பௌதிகம் - துணைப்பாடம்

(பகுதி II—இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப் படிப்பிற்குரியது)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது)

பிற்சேர்க்கை

ஆசிரியர்
கா. வே. சுப்பிரமணியன்,
விரிவுரையாளர், இயற்பியல் துறை,
ஏ. வி. சி. கல்லூரி, மாயூரம்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

பௌதிகம் - துணைப்பாடம்

(பகுதி II—இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப் படிப்பிற்குரியது)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது)

பிற்சேர்க்கை

ஆசிரியர்
கா. வே. சுப்பிரமணியன்,
விரிவுரையாளர், இயற்பியல் துறை,
ஏ. வி. சி. கல்லூரி, மாயூரம்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

Supplement—September, 1972

© Tamil Nadu Text Book Society

PHYSICS—ANCILLARY (Part II—Book II)
Supplement

K. V. SUBRAMANIAN

Price Rs. 1—30

or supplied free of cost when original book is purchased)

'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
Giridhar Art Printers,
17 & 19, Badrian St.,
Madras-1.

பொருளடக்கம்

எக்ஸ்-கதிர்கள்

		பக்கம்
1.	*பிராக் விதி* (Bragg's law)	1
2.	*பிராக் எக்ஸ்-கதிர் நிறமாலை அளவி*	4
3.	*வெப்ப மின்னியல்* (Thermo electricity)	8
4.	*இடைப்படு உலோகங்கள்பற்றிய விதி* (Law of intermediate metals)	10
5.	*பெல்டியர் விளைவு* (Peltier effect)	11
6.	*தாம்சன் விளைவு* (Thomson effect)	13
7.	*அணுவின் கட்டமைப்பு* (Structure of atom)	15

எக்ஸ்-கதிர்கள்

1. பிராக் விதி
(Bragg's law)

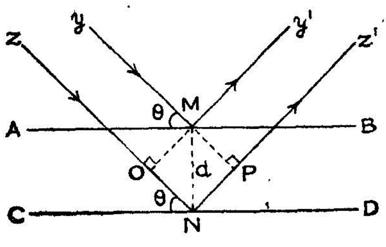
எக்ஸ்-கதிர்கள் பருப்பொருட்களினூடே ஊடுருவிச் செல்ல வல்லன என்றாலும் அக் கதிர்களின் ஒரு சிறு பகுதி பொருளணுக்களினால் சிதறலடைய நேரிடுகிறது. ஒரு படிகத்தைத் தட்டி உடைக்கும் போதோ அல்லது விசையியல் அழுத்தங்களுக்கு உட்படுத்தித் திரிபுறச் செய்யும் போதோ, அப்படிகம் குறிப்பிட்ட சில தளங்களில் பிளவுறுவதைக் காணலாம். அத்தகைய தளங்களில் அப்பொருளின் அணுக்கள் செறிந்து காணப்படும். அத் தளங்களைப் **பிளவுறு தளங்கள்** (cleavage planes) என்பர். ஒரு பிளவுறு தளத்திற்கு இணையாக சம இடைவெளியில் அமைந்த பல தளங்கள் காணப்படும். அவைகளை **அடுக்குகள்** (layers) என்று கூறுவர்.

படிகத்தினூடே செல்லும் எக்ஸ்-கதிர்கள் ஓரளவு விலகலடையும் என்றாலும், சிக்கலான விளக்கத்தைத் தவிர்க்கும் பொருட்டு எக்ஸ்-கதிர்கள் விலகலடையவில்லை என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

படம் A—1-ல் *AB*, *CD* என்பன *d* என்னும் படிக இடைவெளியிலமைந்த அடுக்குகளைக் குறிக்கின்றன. ஒரே அலைநீள முடைய எக்ஸ்-கதிர்களைக் கொண்ட கற்றை **ஒற்றை நிற எக்ஸ்-கதிர்க்கற்றை** (Monochromatic X-Ray beam) எனப்படும். அத்தகைய கற்றை ஒன்று *AB* என்ற தளத்தின் மீது θ என்ற சாய் கோணத்தில் படுவதாகக் கொள்வோம். படுகதிரின் திசைக்கும், படிக தளத்திற்கும் இடையில் உள்ள கோணத்தைத்தான் **சாய் கோணம்** (glancing angle) என்கிறோம். இக்கற்றை படத்தில் காட்டியுள்ளபடி, இத்தளத்திற்கு இணையாய் அமைந்த *CD* என்ற பகுதி, எதிரொளிப்புக்கு உள்ளாகிறது. இவ்வாறு

எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர்கள் ஒத்த அதிர்வு நிலை (same phase) உடையனவாக இருப்பின், ஒன்றை ஒன்று வலுவூட்டிக் கொள்வதால், செறிவு மிகுந்த ஓர் எதிரொளிப்புக் கற்றையாக வெளிவருகின்றன. படிக இடைவெளியாகிய d என்பது மிகமிகக் குறைவான தூரமாகையால், எதிரொளிக்கப் பட்ட கதிர்கள் ஒன்றை ஒன்று நெருங்கி அமைந்து, ஒரு புள்ளி பிம்பத்தைத் தருகின்றன. இதுபோலவே, இன்னொரு பிளவுறு தளத்திற்கு இணையாய் அமைந்த அடுக்குகளால் எதிரொளிக்கப் பட்டு ஒத்த அதிர்வு நிலை காரணமாம் ஒன்றை ஒன்று வலுவூட்டிக் கொள்ள நேரும் கதிர்கள் மற்றொரு புள்ளியைத் தோற்றுவிக்கும். இவ்வாறு வெவ்வேறு தள அடுக்குகளால் எதிரொளிக்கப்பட்டு வெவ்வேறு திசைகளில் செல்லும் செறிவு மிக்க கற்றைகள், ஒழுங்காய் அமைந்த வெவ்வேறு புள்ளிகளைத் தருகின்றன. இவ்வாறு உண்டானதே லாவே புள்ளிகள் (Laue Spots) என்ற படமாகும்.

எதிரொளிக்கப்பட்ட கற்றைகள் ஒன்றை ஒன்று வலுவூட்டிக் கொள்வதற்கான சூழ்நிலைகளை ஆராய்வோம். அடுத்தடுத்துள்ள இரு அடுக்குகளில் எதிரொளிப்புறும் கதிர் களுக்கு இடையே உள்ள பாதை வேறுபாட்டைக் கணக்கிட்டு, அப்பாதை வேறுபாடு, பயன்படுத்தப்படும் எக்ஸ்-கதிரின் அலை நீளத்தின் முழு எண் மடங்குக்குச் சமமாக இருப்பின், அக் கதிர் கள் ஒன்றை ஒன்று வலுவூட்டிக் கொள்ளும் எனக் கூறுவதே நமது நோக்கமாகும்.



படம் A-1

YMY^1 என்ற கதிரின் பாதைக்கும், ZNZ^1 என்ற கதிரின் பாதைக்கும் உள்ள வேறுபாட்டின் அளவு ON + NP ஆகும்.

பாதை வேறுபாடு $= ON + NP$

$= d \sin \theta + d \sin \theta$

$= 2 d \sin \theta$ ஆகும்.

இப் பாதை வேறுபாடு பயன்படுத்தப்பட்ட எக்ஸ்-கதிரின் அலை நீளமாக λ-ன் முழு எண் மடங்குகளாக இருக்கவேண்டும். n என்பது ஒரு முழு எண் என்றால்,

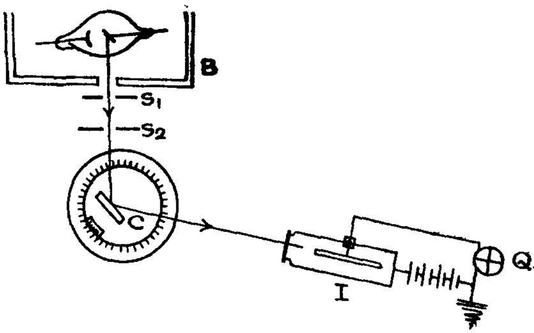
$2d \sin \theta = n\lambda$ ஆக இருக்கவேண்டும். இச் சமன்பாட்டிற்குத்தான் **பிராக் விதி** அல்லது **பிராக் சமன்பாடு** என்று பெயர்.

இச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, எக்ஸ்-கதிர்களின் அலை நீளத்தை அறிவதற்கும், பிராக் விதியை மெய்ப்பிப்பதற்காகவும் பிராக் தம் மகனுடன் சேர்ந்து ஒரு நிறமாலை அளவியைத் தயாரித்தார். இது பிராக் எக்ஸ்-கதிர் நிறமாலை அளவு (Bragg's X-Ray Spectrometer) எனப்படும்.

2. பிராக் எக்ஸ்-கதிர் நிறமாலை அளவி

படம் A-2-ல் எக்ஸ்-கதிர் நிறமாலை அளவியின் முக்கிய பகுதிகள் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன. எக்ஸ்-கதிர்க் குழாய் தடித்த சுவர்களைக் கொண்ட காரீயப்பெட்டி B ஒன்றுக்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. பெட்டியிலிருந்து வெளிவரும் எக்ஸ்-கதிர்கள் பாதையிலமைந்த காரீயத் தகடுகளிலுள்ள மெல்லிய பிளவு (slits) களால் (S_1S_2) வரிப்படுத்தப்பட்டு மெல்லிய கற்றையாக வெளி வருகின்றன.

செங்குத்தான அச்சு ஒன்றில் சுழலக் கூடிய வட்டமான மேசையின் மீது படிகம் (C) வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. படிகத்தின் மீது விழுகின்ற எக்ஸ்-கதிர்க் கற்றை எதிரொளிக்கப்பட்டு,



படம் A-2

எதிரே உள்ள அயனிக்கலத்தின் (I) சாளரத்தின் வழியே உள்ளே புகுகிறது. அயனிக்கலத்தில் சல்ஃபர் டை ஆக்சைடு அல்லது மீதைல் புரோமைடு போன்ற ஒரு வாயு அடைக்கப் பட்டிருக்கும். அயனிக் கலத்தை அடைந்த எக்ஸ்-கதிர்கள் தங்கள் செறிவுக்கு ஏற்ப வாயுவை அயனியாக்கம் செய்கின்றன. இதனால் உண்டாகும் அயனியாக்க மின்னோட்டத்தின் அளவினை அயனிக்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் கால்வட்டக்

கால்வனுமீட்டர் (Quadrant electrometer) குறிக்கிறது(Q). அயனியாக்க மின்னேட்டத்தின் அளவு அயனிக்கலத்தை அடையும் எக்ஸ்-கதிர்களின் செறிவுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

இவ் வமைப்பில் உள்ள அயனிக்கலம் ஒளியியல் நிறமாலை மானியில் உள்ள தொலைநோக்கியைப் போன்றதாகும். இது படிக மேசையின் அச்சில் சுழலக்கூடிய ஒரு புயத்தின் மீது பொருத்தப்பட்டிருக்கும், (படத்தில் புயம் காட்டப்படவில்லை.) மேசையின் திருப்பத்தையும், அயனிக்கலத்தின் திருப்பத்தையும் அளவிட்டு அறிவதற்கேற்ற அளவுகோல்களும், அவற்றிற்கான வர்னியர்களும் தனித்தனியே உள்ளன. இப்போது செய்யப்படும் பிராக் நிறமாலை அளவிகளில் மேசை θ என்ற கோணத்தில் திருப்பப்பட்டால், அயனிக்கலத்தைத் தாங்கும் புயம் 2θ என்ற கோணத்தில் தானே திரும்பும்படிப் பற்சக்கர அமைப்பு பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. ஏனெனில், படுகற்றை படிக முகத்தில் θ என்ற சாய்கோணத்தில் விழும்போது எதிரொளிப்புக்கற்றை, படுகற்றையின் திசையிலிருந்து 2θ என்ற கோணத்தில் திரும்பியிருக்குமல்லவா? எனவே, அதை ஏற்க வேண்டிய அயனிக்கலம் அத்திசையில் அமையுமாறு செய்யப்பட்டிருக்கிறது.

குறிப்பிட்ட அலை நீளமுடைய (λ) எக்ஸ்-கதிர்களையும், d என்ற படிக இடைவெளியுடைய தள அடுக்குகளையும் பயன்படுத்தி ஆய்வு நடத்துவதாகக் கொள்வோம்.

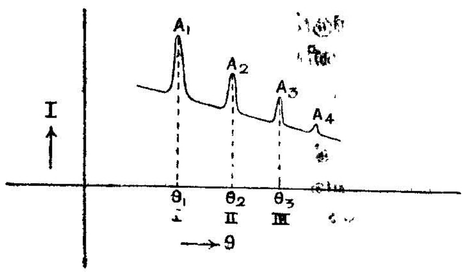
பிராக் விதி சரி என்றால் $n = 1, 2, 3$............ என்ற மதிப்புகளைப் பெறும்போது அவற்றிற்கு உரிய θ_1, θ_2, θ_3 என்ற கோணங்களில் செறிவுமிக்க எதிரொளிப்புக்கதிர்கள் உண்டாகவேண்டும். அதாவது, அத்தகைய சமயங்களில் மட்டும் அயனியாக்க மின்னேட்டம் உச்சநிலை அடைய வேண்டும்.

$$2d \text{ Sin } \theta_1 = 1\lambda \quad \text{அதாவது } n = 1$$
$$2d \text{ Sin } \theta_2 = 2d \quad \text{,,} \quad n = 2$$
$$2d \text{ Sin } \theta_3 = 3d \quad \text{,,} \quad n = 3$$

அல்லது $\text{Sin}\theta_1 : \text{Sin}\theta_2 : \text{Sin}\theta_3 = 1 : 2 : 3$ ஆகும்.

