த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—311

பௌதிகம் – துணைப்பாடம்

(இரண்டாம் பகுதி)

பட்டப்படிப்பிற்குரியது

ஆசிரியர்
டி. கே. பழனிசாமி, எம்.ஏ.,
இணைப்பேராசிரியர், இயல்பியல் துறை,
மாநிலக் கல்லூரி, சென்னை.

தமிழ்நாட்டுப்
பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—April, 1972

T.N.T.B.S. (C.P.) No. β/1

© TAMIL NADU TEXT BOOK SOCIETY

ANCILLARY PHYSICS—PART II

T. K. PALANISWAMY

Net Price Rs. 6-00

(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

VENKATESAN PRESS,

2/65, Broadway, Madras-1.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி - உள்ளாட்சித்துறை அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினே ராண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக் கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.) 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப் படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண் டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப் பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற் சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்ல வேண்டும்.

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

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இருவகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான '**பௌதிகம்—துணைப்பாடம்-II**' என்ற இந்நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 311 ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 346 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந்நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

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

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

I. ஒளியியல் — பக்கம்

1. அறிமுகம் ... 3
2. சமதளத்தில் எதிரொளிப்பு ... 6
3. கோளப் பகுதிகளில் எதிரொளிப்பு ... 10
4. ஒளிவிலகல் ... 19
5. நிறமாலைமானி ... 38
6. ஒளியியல் கருவிகள் ... 46
7. நிறப்பிரிகை ... 53
8. நிறமாலையியல் ... 56
9. ஒளியின் வேகம் ... 64
10. ஒளிபற்றிய கொள்கைகள் ... 71
11. ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவு ... 81
12. ஒளியின் விளிம்பு விளைவு ... 99
13. தளவிளைவு ... 112

II. காந்தவியல்

1. அறிமுகம் ... 131
2. காந்தப்புலமும் காந்த அழுத்தமும் ... 136
3. காந்த அளவியல் ... 142
4. புவிகாந்தம் ... 154

III. மின்னியல்

1. நிலைமின்னியல் ... 167
2. மின்தேக்கிகள் ... 171
3. மின்னோட்ட இயல் ... 175
4. மின்தடை அளவீடுகள் ... 189
5. மின்னழுத்தமானி ... 194
6. வெப்ப மின்னியல் ... 201
7. மின்காந்தத் தூண்டல் ... 210

IV. இன்றைய பௌதிகம்

1. வாயுக்களிடையே மின்னிறக்கம் ... 231
2. எலக்ட்ரான் ... 235
3. டெலிவிஷனும் ரேடாரும் ... 243
4. ஒளிமின் விளைவு ... 248
5. வெப்ப அயனி வெளியீடு ... 252
6. ஒலிபரப்புதலும் ஏற்பும் பற்றிய கொள்கைகள் ... 262
7. மின்காந்த நிறமாலை ... 266
8. அணு அமைப்பு ... 269
9. எக்ஸ்-கதிர்கள் ... 276
10. கதிரியக்கம் ... 282

BIBLIOGRAPHY ... 289

கலைச்சொற்கள் ... 291

I. ஒளியியல்

(LIGHT)

1. அறிமுகம்

உலகம் ஒளியில்லையெனின் இருண்டு விடுகிறது. பொருள்களைக் காண ஒளி வேண்டும். ஒளியென்பது ஒரு வகை ஆற்றலாகும். சில பொருள்கள் ஒளியைத் தன்னிடத்தே கொண்டுள்ளன. சூரியன், விண்மீன்கள் போன்றவை தன்னிடத்தே கொண்டுள்ள ஒளியை உலகத்துக்குத் தருகின்றன. இவற்றினை ஒளிர் **பொருள்கள்** (luminous objects) என்கிறோம். சில பொருள்களுக்குத் தன்னொளி கிடையாது. இவற்றினை **ஒளிராப் பொருள்கள்** (non-luminous objects) என்கிறோம். ஒளிர் பொருள்களிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் ஒளிராப் பொருள்கள்மேல் விழுகின்றன. அவை ஒளிக்கதிர்களை எதிரொளிப்பதன்மூலம் காண முடிகிறது. மரம், மதி, பிராணிகள் போன்றவை ஒளிராப் பொருள்களாகும்.

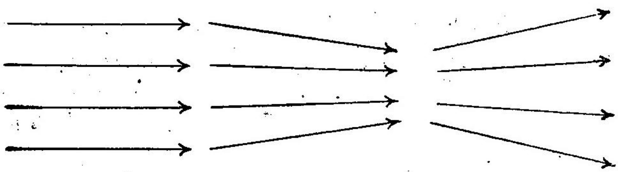
ஒளிக்கதிரானது கண்ணாடி, நீர் போன்றவை வழியாகப் பாய்ந்து செல்லும். இப்பொருள்கள் **ஒளிபுகுபொருள்கள்** (transparent objects) எனப்படும். மரம், உலோகங்கள், சுவர் போன்றவைகளிடையே ஒளி புகுந்து செல்லாது. இவற்றினை **ஒளிப்புகாப் பொருள்கள்**(opaque objects)என்கிறோம். எண்ணெய் தடவிய காகிதம், தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடி ஆகியவற்றின் வழியே ஒளியின் ஒரு பகுதிதான் ஊடுருவிச் செல்லும். இவைகள் **ஒளிகசியும் பொருள்கள்** (transluscent objects) என்றழைக்கப்படும்.

ஒளிக்கதிர்களின் பாதை நேர்க்கோடாகும். இது **ஒளியின் நேர்கோட்டியக்கம்** (rectilinear propagation of light) என்று கூறப்படுகிறது. ஒளியின் வேகம் விநாடிக்கு 1,86,000 மைல்களாகும். அதாவது விநாடிக்கு 3×10^{10} சென்டி மீட்டர்களாகும்.

ஒளிக்கற்றைகள் : ஒளியானது நேர்கோட்டில் செல்லும் எனப் பார்த்தோம். ஒளி செல்லுகின்ற மெல்லிய நேர்கோட்

டிற்கு **ஒளிக்கதிர்** (ray of light) என்று பெயர். இது அடைப்பானுக்குள் (—→) காட்டியதுபோல வரையப்படும். நேர் கோடு ஒளி செல்லுகின்ற பாதையையும், அம்புக்குறி, ஒளி செல்லுகின்ற திசையினையும் குறிக்கும். ஒரு கதிருக்குப் பதிலாக பல கதிர்கள் வரைந்தால் அதனை **ஒளிக் கற்றை** (rays of light) என்பர்.

ஒளிக்கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாகச் சென்றால் அது **இணைக்கற்றை** (parallel beam) என்றழைக்கப்படும் [படம் 1 (a)].



[a] இணைகற்றை [b] குவிகற்றை [c] விரிகற்றை

படம் 1

ஒளிக்கதிர்கள் ஏதோ ஒரு புள்ளியில் சேருவதுபோலப் பாய்ந்து குவிந்து சென்றால் [படம் 1 (b)] அது **குவி கற்றை** (convergent beam) என்றழைக்கப்படும். ஒளிக்கதிர்கள் ஒரு புள்ளியிலிருந்து புறப்பட்டு விரிந்து சென்றால் [படம் 1 (c)] அது **விரிகற்றை** (divergent beam) எனப்படும்.

நிழல் : பொருள்கள், ஒளிக்கதிர் செல்லும் பாதையில் வைக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். ஒளி நேர்கோட்டில் இயங்கும். எனவே ஒளிபுகாப் பொருள்களின்மேல் ஒளிக் கற்றைகள் விழுவதால் பொருளின் அமைப்பிற்குத் தகுந்தாற் போல் ஒளிக்கதிர்கள் தடுத்து நிறுத்தப்படுகின்றன. மறு பக்கத்தில் பொருளின் நிலைக்குத் தகுந்தாற்போல் அதன் நிழல் உண்டாகிறது. இந்நிகழ்ச்சி ஒளியின் நேர்கோட்டியக்கத்தின் விளைவாகும். சூரிய கிரணம், சந்திர கிரணம் இவையெல்லாம் இயற்கை நிகழ்ச்சிகளினிடையே நிழல் தோன்றுவதால் அமைவதேயாகும்.

ஒளி அளவையியல் : இயற்கை ஒளியற்ற நிலையில் செயற்கை விளக்குகளைக் கொண்டு ஒளியை உண்டாக்குகிறோம். இன்றைய உலகம் இரவையும் பகலாக்கி உற்பத்தியைப் பெருக்கி வாழ்க்கைத் தரத்தை உயர்த்த எண்ணி இயங்குகிறது. ஆய்வுக்

கூடங்கள், தொழிற்சாலைகள் ,விளையாட்டு மேடைகள், கலை அரங்கங்கள் ஆகியவைகளுக்குத் திட்டமிட்டு அளவிடப்பட்ட ஒளி தேவை. எனவே குறிப்பிட்ட ஒளிச் செறிவு கொண்ட தேவையான எண்ணிக்கைகளில் சிறந்த விளக்குகள் வேண்டும். விளக்குகளின் ஒளிச்செறிவை அளவிட **ஒளிமானிகள்** (photometers) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. **புன்சன் கிரீஸ்-புள்ளி ஒளிமானி, ரம்ஃபோர்டு ஒளிமானி, லம்மர்-ஃபுரோதன் ஒளிமானி** போன்றவைகளால் விளக்குகளின் ஒளிச் செறிவு அளக்கப் படுகிறது.

வினாக்கள்

1. ஒளிர் பொருள்கள், ஒளிராப் பொருள்கள் என்றால் என்ன ?
2. ஒளிமானிகள் யாவை ?

2. சமதளத்தில் எதிரொளிப்பு

(Reflection at plane surface)

சமமான பரப்பில் ஒளி விழும்போது அது மீண்டும் அதே ஊடகத்துக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. இது எதிரொளிப்பு (reflection) என்று அழைக்கப்படுகிறது. சமமட்ட கண்ணாடித்துண்டின் பின்புறம் ரசம் பூசப்பட்டால் அது சமதள ஆடியாகும் (plane mirror). ஒளியானது சமதள ஆடிகளில் விழும்போது சீராக எதிரொளிக்கப்படும்.

எதிரொளிப்பு விதிகள் (Laws of Reflection)

முதல் விதி : படுகதிர், எதிரொளிப்புக்கதிர், படுதானத்தில் ஆடியில் வரையப்படும் செங்குத்துக்கோடு ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமையும்.

இரண்டாம் விதி : படுகோணமும் எதிரொளிப்புக் கோணமும் சமமாகும்.

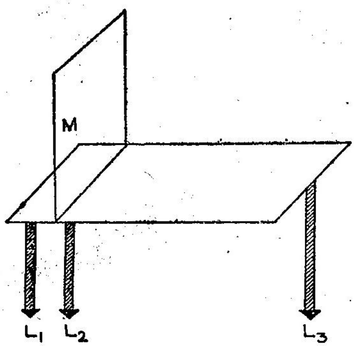
$$\therefore \quad i = r \quad \text{ஆகும்.}$$

பிம்பங்கள் (Images)

சமதள ஆடியின்மேல் ஒளி விழுவதாக வைத்துக்கொள்வோம். எதிரொளிப்பு நிகழ்வதால் ஒளிக்கதிர்கள் திருப்பி அனுப்பப்படுகின்றன. திரும்பும் கதிர்கள் ஒரு புள்ளியில் சேரும் அல்லது ஒரு புள்ளியிலிருந்து வெளிவருவதுபோலத் தோன்றும். இந்தப் புள்ளியில் சேரும்போது அதனை **மெய்பிம்பம்** (real image) என்றும் ஒரு புள்ளியிலிருந்து வெளியே வருவது போலத் தோன்றும்போது **பொய்பிம்பம்** (virtual image) என்றும் அழைக்கப்படும். மேலும் பிம்பங்கள் இடவல மாற்றம் கொண்டதாய் அமையும். ஆடிக்கும் பொருளுக்கும் உள்ள தூரமும் ஆடிக்கும் பிம்பத்திற்கும் உள்ள தூரமும் சமமாக இருக்கும்.

ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல் (Single Optic Lever)

படத்தில் காட்டியதுபோல் செவ்வக வடிவ உலோகத் தகடு மூன்று சமநீள L_1, L_2, L_3 கால்களின்மேல் கிடைத் தளத்தில் பொருத்தப்பட்டுள் ளன. L_1, L_2 பின்புறக் கால் கள் என்றும், L_3 முன்புறக் கால் என்றும் அழைக்கப்படும். பின்புறக் கால்களின் மேலாக கிடைத்தளத் தகட்டின்மேல் செங்குத்தாக ஒரு சிறிய சமதள ஆடி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். மூன்று கால்களின் நிலையைச் சேர்த்தால் அது ஓர் இரு சம பக்க முக்கோணமாக அமையும். L_1, L_2 கால்கள் மிக அருகிலும் L_3 சிறிது தூரத்திலும் பொருத் தப்பட்டிருக்கும். இதுவே ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல் என்று அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 2.
ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல்

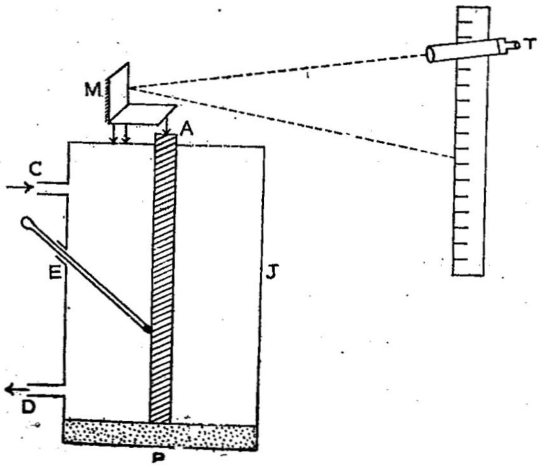
இதனைக் கொண்டு உலோகங்கள் வெப்பப்படுத்தப் படும்போது ஏற்படும் நீள மிகுதிப்பாட்டினையும் தகடுகளின் தடிமனையும் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம். உலோகங்கள் நீள் விரிவெண் காண்பதற்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோலை உபயோகித்து உலோகத் தண் டின் நீள்விரிவெண் காண்பதற்கான சோதனை

ஆடியானது ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்திற்குச் சாய்க்கப் பட்டால் எதிரொளிப்புக் கதிரானது அதைப்போல இருமடங்கு மாற்றப்படும் என்னும் தத்துவத்தில் ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல் இயங்குகிறது. எனவே இதனை உபயோகித்து உலோகத்தண்டின் நீள்விரிவெண்ணை மிகத் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம்.

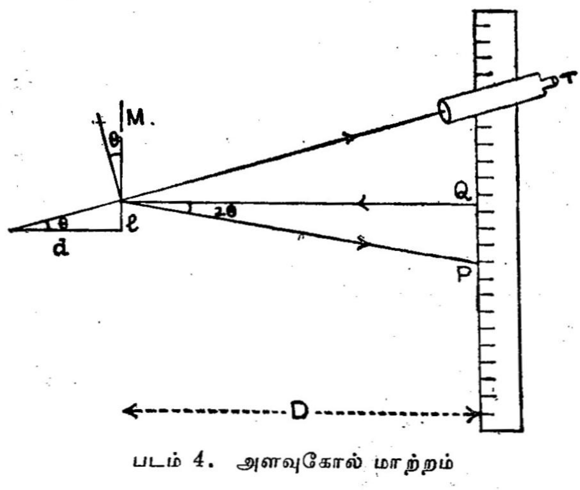
AB என்னும் சோதனைக்குரிய உலோகத் தண்டு J என்னும் நீராவி உறைக்குள் செங்குத்தாக வைக்கப்பட் டுள்ளது. தண்டின் அடிமுனை நகரா வண்ணம் பொருத்தப் பட்டிருப்பதால் அத்திசையில் நீட்சி அடைய முடியாது. எனவே மேல் பக்கத்தில்தான் விரிவு இருக்கமுடியும். மேல் முனை 'A' யானது உறைக்கு மேலாகச் சிறிது நீட்டிக்கொண்

டிருக்கும். ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோலின் முன்கால் இதன் மேல் வைக்கப்பட்டு, பின்கால் இரண்டும் நகர முடியாத



படம் 3. உலோகத்தண்டின் நீள்விரிவெண் காணல்

உறை அமைப்பின்மேல் பொருந்தி நிற்கும். ஒரு விளக்கு அளவுகோல் அமைப்பு (lamp and scale arrangement) ஒளியியல்



படம் 4. அளவுகோல் மாற்றம்

நெம்புகோலின் ஆடிக்கு எதிரில் ஏறக்குறைய ஒரு மீட்டர் தூரத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். விளக்கு—அளவுகோல் அமைப்பில் அளவுகோலை ஒளியூட்ட ஒரு மின்விளக்குப்

பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தண்டு விரிவடையும்போது அளவு கள் ஆடியினுல் எதிரொளிக்கப்பட்டு அளவுகோல் மேல் நோக்கி நகரும். தொலைநோக்கியில் அளவுகள் கண்ணுக்குத் தெரிகின்றன.

சோதனையைத் தொடங்குமுன் தண்டின் நீளத்தை அளந்துகொண்டு, ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோலை மேற் கூறியவாறு வைக்கவும். அளவுகோலின் பகுதி ஆடியினுல் எதி ரொளிக்கப்பட்டுத் தொலைநோக்கியில் தெரியும். அளவினைக் குறித்துக் கொள்ளவும். அளவுகள் தொலைநோக்கியில் சரி யாகத் தெளிவின்றிக் காணப்பட்டால் ஆடிக்கும் அளவுகோலுக் கும் உள்ள தூரத்தை மாற்றி அமைக்கவும். நீராவியைத் தனியே உண்டாக்கி நீராவி அறைக்குள் செலுத்தவும். வெப்ப நிலை உயர்வதால் தண்டு விரிவடைந்து மேல்நோக்கி நகர் கின்றது. எனவே ஒளியியல் நெம்புகோல் மேல்நோக்கிச் சுழற்றப்படுகிறது. தொலைநோக்கியில் காணும் போது அளவுகோலின் பகுதிகள் மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். தண்டு முழுவதும் விரிவடைந்தபின் அளவுகள் ஒரு நிலையில் நிலை யாக நிற்கும். அளவுகோலின் தொடக்க அளவீடு 'P' என்றும், இறுதி அளவீடு 'Q' என்றும் வைத்துக்கொள்வோம் (படம் 4). ஆடியானது 'θ' கோணம் மாற்றப்பட்டால் எதி ரொளிப்புக் கதிரானது '2θ' கோணம் மாறியிருக்கும். அளவு கோலுக்கும் ஆடிக்கும் உள்ள தூரம் 'D' என்ருல்

$$2\theta = \frac{PQ}{D}$$

$$\therefore \theta = \frac{PQ}{2D}$$

தண்டின் நீளமிகுதி 'e' என்றும் ஒளியியல் நெம்புகோலின் பின்புறக் கால்களுக்கும் முன்காலுக்குமுள்ள செங்குத்துத் தூரம் 'd' என்றும் எடுத்துக்கொண்டால்

$$\theta = e/d$$

அல்லது $e = \theta \, . \, d$

எனவே $e = \dfrac{PQ \times d}{2D}$

ஆகையால் தண்டின் ~~நீள்~~விரிவெண்ணைக் காண முடியும்.

வினுக்கள்

1. எதிரொளிப்பு விதிகள் யாவை ?

2. ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோலை விளக்கு. அதன் பயன்கள் யாவை ?

3. கோளப் பகுதிகளில் எதிரொளிப்பு
(Reflection at spherical surfaces)

ஒரு தளம் நீளவாக்கில் அமையாமல் வளைந்து காணப்பட்டால் அதனை உள்ளீடற்ற கோளத்தின் (hollow sphere) ஒரு பகுதியாகக் கொள்ளலாம். இத்தகைய வடிவமுள்ள ஆடியானது **கோள ஆடி** (spherical mirror) எனப்படும். ஆடியின் குழிந்த பரப்பிலிருந்து எதிரொளிப்பு நிகழ்ந்தால் அதனைக் **குழி ஆடி** (concave mirror) என்றும் குவிந்த பரப்பிலிருந்து எதிரொளிப்பு நிகழ்ந்தால் அதனைக் **குவி ஆடி** என்றும் (convex mirror) அழைக்கின்றனர்.

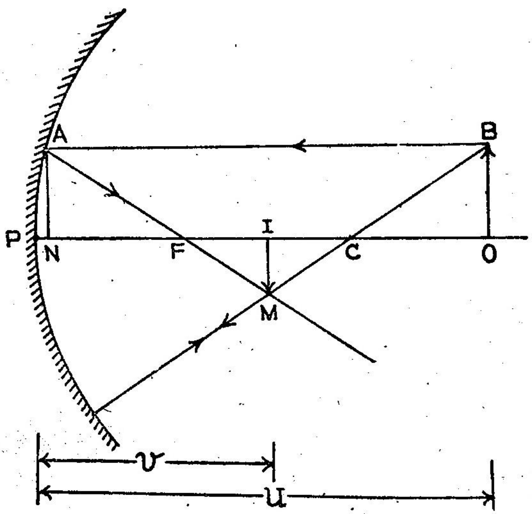
ஆடியின் கோளத்தின் மையப்புள்ளி ஆடி வளைவு மையம் (centre of curvature) எனப்படும். ஆடி உண்டாக்கும் கோளத்தின் ஆரம் ஆடியின் வளைவு ஆரம் (radius of curvature) எனப்படும். கொடுக்கப்பட்ட ஆடியின் ஜியோமிதி மையப் புள்ளி (geometric centre) **ஆடி மையம்** (pole) என்று கூறப்படுகிறது. ஆடி மையம், வளைவு மையம் ஆகிய புள்ளிகள் வழியாகச் செல்லும் நேர்கோடு ஆடியின் **முதன்மை அச்சு** (principal axis) என்றழைக்கப்படுகிறது.

முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகவும் அருகிலும் செல்லுகின்ற ஒளிக்கற்றை குழி ஆடியினால் எதிரொளிக்கப்பட்டு அச்சின் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் குவியும் ; குவி ஆடியில் எதிரொளிக்கப்பட்டு ஏதோ ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியிலிருந்து விரிவது போலத் தோன்றும். இக்குறிப்பிட்ட புள்ளி ஆடியின் **முதன்மைக் குவியம்** (principal focus) எனப்படும்.

முதன்மைக் குவியத்துக்கும் ஆடி மையத்துக்கும் உள்ள தூரம் குவியதூரம் (focal length) ஆகும்.

கோள ஆடிகளுக்கு $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ என்னும் தொடர்பைப் பெறுதல்

ஏதாவது ஒரு கோள ஆடியை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் வளைவு மையம் 'P' ஆகவும் குவியதூரம் 'f' ஆகவும் இருக்கட்டும். OB என்னும் பொருளானது அதன் முதன்மை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்படுகிறது. B-யிலிருந்து புறப் படும் ஒளிக்கதிர் முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகச் சென்று



படம் 5. கோள ஆடி

கோள ஆடியின் A என்னுமிடத்தில் விழுகின்றது. எதி ரொளிப்புக்குப் பின்னர் முதன்மைக் குவியம் வழியே செல் கின்றது. மற்றொரு கதிர் B-யிலிருந்து வளைவு மையம் வழிச் சென்று செங்குத்து எதிரொளிப்பால் சென்ற வழியே திரும்பி வருகின்றது. I M என்பது பிம்பமாகும்.

A-யிலிருந்து PO-வுக்கு AN என்ற செங்குத்துக் கோடு வரையவும்.

படம் 5-ல் $\triangle$COBயும் $\triangle$CIM உம் வடிவொத்த முக்கோணங்கள்.

எனவே $\frac{OB}{IM} = \frac{CO}{CI}$ ....(1)

மேலும் $\triangle$ FNA |||r $\triangle$ FIM எனக் காட்டலாம்

ஆதலால் $\frac{NA}{IM} = \frac{FN}{FI}$

ஆனல் NA = OB (படத்தில்)

$$\therefore \quad \frac{OB}{IM} = \frac{FN}{FI} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

(1) ஐயும் (2) ஐயும் ஒப்பிட்டால்

$$\frac{CO}{CI} = \frac{FN}{FI} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

குழி ஆடி : மெய்பிம்பம்

படம் 5-ல் காட்டியபடி

$$CO = PO - PC = u - 2f$$
$$CI = PC - PI = 2f - v$$
$$FN = FP = f$$
$$FI = PI - PF = v - f$$

இதன் மதிப்புகளை (3)-ல் பொருத்தினல் கிடைப்பது,

$$\frac{u-2f}{2f-v} = \frac{f}{v-f}$$

குறுக்காகப் பெருக்கினல்,

$$(u-2f)\ (v-f) = f(2f-v)$$
$$uv - 2fv - fu + 2f^2 = 2f^2 - fv$$
$$uv - 2fv - fu + 2f^2 - 2f^2 + fv = 0$$
$$uv - fv - fu = 0$$

இதனை $u\ v\ f$ ஆல் வகுத்தால்,

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{u} - \frac{1}{v} = 0$$

குறியீட்டு மரபுப்படி, u நேர்குறியும் (மெய்), v நேர்குறியும் (மெய்) f நேர்குறியும் (குழியாடி) கொண்டதாகும்.

எனவே இதனைப் பதிவீடு செய்தால்

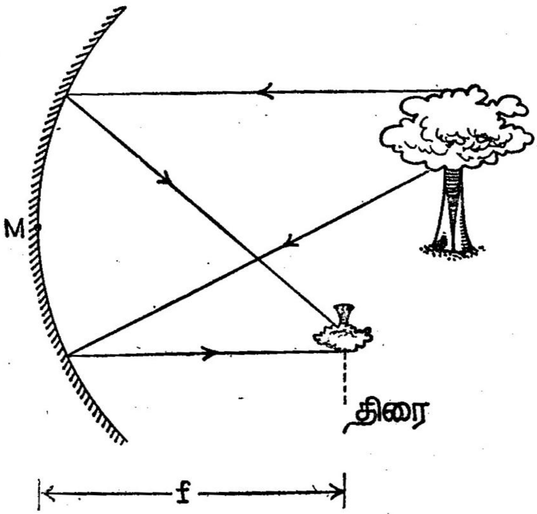
$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ ஆகும்.}$$

குழியாடியில் உண்டாகும் பொய்பிம்பம், குவியாடியில் உண்டாகும் பொய்பிம்பம் ஆகியவைகளுக்கும் இதே தொடர்பினைப் பெறலாம்.

குழி ஆடியின் குவியதூரம் காணல்

குழி ஆடியின் குவியதூரத்தைக் பின்வரும் முறைகளில் காணலாம் :—

(i) **தொலை பொருள் முறை** (Distant object method) : குழி ஆடியைத் தாங்கியில் நிறுத்தவும். அதன் எதிரேயுள்ள மரம் அல்லது கட்டடம் போன்றவற்றை நோக்கித் திருப்பவும். அதன் எதிரில் திரையை வைக்கவும். பொருள்களிலிருந்து

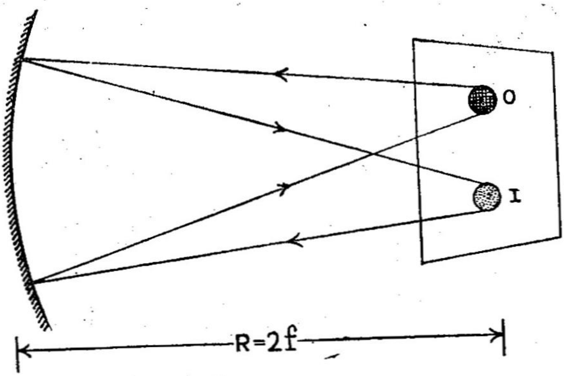


படம் 6. தொலை பொருள் முறை

வரும் ஒளிக்கதிர்கள் ஆடியின்மேல் விழுந்து எதிரொளிக்கப்பட்டுத் திரையில் விழுகின்றன. எனவே பொருளின் பிம்பம் திரையில் கிடைக்கும். ஆடிக்கும் திரைக்குமிடையேயுள்ள தூரத்தைப் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியும்வரை சரி செய்யவும். ஆடிக்கும் திரைக்குமுள்ள தூரத்தை அளந்தால் அது குழியாடியின் குவிய தூரத்தைக் கொடுக்கும். ஏனெனில் தொலைவிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் இணைக்கதிர்களாகும். ஆடியால் எதிரொளிக்கப்பட்டு அக்கதிர்கள் குவியத்தில் குவிந்து பிம்பத்தை உண்டாக்கும். எனவே பிம்பத்தின் திரைக்கும் ஆடிக்குமுள்ள தூரம் குவிய தூரமாகும். இம்முறையில் கிடைக்கும் மதிப்புத் தோராயமானதாகும்.

(ii) **செங்குத்து எதிரொளிப்பு முறை** (Normal reflection method) : ஒளியூட்டப்பட்ட கம்பி, குழியாடி இவற்றினை எடுத்துக்கொள்ளவும். ஒளியூட்டப்பட்ட கம்பியின் முன்னால் குழியாடியைத் தாங்கியில் வைக்கவும். கம்பி வலையிலிருந்து வந்த ஒளிக்கதிர்கள் குழியாடியின்மேல் விழுந்து எதிரொளிக்கப்

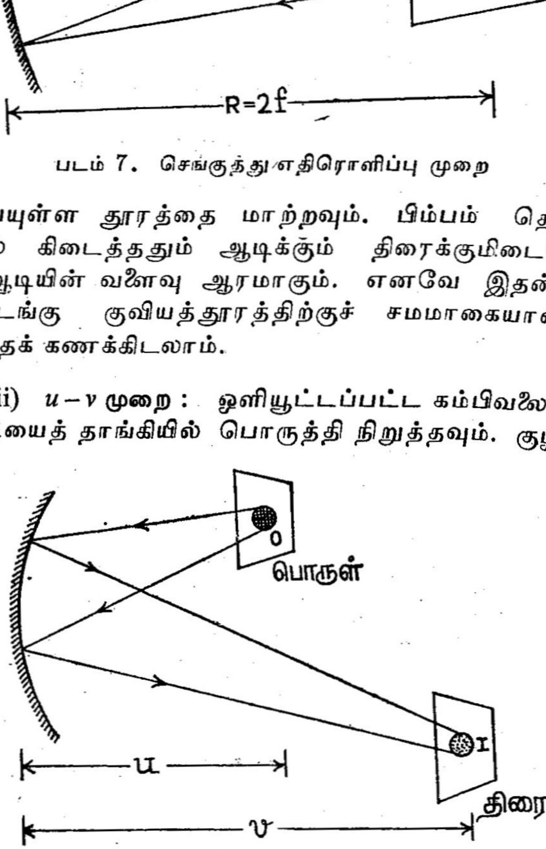
படுகின்றன. எனவே பிம்பம் பொருளுக்கு அருகில் விழுமாறு செய்யவும். பிம்பம் தெளிவாக அமைய ஆடிக்கும் திரைக்கு



படம் 7. செங்குத்து எதிரொளிப்பு முறை

மிடையேயுள்ள தூரத்தை மாற்றவும். பிம்பம் தெளிவாகத் திரையில் கிடைத்ததும் ஆடிக்கும் திரைக்குமிடையேயுள்ள தூரம் ஆடியின் வளைவு ஆரமாகும். எனவே இதன் மதிப்பு இரு மடங்கு குவியத்தூரத்திற்குச் சமமாகையால் குவிய தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

(iii) *u*—*v* முறை : ஒளியூட்டப்பட்ட கம்பிவலை முன்னால் குழியாடியைத் தாங்கியில் பொருத்தி நிறுத்தவும். குழியாடிக்கு



படம் 8. u—v முறை

எதிரில் பொருளுக்குப் பக்கத்தில் திரையினை வைக்கவும் பொருளுக்கும் ஆடிக்குமுள்ள தூரத்தை '*u*' என்றும் ஆடிக்கும்

திரைக்குமுள்ள தூரத்தை 'v' என்றும் குறிப்பது வழக்கம். பொருளுக்கும் ஆடிக்குமுள்ள தூரம் (u) தோராய குவிய தூரத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும்படி அமைக்கவும். திரையினை நகர்த்தி பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு அமைக்கவும். திரைக்கும் ஆடிக்குமுள்ள தூரத்தை ('v') அளக்கவும். எனவே $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ என்னும் வாய்பாட்டினை உபயோகித்துக் குழி ஆடியின் குவிய தூரத்தைக் கணக்கிடலாம். மீண்டும் u-வின் மதிப்புகளை மாற்றி ஒவ்வொரு முறையும் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியும்போது அதற்கான v-ஐக் கணக்கிடவும். u-வின் மதிப்பு f-க்கும் $2f$-க்கும் இடையே இருக்கும்போது பெரிய பிம்பமும் $2f$-க்கு அதிகமாக இருக்கும்போது சிறிய பிம்பமும் கிடைக்கும். காட்சிப் பதிவுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணைப்படுத்தவும்.

