எலெக்ட்ரான்களும், L-கூட்டில் 8 உம், M-ல் 18 உம், N-ல் 32 உம் இருக்கலாம். K-கூடு நிரம்பிய பின்னர்தான் L-கூடு நிரம்ப ஆரம்பிக்கும். மற்றவையும் இவ்வாறே (இதற்குப் புறம்பாகவும் சில விடங்களிலிருக்கும்). காட்டாக, ஹைடிரஜன் அணுவின் ஒற்றை எலெக்ட்ரான் சாதாரணமாக K-கூட்டிலிருக்கும். ஹீலியம் அணுவின் 2 எலெக்ட்ரான்களும் K-கூட்டிலிருக்கும். லிதியத்தின் அணு எண் 3. எனவே, K-கூட்டினை 2 எலெக்ட்ரான்கள் நிரப்பும்; மூன்றுவது எலெக்ட்ரான் L-கூட்டில் அமையும். சோடிய அணுவில் 11 எலெக்ட்ரான்களுண்டு. எனவே K-கூட்டை இரண்டும், L-கூட்டை 8 உம் நிரப்ப எஞ்சிய ஒன்று M-கூட்டில் அமையும்.

நிரம்பப் பெறுத கூட்டிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களே வேதியியல் வினைகளில் பங்கேற்கின்றன. இவை இணைதிறன் எலெக்ட்ரான்கள்

(valence electrons) என்ப்பெறும். காட்டாக, ஹைடிரஜன், லிதியம் சோடியம் போன்றவற்றின் அரைகுறையாக நிரம்பிய கூடுகளில் ஓர் எலெக்ட்ரான்தான் உண்டு. எனவே, இவற்றின் இணை திறன் (valency) ஒன்று. இதேபோல மக்னீஷியம் (Mg), பெரிலி யம் (Be) ஆகியவற்றின் இணைதிறன் 2 ஆகும்.

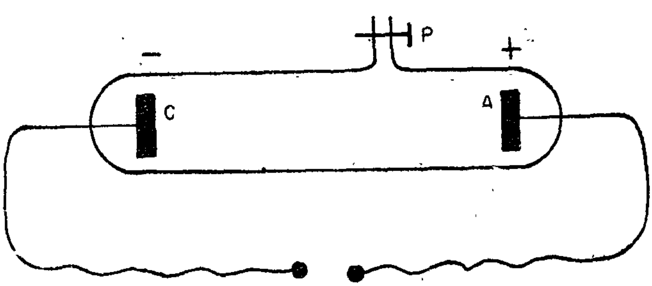
வெவ்வேறு பாதைகளிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் வெவ்வேறு அளவு ஆற்றல்களைப் பெற்றிருக்கும். எனவே, இரு சுற்றுப்பாதை களின் வேறுபாட்டிற்குச் சமமான ஆற்றலை அளித்தால் தாழ் ஆற்றல் மட்டத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் காலியாகவுள்ள உயர் ஆற்றல் மட்டத்திற்குச் செல்லும். மாறாக, உயர் ஆற்றலு டைய சுற்றுப்பாதையிலுள்ள எலெக்ட்ரான் தாழ்மட்டத்திற்குப் பாய்ந்தால் இருமட்டங்களுக்கும் இடையேயுள்ள ஆற்றல் வேறு பாடு ஒரு கதிர்வீச்சாக வெளிவரும். காட்டாக, E_2 ஆற்றலுடைய சுற்றுப்பாதையிலிருந்து E_1 ஆற்றலுடைய சுற்றுப்பாதைக்கு ஒரு எலெக்ட்ரான் வந்தால் γ அதிர்வெண்ணுடைய கதிர்வீச்சு வெளி விடப்படும். γ-ன் மதிப்பை பின்கண்ட சமன்பாட்டால் கணக் கிடலாம்.

$$E_2 - E_1 = h\gamma. \quad \longrightarrow \quad (8\cdot1)$$

இங்கே h என்பது ஒரு மாறிலி. இது ப்ளாங்க் மாறிலி (planck's constant) எனப்படும்.

8·2. எலெக்ட்ரான்

அணுக்களின் ஆக்கக் கூறுகளில் ஒன்றாய் அமைவன எலெக்ட் ரான்கள் என்றும் இவற்றை 1897-ல் முதன் முதலாக ஜே. ஜே. தாம்சன் கண்டுபிடித்தார் எனவும் கண்டோம். வாயுக்கள் மின்கடத்தாப் பொருள்களாகும். ஆனால், இவையும் தாழ் அமுக் கங்களில் மின்கடத்தும். ஜே. ஜே. தாம்சன் தாழ் அமுக்கங்



படம். 8·2

களின் வழியே மின்னிறக்கம் (discharge) நடைபெறுவதனைக் குறித்து ஆய்வுகள் நடத்திவந்தார். இதற்கு ஒரு மின்னிறக்கக் குழாயை (discharge tube) அவர் பயன்படுத்தினர். மின்னிறக்கக் குழாய் ஒன்றின் அமைப்பு படம் 8·2-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இது ஒரு கண்ணுடிக் குழாய். இதில் இரு உலோக மின் வாய்கள் (electrodes) பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இவற்றை தூண்டுமின் சுருள் (induction coil) ஒன்ருேடு இணைத்து *A*, *C* ஆகியவற்றினிடையே 50,000 வோல்ட்டுகள் எனுமளவில் ஓர் உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஏற்படுத்தலாம். *P* எனும் குழாய் வழியே உள்ளிருக்கும் வாயு அழுக்கத்தைக் குறைக்கலாம்.