படுகதிர் படுமுகத்தின் மீது $\theta = 0$ என்ற கோணத்தில் விழுகின்ற இடத்திலிருந்து துவங்கிப் படிக மேசையைச் சிறிது சிறிதாகச் சுழற்றிக் கொண்டே வரவேண்டும். அதே நேரத்தில் அயனிக்கல புயம், படிக மேசையைப்போல இருமடங்கு வேகத்

தில் சுழன்று எதிரொளிப்புக் கற்றையை ஏற்கும். அயனிக் கலத்தை அடையும் எதிரொளிப்புக்கற்றை தன் செறிவுக்கு ஏற்ற அயனியாக்க மின்னோட்டத்தைத் தோற்றுவிக்கும். இவ்வாறு படிகமேசையைச் சுழற்றிக்கொண்டே வரும்போது முதன் முதலாக, குறிப்பிட்ட ஒரு சாய்கோணத்திற்கு (θ_1) அயனியாக்க மின்னோட்டம் பெரும எல்லையை அடையும். இதை முதல் வரிசை நிறமாலை (I Order Spectrum) என்பர். தொடர்ந்து படிகமேசை சுழற்றப்பட, சாய்கோணம் θ_2 என்னும் மதிப்பை அடையும் போது, மீண்டும் அயனியாக்க மின்னோட்டம் பெரும நிலை அடையும். இது இரண்டாவது வரிசை நிறமாலை எனப்படும். இவ்வாறே பல வரிசை நிறமாலைகளையும் அவற்றிற்கு உரிய சாய்கோண மதிப்புகளையும் பெறலாம். சாய்கோணத்திற்கும் அயனியாக்க மின்னோட்டத்திற்குமாக வரையப்படும் வரைபடம், படம் (A-3)-ல் காட்டியுள்ளபடி இருக்கும். படத்திலுள்ள A_1, A_2, A_3 என்ற முகட்டு உச்சிகள் (peaks) அயனியாக்க மின்னோட்டத்தின்



படம் A-3

பெரும மதிப்புகளையும், அவற்றிற்குரிய சாய்கோணங்கள் θ_1, θ_2, θ_3 ஆகியவற்றையும் குறிக்கின்றன. இக்கோணங்களின் சைன் மதிப்புகளைக் கணக்கிட

$$\sin\theta_1 : \sin\theta_2 : \sin\theta_3 = 1 : 2 : 3$$

என்ற விடை கிடைக்கும். நிறமாலை வரிசையின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்க அதிகரிக்க நிறமாலை வரியின் செறிவு குறைந்து கொண்டே செல்வதையும் படத்தில் காணலாம். படிக இடைவெளியின் (d) மதிப்பு தெரிந்தால்

$$2d \sin\theta = n\lambda$$

என்ற வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்தி λன் மதிப்பினைக் கணக்கிடலாம்.

எடுத்துக்காட்டாக Nacl படிகத்தின் படிக இடைவெளி 2.81×10^{-8} செ. மீ. ஆகும். அப்படிகத்தைப் பயன்படுத்தி ஆய்வுகள் நடத்தியபோது, A_1, A_2, A_3 என்ற முகட்டு உச்சிகளுக்கு உரிய கோணங்களாகிய $\theta_1 = 11°48'$, $\theta_2 = 23°30'$, $\theta_3 = 36°$ ஆக இருப்பது அறியப்பட்டது.

எனவே, பிராக் விதியின்படி

Sin $11°48'$: Sin $23°30'$: Sin $36° = 0.204 : 0.4 : 0.63 =$ $1 : 2 : 3$

ஆக இருப்பதை அறிகிறோம்.

அலைநீளம் கணக்கிடல்

முதல் வரிசையில்

$$\lambda = 2d \sin \theta_1$$
$$= 2 \times 2.81 \times 10^{-8} \times \sin 11°48'$$
$$= 2 \times 2.81 \times 10^{-8} \times 0.204$$
$$= 1.5 \times 10^{-8} \text{ செ. மீ.}$$
$$= 1.5 A°$$

இம் முறையின் சில குறைகள்

1. படிக இடைவெளி படிகத்தின் வெப்ப நிலையைப் பொறுத்து மாறக் கூடியது. எனவே, இதற்குரிய திருத்தங்கள் தரப்படவேண்டும். அட்டவணையில் கொடுக்கப்படும் படிக இடை வெளிகள் 18° செ.-ல் கணக்கிடப்பட்டவையாகும்.

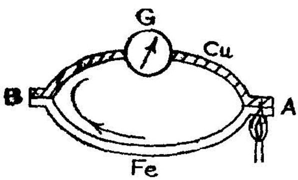
2. கதிர்க்கற்றை விலக்க முறுவது இல்லை எனக்கொண்டு பிராக் விதி செய்யப்பட்டது. உண்மையில் ஓரளவு விலகல் ஏற்படவே செய்கிறது. ஆகவே, அதற்குரிய திருத்தம் செய்யப் பட வேண்டிய ஒன்றாகும்.

3. பிராக் நிறமாலை அளவி குறைந்த பிரிதிறனுடையது. பிளவுகளின் அகலத்தைக் குறைப்பதன் மூலம் பிரிதிறனை அதிகரிக்கலாம்; ஆனால், இம்மாறுபாட்டால் அயனிக்கலத்தில் நுழையும் எதிரொளிப்புக்கதிர்களின் அளவு குறைந்துபோய் விடுமாதலால், அயனியாக்க மின்னோட்டமும் குறைந்துபோய் விட, அதை அளப்பது சிரமமாகிவிடும்.

3. வெப்ப மின்னியல்

(Thermo electricity)

ஓர் இரும்புத்தண்டு மற்றும் செப்புத்தண்டு ஆகியவற்றைக் கொண்டு படம் A—4-ல காட்டியுள்ளது போல் ஒரு சுற்று அமைத்து, அவ்வுலோகங்கள் ஒன்றை ஒன்று சந்திக்கும் இடங்களாகிய சந்திப்புகளுள் ஒன்றை (A) புன்சன்



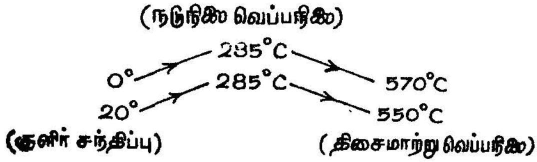
படம் A-4

விளக்கால் சூடாக்கினால், படத்தில் காட்டியுள்ள திசையில் மின்னோட்டம் ஏற்பட்டு, சுற்றில இணைத்துள்ள கால்வனு மீட்டர் அசைவதைக் காணலாம். இம் மின்னோட்டம் குளிர் சந்திப்பில் இரும்பிலிருந்து செம்புக்கும், சுடு சந்திப்பில், செம்பிலிருந்து இரும்புக்கும் பாய்கிறது. இவ் விளைவு சீபெக் விளைவு (Seebeck effect) என்று வழங்கப்படுகிறது. இம் மின்னோட்டத்திற்குக் காரணமான மின்னழுத்தத்திற்கு **வெப்ப மின்னியல் மின்னியக்கு விசை** (Thermo electric *e. m. f.*) என்று பெயர்.

சந்திப்புகளில் ஒன்றை 0°C வெப்பநிலையில் வைத்து விட்டு மற்றதைத் தொடர்ந்து சூடாக்கி வெப்பநிலையை உயர்த்திக்கொண்டே சென்றால், வெப்ப மின்னியல் மின்னியக்கு விசையின் அளவும் அதிகரித்துக்கொண்டே செல்லும். அவ்வாறு உண்டாகும் மின்னியக்கு விசையின் அளவு இரு சந்திப்புகளுக்குமிடையே உள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். இந்த அமைப்பிற்கு **வெப்ப மின்னியல் இரட்டை** (Thermo electric Couple) என்று பெயர். சந்திப்பு

களுக்கிடையே 1°C வெப்பநிலை வேறுபாடு இருக்கும்போது உண்டாகின்ற மின்னியக்கு விசையின் அளவு பயன்படுத்து கின்ற உலோகங்களைப் பொறுத்ததாகும். எடுத்துக்காட்டாக 0°—100°C வேறுபாட்டிற்கு Fe-Cu இரட்டை 0·0015 வோல்ட்டும், *Sb-Pb* இரட்டை 0·0031 வோல்ட்டும் தருகின்றன.

சுடு சந்திப்பைத் தொடர்ந்து சூடாக்கிக் கொண்டே சென்றால், மின்னியக்கு விசையின் அளவு ஒரு பெரும எல்லையை அடையும் வரை அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லுகிறது. அத்தகைய பெரும எல்லையை அடைந்த பிறகு மீண்டும் சுடு சந்திப்பின் வெப்பநிலை உயர்த்தப்பட்டால், மின்னியக்கு விசையின் அளவு குறையத் தொடங்குகிறது. குறிப்பிட்ட ஒரு வெப்பநிலையில் மின்னியக்கு விசையின் அளவு சுழியாகிவிடும். இதற்கு மேலும் சுடுசந்திப்பைச் சூடாக்கினால், மின்னியக்கு விசை எதிர்த்திசையில் செயற்படத் தொடங்கிவிடுகிறது. வெப்ப மின்னியல் மி. இ. விசை பெரும எல்லையை அடையும் போதுள்ள சுடுசந்திப்பின் வெப்பநிலைக்கு **நடுநிலை வெப்பநிலை** (Neutral temperature) என்று பெயர். மின்னியக்கு விசை எதிர்த் திசையில் செயற்படத் துவங்கும்போது உள்ள சுடுசந்திப்பின் வெப்பநிலைக்குத் **திசைமாற்று வெப்பநிலை** (temperature of inversion) என்று பெயர். திசைமாற்று வெப்பநிலையின் மதிப்பு குளிர் சந்திப்பின் வெப்பநிலையைப் பொறுத்து மாறும். ஆனால், ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையைப் பொறுத்த வரை நடுநிலை வெப்பநிலை என்பது மாறாத ஒன்று ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக, Fe-Cu இரட்டையின் குளிர் சந்திப்பு 0°C-ல் இருக்கையில், நடுநிலை வெப்பநிலை 285°C ஆகும். திசைமாற்று வெப்பநிலை 570°C



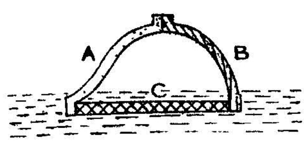
படம் A-5

ஆகும். அதே இரட்டையின் குளிர் சந்திப்பு 20°C ஆக இருந்தால், நடுநிலை வெப்பநிலை அப்போதும் 285°C ஆகவே இருக்கும். ஆனால், திசைமாற்று வெப்பநிலை 550°C ஆகிவிடும். அதாவது நடுநிலை வெப்பநிலையிலிருந்து குளிர் சந்திப்பு எத்தனை டிகிரி கீழே இருக்கிறதோ, அதே அளவு தூரம் திசைமாற்று வெப்பநிலை உயரே இருக்கும்.

4. இடைப்படு உலோகங்கள் பற்றிய விதி

(Law of intermediate metals)

A மற்றும் B என்ற இரு உலோகங்களைக் கொண்டு அமைக்கப்பட்ட ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டை இருக்கிறது (படம் A-6). அதன் சந்திப்புகளுள் ஒன்றைப்பிளந்து A-க்கும் B-க்கும் இடையில் C-என்ற மூன்றாவது உலோகம் ஒன்றை வைத்து, C-ன் இரு முனைகளுக்கு மிடையில் வெப்பநிலை மாற்றம் இல்லாதபடி செய்கிறோம். இந்நிலையில் இடைப்படு உலோகமாகிய C-ன நுழைவினால் சீபெக் மின்னியக்கு விசையில் மாற்றம் ஏற்படாது. அதாவது C-என்ற உலோகத்தின் இருமுனைகளும் மாறா வெப்பநிலையில் இருக்கின்ற வரையில் A, B என்ற உலோகங்களைக் கொண்ட இரட்டையின் மின்னியக்கு விசை A, C மற்றும் CB என்ற வெப்ப மின்னிரட்டைகளின் மின்னியக்கு விசைகளின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும். E_{AB} என்பது A-B இரட்டையின் மின்னியக்கு விசை என்றும், E_{AC} என்பது A-C இரட்டையின் மின்னியக்கு விசை என்றும், E_{CB} என்பது C-B இரட்டையின் மின்னியக்கு விசை என்றும் கொண்டால், $E_{AB} = E_{AC} + E_{CB}$ ஆகும்.