வரிசை எண்	பொருளின் தூரம் 'u' செ.மீ.	பிம்பத்தின் தூரம் 'v' செ.மீ.	குவிய தூரம் $f=\frac{uv}{u+v}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
		சராசரி	

f-இன் சராசரி மதிப்பினைக் கணக்கிடவும்.

(iv) $u-v$ **வரைபட முறை :** மேற்கண்ட முறையில் கிடைத்த u, v, அளவுகளை முறையே x-y அச்சுகளில் குறிக்கவும்.

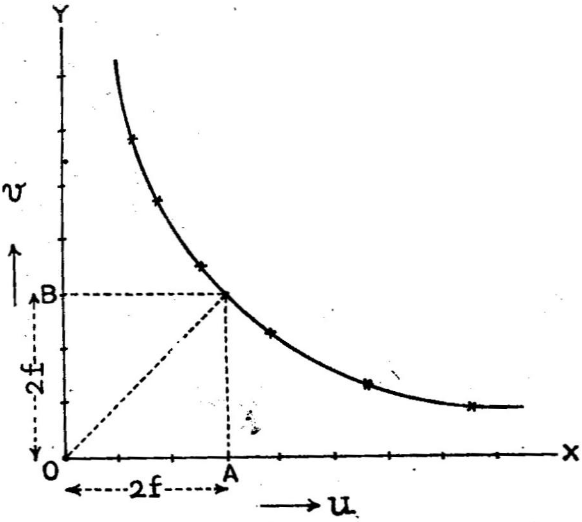
குறித்த புள்ளிகளை வைத்து ஒரு வரைபடம் வரையவும். படம் 9-ல் காட்டியபடி வரைபடம் கிடைக்கும். ஆயத்திலிருந்து x-அச்சுக்கு 45° சாய்த்து ஒரு நேர்க்கோடு வரைந்து வரைபடத்தை c-ல் வெட்டுமாறு செய்யவும். c-யிலிருந்து A, B,-ஐச் செங்குத்துக் கோடுகளால் இணைக்கவும். ஆதலால்

OA= OB= $2f$-க்குச் சமம்

$$\text{குவியதூரம் } 'f' = \frac{OA+OB}{4}$$

குவி ஆடியின் குவியதூரம் காணல்

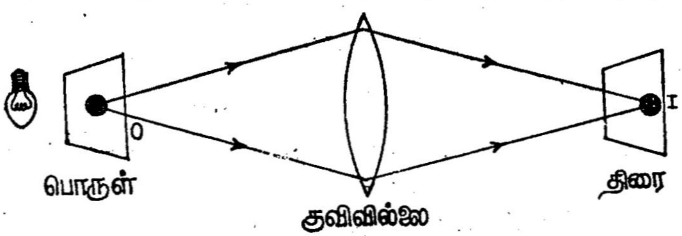
குவி ஆடியின் குவியதூரம் மாயமாகும். எனவே குவி ஆடியில் பொருளைக் கொண்டு அதன் பிம்பத்தை முதன்மைக்



படம் 9. u—v வரை படம்

குவியத்தில் கொண்டுவர இயலாது. எனவே குவியதூரம் கணக்கிடப்பட்ட குவி வில்லையை உபயோகித்துக் குழியாடியின் குவிய தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

(i) **துணைக் குவிவில்லை முறை :** ஒளியூட்டப்பட்ட குறுக்குக் கம்பிகள் பொருளாகச் செயல்படுகின்றன. அதன் எதிரில்

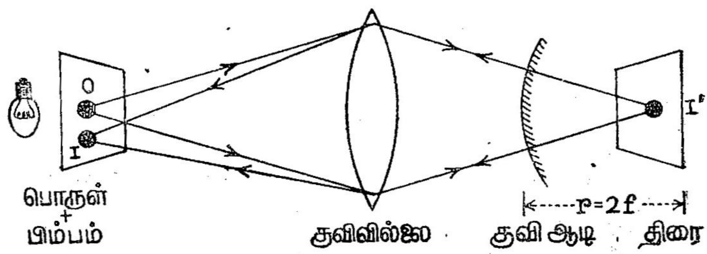


படம் 10 (i)

திரையை வைத்து, திரைக்கும் பொருளுக்கு மிடையில் குவி வில்லையை வைக்கவும். கம்பி வலையிலிருந்து செல்லும் ஒளிக் கற்றைகள் குவிவில்லையில் விலக்கமுற்றுத் திரையில் விழும்.

திரையில் பிம்பம் தெளிவின்றிக் காணப்பட்டால் திரையைச் சரி செய்து பிம்பம் தெளிவாகத் தோன்றும் வண்ணம் அமைக்கவும் [படம் 10 (i)].

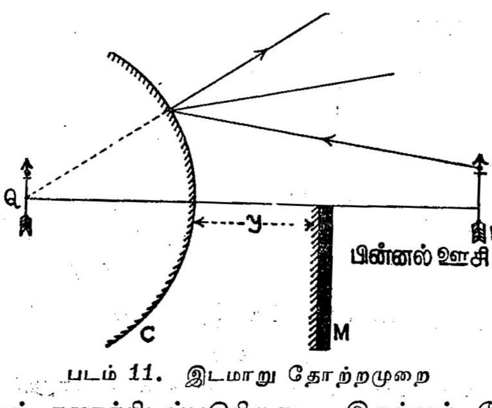
கொடுக்கப்பட்ட குவி ஆடியை வில்லைக்கும் திரைக்குமிடையில் வைக்கவும் [படம் 10 (ii)]. வில்லையிலிருந்து வரும் கதிர்கள் குவியாடியின்மேல் விழுந்து எதிரொளிக்கின்றன. இவை குவி வில்லை வழியாகச் சென்று பொருளுக்கு அருகில் மீண்டும்



படம். 10 (ii) குவிஆடி குவியதூரம்

பிம்பத்தை உண்டாக்குகின்றன. குவி ஆடியை மட்டும் பிம்பம் தெளிவாகும்வரை சரி செய்யவும். இப்போது குவி ஆடிக்கும் திரைக்குமுள்ள தூரம் குவி ஆடியின் வளைவு ஆரத்திற்குச் சமம். வளைவு ஆரம் $2f$க்குச் சமமானதால் குவி ஆடியின் குவிய தூரம் f-ஐக் கணக்கிடலாம். குவி வில்லையைப் பல நிலைகளில் மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்து குவி ஆடியின் சராசரி குவிய தூரத்தைக் கணக்கிடவும்.

(ii) $u-v$ முறை: இந்த முறையில் இடமாறு தோற்ற முறையை (Parallax method) உபயோகித்துக் குவி ஆடியின்



படம் 11. இடமாறு தோற்றமுறை

குவிய தூரம் கணக்கிடப்படுகிறது. இதற்குத் தேவையான

பொருள்கள் பின்னல் ஊசி (Knitting needle), சமதளக் கண்ணாடிப் பட்டை.

குவி ஆடியைத் தாங்கியில் பொருத்தி அதனெதிரில் பின்னல் ஊசியை வைக்கவும். குவியாடியின் முன்னால் M என்னும் சமதளக் கண்ணாடிப் பட்டையை மேலோரம் கிடைத்தள அச்சுக்குச் சரியாக இருக்குமாறு ஒரே திசையைப் பார்த்தவாறு வைக்கவும். இரண்டு ஆடிகளிலும் பிம்பங்கள் தெரியும். அவை மாயபிம்பங்கள். சமதளக் கண்ணாடிப் பட்டையை முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி பிம்பங்கள் இடமாறித் தோன்றாதவரை சரி செய்யவும்.

சமதளக் கண்ணாடியில் உண்டான பிம்பம், ஊசிக்குள்ள தூரத்திற்குச் சமமாகப் பின்னால் இருக்கும். எனவே சமதளக் கண்ணாடிக்கும் ஊசிக்குமுள்ள தூரம் MP-யிலிருந்து ஆடிகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் MC-யைக் கழித்தால் குவி ஆடி மாயபிம்பத்தின் தூரம் CQ கிடைக்கும். 'u' வும் 'v' யும் தெரிந்ததால் $\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ என்னும் வாய்பாட்டை உபயோகித்துக் குவி ஆடியின் குவிய தூரத்தைக் காணலாம். 'v' மாயபிம்பமானதால் எதிர்குறியுடையதாகும்.

கண்ணாடிப்பட்டையின் நிலையையும் பின்னல் ஊசியின் நிலையையும் மாற்றி அமைத்துப் பலமுறை கணக்கிடவும். 'u'-வின் தூரம் 10 செ. மீ. களிலிருந்து 50 செ. மீ. வரை வைக்கவும். அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்தவும்.

வரிசை எண்	குவியாடியிலிருந்து பொருளுக்குள்ள தூரம் u செ.மீ.	குவி ஆடிக்கும் சமதள ஆடிக்கும் உள்ள தூரம் y	குவி ஆடிக்கும் பிம்பத்திற்கும் உள்ள தூரம் $v=u-2y$	$f=\frac{u+v}{uv}$
1				
2				
3				
:				
:				
			சராசரி	

எனவே குவி ஆடியின் குவிய தூரம் = ... செ. மீ.

வினாக்கள்

1. குழி ஆடி, குவி ஆடிகளின் குவியதூரம் காணும் முறைகளை விளக்குக.

4. ஒளிவிலகல்
(Refraction)

ஒளிக்கதிர் ஓர் ஊடகத்திலிருந்து (medium) மற்றொரு ஊடகத்திற்குச் செல்லும்போது அதன் பாதை ஊடகங்களின் பிரிதளத்தில் மாறுவதை **ஒளி விலகல்** (refraction) என்று அழைக்கிறார்கள். ஒளிக்கதிர் காற்று போன்ற அடர்குறை ஊடகத்திலிருந்து கண்ணாடி போன்ற அடர்மிகு ஊடகத்தில் செல்லும் ஒளிக்கதிர் படுதானத்தில் வரையப்பட்ட லம்பத்தை (normal) நோக்கி விலகும். மாறாக அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்துக்குச் செல்லும்போது லம்பத்தைவிட்டு விலகும்.

ஒளிவிலகல் விதிகள் (Laws of refraction)

முதல் விதி : படுகதிர், விடுகதிர், படுதானத்தில் வரைந்த லம்பம் ஆகிய மூன்றும் ஒரே தளத்தில் அமையும்.

இரண்டாம் விதி : குறிப்பிட்ட வண்ண ஒளிக்கதிர் கொடுக்கப்பட்ட இரு ஊடகங்களில் ஒளிவிலகல் நிகழும்போது படுகோணத்தின் சைன் (sine) மதிப்புக்கும் விலகு கோணத்தின். சைன் மதிப்புக்கும் உள்ள விகிதம் மாறாமல் நிலையாக இருக்கும். இதனை **ஸ்னெல் விதி** (Snell's Law) என்பர்.

$$\frac{Sin\ i}{Sin\ r} = \text{மாறிலி}$$

இந்த மாறிலி **ஒளிவிலகலெண்** (refractive index) என்று கூறப்படுகிறது.

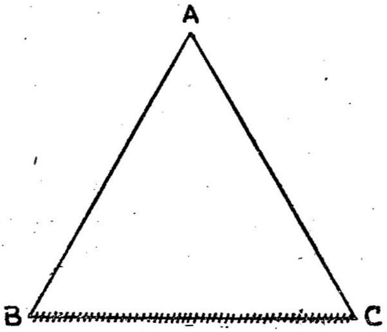
ஒளிவிலகலெண்

குறிப்பிட்ட வண்ண ஒளிக்கதிர் வெற்றிடம் (அல்லது காற்று) ஊடகத்திலிருந்து வேறெந்த ஊடகத்துக்கு ஒளி

விலகல் நிகழ்ந்தாலும் அதன் படுகோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் விலகு கோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கும் உள்ள விகிதம் முதல் ஊடகத்தைப் பொருத்து இரண்டாவது ஊடகத்தின் **சார்பிலா ஒளிவிலகலெண்** (absolute refractive index) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

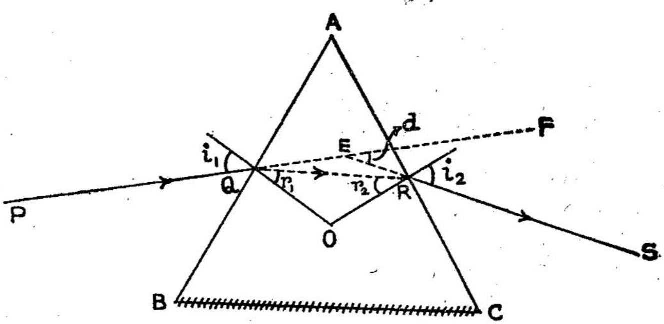
முப்பட்டகத்தில் ஒளிவிலகல் (Refraction through a prism)

இந்தப் பகுதியில் முப்பட்டகத்தில் ஒளிவிலகலைப் பார்ப்போம். முப்பட்டகம் என்பது ஒளி ஊடுருவிச் செல்லக்கூடிய மூன்று சமதளப் பரப்புகளால் இணைக்கப்பட்டதாகும். அவற்றில் இரண்டு சம பரப்புகள் முப்பட்டகத்தின் முகங்கள் (faces) என்றும் மூன்றுவது பக்கம் அடித்தளம் (base) என்றும் கூறப்படும். மேலே கூறிய இரண்டு சமபக்கங்கள் தாங்கும் கோணம் முப்பட்டகத்தின் **ஒளிவிலகு கோணம்** (refracting angle) அல்லது பொதுவாக முப்பட்டகத்தின் **கோணம்** (angel of the prism) என்றழைக்கப்படும். படம் 12-ல் உள்ளது முப்பட்டகத்தின் குறுக்கு வெட்டுப் படமாகும். AB, AC ஆகியவை முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலக்கம் நிகழும் முகங்களாகும். BC என்பது அடித்தளமாகும்.



படம் 12. முப்பட்டகம்

கீழே குறிப்பிட்டுள்ள (படம் 13) ABC என்ற முக்கோணத்தின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பாக இருக்கட்டும்.



படம் 13. முப்பட்டகத்தில் ஒளிவிலகல்

படுகதிர் PQ, முகம் AB-ல் Q என்ற புள்ளியில் தொடட்டும். QR என்பது ஒளிவிலகு கதிராகவும் RS என்பது விடுகதிராகவும் இருக்கட்டும். Q, R-ல் வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோடுகள் O-வில் சேரட்டும். படுகதிர் PQ-ஐ 'F'-க்கு நீட்டி, விடுகதிர் SR-ஐப் பின்புறமாக நீட்டினுல் E என்னும் புள்ளியில் சந்திக்கிறது. எனவே படுகதிருக்கும் விடுகதிருக்கும் இடைப்பட்ட ∟FES அந்தப் படுகதிரின் திசைமாற்றக்கோணம் (angle of deviation) ஆகும். படத்தில் 'd' இதனைக் குறிக்கிறது.

Q-வில் படுகோணம், விலகுகோணம் ஆகியவற்றை முறையே i_1, r_1 எனவும் R-ல் அவற்றை முறையே i_2, r_2 எனவும் குறிக்கவும். A என்பது முப்பட்டகத்தின் கோணத்தையும் 'd' என்பது அந்தப் படுகோணத்தின் திசைமாற்றக்கோணத்தையும் குறிக்கட்டும்.

படத்தில் AQOR ஒரு நாற்கரம்.

இதில் Q-உம் R-உம் தாங்குவது செங்கோணங்கள் (right angles).

$$\therefore \quad A + \angle QOR = 180^\circ \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$\triangle$QOR-ல்

$$r_1 + r_2 + \angle QOR = 180^\circ \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

(1)-ஐயும் (2)-ஐயும் ஒப்பிட்டால்

$$r_1 + r_2 = A \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

படத்தில் $\triangle$QER-ல் QE யானது F வரை நீட்டப்பட்டுள்ளது.

$$\therefore \quad \angle FER = \angle EQR + \angle ERQ$$

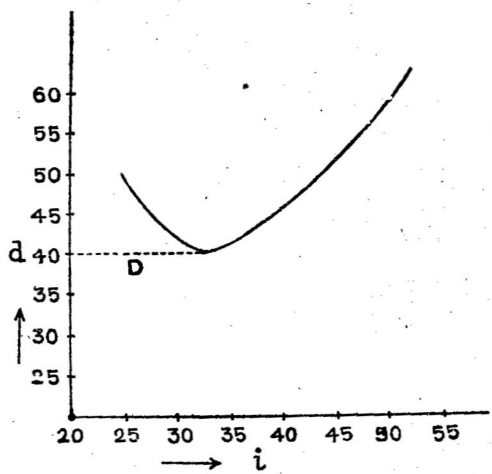
(வெளிக்கோணம் = உள் எதிர்கோணங்களின் மொத்தத்திற்குச் சமம்)

ஆனுல் $\angle FER = d$; $\angle EQR = i_1 - r_1$; $\angle ERQ = i_2 - r_2$

$$\therefore \quad d = i_1 - r_1 + i_2 - r_2$$
$$= i_1 + i_2 - (r_1 + r_2)$$
$$= i_1 + i_2 - A \quad \because \quad r_1 + r_2 = A$$
$$\therefore \quad i_1 + i_2 = A + d \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

விடுகதிர் RS-ஐப் படுகதிராகக் கொண்டால் இதே பாதையில் ஒளி சென்று QP வழியாகச் செல்லும். இதில் i_2 படுகோணமாகவும் i_1 விடுகோணமாகவும் மாறும். எனவே திசைமாற்றக்

கோணம் இரண்டு படுகோணங்களுக்கும் ஒன்றேயாகும். அதாவது இரு படுகோணங்களுக்கு ஒரே திசைமாற்றக் கோணம் அமையும். பொதுவாக முப்பட்டகத்தின் பல படு கோணங்களுக்குத் திசைமாற்றக்கோணங்கள் கண்டுபிடித்துப் படுகோணத்தை X அச்சிலும் திசைமாற்றக் கோணத்தை Y



படம் **14.** **(i — d)** வரை படம்

அச்சிலும் வரைந்தால் படம் 14-ல் காட்டியது போன்ற வளைகோடு கிடைக்கும்.

இதற்கு $i-d$ வரைபடம் என்று பெயர். படத்தில் ஒரே திசைமாற்றக் கோணத்திற்கு இரண்டு படுகோணங்கள் இருப்பதைக் காணலாம். திசைமாற்றக் கோணம் குறையக் குறைய படுகோணங்கள் நெருங்கி வருகின்றன. திசைமாற்றக் கோணம் குறைந்த அளவில் அமையும்போது இரு படுகோணங்களும் சமமாகின்றன. இந்த நிலையில் கிடைக்கும் திசைமாற்றக்கோணம் **சிறும திசைமாற்றக்கோணம்** (angle of minimum deviation) என்று கூறப்படும். இது D என்னும் அடையாளத்தால் குறிக்கப்படும். இந்நிலையில் $i_1=i_2$, $r_1=r_2$ அதாவது படுகதிரும் விடுகதிரும் ஒரே அளவு முப்பட்டகத்தின் பக்கங்களில் சாய்ந்துள்ளன.

மேலும்
$$i_1 + i_2 = A + d$$
$$r_1 + r_2 = A$$

குறைந்த திசைமாற்ற நிலையில்,

$$i_1 = i_2 = \frac{A+D}{2}$$

$$r_1 = r_2 = \frac{A}{2}$$

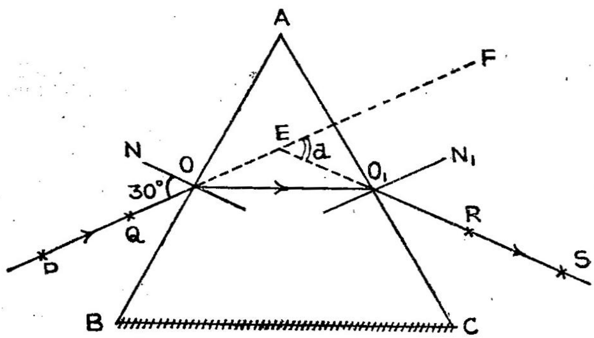
ஆனால் $\mu = \dfrac{Sin\ i_1}{Sin\ r_1} = \dfrac{Sin\ i_2}{Sin\ r_2}$

(μ என்பது முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகலெண்)

$$\therefore \quad \mu = \frac{Sin\ \frac{A+D}{2}}{Sin\ \frac{A}{2}}$$

முப்பட்டகத்தின் சிறும திசைமாற்றக் கோணம் காணல்

(i) $i-d$ **வரைபட முறை :** ஒரு வரைபட பலகையை எடுத்துக்கொண்டு அதன்மேல் வெள்ளைத் தாளொன்றை வைத்து நான்கு மூலைகளிலும் தேன் மெழுகால் அழுத்தி நகராமல் வைக்கவும். கொடுக்கப்பட்ட முப்பட்டகத்தைக் காகிதத்தாளின் மேல் வைத்து அதன் சுற்றுக்கோட்டை வரைந்து கொள்ளவும். முப்பட்டகத்தை நகர்த்தி முகம் AB-ல் ஏதாவது ஒரு



படம் 15. முப்பட்டகம்—d காணல்

'O' என்ற புள்ளியை எடுத்துக் கொண்டு அதில் ON என்ற செங்குத்துக்கோடு வரையவும். அதிலிருந்து 30° வைத்து PQ என்ற நேர்கோடு வரையவும். முப்பட்டகத்தை மீண்டும் பழைய நிலையில் வைக்கவும். இரண்டு குண்டூசிகளை PO கோட்டில் P, Q என்னுமிடங்களில் செங்குத்தாகப் பொருத்தி வைக்கவும். ஒளிக்கதிர் இதன் வழியாகச் சென்று முப்பட்டகத்தில்

ஒளிவிலக்கம் பெறுகிறது. முப்பட்டகத்தின் முகம் AC வழியாக நோக்கும்போது P, Q-வின் இரு பிம்பங்கள் தெரியும். கண்ணை அசைத்துப் பார்க்கும்போது ஒரு நிலையில் பிம்பங்கள் இரண்டும் ஒரே நேர்கோட்டிலிருப்பதுபோலத் தோன்றும். குண்டூசிகள் R, S-ஐ அந்த நிலைகளில் பொருத்தவும். குண்டூசிகள் நிலைகளைக் குறித்தபின் முப்பட்டகம், குண்டுசிகள் ஆகியவற்றை அகற்றவும். RS என்ற நேர் கோட்டைச் சேர்த்து முகம் AC-ல் O-வில் சந்தித்த பின்னும் பின்னோக்கி நீட்டவும். இது PQ-வை நீட்டிய கோட்டை E-ல் சந்திக்கும். படத்தில் காட்டியதுபோல் $\angle$FER-ஐ அளக்கவும். இது ஏற்கனவே எடுத்துக் கொண்ட படுகோணம் 30°க்குக் கிடைக்கும் திசைமாற்றக்கோணமாகும்.

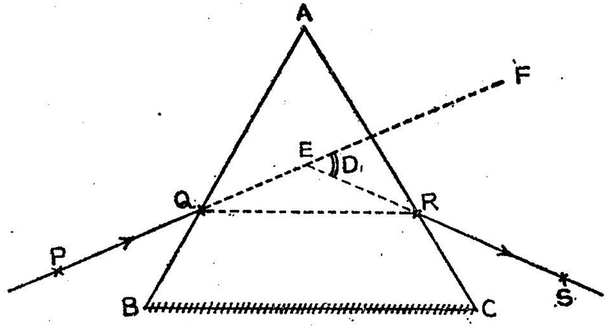
இதே முறையில் படுகோணங்கள் 35°, 40°, 45°, 50°, 55° 60°, ஆகியவற்றிற்குத் திசைமாற்றக்கோணங்களைக் கண்டு பிடிக்கவும். எனவே படுகோணங்களையும் அதற்கான திசை மாற்றக் கோணங்களையும் வைத்து $i-d$ வரைபடம் வரையவும். அதிலிருந்து சிறும திசைமாற்றக் கோணம் D-ஐக் காணலாம்.

(ii) **சிறும திசைமாற்றக்கோணத்தை நேரிடையாகக்காணல்**

சிறும திசை மாற்ற நிலையில் படுகதிரும் விடுகதிரும் முப்பட்டகத்தின் பக்கங்களுக்குச் சமமாகச் சாய்ந்திருக்கும். அதாவது படுகோணமும் விடுகோணமும் சமம். இந்த உண்மையை வைத்து D-ஐக் காணலாம்.

கொடுக்கப்பட்ட முப்பட்டகத்தை வரைபடத்தாள் மீது வைத்துச்சுற்றுக்கோடுABC-ஐ வரைந்துகொள்ளவும். முப்பட்ட கத்தை அப்புறப்படுத்தி AB, AC-ல் A-க்கு சற்றுத்தூரத்திலே இருக்குமாறு புள்ளிகள் Q, R-ஐ AQ=AR இருக்குமாறு எடுத்துக்கொள்ளவும். Q, R-ல் இரண்டு குண்டூசிகளை நிறுத்தி முப்பட்டகத்தைப் பழைய நிலையில் திரும்ப வைக்கவும். AC முகம் வழியாக Q-வின் ஒளிவிலகலால் கிடைத்த பிம்பத்தைப் பார்த்து அது குண்டூசி Rஉடன் ஒரே நேர்கோட்டில் அமையும் போது அதே கோட்டில் S என்ற குண்டூசியைப் பொருத்தவும். அதே போல RS-ஐ AB முகத்தில் Q-வோடு பார்த்து பிம்பங்கள் ஒரே நேர்கோட்டிலிருக்கும்போது அதே கோட்டில் குண்டூசி P-ஐப் பொருத்தவும். குண்டூசிகளின் நிலையைக் குறித்துக் கொண்டு அவைகளை அகற்றவும். PQ, RS-ஐச்

சேர்த்துப் பின்னல் நீட்டி E-ல் சந்திக்குமாறு செய்யவும்.

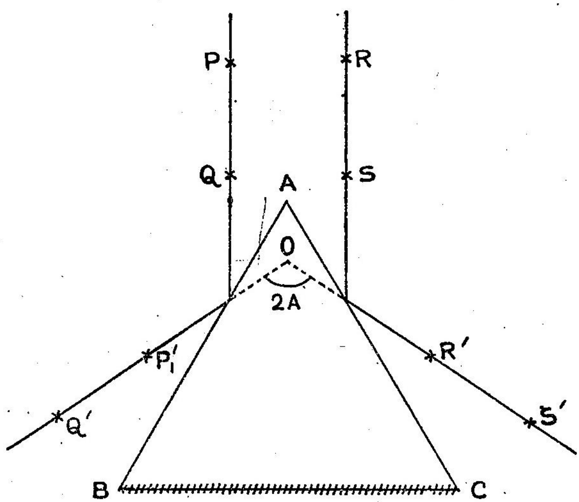


படம் 16. முப்பட்டகம்—சிறுமதிசை மாற்றக்கோணம்

எனவே ∟FER சிறுமதிசைமாற்றக்கோணம் D-ஐத் தருகிறது.

முப்பட்டகத்தின் கோணத்தை அளவிடல்

வரைபட பலகையின்மேல் வெள்ளைத்தாளைப்பொருத்தவும். PQ, RS என்ற இரு இணைகோடுகள் வரைந்து முப்பட்டகத்தை



படம் 17, முப்பட்டகத்தின் கோணம்

அதன் முனை இரு கோடுகளுக்குள்ளாக அமையுமாறு வைக்கவும். இரண்டு குண்டூசிகள் P, Q-ஐ ஓர் இணை

கோட்டில் செங்குத்தாகப் பொருத்தவும். இதன் வழிவரும் ஒளிக்கதிர் AB முகத்தால் எதிரொளிக்கப்படுகிறது. P,Q-வின் பிம்பங்கள் AB முகத்தில் தெரியும். இரு பிம்பங்களும் ஒரே நேர்கோட்டில் அமையும்போது P^1 Q^1 என்ற குண்டூசிகளைப் பொருத்தவும். அதேபோல அடுத்த இணைகோட்டில் R, S குண்டூசிகளைப் பொருத்தி, AC-ல் எதிரொளிக்கும்போது R^1, S^1-ஐப் பொருத்தவும்.

குண்டூசிகளின் நிலைகளைக் குறித்துக் கொண்டு குண்டூசிகளையும் முப்பட்டகத்தையும் அகற்றவும். Q^1 P^1, S^1 R^1 ஆகியவற்றை இணைத்து O-ல் சந்திக்கும்படி நீட்டவும். $\angle Q^1 OS^1$-ஐ அளக்கவும். இதன் அளவு இரண்டு மடங்கு கோணத்திற்குச் சமம். இதில் பாதி அளவு முப்பட்டகத்தின் கோணம் 'A'-ஐத் தருகிறது.

முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகலெண் காணல்

முப்பட்டகத்தின் கோணம் A-ஐ மேற்கண்டவாறு சோதனை செய்து காணவும். முப்பட்டகத்தின் சிறுமதிசை மாற்றக் கோணம் 'D'-ஐ (i-d) வரைபடம் வரைந்தோ சிறும திசைமாற்ற முறையிலோ கண்டுபிடிக்கவும். எனவே முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் μ-ஐ

$$\mu = \frac{Sin\,\frac{A+D}{2}}{Sin\,A/2}$$

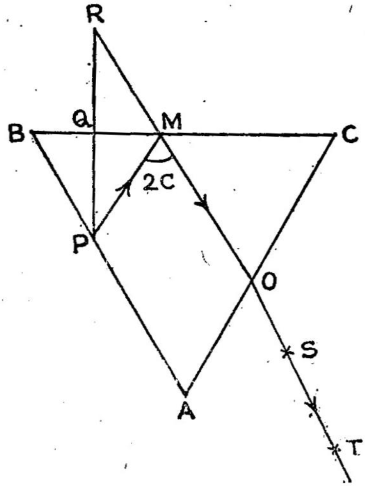
என்ற வாய்பாட்டை உபயோகித்துக் காணலாம்.

மாறுநிலைக்கோண முறையில் முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் காணல் (critical angle method)

முப்பட்டகத்தை, வரைபலகையில் பொருத்தப்பட்ட காகிதத்தின்மேல் வைத்து அதன் சுற்றுக்கோடு ABC-ஐ வரைந்து கொள்ளவும். முப்பட்டகத்தின் அடிப்பாகம் BC மேற்புற காகித விளிம்புக்கு இணையாக இருக்கவேண்டும்.

முப்பட்டகத்தை அணைத்து AB முகத்தில் P என்னும் இடத்தில் ஒரு குண்டூசியைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தி வைக்கவும். இதனின்று புறப்படும் கதிர்கள் BC முகத்தில் விழுந்து எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. அவை AC வழியே வெளிவருகின்றன. இந்நிலையில் ஒளிவிலகல் நிகழ்கிறது. P-ன்

பிம்பத்தை AC வழியே C-யிலிருந்து A-வரை மெதுவாகப் பார்த்து வந்தால் ஒரு நிலையில் இதன் பிம்பம் தெளிவாக இல்லாமல் திடீரென மங்கலாகத் தோன்றும். மேலும் கண்ணை நகர்த்தினால் பிம்பம் மறைந்து விடுகிறது. எந்தப் புள்ளியில் பிம்பம் திடீரென மறைகிறதோ அங்கு S, T குண்டூசிகளைப் பொருத்தவும். குண்டூசிகளின் நிலைகளைக் குறித்துக் கொண்டு குண்டூசிகளையும் முப்பட்டகத்தையும் அகற்றவும். ST-ஐ நேர்கோட்டால் சேர்க்கவும். அது AC-ஐ O-வில் சந்திக்கும். P-லிருந்து BC-க்கு PQ என்னும் செங்குத்துக்கோடு வரைந்து PQ = RQ எனக் கொண்டு Q-வை R-க்கு நீட்டவும். R-லிருந்து O-க்கு நேர்கோடு வரைந்தால் அது BC-ஐ M-ல் சந்திக்கும். PM-ஐச் சேர்க்கவும். PM வழியாக வரும் படுகதிர் M-ல் மாறுநிலை அடைந்து MO வழியாகப் பிரிதளத்தில் திசைமாறி OT வழியே செல்கிறது. எனவே இந்நிலையில் கதிர் மாறுநிலை கோணத்தில் அமைகிறது. எனவே ∟PMO-வின் மதிப்பு 2C ஆகும். இதனை அளந்து C-இன் மதிப்பைக் காணவும். C என்பது மாறுநிலைக்கோணமாகும். முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகலெண் μ எனில்



படம் 18. முப்பட்டகம் மாறுநிலைக்கோணம் அளவிடல்

$$\mu = \frac{1}{\sin C} \text{ ஆகும்.}$$

வில்லைகளில் ஒளிவிலகல் (Refraction through lenses)

கண்ணாடியால் செய்யப்பட்டு ஒளி ஊடுருவிச் செல்லும் கோளப் பகுதி **வில்லை** (lens) என்றழைக்கப்படுகிறது. இருபுறமும் குவிந்திருந்தால் அது இருபுறக் குவி வில்லை (biconvex lens) என்றும், இருபுறமும் குழிந்திருந்தால் அது இருபுறக் குழிவில்லை (biconcave lens) என்றும் அழைக்கப்படும். வில்லை

களின் வளைவு மையங்கள் வழியாகச் செல்லும் நேர்கோட்டிற்கு **முதன்மை அச்சு** (principal axis) என்று பெயர்.