வாயுவின் அழுக்கம் 0·001 செ.மீ. பாதரசம் எனுமள விற்குக் குறைந்தபோது, எதிர்மின்வாயிலிருந்து (*C*) அதற்கு நேர்குத்தான திசையில் ஒரு கதிர்வீச்சு பாயும். இக்கதிர்வீச்சு எதிர் மின்கதிர்கள் (cathode rays) எனப்படும். தாம்சன் இவை அணுக்களின் ஆக்கக் கூறுகளாய் அமையும் எதிர்மின்னேற்றத் துகள்களின் கற்றையே என உணர்ந்தார். இதைப் பல சோதனைகள் உறுதி செய்தன. இவற்றிற்கு 'எலெக்ட்ரான்கள்' என்ற பெயரை ஜான்ஸ்டன் ஸ்டோனி (Johstone Stoney) என்பவர் சூட்டினர்.

மேற்கண்ட வகையிலன்றி வேறு வகைகளிலும் எலெக்ட்ரான் களை உண்டாக்கலாம். வெப்ப அயனி வெளியீடு (thermionic emission), ஒளி மின் வெளியீடு (photo eletric emission) ஆகிய வினைவுகளாலும் எலெக்ட்ரான்களைத் தோற்றுவிக்கலாம்.

டங்க்ஸ்டன் போன்றதொரு பொருளாலான இழையினைச் (filament) சூடாக்கினுல், வெப்ப ஆற்றலால் அதன் அணுக்களி லுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் விடுபட்டு வெளிவரும். இதுவே வெப்ப அயனி வெளியீடு எனப்படும். இது குறித்து எல்ஸ்டெர் (Elster), கெய்டல் (Geital) ஆகியோர், 1882ஆம் ஆண்டிலிருந்து 1889 ஆம் ஆண்டுவரை பல ஆராய்ச்சிகள் நடத்தி இவ் வெளியீட்டின் பண்புகளை ஆராய்ந்துள்ளனர். எடிசனும் (Edison, 1885) இது பற்றி ஆய்வுகள் செய்துள்ளார். ரிச்சர்ட்சன் (Richardson) என்பவர் இவ்வினைவினை சிறப்புற விளக்கியுள்ளார். இந்த வகை யில் எலெக்ட்டரான்களைத் தோற்றுவிக்கும் முறைதான் ரேடியோக் கள் போன்ற எலெக்ட்ரானியக் கருவிகளில் பயன்படும் வெப்ப அயனி வால்வுகளில் (thermionic valves) பயன்படுகின்றது.

எதிர்மின்னழுத்தம் அளிக்கப்பட்டுள்ள சீசியம் (caesuim), சோடியம் (sodium), பொட்டாஷியம் (potassium) போன்ற கார

உலோகங்களின் மீது ஒளிபடுமாறு செய்தால் அவற்றிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படும். இந்த விளைவு ஒளியின் விளைவு (photo electric effect) எனப்படும்; இவ்வாறு வெளிவரும் எலெக்ட்ரான்கள், ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் (photo electrons) எனப்படும்.

1888 ஆம் ஆண்டில் ஹால்வாஷ் (Hall wachs), எல்ஸ்டெர் (Elster), கெய்டல் (Geital) ஆகியோர் துத்தநாகத் தகடுகளின் (zinc plates) மீது புற ஊதாக்கதிர்களைப் (ultraviolet) படும்படிச் செய்து இந்த விளைவினை முதன்முதல் கண்டனர். உலோகத்தின் மீது படும் கதிர்வீச்சினை உட்கவருவதால் சில அணுக்களிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் கட்டறுத்துக்கொண்டு வெளிவருகின்றன. இவ் விளைவினை குவான்டம் கொள்கையின் அடிப்படியில் ஐன்ஸ்டைன் விளக்கினார். இவ்விளைவின் அடிப்படையில் அமைந்த ஒளியின் கலங்கள் (photo electric cells) சினிமாப் படங்களில் பதியப் பெற்றுள்ள ஒளியினை மீட்டுருவாக்கல் போன்ற காரியங்களுக்குப் பயன்படுகின்றன.

8·3. எலெக்ட்ரானின் பண்புகள்

1. எலெக்ட்ரான்கள் இலேசான துகள்களாகும் ஓர் எலெக்ட்ரானின் பொருண்மை $9{\cdot}108 \times 10^{-28}$ கிராம். இது ஒரு புரோட்டானின் அல்லது ஹைடிரஜன் அணுவின் பொருண்மையில் ஏறத்தாழ $\frac{1}{1840}$ பங்காகும்.

2. எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்மின்னேற்ற முடையவை. ஓர் எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றம் 4.803×10^{-10} நி. மி. அ., அல்லது, $1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ கூலம்புகள்.

3. மின்புலத்தால் எலெக்ட்ரான்கள் பாதிக்கப்படும். மின்புலத்தின் எதிர்த்திசையில் எலெக்ட்ரான் நகரும். அதாவது, மின்னழுத்த வேறுபாடுள்ள, இணையான இரு தகடுகளுக்கிடையே ஓர் எலெக்ட்ரானை வைத்தால் அது நேர்மின்னேற்றமுடைய தகட்டை நோக்கிச் செல்லும். மின்புலத்திற்கு நேர்குத்தான திசையில் ஓர் எலெக்ட்ரான் கற்றையினைச் செல்லும்படிச் செய்தால் அது நேர்மின்னேற்றமுடைய தகட்டை நோக்கி ஒதுங்கும்.