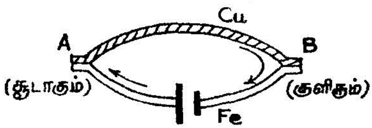
படம் A-6

ஆகவே, ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டைச் சுற்றில் ஒரு கால்வனா மீட்டரையோ அல்லது மின்னழுத்தமானியையோ (Potentiometer) இணைப்பதால் –அவ்வாறு இணைக்கப்பட்ட பகுதியின் வெப்பநிலை மாறாமலிருக்கும் வரையில்—வெப்ப மின்னிரட்டையின் மின்னியக்கு விசை மாறாது என அறிகிறோம். இவ் உண்மையை இடைப்படு உலோகங்களின் விதி என்பர். A-க்கும் B-க்கும் இடையில் எத்தனை உலோகங்களை இணைத்தாலும், இவ் உண்மை பொருந்தி வரும்.

5. பெல்டியர் விளைவு

(Peltier effect)

சீபெக் விளைவுக்கு மறுதலையாக அமையும் ஒரு விளைவினை பெல்டியர் என்பார் கண்டறிந்தார். இரு வேறு உலோகங்களைக் கொண்டு அமைக்கப்பட்ட ஒரு சுற்றிலுள்ள சந்திப்பு வழியே மின்னோட்டம் பாயும் போது, வெப்ப உட்கவர்தல் அல்லது வெப்ப வெளியீடு நடைபெறும். இவ்விளைவு 'பெல்டியர் விளைவு' எனப்படும். ஒரு சந்திப்பில் வெப்பம் வெளியிடப்படுகிறதா அல்லது வெப்பம் உட்கவரப்படுகிறதா என்பது மின்னோட்டத்தின் திசையைப் பொறுத்தது (படம A-7).



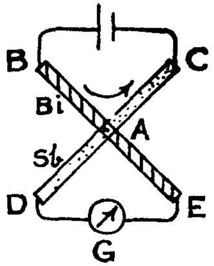
படம் A-7

இரும்பு-செம்பு சுற்றில் இரும்பிலிருந்து செம்புக்கு மின்னோட்டம் பாய்கின்ற *A* என்ற சந்திப்பு சூடாவதையும், செம்பிலிருந்து இரும்புக்கு மின்னோட்டம் பாய்கின்ற *B* என்ற சந்திப்பு குளிர்வதையும் காணலாம். மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றினால், விளைவுகளும் தலைகீழாக மாறுவதைக் காணலாம்.

பெல்டியர் : விளைவு செய்முறை விளக்கம்

Bi என்று குறிக்கப்பட்டிருக்கும் பிஸ்மத் பட்டையும் *Sb* என்று குறிக்கப்பட்டிருக்கும் ஆன்டிமனி பட்டையும், *A* என்ற புள்ளியில் ஒன்றோடொன்று நன்கு இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன (படம் A-8). *B*, *C* என்ற முனைகளுக்கு இடையே மின்கலம் ஒன்று இணைக்கப்பட்டு பிஸ்மத்திலிருந்து

ஆன்டிமனிக்கு *A* என்ற சந்திப்பு வழியே மின்னோட்டம் பாய்ச்சப்படுகிறது. *D*, *E* என்ற முனைகளுக்கு இடையே ஒரு கால்வனா மீட்டர் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது (G).



படம் A-8

A என்ற சந்திப்பில் பிஸ்மத்திலிருந்து ஆன்டிமனிக்கு மின்னோட்டம் பாய்வதால், *A* என்ற சந்திப்பு பெல்டியர் விளைவின்படி குளிர்கிறது. கால்வனாமீட்டருடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்ற *D*, *E* என்ற முனைகளைவிட *A* என்ற சந்திப்பு குறைந்த வெப்பநிலையில் இருப்பதால், சீபெக் விளைவுப்படி ஆன்டிமனியிலிருந்து பிஸ்மத்துக்கு மின்னோட்டம் பாய்வதைக் கால்வனா மீட்டர் காட்டும்.

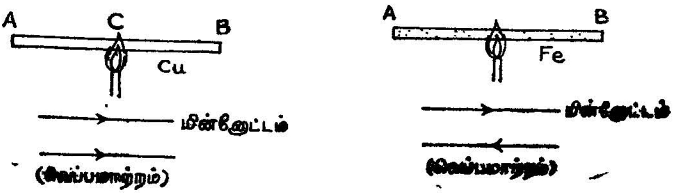
மின்கலத்திலிருந்து பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றினால், *A* என்ற சந்திப்பு சூடாவதையும், அப்போது கால்வனாமீட்டர் பிஸ்மத்திலிருந்து ஆன்டிமனிக்கு மின்னோட்டம் பாய்வதைக் காட்டுவதையும் பார்க்கலாம்.

இதிலிருந்து பெல்டியர் விளைவினால் உண்டாகும் வெப்பம் ஜூல் விளைவினால் உண்டாகும் வெப்பத்திலிருந்து மாறுபட்டது என அறியலாம். ஜூல் வெப்பவிளைவு மின்னோட்டத்தின் திசையைப் பொறுத்தது அல்ல. மேலும், ஜூல் விளைவு மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். பெல்டியர் விளைவில் ஏற்படும் வெப்பம் மின்னோட்டத்தின் ஒரு மடிக்கு நேர்விகிதத்தில் அமைந்திருப்பதுடன், இது பின்னோக்கி இயங்கவல்லதும் (reversible) ஆகும். ஜூல் விளைவு பின்னோக்கி இயங்கவல்லது அல்ல.

6. தாம்சன் விளைவு

(Thomson effect)

AB என்பது ஒரு செப்புத் தண்டு. *A*, *B* என்ற முனைகள் மாறாத சம வெப்பநிலையில் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. *C* என்னும் மையம் சூடாக்கப்படுகிறது. தண்டு வழியாக



படம் A-9

மின்னோட்டம் பாயாத போது C-லிருந்து இருமுனைகளை நோக்கியும் வெப்பக்கடத்தல் மூலம் வெப்பம் பரவும் என அறிவோம். அப்போது C-லிருந்து சமதூரத்திலுள்ள புள்ளிகளில் காணப்படும் வெப்பநிலைகள் சமமாக இருக்கும்.

A-லிருந்து *B*-ஐ நோக்கி மின்னோட்டம் பாய்வதாக வைத்துக் கொள்வோம். இப்போது *A*-ல் குறைந்த வெப்பநிலையும், *B*-ல் உயர்ந்த வெப்பநிலையும் காணப்படுகிறது. ஆகவே, சமவெப்ப நிலையிலில்லாத ஒரு கடத்தி வழியாக மின்னோட்டம் பாயும் போது அதில் வெப்ப உட்கவர்தல் அல்லது வெப்ப வெளியீடு நிகழ்கிறது என அறிகிறோம். இந் நிகழ்ச்சி தாம்சன் விளைவு (Thomson effect) எனப்படும். இதுவும் பின்னோக்கி இயங்கவல்ல ஒரு நிகழ்ச்சியாகும். அதாவது, மின்னோட்டம் எதிர்த்திசையில் சென்றால், நிகழ்ச்சியின் விளைவுகள் தலைகீழாக மாறும் (படம் A-9). இவ் விளைவு நேர் தாம்சன் விளைவு (Positive Thomson effect) என்றும், எதிர் தாம்சன் விளைவு (Negative Thomson effect) என்றும் இருவகைப்படும். நாம்

எடுத்துக்கொண்ட செப்புத்தண்டு சோதனையில் *A*-லிருந்து *B*-க்கு மின்னோட்டம் செல்லும்போது *A*-ன் வெப்பநிலை குறைவதையும், *B*-ன் வெப்பநிலை உயர்வதையும் கண்டோம். அதாவது மின்னோட்டம் பாய்கின்ற திசையிலேயே வெப்பமும் எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. இப்படி நேர்ந்தால் அவ்விளைவு 'நேர் தாம்சன் விளைவு' என்று கூறப்படுகிறது. செப்புத்தண்டுக்குப் பதிலாக இருப்புத் தண்டைப் பயன்படுத்தினால், *A*-ன் வெப்பநிலை அதிகரிப்பதையும், *B*-ன் வெப்பநிலை குறைவதையும் காணலாம். இங்கு மின்னோட்டம் பாய்கின்ற திசைக்கு எதிர்த் திசையில் வெப்பம் எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. இத்தகைய நிகழ்ச்சி 'எதிர் தாம்சன் விளைவு' எனப்படுகிறது.

7. அணுவின் கட்டமைப்பு

(Structure of atom)

தனிமம், கூட்டுப்பொருள் போன்றவை அடிப்படையில் சிறுசிறு உருண்டைகளால் ஆக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவ்வுருண்டைகளைப் பொருளின் இறுதிக் கூறுகள் என்று கருதியவர்கள் 'உடைக்க முடியாதது' என்ற பொருளுடைய கிரேக்கச் சொல்லால் இவற்றை 'Atoms' (அணுக்கள்) என வழங்கினர். இன்று அக்கருத்து மறைந்து அணுவுக்கு உள்ளே பல துகள்கள் அல்லது துணைக்கூறுகள் இருப்பது கண்டறியப்பட்டு, அணு விஞ்ஞானம் கடல்போல் வளர்ந்து வருகிறது.

தனிமம் பல கணக்கற்ற அணுக்களைக் கொண்டிருக்கிறது. ஒரு தனிமத்தின் அணுக்கள் எல்லாம் முற்றிலும் ஒத்திருக்கின்றன—ஐசோடோப்புகள் இவ்வுண்மைக்கு மாறுபடுவதைப் பின்னர்க் காணலாம்—ஒரு தனிமத்தின் அணு மற்றொரு தனிமத்தின் அணுவிலிருந்து துகள்களின் எண்ணிக்கையாலும், அமைப்பாலும் வேறுபட்டிருக்கும். தனிம அணுக்கள் பல சேர்ந்து மூலக் கூறுகள் உண்டாகின்றன.

அணுவின் உள்ளமைப்புக்குத்தான் அதன் கட்டமைப்பு (structure) என்று பெயர். அணுவின் கட்டமைப்பை இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். (1) நேர் மின்னூட்டமுடைய, அணுவின் மையப்பகுதியாகிய அணுக்கரு, (2) அணுக்கருவைச் சூழ்ந்துள்ள, எதிர் மின்னூட்டமுடைய எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்ட புறப்பகுதி.

ஓர் அணுவின் தனித் தன்மையைக் கட்டிக்காப்பது அதன் அணுக்கருவே ஆகும். அணுக்கருவில் ஓர் அலகு நேர்மின் விட்டமும், ஓர் அலகு நிறையும் கொண்ட புரோட்டான்கள் (Protons) என்ற துகள்களும், மின்னூட்டமற்றதும், ஓர் அலகு நிறையுடையதுமான நியூட்ரான்கள் (Neutrons) என்னும் துகள்களும் அடங்கியுள்ளன எனக் கண்டோம். அணுவின்

எடை என்பது உண்மையில் அதன் அணுக்கருவின் எடையே ஆகும்.

எலெக்ட்ரான்கள் ஓர் அலகு எதிர் மின்னூட்டமும், மிகக் குறைந்த அளவு நிறையும் உடையவை. இவை அணுக் கருவைச்சுற்றி, தங்களுக்கென அமைந்த ஒரு பாதையில், ஒழுங் கான குறிப்பிட்ட ஒரு வேகத்தில், இடைவிடாது இயங்கிக் கொண்டிருக்கின்றன. இத்தகைய எலெக்ட்ரான் அமைப்பு தனிமத்தின் இரசாயன இயற்பியல் பண்புகளை வரையறுப்ப தில் பெரும் பங்கு வகிக்கின்றது. இயல்பு நிலையில் உள்ள அணு மின்னூட்டம் அற்றதாக இருக்கும். ஆகவே, அணுவில் உள்ள நேர் மின்னூட்டத் துகள்களாகிய புரோட்டான்களின் எண்ணிக் கையும், எதிர் மின்னூட்டத் துகள்களாகிய எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் சமமாக இருக்கும்.

அணுவில் உள்ள ஓர் எலெக்ட்ரானை நீக்க, அது ஒரு நேர் மின்னூட்டமுடைய அயனியாகும். இரு எலெக்ட்ரான்களை நீக்க, அது இருநேர்மின்னூட்டமுடைய அயனியாகும். இவ்வாறு எலெக்ட்ரான்கள் எல்லாவற்றையும் நீக்கி விட்டாலும்கூட, அணு வின் தனித்தன்மை மாறாது. ஆனால், அணுக்கருவில் உள்ள புரோட்டான்கள் அல்லது நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையில் ஏதாவது மாற்றம் ஏற்படுமானால், அந்த அணு தன் தனித் தன்மையை இழந்து வேறு ஒரு தனிமத்தின் அணுவாக மாறி விடும். இவ்வாறு அணுக்கருவில் ஏற்படும் மாற்றங்களால் ஓர் அணு வேறோர் அணுவாக மாறுகின்ற நிகழ்ச்சிக்குத் **தனிம மாற்றம்** (Transmutation of elements) என்று பெயர்.