ஒளிமையம் (optic centre) வில்லையின் ஒரு தளத்தில் படும் ஒளிக்கதிர் ஒளிவிலகலின்போது முதன்மை அச்சினை ஒரு புள்ளியில் வெட்டி வில்லையின் மறுதளத்தில் படுகதிருக்கு இணையாக வெளிவருகிறது. படுகதிரின் பாதை முதன்மை அச்சை எந்தப் புள்ளியில் வெட்டுகிறதோ அந்தப் புள்ளிக்கு **ஒளிமையம்** எனப் பெயர்.

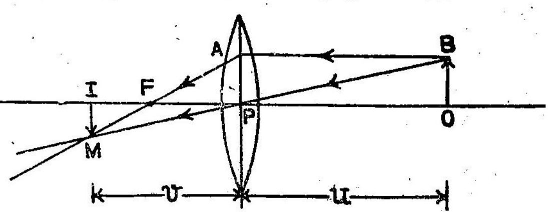
முக்கிய குவியம் (principal focus) வில்லைகளின் முதன்மை அச்சுக்கு இணையாகவும் அருகிலும் செல்லும் ஒளிக்கதிர்கள் குவிவில்லையின் ஒரு பக்கத்தில் விழுந்து ஒளிவிலக்கமுற்று குவிவில்லையின் மறுபக்கத்தில் முக்கிய அச்சின் ஒரு புள்ளியில் குவியும். குழிவில்லையில் அதே திசையின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து விலகுவதுபோலத் தோன்றும். இப்புள்ளிக்கு **முதன்மைக் குவியம்** (principal focus) என்று பெயர்.

குவியதூரம் (focal length) வில்லைகளின் ஒளிமையத்திற்கும் முதன்மைக் குவியத்திற்குமுள்ள தூரம் குவியதூரம் எனப் படும்.

குவிவில்லைகளின் குவியதூரம் மெய்யானது ; குழிவில்லையில் பொய்யானது. எனவே குறியீட்டு மரபுப்படி குவிவில்லையின் குவியதூரம் நேர்குறி (Positive) கொண்டதாகவும் குழிவில்லையின் குவியதூரம் எதிர்குறி (Negative) கொண்டதாகவும் குறிக்கப்படும்.

$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ **என்னும் தொடர்பைப்பெற குவிவில்லை மெய்பிம்பம்.**

ஏதாவது ஒரு குவிவில்லையை எடுத்துக் கொள்ளவும். அதன் ஒளிமையம் P ஆகவும் குவிய தூரம் f ஆகவும் இருக்கட்டும். அதன் முக்கிய அச்சின் ஒரு பக்கத்தில் OB என்னும்



படம். 19 குவிவில்லை

பொருளை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக வைக்கவும். அதிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர்கள் ஒளிவிலக்கமுற்று மறுபக்கத்தில் IM என்ற இடத்தில் பிம்பத்தை உண்டாக்குகிறது. வில்லையிலிருந்து பொருளின் தூரம் ' u ' ஆகவும் பிம்பத்தின் தூரம் ' v ' ஆகவும் இருக்கட்டும்.

படத்தில் (19) △ POB-யும் △PIM-உம் வடிவொத்தவைகள்.

$$\therefore \quad \frac{OB}{IM} = \frac{PO}{PI} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

அதேபோல △ FPA-வும் △ PMI-யும் வடிவொத்தவை.

$$\therefore \quad \frac{PA}{IM} = \frac{FP}{FI}$$

ஆனால் $PA = OB$

$$\therefore \quad \frac{OB}{IM} = \frac{FP}{FI} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

(1)-ஐயும் (2)-ஐயும் ஒப்பிட்டால்

$$\frac{PO}{PI} = \frac{FP}{FI} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

படத்தில்

$$PO = u,$$
$$PI = v$$
$$FP = f$$
$$FI = PI - PF = v - f$$

(3)-ல் இதனைப் பொருத்தினால்

$$\frac{u}{v} = \frac{f}{v-f}$$

குறுக்குவாட்டில் பெருக்கினால்

$$u(v-f) = fv$$
$$uv - fu - fv = 0$$

$uv\,f$ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = 0$$

குறியீட்டு மரபுப்படி பிம்பம் மெய்யானதால் நேர்குறியும் பொருள் மெய்யானதால் நேர்குறியும் இடவும். குவிவில்லைக்கு 'f' நேர்குறியுடையதாகும்.

இவற்றினைப் பயன்படுத்தினால்

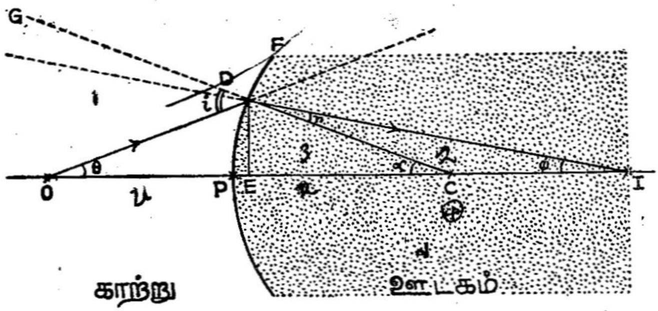
$$\frac{1}{f}-\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=0$$

$$\therefore \quad \frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f} \text{ ஆகும்}$$

இதே தொடர்பு குவிவில்லையின் பொய்பிம்பத்திற்கும் குழிவில்லையின் பொய்பிம்பத்திற்கும் சரியான குறியிட்டபின் கிடைக்கும்.

வளைவு தளத்தில் ஒளிவிலக்கம் (Refraction at a curved surface)

FDP என்னும் குவிந்த வளைவு தளத்தை எடுத்துக் கொள்ளவும். இதை உள்ளடக்கிய



படம் 20. வளைவுத்தளம்

ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல்எண் μ ஆக இருக்கட்டும். அதன் எதிர் ஊடகம் காற்றாகும். குவிந்த பாகத்தின் வளைவு மையம் C ஆகவும் PC முதன்மை அச்சாகவும் இருக்கட்டும். முதன்மை அச்சின் நீட்சியில் காற்றில் ‘O’ என்ற புள்ளியில் ஒரு பொருள் வைக்கப்படட்டும். இதன்வழி சென்ற OD என்னும் படுகதிர் குவிந்த பரப்பின் D என்னும் புள்ளியில் விழுந்து ஒளிவிலக்கமுற்று DI வழியே ஊடகத்தினுள் செல்கிறது. இதில் படுகோணம் i ஆகவும் ஒளிவிலகுகோணம் r ஆகவும் இருக்கட்டும். குவிபரப்பின் D என்ற புள்ளியில் வரைந்த குத்துக்கோடு DC ஆகும்.

படத்தில் $\angle ODG = i$

$\angle CDI = r$

$\angle DCP = \alpha$

$\angle DIP = \phi$

ஒளிவிலகல் எண் $\mu = \dfrac{Sin\ i}{Sin\ r}$

ஆனல் $\triangle$CDI-ல் $\alpha = r + \phi$ (வெளிக் கோணம் உள் எதிர்கோணங்களின் மொத்தத்திற்குச் சமம்)

$$\therefore \quad r = \alpha - \phi \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

படுகோணம் i-யும் ஒளிவிலகுகோணம் r-உம் சிறிதாக இருக்கும்போது $\mu = \dfrac{Sin\ i}{Sin\ r}$, $\mu = \dfrac{i}{r}$ ஆக மாறும்.

எனவே $i = \mu r \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$

மேலும் $\triangle$ODC-ல் $i = \theta + \alpha \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$

(1), (3)-ன் மதிப்புகளை (2)-ல் பொருத்தினல் கிடைப்பது,

$\theta + \alpha = \mu\ (\alpha - \phi) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$

ஆனல் $\triangle$ ODE-ல் $\dfrac{DE}{OE} = \tan\theta = \theta$

$\triangle$ CDE-ல் $\dfrac{DE}{EC} = \tan\alpha = \alpha$

$\triangle$ DIE-ல் $\dfrac{DE}{EI} = \tan\phi = \phi$

(θ, α, ϕ சிறியவைகளாக இருக்கும்போது)

இவற்றை (4)-ல் உபயோகித்தால்,

OE = OP = u
CE = CP = R
EI = PI = V

$$\frac{DE}{OE} + \frac{DE}{EC} = \mu\left(\frac{DE}{EC} - \frac{DE}{EI}\right)$$

அதாவது $\dfrac{1}{OE} + \dfrac{1}{EC} = \mu\left(\dfrac{1}{EC} - \dfrac{1}{EI}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$

D ஆனது P-ஐ நெருங்கும்போது E, P யோடு ஒன்றி விடுகிறது. எனவே OE=OP=u (பொருளுக்கும் வளைவு பகுதிக்கும் உள்ள தூரம்)

$$CE = CP = R,$$

மேலும் EI = PI = v (பிம்பத்திற்கும் வளைவு பகுதிக்கும் உள்ள தூரம்)

ஆகையால் 5-ஐப் பின்கண்டவாறு எழுதலாம்

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{R} = \mu\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{v}\right)$$

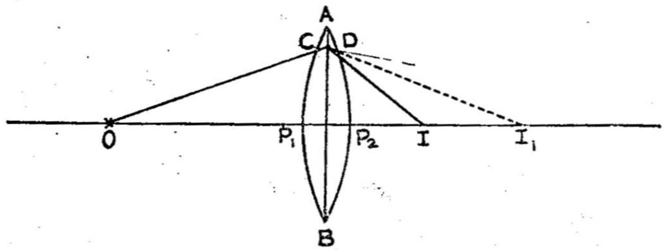
$$\boxed{\frac{\mu}{v} + \frac{1}{u} = \frac{\mu - 1}{R}}$$

இந்த வளைவு பகுதியானது தன்மேல் விழுகின்ற ஒளிக் கதிரைக் குவிக்குமானல் அதன் வளைவு ஆரம் நேர்குறியையும்

(+), ஒளிக்கதிர் விரியுமானால் அதன் விளைவு ஆரம் எதிர் குறியையும் (−) பெறும். மேற்கூறிய குவிதளத்தில் R நேர் குறியுடையது.

குவிவில்லையில் ஒளிவிலகல் (Refraction through a lens)

படத்தில் (21) காட்டிய வில்லையை AP_1B, AP_2B என்ற இரு சமதளக் குவிவில்லைகளாகக் கருதலாம். OPI என்பது



படம் 21. குவிவில்லை.

இதன் முதன்மை அச்சாக இருக்கட்டும். 'O' என்ற ஒரு புள்ளிப் பொருளை (point object) வில்லையின் ஒளிமையத் திலிருந்து 'u' தொலைவில் வைப்பதாகக் கொள்வோம். பொருளிலிருந்து புறப்பட்டுச் சென்ற O D என்னும் படுகதிர் AP_1B வளைபரப்பில் விழுந்து ஒளிவிலகல் உண்டாகிறது. இந்தப் பிம்பம் I_1, AP_2B வளைபரப்பிற்கு (இரண்டாவது வில்லை) பொய் பொருளாகச் செயல்பட்டு I என்னும் புள்ளியில் மெய்யான பிம்பம் கிடைக்கிறது. AP_1B வளைபரப்பின் ஆரம் R_1 ஆகவும் AP_2B-ன் ஆரம் R_2 ஆகவும் இருக்கட்டும். வில்லையிலிருந்து I_1-க்கு தூரம் 'v_1' ஆகவும் I-க்கு தூரம் 'v' ஆகவும் இருக்கட்டும். வில்லையின் ஒளிவிலகல் எண் μ எனக் கொள்வோம்.

AP_1B வளைபரப்பில் ஒளிவிலகல் நிகழ்வதால்,

$$\frac{\mu}{v_1}+\frac{1}{u}=\frac{\mu-1}{R_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

AP_2B-ல் ஒளிவிலகல் நிகழும் போது I_1 பொய் பொருளாகச் செயல்படுவதால்

$$\frac{1}{v}-\frac{\mu}{v_1}=\frac{\mu-1}{R_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

(v_1 எதிர் குறியுடையது)

சமன்பாடுகள் 1 ஐயும் 2 ஐயும் கூட்டினால்

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=(\mu-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)\text{.........}(3)$$

பொருளானது வில்லையின் முதன்மை அச்சில் எந்த ஒரு புள்ளியில் வைத்தால் பிம்பம் முடிவிலாத் தொலைவில் உண்டாகுமோ அந்தப் புள்ளியை முதல்பக்கமுதன்மைக்குவியம் f_1 என்கிறோம்

எனவே, $u=f_1$, $v=\propto$

3-ல் பொருத்தினால்

$$\frac{1}{f_1}=(\mu-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R}\right)\text{.........}(4)$$

முடிவிலாத் தொலைவில் இருக்கின்ற பொருளின் பிம்பம் இரண்டாவது வளைபரப்பில் முதன்மைக் குவியத்தில் விழும்.

ஆதலால் $u=\propto$, $v=f_2$

இதனை 3-ல் பொருத்தினால்,

$$\frac{1}{f_2}=(\mu-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)\text{.........}(5)$$

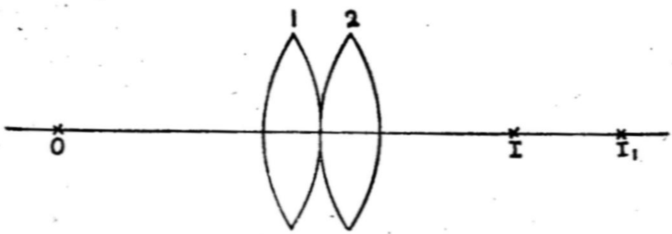
4-ஐயும் 5-ஐயும் ஒப்பிடும்போது f_1-உம் f_2-உம் சமம் எனத் தெரிகிறது. எனவே,

$$\boxed{\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)}$$

குவிவில்லையின் குவியதூரம் நேர்குறியும் குழிவில்லையின் குவிய தூரம் எதிர்குறியும் உடையதாகக் கொள்ளவேண்டும்.

இரு தொடுவில்லைகள் (Lenses in contact)

இரு மெல்லிய வில்லைகளை ஒன்றோடொன்று தொடும் நிலையில் வைக்கவும். அவற்றின் முதன்மை அச்சுகள் ஒரே நேர்



படம் 22. தொடுவில்லைகள்

கோட்டில் இருக்க வேண்டும். முதல் வில்லை (1)-ன் குவிய தூரம் f_1 ஆகவும் இரண்டாம் வில்லை (2)-ன் குவியதூரம் f_2 ஆகவும் இருக்கட்டும்.

ஒரு பொருள் O-வை முதல் வில்லைக்கெதிரில் அதன் முதன்மை அச்சில் 'u' தொலைவில் வைக்கவும். பொருளின் பிம்பம் I_1 மறுபக்கத்தில் 'v' தொலைவில் உண்டாகும்.

$$\frac{1}{v_1} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

இந்த மெய்ப்பிம்பம் இரண்டாம் வில்லைக்கு மாயப் பொருளாகச் செயல்பட்டு அதே திசையில் I-ல் மெய்ப்பிம்பம் உண்டாக்குகிறது.

எனவே $$\frac{1}{v} - \frac{1}{v_1} = \frac{1}{f_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

(v_1 மாயமானதால் எதிர்குறியுடையது) சமன்பாடுகள் (1) ஐயும் (2) ஐயும் கூட்டினால்

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$ ஆகும்

இந்த இரு வில்லைகளுக்குப் பதிலாக இதே விளைவை உண்டாக்கும் குவியதூரம் f கொண்ட ஒரு வில்லையை வைத்தால்

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{F}$$ ஆகும் .... (4)

(3) ஐயும் (4) ஐயும் ஒப்பிட்டால்

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$$ கிடைக்கும்.

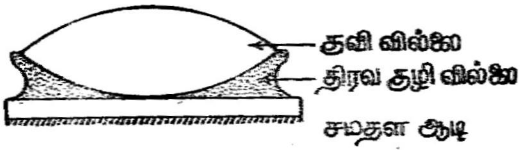
குறிப்பு: இந்த இரு வில்லைகளைத் தொடுமாறு வைக்காமல் இரண்டிற்குமிடையே 'd' தூரம் இருக்குமாறு நகர்த்தி வைத்தால் அவற்றின் குவியதூரங்கள் ஆகியவற்றிற்கான தொடர்பு

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} = \frac{1}{F}$$ எனக் காட்டலாம்.

திரவவில்லைகள் (Liquid lens)

இருபுறக் குவிவில்லை ஒன்றினை மேஜைமீது வைக்கப்பட்ட சமதள ஆடியில் ஒரு சொட்டுத் திரவம் விட்டு அதன்மேல் மெதுவாக வைத்தால் வில்லையின் கீழ்ப்பகுதிக்கும் ஆடியின் மேல்பரப்பிற்குமிடையில் திரவத்தின் பகுதி ஒரு சமதளக்

குழிவில்லை போல் அமையும். இதனைத் திரவவில்லை என்கிறோம். (படம் 23)



படம் 23. திரவவில்லை

ஒரு பின்னல் ஊசியைப் பயன்படுத்தி திரவவில்லையின் குவிய தூரத்தைக் காணலாம். அதன் ஒரு பக்க வளைவு ஆரத்தையும் (R) சோதனைமூலம் காணலாம். எனவே திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண் μவைக் கீழ்க்கண்ட தொடர்பினை உபயோகித்துக் காணலாம்

$$\frac{1}{f_1} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

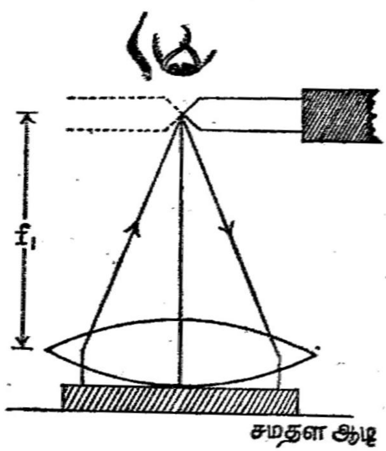
ஆனல் இது சமதளக் குழிவில்லையானதால் R_2 முடிவிலா எண் (infinity) என்று கொண்டு

$$\frac{1}{f_e} = \frac{\mu - 1}{R}$$

என்ற வாய்பாட்டினை உபயோகித்து μ வைக் காணலாம்.

திரவவில்லை முறையில் திரவத்தின் ஒளிவிலகல்எண் காணும் முறை :

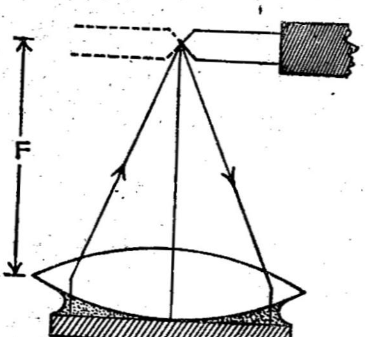
சமதள ஆடி ஒன்றினைத் தாங்கியின் அடித் தளத்தில் வைக்கவும். அதன்மேல் குறைந்த குவியதூரமுள்ள ஒரு குவிவில்லையை வைக்கவும். தாங்கியில் ஒரு நன்கு மெருகேற்றப்பட்ட பின்னல் ஊசியைப் படத்தில் (24) காட்டியவாறு வில்லைக்குமேலாகப் பொருத்தவும். பின்னல் ஊசியின் முனை வில்லையின் மையத்துக்கு நேராக இருக்க வேண்டும். பின்னல் ஊசிக்கு மேலாக நின்று வில்லையை நோக்கினல் வில்லைக்குள்



படம் 24. குவிவில்லை குவியதூரம்

ஊசியின் பிம்பம் எதிரிலேயே இருமுனைகளும் சேர்ந்து தெரியும். கண்ணினை நகர்த்திப் பார்த்தால் பொருளும் பிம்பமும் மாறாமல் சேர்ந்தே இயங்கும்வரை ஊசியின் உயரத்தைத் தாங்கியில் தாழ்த்தி அல்லது உயர்த்தி சரிசெய்யவும். இந்நிலை இடமாறுத் தோற்றநிலை (no parallax) யாகும். வில்லையின் மேற்புறத்தி லிருந்து ஊசி முனைக்கு இடையே உள்ள தூரத்தை அளக்கவும். இது குவிவில்லையின் குவிய தூரம் f_1 ஐக் கொடுக்கும்.

வில்லையை அகற்றி ஆடியின் மேல் எந்தத் திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண் காண வேண்டுமோ அதில் சிலதுளி கள் வைக்கவும். அதன்மேல் குவிவில்லையை மெதுவாகக் காற்றுக் குமிழ் ஏதும் இல்லா வண்ணம் வைக்கவும் (படம் 25). இப்போது கண்ணாடி குவிவில்லையும் திரவ சமதளக் குழிவில்லையும் சேர்ந்த இணைப்பு வில்லையின் குவிய தூரம் F-ஐ மேற்கண்ட சோதனையைத் திரும்பச் செய்து காணவும். எனவே திரவவில்லையின் குவிய தூரம் f_2 என்றால்



படம் 25. திரவவில்லை

$$\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}=\frac{1}{F}$$

. இதில் f_2 குழிவில்லையானதால் எதிர்குறி கொண்டதாகும். f_1, F ஆகியவை நேர்குறி கொண்டதாகும்.

அடுத்து, திரவக் குழிவில்லையின் மேல்பாக வளைவு ஆரத் தைக்காணவேண்டும். ஆனால் இது வில்லையோடு இணைத்து வைக்கப்பட்டதால் வில்லையின்கீழ்வளைவு ஆரம் திரவவில்லை யின் வளைவு ஆரமாகும். இதைக் காண்பதற்குக் குவிவில்லையின் பரப்பைப் பாதரசத் தொட்டியிலுள்ள பாதரசத்தின்மேல் மிதக்கவிடவும். மேற்கூறிய பின்னல் ஊசி - தாங்கி அடியில் இதை வைக்கவும். சமதள ஆடியை அகற்றிவிடவும். மீண்டும் பின்னல் ஊசியின் பிம்பம் வில்லை-பாதரசம் இவற்றின் வழியே சென்று பாதரசப் பரப்பில் எதிரொளித்து வில்லை வழியே தெரியும். இடம் மாறுத் தோற்ற நிலையில் ஊசி யின் உயரத்தைச் சரிபடுத்தவும். ஊசிக்கும் வில்லைக்கும் உள்ள

தூரம் u ஆனால் வில்லையின் கீழ் பரப்பின் ஆரம் $R = \frac{f_1 u}{f_1 - u}$ ஆகும். f_1, என்பது குவிவில்லையின் குவிய தூரமாகும்

ஆனால் $$\frac{1}{f_2} = \frac{\mu - 1}{R}$$

f_2, R-இவற்றின் மதிப்புகளைப் பொருத்தினால் திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண் μ-வைக் கணக்கிடலாம்.

மிகக் குறைவான அளவில் கிடைக்கும் திரவங்களின் ஒளி விலகல் எண் காண்பதற்கு இது மிகவும் சிறந்த முறைகளில் ஒன்றாகும்.

வினாக்கள்

1. ஒளிவிலகல் விதிகள் யாவை? சிறுமதிசை மாற்றக்கோணம், மாறுநிலைக்கோணம் என்றால் என்ன?

2. முப்பட்டகத்தின் $\mu = \frac{Sin \frac{A+D}{2}}{Sin\ A/2}$ என்னும் தொடர்பினைப் பெறுக.

3. வளைதளத்தில் ஒளிவிலக்கம் நிகழும்போது தளத்தின் ஒளி விலகலெண்ணுக்கும் வளைவு ஆரத்திற்குமுள்ள தொடர்பைப் பெறுக.

4. குவி வில்லைக்கும் அதன் குவிய தூரத்திற்கும் ஒளி விலகலெண்ணுக்குமுள்ள கோவையைப் பெறுக.

5. திரவவில்லைகளை விவரி. திரவவில்லை சோதனைமூலம் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தின் ஒளிவிலகலெண்ணை நீ எவ்வாறு காண்பாய் என்பதனை விளக்கு.

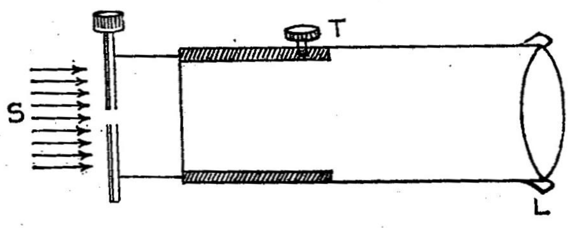
5. நிறமாலைமானி
(SPECTRO METER)

ஒளியியல் கருவிகளில் முக்கியமானதொன்று நிறமாலை மானி (Spectrometer) யாகும். வெவ்வேறு பொருள்களின் நிறமாலைகளை ஆராய்வதற்கும் நிறமாலைகளின் அலைநீளங்களைத் துல்லியமாக அளப்பதற்கும் இது மிகவும் பயன்படுகிறது. முப்பட்டகங்களின் ஒளிவிலகல் எண்களை நிறமானியின் உதவியால் துல்லியமாக நிர்ணயிக்க முடியும்.

நிறமாலைமானியின் முக்கிய பகுதிகளாவன : (1) இணையாக்கி (collimator), (2) தொலைநோக்கி (Telescope), (3) வட்டமேசை (prism table) அல்லது முப்பட்டக மேசை. இவற்றினைத் தெளிவாகக் கீழே காணலாம்.

1. **இணையாக்கி** (collimator)

ஒளித் தோற்றுவாயிலிருந்து வருகின்ற ஒளிக் கற்றையைக் குறுகிய இணைகற்றையாக மாற்றித்தரும் அமைப்புக்கு இணை

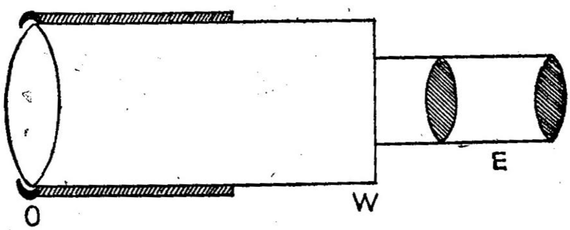


படம் 26. இணையாக்கி

யாக்கி என்று பெயர் (படம் 26). ஒன்றேடொன்று இழையும் இரு பித்தளைக் குழாய்கள் அவற்றின் மைய அச்சு ஒரே நேர் கோட்டில் இருக்குமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. மேலிருக்கும் குழாய் நுனியில் ஒரு குவிவில்லை பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இது வட்டமேசையை நோக்கி இருக்கும். உள்குழாயின்

வெளி முகப்பில் ஒரு பிளவு (slit) அமைக்கப்பட்டுள்ளது. பிளவின் அளவைத் தேவைக்கேற்ப சரி செய்வதற்காக ஒரு மென்திருகு பிளவையின் மேற்புறத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும் வில்லைக்கும் பிளவுக்குமிடையேயுள்ள தூரத்தை மாற்றுவதற்கு மற்றொரு திருகு T அமைக்கப்பட்டுள்ளது. T-ஐத் திருகுவதால் உள்குழாய் வெளிக்குழாயோடு இழைந்துக் கொண்டு நகர்கிறது. பிளவானது குவி வில்லையின் முதன்மைக் குவியத்தில் வைத்தால் வருகின்ற ஒளிக்கற்றை வில்லையின் ஒளிவிலக்கத்திற்குப் பிறகு இணைகற்றையாக வெளிவரும். இந்த முழு அமைப்பும் நிறமானியின் அடித்தளத் தோடு கிடைத் தளத்தில் அமைத்து உறுதியாக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

2. **தொலைநோக்கி** (Telescope) : இது விண் தொலைநோக்கியில் பார்த்த கருவி போன்ற அமைப்பாகும். இணையாக்கியிலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றை வட்டமேசையைக் கடந்து வந்தபின் தொலைநோக்கியால் ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகிறது. இதில் இரண்டு குவிவில்லைகள் உண்டு. ஒன்றிற்குப் **பொருளருகு வில்லை** (objective) என்று பெயர். இதற்கு அதிக குவிய தூரம் இருக்கும். குறைந்த குவிய தூரமுள்ள குவிவில்லை **கண்ணருகு வில்லை** (eye piece) எனப்படும். இங்கும் ஒன்றோடொன்று



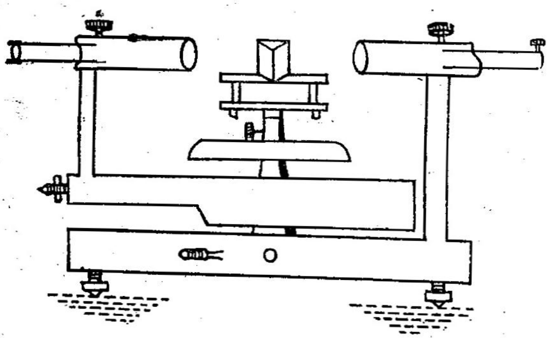
படம் 27. தொலைநோக்கி

இழையும் (இணையாக்கியில் உள்ளது போல) இரு பித்தளைக் குழாய்கள் பொது மைய அச்சில் அமையுமாறு கிடைத்தளவாக்கில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. மேலிருக்கும் குழாய் முடிவில் பொருளருகுவில்லை O-பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கண்ணருகுவில்லை E என்பது இரு சமதளக் குவி வில்லைகள் (plano convex lenses) ஒரு சிறிய பித்தளைக் குழாயினுள் பொருத்தப்பட்டு மற்றொரு மேல்குழாயினுள் இழையுமாறு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதன் முன் **குறுக்குக் கம்பிகள்** (cross wires) W பொருத்தப்பட்டு இவை அனைத்தும் கீழ் பித்தளைக் குழாயோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். கண்ணருகு

வில்லை தனியே நகரும். கீழ் பித்தளைக் குழாயையும் ஒரு திருகின் உதவியால் நகர்த்தமுடியுமாகையால் பொருளருகு வில்லைக்கும் கண்ணருகுவில்லைக்குமுள்ள தூரத்தை மாற்றமுடியும். தொலைநோக்கியானது இணையாக்கியோடு ஒரே மட்டத்தில் அமைந்துள்ளது. மையத்திலுள்ள வட்ட அளவுகோலோடு (circular scale)தொலைநோக்கி இணைக்கப்பட்டு உபகரணத்தின் மையத்தைச் செங்குத்து அச்சாகக்கொண்டு சுழலும். தொலைநோக்கியைக் குறிப்பிட்ட இடத்தில் அசையாமல் நிறுத்த ஒரு திருகும் சிறிதளவு மேலும் நகர்த்த ஒரு **தொடுவியல் திருகும்** (tangential screw) அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

3. வட்ட மேசை அல்லது முப்பட்டக மேசை (prism table)

நிறமாலைமானியின் மையப் புள்ளி வழியாகச் செல்லும் செங்குத்துக் கோட்டை அச்சாகக் கொண்டு இந்த வட்டமேசை சுழலும். இரண்டு வட்டமான தகடுகளை மூன்று சரிமட்டத்திருகுகள் மேற்புறத்தில் பொருத்தப்பட்டு இருக்கும்.



படம் 28. நிறமாலைமானி

இதன்மேல் முப்பட்டகத்தையோ கீற்றணியையோ (grating) செங்குத்தாகப் பொருத்தமுடியும். இதோடு ஒரு செங்குத்து உலோகத் தண்டு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனை உயர்த்தி அல்லது தாழ்த்தி வேண்டிய நிலையில் பொருத்த ஒரு திருகு உண்டு. அதற்குக் கீழே இரண்டு அளவிடப்பட்ட வட்டமான வெர்னியர்கள்(circular verniers) உண்டு. தொலைநோக்கியோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள வட்ட அளவுகோல் (பாகைகளில் அளவிடப்பட்டது) மேல் இவை இயங்குகின்றன. வர்னியரைத் தனியே சுழற்ற முடியும். வேண்டிய இடத்தில் நிறுத்திவைக்க

ஒரு திருகும், சிறிதளவு சுழற்ற ஒரு தொடுவியல் திருகும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

நிறமாலைமானியை உபயோகிப்பதற்குமுன் செய்யவேண்டிய முன்னேடி அமைப்புகள்

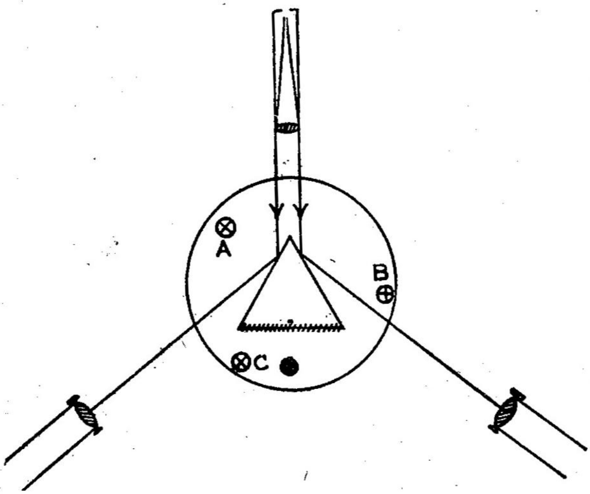
1. குறுக்குக் கம்பிகளின்மேல் கண்ணருகு வில்லையைக் குவிய வைத்தல் : நிறமாலைமானியின் தொலைநோக்கியைச் சோதனைக் கூடத்தின் வெண்சுவர் பக்கம் திருப்பவும். கண்ணருகு வில்லை வழியாகச் சுவரைப் பார்த்துக் கொண்டு குறுக்குக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியும்வரை கண்ணருகுவில்லை அமைப்பை உள்ளே தள்ளியோ வெளியே இழுத்தோ விடவும்.