4. இயக்கத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் காந்தப் பலத்தினுல் பாதிக்கப்படும். ஓர் எலெக்ட்ரான் கற்றையானது ஓர் காந்தப் புலத்தில், காந்தப்புலத்திற்கு நேர்குத்தான திசையில் போகும்படிச்

செய்தால் காந்தப் புலத்தின் திசை, அது செல்லும் திசை ஆகிய இரண்டிற்கும் நேர்குத்தான ஒரு திசையில் அது ஒதுக்கமடையும் இத்திசையினை ஃப்ளெமிங்கின் இடதுகை விதியினால் அறியலாம். [எலெக்ட்ரான் கற்றை பாயும் திசை மின்னோட்டத்திற்கு எதிர்த் திசையெனக் கொள்ளவேண்டும்].

5. இயக்கத்திலுள்ள ஓர் எலெக்ட்ரான் அல்லது எலெக்ட்ரான் கற்றை (electron beam) ஓர் இலேசான பொருளின் மீது பட்டால் அதனை நகர்த்தும் அல்லது நகர்த்த முயலும்.

6. இயக்கத்திலுள்ள ஓர் எலெக்ட்ரான் அல்லது எலெக்ட்ரான் கற்றை பொருள்களின்மீது பட்டால் வெப்பமுண்டாகும்.

7. சில குறிப்பிட்ட பொருள்களில் எலெக்ட்ரான்கள் பட்டால் ஒளிர்தல் (fluorescence), நின்றொளிர்தல் (phosphorescence) போன்றவற்றை ஏற்படுத்தும்.

8. எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் சாதாரண ஒளியைப் போலவே ஒளிப்படத் தகடுகளைப் (photographic plates) பாதிக்கும்.

9. இயக்கத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் வாயுக்களில் அயனியாக்கம் ஏற்படச் செய்யும்.

10. வெகு வேகமாக இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரான்கள் கடினமான ஒரு பொருளினை எதிர்ப்பட்டால் எக்ஸ் கதிர்கள் (X-rays) உண்டாகும்.

8·4. எக்ஸ் கதிர்கள்

தாழ் அமுக்கங்களில் வாயுக்களில் மின்னிறக்கம் பற்றிய ஆய்வுகளில் ஈடுபட்டிருந்த பேராசிரியர் ரான்ஜென் (Roentgen) 1895 ஆம் ஆண்டில் எக்ஸ் கதிர்களைக் கண்டுபிடித்தார். ஒரு மின்னிறக்கக் குழாயினைக் கொண்டு சோதனைகள் செய்துகொண்டிருந்தபோது அதே அறையில் பிறிதோரிடத்திலிருந்த ஓர் ஒளித் திரையில் (fluorescent screen) ஒளிர்தல் நிகழக் கண்டார். அறையினுள் வெளியிலிருந்து ஒளி நுழையாதவாறு அமைக்கப்பட்டிருந்தால் இந்த ஒளிர்தலுக்குக் காரணமாய் அமைந்த கதிர்கள் மின்னிறக்கக் குழாயிலிருந்தே வரவேண்டுமென உயத்துணர்ந்தார். அந்நாளில் இவற்றின் தன்மை அறியப்படாதிருந்த காரணத்தால் இவற்றிற்கு எக்ஸ் கதிர்கள் (X-rays) எனப் பெயர் சூட்டினார்.

மேற்கொண்டு நடைபெற்ற சோதனைகளிலிருந்து எக்ஸ் கதிர்களின் பண்புகள் அறியப்பெற்றன. அவற்றைப் பின் கண்டவாறு தொகுத்துக் கூறலாம்.

8·5. எக்ஸ் கதிர்களின் பண்புகள்

1. வெகு வேகமாகச் சென்றுகொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு திடப்பொருளால் தடை செய்யப்படும்போது எக்ஸ் கதிர்கள் தோன்றுகின்றன.

2. எக்ஸ் கதிர்கள் ஒளி அலைகள் போன்ற மின்காந்த அலைகளே (electro megnetic waves).

3. இவற்றின் அலை நீளம் மிகமிகக் குறைவு. ($\lambda = 10^{-9}$ செ. மீ.-லிருந்து 10^{-5} செ. மீ.-க்குள்ளிருக்கும்).

4. இவை நேர் கோட்டில் செல்லும். இவை ஒளியின் வேகத்திலேயே பரவுகின்றன.

5. சாதாரண ஒளியால் ஊடுறுவப்படாத திடப்பொருள்களையும் இவை ஊடுறுவிச் செல்லும். இவற்றை யுண்டாக்கும் எலெக்ட்ரான்களின் வேகம் அதிகமாயிருந்தால் இவற்றின் ஊடுருவும் தன்மை (penetrability) உயர்வாயிருக்கும். உயர்ந்த ஊடுருவும் தன்மையுடையவை கடும் எக்ஸ் கதிர்கள் (hard X-rays) எனவும், குறைந்த ஊடுருவுந் தன்மையுடையன மென் எக்ஸ் கதிர்கள் (soft X-rays) எனவும் அழைக்கப்பெறும்.

கடுங் கதிர்கள் 100 மீட்டர் காற்றை ஊடுருவிச் செல்லும். மென் கதிர்கள் சில செ. மீ களைத்தான் ஊடுருவ முடியும்.