எலெக்ட்ரானைக் கண்டுபிடித்து அதன் இயல்பினை ஆராய்ந்து அறிந்த J. J. தாம்சன் என்பவர்தாம், முதன்முதலாக அணுவின் கட்டமைப்புப் பற்றிய கருத்தை வெளியிட்டார். இக் கருத்துக்கு **தாம்சன் அணு மாதிரி** (Thomson's atom model) என்று பெயர்.

அணுவின் நேர் மின்னூட்டம், அணுக்கோளத்தின் மீது சீராகப் பரவி இருப்பதாகவும், அக்கோளத்திற்கு உள்ளே எலெக்ட்ரான்கள் அமைந்திருக்கின்றன என்றும் தாம்சன் கருதினார். எலெக்ட்ரான்களுக்கு இடையே ஏற்படும் எதிர்ப்பு விசையும், நேர் மின்னூட்ட கோளத்திற்கும் எலெக்ட்ரான் களுக்குமிடையே ஏற்படும் ஈர்ப்பு விசையும் ஒன்றை ஒன்று ஈடு செய்யக் கூடிய வகையில் அவை அணுவுக்கு உள்ளே அமைந் திருக்கின்றன என்றும், ஆகவேதான், அணு தன் கட்டமைப்புக்

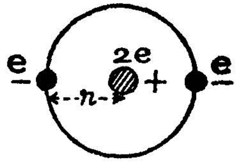
குலையாது நிலையாக இருக்கிறது என்றும் தாம்சன் கருதினார். மேலும், அணுவின் உள்ளே அமைந்த எலெக்ட்ரான்கள் தம் சம நிலைப்புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு அதிர்வுறும்போது, மின் காந்தக் கொள்கையின்படி ஒற்றைநிற நிறமாலை வரியாக வெளி யிடுகின்றன என்றும் கூறினார். தம் கொள்கையை வலியுறுத்த ஹைட்ரஜன் அணு 1400A அலைநீளமுடைய ஒரு நிறமாலை வரியைத் தரும் எனக் கணக்கிட்டும் காட்டினார். உண்மையில் ஹைட்ரஜன் அணு அத்தகைய ஒரு நிறமாலை வரியைத் தரவும் செய்தது. என்றாலும், தாம்சன் கொள்கை தவறுடையது எனக் கூறி கைவிடப்பட்டது. ஏன்? எலெக்ட்ரான்களின் அதிர்வினால் நிறமாலை வரி தோன்றும் என்றும், அவ்வாறு தோன்றும் வரியின் அதிர்வு எண் எலெக்ட்ரானின் அதிர்வு எண்ணுக்குச் சமம் என்றும், கொண்டால், ஒரே ஓர் எலெக்ட்ரானை மட்டும் கொண்ட ஹைட்ரஜன் அணு ஒரே ஒரு நிறமாலை வரியைத்தான் தர இயலும் ஆனால், நடைமுறையில் ஹைட்ரஜன் அணு பல நிற மாலைத் தொகுதிகளையும், அத்தொகுதிகள் ஒவ்வொன்றிலும் பல் வரிகளையும் கொண்டிருக்கிறது என அறிகிறோம். எனவே, தாம்சன் கொள்கை தவறானது என அறிகிறோம்.

ரதர்ஃபோர்ட் அணு மாதிரி (Rutherford's atom model)

ஆல்ஃபாத் துகள்களின் சிதறல் பற்றி ஆய்வுகள் நடத்திய ரதர்ஃபோர்ட் என்பார் அந் நிகழ்ச்சியில் ஏற்பட்ட பெருங் கோணச் சிதறலை விளக்கும் முயற்சியில் ஈடுபட்டார். தாம்சன் கொள்கைப்படி அணு அமைந்திருந்தால் பெருங்கோணச் சிதறல் ஏற்பட வாய்ப்பு இல்லை என்று கருதிய அவர், அணுவின் நேர் மின்னூட்டம் அத்தனையும் அணுவின் மையத்தில அமைந்த சிறுபகுதியில் பொதிந்திருக்க வேண்டும் என்றும், அப்போது தான் பெருங்கோணச் சிதறலை விளக்க முடியும் என்றும் கருதி னார். நேர் மின்னூட்டம் பொதிந்த அப் பகுதிக்கு அவர் அணுக் கரு (Nucleus) எனப் பெயரிட்டார். எலெக்ட்ரான்கள் அணுக் கருவைச் சுற்றித் தங்களுக்கென அமைந்த பாதையில் குறிப் பிட்ட ஒரு வேகத்தில் இயங்கிக் கொண்டிருக்கின்றன எனக் கூறினார்.

ரதர்ஃபோர்ட் கூறிய அணுமாதிரியும் முற்றிலும் செம்மை யானதா? என்றால் இல்லை. அணுக்கருவைச் சுற்றி வருகின்ற எலெக்ட்ரான்களின் அமைப்பு எத்தகையது? அணுவின் கட்டமைப்புக் குலையாமலிருப்பதற்கான காரணங்கள் யாவை? என்பவைபற்றிய விளக்கங்கள் தேவை. எலெக்ட்ரான்கள்

அணுக்கருவுக்கு வெளிவந்து சுழன்று கொண்டிருக்கும் போது நிலைமின் விசையால் மட்டும் சமநிலை நிலவிட முடியுமா? எடுத்துக்காட்டாக ஹீலியம் அணுவில் இரு எலெக்ட்ரான்



படம் A-10

களிருக்கின்றன. அணுக்கருவின் மின்னூட்டம் 2e ஆகும். எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவுக்கு இருபக்கத்திலும், பக்கத்திற்கு ஒன்றாக 'r' என்ற தொலைவில் இருப்பதாகக் கொள்வோம் (படம் A-10). அவை ஒவ்வொன்றும் $\frac{2e.\ e}{r^2}$ என்ற விசையுடன் அணுக்கருவால் ஈர்க்கப்படுகின்றன. ஆனால், எலெக்ட்ரான்களுக்கு இடையே உள்ள எதிர்ப்பு விசை $\frac{e.\ e}{(2r)^2} = \frac{e^2}{4r^2}$ ஆகும். அதாவது ஈர்ப்பு விசை, எதிர்ப்பு விசையைப் போல எட்டு மடங்கு பெரிதாக இருக்கும். எனவே, எலெக்ட்ரான் அணுக்கருவால் இழுக்கப்பட்டு அதனுள் சென்றுவிட அணுவின் கட்டமைப்புக் குலைந்துவிடு மல்லவா? இத்தகைய சிக்கல் ஏற்பட்டவுடன் எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவைச் சுற்றிவருகின்றன என்றும், அவ்வாறு சுற்றிவருவதால் ஏற்படும் மையம் விட்டோடும் விசை (Centrifugal force) எலெக்ட்ரான்களின் எதிர்ப்பு விசையில் காணப்படும் பற்றாக்குறையை ஈடுசெய்யும் என்றும் கூறப்பட்டது. இந்த விளக்கம் இன்னொரு சிக்கலுக்கு வழிகோலி விட்டது. எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்கருவைச் சுற்றி வருகின்றன என்றால், மின்காந்தக் கொள்கையின்படி, ஒரு பாதையில் சுற்றிவருகின்ற மின்னூட்டம் (எலெக்ட்ரான்) ஆற்றலை வெளிவிட வேண்டும். இதற்கான ஆற்றலை அணுவிலிருந்துதான் பெறப்பட வேண்டும். ஆகவே, எலெக்ட்ரான் அணுக்கருவைச் சுற்றச் சுற்ற ஆற்றல் வெளிவந்து கொண்டே இருப்பதால், எலெக்ட்ரான் உட்சுழிவுப் பாதை வழியே சென்று இறுதியில் அணுக்கருவை அடைய நேரிடும். அதாவது அணுவின் கட்டமைப்புக் குலைந்து போகும். மேலும், உட்சுழிவுப்பாதை வழியாக எலெக்ட்ரான் அணுக்கருவை நெருங்க நெருங்க, அதன் அலைவு நேரம் குறைந்து

கொண்டே போக நேரிடுமல்லவா? ஆகவே, அது வெளியிடும் ஒளியின் அதிர்வு எண் அதிகரித்துக் கொண்டே போகவேண்டும். இவ்வாறு அதிர்வு எண் அதிகரித்துக் கொண்டே போகும் ஒரு கதிர்வீச்சுப்பற்றிய கருத்து ஒப்புக் கொள்ளக்கூடியதன்று.

இப்போது நமக்கு ஒரு குழப்பம் ஏற்படுகிறது. அணுக் கருவும் அதைச்சுற்றி வரும் எலெக்ட்ரான்களும் கொண்ட ரதர்ஃபோர்ட் அணுமாதிரி பற்றிய கருத்து சரியா அல்லது சுற்றிவரும் மின்னூட்டம் ஆற்றலைக் கதிர்வீச்சாக வெளியிடும் என்ற மின்காந்தக் கொள்கை சரியா? என்பதே அக்குழப்பம்.

போர் அணுமாதிரி (Bohr's atom model)

1913-ல் நீல் போர் என்பார் துணிவுமிக்கத் தம் கருத்துகளால் இக்குழப்பத்தைத் தீர்த்து வைத்தார். மின்காந்த அலைக் கொள்கை மற்ற விடயங்களைப் பொறுத்தவரை உண்மையான ஒன்றுதான் என்றாலும், அணுவிலுள்ள சுழலும் எலெக்ட்ரான்களைப் பொறுத்த வரை அக் கொள்கை ஒத்துவராத ஒன்றே என்று கூறினார். மேலும், குவாண்டம் கொள்கை (Quantum Theory)யின் அடிப்படையில எலெக்ட்ரான்களின் பாதை பற்றிய விளக்கங்களையும், நிறமாலை வரிகளின் அடிப்படை பற்றியும் விளக்கினார். இக் கருத்துகளைத்தான் போர் அணுமாதிரி என்கிறோம்.

போர் அணுமாதிரியின் அடிக்கோள்கள் (Postulates of Bohr's model)

(1) எலெக்ட்ரான்கள், அணுக்கருவைச் சுற்றி அமைந்துள்ள 'தனிச்சலுகையுள்ள சுற்றுப்பாதைகளில்' சுற்றி வருகின்றன. இப்பாதைகளில் சுற்றிவரும் எலெக்ட்ரான்கள் தொன்மைப் பௌதிகத்தின் மின்காந்தக் கொள்கையின்படி ஆற்றலை வீசுவது இல்லை. ஆகவேதான இப்பாதைகள தனிச்சலுகைப் பாதைகள் எனபபடுகின்றன. இப்பாதைகள் ஒவ்வொன்றுக்கும் அவைகளுக்கென வரையறுக்கப்பட்ட ஓர் ஆற்றல் உண்டு. ஆகவே, இப்பாதைகளுக்குக் குவாண்டம் பாதைகள் (Quantum orbits) என்றொரு பெயரும் உண்டு. h எனபது பிளாங்க மாறிலி என்று கொண்டால், எலெக்ட்ரானின் கோண உந்தம் (augular momentum) $\frac{h}{2\pi}$ — ன் முழு எண் மடங்காக இருக்கக்கூடிய பாதைகளைத்தான தனிச்சலுகை

விதிகள் என்று கூறலாம். (இதுபற்றிய கொள்கை விளக்கம் இந்நூலின் நோக்கத்திற்கு அப்பாற்பட்டது.) பொதுவாகக் கூறினால் n என்பது ஒரு முழு எண் என்றால், எலெக்ட்ரானின் கோண உந்தம் $n\frac{h}{2\pi}$ (அல்லது $n\hbar$) ஆக இருக்கக் கூடிய பாதைகள் எல்லாம் குவாண்டப் பாதைகளாகும். n என்பது அப்பாதையின் குவாண்டம் எண் எனப்படும். $n = 1$ என்றால், அது முதல் குவாண்டப் பாதையையும், $n = 2$ என்றால் இரண்டாவது குவாண்டப் பாதையையும் குறிக்கும்.

(2) போர் கூறிய இரண்டாவது அடிக்கோள் நிறமாலை வரிகளின் தோற்றம் பற்றியது. ஏதோ ஒரு காரணத்தினால் உயர்ந்த ஆற்றலுடைய ஒரு சுற்றுப்பாதையிலிருந்து, குறைந்த ஆற்றலுடைய இன்னொரு சுற்றுப்பாதைக்கு எலெக்ட்ரான் தாவ நேரிட்டால், ஆற்றல் கதிர் வீச்சாக வெளிவரும். அவ்வாறு வெளிவரும் ஆற்றலின் அளவு சம்பந்தப்பட்ட இருபாதைகளுக்கு உரிய ஆற்றல்களின் வேறுபாட்டிற்குச் சமமாக இருக்கும்.