2. தொலைநோக்கியானது இணைக்கதிர்களை ஏற்றுக் கொள்ளச் சரி செய்தல் : தொலைநோக்கியைச் சோதனைக்கூடத்துக்கு வெளியே நிற்கும் மரம், செடி, கொடி ஆகியவற்றை நோக்கித் திருப்பவும். கண்ணருகுவில்லையில் தொலை பொருளின் பிம்பம் கிடைக்கும். பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியும்வரை கண்ணருகு வில்லைக்கும் பொருளருகுவில்லைக்குமுள்ள தூரத்தை மாற்றும் திருகினைச் சரிசெய்யவும். கண்ணருகுவில்லையில் தெளிவான தூயபிம்பம் தெரிந்தால் தொலைநோக்கியானது இணைக்கதிர்களைப் பெறும் நிலையில் அமைந்ததாகக் கொள்ளவேண்டும்.

3. இணையாக்கியை இணைக்கதிர்களை ஏற்றுக் கொள்ளச் சரி செய்தல் : இணைக்கதிர்களை ஏற்ற தொலைநோக்கியை இணையாக்கியோடு ஒரே நேர்கோட்டில் கொண்டு வரவும். இணையாக்கியின் பிளவு சோடியம் விளக்கு அல்லது பாதரச விளக்குப் போன்ற ஒரு தோற்றுவாயை (source) நோக்கி வைக்கவும். பிளவினைச் சிறிதளவு திறந்து தொலைநோக்கி வழியாக ஒளியினைப் பார்க்கவும். ஒளிக்கதிர்கள் தெளிவாகவும் இடம் மாருத் தோற்றநிலையிலும் தெரியவேண்டும். பிளவுக்கும் இணையாக்கியின் வில்லைக்குமுள்ள தூரத்தை திருகினைக் கொண்டு சரிசெய்யவும். ஏற்கனவே தொலைநோக்கி இணைக் கதிர்களுக்கு சரி செய்யப்பட்டுள்ளது. இப்போது வரும் ஒளிக்கதிர்களும் தெளிவாகக் கண்ணருகுவில்லையில் தெரிவதால் இணையாக்கி இணைக்கதிர்களை அனுப்புவதாகக் கொள்ளலாம்.

4. வட்ட மேசையைச் சரிமட்டப் படுத்துதல் : வட்டமேசையில் மூன்று திருகுகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. கண்ணுடி முப்பட்டகம் ஒன்றினைப் படத்தில் காட்டியது போல முப்பட்டகத்தின்

ஒரு முகம் இணையாக்கியை நோக்கி இருக்குமாறு வட்ட மேசையின்மேல் வைக்கவும். இணையாக்கியிலிருந்து வரும்



படம் 29. முப்பட்டக மேசையை மட்டப்படுத்தல்

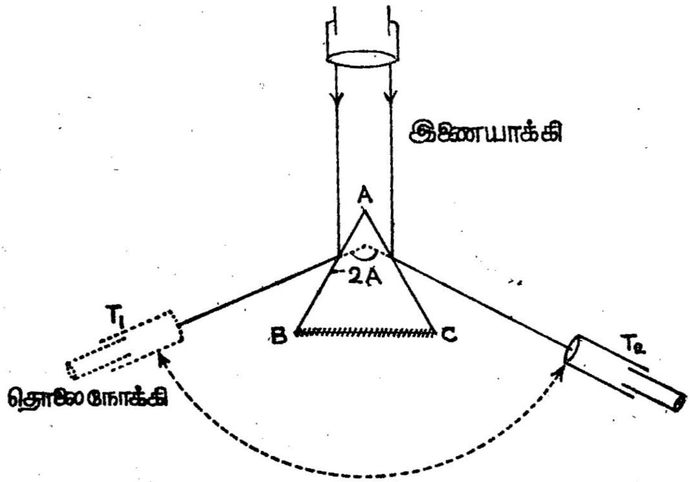
இணைக்கதிர்கள் முப்பட்டகத்தின் இரு முகங்களிலும் விழுந்து எதிரொளிக்கும். தொலைநோக்கியில் பிம்பங்கள் தெரியும். பிம்பங்கள் தொலைநோக்கியின் பார்வை புலத்தில் அமைய A, B, C, மூன்று திருகுகளையும் வேண்டிய அளவு சரி செய்து கொள்ளவும்.

"இரசமட்டத்தை" (Spirit level) வட்ட மேசையின் பல இடங்களில் வைத்தும் திருகுகளைச் சரிசெய்து மேசையை மட்டப்படுத்தலாம்.

நிறமாலைமானியைக் கொண்டு முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் காணல்

1. முப்பட்டகத்தின் கோணத்தை அளவிடல்: நிறமாலைமானியை ஆய்வுக்கூட மேசைமேல் வைத்து மேற்கூறிய முன்னேடி அமைப்புகளைச் செய்யவும். ஒளிவிலகல் எண் காணவேண்டிய கண்ணுடி முப்பட்டகத்தை வட்ட மேசைமேல் முப்பட்டகத்தின் விளிம்பு, இணையாக்கியை நோக்கி இருக்குமாறு வைக்கவும். இது போன்று வைப்பதால் இணையாக்கியிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் பட்டகத்தின் விளிம்பில்

இருபக்கமும் சமமாக விழுகின்றன. முப்பட்டகத்தின் அவ்விரு பக்கங்களிலும் எதிரொளிப்பு நிகழ்வதால் ஒளிக்கதிர்கள்

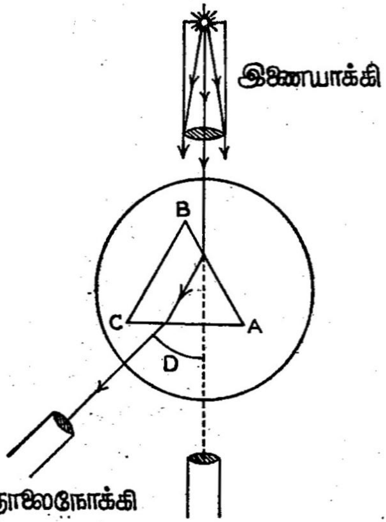


படம் 30. முப்பட்டகக் கோணம் அளவிடல்

படத்தில் காட்டியது போலச் செல்கிறது. தொலைநோக்கியை முதலில் வலதுபக்கம் நகர்த்தி AC வழியே எதிரொளித்த கதிர் குறுக்குக் கம்பிகளில் விழும்வரை நகர்த்தவும். தொலை நோக்கியை அதன் திருகுகளை உபயோகித்து நிலையாக நிறுத்தவும். ஒளிக்கதிர் சரியாகக் குறுக்குக்கம்பிகளில் விழாமல் இருந்தால் தொடுவியல் திருகுகளை உபயோகிக்கவும். ஏற்கனவே வர்னியர் திருகுகள் நிலையாக நிறுத்தி வைக்கப்பட்டிருத்தல் அவசியம். தற்போது முதற்கோல் அளவினையும் வர்னியர்கோல் அளவினையும் குறித்துக் கொள்ளவும். திருகுகளை இளக்கித் தொலைநோக்கியை இடதுபக்கம் அதாவது AB முகத்துக்குக் கொண்டு வரவும். மேற் கூறியது போல் எதிரொளித்த ஒளிக்கதிர் குறுக்குக் கம்பிகளில் விழுந்ததும் அளவுகள் எடுத்துக்கொள்ளவும். இருபக்கங்களிலும் எடுத்த அளவுகளின் வேறுபாடு முப்பட்டகக் கோணத்தின் இருமடங்காகும். அதிலிருந்து முப்பட்டகத்தின் கோணம் A வைக் கணக்கிடலாம்.

2. முப்பட்டகத்தின் சிறுமதிசைமாற்றக்கோணத்தை அளவிடல்: குறைந்த திசைமாற்றக் கோணம் கண்டு பிடிக்க முப்பட்டகத்தோடு வட்டமேசையை முப்பட்டகத்தின் ஒரு முகம் இணையாக்கிக்கு நேர் எதிரே இருக்குமாறு கொண்டு வரவும்.

முப்பட்டகத்தில் விழுந்த படுகதிர் ஒளிவிலக்கமுற்று மறுபக்கத்தில் வெளிவருகிறது. இதனைத் தொலைநோக்கியில் கொண்டு வரவும். இந்நிலையில் முப்பட்டகத்தோடு மேசையை இருதிசைகளிலும் சிறிதளவு நகர்த்தி பிம்பம் எந்தத் திசையில் நகர்கிறது எனக் காணவும். வட்டமேசையை நகர்த்தும் போது திசைமாற்றக் கோணம் குறைய வேண்டும். மெதுவாக வட்ட மேசையை நகர்த்திக் கொண்டே வந்தால் பிம்பம் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஒரு கணம் நிலையாக நின்று பிறகு திடீரென்று திரும்பி எதிர்திசையில் நகரும். எங்கு நிலையாக நிற்கிறதோ அந்த நிலையைத் தொலைநோக்கியின் குறுக்குக் கம்பிகளில் கொண்டு வரவும். தொலைநோக்கியைத் திருகினால் நிறுத்தி முதற்கோல் மற்றும் வர்னியர்கோல் அளவுகள் எடுத்துக் கொள்ளவும். இது முப்பட்டகத்தின் குறைந்த திசைமாற்றக் கோணத்தின் இடமாகும். முப்பட்டகத்தை மேசைமேலிருந்து அகற்றிவிட்டுத் தொலைநோக்கியை இணையாக்கியின் நேர் எதிரில் கொண்டு வரவும். நேர் கதிரின் பிம்பத்தைக் குறுக்குக் கம்பிகளில் கொண்டுவந்து மீண்டும் அளவீடுகள் எடுக்கவும். குறைந்த திசைமாற்றக் கோண இடத்திற்கும் இதற்குமுள்ள வேறுபாடு முப்பட்டகத்தின் சிறுமதிசைமாற்றக் கோணம் (D) ஆகும்



படம் 31. முப்பட்டகச் சிறுமதிசை மாற்றக்கோணம் காணல்

கண்ணாடி போன்ற பொருளாலான முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகல்எண் μவை கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டை உபயோகித்துக் கணக்கிடலாம்.

$$\mu = \frac{\sin \frac{A+D}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

திரவமுப்பட்டகம் (Liquid Prism)

திரவங்களின் ஒளிவிலகல்எண் காண நிறமாலைமானியை உபயோகிக்கலாம். திரவங்களுக்கு உறுதித்தன்மையில்லை யாதலால் அவற்றைக் கொண்டு நேரிடையாக முப்பட்டகம் செய்ய இயலாது. எனவே உள்ளீடற்ற முப்பட்டகங்கள் (hollow prisms) செய்யப்படுகின்றன. மெல்லிய இணையான கண்ணாடித் தகடுகளைப் பக்கங்களாக உபயோகித்து உள்ளீடற்ற முப்பட்டகங்கள் செய்யப்படுகின்றன. இவற்றைத் திரவத்தினால் நிரப்பினால் திரவம் முப்பட்டக வடிவத்தைப் பெறுகின்றது. நிறமாலைமானியில் இவற்றின் ஒளிவிலகல் கோணத்தையும் சிறுமதிசை மாற்றக்கோணத்தையும் அளவிட்டுத் திரவத்தின் ஒளிவிலகலெண்ணைக் காணலாம்.

வினாக்கள்

1. நிறமாலைமானியை விவரி. இதனைக் கொண்டு முப்பட்டகத்தின் ஒளிவிலகலெண்ணை நீ எவ்வாறு காண்பாய் என்பதனை விளக்குக.

2. திரவ முப்பட்டகம் என்றால் என்ன ?

6. ஒளியியல் கருவிகள்
(Optical Instruments)

அறிமுகம்

ஒளியின் உதவிகொண்டு அதன் விதிதழுவிப் பல கருவிகளைச் செய்து நாம் பயன்படுத்துகிறோம். இக்கருவிகளுக்கு **ஒளியியல் கருவிகள்** (optical instruments) எனப் பெயர். தொலைவிலுள்ள நெருங்குதற்கியலாத நிலையிலுள்ள பொருள்களை நம் கண்ணருகில் காணவும், நுண்ணிய பொருள்களை உருப்பெருக்கிப் பார்க்கவும் ஒளியியல் கருவிகள் பயன்படுகின்றன. தேவைக்கேற்ற நிலையில் பலவகை ஒளியியல் கருவிகள் வழக்கிலுள்ளன. அவற்றில் சிலவற்றைக் காண்போம்.

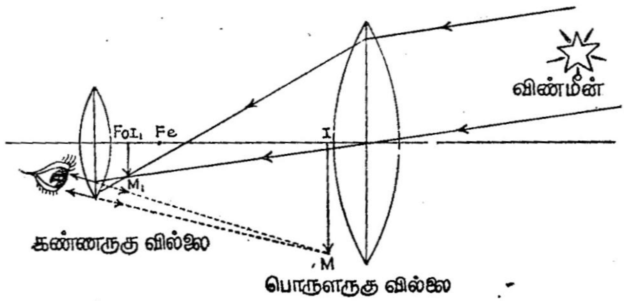
ஒளிவிலக்கத் தொலைநோக்கிகள் (Refracting telescopes)

வானியல் தொலைநோக்கி (astronomical telescope)

சூரியன், விண்மீன்கள் போன்ற மிகத் தொலைவிலுள்ள பொருள்களைப் பார்ப்பதற்கு வானியல் தொலைநோக்கியைப் பயன்படுத்துகிறோம். வெற்றுக் கண்களால் பார்க்கும் போது அவைகளில் சிலவற்றை நாம் பார்க்க முடிகிறது; பலவற்றைப் பார்க்கமுடிவதில்லை. ஏனெனில் அவை பல்லாயிரக் கணக்கான மைல்களுக்கப்பாலுள்ளன. தூரம் மிக அதிகமாக இருப்பதன் காரணமாகத்தான் அவை நாம் பார்க்கும் போது மிகச் சிறியனவாகத் தோற்றமளிக்கின்றன.

வானத்திலுள்ள பொருள்களைப் பார்ப்பதற்கு உபயோகிக்கும் தொலைநோக்கியை **வானியல் தொலைநோக்கி** என்கிறோம். இதில் இரு குவிவில்லைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஒன்று பொருளருகுவில்லை; மற்றது கண்ணருகுவில்லை. பொருளருகுவில்லையின் குவியதூரம் அதிகமாக இருக்கும்: கண்ணருகு வில்லையின் குவியதூரம் குறைவானதாகும்.

ஒன்றேடொன்று ஓரச்சில் இழையும் இரு பித்தளைக் குழாய்களில் ஒரு பக்கம் பொருளருகு வில்லையும் மறுமுனையில் கண்ணருகுவில்லையும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.



படம் 32. வானியல் தொலைநோக்கி

இருவில்லைகளுக்குமிடையேயுள்ள தூரத்தை மாற்றத் திருகு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. சாதாரணமாகப் பொருளருகு வில்லைக்கும் கண்ணருகுவில்லைக்குமிடையேயுள்ள தொலைவு அவ்விரு வில்லைகளின் குவிய தூரங்களின் மொத்தத்திற்குச் சமமாக இருக்கும்.

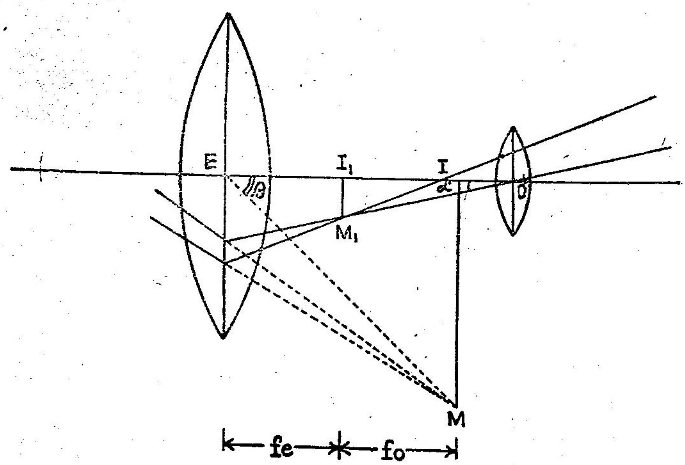
வானியல் தொலைநோக்கி எப்படிச் செயல்படுகிறது எனப் பார்ப்போம். தொலைவிலுள்ள பொருளிலிருந்து வரும் ஒளி இணைக்கதிர்கள் பொருளருகு வில்லையில் விழுந்து ஒளி விலக்க முற்று மறுபக்கத்தில் குவிகின்றன. எனவே சிறிய தலைகீழான மெய்பிம்பம் I_1M_1 அதன் குவியம் Fo-வில் உண்டாகிறது. இதனைக் கண்ணருகுவில்லையின் குவிய தூரம் Fe-க்குள் விழுமாறு சரிசெய்து வைத்திருப்பதால் கண்ணருகு வில்லைக்கு இது பொய்பொருளாகச் செயல்படுகிறது. எனவே இறுதியாகப் பெரிய பொய்பிம்பம் IM அதே திசையில் உண்டாகிறது. நாம் கண்ணால் நோக்கும்போது தொலைபொருளின் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரிவதோடன்றி, உருப்பெருக்கியும் காட்டப்படுகிறது. பார்வை கடினத்தைக் குறைக்கும் வகையில் பிம்பம் கண்ணிலிருந்து முடிவிலாத் தொலைவிலுண்டாகும்படி அமைக்கப்படுகிறது.

பொருளருகுவில்லையிலிருந்து பிம்பம் அதன் குவியத்தில் உண்டாகிறது. கண்ணருகுவில்லையில் பிம்பம் முடிவிலாத் தொலைவில்விழ, இப்பிம்பம் கண்ணருகுவில்லையின் குவியத்தில் விழுமாறு செய்யப்படுகிறது. எனவே இருவில்லைகளுக்கு

மிடையே உள்ள தூரம் அவற்றின் குவியதூரங்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும். பொருளருகுவில்லையின் குவியதூரம் f_o என்றும் கண்ணருகு வில்லையின் குவியதூரம் *fe* என்றும் எடுத்துக் கொண்டால் இருவில்லைகளுக்குமிடையே உள்ள தூரம் $f_o + fe$. எனவே தொலைநோக்கியின் நீளமும் இதுவே. ஒரு குவிவில்லையின் உருப்பெருக்குத்திறன் குவியதூரம் குறையும் போது அதிகமாகும். இங்குக் கண்ணருகு வில்லையே உருப்பெருக்கம் செய்கிறது. அதனால்தான் அதன் குவியதூரம் குறைவானதாக அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்குத் திறன் (Magnifying power of a telescope)

ஒரு தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்குத்திறன் என்பது அதன்வழியே பார்க்கும்போது தெரியும் பொருளின்பிம்பத்தின் அளவிற்கும் வெறும்கண்ணால் பார்க்கும்போது தெரியும் பொருளின் அளவிற்கும் உள்ள தகவு ஆகும். இதனை வேறு விதமாகவும் கூறலாம். தொலைநோக்கியில் பிம்பம் உண்டாகும்



படம் 33. வானியல் தொலைநோக்கி உருப்பெருக்குத்திறன்

போது பிம்பம் நம் கண்ணில் தாங்கும் கோணத்திற்கும் பொருள் நம் கண்ணில் தாங்கும் கோணத்திற்குமுள்ள தகவு ஆகும். கண்ணருகுவில்லையில் பார்க்கும்போது பிம்பம் கண்ணருகு வில்லையோடு ஏற்படுத்தும் கோணம் 'β' என்றும் பொருளின் பிம்பம் பொருளருகுவில்லையோடு ஏற்படுத்தும்

கோணம் 'α' என்றும் கொண்டால் உருப்பெருக்குத் திறன்

$$m = \frac{\beta}{\alpha}$$

இவை முறையே படத்தில் (33) காட்டியதுபோல இருக்கட்டும்.

f_o = பொருளருகு வில்லையின் குவிய தூரம் = OI_1

f_e = கண்ணருகு வில்லையின் குவிய தூரம் = EI_1

இவற்றில் $\triangle OI_1M_1$-ல் $\tan \alpha = \frac{I_1M_1}{OI_1}$

$$\therefore \quad \alpha = \frac{I_1M_1}{OI_1}$$

மேலும் $\triangle EI_1M_1$-ல் $\tan \beta = \frac{I_1M_1}{EI_1}$

$$\therefore \quad \beta = \frac{I_1M_1}{EI_1}$$

(α, β சிறியவையாக இருப்பதால்)

உருப்பெருக்குத்திறன் $m = \beta_1 \alpha$.

$$= \frac{I_1M_1}{EI_1} \cdot \frac{OI_1}{I_1M_1}$$

$$\text{ie} \qquad m = \boxed{\frac{f_o}{f_e}}$$

சோதனைமூலம் தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்குத்திறன் காணல்

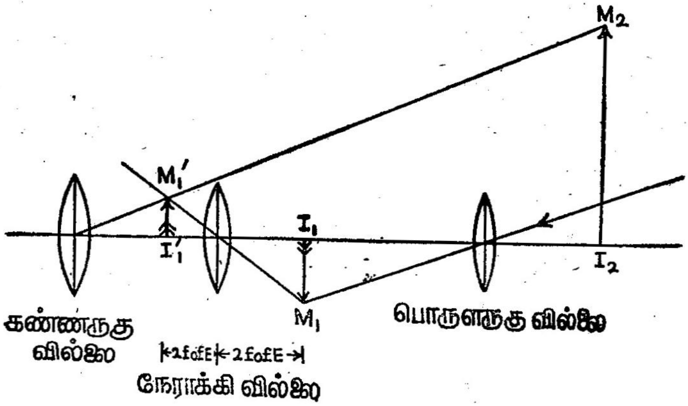
தொலைநோக்கியின்பொருளருகு வில்லையையும் கண்ணருகு வில்லையையும் தனியாகப் பிரித்துக் கொள்ளவும். பெரிய அளவில் சமகோடிட்ட ஓர் அளவுகோலைச் செங்குத்தாக நிறுத்தவும். அளவீட்டுப்பகுதிகள் தெளிவாகவும் ஒன்றுக்கொன்று அதிக இடைவெளி உள்ளதாகவும் இருக்கவேண்டும்.

அதிக குவிய தூரம் உள்ள பொருளருகு வில்லையை ஒரு தாங்கியில் நிறுத்தி அளவுகோலிலிருந்து குறைந்தது 10 மீட்டர் தள்ளி அளவுகோலை நோக்கியிருக்குமாறு வைக்கவும். அளவுகோல் பகுதிகளின் பிம்பம் மறுபக்கத்தில் உண்டாகும். அந்த இடத்தில் திரையை வைத்துத் திரையினை முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி பிம்பம் தெளிவாகத் தெரியும் வரை சரி செய்யவும். திரையின் நிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவும். கண்ணருகு வில்லையை மற்றொரு தாங்கியில் நிறுத்திப் பொருளருகு வில்லையின் ஒரே அச்சில் அமையுமாறு வைக்கவும். ஆனால் திரையின் நிலை கண்ணருகு வில்லையின் குவியத்துக்குள் இருக்க வேண்டும். கண்ணருகுவில்லை வழியாகத் தெரியும்

உருப்பெருகிய பிம்பத்தைப் பார்க்கவும். அதே நேரத்தில் மறு கண்ணால் பொருளருகு வில்லை வழியாக வரும் பிம்பத்தை நேரிடையாகப் பார்க்கவும். கண்ணருகு வில்லையின் நிலையைச் சிறிது முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி அதன் வழியே தெரியும் பிம்பம் பொருளருகு வில்லை வழியே தெரியும் பிம்பத்துடன் இடமாறு தோற்றப் பிழை இல்லாமல் செய்யவும். பிம்பத்தின் n பிரிவுகள் அளவுகோலின் N பிரிவுகளுக்குச்சமமானால் தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்குத்திறன் $\frac{N}{n}$ ஆகும். இந்த விகிதம் பொருளருகு வில்லையின் குவிய தூரத்திற்கும் கண்ணருகு வில்லையின் குவிய தூரத்திற்குமுள்ள விகிதத்திற்கு ஏறக்குறைய சமமாகும்.

புவியியல் தொலைநோக்கி (Terrestrial telescope)

வானியல் தொலைநோக்கியில் பார்க்கும்போது பிம்பங்கள் அனைத்தும் தலைகீழாகத் தெரியும். விண்ணிலுள்ள பொருள்கள் தலைகீழாகத் தெரிந்தாலும் பார்ப்பதற்கு விகாரமாக இருக்காது. ஆனால் புவியிலுள்ள பொருள்கள் உதாரணமாக ஓடும் குதிரை, ஆடும் மயில், நடக்கும் மனிதன் இவைகள் தலைகீழாகத் தெரிந்தால் விகாரமாகக் காணப்படும். எனவே தலைகீழ் பிம்பத்தை நேராகப் பார்ப்பதற்கு உபயோகிப்பது **புவியியல் தொலைநோக்கி** ஆகும். இது வானியல் தொலைநோக்கி போன்றதே. இருப்பினும் பிம்பத்தை நேராகப் பார்ப்பதற்கு



படம் 34. புவியியல் தொலைநோக்கி

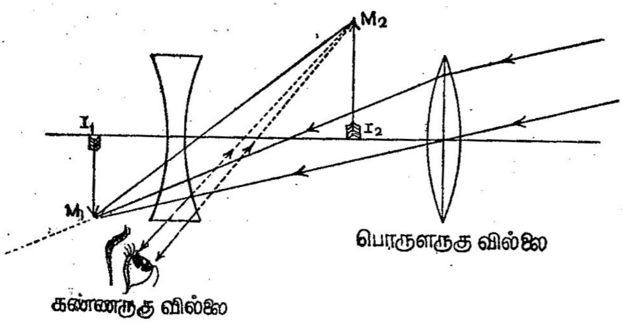
மற்றொரு குவிவில்லை உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. இதற்கு **நேராக்கு வில்லை** (erecting lens) என்று பெயர்.

தூரத்திலிருந்து வரும் பொருள், பொருளருகு வில்லையில் ஒளி விலக்கம் பெற்று மறுபக்கத்தின் குவியத்தில் தலைகீழான மெய்பிம்பம் I_1 M_1 ஐ உண்டாக்குகிறது. இது நேராக்கு வில்லையின் இரு மடங்கு குவியதூரமுள்ள புள்ளியில் விழுகிறது. மறுபக்கத்தில் அதே இரு மடங்கு குவிய தூரமுள்ள புள்ளியில் அதே அளவு நேரான பிம்பம் I_1 M_1 கிடைக்கிறது. இந்தப் பிம்பத்தைக் கண்ணருகு வில்லையின் குவியத்துக்குள் விழுமாறு செய்தால் உருப்பெருகிய பொய்பிம்பம் I_2 M_2 கிடைக்கிறது. பிம்பம் நேரானதாகவே அமைகிறது.

கலீலியன் தொலைநோக்கி (Galilean Telescope)

கலீலியன் தொலைநோக்கியிலும் உருப்பெருகிய பிம்பங்கள் கிடைக்கின்றன. இதில் அதிக குவியதூரமுள்ள குவிவில்லை பொருளருகு வில்லையாகவும் குறைந்த குவிய தூரமுள்ள குழிவில்லை கண்ணருகு வில்லையாகவும் செயல்படுகின்றன. நேராக்குவில்லை கிடையாது.

இந்தத் தொலைநோக்கியில் இரு வில்லைகளும் ஒரே அச்சிலமையுமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இரு வில்லைகளுக்கிடையே தூரம் அவ்வில்லைகளின் குவியதூரங்களின் வேறு



படம் 35. கலீலியன் தொலைநோக்கி

பாடாகும். தரையிலுள்ள பொருள்களின் பிம்பங்கள் பொருளருகு வில்லையால் உண்டாக்கப்படுகின்றன. தலைகீழான அளவில் குறைந்த மெய்பிம்பம் I_1 M_1 மறுபக்கத்தில் உண்டாகும். ஆனால் கதிர்கள் குவியுமுன்னரே குழிவில்லையான

கண்ணருகு வில்லையைப் பொருளருகு வில்லைக்குப் பக்கத்தில் மெய்பிம்பமானது அதன் குவிய தூரத்துக்குள் விழுமாறு வைக்கப்படுகிறது. எனவே குழிவில்லை வழியாக விரிந்த கதிர்கள் $I_2 M_2$ என்ற உருப்பெருகிய நேரான பொய்பிம்பம் $I_2 M_2$ வை உண்டாக்குகிறது. இந்த இறுதி பிம்பம் கண்ணிலிருந்து தெளிவுப் பார்வை சிறுமதூரத் (least distance of distinct vision) திலிருந்து முடிவிலாத் தொலைவுவரை எங்கு வேண்டுமானாலும் உண்டாக்கப்படலாம். ஆனால் முடிவிலாத் தொலைவிலேயே பிம்பம் உண்டாக்கப்படுகிறது. எனவே தொலைநோக்கியின் நீளம் $(fo - fe)$ ஆகும்.

கலீலியோவின் தொலைநோக்கியில் குழிவில்லையை உபயோகிப்பதால் நேரான பிம்பம் கிடைக்கிறது. மேலும் தொலைநோக்கியின் நீளமும் குறைகிறது. (படம் 35) நேராக்கு வில்லை தேவையில்லை. இத்தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்குத்திறன் $\frac{fo}{fe}$ ஆகும்.

வினாக்கள்

1. வானியல் தொலைநோக்கியைப் படம் வரைந்து விளக்குக. இதன் உருப்பெருக்குத்திறனுக்கான தொடர்பைப் பெறுக. அதனை எவ்வாறு சோதனைமூலம் காண்பாய்?

2. புவியியல் தொலைநோக்கியில் ஏதாவது ஒன்றினைப் படம் வரைந்து விளக்குக.

7. நிறப்பிரிகை
(DISPERSION)

அறிமுகம்

சூரியக் கதிர்கள் பார்வைக்கு வெண்ணிறத் தோற்றம் அளிக்கின்றன. ஆனால் இக்கதிரை ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டகத்தின் வழியே அனுப்பினால் அக்கதிரானது பல வண்ணங்களாகப் பிரிக்கப்படுகின்றது. சிவப்பு, ஆரஞ்சு, மஞ்சள், பச்சை, நீலம், கருநீலம், ஊதா (vibgyor) ஆகியவையாம். ஒவ்வொன்றும் ஒரு நிறமாலையாகும். இதனைக் கண்டு பிடித்தவர் **சர் ஐஸக் நியூட்டன்** ஆவார். எனவே வெள்ளொளியானது முப்பட்டகம் வழியே செல்லும்போது மேற்கூறிய நிறங்களாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. மேலும் நியூட்டன் ஒரு சோதனையைச் செய்தார். ஒரு வட்டத்தகட்டினை மேற்கூறிய ஏழு நிறங்களால் தீட்டி வேகமாகச் சுழற்றும்போது கண்ணின் பார்வைத்திறனால் அது வெண்மையாகக் காணப்பட்டது. ஒரு முப்பட்டகத்தின் வழியே வெள்ளொளி செல்லும்போது ஏழு வண்ணங்களாகப் பிரிவதை அதனருகில் வைத்த மற்றொரு முப்பட்டகம் மீண்டும் வெள்ளொளியாக மாற்றித் தருகிறது. முப்பட்டகத்தில் ஒளி விலகல் நிகழும்போது சிவப்புக் குறைந்த ஒளிவிலகல் எண்ணையும் ஊதா உயர்ந்த ஒளி விலகல் எண்ணையும் இடையேயுள்ள நிறங்களின் ஒளிவிலகலெண்கள் முறையே அதிகமாகின்றன.

நிறப்பிரிகை (Dispersion)

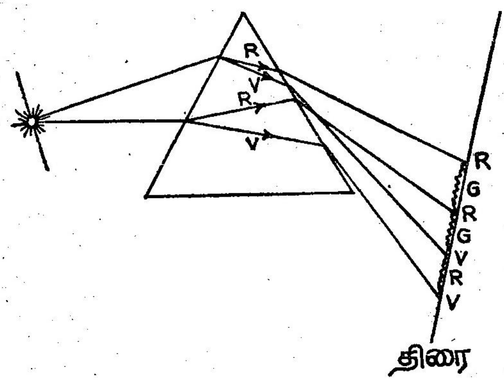
வெள்ளொளியானது முப்பட்டகத்தின் வழியே செல்லும் போது அதனுடைய ஏழு அடிப்படை வண்ணங்களாகப் பிரிக்கப்படுவதற்கு **நிறப்பிரிகை** என்று பெயர்.