இவை ஊடுருவும் அளவு ஊடுருவப்படும் பொருளின் அடர்த்தியையும் பொறுத்தது. உடலின் சதையை எளிதில் ஊடுருவும் எக்ஸ் கதிர்களால் எலும்பை அந்த அளவிற்கு ஊடுருவ முடிவதில்லை. சில மி. மீ. ஈயம் கூட எக்ஸ் கதிர்களை முழுவதுமாக உட்கவர்ந்துவிடும்.

6. இவை பல்வேறு பொருள்களில் ஒளிர்தல், நின்றொளிர்தல் ஆகியவை ஏற்படச் செய்யும்.

7. இவை ஒளிபடத் தகடுகளைப் பாதிக்கும்.

8. வாயுக்களின் வழியே செல்லும்போது அவற்றை அயனியாக்கம் பெறச் செய்யும்.

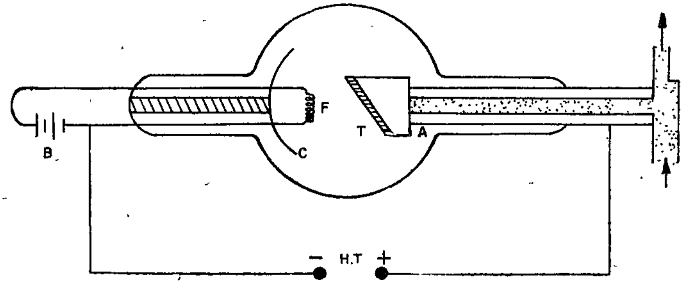
9. இவை பொருள்களின் மீது படும்போது வேறு கதிர் வீச்சுகளை யுண்டாக்குகின்றன. இவை இரண்டாம் நிலை கதிர் வீச்சுகள் (secondary radiations) எனப்படும்.

10. இவை மின்புலத்தாலும், காந்தப்புலத்தாலும் பாதிக்கப் படுவதில்லை.

11. இவை சில திசுக்களை (tissues) அழிக்கவும், மீனினம் போன்றவற்றைச் செயலிழக்கவும் செய்யும்.

8·6. எக்ஸ் கதிர்களை இயற்றுதல்

எக்ஸ் கதிர்களைத் தோற்றுவிக்கும் கருவிகள் எக்ஸ் கதிர் குழாய்கள் (X-ray tubes) எனப்படும். இவற்றுள் கூலிட்ஜ் குழாய் (coolidge tube) என்பதனை ஈண்டு காண்போம். இது படம் 8·8-ல் காட்டப்பெற்றுள்ளது.



படம் 8.8

இது ஒரு கோள வடிவக் கண்ணாடிக் குமிழினை (glass bulb) உடையது இதன் இரு பக்கங்களிலும் இரு குழாய்கள் நீட்டிக் கொண்டிருக்கும். ஒரு பக்கக் குழாயில் ஆக்சைடு பூச்சிடப்பட்ட உலோக இழை (oxide coted metal filament) (F) ஒன்று பொருத்தப் பட்டிருக்கும். இது எதிர்மின் வாயாகச் (cathode) செயல்படும். ஒரு தாழ் அழுத்த மின்கல அடுக்கு (low tension battery) (B) இழையைச் சூடாக்கும்; வெப்ப அயனி வெளியீட்டால் (thermionic emission) எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவரும். எலெக்ட்ரான்களை இலக்கின் மீது (T) குவிப்பதற்கென உலோகத்தாலான ஒரு குழி ஆடி (C) பயன்படுத்தப்பெறும். மற்றொரு பக்கக் குழாயில் நேர்மின் வாய் (anode) (A) அமைக்கப்படும். இந்த நேர்மின்வாயின் முனையிலேயே வட்டத்தகடு வடிவிலுள்ள பிளாட்டினம் போன்றதொரு கடினமான பொருளாலான இலக்கும் (target) பொருத்தப்

பட்டிருக்கும். இது குழாயின் அச்சுக்கு 45° கோணத்தில் சாய்வாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இழைக்கும், நேர்மின்வாய்க்கும் இடையில் 50,000 வோல்ட்டுகள் எனுமளவு உயர்ந்த மின்னழுத்த மூலம் (H T) இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் இழையிலிருந்து வரும் எலெக்ட்ரான்கள் முடுக்கப்பெற்று இலக்கினை நோக்கி மிக வேகமாகப் பாய்ந்து இலக்கினைத் தாக்கி எக்ஸ் கதிர்களை வெளிவிடச் செய்யும்

எலெக்ட்ரான்கள் இலக்கினை மிக வேகமாகத் தாக்குவதால் இலக்கு சூடாகும். எனவே, இலக்கினைத நேர்மின்வாய் நீரால் குளிர்விக்கப்படும்

8·7. எக்ஸ் கதிர்களின் பயன்கள்

எக்ஸ் கதிர்கள் அறிவியல் துறையிலும் மருத்துவத் துறையிலும், தொழிற்றுறையிலும் மிகுதியாகப் பயன்படுகின்றன.

திடப்பொருள்கள் ஒழுங்கான சமச்சீருடைய உள்ளமைப்புகளை யுடையன இவற்றைப் படிக அமைப்பு (crystal structure) என்போம். பல்வகையான படிக அமைப்புகள் உண்டு ஒவ்வொரு பொருளும் எந்த வகையான படிக அமைப்பினை உடையது என்பதனை ஆராய்வதற்கு எக்ஸ் கதிர்கள் பயன்படும். இதற்கு எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவு (X-ray diffraction) என்ற துறை பயன்படுத்தப்படுகின்றது. எக்ஸ் கதிர்கள் உண்டாக்கும் ஒளியின் விளைவைப் பயன்படுத்தி அணுக்களில் எலெக்ட்ரான் பகிர்வுகளையும் அறியலாம்.