ஒரு சுற்றுப் பாதைக்கான ஆரத்தின் அளவு

M, E என்பன முறையே அணுக்கருவின் நிறையையும், மின்னூட்டத்தையும் குறிப்பதாகவும், m, e என்பன எலெக்ட்ரானின் நிறை, மின்னூட்டம் ஆகியவற்றைக் குறிப்பதாகவும் கொள்வோம். எலெக்ட்ரானின் திசைவேகம் v என்றும், தனிமத்தின் அணு எண் Z என்றும் கொள்வோம். எலெக்ட்ரான் சுற்றிவரும் ஒரு பாதையின் ஆரம் 'a' என்றால், எலெக்ட்ரானுக்கும் அணுக்கருவுக்கு மிடையே நிலவும் ஈர்ப்பு விசை $= \frac{Ee}{a^2}$ ஆகும். எலெக்ட்ரானின் மையம் விட்டோடும் விசை $= \frac{mv^2}{a}$ ஆகும். அணுவின் கட்டமைப்புக் குலையாதிருக்க வேண்டுமென்றால், இவை இரண்டும் சமமாக இருக்க வேண்டும்.

$$\therefore \quad \frac{Ee}{a^2} = \frac{mv^2}{a}$$

$$v^2 = \frac{Ee}{ma} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

போர் கூறிய முதல் அடிக்கோளின் படி எலெக்ட்ரானின் கோண உந்தம் $= n\frac{h}{2\pi}$ ஆகும்.

எலெக்ட்ரானின் நிலைமத் திருப்புத்திறன் (Moment of inertia) I என்றும், அதன் கோணத்திசை வேகம் ω என்றும் கொண்டால், அதன் கோண உந்தம் $= I\omega$ எனக் கூறுவர். ஆகவே,

$$I\omega = n\frac{h}{2\pi}$$

[m என்ற நிறையுடைய துகள் a என்ற ஆரமுடைய பாதையில் சுற்றிவந்தால், அதன் நிலைமத் திருப்புத்திறன் $I = ma^2$ ஆகும். மேலும் $v = a\omega$ ஆகும்].

எனவே,
$$I\omega = ma^2\omega$$
$$= ma^2\frac{v}{a}$$
$$= mav \text{ என எழுதலாம்.}$$

$$\text{எனவே, } mav = n\frac{h}{2\pi}$$
$$v = \frac{nh}{2\pi ma} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1), மற்றும் (2) ஆகியவற்றிலிருந்து,

$$\frac{v^2}{v} = \frac{Ee}{am} \times \frac{2\pi am}{nh}$$

$$v = \frac{2\pi Ee}{nh} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

சமன்பாடு (2)-லிருந்து

$$a = \frac{nh}{2\pi mv} \quad \text{என்றாகும்.}$$

சமன்பாடு (3) மூலம் கிடைத்த v-ன் மதிப்பை இதில் பதிலீடு செய்ய,

$$a = \frac{nh}{2\pi m} \cdot \frac{nh}{2\pi Ee}$$
$$= \frac{n^2h^2}{4\pi^2 Ee.m} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (4)$$

இச் சமன்பாட்டைக் கொண்டு குவாண்டம் பாதைகளின் ஆரத்தைக் கணக்கிடலாம். ஹைட்ரஜன் அணுவின் முதல்

சுற்றுப்பாதையின் ஆரத்தை போர் கணக்கிட்டுக் கூறினர் அதற்குப் போர் ஆரம் (Bohr's radius) என்றே பெயர்.

ஹைட்ரஜன் அணுவில்

$E = e = 1 \cdot 6019 \times 10^{-19}$ கூலம் $n = 1$

$h = 6 \cdot 6238 \times 10^{-34}$ ஜூல் வினாடி

$m = 9 \cdot 1072 \times 10^{-31}$ கி.கி.

இம்மதிப்புகளைப் பதிலீடு செய்ய $\underline{a = 53 \times 10^{-10}}$ மீட்டர் ஆகும்.

சுற்றுப்பாதையின் ஆற்றல் (Energy of the orbit)

எலெக்ட்ரான் பெற்றுள்ள நிலை ஆற்றல், மற்றும் இயக்க ஆற்றல் இவை இரண்டின் கூட்டுத் தொகையே அது சுற்றி வரும் பாதையின் ஆற்றலாகும்.

$$\text{இயக்க ஆற்றல்} = \tfrac{1}{2}mv^2$$

$$= \tfrac{1}{2}\, m \left(\frac{Ee}{am}\right) \quad \therefore v^2 = \frac{Ee}{am}$$

$$= \underline{\frac{Ee}{2a}}$$

எலெக்ட்ரான் E என்னும் மின்னூட்ட முடைய அணுக்கரு a என்னும் தொலைவில் இருக்கிறது. அவ்விடத்தி லுள்ள மின்னழுத்தம் $= -\frac{E}{a}$ ஆகும். எனவே, e என்ற மின்னூட்டம் அவ்விடத்தில் பெறுகின்ற நிலையாற்றல்

$$= -\frac{Ee}{a} \text{ ஆகும்.}$$

எனவே, மொத்த ஆற்றல் = இ. ஆ. + நி. ஆ.

$$W = \frac{Ee}{2a} + \left(-\frac{Ee}{a}\right)$$

$$= \underline{\frac{Ee}{2a}}$$

இதில் சமன்பாடு (4)-ல் பெற்ற 'a' ன் மதிப்பினைப் பதிலீடு செய்ய,

$$W = -\frac{Ee}{2} \cdot \frac{4\pi^2 m.\, Ee}{n^2 h^2}$$

$$= -\frac{2\pi^2 E^2 e^2 .m}{n^2 h^2} \quad \ldots\ \ldots\ \ldots\ldots \quad (5)$$

இது n ஆவது சுற்றுப்பாதையின் ஆற்றலைக் குறிப்பதற்கான வாய்பாடு ஆகும். இதிலிருந்து n-ன் மதிப்பு அதிகரிக்க அதிகரிக்க, சுற்றுப்பாதை ஆற்றலின் எண் மதிப்பு, குறைந்து கொண்டே போகும் எனபதை அறியலாம். ஆனால், இச் சமன் பாட்டில் வருகிற எதிர்க்குறி (—குறி) மிக முக்கியமான ஒன்றாகும்

n-ன் மதிப்பு அதிகரிக்க அதிகரிக்கப் பாதை ஆற்றலின் எண் மதிப்புக் குறைந்து கொண்டே சென்றாலும், உண்மையில் அதன் ஆற்றல் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்கிறது. (—6 என்பது —8ஐ விடப்பெரியது அல்லவா? அதைப் போல) மேலும், எலெக்ட்ரான் எப்போதும் அணுக்கருவால் ஈர்க்கப்பட்ட நிலையிலேயே இருக்கிறது என்பதையும், ஓர் எலெக்ட்ரானை அணுக் கருவின் ஆட்சியிலிருந்து விடுவிக்க வேண்டுமென்றால், வெளியாற்றல் செலவிடப்பட வேண்டும் என்பதையும் அறிகிறோம். அணுக்கருவுக்கு அருகிலுள்ள பாதையில் சுற்றி வரும் எலெக்ட்ரான்களை விடுவிக்க அதிக வெளி ஆற்றலும், தொலைவிலுள்ள பாதையில் சுற்றிவரும் எலெக்ட்ரான்களை விடுவிக்கக் குறைந்த ஆற்றலும் செலவிடப்பட வேண்டும் என்பதும் எளிதில் ஊகித்து அறியக் கூடிய ஒன்றே ஆகும்.

எலெக்ட்ரான் தாவலும், நிறமாலை வரித் தோற்றமும்

ஓர் எலெக்ட்ரான் E_1 என்ற அளவுடைய ஒரு சுற்றுப் பாதையிலிருந்து E_2 என்ற அளவுடைய உட்சுற்றுப்பாதை ஒன்றுக்குத் தாவும் போது, இரண்டாவது அடிக்கோளின்படி அது $E_1 - E_2$ என்னும் அளவுடைய ஆற்றலை வெளியிடும். குவாண்டம் கொள்கையின்படி அந்த ஆற்றல் $h\nu_9$ ஆகும். இங்கு ν என்பது வெளிவிடப்படும் கதிர் வீச்சின் அதிர்வு எண் ஆகும்.

எனவே,

$$E_1 - E_2 = h\nu$$

ஒரு பாதையின் குவாண்டம் எண் n_1 என்றும், மற்றதன் குவாண்டம் எண் n_2 என்றும் கொண்டால,

$$E_1 = -\frac{2\pi^2 mE^2e^2}{n_1^2h}$$

$$E_2 = -\frac{2\pi^2 mE^2e^2}{n_2^2h^2}$$

எனவே, $hv = E_1 - E_2$

$$= -\frac{2\pi\ mE^2e^2}{h}\left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$

$$= +\frac{2\pi^2 mE^2e^4}{h}\left[\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right]$$

$$= \frac{2\pi^2 mE^2e^2}{h^3}\left[\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right]$$

ஒளியின் திசை வேகம் C என்றால்,

$C = \gamma\ \lambda$. இங்கு λ என்பது வெளிவிடப்படும் கதிர்வீச்சின் அலை நீளமாகும்.

$$\gamma = \frac{C}{\lambda}$$

$$\therefore \quad \frac{C}{\lambda} = \frac{2\pi^2 mE^2e^2}{h^3}\left[\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right]$$

அலை நீளத்தின் தலைப்பு மாற்று பின்னம் (reciprocal) அலை எண் (Wave number) என்று வழங்கப்படுகிறது. அதனை $\bar{\gamma}$ என்ற குறியீட்டால் குறிப்பது வழக்கம். எனவே,

$$C\bar{\gamma} = \frac{2\pi^2 mE\ e^2}{h^3}\left[\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right]$$

$$\bar{\gamma} = \frac{2\pi\ mE\ e^2}{Ch^3}\left[\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right]$$

மேலும் $E = Ze$ ஆகையால்,

$$\bar{\gamma} = \frac{2\pi^2 mZ^2e^4}{Ch^3}\left[\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right]$$

$$= RZ^2\left[\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right]$$

இச் சமன்பாட்டில் R என்பது $\frac{2\pi^2 me^4}{Ch^3}$ ஐக் குறிக்கும் ஒருமாறிலி ஆகும். இதனை ரிட்பர்க் மாறிலி (Rydberg's Constant) என்பர்.

ஹைட்ரஜன் நிறமாலை வரிகள்

ஹைட்ரஜன் அணுவுக்கு $Z = 1$ ஆகையால், அதற்குரிய நிறமாலை வரிகளின் அலைஎண்ணுக்கான பொது வாய்பாடு-

$$\bar{\gamma} = R 1^2 \left[\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right]$$ என்பதாகும்.

பாமர் தொடர் (Balmer's Series)

1885ஆம் ஆண்டில் J. J. பாமர் என்ற ஒரு பள்ளி ஆசிரியர் ஹைட்ரஜன நிறமாலை வரிகளின் அலைஎண்ணை

$$\bar{\gamma} = 109678 \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right]$$ என்ற ஓர் அனுபவ

வாய்பாட்டின் (empirical formula) மூலம் குறித்தார். இதிலுள்ள n-ன் மதிப்பு 2 ஐ விடப் பெரிய முழு எண்ணாக இருக்க வேண்டும்.

போர் கூறிய $R = \frac{2\pi^2 me^4}{Ch^3}$ என்ற வாய்பாட்டில், m, e, C, h ஆகியவற்றிற்கு உரிய மதிப்புகளைப் பதிலீடு செய்து R-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். பின் $Z = 1$ எனக்கொண்டு, $n_2 = 2$ மற்றும் $n_1 = n$ என்றும் பதிலீடு செய்ய

$$\bar{\gamma} = 109740 \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right]$$

என்ற வாய்பாடு கிடைக்கிறது. பாமரின் அனுபவ வாய்பாட்டிற்கும், போரின் கொள்கைப்படி கண்டறிந்த மேற்கண்ட வாய்பாட்டிற்கும் உள்ள வியக்கத்தக்க ஒற்றுமை போர் கொள்கைக்கு ஒரு செய்முறைச் சான்றாக அமைந்தது. இச் சமன்பாட்டில் $n = 3, 4, 5$.........என்று பதிலீடு செய்ய, பாமர் தொடர் வரிகளின் அலை எண்களைப் பெறலாம். இதிலிருந்து ஹைட்ரஜன் அணுக்கருவைச் சுற்றியிருக்கும் இரண்டாவது குவாண்டம் பாதைக்கு, அதற்கு வெளியிலுள்ள பாதைகளிலிருந்து எலெக்ட்ரான் தாவல் நிகழும்போது பாமர் தொடர் வரிகள் தோன்றுகின்றன என அறிகிறோம்.

லைமன் தொடர் (Lymann Series)

இவை புற ஊதாப் பகுதியிலிருக்கும் நிறமாலை வரிகளாகும்.

$$\bar{\gamma} = R\left[\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right]$$

என்ற ஹைட்ரஜன் நிறமாலை வரிசளின் அலை எண்ணுக்கான பொது வாய்பாட்டில் $n_1=1$ என்றும், $n_2=2, 3, 4$........ என்றும் பதிலீடு செய்ய, லைமன் தொடர் வரிகளின் அலை எண்கள் கிடைக்கின்றன. ஹைட்ரஜன் அணுவின் முதல் சுற்றுப் பாதைக்கு அதற்கு வெளியே உள்ள சுற்றுப் பாதைகளிலிருந்து நிகழும் எலெக்ட்ரான் தாவலினால் லைமன் தொடர் வரிகள் தோன்றுகின்றன.