நிறமாலை (Spectrum)

மேற்கூறிய செய்கையில் கிடைக்கும் ஒவ்வொரு வண்ணங்களையும் தனியே எடுத்துக் கொண்டால் ஒவ்வொன்றிற்கும் நிறமாலை என்று பெயர்.

ஏழு நிறங்களும் தெளிவாகத் தனித்துப் பிரித்துக்காட்டப் படாமல் ஒன்றின் மேலொன்ருகத் தழுவிநின்ருல் அதனை மாசு நிறமாலை (impure spectrum) என்பர். மாருக ஒவ்வொரு வண்ணமும் தெளிவாகத் தனித்தனியே ஒன்றன்மேலொன்று விழாமல் காணப்பட்டால் அதனைத் தூயநிறமாலை (pure spectrum) என்பர்.

வெள்ளொளிக் கதிரானது முப்பட்டகத்தின் வழியே சென்ருல் நிறப்பிரிகை நிகழ்கிறது. ஆனல் வெளிவரும் நிறங்கள் தெளிவின்றி ஒன்றன் மேலொன்ருக விழுகின்றன. அதனைப் படத்திலுள்ளதுபோலக் காட்டலாம். இதில்



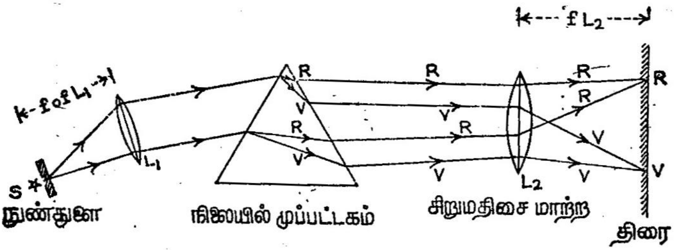
படம் 36. முப்பட்டகத்தில் நிறமாலை

ஒவ்வொரு வண்ணமும் ஒன்றன்மேலொன்று விழுந்து தெளிவின்றி மாசுநிறமாலைதான் கிடைக்கும். சோதனைக்கூடத்தில் தூயநிற மாலையே தேவை. அதனை எங்ஙனம் பெறலாம் எனப் பார்ப்போம்.

தூயநிறமாலை பெறுவதற்கான அமைப்பு

S என்னும் தோற்றுவாயிலிருந்து கிளம்பும் ஒளியானது ஒரு நுண்பிளவு (fine narrow slit) வழியாகச் சென்று L_1 என்னும் குவிவில்லைமேல் விழுகிறது. குவிவில்லைக்கும்

நுண்பிளவுக்குமுள்ள தூரம் வில்லையின் குவிய தூரமாதலால் ஒளிவிலக்கமுற்ற ஒளிக்கதிர்கள் இணையாகின்றன. இணைக்



படம் 37. தூயநிறமாலைபெற சோதனை அமைப்பு

கதிர்கள் சிறுமதிசைமாற்ற நிலையில் வைக்கப்பட்ட முப்பட்டகத்தின்மேல் விழுகின்றன. நிறப்பிரிகை நிகழ்வதால் வண்ணக் கதிர்களாகப் பிரிகின்றன. அவற்றின் பாதையில் மற்றொரு குவிவில்லை வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த வில்லையானது ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட நிறமுடைய கதிர்களையும் திரையின் ஓர் இடத்திலேயே விழச் செய்கிறது. சிவப்பு நிறத்திலிருந்து ஊதா நிறம் வரை திரையின்மேல் அவை தனித் தனியே தெளிவாக விழுகின்றன. எனவே தூயநிறமாலையைப் பெற முடிகிறது.

வினாக்கள்

1. நிறப்பிரிகை, நிறமாலை ஆகியவற்றை விளக்குக.
2. தூய நிறமாலையைப் பெற சோதனை அமைப்பைக் கூறுக.

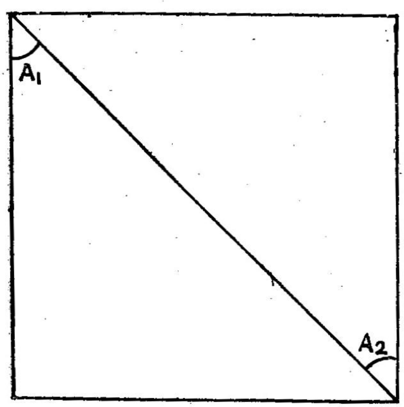
8. நிறமாலையியல்

(Spectroscopy)

வெள்ளொளியானது முப்பட்டகம் வழியே செல்லும் போது ஏழு வண்ணங்களாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன என்று பார்த்தோம். ஒவ்வொரு வண்ணமும் ஒரு நிறமாலையாகும். ஊதா, கருநீலம், நீலம், பச்சை, மஞ்சள், ஆரஞ்சு, சிவப்பு என்ற ஏழு நிறங்களும் முறையே வரிசையாக அமைந்திருக்கும். மேலும் முப்பட்டகம் வழியே சென்று நிறப்பிரிகை நிகழும் போது ஊதா நிறக்கதிர் அதிக திசைமாற்றத்தையும் சிவப்புநிறக்கதிர் குறைந்த திசை மாற்றத்தையும் அடையும். மற்ற நிறக்கதிர்கள் இவற்றிற்கிடையே தகுந்தாற்போல திசை மாற்றத்தைப் பெற்றிருக்கும். இந்நிறமாலைகளைப் பற்றிக் கூறுவதே நிறமாலையியல் (spectroscopy) என்றழைக்கப்படுகிறது.

நேர்காட்சி நிறமாலை காட்டி (Direct vision spectroscope)

முப்பட்டகத்தின் வழியே கலப்பு ஒளி சென்றால் நிறப்பிரிகை நிகழ்வது மட்டுமின்றி ஒவ்வொரு வண்ணமும் ஒரு குறிப்பிட்ட கோணம் திசை மாற்றம் பெறுகிறது. ஆனால் திசைமாற்றமின்றி நிறப்பிரிகையை மட்டும் இரண்டு வேறுபட்ட முப்பட்டகங்களை உபயோகித்து உண்டாக்கலாம்.



படம் 38. இருமுப்பட்டகங்கள்

A_1, A_2 விலக்கக் கோணங்களுடைய இரு முப்பட்டகங்களைஎடுத்துக்

கொள்வோம். இந்த முப்பட்டகங்களை விலக்கக் கோணங்கள் எதிரெதிராக இருக்குமாறு இணைக்கின்றன (படம் 38). இவ்விரண்டு முப்பட்டகங்களின் ஒளிவிலகலெண்கள் முறையே μ_1 μ_2 என்போம். முதல் முப்பட்டகத்தின் திசைமாற்றக் கோணம் d_1 என்றும் இரண்டாம் முப்பட்டகத்தின் திசை மாற்றக் கோணம் d_2 என்றும் இருக்கட்டும். முதல் முப்பட்டகம் ஏற்படுத்தும் திசை மாற்றத்தை இரண்டாம் முப்பட்டகம் எதிர்க்கிறது.

முப்பட்டகத்தின் வாய்பாடு $\mu = \dfrac{Sin\ \dfrac{A+D}{2}}{Sin\ A/2}$ ஆகும்.

முப்பட்டகத்தின் கோணம் ' A ' சிறியதாயின்,

$$\mu = \frac{A+d}{A} \text{ என எழுதலாம்}$$

$$\therefore \mu = 1 + \frac{d}{A}$$

மேற்கூறிய இரண்டு முப்பட்டகங்களுக்கு இவற்றினைப் பயன்படுத்தினல் கிடைப்பது,

$$d_1 = (\mu_1 - 1) A_1$$
$$d_2 = (\mu_2 - 1) A_2$$

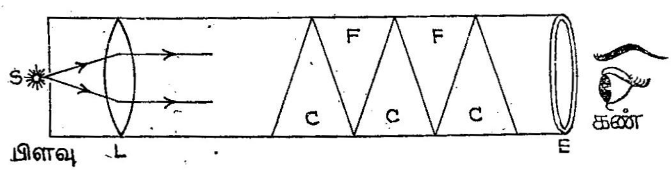
திசைமாற்றம் இல்லா நிலையில்அதாவது $d_1 d_2$ ஆகும்போது

$$(\mu_1 - 1) A_1 = (\mu_2 - 1) A_2$$

$$\therefore \frac{A_1}{A_2} = \frac{\mu_2 - 1}{\mu_1 - 1}$$

இந்த அளவில் முப்பட்டகக் கோணங்களையும் அவற்றின் ஒளி விலகலெண்களையும் அமைத்தால் திசை மாற்றமில்லாமல் நிறப்பிரிகை மட்டும் கிடைக்கும். இந்தத் தத்துவத்தில் அமைந்ததுதான் **நேர்காட்சி நிறமாலே காட்டியாகும்.**

நேர்காட்சி நிறமாலே காட்டியில் ஒரு நீண்ட குழாயுண்டு. ஒரு பக்கம் ஒளி செலுத்துவதற்கான குறுகிய பிளவுப்



படம் 39. நேர்காட்சி நிறமாலே காட்டி

பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதிலிருந்து வரும் கதிர்கள் இணையாக்கி வில்லை 'L' மீது விழுந்து இணைகதிர்களாக மாற்றப்படுகின்றன. குழாயினுள் கிரௌன், பிளிண்ட் கண்ணாடிகளால் செய்யப்பட்ட முப்பட்டகங்களின் கூட்டமைப்புப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதன்வழி செல்லும் ஒளி திசை மாற்றமடையாமல் நிறப்பிரிகை மட்டும் அடைந்து கண்ணருகு வில்லை E-யைச் சென்றடைகிறது. E வழியே நோக்கும் போது இதனைத்தெளிவாகக் காணலாம்.

முப்பட்டகத்தின் பிரிதிறன் (Dispersive power of a prism)

முப்பட்டகத்தின் வழியே சென்று நிறப்பிரிகை அடைந்த ஊதா, சிவப்புக் கதிர்களின் திசை மாற்றக் கோணம் முறையே dv, dr ஆக இருக்கட்டும். dv-க்கும் dr-க்கும் சராசரி 'd' ஆகக் கொண்டால் $\frac{dv - dr}{d}$ என்னும் தகவு **முப்பட்டகத்தின் பிரிதிறன்** என்றழைக்கப்படுகிறது.

$$\text{ஆனால்}\ d = (\mu - 1)A$$

$$\text{எனவே}\ dv - dr = (\mu v - \mu r)\, A$$

μv என்பது ஊதா நிறத்தின் ஒளிவிலகலெண். μr என்பது சிவப்பு நிறத்தின் ஒளிவிலகலெண். மேலும் $d = (\mu - 1)\, A$. μ என்பது மேற்கூறிய கதிர்களின் ஒளி விலகலெண்களின் சராசரி மதிப்பாகும்.

$$\text{எனவே பிரிதிறன்}\ w = \frac{\mu v - \mu r}{\mu - 1}$$

நிறமாலை வகைகள் (Types of spectra)

அறிமுகம்

சில தனிமங்கள் எரியும்போது பலவகை வண்ணங்களோடு எரிகின்றன. அவை தனிமங்களின் குணத்தைப் பொறுத்து அமைகின்றன. பாதரசம்போன்ற பொருள்களில் மின்சாரத்தை உபயோகித்து அதன் நிறமாலைகளைப் பெறலாம். நிறமாலைகள் பொதுவாக இருவகையாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. அவையாவன : (1) **உட்கவர் நிறமாலை** (Absorption spectrum) (2) **வெளிவிடுநிறமாலை** (emission spectrum) வெளிவிடு நிறமாலையில் மூன்று பிரிவுகள் உண்டு. (a) **தொடர் நிறமாலை** (continuous spectrum) (b) **வரிநிறமாலை** (line spectrum) (c) **பட்டை நிறமாலை** (Band spectrum,). முதலில் வெளிவிடு நிறமாலையை ஆராய்வோம்.

(a) தொடர்நிறமாலை (continuous spectrum)

தொடர்நிறமாலையில் சிவப்பிலிருந்து ஊதாவரை எல்லா நிறங்களும் இருக்கும். ஒவ்வொரு நிறமும் பெருமச்செறிவில் ஆரம்பித்துச் செறிவு குறைந்துகொண்டே சென்றபின் அடுத்த நிறம் ஆரம்பிக்கும். இதன் அலை நீளங்கள் 7500 ஆங்ஸ்ட்டாங் அலகிலிருந்து 4000 ஆங்ஸ்ட்ராங் அலகு வரைச் செல்கிறது. திரவங்களும் திடப்பொருள்களும் வெண்சுடர் நிலையிலிருக்கும் போது தொடர் நிறமாலையைத் தருகிறது. ஒரு பிளாட்டின கம்பியை வெப்பப்படுத்தும்போது பழுக்கச் சிவந்த நிலையில் சிவப்புப் பட்டையையும் ஆரஞ்சுப் பட்டையையும்தான் தருகிறது. ஆனால் வெப்பநிலை உயர்ந்து வெண்சுடர்விடும் போது ஊதாவரை தொடர்நிறமாலையைத் தருகிறது. கரிசுடர் விளக்கு (carbon arc), வெண் சுடர்நிலையிலுள்ள கம்பிச் சுருள் விளக்குப் போன்றவைகள் எல்லா அலைநீளங்களிலும் தொடர்நிறமாலையைத் தரும்.

(b) வரிநிறமாலை (line spectrum)

கருமையான பின்னணியில் தெளிவான, வரையறுக்கப்பட்ட நிறவரிகள் கொண்ட நிறமாலைக்கு **வரிநிறமாலை** என்று பெயர். ஒளியூட்டப்பட்ட நிறவரிகளுக்கிடையில் கருமையான இடம் அமையும். வெண்சுடர் நிலையிலுள்ள வாயுக்களும் ஆவிகளும் வரி நிறமாலையை உண்டாக்கும். சோடியம் சுடர் மஞ்சள்நிற வரிகளைத் தருகிறது (அவை D_1, D_2, வரிகள் எனப்படும்). பாதரசச் சுடர் சிவப்பு, மஞ்சள், பச்சை, நீலம் ஊதா ஆகிய நிறங்களில் பல வரிகளைத் தருகிறது. நிறமாலைமானி பிளவுவழியே பாதரசச் சுடரை வைத்து ஆராய்ந்தால் இவ்வரிகளின் அலைநீளங்களைக் கணக்கிடலாம். இரும்பு வில்விளக்கை (iron arc) ஆராய்ந்தால் பல ஆயிரக் கணக்கான நிறவரிகளைப் பெறலாம். ஒவ்வொரு தனிமத்தின் வரிகளும் தனித்தனியான அலைநீளங்களைப் பெற்றிருக்கும் தனிமங்கள். அணு நிலையிலுள்ளபோது இத்தகைய நிறமாலையை வெளிவிடுகின்றன. சோடியம் விளக்கின் D_1 வரி 5896 ஆங்ஸ்ட்ராங் அலகு அலைநீளத்தையும் D_2 வரி 5890 ஆங்ஸ்ட்ராங் அலகு அலை நீளத்தையும் பெற்றுள்ளன. இது போன்று பாதரச வில்விளக்கு இரும்பு வில்விளக்கு இவற்றின் **சிறப்பியல் வரிகளின்** (Characteristic lines) அலைநீளங்களைக் கணக்கியல் அட்டவணை (Mathematical Tables) யிலிருந்து எடுத்துக்காட்டலாம்.

(C) பட்டை நிறமாலை (Band spectrum)

பட்டை நிறமாலையில் தெளிவான வரையறுக்கப்பட்ட ஒளிப்பட்டைகள் ஒரு புறத்தில் நன்கு வரையறுக்கப்பட்டும் மறுபுறத்தில் மங்கிச்செல்வது (diffuse) போலத் தோன்றும். சிறந்த நிறமாலை மானியைக்கொண்டு இவற்றை ஆராய்ந்தால் ஒவ்வொரு பட்டையிலும் ஏராளமான நிறமாலை வரிகள் தெளிவான விளிம்பில் மிகவும் நெருக்கமாவும் மங்கிச் செல்லும் விளிம்பில் அதிகமாக விலகிச்செல்வதையும் காணலாம். கூட்டுப் பொருள்கள் (compounds) இத்தகைய நிறமாலையை உண்டாக்குகின்றன. சயனோசன் (cynogen) என்னும் கூட்டுப் பொருள் ஒரு சிறந்த பட்டை நிறமாலையைத்தரும். மூலக்கூறு நிலையிலுள்ள பொருள்கள் பட்டைநிற மாலையைத் தருகின்றன என்பது ஆய்வாளர் கருத்தாகும்.

உட்கவர்நிறமாலை (Absorption spectrum)

வெள்வொளிக் கதிர் ஓர் ஒளிபுகும் ஊடகத்தின் வழியே செல்லும்போது அதன் ஒரு பகுதி அவ்வூடகத்தால் உட்கவரப் படுகிறது. வெளிவரும் நிறமாலையில் கரும்பட்டைகளும் வரிகளும் தெரிகின்றன. இதனை **உட்கவர் நிறமாலை** (absorption spectrum) என்பர். எடுத்துக்காட்டாகச் சிவப்பு, ஆரஞ்சு தவிர மற்றெல்லா நிறங்களையும் உட்கவரும். சில ஊடகங்கள் ஒளியில் சில நிறங்களை (அலைநீளங்கள்) மட்டுமே உட்கவரும். பொட்டாசியம் டைகுரோமேட் நீர்த்தகரைசல் வெள்ளொளி செல்லும்போது மஞ்சள் நிறத்தை உட்கவருகிறது. பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட் நீர்த்தகரைசல் பச்சைநிறத்தில் சில அலைநீளங்களை மட்டும் உட்கவர்கிறது. இதனைத் **தேர்ந்து உட்கவருதல்** (seletive absorptive absorption) என்பர்.

சோடியத்தின் உட்கவர் நிறமாலையை உண்டாக்குதல்

கரி வில்விளக்கு, சோடிய ஆவிவிளக்கு, நிறமாலைமானி ஆகிய மூன்றையும் ஒரு நேர்கோட்டில்அமைத்துக்கொள்ளவும். கரிவில் விளக்கிற்கும் நிறமாலைமானியின் இணையாக்கிக்குமிடையில் சோடிய ஆவிவிளக்கு வைக்கப்படட்டும். முதலில் கரிவில் விளக்கை கிளர்ச்சி (θ) யூட்டி எரியவைக்கவும். நிறமாலைமானியில் தொடர்நிறமாலை ஊதா நிறத்திலிருந்து சிவப்பு நிறம் வரை தெரியும். பிறகு கரிவில் விளக்கை அணைத்துவிட்டு சோடிய ஆவிவிளக்கை எரியவைக்கவும். நிறமாலைமானியில் சோடியத்தின் சிறப்பியல் வரிகள் D_1, D_2 (அலை நீளங்கள் 5896 A°U, 5890 A°U) நன்கு தெரியும். இந்

நிலேயில் கரிவில் விளக்கையும் எரியவைக்கவும். நிறமாலே மானியில் இப்போது பார்க்கும்போது தொடர் நிறமாலேயில் சோடியம் D_1 D_2 வரிகள் இருந்த இடத்தில் கருமை வரிகளாகத் தெரியும். ஏனெனில் சோடிய ஆவிவிளக்கு கரிவில் விளக்கின் ஒளியிலிருந்த மஞ்சள் நிறத்தை மட்டும் உட்கவர்ந்ததாலேயாம். எனவே இது சோடிய விளக்கின் தேர்ந்து உட்கவர்தலுக்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும். நிறமாலேயில் கிடைத்த இருள்வரிகளுக்குச் சோடியத்தின் உட்கவர் நிறமாலே என்று பெயர்.

இச்சோதனையை **புன்சன், கிரிச்சாவ்** (Bunsen and Kirchoff) என்ற அறிஞர்கள் செய்தனர். இதனைவைத்து **நேர்எதிர்தத்துவம்** (principle of reversal) என்ற ஒரு நெறியினை நிர்ணயித்தனர். அது பின் வருமாறு: வெண்சுடர்விடும் நிலேக்கு வெப்பமூட்டப்பட்டு ஒரு குறிப்பிட்ட நிறமுடைய ஒளியினை வெளிவிடும் ஒரு பொருள் வெப்பம் குறைந்த நிலேயில் அதே நிறமுடைய ஒளியினைத்தேர்ந்து உட்கவரும் தன்மையுடையதாகும். மேற்கண்ட சோதனையில் கரிவில் விளக்கு சோடிய ஆவி விளக்கைவிட உயர்ந்த வெப்பநிலேயிலிருந்து செறிவு மிக்க ஒளியினை வெளிவிடுகிறது. இவ்வொளி சோடியம் விளக்கு வழியே செல்லும்போது குளிர்ந்த நிலேயிலுள்ள சோடிய ஆவி அதன் சிறப்பியல் நிறமான மஞ்சளே உட்கவர்ந்து விடுகிறது. ஆகையால் அந்த இடங்களில் இருள்வரிகள் காணப்படுகின்றன.

சூரிய நிறமாலே (Solar Spectrum)

நிறமாலேமானி சூரிய ஒளியால் ஒளியூட்டப்பட்டு அதனின்று கிடைக்கும் நிறமாலேயை ஆராய்ந்தால் அதில் சிவப்பிலிருந்து ஊதா வரை தொடர் நிறமாலே கிடைக்கும். ஆனல் அத்தொடர்நிறமாலேயில் நூற்றுக் கணக்கான **இருள்வரிகள்** (dark lines) காணப்படும். இதனை **ஃபிரான்ஹோபர் வரிகள்** (Fraunhofer lines) என்பர். ஃபிரான்ஹோபர் இத்தொடர் நிறமாலேயை ஆராய்ந்து அதில் ஏறக்குறைய 576 இருள்வரிகள் இருக்கின்றன என்று கண்டுபிடித்தார். ஒவ்வொரு நிறத்திலும் சில வரிகள் மிகவும் எடுப்பாக இருந்தன. சிவப்பு நிறத் தொடரில் A, B, C வரிகள் மூன்றும் மஞ்சளில் D வரியும் மற்றும் ஏனைய நிறங்களில் பல உள்ளன. அதன் அலேநீளங்களேக் கணக்கிட்டபோது அவை சில தனிமங்களின் வெளிவிடு நிறமாலேயின் சிறப்பியல் வரிகளெனத் தெரியவந்தன.

புன்சன், கிர்சால் சோதனையைக் கண்டோம். அதனை நினைவில் வைத்து இதைப் பார்க்கும்போது சூரியனைப்பற்றி மேலும் பல உண்மைகள் வெளி வருகின்றன. சூரியனின் உள்கூடு மிக உயர்ந்த வெப்ப நிலையுள்ளதாகும். இதனை ஒளிமண்டலம் (photo sphere) என்பர். அதனைச் சுற்றி குளிர்ந்த நிலையில் வாயுக்களும் ஆவிகளும் நிறைந்த நிற மண்டலம் (chromo sphere) இருக்கிறது. ஒளி மண்டலத்திலிருந்து வரும் செறிவுமிக்க உயர்ந்த வெப்பநிலை ஒளிக்கதிர்கள் நிறமண்டலம் வழியே செல்லும். அவற்றிலுள்ள ஆவிகளும் வாயுக்களும் அவற்றின் சிறப்பியல் நிறக்கதிர்களை உட்கவர்ந்து விடுகின்றன. எனவேதான் புவியில் கிடைக்கும் தொடர் நிறமாலையில் அவை இருள்வரிகளாகத் தோன்றுகின்றன.

ஃபிரான்ஹோபர் வரிகளுக்கு இடப்பட்ட பெயரும் அலைநீளங்களும் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன :

வரியின் பெயர்.	நிறப்பகுதி	அலைநீளம் A°U
A	கரும் சிவப்பு	7594
B	சிவப்பு	6867
C	வெளிர் மஞ்சள்	6563
D_1	மஞ்சள்	5896
D_2	,,	5890
E	பச்சை	5270
b	,,	5184
F	நீலம்	4861
G	கருநீலம்	4308
h	ஊதா	4102
H	,,	3969
K	,,	3935

ஃபிரான்ஹோபர் வரிகளின் உதவியால் சூரியனின் அமைப்பைப்பற்றி தெரிந்து கொள்ள முடிகிறது. சூரியனில் புவியிலுள்ளதுபோல் இரும்பு, கால்சியம், மெக்னீசியம், சோடியம், ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜன்போன்ற தனிமங்கள் உண்டென்று தெரிகிறது. சூரியனின் உட்கவர் நிறமாலையை ஆய்வதன்மூலம் மேலும் பல தனிமங்கள் இருப்பதைக் கண்டு பிடிக்கமுடியும்.

புறஊதா, அகச்சிவப்பு நிறமாலைகள் (Ultra-violet and infra-red sepectra)

கண்ணின் பார்வைக்குள் கிடைக்கும் நிறமாலையில் (visible spectrum) சிவப்பிலிருந்து ஊதாவரைதான் பார்க்க முடிகிறது. இவற்றின் அலைநீளங்கள் 8000 A°U-லிருந்து 4000 A°U-வரையாகும். சிகப்பு நிறமாகிய 8000 A°U-மேல் சென்ருல் அவற்றை **அகச் சிவப்புக் கதிர்கள்** (Infra-red rays) என்றழைக்கப் படுகிறது. இதனை அக்கதிர்கள் உண்டாக்கும் வெப்ப விளைவால்தான் உணர முடியும். 8000×10^8 சென்டி மீட்டரி லிருந்து 0·04 சென்டி மீட்டர்வரையுள்ள அலைநீளங்கள் அகச்சிவப்பினைக் குறிக்கும். இவை அனைத்தும் வீசுவெப்ப கதிர்களாகும், (radiation rays). இவற்றை உணர்வதற்கு வீசுவெப்பத்தைக் காணும் போலோ மீட்டர், வெப்ப இரட்டை, ரேடியோ மைக்ரோ மீட்டர் போன்ற கருவிகள் உபயோகிக்கப் படுகின்றன.

ஊதா நிறத்திற்குக் கீழாகப் பார்வையில் படாத புறஊதா மண்டலம் அமைந்துள்ளது. 4000 A°U-லிருந்து 150 A°U-வரை புற ஊதா மண்டலமாகும். **புறஊதாக் கதிர்கள்**(ultra-violet rays) கண்ணுக்குத் தீமை பயக்கும். இதனுல் உண்டாகும் வேதியல்வினைகளால் (chemical reactions) இவற்றைநிர்ணயிக்க முடிகிறது. **ஒளிஉணர்தகடுகள்** (photographic plates) புறஊதாக் கதிர்களால் தாக்கப்படுகின்றன. கண்ணுடியானது புறஊதாக் கதிர்களை உட்கவர்ந்து விடுவதால் புறஊதா நிறமாலை குவார்ட்ஸ் முப்பட்டகங்களைப் பயன்படுத்திஆராயப்படுகிறது.

வினுக்கள் :

1. நேர்காட்சி நிறமாலை காட்டியை விளக்கு.
2. நிறமாலை வகைகள் யாவை ? அவற்றினை விளக்குக.
3. புறஊதா, அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் ஆகியவைகளைப் பற்றிக் குறிப்பு வரைக.

9. ஒளியின் வேகம்

(Velocity of Light

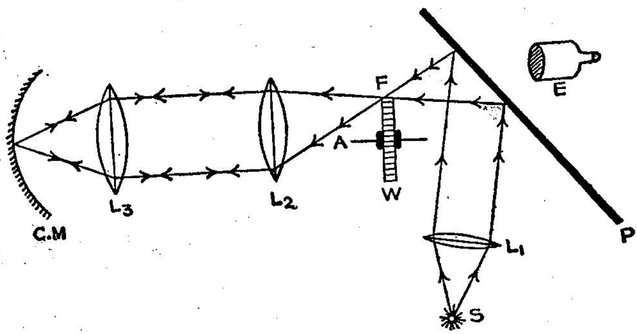
அறிமுகம் : ஒளி, ஓரிடத்திலிருந்து மற்ருேரிடத்திற்குச் செல்லும்போது அதனுடைய வேகம் என்னவென்று காண அந்நாள்களிலேயே அறிவியல் நிபுணர்கள் பலர் முயன்றனர். கலீலியோ முதன்முதலில் இதனை ஆராயத்தலைப்பட்டார். ஒளி செல்லும்போது அது குறிப்பிட்ட வேகத்தோடு, செல்ல வேண்டும் என்று நினைத்த அவர், சில சோதனைகள் செய்து பார்த்தார். பல மைல்களுக்கப்பாலுள்ள இரு மலைச்சிகரங்களைத் தேர்ந்தெடுத்து இரு பார்வையாளர்கள், X, Y இவர்களை அவற்றின்மேல் நிறுத்தினர். இருவரிடமும் இரண்டு ஒளி விளக்குகள் தரப்பட்டன. X என்பவர், முதல் ஒளிவிளக்கைத் திறக்கவேண்டும். அதே நேரத்தில் அவர் ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தையும் இயக்கிவிடுவார். ஒளிக்கதிர்கள் தூரத்தைக் கடந்து Y பார்வையில் விழுந்ததும், அவர் தம் விளக்கைத் திறந்து காட்டுவார். அதனை X பார்த்தவுடன் கடிகாரத்தை நிறுத்தி, ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட முயன்ருர். இச் சோதனை செய்யப்பட்டபோது எடுத்துக்கொண்ட காலத்தில் மாறுபாடே தெரியவில்லை. X, Y யும் விளக்கினைத் திறந்து காட்டும் வேகத்தை வைத்துப் பார்த்தபோதிலும் கால மாறுபாடு இல்லையெனவே காணவந்தது. எனவே, கலீலியோ ஒளியின் வேகம் மிகவும் அதிகமாக இருக்கவேண்டும் என்று கூறினுர்,

ரோமர்என்னும் விஞ்ஞானி ஜூபிடர் கோளிலுள்ள நிலவில் ஏற்படும் கிரணங்களை வைத்து ஒளியின் வேகத்தைக் காண முற்பட்டார். சூரியனை, ஜூபிடர் சுற்றிவருகிறது. பூமியானது சூரியனையும், ஜூபிடரையும் சிறிய வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகிறது. சூரியன், பூமி, ஜூபிடர் ஆகியவை சில சமயங்களில் பூமியை மையமாக வைத்து ஒரு நேர்கோட்டிலும், சில காலத்திற்குப் பின்னர், சூரியனை மையமாகக் கொண்ட ஒரு

நேர்கோட்டிலும் அமைகின்றன. ஜுபிடர், பூமி ஆகிய கோள்கள் சுற்றும் வேகத்தினைப் பொறுத்து இது அமையும். ஜுபிடரில் நிகழும் நிலாவின்கிரணத்தைஅந்நிலைகளில் கண்டு ஒளியின் வேகத்தை ரோமர் கணக்கிட்டார். ஒளியின் வேகம், ஏறத்தாழ வினாடிக்கு, 1,86,200 மைல்கள் எனக் கணக்கிட்டார். இந்த முறையில் பல குறைகளிருப்பினும் முதன்முதலாக ஒளியின் வேகம் காண முயன்ற முறைகளில் இது சிறந்தது எனக் கூறலாம்.

ஃபிசூவின் முறை (Fizeau's Method)

1849-ஆம் ஆண்டில் ஃபிசூ என்பவர் யாரும் செய்யத்தக்க புவியியல்முறை ஒன்றினைக் கண்டுபிடித்தார். ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட அவர் உபயோகித்த சோதனை அமைப்புக் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

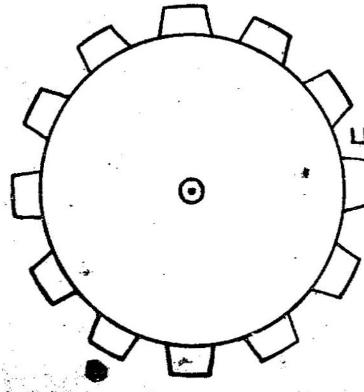


படம் 40. ஃபிசூவின் முறை

ஓரிடத்திலிருந்து புறப்பட்ட ஒளி ஒரு பல்சக்கரத்தின் இடுக்கு வழியே குறிப்பிட்டதூரம் சென்று அங்குள்ள குழிஆடியால் எதிரொளிக்கப்பட்டுத் திரும்பி வருகிறது. சுழன்று கொண்டிருக்கும் பல்சக்கரத்தின் அடுத்த இடுக்கு அதற்குள் வந்துவிட்டால் மறுபக்கத்தில் பிம்பம் தெரியும். மாறாகச் சக்கரத்தின்பல் வந்தால் பிம்பத்திற்குப் பதில் இருள் நிலவும். எனவே, ஒளி சென்றுவந்த தூரத்தையும் பல்சக்கரம் சுழலும் வேகத்தையும் வைத்து ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிடலாம்.