மருத்துவத் துறையில் எக்ஸ் கதிர்கள் மிகுதியாகப் பயன்படுகின்றன. எக்ஸ் கதிர் ஒளிப்படங்கள் (X-ray photographs) எடுத்து உடம்பின் எப்பகுதியிலேனும் எலும்பு முறிவுகள் ஏற்பட்டுள்ளனவா என அறியலாமென்பது யாவரும் அறிந்ததே. ஒளி ஊடுருவும் உடலின் மென் பகுதிகளை ஆராயவும் இவை பயன்படும். காட்டாக, சிறுகுடல், இரைப்பை போன்றவற்றில் புண்கள், கழலைகள் போன்ற வளர்ச்சிகள் உள்ளனவா என்பதனை அறிய நோயாளி பேரியம் உணவு (barium meal) எனப்படும் பேரியம் சல்ஃபேட்டுடைய ஒரு பொருளை உட்கொள்ள வேண்டும். பிறகு எக்ஸ் கதிர் படங்கள் எடுக்கவேண்டும். இந்த பேரியம் உணவு எக்ஸ் கதிர்களை ஊடுருவ விடாது. எனவே ஒளிப்படமெடுக்க முடிகின்றது

எக்ஸ் கதிர்கள் சில திசுக்களை அழிக்கும் திறன் பெற்றுள்ளதால் சில வகை கழலைகளையும் அழிக்க முடியும்.

எக்ஸ்-கதிர்களைச் சிகிச்சைக்குப பயன்படுத்துவதில் மிகுந்த கவனம தேவை. நோயாளி அளவுக்கு மேலே எக்ஸ்-கதிர்களின் திறப்புக்கு (exposure) ஆளானால் சிலவகைப் புற்றுநோய்கள் ஏற்படலாம்.

தொழில் துறையில் இவற்றின் பயன் பெரிது. கட்டுமானங்களின் (structures) வலுவின்மை போன்ற குறைபாடுகளையும், பெரும் உலோகப்பாளங்களின் உளளே கண்ணுக்குத் தெரியாமலிருக்கும் சிறு குழிவுகள், உள்தெறிப்புகள் போன்றவற்றையும், உருக்கி இணைத்த (welded) பகுதிகளில் இணைப்பு சரியாகவுள்ளதா என்பது போன்றவற்றையும் அறிவதற்குப் பயன்படும். இத்துறை அழிக்காமல் சோதித்தல் (non-destructive testing) எனப்படும.

8·8. இயற்கைக் கதிரியக்கம்

எக்ஸ் கதிர்கள் எதிர்பாராதவிதமாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது போலவே இயற்கைக் கதிரியக்கமும் (natural radioactivity) எதிர் பாராத ஒரு கண்டுபிடிப்பாகும். 1896 ஆம் ஆண்டில ஹென்றி பெக்கூரல் (Henri Becquerel) என்பவர் உரேனியம் சல்ஃபேட்டானது (uranium sulphate) உயர்ந்த ஊடுருவும் திறனுடைய கதிர்வீச்சுகளைத் தன்னிச்சையாக வெளிவிடுகின்றது என்பதனைக் கண்டுபிடித்தார் இந்நிகழ்ச்சியானது அணுக்கருச் சிதைவினாலேயே (nuclear disintegration) ஏற்படவேண்டுமென நினைத்தார். இத்தகைய கதிர்வீச்சுகள் முதலில் பெக்கூரல் கதிர்கள் என்றே அழைக்கபபெற்றன இதைப்போன்ற நிகழ்ச்சிகள் பல்வேறு பொருள்களிலும் கண்டுபிடிக்கபபட்டதனை யொட்டி இந்நிகழ்ச்சிக்கு கதிரியககம் (radio activity) எனப் பெயர் சூட்டப்பெற்றது.

பிட்ச் ப்ளெண்ட் (pitch blende) எனப்படும் ஒரு கனிமம் (mineral) மற்ற உறுப்புக்களைக் காட்டிலும் சிறந்த கதிரியக்கமுடையதாக இருக்கக் காணப்பெற்றது. இந்த உபபினை ஆராய்ந்து இதிலிருந்து ரேடியம் (radium), போலோனியம் (polonium) என்ற இரு தனிமங்களை 1898-ல் மேடம் கியூரி (Madam Curie), பியரி கியூரி (pierre Curie) ஆகியோர் தனித் தனியே பிரித்தெடுத்தனர். இவை உரேனியத்தைக் காட்டிலும் பன்மடங்கு கதிரியக்கமுடையன பொலோனியம் உரேனியத்தை விட ஏறத்தாழ ஆயிரம் மடங்கும், ரேடியம் ஏறத்தாழ மிலலியன் மடங்கும் உயர்ந்த கதிரியக்கமுடையன.