பாஷன் தொடர் (Pashen's Series)

ஹைட்ரஜன் நிறமாலைத் தொடருக்கான பொது வாய்பாட்டில் $n_2=3$ என்றும், $n_1=4, 5, 6$..........என்றும் பதிலீடு செய்ய பாஷன் தொடர் வரிகளின் அலை எண்கள் கிடைக்கின்றன. அதாவது ஹைட்ரஜன் அணுவின் மூன்றாவது சுற்றுப் பாதைக்கு அதற்கு வெளியிலுள்ள சுற்றுப்பாதைகளிலிருந்து நடைபெறும் எலெக்ட்ரான் தாவல்களினால் பாஷன் தொடர் வரிகள் தோன்றுகின்றன.

பிராக் தொடர் (Brackett Series)

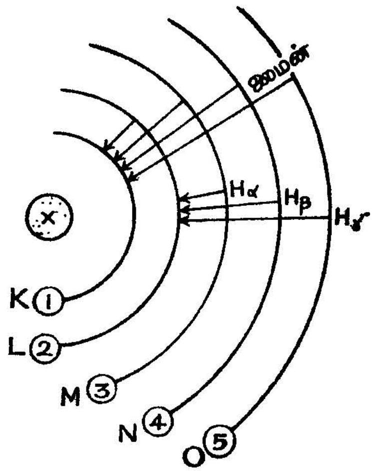
ஹைட்ரஜன் நிறமாலைத் தொடருக்கான பொது வாய்பாட்டில் $n_2=4$ என்றும் $n_1=5, 6$.........என்றும் பதிலீடு செய்ய அகச் சிவப்புப் பகுதியிலுள்ள பிராக்கெட் தொடர் வரிகளின் அலை எண்களைப் பெறலாம். ஹைட்ரஜன் அணுவிலுள்ள நாலாவது சுற்றுப்பாதைக்கு, அதற்கு வெளியிலுள்ள சுற்றுப் பாதைகளிலிருந்து நடைபெறுகின்ற எலெக்ட்ரான் தாவல்களின் காரணமாக பிராக்கெட் தொடர் வரிகள் தோன்றுகின்றன.

சுற்றுப்பாதை படம் (Orbit diagram)

படத்தில் போரின் கொளகைப்படி அமைந்த சலுகை பெற்ற சுற்றுப்பாதைகளும், அவற்றிற்குரிய குவாண்டம் எண்களும் தரப்பட்டிருக்கின்றன. எந்த இருபாதைகளுக்கு இடையே எலெக்ட்ரான் தாவல் நிகழுகிறதோ, அவ்விரு பாதைகளும் அம்புக்குறியால் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

$n=1, 2, 3, 4$ . ...என்ற குவாண்டம் எண்களைக் கொண்ட சுற்றுப்பாதைகள் முறையே *K*, *L*, *M*, *N* .... பாதைகள் என வழங்கப்படுகின்றன.

படம் A-11-ல் $n=1$ ஆகவுடைய முதல் சுற்றுப்பாதைக்கு அதற்கு வெளியிலுள்ள மற்ற சுற்றுப்பாதைகளிலிருந்து



படம் A-11

எலெக்ட்ரான் தாவல் நடைபெறுவதால், லைமன் தொடரின் வெவ்வேறு வரிகள் தோன்றுவது காட்டப்பட்டிருக்கிறது.

$n=2$ ஆகவுடைய இரண்டாவது சுற்றுப்பாதைக்கு, அதற்கு அப்பாலுள்ள சுற்றுப்பாதைகளிலிருந்து எலெக்ட்ரான் தாவல் நிகழும்போது, பாமர் தொடரிலுள்ள $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$......... வரிகள் தோன்றும் விதம் தெளிவாக்கப்பட்டிருக்கிறது.

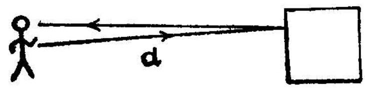
இவ்வாறே மற்ற தொடரிலுள்ள வரிகளின் தோற்றத்தையும் சுற்றுப்பாதைப் படத்தின் உதவியால் விளக்கலாம்.

ரேடார் (Radar)

ரேடியோ அலைகளைக்கொண்டு, தொலைவில் உள்ள பொருள்களின் இடத்தை அறிதலும் அளவிடுதலும் என்ற பொருளைத் தருகின்ற Radio detection and ranging என்ற சொற்றொடர் பகுதியிலுள்ள அடிக்கோடிட்ட எழுத்துகளைச் சேர்க்க Radar என்ற சொல் உருவாகியது.

நாம் ஒரு பெரிய கட்டடத்திற்குச் சிறிது தொலைவில் நின்று கொண்டு உரத்த குரலில் ஓர் ஒலி எழுப்புவதாக வைத்துக்

கொள்வோம். அவ்வொலி கட்டடத்தில் சென்று மோதி, எதி ரொலித்து, மீண்டும் நம் காதுகளில் விழுமல்லவா! நாம் ஒலியை எழுப்பியதற்கும், பின் எதிரொலியைக் கேட்டதற்கும் இடையில் கழிந்த காலம், ஒலி நம்மிடமிருந்து கட்டடத்திற்குச் சென்று, திரும்பி, நம்மிடம் வந்து சேர எடுத்துக்கொண்ட காலத்திற்குச் சமமாகும் அல்லவா? நமக்கும் கட்டடத்திற்கும் இடையே



படம் A-12

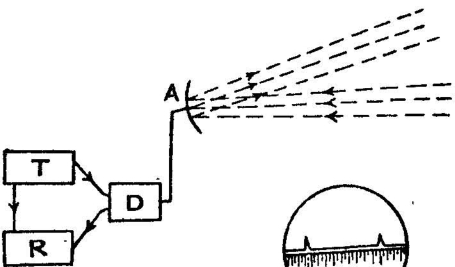
உள்ள தொலைவு d என்றும், ஒலி சென்று வர எடுத்துக்கொண்ட நேரம் t விநாடிகள் என்றும், ஒலியின் வேகம் v என்றும் கொண்டால்,

$2d = vt$ ஆகும்.

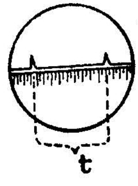
அல்லது $d = \frac{vt}{2}$ ஆகும் என அறிவோம். இதே அடிப் படையில்தான் ரேடார் இயங்குகிறது. ஒலி அலைகளுக்குப் பதிலாக ஆற்றல்மிக்க மிகச் சிறிய அலை நீளங்கொண்ட (1 முதல் 5 செ. மீ. வரை) ரேடியோ அலைத் துடிப்புகள் (pulses) பயன் படுத்தப்படுகின்றன. இவை மேகம், மூடுபனி போன்ற தடை களையும் ஊடுருவிச் செல்லவல்லவை. இத்தகைய துடிப்புகள் மேக்னட்ரான் (Magnetron) என்ற அமைப்பின் மூலம் உண்டாக் கப்படுகின்றன இன்னும் சிறிய அலைகளை உண்டாக்க வேண்டு மானால், க்ளைஸ்ட்ரான் (Klystron) என்ற அமைப்பைப் பயன் படுத்த வேண்டும்.

மேக்னட்ரான் குழாய் அமைப்பில் உண்டாக்கப்பட்ட அலைத்துடிப்பு வலிவூட்டப்பட்டு அலைபரப்பிக்கு (T) அனுப்பப் படுகிறது. அங்கிருந்து இணைப்பு மாற்றி அல்லது டியூப்ளக்சர் (D) என்ற கருவியை அடைந்து, அங்கிருந்து பரவளைய ஏரியலை (parabolic ariel) (A) அடைகிறது. ஏரியலின் குவியத்திலிருந்து வெளிவிடப்படும் அலைத்துடிப்புகள் குறிப்பிட்ட திசையில் செல்லக்கூடிய திசை வழிபட்ட மெல்லிய கற்றையாக வெளியேறுகின்றன. இக்கற்றை ஒளியின் வேகத்தில் சென்று, எதிர்ப்படும் பொருளின்மீது பட்டு, எதிரொளித்து, ஒரு சில மைக்ரோ விநாடிகளுக்குள் (ஒரு விநாடியில் 10 இலட்சத் தில் ஒரு பங்கிற்கு ஒரு மைக்ரோ விநாடியாகும்) மீண்டும் ஏரியலை

வந்து சேர்கிறது. எதிரொளிக்கப்பட்ட அலை ஏரியலை வந்தடையும்போது, ஏரியல் அலை அனுப்புவதை நிறுத்திவிட்டு, அலையை ஏற்பதற்குரிய நிலையில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இப்போது அந்த ஏரியல் டியூப்ளக்சரின் உதவியால் ஏற்பி (receiver)யுடன் (R) இணைக்கப்பட்டு விடும். இதிலுள்ள ஏற்பியுடன் கேதோட் கதிர் ஆசிலோகிராஃப் ஒன்று இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் உதவியால் அலைத்துடிப்பு மீண்டும் வந்து சேர்ந்துவிட்டதை அறிவதுடன், அலையை எதிரொளித்த பொருள் (இலக்கு) எவ்வளவு தொலைவில் இருக்கிறது என்று அளவிடவும் பயன்படுகிறது. ஆசிலோகிராஃப் அலைபரப்பியுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அலைத் துடிப்பு வெளியேறும் போது அதன் ஒரு பகுதி ஆசிலோகிராப்பின் செங்குத்து இணைத் தகடுகளுக்குத் தரப்படுகிறது. இதனால் ஆசிலோகிராஃபில் கிடைமட்டத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஒளிப் புள்ளியில் ஒரு துள்ளல் (hump) காணப்படும் [படம் A—13(b)].



படம் A-13 (a)



படம் A-13 (b)

பின்னர்த் தொடர்ந்து அப்புள்ளி நேர்கோட்டில் நகரும். அலை பரப்பி துடிப்பு அனுப்புவதை நிறுத்திவிட்டு எதிரொளிக்கப்பட்ட துடிப்புக்காகக் காத்திருக்கும்போது, ஆசிலோகிராஃபில் கிடைமட்ட ஒளிக்கோடு காட்சியளிக்கும். பின்னர் எதிரொளிக்கப்பட்ட துடிப்பு ஏரியலில் பட்டு ஏற்பிககு அனுப்பப்பட்டு, வலுவூட்டப்பட்ட பின்னர், ஆசிலோகிராஃபின் செங்குத்துத் தகடுகளுக்குத் தரப்படுவதால், மீண்டும் ஒளிக் கோட்டில் ஓர் இடத்தில் துள்ளல் ஏற்படுவதைக் காணலாம். முதல் துள்ளல் ஏற்படுவதற்கும் இரண்டாவது துள்ளல் ஏற்படுவதற்கும இடையே கழியும் காலம், துடிடபு ஏரியலிலிருந்து

வெளியேறியதற்கும் பின் மீண்டும் ஏரியலைவந்து அடைந்ததற்கும் இடையே கழிந்த காலத்திற்குச் சமமாகும், என அறியலாம். இந்தக் கால இடைவெளி சில நூறு மைக்ரோ விநாடிகளுக்குள்ளேதான் இருக்கும். எனவே, நம் கண்ணுக்கு இருக்கின்ற பார்வை நிலைநிறுத்தல் (persistance of vision) பண்பு காரணமாக இரு துள்ளல்களுமே கண்ணுக்குத் தெரியும் [படம் A-13(b) பார்க்க]. ஆசிலோகிராஃபில பொருத்தப்பட்டிருக்கும் விநாடி அளவு கோலில் இவ்விரு துள்ளல்களுக்கும் இடையே உள்ள காலத்தை (t) அளவிடலாம். ரேடார் நிலையத்திற்கும், இலக்கத்திற்கும் இடையே உள்ள தொலைவு D என்றும், ஒளியின் வேகம் C என்றும் கொண்டால், $D=\frac{Ct}{2}$ ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டாக இலக்கு 200 மைல் தொலைவில் மணிக்கு 300 மைல் வேகத்தில் ஓர் ஆகாயவிமானம் நகர்ந்து கொண்டிருக்கிறது என்று வைத்துக் கொள்வோம். ஒளி போய் வர வேண்டிய தொலைவு $200+200=400$ மைல்களாகும். ஒளியின் வேகம் விநாடிக்கு 186,000 மைல்களாகையால், இதற்கு ஆகும் காலம் $\frac{400}{186000}=\frac{1}{465}$ விநாடிகளே ஆகும். இந்தக் குறுகிய காலத்தில் அந்த இலக்கு நகரக் கூடிய தொலைவு $\frac{300\times5280}{60\times60}\times\frac{1}{465}=\frac{440}{465}$ அடிதான். அதாவது நாம் விமானத்தை ரேடார் மூலம் தேடத் தொடங்கிய பிறகு, நாம் அதைக் கண்டு பிடிப்பதற்குள் அது தன்னிலையிலிருந்து ஓர் அடி கூட நகாவதற்கு முடியாது. அதற்குள் நாம் அது இருக்கும் தொலைவையும், இடத்தையும் அளவிட்டு விடலாம். அலை பரப்புவதற்கும், ஏற்பதற்கும் ஒரே ஏரியலைப் பயன்படுத்துவதால், அதைக் குறிப்பிட்ட நேரத்திற்குப் பரப்பியுடனும், பின்னர் ஏற்பியுடனும், மீண்டும் பரப்பியுடனும், இப்படி மாற்றி மாற்றி இணைப்பதற்கான ஓர் அமைப்புத் தேவை அல்லவா? அத்தகைய அமைப்புத்தான் டியூப்ளக்சர் (Duplexer) என்பதாகும்.