S என்னும் ஒளிமூலத்திலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர்கள் L_1 என்னும் குவிவில்லை ஒளிவிலக்கம் பெற்ற கதிர்கள் மறு பக்கத்தில் குவிவதற்கு முன்னால், கிடைமட்டத்திற்கு 45°

கோணம் சாய்த்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் 'P' கண்ணுடித் தகட்டின்மேல் விழுகின்றன. எனவே, எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர்கள் கிடைத்தள அச்சில் சுழன்றுகொண்டிருக்கும் W என்னும் பல்சக்கரத்தின் வழியே செல்கின்றன. இந்தப் பல்சக்கரம் இடுக்குகளையும் பற்களையும் ஒன்றுவிட்டு ஒன்ருகச் சமஅளவில் கொண்டிருக்கும். பல்சக்கரம் சுழலும்போது ஒளிக் கதிர்கள்செல்லுமிடம் F பல்இடுக்கு அல்லது பல்வழியே



படம் 41, பல் சக்கரம்

மாறிமாறிச் செல்லும், அவ்வழியே சென்ற கதிர்கள் L_2 என்னும் குவிவில்லையில் விழுந்து ஒளிவிலக்கம் பெற்று இணையாகின்றன. இவ்வாறு இணையான கதிர்கள் ஏறக்குறைய 5 மைல் சென்று மற்ருெரு குவிவில்லை L_3 மேல்விழுந்து C என்னும் குழியாடியின் மேல் குவிகின்றன. ஆடிக்கும் வில்லைக்குமுள்ள தூரம் ஆடியின் குவிய தூரமாகையால் அவை மீண்டும் எதிரொளிக்கப்பட்டு L_3, L_2 வழியே Fக்கு வருகின்றன. பல்லின் ஓர் இடுக்குவழியே சென்ற ஒளிக்கதிர் திரும்பி வருவதற்குள் அடுத்தபல் Fக்கு வந்துவிட்டால் கண்ணருகுவில்லை E-ல் ஒன்றும் தெரியாது. ஆனல் சக்கரத்தின் வேகத்தைச் சீராக்கி, அடுத்த இடுக்கு வந்தால் E-ல் பிம்பம் தெரியும். சக்கரத்தின் வேகம் இந்நிலையில் சீராக இருந்தால் E-ல் தொடர்ந்து பிம்பம் தெரிந்து கொண்டேயிருக்கும்.

சக்கரத்தின் வேகம் விநாடிக்கு n சுற்றுகளாக இருக்கட்டும். பற்சக்கரத்திலுள்ள பற்களின் எண்ணிக்கை N என்றும், பற்சக்கரத்திற்கும் குழி ஆடிக்குமிடையேயுள்ள தூரம் D என்றும் கொள்வோம்.

பல்சக்கரம் ஒருமுறை சுற்றுவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் $1/n$ விநாடியாகும். பல்சக்கரத்தில் N பற்கள் இருப்பதால் N இடுக்குகளும் இருக்கும். எனவே, ஓர் இடுக்கிலிருந்து அடுத்த ஒரு பல்லுக்கு நகர எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் $1/2Nn$ விநாடிகளாகும். இந்தக்காலத்திற்குள் ஒளியானது குழியாடிக்குச் சென்று திரும்புகிறது. எனவே, ஒளி கடந்ததூரம் 2D ஆகும்.

$$\text{எனவே, ஒளியின் திசை வேகம்} = \frac{\text{ஒளி கடந்த தூரம்}}{\text{எடுத்துக்கொண்ட நேரம்}}$$

$$C = \frac{2D}{\frac{1}{2Nn}}$$

$$\therefore C = 4NnD$$

∴ பிசூவின் சோதனையில் ஒளி கடந்ததூரம் 8·6 கிலோ மீட்டர்களாகும். பற்சக்கரத்தில் 720 பற்களிருந்தன. பிம்பம் முதன்முறையாக மறைய பற்சக்கரம் விநாடிக்கு 12·6 சுற்றுகள் சுற்றப்பட்டது. எனவே, ஒளியின் வேகம் விநாடிக்கு $3{\cdot}13 \times 10^{10}$ செ.மீ. என்று கணக்கிடப்பட்டது.

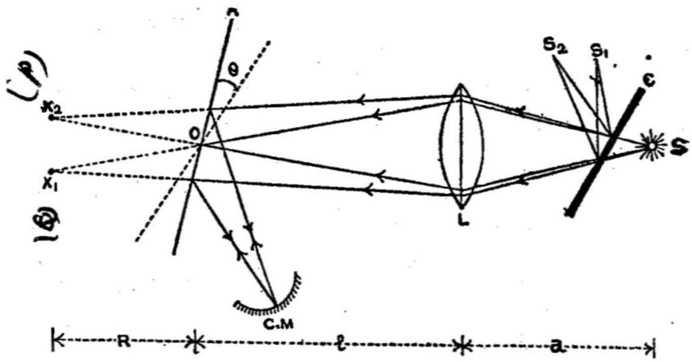
இம்முறையின் நிறைகளும் குறைகளும்

எந்தவிதத் தற்கோளுமின்றி நேரிடையாக ஒளியின் திசை வேகம் கணக்கிடப்பட்டது, என்பது இதன் சிறப்பாகும். தோற்றுவாயிலிருந்து கண்ணாடித்தகட்டால் எதிரொளிக்கப் பட்ட ஒளிக்கதிர்கள் கண்ணருகுவில்லையில் விழும்போது, பிம்பத்தின் பொலிவு மிகவும் குறைவானது என்பது இம் முறையின் குறைபாடாகும். கண்ணாடித் தகட்டிற்குப்பதிலாக நடுவில் துளையுள்ள ரசம் பூசிய கண்ணாடியை உபயோகித்து இதனை நிவர்த்திக்கலாம். ∴ பிசூமுறை ஒளியின் திசைவேகம் காற்று ஊடகத்தில்தான் காணமுடியுமே தவிர அடர்மிகு ஊடகங்களிலோ வாயுக்களைக் கொண்டோ காணமுடியாது. மேலும், பற்சக்கரங்களால் ஒளி எதிரொளிக்கப்பட்டுக் கண்ணருகுவில்லையில் விழுவதுமுண்டு.

ஃ போகால்ட் முறை (Foucault's Method)

ஃ போகால்ட் 1850-ல் சுழலும் ஆடியை உபயோகித்து ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிட்டார். இதனைச் சுழலும்ஆடிமுறை என்றும் கூறுவர். இந்த முறையை, முதன்முதலாக வீட்ஸ்டோன் என்பவர் முயன்று பார்த்தார். அதன்பின் வந்த அரகோ என்பவராலும் முடியாமல் போகவே, இறுதியாக ∴ போகால்ட் வெற்றிகரமாகச் செய்து முடித்தார்.

∴ போகால்ட் உபகரணம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 42. ∴ போகால்ட் முறை

ஒளிமூலத்திலிருந்து வரும் ஒளியானது S என்னும் பிளவு வழியாக கட்டுப்படுத்தப்பட்டு L என்னும் வில்லையின்மேல் விழுகிறது. இது ஒரு நிறப்பிறழ்ச்சியற்ற வில்லை (achromatic lens) யாகும். ஒளிக்கதிர்கள் மறுபக்கத்தில் குவியுமானால் A என்னும் சமதள ஆடிமேல் விழுகிறது. இது படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக O என்னும் அச்சில் சுழலும். சமதள ஆடியால் எதிரொளித்த கதிர்கள் CM என்னும் குழியாடியின் மேல் விழுகின்றன. சமதள ஆடியின் 'O' குழியாடியின் வளைவுமையத்தில் அமைகிறது. எனவே குழிஆடியின்மேல் குவிந்த கதிர்கள்எதிரொளிக்கப்பட்டு அதே பாதையில் திரும்பி A-ன்மேல் விழுகிறது. மீண்டும் பிரதிபலித்துத் தோற்றுவாய் S-ன்மேலேயே பிம்பம் உண்டாகிறது. ஆனால், குவி வில்லைக்கும் தோற்றுவாய்க்குமிடையில் C என்னும் கண்ணடித் தகட்டினைச் சாய்த்துவைத்தால் பிம்பமானது படத்தில் காட்டியதுபோல பக்கவாட்டில் விழும். A என்னும் சமதள ஆடி சுழலாமல் நின்றால், பிம்பம் S_1-ல் நிலையாகத் தெரியும். ஆனால் A-யானது சீரான வேகத்தோடு, வலஞ்சுழியாகச் சுழல்வதாக வைத்துக்கொள்வோம். குறிப்பிட்ட ஒரு நிலையில் S-லிருந்து A-க்குச் சென்று C வழியாக ஒளிக்கதிர்கள் எதிரொளிக்கும். A-லிருந்து CM-க்கு ஒளிக்கதிர்கள் சென்று திரும்புவதற்குள்ளாக A-ஆனது θ கோணம் சுழல்வதாக எடுத்துக் கொள்வோம். எனவே A-ல் எதிரொளித்த கதிர்கள் வில்லைவழியே திரும்பி ஒளிமூலத்தில் பிம்பம் உண்டாக்காமல், அதாவது S_1-க்குப் பதிலாக S_2-ல் பிம்பம்

உண்டாக்கும். S_1, S_2 மற்றும் ஆடி சுழல்கின்ற வேக இவற்றினை வைத்து ஒளியின் திசை வேகத்தைக் கணக்கிடலாம்

சமதள ஆடி சுழலும் வேகம் வினாடிக்கு 'n' சுற்றுகளாக இருக்கட்டும். எனவே ஆடியானது θ கோணம் சுழன்றால் ஆடி θ கோணம் சுழன்றதற்கு எடுத்துக்கொண்ட நேரம் $\frac{\theta}{2\pi n}$ வினாடியாகும். இந்த நேரத்தில் ஒளியானது A-யிலிருந்து CM-க்குச் சென்று திரும்புகிறது. குழிஆடியின் வளைவு மையத்தில் சமதள ஆடி அமைந்திருப்பதால் அவற்றிற் கிடையே உள்ள தூரம் R ஆகும். (குழியாடியின் வளைவு ஆரம் R) எனவே, $\frac{\theta}{2\pi n}$ வினாடிகளில் ஒளி கடந்த தூரம் 2R ஆகும்.

$$\text{எனவே, ஒளியின் திசைவேகம்} = \frac{\text{கடந்த தூரம்}}{\text{காலம்}}$$

$$C = \frac{2R}{\frac{\theta}{2\pi n}}$$

$$C = \frac{4\pi n R}{\theta}$$

θ என்ற கோணத்தைக் கணக்கிடல்

A என்னும் சமதள ஆடி இல்லையெனில் S_1-லிருந்து புறப்பட்ட ஒளிக்கதிர்கள் Lவழியே விலகல் அடைந்து X_1-ல் பிம்பத்தையும் S_2-ல் இருந்து கிளம்பிய ஒளி X_2 விலும், பிம்பத்தை உண்டாக்கும். 'S'-க்கும் 'L'-க்குமிடையேயுள்ள தூரம் 'a' ஆகவும், 'L'-க்கும் A-க்குமிடையேயுள்ள தூரம் 'b' ஆகவும் இருக்கட்டும். எனவே, வில்லியிலிருந்து X_1 X_2-க்கு உள்ள தூரம் $R+b$ ஆகும்.

$$\text{ஆகையால்,} \frac{X_1 X_2}{S_1 S_2} = \frac{R+b}{a} \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore X_1 X_2 = \frac{(R+b)\, SS_1}{a}$$

$$\text{அல்லது } X_1 X_2 = \frac{(R+b)\, x}{a} \quad \because SS_1 = x$$

சமதள ஆடி θ கோணம் திரும்பினால் எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளிக்கதிர்கள் 2θ கோணம் திரும்பும். எனவே, X_1, X_2, O-ல் தாங்கும் கோணம் 2θ

ஆகையால், $2\theta = \frac{X_1 X_2}{R}$

$$\theta = \frac{X_1 X_2}{2R}$$

$$\therefore \theta = \frac{(R+b)x}{2Ra}$$

ஆனால், $C = \frac{4\pi n R}{\theta}$

எனவே, $C = \frac{4\pi n R}{(R+b)x}\ 2Ra$

$$C = \frac{8\pi n R^2 a}{(R+b)x}$$

ஃபோகால்ட் சோதனையில் R என்பது 20 மீட்டர்களும் x என்பது 0·7 மி·மீ இருந்தன. சமதள ஆடி விநாடிக்கு 438 சுற்றுகள் சுழற்றப்பட்டது. எனவே, ஃபோகல்ட் ஒளியின் திசைவேகத்தை விநாடிக்கு $2{\cdot}98 \times 10^{10}$ செ.மீ. என்று கணக்கிட்டார்.

இம்முறையின் சிறப்புகள் : சமதள ஆடிக்கும், குழியாடிக்கு மிடையேகுழாய்களை உபயோகித்துத்திரவங்களை நிரப்பி ஒளியின் திசைவேகத்தைக் காணலாம். அடர்குறை ஊடகங்களைவிட அடர்மிகு ஊடகங்களில் ஒளியின் திசைவேகம் குறைவு என்னும் முடிவை இச்சோதனை நிரூபித்துக் காட்டியது. நியூட்டனின் துகள்கொள்கை இதற்கு எதிராக அமைந்து ஹைஜீன்அலைக்கொள்கைக்குச் சாதகமாக இருந்தது. எனவே, ஹைஜீன் அலைக்கொள்கையே சரியான கொள்கை என்பதை முடிவு செய்ய ஃபோகால்ட் சோதனை சிறப்பாக அமைந்தது.

குறைகள் : சமதள ஆடிகளுக்கான எதிரொளிப்பு விதிகள் சுழலும் ஆடிக்கும் உண்மையென இச்சோதனையில் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. மேலும் S_1 S_2-க்கிடையே உள்ள தூரம் அதிகரித்தால் சோதனையின் முடிவு மிகவும் சிறப்பாகக் கிடைக்கும். இதை அதிகரிக்க சமதள ஆடிக்கும், குழிஆடிக்கும் உள்ள தூரம் அதிகரிக்கப்பட்ட வேண்டும். ஆனால் இது பிம்பங்களின் பொலிவைக் குறைத்து அவைகளிடையேயுள்ள தூரத்தை அளவிட முடியாத நிலைக்குக் கொண்டு வந்துவிடும்.

அடுத்து **மைக்கல்சன்** என்பவர், ஒளியின் திசைவேகத்திற்கு ஒரு முறையைக் கண்டுபிடித்தார். அவர் முடிவும் ஹைஜீன் அலைக்கொள்கையே சரியானது என நிர்ணயித்தது.

வினாக்கள்

1. ஒளியின் வேகம் காண ஃபிசூவின் முறையைக் கூறு.
2. ஃபோகால்ட்முறையில் ஒளியின் வேகம் எவ்வாறு காணப் படுகிறது? இதனுடைய முக்கியத்துவம் என்ன?

10. ஒளிபற்றிய கொள்கைகள்

(Theories of Light)

ஒளியின் இயக்கம், ஒளிக்கதிர்களுக்கான விதிகள், ஒளிக் கதிர்கள் பல ஊடகங்கள் வழியே செல்லும்போது ஏற்படுகின்ற மாற்றங்கள் ஒளிக்கருவிகள் ஆகியவற்றை நாம் "ஒளிவடிவியல் பிரிவில்" (Geometrical optics) கண்டோம். ஒளியின் இயல்பு, ஒளியின் குறுக்கீட்டுவிளைவு, தளவிளைவுபோன்ற சில பகுதிகளை "பௌதிக ஒளியியல்" (Physical optics) பகுதியில் காணலாம்.

ஒளியின் நிகழ்ச்சிகள் பல உள. முன்னாளில் ஒளி ஒருவகை ஆற்றல் என்றும், அதன் இயக்கம் நேர்கோட்டில் செல்லும் என்றும் கூறப்பட்டது. ஒளிஎதிரொளிப்பு, ஒளிவிலகல் போன்றவைகளுக்கு விளக்கங்களும் தேவைப்பட்டன. இதனை விளக்க சில கோட்பாடுகள் கொடுக்கப்பட்டன. ஆனால் இவைகள் ஒளியின் மீநிலைப்பண்புகளாகும் (Macroscopic properties). அதன்பின் ஒளியின் குறுக்கீட்டுவிளைவு (interference of light) ஒளியின்விளிம்புவிளைவு (diffraction of light), ஒளிதளவிளைவு (polarisation of light) போன்ற நுண்நிலைப் பண்புகளை விளக்க அவை முயற்சித்தன. எனவே, நியூட்டனின் துகள்கொள்கை என்றும், ஹைஜீன் அலைக்கொள்கை என்றும் பேசப்பட்டு, அவற்றில், சிறந்தது எது என்ற கேள்வி பிறந்தது. இனி இவற்றினைத் தனித்தனியே பார்ப்போம்.

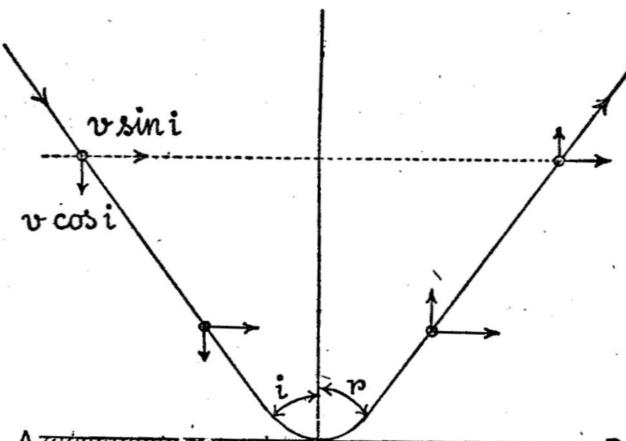
நியூட்டனின் துகள்கொள்கை (Newton's Corpuscular Theory)

நியூட்டன் என்னும் விஞ்ஞானி இத்துகள்கொள்கையினை வெளியிட்டார். தன்-ஒளி கொண்ட பொருள்கள் ஒருவகை துகள்களை எல்லாத் திசைகளிலும் எல்லா நிலைகளிலும் வெளியிட்டுக்கொண்டிருக்கின்றன என்றும், இத்துகளுக்கு ஒருவகை மின்சக்தி உண்டென்றும் கூறப்பட்டது. இவை

கூட்டமாகச் செல்கின்றன. கண்ணில் படும்போது அவை பார்வையை உண்டாக்குகிறது. ஒளியின் ஆற்றல் என்பது துகள்கள் பெற்றிருக்கும் ஆற்றலேயாம். இத்துகள்கள் ஒருபடித்தான ஊடகங்களில் செல்லும்போது எந்த வெளி ஆற்றலுக்கும் உட்படாமல் நேரே செல்லும். ஓர் எதிரொளிப்புத் தளத்தை நெருங்கும்போது தளத்தில் சிறிது தொலைவில் எதிரொளிப்புத் தளத்தின் செங்குத்துத் திசையில் ஒருவித எதிர்ப்பு விசைக்கு உட்படுத்தப்படுகின்றன. ஒளிபுகும் ஊடகங்களில் பிரிதளத்தின் செங்குத்துத் திசையில் ஒருவித ஈர்ப்பு விசைக்கு உட்படுத்தப்படுகின்றன. இவை அனைத்தும் நியூட்டனின் துகள்கொள்கைகளாகும். இதனை வைத்து ஒளி எதிரொளிப்பையும் ஒளிவிலகலையும் விளக்கிக் கூறலாம்.

எதிரொளிப்பு

ஒளித்துகள்கள் AB என்ற எதிரொளிப்புத் தளத்தை நோக்கிச் செல்வதாக வைத்துக் கொள்வோம். அது செல்லும் பாதை எதிரொளிப்புத் தளத்தின் செங்குத்துக் கோட்டிற்கு *i*



படம் 43. ஒளி எதிரொளிப்பு (நியூட்டன் கொள்கை)

கோணம் சாய்ந்திருக்கட்டும். துகளின் திசைவேகம் "*v*" என்று வைத்துக்கொள்வோம். எதிரொளிப்புத் தளத்திலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவுவரை எதிர்ப்புவிசை இருக்கும். இந்தத் திசைவேகத்தை $v \sin i$, $v \cos i$ என்று இரு ஆக்கக் கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். எதிரொளிப்புத் தளத்திலிருந்து வரும் எதிர்ப்புவிசையால் $v \cos i$ சிறிதுசிறிதாகக் குறைந்து

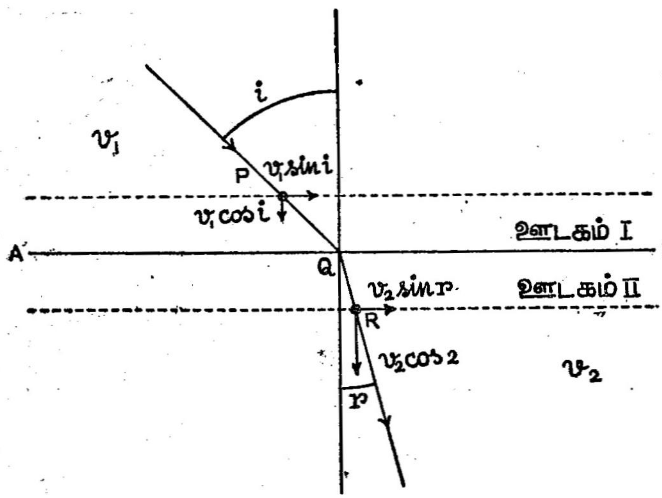
தளத்தில் சுழியாகிறது. ஆனல் இணைப்பகுதி $v \sin i$ மாறுவதில்லை. எதிரொளிப்புக்குப் பின்னர் மீண்டும் சிறு தொலைவு சென்று $v \cos i$ ஆகிறது. பிறகு இதில் மாற்றமிராது. எதிரொளிப்புக்குப் பின்னர், அதன் கோணம் செங்குத்துத் திசையோடு r ஆக இருக்கட்டும். எனவே, மீண்டும் திசைவேகம் பழைய நிலையை அடைகிறது. ஆனல் இணைகூறு மாறுவதில்லை.

$$\text{எனவே,} \quad v \sin i = v \sin r$$
$$\sin i = \sin r$$
$$i = r$$

படுகோணமும்எதிரொளிப்புக் கோணமும் சமம் என நிரூபிக்கப் படுகிறது. இது எதிரொளிப்பு நிகழ்ச்சியினை மெய்ப்பிக்கிறது.

ஒளிவிலகல்

(படம் 44-ல்) AB என்பது இரு ஊடகங்களை பிரிக்கும் தளம் என்று கொள்வோம்.



படம் 44. ஒளிவிலகல் (நியூட்டன் கொள்கை)

PQR என்பது ஒளிக்கதிரின் பாதையைக் குறிக்கட்டும். PQ என்னும் கதிர் முதல் ஊடகத்திலுள்ளது. அது செங்குத்துக் கோட்டோடு முதல் ஊடகத்தில் i என்னும் கோணத்தைத் தாங்கட்டும். ஈர்ப்பு விசைகள் உள்ள இடங்கள் கோடிட்டுக்

காட்டப்பட்டுள்ளன. முதல் ஊடகத்தில் திசைவேகம் v_1 என்ருல் அதனை $v_1 \sin i$, $v_1 \cos i$ என இருபகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். $v_1 \cos i$ ஈர்ப்புச் சக்திக்குள் வரும்போது அதிகமாகிப் பிரிதளத்திற்குச் செல்கிறது. மீண்டும் தொடர்ந்து இரண்டாவது ஊடகத்தில் ஈர்ப்புவிசையிலேயே செல்கிறது. R என்ற நிலைக்கு வந்ததும் திசைவேகம் v_2 ஆகும். செங்குத்துக் கோட்டோடு தாங்கும் கோணம் r என்போம். எல்லா நிலைகளிலும் இணைக்கூறு சமம்.

எனவே, $$v_1 \sin i = v_2 \sin r$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$= \text{ஒருமாறிலி.}$$

இரண்டாவது ஊடகம் அடர்மிகு ஊடகமாயின் இந்தத் துகள்கள்செங்குத்துக்கோட்டைநோக்கி வளைவதைச் சோதனை மெய்ப்பிக்கிறது. எனவே, r, i-யைவிடக் குறைவு. எனவே, $\sin i < \sin r$. எனவே, v_2, v_1 ஐவிட அதிகம். அடர்மிகு ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகம் அடர்குறை ஊடகத்தைவிட அதிகமாகும், எனக்காட்டுகிறது. ∴ போகால்ட் சோதனைக்கு இம்முடிவு முரணானதாகும்.

சில பரப்புகளில் ஒளித்துகளானது எதிர்ப்பு விசைக்கும் ஈர்ப்பு விசைக்கும் மாறிமாறி உட்படும். எனவே, அப்பரப்புகளில் ஒளி எதிரொளிப்பும், ஒளிவிலகலும் நிகழும் என விளக்கப்பட்டன. கண்ணாடி போன்ற பரப்புகளில் இரண்டும் நிகழ்வதை இது விளக்குகிறது.

ஹைஜின் அலைக்கொள்கை (Huygen's Wave Theory)

ஹைஜின் என்ற டச்சு விஞ்ஞானி 1684-ல் ஒளியின் அலைக் கொள்கையை வெளியிட்டார். ஒளியானது, ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு அலைகளாகப் பரவுகிறது. அதன் ஆற்றலும் அலைகளாகப் பரவும். மேலும் ஈதர் என்னும் ஓர் ஊடகத்தில் இது பரவுவதாகவும், ஈதருக்குமிகஅதிக விரைப்பும் (Rigidity), குறைந்த அடர்த்தியும் உண்டென்றும் கூறினர். ஒளிஅலைகள் சீரிசை இயக்கம் (Simple harmonic motion), கொண்டவையாக இருக்கும். அத்துகள் அதிரும்போது அதன் இடப்பெயர்ச்சியை $y = a \sin wt$ என்று எழுதலாம். 'a' என்பது அலையின் வீச்சையும் (amplitude) w என்பது கோணதிசை வேகத்தையும் (angular velocity) t என்பது கால

அளவையும் தரும். அடுத்தடுத்த ஒரே நிலையிலுள்ள இரு துகள்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம், அலைநீளம் "λ" (wave length) எனப்படும்.

ஓரிடத்திலிருந்து கிளம்பும் அலைகள் ஈதர் ஊடகத்தின் மூலம், எல்லாத் திசைகளிலும் சீரான வேகத்தோடு பரவுகின்றன. அடுத்தடுத்த ஈதர் துகள்கள் அதிர்வுற்று அலைகள் பரவுகின்றன. இவ்வாறு, செல்லும் அலையின் முகப்பு அலைமுகம் (wave front) எனப்படும். பரவும் அலைகள் முன்னேக்கு அலைகள் (progressive waves) என்றழைக்கப்படுகின்றன. மேலும், துகளின் இடப்பெயர்ச்சி அலைபரவும் திசைக்குக் குறுக்காக இருந்தால் அதனைக் குறுக்கலைகள் (transverse waves) என்றும் துகளின் இடப்பெயர்ச்சி அலைபரவும் திசைக்கு இணையாக இருந்தால் நெட்டலைகள் (longitudinal waves) என்றும் வழங்கப் படுகின்றது.

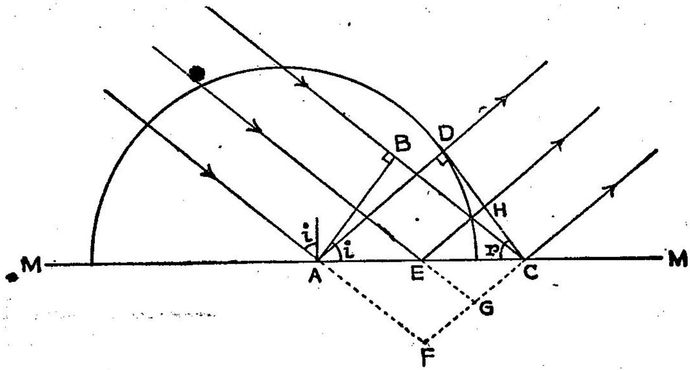
கொடுக்கப்பட்ட ஒளிமூலத்திலிருந்து குறைந்த தூரத்தில் உண்டாகும், அலைமுகப்பு, கோள அலைமுகப்பாகும் (spherical wave front). நெடுந்தொலைவு கடந்தபின் அலைமுகப்புச் சமதள அலைமுகப்பாகும் (plane wave front). கடந்து செல்லும் அலைமுகப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் இரண்டாகும், ஒளிமூலமாகச் செயல்பட்டு இரண்டாம்நிலை அலைக்குட்டிகளை (secondary wavelets) உண்டாக்கும். இரண்டாம்நிலை அலைக் குட்டிகளின் உறை, அவ்விடத்தில் அலைமுகப்பைக் கொடுக்கும். எனவே, ஹைஜீன் கொள்கையை வைத்து எதிரொளிப்பு, ஒளிவிலகல் இவற்றினை எவ்வாறு விளக்கலாம் எனப் பார்ப்போம்.

சமதள ஆடியில் எதிரொளிப்பு

MM என்பது சமதள ஆடியை குறிக்கட்டும். AB என்ற அலைமுகப்பு *i* என்னும் படுகோணத்தில் அதன்மேல் விழட்டும். ஆடியின்மீது விழுந்து ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் இரண்டாவது அலைக்குட்டிகளை உண்டாக்குகிறது. A-ல் விழுந்த இடத்தில் முதல் இரண்டாவது அலைக்குட்டி கிளம்பிச் செல்கிறது.

ஆனல் அதனுடன் அந்த B என்ற முனை C என்னும் இடத்தில் இரண்டாம் அலைக்குட்டியைத் தோற்றுவிக்கிறது. A-யிலிருந்து சென்ற அலை BC-க்குச் சமஅளவு முன்னே சென்றிருக்கிறது. A-க்கும், C-க்கும் இடையே தோன்றிய சிற்றலை எதிரொளித்த முகப்பு எனலாம். படத்தில் CD-அதனைக் காட்டுகிறது. AD-ஐச் சேர்த்துவிடவும். AB என்ற அலைமுகப்பு

எதிரொளிப்புத் தளம் இல்லையானல் AF தூரம் சென்று FC நிலையை அடைந்திருக்கும். AF-ஐ ஆரமாகவைத்து A-யிலிருந்து



படம். 45 ஒளி எதிரொளிப்பு ''ஹைஜீன் கொள்கை''

அரைவட்டம் வரைந்தால், A-யின் அலைக்குட்டி நிலையைத்தரும். இதில் D அமையும். மேலும் E என்ற புள்ளி AC-க்கு இடையிலுள்ளது. EG, EH என்னும் செங்குத்துக்கோடுகளை வரையும். எதிரொளிப்புத்தளம் இல்லையானல் படுஅலைமுகப்பு EG தூரம் சென்று FC-ஐ அடைந்திருக்கும். ஆனல் அது EH-க்கு எதிரொளிப்புக் காரணமாக வந்துள்ளது. எனவே, E-ல் தொடங்கிய அலைக்குட்டி H-ல் தொடங்கும் நிலையிலுள்ளது, எனக்காட்ட EG = EH எனக் காட்டவேண்டும்.

ஆகையால் படத்தில் CHD எதிரொளித்த அலைமுகப்பினைக் காட்டும்.

படத்தில் △ AFC ≡ △ ADC எனக் காட்டலாம்.

எனவே, ∟ACF = ∟ACD.

மேலும் △EGC, △ EHC-ல்

EC பொதுவான பக்கம்

∟EGC = 90° = ∟EHC

ஆதலால், ∟ECG = ∟ECH

(ஏற்கனவே, ∟ACF = ∟ACD என மெய்ப்பிக்கப் பட்டுள்ளது)

எனவே, △ EGC ≡ △ EHC

ஆதலால் EQ = EH.

E என்ற புள்ளி AC-க்கிடையே எடுத்துக் கொள்ளப் பட்டது. எனவே, A-க்கும் C-க்கும் இடையேயுள்ள எல்லாப் புள்ளிகளுக்கும் இது பொருந்தும். ஆகையால் A-க்கும் C-க்கும், இடையேயுள்ள எல்லாப் புள்ளிகளிலும் தோன்றும் இரண்டாம்

அலைக்குட்டிகள் ஒரே நேரத்தில் CD-க்கு வருகின்றன. CD, எனவே, எதிரொளிக்கப்பட்ட அலைமுகப்பினைத் தருகிறது.

மேலும் ∟ABC = i படுகோணமாகும்.