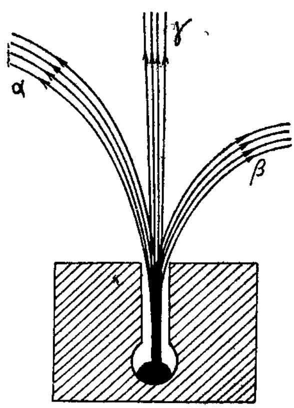
தோரியம், ஆக்டினியம போன்ற தனிமங்களும் கதிரியக்கமுடையவை. இவையே யன்றி, ஈயத்தின் (lead) அணுவெண்ணைக்

காட்டிலும் உயர்ந்த அணுவெண்ணுடைய எல்லா தனிமங்களுமே கதிரியக்க முடையன வென்று அறியப்பட்டுள்ளது.

8·9 கதிரியக்கக் கதிர்கள்

மேடம் கியூரி எளிய சோதனைகளின் வாயிலாக கதிரியக்கப் பொருள்கள் வெளிவிடும் கதிர்வீச்சுகள் ஒருபடித்தானவையல்ல (inhomogeneous) என்பது தெரிந்தது கதிர்வீச்சினை ஆராயப் பின் கண்ட எளிய சோதனையைச் செய்யலாம்.

ஓர் ஈயப் பாளத்தில் (lead block) ஒரு துளையிட்டு அதனடியில (படம் 8·4) சிறிதளவு ரேடியத்தை வைத்தால் ஏறத்தாழ இணையான கற்றையாக கதிர்வீச்சு வெளிவரும். இப்போது ஒரு வலுவான காந்தப் புலத்தை தாளின் தளத்திற்கு நேர்குத்தாகத் தாளின் உட்புறம் செல்லும் திசையில ஒரு வலுவான காந்தப் புலத்தைத் தொழிற்படுத்தினால் வெளிவரும் கதிர்களின் கற்றை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரியக் காணலாம். ஓர் ஒளிப படத் தகட்டின் துணைக்கொண்டு இவற்றைப் பதிவுசெய்யலாம். ஒளிப் படத் தகடு படத்தில் காட்டப்பெறவில்லை.



படம் 8·4

கதிர்வீச்சின் ஒரு பகுதி சற்றே இடப்புறம் ஒதுங்க, ஒரு பகுதி வலப் புறம் அதிகமான அளவில் ஒதுங்க, மூன்றாவது பகுதி ஒதுக்கமடையாமல் நேரே செங்குத்தாகச் செல்லும் இவை ஒதுங்கும் திசையையும், ஒதுக்கத்தின் அளவையும் கொண்டு இடப்புறம் ஒதுங்குபவை நேர்மின்னேற்றமுடைய, பொருண்மை மிக்க துகள்களாலானவை என்பதனையும், வலப்புறம ஒதுங்குபவை எதிர்மின்னேற்றமுடைய பொருண்மை குறைந்த துகள்களாலானவை எனபதனையும், நடுவிலே செல்லும் விலக்கமடையாதவை மின்னேற்ற மற்றவை என்பதனையும் எளிதில புரிந்துகொள்ளலாம். இம் மூன்றும முறையே α கதிர்கள் (α-rays) β-கதிர்கள் (β-rays), γ-கதிர்கள் (γ-rays) எனப்படும்

α-கதிர்கள் என்பவை α-துகள்களால் ஆனவை இந்த α-துகள்கள் 2 புரோட்டான்களாலும 2 நியூட்ரான்களாலும் ஆனவை. அதாவது, இவை ஹீலியத்தின் அணுக்கருக்களாகும்.

எனவே, ஓர் அணுவானது ஒரு α-துகளை வெளியிட்டால் புதிய தொரு அணு உண்டாகும. இதன் அணுவெண் 2 குறைந்தும் நிறை எண் 4 குறைந்தும் இருக்கும. காட்டாக, $92^{U^{238}}$ அணு ஒன்று ஒரு α-துகளை வெளியிட்டால் $90^{Th^{234}}$ ஆகும்

β-கதிர்கள் என்பவை β-துகள்களாலானவை. β-துகள்கள் எலெக்ட்ரான்களே. எனவே, ஒரு β-துகளை வெளியிடும் ஓரணுவின் நிறை எண் மாறாது, அணுவெண் 1 அதிகமாகும காட்டாக, ஒரு $82^{RaB^{214}}$ ஒரு β-துகளை வெளியிட்டால் $83^{RaC^{214}}$ ஆக மாறும்.

γ-கதிர்கள் மின்காந்த கதிர்வீச்சுகளே. எனவே, γ-கதிர்களை வெளிவிடும் அணுவின் நிறை எண், அணுவெண் ஆகியவை மாறாது.

மேற்கண்டவாறு கதிரியக்க முடைய ஒரு தனிமம் α-துகளை யோ அல்லது β-துகளையோ வெளிவிடுங்கால ஒரு புதிய அணு வாக உருமாறுகின்றது. இப்புதிய அணுவும் கதிரியக்கமுடைய தாக விருக்கும். இது மேறகொண்டு சிதைந்து புது அணுவாகும் இச்செயல்முறை தொடர்ந்து நடைபெறும. அணுவெண் 82 உடைய இறுதி அணு உண்டாகுமவரை, அதாவது, ஓர் ஈய ஐசடடோப் (isotope) உண்டாகும்வரை இச்செயல் நடைபெறும் [ஒரே அணுவெண்ணும் வெவ்வேறு நிறை எண்களுமுடைய பொருள்கள் ஐசடோப்புகளெனப்படும்].