குறிப்பு: ரேடார் நிலையத்தைச் சுற்றி எல்லாத் திசைகளிலும் உள்ள இலக்குகளை ஒரே சமயத்தில் கண்காணிப்பதற்காக அண்மைக் காலத்தில் பி. பி. ஐ. எனப்படும் (Plan Position Indicator) அமைப்பு உருவாக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதில் ஆசிலோகிராஃபில் உள்ள எலெக்ட்ரான் கற்றை (அதாவது ஒளிப்புள்ளி) திரையில் ஒரு பக்கத்திலிருந்து மறுபக்கத்திற்கு நகர்வதற்குப்

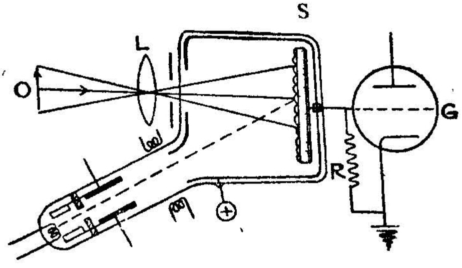
பதிலாக, திரையின் மையத்தில் துவங்கி வெளிச் சுழியாக (spiral out) நகரும்படி செய்யப்படுகிறது. சுழலும் ஏரியல் ஒன்று இத்துடன் ஒத்து இயங்கும்படி செய்யப்படுகிறது. எனவே, ரேடார் நிலையத்திற்கு நாலா திசைகளிலுமிருந்து வருகின்ற தகவல்கள் எல்லாவற்றையும் ஒரே சமயத்தில் திரை காட்டுகிறது.

தொலைக்காட்சி (Television)

ஒரு செய்தித்தாளில் உள்ள புகைப்படத்தைப் பூதக் கண்ணாடியால் நோக்கினால், வெள்ளைக் காகிதத்தில் சிறிய கறுப்புப் புள்ளிகள் நெருங்கியும் பரவியும் இருந்து, படத்தி லுள்ள உருவத்தைத் தருவதைக் காணலாம். இந்தப் புள்ளி களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்க அதிகரிக்கப் படத்தின் தெளிவு அதிகமாகவும், குறையக் குறையத் தெளிவு குறைவாகவும் இருக்கும். இப்புள்ளிகளை ஒவ்வொன்றாக எடுத்து அதே வரிசைப்படி இன்னொரு காகிதத்தில் பரப்ப முடியுமானால், அந்தப் படம் இடம் பெயருமல்லவா? அல்லது ஒரு படத்தைப் பல துண்டுகளாக வெட்டி, அத்துண்டுகளுக்கு வரிசையாக எண் கொடுத்து இன்னோர் இடத்திற்கு எடுத்துச் சென்று மீண்டும் அதே வரிசைப்படி ஒட்டினால், மீண்டும் கிழித்த படம் வந்து விடுமல்லவா? இதுதான் தொலைக் காட்சியின் அடிப்படைத் தத்துவமாகும்.

படத்தை ஒளியால் துண்டாடுவதற்கு (scanning), இக்னாஸ் கோப் (Iconoscope) என்ற கருவி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது கேதோட் கதிர்க் குழாயும் பல ஒளிமின் கலங்களைக் கொண்ட திரையும் சேர்ந்த அமைப்பு ஆகும். ஒரு மைக்காத் தகட்டின் மீது சீஷியம் பூசப்பட்ட வெள்ளி ரவைகள் சீராகப் பரப்பி வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த உலோக ரவைகள் (globules) ஒவ்வொன்றும் ஓர் ஒளி மின்கலமாகும். எனவே, திரையில் இலட்சக் கணக்கான ஒளி மின் கலங்கள் பரப்பி வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன எனக் கொள்ளலாம். படத்தில் S என்று குறிக்கப் பட்டிருப்பதுதான் அத்தகைய ஒரு திரையாகும். மைக்காத் தகட்டின் பின்பக்கம் உலோகத்தகடு பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. இதற்குக் குறிப்புத்தகடு (signal plate) என்று பெயர். இது பரப்பி வாலவின் கிரிட்டுடன் (grid) இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மைக்காத் தகட்டின் மீதுள்ள ஒவ்வொரு வெள்ளி ரவையும், மைக்காத் தகட்டிற்கு மறுபக்கமுள்ள உலோகத் தகடும் சேர்ந்து மைக்காவை மின் கடவாப்பொருளாகக் (dielectric) கொண்ட மின் தேக்கியாகச் செயற்படுகின்றது.

படம் A-14-ல் O என்பது தொலைக் காட்சிக்கு அனுப்பப் பட வேண்டிய பொருள் (நிகழ்ச்சி) என்று வைத்துக் கொள்வோம். காட்சிப் பொருள் நன்கு ஒளியூட்டப்பட்டு 'L' என்ற குவிலென்சின் மூலம் திரையின் மீது பொலிவு மிக்க பிம்பம்



படம் A-14

தரும்படிச் செய்யப்படுகிறது. பிம்பம் என்பது முன்னர்க் கூறியது போல புள்ளிகளின் அமைப்பு அல்லவா? எனவே, வெள்ளி ரவைகளாகிய ஒளி மின்கலங்களின்மீது பிம்பத்தின் தன்மைக்கு ஏற்ப வெவ்வேறு செறிவுடன் கூடிப் படுகிறது. படுகின்ற ஒளியின் செறிவுக்கு ஏற்ப வெள்ளி ரவைகளாகிய ஒளி மின்கலங்கள் வெவ்வேறு எண்ணிக்கையுடைய எலெக்ட்ரான் களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. கேதோட் கதிர்க்குழாயின் குமிழ்ப் பகுதியின் உட்சுவர் உலோகப்படிவு தரப்பட்டு நேர்மின்னழுத்த நிலையில் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. எனவே, வெள்ளி ரவைகளி லிருந்து வெளிவரும் எலெக்ட்ரான்கள் குமிழின் சுவர் நோக்கி விரைந்து வெளியேறி விடுகின்றன. இவ்வாறு எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேறி விட்டதால், வெளியேறிய எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கு ஏற்ப வெள்ளி ரவைகள் வெவ்வேறு அளவுடைய நேர்மின்னூட்டம் பெறுகின்றன. குறிப்புத் தகடு எதிர் மினனூட்டம் பெறுகிறது. ஆகவே, திரை என்பது வெவ்வேறு அளவில் மின்னூட்டப்பட்ட மின் தேக்கிகளைக் கொண்ட அமைப்பாகி விடுகிறது.

கேதோட் கதிர்க் குழாயிலிருந்து வெளிவரும் மெல்லிய கற்றை திரையின்மீது இடப் பக்கமிருந்து வலப் பக்கத்திற்கு நகர்ந்து சென்று வலக் கோடியை அடைந்தவுடன், சிறிது கீழிறங்கி, மீண்டும் இடக் கோடியிலிருந்து வலக் கோடிக்கு நகர்ந்து செல்லுமாறு செய்யப்பட்டிருக்கிறது. [இரவில் சுவர் ஒன்றில் வரிவரியாக எழுதப்பட்டிருக்கும் எழுத்துகளைப் படிப் பதற்கு ஒரு பேட்டரி விளக்கைப் பயன்படுத்தினால், விளக்கை எந்த முறையில் அசைப்போமோ, அப்படி எலெக்ட்ரான் கற்றை

அசையவேண்டும்.] எலக்ட்ரான் கற்றை ஒரு வெள்ளி ரவையின் மீது பட்டவுடன், ரவை-குறிப்புத்தகடு ஆகிய மின்தேக்கியில் மின்னிறக்கம் ஏற்படுகிறது. இதனால் எதிர்மின்னூட்டம் ஒன்று R என்ற மின்தடை வழியே பூமியை அடைகிறது. இதனால் பரப்பி வால்வின் கிரிட் மின்னழுத்தத்தில் கணநேர மாற்றம் ஒன்று ஏற்பட, அந்தச் செய்திக் குறிப்பு பரப்பப் படுகிறது. எலெக்ட்ரான் கற்றை அடுத்த வெள்ளி ரவையின் மீதுபட, அது தன் மின்னூட்ட நிலைக்கு ஏற்ப வேறு அள வுடைய மின்னிறக்கத்திற்கு உள்ளாகும். இதனால் அடுத்த குறிப்பு பரப்பி வழியே வெளியேறுகிறது. தொடர்ந்து எலெக்ட்ரான் கற்றை திரையின் மீது நகர்ந்து செல்லச் செல்ல, ஒன்றை அடுத்து ஒன்றாக செய்திக் குறிப்புகள் அனுப்பப் படுகின்றன. இவ்வாறு படம் முழுதும் பரப்பப்பட்டவுடன், எலெக்ட்ரான் கற்றை துவங்கிய இடத்திற்கு மீண்டும் வந்து தன் செயலைத் தொடருகிறது. ஒரு வினாடிக்கு 20 முறை எலெக்ட் ரான் கற்றை படத்திலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியையும் மீண்டும் மீண்டும் தொட்டுச் செல்லும்.

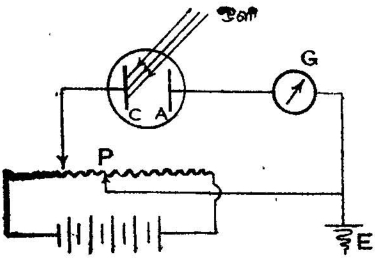
இவ்வாறு அனுப்பப்பட்ட படக்குறிப்புகள் ஏற்பியின் ஏரியல் மீது விழுகின்றன. இந்த ஏற்பி ஒரு வானொலி ஏற்பியைப் போன்றதுதான். இவ்வாறு ஏற்கப்பட்ட படக் குறிப்புகள் வலுவூட்டப்பட்ட பின்பு மீண்டும் படமாக்கப்பட வேண்டும். இதற்கு ஓர் ஆசிலோகிராஃப் தேவை. இதற்கு இங்கு கினஸ் கோப் (Kinescope) என்று பெயர். வலுவூட்டப்பட்ட படக் குறிப்புகள் ஆசிலோகிராஃபின் மின்னிழையைச் சூழ்ந்திருக்கும் பண்பேற்றி உருளை (modulating cylinder)க்குத் தரப்படு கின்றன. இந்த உருளை எதிர்மின்னழுத்த நிலையில் இருக்கும். குறிப்பு வந்து சேர்ந்ததும் உருளையின் மின்னழுத்தத்தில் மாறுதல் ஏற்படுகிறது. இதனால் மின்னிழையிலிருந்து வெளி யேறும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையில் உரிய மாற்றம் ஏற்படுகிறது. (டிரையோடு ஏற்பியில் கிரிட் மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்திற்கு ஏற்ப இழையிலிருந்து தகட்டை நோக்கிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மாறும் எனக் கண்டோம் அல்லவா, அதைப்போல.) ஏற்பியை அடைந்த படக்குறிப்புகளுக்கு ஏற்ப எலெக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவு மாறுகிறது. இந்த எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒளிர் திரையின்மீது பட்டவுடன், அதன் செறிவிக்கு ஏற்பப் பொலிவு உள்ள புள்ளியையோ, பொலிவு குறைந்த புள்ளியையோ தோற்று விக்கும். எலெக்ட்ரான் கற்றையை இடம்-வலமாகவும், மேல்-கீழாகவும், அசைப்பதற்கு ஏற்ற கம்பிச் சுருள்கள் அமைக்கப்

பட்டிருக்கின்றன. பரப்பும் நிலையத்தில் உள்ளது போலவே, எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒரு வினாடிக்கு 20 முறை ஒளிர் திரையைத் தடவிச் செல்லும். அவ்வாறு நிகழும்போது பரப்பியின் முன்னால் வைக்கப்பட்ட பொருளின் பிம்பம் ஒளிர் திரையில் நிலையாகத் தோற்றமளிக்கும்.

இங்கு விவரிக்கப்பட்டிருப்பது தொலைக் காட்சி பற்றிய சிறு குறிப்புத்தான். இதில் உள்ள பல்வேறு சிக்கல்கள் காரணமாக இதுவரையில் 50 மைல் அளவுக்குத்தான் தொலைக் காட்சியைப் பரப்பவும் ஏற்கவும் முடிகிறது.