எனவே, DCA = r, பிரதிபலித்தகோணம்

∟ACD = ACF

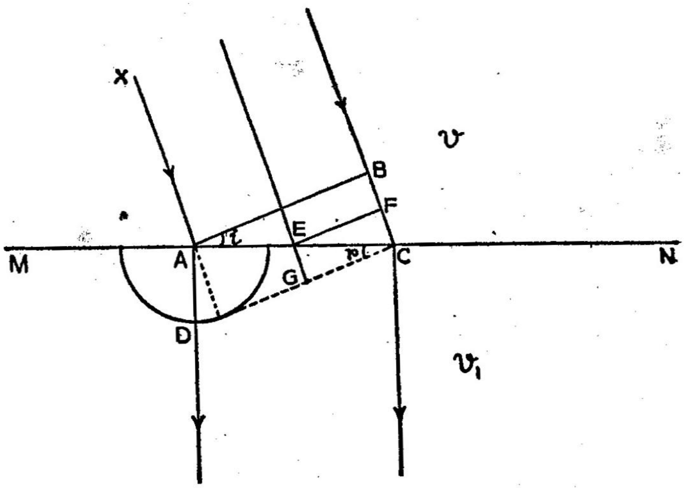
ஆனால் ∟ACF = BAC

எனவே, $i = r$

படுகோணம் எதிரொளிப்புக் கோணம் இரண்டும் சமம். மேலும் பிரதிபலித்த அலைக்குட்டிகள் ஒரு முகப்பிற்கு ஒரே நேரத்தில் வந்து சேர்ந்து விடுகின்றன. ஆகையால், ஹைஜீன் அலைக்கொள்கை எதிரொளிப்பினை மெய்ப்பிக்கிறது.

சமதளத்தில் ஒளிவிலகல்

சமதளத்தில் சமதள அலைமுகப்பு அடைகின்ற விலகலைப் பார்ப்போம். MN சமதளப் பரப்பைக்காட்டட்டும். AB சம அலைமுகப்பாக இருந்துகொண்டு MN பரப்பில் படட்டும்.



படம் 46. ஒளிவிலகல் ஹைஜீன் கொள்கை

XA என்பது செல்லுகின்ற திசையாகும். MN பரப்பில் அவை A என்னும் புள்ளியில் முதலில் தொடுகின்றது. கடைசியாக C நிலைக்கு வருகின்றது. A-யில் தொடும்போது அங்கு இரண்டாவது அலைமுகப்பு உண்டாகிறது. தொடர்ந்து C வரை இரண்டாம் அலைமுகப்புகள் உண்டாகின்றன. இவற்றினைக் கோளஅலைமுகப்புகளாகக் காட்டலாம். முதல் ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகம் v ஆகவும், இரண்டாம் ஊடகத்தில்

v_1 ஆகவும் இருக்கட்டும். A வந்த பிறகு C-க்கு வரும்வரை எடுத்த நேரம் "t" ஆக இருக்கட்டும். எனவே, $t = \frac{BC}{v}$.

ஆகையால் இரண்டாம் ஊடகத்தில் இரண்டாவது அலைமுகப்புகள் நகர்ந்த தூரம் $= \frac{BC}{v} v_1$ ஆகும். ADஐ ஆரமாக வைத்து A-யிலிருந்து அரைவட்டம் வரைந்தால் ஒளிவிலக்க முற்ற அலைமுகப்பைக் காணலாம். D-க்குத் தொடுகோடு C-யிலிருந்து வரையவும். எனவே CD ஒளி விலக்கமுற்ற அலைமுகப்பைத்தரும். CD என்பது AB-க்குள்ளாக எல்லாப் படுநிலை அலைமுகப்புகளுக்கும் இரண்டாம் அலைமுகப்புகளாக அமையும் எனக்காட்டலாம். E என்ற புள்ளியை AC-ல் எடுத்துக் கொள்ளவும். EF, EG செங்குத்துக்கோடுகளைச் சேர்க்கவும். E-க்கும் C-க்குமிடையில் அலைகள் செல்லும் போது மேலே யுள்ள ஊடகத்தில் (காற்று) செல்லும் தூரம் FC. எனவே,

கீழுள்ள ஊடகத்தில் செல்வது $EG = \frac{FC}{v} v_1$

$\triangle$ CEF-உம் $\triangle$ CAB-உம் வடிவொத்தவை.

எனவே, $\frac{FC}{BC} = \frac{CE}{CA}$

மேலும் $\triangle CEG \;|||\; \triangle CAD$ எனக் காட்டலாம்.

$$\therefore \quad \frac{GE}{DA} = \frac{CE}{CA}$$

எனவே, $\frac{GE}{DA} = \frac{FC}{BC}$

அல்லது $EG = \frac{FC}{BC} \cdot DA$ — omit

$$EG = \frac{FC\, v_1}{v}$$

எனவே, C-ஐத் தொடும்போது CD ஒளிவிலக்க அலைமுகப்பாகும்.

படத்தில் $\angle BAC$ = படுகோணம், i,

$\angle DCA$ = விலக்கக்கோணம்

எனவே, $\sin i = \frac{BC}{AC}$

$$\sin r = \frac{AD}{CA}$$

மேலும், $\frac{Sin\ i}{Sin\ r} = \frac{BC}{AD} = \frac{v}{v_1} = \mu$

μ என்பது முதல் ஊடகத்தை வைத்து இரண்டாம் ஊடகத்தின் ஒளிவிலக்க எண்ணாகும்.

அடர்மிகு ஊடகத்திற்கு,

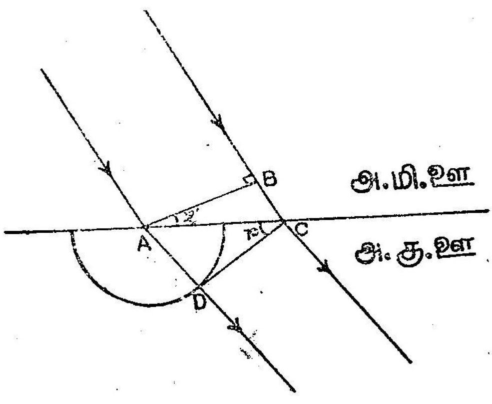
$$\mu > 1$$

எனவே, $\frac{v}{v_1} > 1$ அதாவது $v > v_1$

காற்றில் ஒளியின் திசைவேகம் கண்ணாடி, நீர் போன்ற அடர்மிகு ஊடகங்களில் இருப்பதைவிட அதிகம். இந்த முடிவைத்தான் ஃபோகால்ட் சோதனைமூலம் நிரூபித்தார். எனவே, ஹைஜீன் அலைக்கொள்கை, ஒளிவிலக்கமுறுவதையும் நிரூபிக்கிறது. சரியான கொள்கை என்றும் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது.

மாறுநிலைக்கோணம் : (Critical Angle)

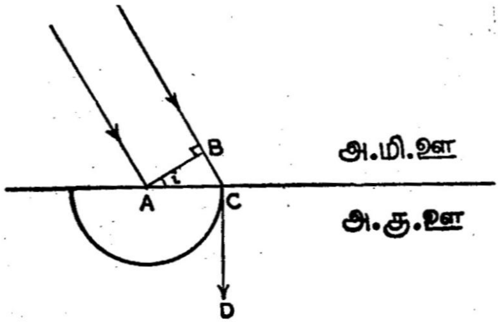
ஒளியானது அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்திற்குச் சென்றால் ஒளிவிலக்கக்கோணம், படுகோணத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும். மேலும் ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணம் வரைதான் ஒளிவிலக்கமுற்று அதற்கான குறிப்பிட்ட அலைமுகப்புக் கிடைக்கும்.



படம் 47. (i)

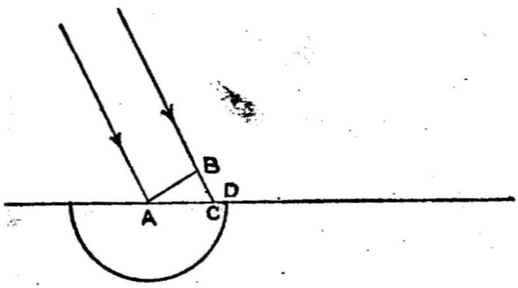
இதில் $r > i$ மேலும் AC > AD

பின்வரும் படத்தில், AC = AD (47 - ii)



படம் 47. (ii)

இதில், குறிப்பிட்டகோணத்திற்கு ஒளிவிலகுகோணம் 90° ஆகிறது. பின்வரும் படத்தில் AE > AC (47. iii



படம் 47. (iii) முழு அக எதிரொளிப்பு — ஹைஜீன் கொள்கை

எனவே, படம் [47 – (ii)] ல் $r = 90°$.

எனவே, $i = C$ [மாறுநிலைக் கோணம்]

ஆகையால் $\frac{Sin\ i}{Sin\ r} = \frac{1}{\mu} = \frac{Sin\ c}{Sin\ 90°}$

$\mu = \frac{1}{Sin\ c}$. எனவே, ஒளிவிலகல்எண் காணமுடியும்.

வினாக்கள்

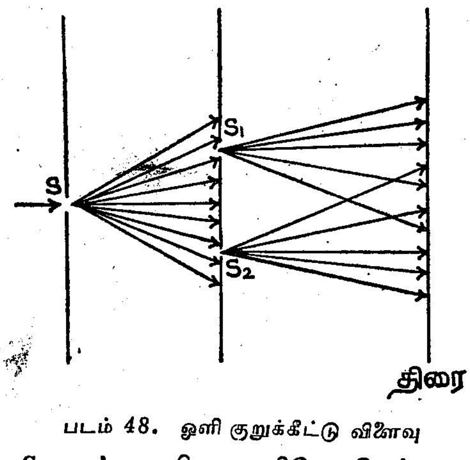
1. ஒளிபற்றிய கொள்கைகளை விவரி. அதில் எந்தக் கொள்கை சிறந்தது? ஏன்?

11. ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவு

(Interference)

அறிமுகம்

ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவினை, நியூட்டன் துகள் கொள்கை விளக்க முடியாது, ஆனால் ஹைஜீன் அலைக் கொள்கை விளக்குகிறது. எனவே, அலைக்கொள்கைகள் தரும் விளக்கங்களில் இதுவும் ஒன்று. ஒரு புள்ளியினிடத்தி லிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர்கள் ஊடகத்தில் பரவிச் செல்வதாக வைத்துக்கொள்வோம். ஒரே அலைநீளமுடைய இரு அலைகள் ஒன்றுடன்ஒன்று குறுக்கிட்டால் அந்த இடத்தில் அலைகளின் பாதை வேறுபாட்டினைப் பொருத்து ஒளிச்செறிவு மாறுபடும். பேராசிரியர் எங் (young) என்பவர், ஒரு சோதனையைச் செய்தார். S எனும் ஒரு புள்ளியிருந்து ஒளிக்கற்றைகளை வெளிவரச் செய்தார். அவை சமதூரத்தி



படம் 48. ஒளி குறுக்கீட்டு விளைவு

லுள்ள S_1 S_2 என்ற பிளவுவழியே சென்று வருகின்றன.

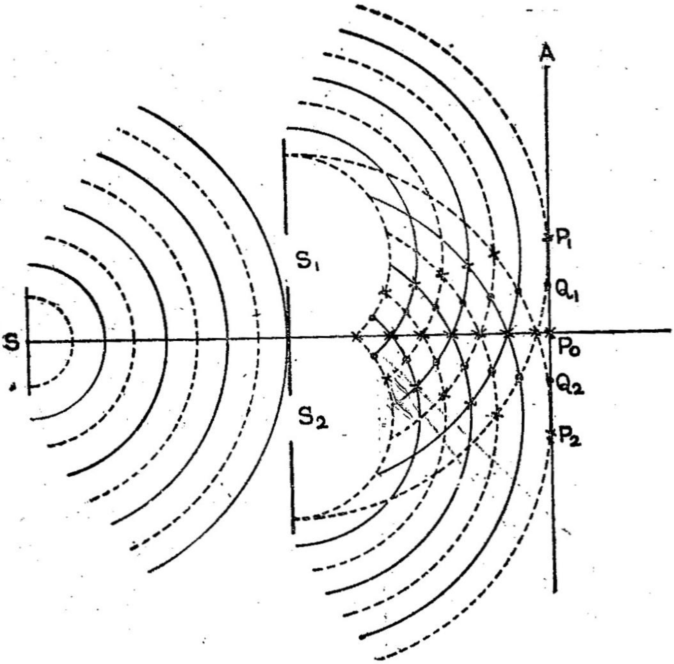
திரையின்மேல் ஒளிக்கற்றைகள் ஒன்றின்மேலொன்று பொருந்தி விழும் (supersition of waves). எனவே, திரையில் ஒளிச்செறிவு சீராக இல்லாமல் இருண்ட பட்டைகளும் ஒளிமிகுந்த பட்டைகளும் மாறிமாறி இருப்பதைக் காணலாம். இதிலிருந்து குறுக்கீட்டு விளைவினை விளக்கலாம்.

S என்ற துளைவழியே ஒளி பரவுகின்றது. அலைகள் முகடுகளையும் (crests) அகடுகளையும் (troughs) கொண்டிருக்கும். அலைகள் தனித்தனியே செல்லும்போது, அவற்றின் அகடுகளோ முகடுகளோ எங்குச் சந்தித்தாலும் அங்குப் பெரும அளவு ஒளிச்செறிவு ஏற்படும் (maximum intensity of light). மாறாக ஓர் அலையின் முகடும் மற்றதன் அகடும் சந்தித்தால் அந்த இடத்தில் ஒளிச்செறிவு சுழியாகும் (zero intensity of light). இவை மாறிமாறி அமைவதால் ஒளிமிகுந்த பட்டைகளும் ஒளியற்ற பட்டைகளும் கிடைக்கின்றன. இவை குறுக்கீட்டுப் பட்டைகள் (Inteference-bands) எனக் கூறப்படுகிறது.

ஒளிஅலைகள் குறுக்கீடு

ஒளிஅலைகள் S என்னும் துளைவழியே வந்துபாய்கின்றன. S_1 S_2 என்ற பிளவுகளை அடையும் அந்த இடத்தில் இரண்டாம் அலைகள் தோற்றுவாயாக மாறுகின்றன. எனவே அடுத்த பக்கத்தில் இரு அலைகளும் ஒன்றோடொன்று இணைந்து, இழைந்து செல்கின்றன. அலைகளின் இரு அகடுகள் அல்லது முகடுகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் "λ" ஆகும். ஓர் அகடுக்கும், அடுத்த முகடுக்குமிடையேயுள்ள தூரம் $\lambda/2$. ஓர் அலையின் அகடும் மற்றதின் அகடும் அல்லது முகடும் அடுத்த அலையின் முகடும் பொருந்துகின்ற இடங்களில் பெரும் ஒளிச்செறிவு இருக்கும். படம் 49-ல் X குறியிட்ட இடங்கள் இவற்றினைக் காட்டுகின்றன. இவற்றினைக் குறுக்கீட்டு ஆக்கவிளைவு (Constructive interference), என்பர். அலைகளின் வீச்சு "a" என்றால் இடப்பெயர்ச்சியின் தொகுபயன் $2a$ ஆகும். எனவே, இப்புள்ளிகளில் ஒளிச்செறிவு $4a^2$ ஆகும். இவ்வலைக்களுக் கிடையேயுள்ள பாதைவேறுபாடு சுழியாகும். 'O' என்று குறியிட்ட இடங்களில் ஓர் அலையின் முகடும், மறு அலையின் அகடும் சேருகின்றன. இவற்றிற்கிடையேயுள்ள பாதைவேறுபாடு (Path difference) $\lambda/2$ ஆகும். அலைகளின் வீச்சு சமமானதால் இடப்பெயர்ச்சி சுழியாகிறது. எனவே, ஒளிச்செறிவும் சுழியாகும். இதனைக் குறுக்கீட்டுஅழித்தல்விளைவு (destructive inteference) என்பர். A என்ற திரையினைப் படத்தில் காட்டிய ஒளி செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்தாக வைப்பின்,

திரையில் பெருமளவு ஒளிப்பட்டையும் கருமைப் பட்டையும்



படம் 49. ஒளிஅலைகள் குறுக்கீடு

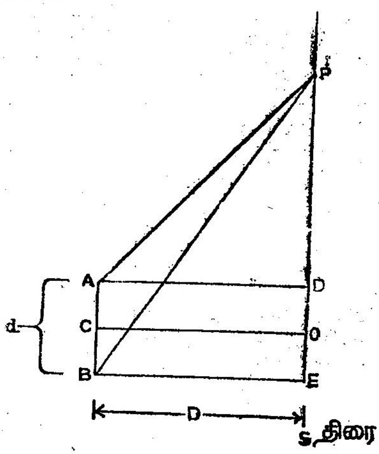
மாறிமாறித் தோன்றும். P_0, P_1, P_2 பெரும ஒளிப்பட்டையினையும், Q_1, Q_2 கருமை நிறப்பட்டையினையும் காட்டும். எனவே, ஒரே தன்மையுடைய இரு ஒளிமூலகங்களின் அலைகள் ஒன்றோடொன்று இணைந்து ஒளிப்பட்டைகளும் கருமைப் பட்டைகளும் உண்டாக்கும் செய்கைக்கு, குறுக்கீட்டுவிளைவு (interference) எனப்பெயர். இதுபோன்று கிடைக்கும் பாங்கிற்கு, குறுக்கீட்டுப் பாங்கு (interference pattern) என்று பெயர்.

மேற்கூறியவற்றிலிருந்து P_0, P_1 P_2 ஆகிய புள்ளிகளுக்குப் பாதைதேக்கம் (Path retardation) O, λ, 2λ ஆக இருக்கிறது, எனத்தெரிகிறது. S=O வாக உள்ளபோது Po என்னும் மையஒளிச் செறிவுப்பட்டை கிடைக்கிறது. எனவே, ஒளிச் செறிவுபட்டை கிடைக்க $S=n\lambda$ என்பது நிபந்தனை. இதில் *n* என்பது 1, 2, 3. 4,...எனச் சென்றுகொண்டிருக்கும். *n* என்பது வரிசை எண் (order) எனப்படும். கருமைப் பட்டை உண்டாவதற்கு $S=\lambda/2$, $3\lambda/2$ அல்லது $(2n-1)\ \lambda/2$ என இருத்தல் வேண்டும். n என்பது வரிசை எண்ணைக் குறிக்கும்.

குறுக்கீட்டுப்பட்டைகளின் அகலம்
(Bandwidth of Interference Bands)

குறுக்கீட்டுப்பட்டைகளைப்பெற "எங்" செய்த சோதனையைப் பார்த்தோம். அவர் அருகருகேயுள்ள இரு பிளவுகள் வழியே ஒற்றைவண்ண ஒளி(monochromatic light)யினை உபயோகித்துக் குறிக்கீட்டுப்பட்டைகளைப் பெற்றார். குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளின் அகலத்தை, எவ்வாறு காண்பது எனப்பார்ப்போம்.

ஒரே வீச்சும் அலைநீளமும் நிலையும் கொண்ட A, B எனும் இரு ஒளிமூலங்களை எடுத்துக் கொள்வோம். அவற்றிடையேயுள்ள தூரம் 'd' செ. மீ, ஆக இருக்கட்டும். அதன் எதிரில் S என்ற திரை வைக்கப்படட்டும். திரைக்கும், AB-க்குமுள்ள தூரம் 'D' செ. மீ. எனலாம். ABயிலிருந்து திரைக்கு D, E என்னும் செங்குத்துக் கோடுகள் வரையவும். ABன் மையைப் புள்ளி Cயிலிருந்து செங்குத்துக் கோடு O வில் சேரட்டும். படத்தில் OP, X ஆக இருக்கட்டும்.



படம் 50.
குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளின் அகலம்

APD என்ற செங்கோண முக்கோணத்தில்,

$$AP^2 = AD^2 + DP^2$$

$$= D^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2$$

BPE என்ற செங்கோண முக்கோணத்தில்,

$$BP^2 = BE^2 + EP^2$$

$$= D^2 + \left(X + \frac{d}{2}\right)^2$$

ஆகையால், $BP^2 - AP^2 = \left(X + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(X - \frac{d}{2}\right)^2$

$$(BP + AP)\ (BP - AP) = 2\,x\,d$$

A, B என்ற ஒளிமூலங்கள் மிக அருகில் அமைந்திருப்பதாலும், P, O-க்கு மிக அருகிலுள்ளதாலும், $BP + AP = 2D$ எனக் கொள்ளலாம்.

எனவே, 2D (BP – AP) = 2 x d

BP – AP என்பது P என்னும் புள்ளியில் ஒன்றின் மேலொன்று விழுந்த இரு அலைகளின் பாதைவேறுபாடு (path dieffrence) அல்லது பாதை தேக்கம் (path retardation) δ ஆகும்.

எனவே, 2D. $\delta = 2x \cdot d$

$$\text{அல்லது} \quad x = \frac{D}{d} \cdot \delta.$$

O-விலிருந்து P-ல் ஒளிவரி (bright-line) உண்டாகவேண்டுமானால் $\delta = n\lambda$ ஆக இருக்கவேண்டும்.

எனவே, $x_n = \frac{D}{d} n\lambda$. x_n என்பது O-விலிருந்து ஒளிவரியின் தூரமாகும். மாறாக P-ல் இருள்வரி (dark-line) உண்டாக $\delta = (2n-1)\lambda/2$ ஆக இருக்க வேண்டும்.

ஆதலால், $x_n = \frac{D}{d}(2n-1)\lambda/2$. இதில் x_n என்பது O-விலிருந்து இருள்வரியின் தூரம்.

இரு அடுத்தடுத்துள்ள ஒளிவரி அல்லது இருள்வரிகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் வரியின் அகலம் எனப்படும்.

O-விலிருந்து n-ஆவது ஒளிவரியின்

$$\text{தூரம்} = \frac{D}{d} \cdot n\lambda.$$

அதேபோல $(n-1)$, ஆவது, ஒளிவரியின்

$$\text{தூரம்} = \frac{D}{d}(n-1)\lambda$$

எனவே, ஒளிவரியின் அகலம், $\beta = \frac{D}{d} n\lambda - \frac{D}{d}(n-1)\lambda$

$$\boxed{\beta = \frac{D}{d}\lambda}$$

இருள்வரியின் அகலத்தையும் மேற்கூறியவாறே காணலாம்.

n ஆவது இருள்வரியின் தூரம் $= \frac{D}{d}(2n-1)\lambda/2$

$(n-1)$ ஆவது இருள்வரியின் தூரம் $= \frac{D}{d}\left[2(n-1)-1\right]\lambda/2$

$$= \frac{D}{d}\left[2n-3\right]\lambda/2$$

எனவே, இருள்வரியின் அகலம் β $\left.\right\} = \frac{D\lambda}{2d}\left[(2n-1)-(2n-3)\right]$

$$= \frac{D\lambda}{2d} \cdot 2$$

$$\therefore \quad \beta = \frac{D}{d}\lambda$$

குறுக்கீட்டுவரிகள் ஒளிவரிகளானாலும், அல்லது, இருள் வரிகளானாலும் அவை ஒரே அகலமுள்ளவையாகும்.

தெளியுடைய அகலமான குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளைப்பெற நிபந்தனைகள்

1. குறுக்கிடும் அலைகளைத்தருகின்ற இருமூலங்களும் ஒரே அலைநீளத்தையும், ஒரே கட்டத்தையும் அல்லது ஒரே அளவு கட்டவேறுபாட்டினையும் கொண்டிருக்கவேண்டும். இத்தகைய ஒளிமூலங்கள் **ஓரியல் மூலங்கள்** (coherent sources) எனப்படும்.

2. இருமூலங்களும் ஒன்றிற்கொன்று நெருங்கி இருத்தல் வேண்டும். அதனால் வரி அகலம் அகலமாகவும், தெளிவாகவும் இருக்கும்.

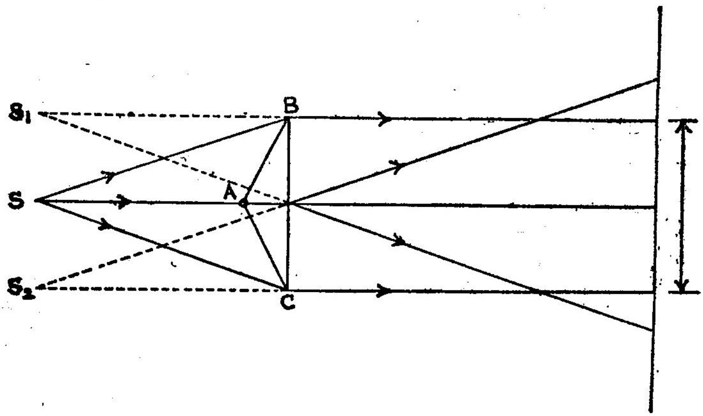
தெளிவான குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளைப்பெற இருமூலங்கள் தனியே உபயோகித்தபோது, அவை கிடைக்கவில்லை. ஏனெனில், அவை ஒரே அலைநீள ஒளியைத் தந்தாலும், கட்ட வேறுபாடு ஒன்றிவருவதில்லை. எனவே "எங்" ஒரே ஒளி மூலத்திலிருந்துவரும் ஒளியை இருபிளவுகள் வழியே செலுத்தி **ஓரியல் மூலங்களை** உண்டாக்கி வெற்றிபெற்றார்.

ஃப்ரேனல் தந்த இரட்டை முப்பட்டக சோதனை (Fresnel's Biprism Experiment)

ஃப்ரேனல் என்பவர் இருகுறுகிய ஒளிவிலகு கோணங்களான முப்பட்டகங்களை, அடிப்பாகம் ஒன்றோடொன்று பொருந்துமாறு இணைத்துக் குறுக்கீட்டு விளைவினை உண்டாக்கினார். இம்முப்பட்டகத்துக்கு இரட்டைமுப்பட்டகம் என்று பெயர். இதனுடைய, விரிகோணம் ஏறக்குறைய 180°-ம் மற்ற இரு கோணங்களும் 1°-க்குக் குறைவாகவும் இருக்கும். விரிகோணமுனைக்கு எதிரில் ஒளிமூலத்திலிருந்துவரும் ஒளியுடைய

S என்ற பிளவுஅமைக்கப்பட்டது. ஒளிவிலகலால் S_1 S_2 என்னும் இரு பொய்மூலங்கள் கிடைக்கின்றன. இவை ஓரியல் மூலங்க ளாகச் செயல்பட்டு, குறுக்கீட்டு விளைவினை உண்டாக்குகிறது.

ஃப்ரேனல் இரட்டை முப்பட்டகத்தை உபயோகித்து ஒளி மூலத்தின் ஒளிஅலையின் நீளத்தைக் கணக்கிட்டார். இதற்கு உபயோகித்த கருவியின் பெயர், ஒளியியல்அளவுச்சட்டம் (optic-bench). S என்ற சிறுபிளவு தாங்கியில் செங்குத்தாக



படம் 51, ஃப்ரேனல் சோதனை

நிறுத்தப்பட்டுச் சோடியம் ஒளிமூலத்தருகில் வைக்கப்பட்டது. இரட்டை முப்பட்டகத்தின் விரிகோணமுனை பிளவுக்கு இணையாக மற்ெறாரு தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டது. ஒளியியல் அளவுச்சட்டத்தின் மறுமுனையில் ஒரு கண்ணருகு கருவி (eye-piece) வைக்கப்பட்டிருக்கும். இக்கருவியில் நுண்மானியும் (micrometer) இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், துல்லியமாக அளவீடுகள் எடுக்கமுடியும். பிளவு, இருமுப்பட்டக விரிகோண முனை, கண்ணருகு கருவி ஆகிய அனைத்தும் ஒரே உயரத்தில் ஒரே நேர்கோட்டில் வைக்கப்படவேண்டும். இவை மூன்றும் ஒளியியல்சட்டஅமைப்பில்நேர்திசையிலும் குறுக்குத்திசையிலும் நகரக்கூடியவை. மூன்றையும் ஒரே நேர்க்கோட்டில் வைத்தபின் கண்ணருகு வில்லையில் பார்த்தால், குறுக்கீட்டு விளைவு காரண மாக, குறுக்கீட்டுப் பட்டைகள் தெரியும். பிளவின் அகலத்தை ஒளிவரிகளும் இருள்வரிகளும் நன்ருகத் தெரியும்வரை சரி செய்யவும். இருமுப்பட்டகத்தின் நிலையைச் சிறிது மாற்றியும் சரி செய்யலாம். கண்ணருகு வில்லையின் குறுக்குக்கம்பியை

வரிகளின் ஒரு முனைக்கு எடுத்துச்சென்று இறுதியிலுள்ள ஒளிவரியில் வைக்கவும். நுண்மானியில் அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும். இது n ஆவது ஒளிவரியைக் குறிக்கட்டும். நுண்மானியின் திருகினைச் சுழற்றி அடுத்த $n + 3$ ஆவது ஒளி வரியில் வைத்துமீண்டும் அளவினைக் குறிக்கவும். இதுபோன்று $n + 6$, $n + 9$, $n + 12$, மேலும் பலவற்றிற்குப் எடுத்துப் பின்வருமாறு அட்டவணைப்படுத்தவும்.

வரி எண்	நுண்மானி அளவீடு	3 வரிகளின் அகலம்
n		
$n+3$		
$n+6$		
$n+9$		
$n+12$		
....		
....		
....		
....		
	சராசரி	

இதிலிருந்து ஒரு வரியின் அகலத்தை β_1 கணக்கிடலாம். S_1 S_2 க்கு இடையேயுள்ள தூரம் d ஆக இருக்கட்டும். ஒளி பிளவைக்கும் கண்ணருகு வில்லைக்கு மிடையேயுள்ள தூரம் D_1 ஆக இருக்கட்டும்.

$$\text{எனவே,} \quad \beta_1 = \frac{D_1}{d} \lambda \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

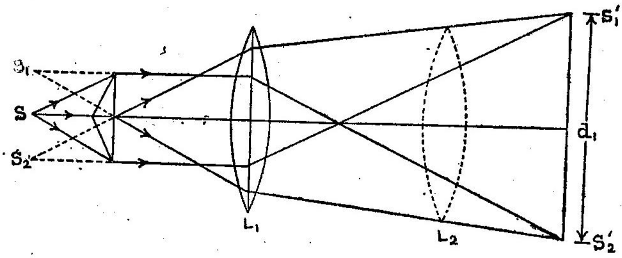
கண்ணருகு வில்லையை மட்டும் சில செண்டிமீட்டர் பின்னோக்கி நகர்த்தவும். இதனால் வரியின் அகலம் மாறும். மீண்டும் மேற்கூறிய சோதனையைச் செய்து வரியின் நீளம் 'β_2' வைக் கணக்கிடவும். ஒளி பிளவுக்கும், கண்ணருகு வில்லைக்குமுள்ள தூரம் D_2 என்றால்

$$\beta_2 = \frac{D_2}{d} \lambda \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

$$\text{எனவே,} \quad \beta_2 - \beta_1 = \frac{(D_2 - D_1)}{d} \lambda \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

இதில் பொய்மூலங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரம் 'd' தெரிந்தால் ஒளியின் அலைநீளம் 'λ' வைக் கணக்கிடலாம்.

'd' ஐக் கணக்கிடல்: இதனைக்காண ஒரு இருபுறக்குவி வில்லையை எடுத்துக் கொள்ளவும். இரு முப்பட்டகத்துக்கும் கண்ணருகு வில்லைக்குமிடையே வில்லையை வைக்கவும்.



படம் 52. பொய்மூலங்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் 'd' காணல்

கண்ணருகு வில்லையை மட்டும் நகர்த்தி வில்லைக்கும் அதற்குள்ள தூரம் 4f-க்கு மேலாக இருக்கமாறு செய்யவும். வில்லையை முன்னும், பின்னும் நகர்த்தி பொய்மூலங்களின் தெளிவான பிம்பங்கள் கண்ணருகு வில்லையில் தெரியும்போது நிறுத்தவும். நுண்மானியில் S_1 S_2 க்குமிடையேயுள்ள தூரத்தை அளக்கவும். வில்லையை மீண்டும் அதன், "பரிமாற்று நிலைக்கு" (Conjugate position) நகர்த்தி மறுபடியும் தெளிவான பொய் மூலங்களின் பிம்பங்கள் தெரியும்போது தூரம் d_2ஐ அளக்கவும்.

பரிமாற்ற நிலையில் $\frac{u}{v} = \frac{d}{d_1} = \frac{d_2}{d}$ ஆகும்.

எனவே, $d^2 = d_1 d_2$

$$d = \sqrt{d_1 d_2}$$

இதனை (3) ல் பொருத்தினல்,

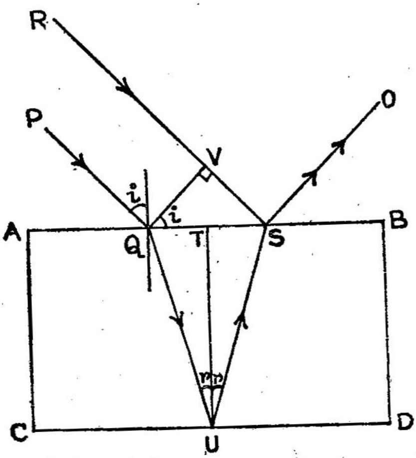
$$\beta_2 - \beta_1 = \frac{(D_2 - D_1)\lambda}{\sqrt{d_1 d_2}}$$

$$\therefore \lambda = \frac{(\beta_2 - \beta_1)\sqrt{d_1 d_2}}{(D_2 - D_1)}$$

எனவே, ஒளிமூலத்தின் அலைநீளம் கிடைக்கிறது.