இவ்வாறு கதிரியக்கமுடைய ஒரு தனிமம் வேறு தனிமமாக மாறுகின்ற காரணத்தால் நாம் முதலில் எடுத்துக்கொண்ட பொருளின் அளவு குறைந்துகொண்டே செல்லும் இவ்வாறு ஒரு பொருள் சிதைவுறும் வீதத்தை அரை-ஆயுள் (half-life period) என்ற ஒன்றினுல் குறிப்பது வழக்கம். இது வெவ்வேறு பொருள் களுக்கு வெவ்வேறு அளவுகளையுடையது. காட்டாக, ரேடியத்தின் அரை-ஆயுள் 1630 ஆண்டுகள; ரேடானின் (radon) அரை-ஆயுள் 4 நாள்கள் ரேடானின் அரை ஆயுள் 4 நாள்களென்று சொல்லும்போது நாம் என்ன புரிந்துகொளகின்ருேம்? துவக்கத் தில் 16 மில்லிகிராம் ரேடான் இருந்தால், நான்கு நாள்கள் கழித்து 8 மில்லிகிராம் ரேடான் தான் இருக்கும். எஞ்சியது வேறு பொருள்களாகவும் ஆற்றலாகவும் மாறியிருக்கும். மேலும 4 நாள்கள் கழித்துப் பார்த்தால் 4 மில்லிகிராம் ரேடானும் அதற்கு மேல் 4 நாள்கள் கழித்துப் பார்த்தால் இதில் பாதி 2 மில்லிகிராம் ரேடானும்தான் மிஞ்சும்.

8·10. இயற்கைக் கதிரியக்கத்தின் பொதுவான பண்புகள்

1. கதிரியக்கம் தன்னிச்சையாக நடைபெறும் ஒரு செயலாகும்

2. வெப்பநிலை, அழுத்தம் போன்ற புறச்சூழல் நிலைகளால் இது பாதிக்கப்படுவதில்லை.

3. கதிரியக்கப் பொருள்களிலிருந்து வரும் கதிர்வீச்சுகள் சிறந்த ஊடுருவும் தன்மையுடையன.

4. இக்கதிர்வீச்சுகள் ஒளிப்படத் தகடுகளைப் பாதிக்கும்.

5 இக்கதிர்வீச்சுகள் வாயுக்களில் அயனியாக்கம் உண்டாகச் செய்யும்.

6. இவை ஒளிர்தல், நின்றொளிர்தல் போன்ற நிகழ்ச்சிகளை உண்டாக்குகின்றன.

7. இவை உடலுக்கு ஊறு விளைவிக்கும்.

8. கதிர்வீச்சுகள் வெளிவிடப்படும்போது ஒரு தனிமம் (A) வேறு தனிமமாக (B) மாறுகின்றது (γ-கதிர்கள் வெளியீட்டின்போது தவிர்த்து). இதனால்தான இது ஓர் அணுக்கரு நிகழ்ச்சி என்பதனை நாம் உணரமுடிகின்றது இவ்வாறு உண்டான புதிய தனிமத்திலிருந்து (B) பழைய தனிமத்தைப் (A) பெற முடியாது. அதாவது, கதிரியக்கம் திருப்பவல்ல (reversible) நிகழ்ச்சியல்ல.

9. கதிரியக்கத் தனிமங்கள் மற்ற தனிமங்களைப் போலவே அவ்வவற்றிற்குரிய பௌதிக, வேதியியல் பண்புகளைப் பெற்றுள்ளன; தனிம அட்டையில் (periodic table) தத்தமக்குரிய இடங்களைப் பெற்றுள்ளன.

10. கதிரியக்கப் பொருள்கள் இயற்கையில் மிகக் குறைந்த அளவிலேயே காணப்பெறுகின்றன. காட்டாக, ஒரு மில்லியன் கிராம்கள் பிட்ச் பிளெண்டிலிருந்து 1 டெசி கிராம் ரேடியம்தான் கிடைக்கும்.

11. 82-க்கு மேற்பட்ட அணுவெண்ணுடைய எல்லாத் தனிமங்களும் இயற்கைக் கதிரியக்க முடையன. 82-க்குக் குறைந்த அணுவெண்ணுடைய தனிமங்களையும் கதிரியக்க முடையனவாக ஆக்க முடியும். இதற்கு தூண்டப்பெற்றக் கதிரியக்கம் (induced radioactivity) எனப் பெயர்,

8·11. அணுக்கரு ஆற்றல்

நாகரிக வளர்ச்சியால், தேவைகள் பெருக்கத்தால் இயற்கை தந்த கனிச் செல்வங்கள் சுருங்கிவிட்டால், எண்ணெய் ஊற்றுகள் வற்றிவிட்டால் என்ன செய்வதென கவலுகின்ற நேரத்தில், அஞ்சலெனத் தஞ்சமளிக்க வந்தவொன்று அணுக்கரு ஆற்றல் (nuclear energy) கண்டுபிடிப்பாகும். 10^{-8} செ மீ. எனுமளவு சிறிய அணுக்களில் பொதிந்துள்ள ஆற்றல்களை வெளிப்படுத்தவும் அவற்றைப் பயன்படுத்தவும் செய்யலாமென்பது இன்று நாமறிந்ததே

அணுக்கரு ஆற்றலைப பறறி அறியப்புகு முன்னர் ஐன்ஸ்டைனின் பொருண்மை ஆற்றல தொடர்பினை மீண்டும் நினைவு கூர வேண்டியவர்களாகினறோம். m கிராம் பொருண்மையுடைய ஒரு பொருள் அழிந்தால் E எர்குகள் ஆறறல் வெளிப்படும். E-ன மதிப்பைப் பின்கண்டவாறெழுதலாம்.

$$E = mc^2 \longrightarrow (8\cdot2)$$

இங்கே, c என்பது ஒளியின் வேகம். இது 3×10^{10} செ மீ./விநாடி என்பதனை நினைவில் கொண்டால மிகச் சிறு பொருள் அழியும்போது மாபெரும் ஆற்றல் வெளிப்படும்.