ஒளியின் விளைவு விதிகள் (Laws of photo electric effect)

P என்பது ஒரு மின்தடை மாற்றி (Rheostat). அதன் இரு முனைகளும் ஒரு மின்கல அடுக்கின் இருமுனைகளுடனும்



படம்—A 15

இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதன் மையம் தரையிடப்பட்டுள்ளது. இப்போது மின்தடை மாற்றி மின்னழுத்தப் பகுப்பானை (potential divider) ஆகப் பயன்படும். மின்தடை மாற்றியின் மாறுமுனை (variable end) ஒளி மின்கலத்தின் கேதோட் தகட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆனோட் (A) தகட்டுச் சுற்றில் நுண்மைமிக்க கால்வனாமீட்டர் (G) இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

சீரான பொலிவு கொண்ட ஒளி C என்ற கேதோட் தகட்டின் மீது படும்படி செய்து C, மற்றும் A ஆகிய தகடுகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றால், ஒளி மின்னோட்டத்தின் அளவும் அதிகரித்துக் கொண்டே சென்று, கடைசியில் தெவிட்டு நிலையை (saturation) அடையும். அதற்கு மேலும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அதிகரிப்பதனால், ஒளி மின்னோட்டத்தின் அளவில் மாறுதல் ஏற்படாது.

இப்போது மின்னழுத்தப் பகுப்பானின் உதவியால் C என்னும் தகட்டை மிகச்சிறிய நேர் மின்னழுத்த நிலையிலும், A என்ற தகட்டை எதிர் மின்னழுத்த நிலையிலும் வைப்பதாகக் கொள்வோம். ஒளி C என்ற தகட்டின்மீது விழுந்தவுடன், வெளி வருகின்ற எலெக்ட்ரான்களில் குறைந்த வேக முடையவை பின்னோக்கி இழுக்கப்பட்டு, Aஐ நோக்கிச் செல்லாமல் தடுக்கப்படுகின்றன. அதனால் ஒளி மின்னோட்டம் குறையத் தொடங்கும். C-ன் நேர் மின்னழுத்தத்தைச் சிறிது சிறிதாக அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றால், குறிப்பிட்ட ஒரு மின்னழுத்த நிலையில் ஒளி மின்னோட்டம் சுழியாகி விடும். அதாவது ஒளிமின் விளைவால் உண்டான எல்லா எலெக்ட்ரான்களுமே Aஐ அடைய முடியாமற் செய்யப்பட்டு விட்டன என்றாகும். இந்நிலையில் C-க்குத் தரப்பட்டிருக்கும் மின்னழுத்தத்திற்கு அந்த ஒளிக்கும் அந்த ஒளிமின் பொருளுக்கும் உரிய தடுப்பு **மின்னழுத்தம்** (stopping potential) என்று பெயர். இப்போது ஒளியின் செறிவை எவ்வளவு அதிகரித்தாலும் பயனில்லை—படுஒளியின் அதிர்வு எண் மாறக்கூடாது என்பதை மனத்தில் வைக்க வேண்டும்.

Cஐ எதிர் மின்னழுத்தத்திலும், Aஐ நேர் மின்னழுத்தத்திலும் வைத்துவிட்டுக் குறிப்பிட்ட ஒரு வண்ண ஒளியை C-ன் மீது படச் செய்து, படுஒளியின் செறிவினைச் சிறிது சிறிதாக அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றால், ஒளிமின்னோட்டத்தின் அளவும் அதிகரிப்பதைக் காணலாம். ஆகவே, குறிப்பிட்ட அலை நீளமுடைய ஒளியின் செறிவினை அதிகரிக்கும் போது ஒளி மின்னோட்டத்தின் அளவும் அதிகரிக்கும். ஆனால், ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் வேகம் படுஒளியின் செறிவினைப் பொறுத்தது அல்ல. அது படுஒளியின் அதிர்வு எண்ணைச் சார்ந்திருக்கும்.

படுஒளியின் செறிவினை மாறாமல் வைத்துப் படுஒளியின் அலைநீளத்தை மட்டும் மாற்றிக் கொண்டே செல்வதாக வைத்துக் கொள்வோம். படுஒளியின் அதிர்வு எண் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, தடுப்பு மின்னழுத்தத்தின் அளவும் அதிகரிக்கக் காண்கிறோம். இதிலிருந்து படுஒளியின் அதிர்வு எண் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, ஒளி மின் பொருள் வெளிவிடும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகமும், அதன் காரணமாக அவற்றின் ஆற்றலும் அதிகரிக்கின்றன என்று அறிகிறோம்.

மேற்கூறிய உண்மைகளைப் பின்வரும் விதிகளாகக் கூறலாம். அவற்றிற்கு ஒளி மின் விதிகள் என்று பெயர்.

(1) ஒளி மின் விளைவில் வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை படுஒளியின் செறிவினைப் பொறுத்திருக்கும். படுஒளியின் செறிவுக்கும் வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரானின் பெரும திசை வேகத்திற்கும் தொடர்பு இல்லை.

(2) ஒளி மின் விளைவில் வெளிவிடப்படும் எலெக்ரான்களின் பெரும திசைவேகத்தின் இருமடி (ஆகவே ஆற்றல்) படுஒளியின் அதிர்வு எண்ணுக்கு நேர்விகிதத்தில இருக்கும்.

நாம் காணும் ஒளியில் நீலம் குறைந்த அலைநீளமும், ஆகவே அதிக அதிர்வு எண்ணும் உடையது. எனவே, நீல நிறம் தருகின்ற எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் மிக அதிகமாகவும், குறைந்த அதிர்வு எண் கொண்ட சிவப்பு நிறம் தருகின்ற ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் மிகக் குறைவாகவும் இருக்குமென அறியலாம்.

குறிப்பிட்ட ஓர் ஒளி மின் பொருளை எடுத்துக் கொண்டு அதன் மீது படுகின்ற ஒளியின் அதிர்வு எண்ணைக் குறைத்துக் கொண்டே சென்றால், ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வு எண்ணுக்குக் கீழே உள்ள ஒளி எவ்வளவு செறிவு மிக்கதாக இருந்தாலும், அப்பொருளில் ஒளிமின் விளைவு ஏற்படாததை அறியலாம். இந்த அதிர்வு எண்ணுக்கு அந்த ஒளிமின் பொருளுக்கு உரிய **பயன் தொடக்க அதிர்வு எண்** (Threshold frequency) என்று பெயர். ஆகவே,

(3) ஒரு பொருளில் ஒளி மின் விளைவு ஏற்பட, படுஒளியின் அதிர்வு எண், அப்பொருளின் பயன் தொடக்க அதிர்வு எண்ணைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.

(4) ஒளி படுவதற்கும் ஒளி மின் எலெக்ட்ரான்கள் தோன்றுவதற்கும் இடையில் காலக் கழிவு ஏற்படுவது இல்லை. அதாவது ஒளி மின் விளைவு ஓர் உடன்டி நிகழ்ச்சியாகும்.

வெபர்-இவிங் மூலக்கூறு காந்தக் கொள்கை (Weber-Ewing molecular Theory of Magnetism)

காந்தவியல் பற்றிய பின்வரும் உண்மைகளை நாம் அறிவோம். காந்தக் கொள்கை என்பது நாம் அறிந்த உண்மைகளுக்கு விளக்கம் தரக்கூடிய ஒன்றாக இருக்க வேண்டும்.

(1) காந்தத்தின் முனைகளைப் பிரித்துத் 'தனிமுனை' ஒன்றைப் பெற இயலாது.

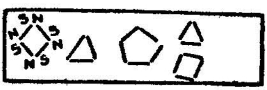
(2) ஓர் உலோகத் துண்டைக் காந்தமாக்கும் போது காந்தச் செறிவு தெவிட்டு நிலை அடைகிறது.

(3) ஃபெர்ரோ காந்தத் துண்டு காந்தமாக்கப்படும்போது அதன் நீளத்தில் அதிகரிப்பு ஏற்படுகிறது (இது காந்தவியல் ஜூல் விளைவு எனப்படும்).

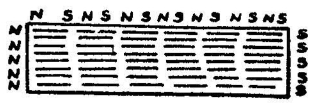
(4) காந்தமாக்கிப் பின் காந்த நீக்கம் செய்யும் சுழற்சியில் காந்தத் தயக்க நிலை (hysteresis) என்ற நிகழ்ச்சி காணப்படுகிறது.

மேற்கூறியது போன்ற பல உண்மைகளுக்குக் கொள்கை விளக்கந்தர முயன்ற வெப்பர் மற்றும் இவிங் ஆகியவர்கள் கூறிய விளக்கங்களே மூலக் கூறு காந்தக் கொள்கையாகும்.

இக்கொள்கையின்படி காந்தப் பொருளில் உள்ள ஒவ்வொரு மூலக் கூறும் ஒரு நிலைக் காந்தமாகும். காந்தமாக்கப்படாத நிலையில் இந்த மூலக் கூறுகள் உலோகத் தண்டுக்குள் முடிவுற்ற சிறு சிறு தொகுப்புகளாக, காந்த ஆற்றலை வெளியிட முடியாத நிலையில் அமைந்திருக்கின்றன [படம் A-16 (a)]. காந்தமாக்கும் முயற்சியின் போது அத்தொகுப்புகள் உடைக்கப்பட்டு மூலக் கூறுகாந்தங்கள் வரிசைப்படுத்தப் படுவதால், படம் A 16 (b)-ல் காட்டியுள்ளதுபோல், உலோகத் தண்டின் ஒரு நுனியில் கட்டற்ற வடமுனைகளும், மற்றொரு நுனியில் கட்டற்ற தென் முனைகளும அமைந்து அத்தண்டு காந்த ஆற்றலை வெளியிடும் நிலை அடைகிறது.



படம் A—16 (a)



படம் A—16 (b)

ஓர் இரும்புத் துண்டை மின்முறையில் திடீரெனக் காந்தமாக்கும்போது மெல்லிய "கிளிக்" என்ற ஒலி கேட்கும். அது மூலக் கூறு காந்தங்கள் வரிப்படுத்தப்படுவதால் உண்டாகும் ஒலியாகும். இது பர்கூசன் விளைவு (Barkhusen effect) எனப் படுகிறது.

மூலக் கூறு காந்தங்கள் வரிசைப் படுத்தப்படுவதால், அவை அடங்கிய துண்டின் நீளம் அதிகரிப்பது இயல்பே. அதனால்

தான் முறுக்கப்பட்ட உலோகத் துண்டு காந்தமாக்கப்பட்டால், முறுக்குப் பிரிந்து நேராகிறது.

எஃகு அதிக திடத்தன்மை (rigidity) உடையது ஆதலால், மூலக் கூறு காந்தங்களை வரிசைப் படுத்துவது கடினமாகவும், தேனிரும்பு குறைந்த திடத்தன்மை உடையதாக இருப்பதால் அதிலுள்ள மூலக் கூறுகளை வரிசைப்படுத்தி காந்தமாக்குவது எளிதாகவும் இருக்கிறது. எஃகைக் காந்தமாக்குவது கடினமாக இருந்தாலும், காந்தமாக்கி விட்டால் எளிதில் வரிசை குலையாது; ஆகையால் எளிதில் காந்தத் தன்மையை இழக்கவும் செய்யாது. ஆனல், எளிதில் வரிசைப் படுத்தப்படும் தேனிரும்பில் எளிதில் குலேவும் ஏற்படும்; ஆகையால் விரைவில் காந்தத் தன்மையை இழக்கவும் செய்கிறது.

காந்தமாக்கும் புலத்தின் செறிவு குறைவாக இருக்கும் போது, உலோகத்தினுள் தொகுப்புகளாக இருக்கும் மூலக் கூறு காந்தங்கள் சிறிது சுழலத் தொடங்குகின்றன. அப்போது காந்தமாக்கும் புலம் நீக்கப்பட்டுவிட்டால் சுழலத் தொடங்கிய மூலக் கூறுகள் மீண்டும் பழைய நிலேக்கே வந்து தொகுப்பு களாகி விடுகின்றன. காந்தமாக்கும் புலத்தைச் சிறிது சிறிதாக அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றால், ஒரு சமயத்தில் காந்த மூலக் கூறுகள் நிலேயற்ற தன்மை பெற்றுப் பின் அந்நிலேயி லிருந்து விரைந்து சுழன்று வரிசைப்படுத்தப்படுகின்றன. தயக்கக் கண்ணி (hysteresis loop) யில் காணப்படும் செங்குத்துப் பகுதி இந்த நிலேயைத்தான் குறிக்கிறது. அதற்கு மேலும் புலத்தின் செறிவு அதிகரித்தால், எல்லா மூலக் கூறுகளும் வரிசைப் படுத்தப்பட்டுவிட்டதால், கட்டையின் காந்தச் செறிவு தெவிட்டு நிலே பெறுகிறது. இதைப் படம் 156-ல் உள்ள A, D என்ற பகுதி கள் காட்டுகின்றன. பொருள் தெவிட்டு நிலே அடைந்த பின்னர் காந்தமாக்கும் புலம் சிறிது சிறிதாகக் குறைக்கப்படும்போது, ஒரு சில மூலக் கூறு காந்தங்கள் மட்டுமே வரிசையிலிருந்து கலேந்து, தொகுப்புகளை உருவாக்கிக் கொள்ளுமாதலால், காந்த மாக்கப்பட்ட பொருள் ஓரளவு காந்தத்தைத் தக்க வைத்துக் கொள்ளும் நிலே ஏற்படுகிறது.