8·12 அணுக்கரு பிளப்பு

1939 ஆம் ஆண்டில் ஹான் (Hahn), ஸ்ட்ராஸமன் (Strassmann) ஆகியோர் உரேனியமானது ஒரு நியூட்ரானால் (O^{n1}) தாக்கப்பெறும்போது பேரியம, கிரிபடான் போன்ற எடை குறைந்த தனிமங்கள் உண்டாகின்றன எனக் கண்டனர். இந் நிகழ்ச்சியினை மெயிட்னர் (Meitner), ஃப்ரிஷ் (Frisch) ஆகியோர் விளக்கினர்.

உரேனியம் உட்கரு நியூட்ரானை உட்கவருகின்றது. அதனால் அதன் நிலைப்பாடு (stability) குலைந்து அது பிளவுபடுகின்றது. இப்பிளப்பினைப் பின்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்.

$$_{92}U^{238} + O^{n1} \longrightarrow {}_{56}Ba^{146} + {}_{36}Kr^{92} + O^{n1} \longrightarrow (8\cdot3)$$

U^{238} மட்டுமல்லாது தோரியம், புரோக்டினியம், U^{235} போன்றவற்றிலும் அணுக்கரு பிளப்பு ஏற்படுகின்றது. இவ்வணுக்கரு பிளப்பின்போது ஆற்றல் எவ்வாறு வெளிப்படுகின்றது?

ஒரு பிளப்புக்கு முன் பிளப்பில் பங்குபெறும் பொருள்களின் மொத்த பொருண்மையையும பிளவுக்குப் பின்னர் கிடைக்கும் பொருள்களின் மொத்த பொருண்மையையும் கூட்டிப் பார்த்தால் ஓரளவு பொருண்மை பிளவின் போது மறைகின றதென்பது புலனுகும். இந்தப் பொருண்மையே ஆற்றலாக (ஐன ஸடைன் தொடர்புபடி) வெளிப்படுகினறது. முன்பே கூறியது போன்று இதனளவு மிகப் பெரியதாயிருக்கும். இந்த அணுககரு ஆறறல் γ-கதிர்களாகவோ அல்லது வெபபமாகவோ வெளிபபடும். ஒரு கிலோகிராம் எடையுள்ள U^{235} பிளவுபட்டால் ஏறத்தாழ 2×10^{10} கிலோ கலோரிகள ஆற்றல வெளிப்படும. இது ஏறத்தாழ 50,000 மில்லியன் நிலக்கரியை எரிப்பதாலோ அல்லது 20,000 டன டி. என. டி. (T. N. T.) யை வெடிப்பதாலோ கிடைக்கும் ஆறறலுக்குச் சமமாகும்.

8·13 தொடர்வினை

U^{235}-ஐ ஒரு நியூட்ரானுல் தாக்கினுல் பிளப்புக் கூறுகளோடு (fission fragments) 2 நியூட்ரான்கள் வெளிவரும். (நடைபெறும் வினைக்கேற்ப சில நேரங்களில 3 நியூட்ரான்களும வரும). இந்த இரு நியூட்ரான்களும் மேலுமிரு U^{235} கருக்களைப் பிளக்கும ஆற்றல் வெளிவரும். இதனுல் 4 நியூட்ரான்கள் வெளிவரும். இந்நான்கு 4 பிளபபுகளை யுண்டாக்க மேலும 8 நியூட்ரரன்கள் வெளிவர அவை மேலும பிளப்புகளையுண்டாகக என ஒரு தொடர்வினை (chain reaction) நடைபெறும். அடுத்தடுத்த இருபிளபபுகளுக் கிடையே ஆகும் நேரம 10^{-8} வினுடி எனுமளவு குறைவு. எனவே பல மில்லியன் கருக்கள் ஒரு மைக்ரோ வினுடிக்கும குறைவான நேரத்தில பிளவுபட்டுவிடும். இதனுல் மாபெரும ஆற்றல் வெளிபபடும்.

8·14 அணுக்கரு ஆறறலின் பயன்கள்

அணுக்கரு ஆறறலின் வலிமை முதலில் உணரப்பட்டது. இரண்டாவது உலகப் போரில ஹிரோஷிமா, நாகசாகி ஆகிய இடங்களில் அணுகுண்டுகள் விழுந்தபோதே, அணுகுண்டின் அழிக்கும் ஆற்றல அளபபறியது.

அழிவு வேலைகளேயன்றி ஆக்கப்பணிகளுக்கும இவை பயன் படும. மாபெரும் அளவில் வெப்பமாக வெளிவரும் அணுக்கரு ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி நீரை ஆவியாக்கி, டர்பைன்களைச் (turbine) சுழறறி மின்சாரத்தை இயறறமுடியும, இவவேலைகளுக்கு அணு உலைகள (atmoic reactors) பயனபடுகின்றன. சென்னைக் கருகில் கல்பாக்கத்தில் அமைக்கப்பட்டு வருவது இத்தகைய அணு மின்சார மியற்று நிலையமே.