மென்படலத்தில் எதிரொளிப்புக் காரணமாக ஒளி வண்ணங்கள் (Colours due to reflection of light in thin films)

AB, CD சமதள ஒளி ஊடுருவும், மென்படலத்தின் இரு இணைபக்கங்களைக் காட்டட்டும். இதன் ஊடகத்தின் ஒளி விலகல் எண் μ ஆகவும், மென்படலத்தின் தடிமன் t ஆகவும் இருக்கட்டும். PQ, RS என்றும் இரு கதிர்கள் AB ன் மேல் படுகோணம் "i" அளவில் விழுகின்றன. RS என்னும் கதிர் S-ல் பட்டுS_o வழியாக எதிரொளிக்கிறது. PQ என்னும் படுகதிர் ஊடகத்தில், ஒளிவிலக்கமடைந்து QU வழிச்சென்று U-ல் எதிரொளித்துUSவழியாக வந்து S_o வழியாகமீண்டும் காற்றில் நுழைகிறது. ஏற்கனவே பிரதிபலித்த S_o கதிரோடு இதுவும் ஒன்றோடொன்று இழைவதால் குறுக்கீட்டு விளைவு நிகழ்கிறது. கோணம் "r" ஒளிவிலகு கோணத்தைக் குறிக்கட்டும், AB-க்கு UT என்னும் செங்குத்துக்கோடு வரையவும். QV-யை RS-க்குச் செங்குத்தாக வரையவும்.



படம் 53.
மென்படலத்தில் எதிரொளிப்பு நிலை

இரு ஒளி அலைகளுக்குமிடையே ஏற்பட்ட பாதைவேறுபாடு

δ = ஊடகத்தில் (QU+US) − காற்றில் VS

எனவே, $\delta = (QU+US)\mu - VS$

(ஒளிவிலகல்எண் μ ஊடகத்தில் x தூரம் சென்றால் காற்றில் $\mu \times x$ தூரம் செல்லும்)

$$\text{ஆனால், } QU = US = \frac{t}{\cos r}$$

$$\therefore \delta = \frac{2\mu t}{\cos r} - QS \, Sin \, i$$

$$= \frac{2\mu t}{\cos r} - 2\,QT \, Sin \, i$$

$$= \frac{2\mu t}{\cos r} - 2t\tan r \cdot \frac{Sin\ i}{Sin\ r}\, Sin\ r$$

$$= \frac{2\mu t}{\cos r} - 2\mu t\,\frac{Sin^2 r}{\cos r}$$

$$= \frac{2\mu t}{\cos r}\,(1 - Sin^2 r)$$

$$= \frac{2\mu t \cos^2 r}{\cos r}$$

$$\therefore \delta = 2\mu t \cos r$$

மேலும் ஒளிக்கதிரானது அடர்மிகு ஊடகத்தில் எதிரொளிப்பு நிகழ்வதால் எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளி π அளவு கட்டவேறுபாடு அல்லது $\lambda/2$ பாதைவேறுபாடு அடைந்து காற்று ஊடகத்திற்கு வருகிறது. இதற்கு லாயிட்ஸ் திருத்தம் (Lloyd's Correction) என்று பெயர்.

எனவே, $\delta = 2\mu t \cos r + \lambda/2$ என்பது பாதை வேறுபாடாகும்.

ஒளிவரிக்கும் இருள்வரிக்கும் நிபந்தனை

கிடைக்கும் வரியானது $\delta = n\lambda$ ஆனால் ஒளிவரியும் $\lambda/2$ $(2n-1)\ \lambda/2$ ஆனால் இருள்வரியும் கிடைக்கும்.

எனவே, ஒளிவரி கிடைக்க, $2\mu t \cos r = (2n-1)\ \lambda/2$ என இருக்கும்.

இருள்வரி கிடைக்க $2\mu t \cos r = n\lambda$ ஆக இருக்கும்.

மென்படலத்தில் ஊடுருவிச் சென்ற ஒளியில் குறுக்கீட்டுவிளைவு (Interference due to Transmitted Light)

PQ, RS ஒளிக்கதிர்கள் ஊடுருவிச் சென்று, MN வழியாகச் செல்லும்போது ஒன்ருெடொன்று இழைந்து குறுக்கீட்டுவிளைவு நிகழ்கிறது.

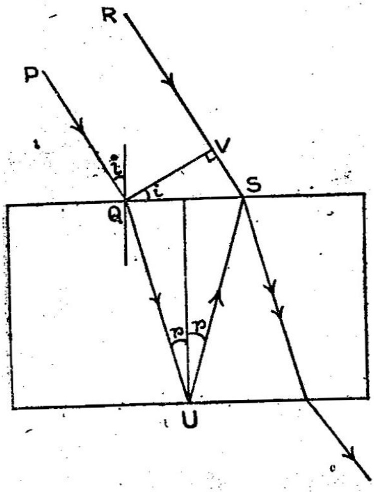
எனவே, பாதைதேக்கம் ஊடகத்தில்,

$\delta = (QU+US)$ – காற்றில் V S ஆகும். இது ஒளி எதிரொளிப்பால் நிகழ்ந்தது போலவேயாகும். ஆனால் ஒரே ஒத்த நிலையில் எதிரொளிப்பதால் "லாயிட்ஸ் திருத்தம்" இல்லை.

எனவே பாதை வேறுபாடு $\delta = 2\mu t \cos r$ ஆகும். இது $n\lambda$-க்குச் சமமானால் ஒளிவரியும் $(2n-1)\lambda/2$-க்கு சமமானால் இருள்வரியும் கிடைக்கும்.

எனவே, ஒளிவரி கிடைக்க $2\mu t\cos r = n\lambda$. இருள்வரி கிடைக்க $2\mu t\cos r = (2n-1)\lambda/2$.

தொடர்ந்து பரவும் மென்படலத்தில் எதிரொளிப்பினுல் வண்ணமுண்டாதல் (Colours due to reflection in spreading films)



படம் 54.
மென்படலத்தில் ஊடுருவல் நிலை

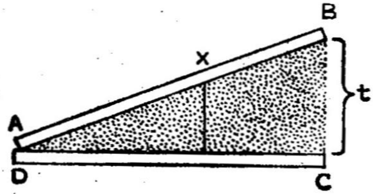
மழைநாள்களில் பேருந்து சாலைகளில் ஊர்திகள் செல்லும்போது, அவற்றி லிருந்து சிந்தும் எண் ணெய் நீரின்மேல் விழுந்து மென்படலங்களை உண்டாக் குகிறது. அதன் தொடக்க தடிமன் 't' என்ருல் $2\mu t\cos r = (2n\text{-}1)\lambda/2$ என் னும் வாய்பாட்டிற்கிணங்க அதன்மேல்ஒளிவரி தெரியும். இதனை சிவப்புநிறம் எனக் கொள்வோம். எண்ணெய் பரவுவதால் தடிமன் குறை கிறது. எனவே, $2\mu t\cos r$ மாறி வருவதால், அடுத்த நிலையில் இருள்வரி உண்டா கும். மேலும், இது தொடர் வதால் அடுத்த ஒளிவரி ஆரஞ்சு ஆக இருக்கும். இதுபோன்று ஏழு நிறங்களும் உண்டாகும் ஒவ்வொன்றுக்கும் இடையே இருள்வரியும் ஒளிவரியும் சேர்ந்து மாறிமாறித் தெரியும். பரவும் மென்டலம் எங்குண்டானுலும் இந்நிகழ்ச்சி தெரியும். மழைக்காலங்களில் நெடுஞ்சாலைகளில் இதை அதிகமாகக் காணலாம்.

ஆப்புவடிவமென்தகடு (Wedge shaped Film)

இரண்டு மெல்லிய கண்ணுடித்தகட்டினை ஒன்றின் மேலொன்று வைத்து ஒரு பக்கம் மட்டும் சிறிது இடைவெளி விட்டு வைத்தால், அதனுள் அடைபட்டக்காற்று ஆப்புவடி வத்திலுல் மென்படலமாக அமையும்.

AB, CD என்னும் இரண்டு சமதளக் கண்ணுடித்துண்டுகள் படத்தில் காட்டியதுபோல் AD ஒன்ருகவும் BC சிறிது விலகியும் அமைக்கப்பட வேண்டும். இதற்கிடையிலுள்ள காற்று

மென்தகடுகளாகச் செயல்படுகிறது. இதனை ஒற்றை வண்ண ஒளியில் வைத்தால், எதிரொளிப்பு நிகழும். இதனை X என்னும் புள்ளியில் தடிமன் ' t ' என்று கொள்ளலாம். ஒளியின் அலைநீளம் λ என்று கொண்டால் பாதைவேறுபாடு $2\,\mu\, t\cos r=(2n-1)\,\lambda/2$ ஆக அமையும்போது Xல் ஒளிவரித் தோன்றும். அதன் இரு பக்கங்களிலும் தடிமன் மாறுவதால் அங்குப் பாதைவேறுபாடு $n\lambda$-க்குச் சமமாகும். எனவே, இருள்வரிகள் தோன்றும். இதுபோன்று அப்பரப்பு முழுவதும் ஒன்றுவிட்டு ஒன்றாக ஒளிவரிகளும் இருள்வரிகளும் தெரியும்.



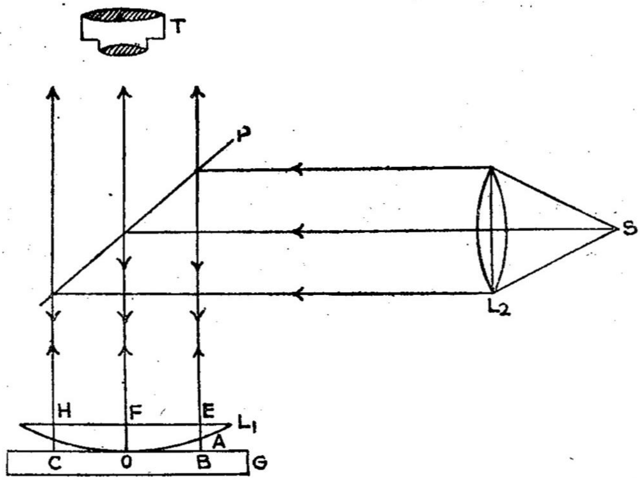
படம் 55. ஆப்பு வடிவ மென்தகடு

இதனை உபயோகித்து மெல்லிய கம்பியின் தடிமனைக் காணலாம்.

நியூட்டன் வளையங்கள் (Newton's Rings)

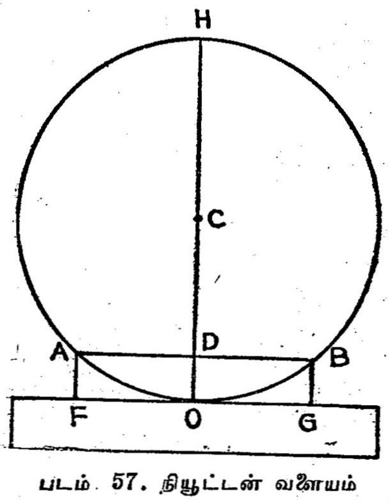
ஒளி மென்படலத்தில் எதிரொளிப்புக் காரணமாக நியூட்டனின் வளையங்கள் உண்டாகின்றன. வளைவு ஆரம் அதிகமுள்ள ஒரு சமதளக் குவிவில்லையை (L_1), ஒரு சமதளக் கண்ணாடி (G) மேல் வைக்கவும். கண்ணாடித்தகட்டிற்கும் குவி வில்லைக்குமிடையே உள்ள காற்று மென்படலம், சமதளக் குழிவில்லை போல் அமைகிறது. குவிவில்லை சமதளக் கண்ணாடி-யை O என்னும் புள்ளியில் தொடட்டும். சோடிய ஆவிவிளக்கு S-லிருந்து வரும், ஒளிக்கதிர்கள் L_2 என்னும் குவிவில்லை மேல் விழுந்து மறுபக்கத்தில் இணைகதிர்களாக மாறுகின்றன. இக்கதிர்கள் செல்லும் திசைக்கு 45° சாய்த்து வைக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடித் தகட்டின் (P) மேல் கதிர்கள் விழுந்து செங்குத்தாகக் கீழ்நோக்கி, எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. அவை வில்லைவழி செல்கின்றன. A வரை சென்று, காற்று, மென்படல மேல்பகுதியிலிருந்து AE வழியே திரும்புகிறது. மற்றொரு பகுதி காற்று மென்பலடம் வழியே சென்று கண்ணாடி மேல் விழுந்து BAE வழியே திரும்புகிறது. AB = e என்று வைத்துக் கொண்டால் பாதைவேறுபாடு $2\,\mu\, e\cos r = (2n-1)\,\lambda/2$ ஆக இருக்கும். எனவே, E என்னும் புள்ளியின் ஒளிவரி இருக்கும். மேலும் இதே தடிமன் கொண்ட எல்லாப் புள்ளிக்ளிலும் ஒளிவரி காணப்படும். ஆகையால் FE-ஐ

ஆரமாகக்கொண்ட வட்டத்தின் பரிதியிலுள்ள புள்ளிகள் ஒளிவரியாக இருக்கும். இதன் இருபக்கங்களிலும் தடிமன்



படம் 56. நியூட்டன் வளையங்கள் பெற சோதனை அமைப்பு

மாறுவதால் இருள்வரியாக அமையும். மையப்புள்ளி O-வை எடுத்துக்கொண்டால் இங்குப் பாதைவேறுபாடு கிடையாது. ஆனால் இருவேறு ஊடக எதிரொளிப்பால் பாதைவேறுபாடு $\lambda/2$ ஆகும். எனவே, மையம் இருளாக இருக்கும்.



படம் 57. நியூட்டன் வளையம்

ஒரு நுண்ணோக்கி வழியே இதனைப் பார்க்கும்போது மையம் இருளாகவும், அதனைச்சுற்றி ஒளிவரிகளும் இருள் வரிகளும் எண்ணிலடங்கா அளவில் காணப்படும். இவற்றினை **நியூட்டன் வளையங்கள்** (Newton's Rings) என்றழைக்கின்றனர். ஒற்றை வண்ண ஒளிக்குப் பதில் பல வண்ண ஒளியினை (சூரிய ஒளி) உபயோகித்தால், நியூட்டனின் வளையங்கள்பல வண்ணங்களில் தோன்றும்.

நியூட்டன் வளையத்தின் ஆரம் காணல்

வில்லையின் வளைவு ஆரம் R ஆக இருக்கட்டும். படத்தில் (57) AOB வில்லையை O இடத்தில் கண்ணாடித்தகட்டைத் தொடட்டும். A என்னும் புள்ளியில் n ஆவது வளையம் உண்டாகட்டும். A-ல் காற்றுத்தடிமன் $AF = e$ எனக் கொள்வோம்.

(படம் 57-ல்)

எனவே, $AD \times DB = OD \times HD$

படத்தில், $HD = HO - OD$; $AD = DB = \rho$ (வளையத்தின் ஆரம்)

ஆகையால் $HD = (2R - e)$

$$\therefore\ \rho \cdot \rho = (2R - e)\, e$$

$$\rho^2 = 2\,Re \quad (\because \text{ e மிகவும் சிறியது })$$

e^2 மிகமிகச் சிறியதாகும். எனவே அதனை நீக்கிவிடலாம்.

எதிரொளிப்புக் காரணமாக வளையங்கள் உண்டாகின்றன. ஆகையால், பாதைவேறுபாடு,

$$\delta = 2\,\mu\, e \cos r$$

$$2e = \frac{\delta}{\mu \cos r}$$

$$\therefore\ \rho^2 = \frac{R\,\delta}{\mu \cos r}$$

$\delta = n\lambda$ ஆக இருந்தால் இருள்வரியும் $(2n - 1)\lambda/2$ ஆக இருந்தால் ஒளிவரியும் கிடைக்கும்.

ஆகையால் இருள்வரி n-ஆவது வளையத்தின்

$$\rho^2 = \frac{R\,n\,\lambda}{\mu \cos r}$$

$$\therefore\ \rho_{n\,(dark)} = \sqrt{\frac{R\,n\,\lambda}{\mu \cos r}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

ஒளிவரியின் n ஆவது வளையத்தின்

$$l^2 = \frac{R\,(2n - 1)\,\lambda}{2\,\mu \cos r}$$

$$l_{n\,(bright)} = \sqrt{\frac{R\,(2n - D\lambda)}{2\,\mu \cos r}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

வில்லைமேல் விழுகின்ற ஒளி செங்குத்தாக இருப்பதால் "r" சுழியாகும். எனவே, $\cos r = 1$, ஊடகம் காற்றாக இருந்தால் $\mu = 1$ ஆகும்.

$$\text{ஆதலால் } l_{n\,(\text{dark})} = \sqrt{R\,n\,\lambda}$$

$$l_{n\,(\text{bright})} = \sqrt{\frac{R\,(2n-1)\lambda}{2}}$$

இதில் n என்னும் அளவில் 1, 2, 3, 4......எனப் பொருத்திக் கொண்டே சென்றால் முதல், இரண்டாவது, மூன்றாவது, நான்காவது.........வளையங்களின் ஆரங்களில் கிடைக்கும். வளையங்கள் அதிகரிக்கும்போது ஒரு வளையத்திற்கும் அடுத்த வளையத்திற்குமிடையேயுள்ள ஆரவேறுபாடு குறைந்து வருவதால் வளையங்கள் ஒன்றையொன்று நெருங்கும்.

நியூட்டன் வளைவு ஆரங்களை உபயோகித்து வில்லையின் வளைவு ஆரம் அல்லது ஒற்றைவண்ண ஒளியின் அலைநீளம் காணல்

கொடுக்கப்பட்ட ஒற்றை வண்ண ஒளியினை உபயோகித்துப் படம் 56-ல் காட்டியதுபோல் அமைத்து, நியூட்டனின் வளையங்களை உண்டாக்கவும். சாதாரணமாக 100 அல்லது 150 செ.மீ. போன்ற அதிக வளைவு ஆரம் கொண்ட சமதள வில்லைகள் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன. நியூட்டனின் வளையங்கள், நுண்ணோக்கியில் விழுமாறு நுண்ணோக்கியைச் சரிசெய்யவும். வளையத்தின் மையம் இருளாக இருக்கும். நுண்ணோக்கியின் குறுக்குக்கம்பிகளை மையத்திலிருந்து வலப்புறமாக 30 இருள்வளையங்களை எண்ணி அவ்விடத்தில் நிறுத்தவும். மைய இருள் வளையம் n என எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். நுண்ணோக்கியின் கிடைத்தள அளவுகோலில் அளவீடுகள் எடுத்துக் கொள்ளவும். நுண்ணோக்கியை இடது புறமாகச் சுழற்றிக் குறுக்குக் கம்பிகள் n+30 வது இருள் வரியிலிருந்து n+27வது இருள்வரிக்குக் கொண்டு வந்து மீண்டும் அளவீடுகள் எடுக்கவும். இதைப்போல, n+24, n+21......... ஆக மூன்று வரிகளாகக் குறைத்து அளவெடுக்கவும். மையவரி n-க்கு வந்ததும் வலதுபக்கத்தில் அளவெடுத்துவிட்டு இடது பக்கத்தில் அளவெடுக்கவும். தொடர்ந்து n−3, n−6........ n−30 வரை அளவீடுகள் எடுத்துக் கீழ்க்கண்ட அட்டவணையில் குறித்துக் கொள்ளவும்.

இவற்றை இருசமப் பகுதிகளாகப்பிரித்து ஒவ்வொரு தடவையும் $l^2_{n+k} - l^2_n$ வேறுபாடு காணவும். எல்லாவற்றிற்கும்,

சராசரி எடுத்துக்கொள்ளவும். எனவே, $l^2_{n+k} - l^2_n$-ன் சராசரி மதிப்புத் தெரியும். k என்பது எத்தனை வளையங்களென்று தெரியும். (கீழ்க்கண்ட அட்டவணையில் K = 15 என எடுத்து 15 வளையங்களின் ஆர வேறுபாடு காணவும்.)

வளையங்களின் வரிசை எண்	நுண்ணோக்கு அளவு		விட்டம் $2l$	l	l^2	$l^2_{n+k} - l^2_{kn} = Rk\lambda$
	இடது	வலது				
n						
$n+3$						
$n+6$						
$n+9$						
$n+12$						
$n+15$						
$n+18$						
$n+21$						
$n+24$						
$n+27$						
$n+30$						
					சராசரி	

ஆதலால் $l^2_{n+k} - l^2_n = R\,k\,\lambda$

ஒளியின் அலைநீளம் தேவைப்பட்டால், $\lambda = \frac{l^2_{n+k} - l^2_n}{KR}$ செ. மீ.

(இதில் R தெரிந்திருக்கவேண்டும்)

மாறுக வளைவு ஆரம் தேவைப்பட்டால்

$$R = \frac{l^2_{n+k} - l^2_n}{K\lambda} \text{ செ. மீ.}$$

(ஒற்றை வண்ண ஒளி சோடிய ஆவி விளக்கானால் $\lambda = 5893$ A°U எனக்கொள்ளவும்.)

நியூட்டன் வளையங்களைக்கொண்டு திரவங்களின் ஒளிவிலகலெண்ணைக் காணல்

நியூட்டன் வளையங்களை மேற்கூறிய சோதனைமூலம் காற்று ஊடகத்தில் செய்யவும். எனவே, $l^2_{n+k} - l^2_n = x_1$ என வைத்துக் கொள்வோம். கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தில் ஒரு துளியைக் கண்ணாடித்தகட்டின்மேல் வைத்துச் சமதளக் குவிவில்லையை அதன்மேல் வைத்துக் காற்றுக் குமிழ் இல்லாமலிருக்கும்படி மென்மையாக அமுக்கவும். வில்லைக்கும், கண்ணாடிக்குமிடையில் சமதளக் குழிவில்லை, வடிவில் திரவம் அமைகிறது. மீண்டும். நியூட்டன் வளையங்கள் திரவ ஊடகத்தினால் உண்டாகும். சோதனையைத் திரும்பச்செய்து அட்டவணைப் படுத்தவும். எனவே, அதே அளவு வளையங்களின் ஆர வேறுபாடு, $l^2_{n+k} - l^2_n = x_2$ ஆக இருக்கட்டும்.

$$\therefore \quad x_1 = RK\lambda$$

$$x_2 = \frac{RK\lambda}{\mu}$$

திரவத்தின் ஒளிவிலகலெண், $\mu = \frac{x_1}{x_2}$

குறைந்த அளவில் கிடைக்கும் திரவங்களுக்கு இம்முறை மிகச் சிறந்ததாகும்.

கண்ணாடித் தகடுகள் ஒளியியல் முறையில் சமதளமாக (optically flat) உள்ளதா எனக் காணல்

கொடுக்கப்பட்ட இரு கண்ணாடித் தகடுகளையும்எடுத்து இரு முனைகளையும் சேர்த்து ஒன்றின்மேலொன்று வைக்கவும். ஒரு பக்கம் சிறிது உயர்த்திஆப்பு வடிவத்தில் வைக்கவும். ஒற்றைநிற ஒளியின் எதிரொளிப்பால் இணையான சமமான அளவுடைய ஒளி, இருள்வரிகளாகத் தெரியும். ஏதாவது ஒரு கண்ணாடித் தகடு ஒளியியல் முறையில் சமதளமின்றி இருப்பின் வரிகள் வளைந்து வளைந்து எல்லாப் பக்கங்களிலும் செல்லும். எனவே, ஒளியியல், முறையில் அமைய கண்ணாடித் தகட்டினை மாற்றி அமைத்துக் கொள்ளலாம். ஆனால், ஏதாவது ஒரு தகடு ஒளியியல் முறையில் இருத்தல் வேண்டும்.

வினாக்கள்

1. ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவு என்றால் என்ன? குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளின் அகலத்திற்கான கோவையைக் கொணர்க.

2. நியூட்டன் வளையங்களை விவரி. இதனைக்கொண்டு திரவத்தின் ஒளிவிலகலெண்ணை நீ எவ்வாறு காண்பாய்?

3. குறிப்பு வரைக :—
   (a) ஃபரேனல் சோதனை.
   (b) மென்படலங்களில் ஒளிவண்ணங்கள்.

12. ஒளியின் விளிம்புவிளைவு
(Diffraction of Light)

அறிமுகம்

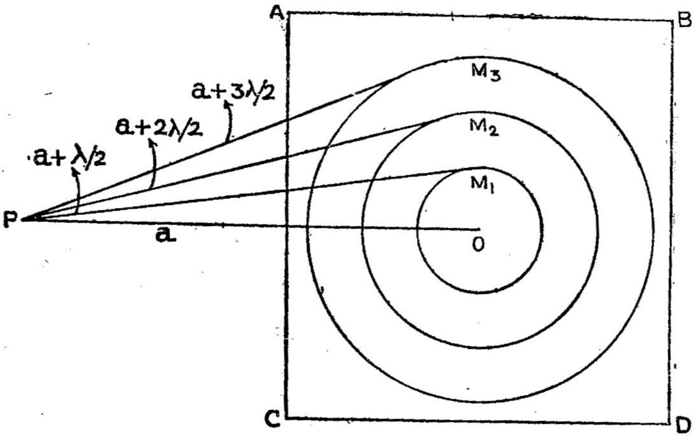
அலைக்கொள்கையானது ஒளி எதிரொளிப்பு, ஒளிவிலகல் குறுக்கீட்டுவிளைவு போன்ற பல உண்மைகளை விளக்கிக் காட்டியதை நாம் பார்த்தோம். ஆனால் ஒளியானது, நேர் கோட்டில் செல்லுகிறது என்று அலைக் கொள்கையால்விளக்கிய ஹைஜீன் என்பவர் ஒளியின் விளிம்புவிளைவை விளக்கவில்லை. ஒளியானது அலைஅலையாகச் சென்றால் அதன்வழியில் ஏற்படும் தடைகளையும் கடந்து வளைந்துசெல்லவேண்டும். ஆனால் ஒளிபுகாப் பொருள்களை அதன் பாதையில் வைக்கும்போது அவற்றின் நிழல்கள் உண்டாகின்றன. நிழற்படக்கருவி (camera) வழியே ஒளி நேர்கோட்டியக்கம் பெறுவதை நியூட்டன் துகள்கொள்கை விளக்கிற்று. அலைக்கொள்கைப்படி நேர்கோட்டியக்கத்தை விளக்கினலொழிய அதன் மேன்மையை நிலைக்க வைப்பது கடினமாயிற்று. கிரிமால்டி (Grimaldi) என்பவர், ஒளியை ஓர் ஒளிபுகாப்பொருள்வழி செலுத்தி அதனின்று கிடைத்த நிழலின் விளிம்பானது தெளிவில்லாமல் இருப்பதைக் கண்டார்.

ஃபிரேனல் விளக்கம் (Fresnel's Explanation)

கிரிமால்டி சோதனையில் நிழலின் விளிம்பு தெளிவற்று இருந்தது. ஒளியானது ஒளிப்புகாப் பொருள்வழியே செல்லும் போது அதன் நேர்கோட்டியக்கப் பாதையை விட்டுப் பொருள்களின் விளிம்புகளில் வளைந்து செல்லும் நிகழ்ச்சி **ஒளியின்விளிம்புவிளைவு** (diffraction) என்றழைக்கப்படுகிறது. ஃபிரேனல் என்பவர் இதற்கான காரணத்தை ஒளியின் அலைக்கொள்கையை வைத்து விளக்கி, அலைக்கொள்கையும், ஒளியின் நேர்கோட்டியக்கத்தை விளக்கக்கூடியது என நிரூபித்துக் காட்டினர்.

ஒளியின் நேர்கோட்டியக்கத்திற்கு ஃபிரேனல் தந்த விளக்கம் (Fresnel's Explanation for rectilinear propagation of light)

ஒளி செல்லுகின்ற பாதையில்ஒளிப்புகாபொருளின் நிழலின் விளிம்புகளில் ஒளிச்செறிவு துல்லியமாகச் சுழியாவதில்லே. இதனை மிகவும் கூர்ந்து கவனித்தால் தெரியும். இதற்கான உண்மையை ஃபிரேனல் அலைக்கொள்கைமூலம் விளக்கினர்.



படம் 58. ஃபிரேனல் அரை அலைவு நேர மண்டலங்கள்

அலைநீளம் λ கொண்ட ஓர் ஒற்றைவண்ண ஒளியிலிருந்து ABCD என்ற சமதள அலைமுகப்புச் சென்று கொண்டிருக்கட்டும். P என்னும் புள்ளி அதன் எதிரில் இருக்கட்டும். இந்த அலைமுகப்பால் P என்னும் புள்ளியில் உண்டாகும் ஒளிச் செறிவைக் காண்போம். மேற்கூறிய அலைமுகப்பின் ஒவ்வொரு புள்ளியும் இரண்டாம் அலைமுகப்பின் தோற்றுவாயாக அமையும். இவற்றிலிருந்து செல்லும் அலைகள் P என்னும் புள்ளியிலுள்ள ஈதர்துகள்களை அதிரவைக்கும். இதன் காரணமாக இடப்பெயர்ச்சி, "d" ஆனல் ஒளிச்செறிவு d^2 ஆகும்.

P என்னும் புள்ளியிலிருந்து ABCD-க்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துக்கோடு O-வில் சேரட்டும். எனவே, $OP = a$ ஆக இருக்கட்டும். இதை அடுத்துள்ள M_1 என்ற புள்ளியை எடுத்துக் கொள்ளவும். இதில் $PM_1 = a + \lambda/2$ ஆக இருக்கட்டும். 'O'-வை மையமாகவும் OM_1-ஐ ஆரமாகவும் கொண்டு, வரையப்பட்ட இந்த வட்டத்தில் PM_1 மேற்கூறிய அளவிற்குச்சமம். இந்த வட்டத்தால் அடைக்கப்பட்ட பரப்பு அரைஅலைவு

நேரமண்டலம் (half-period zone) எனப்படும். PM_1-ஐ ஆரமாகக் கொண்டது முதல்அரைஅலைவுநேரமண்டலமாகும். இவ் வட்டத்தின் பரிதியின்மேலுள்ள, ஒவ்வொரு புள்ளியும் P-இலிருந்து $a+\lambda/2$ தூரத்தில் இருக்கும். O-க்கும் M-க்கும் உள்ள அலைகளுக்கிடையே பாதை வேறுபாடு $\lambda/2$ ஆகும்.

அடுத்து $PM_2 = a \times 2\lambda/2$ என்று கொண்டு, OM_2வை ஆரமாக வைத்து ஒரு வட்டம் வரையவும். OM_1-க்கும், OM_2-க்கும் ஆர வேறுபாடுள்ள வட்டங்களின் மோதிரவளைய பரப்பு இரண்டாம் அரைஅலைவுநேரமண்டலம் (Second half-pariod zone) எனப்படும். M_2 வட்டத்தின் புள்ளிக்கும், M_1 வட்டத்தின் புள்ளிக்கும் உள்ள வேறுபாடு $\lambda/2$ ஆகையால், இவற்றினின்று வரும் இரண்டாம் அலைமுகப்பிற்கிடையே இதே அளவு கட்டவேறுபாடு அமையும். மேலே கூறியது போல M_3, M_4......புள்ளிகளை $PM_3=a+3\lambda/2$, $PM_4=a+4\lambda/2$ என எடுத்து ABCD-ன் மேல் பல வட்டங்கள் வரையலாம். ஒவ்வொன்றும் அந்தந்தப் பகுதிகளின் அரைஅலைவு நேரமண்டலங்களாகும். P-ல் உள்ள துகளில் அலைவு இயக்கம் ஒவ்வொரு மண்டலங்களிலுள்ள அலைக்குட்டிகளின் தொகுப்பாகும். ஒவ்வொரு அரைஅலைவுநேரமண்டலமும், P-ல் உண்டாகும் அலை வீச்சு பின்வருமாறு அமையும்.

P-ல் உண்டாகும் அலைவீச்சு

(1) அந்த மண்டலத்தின் பரப்பினைப் பொறுத்தது. பரப்பு அதிகமானல் வீச்சு அதிகமாகும்.

(2) P-லிருந்து அந்த மண்டலத்தின் தூரத்தைப் பொறுத்திருக்கும்.

(3) P-லிருந்து மண்டலத்திற்கு வரையும், நேர்கோட்டோடு மண்டலம் அமைக்கும் சாய்வைப் பொறுத்திருக்கும்.

(4) மண்டலத்தின் பரப்பு, அதற்கும் P-க்குமுள்ள தூரத்திற்கு விகிதத்திலமையும். எனவே, P-ல் வீச்சும் விகிதத்திலமையும். மேலும் ஒரு புள்ளியில் ஒளிச்செறிவு அங்கு விழும் அலைவீச்சின் இருமடிக்கும் நேர்விகிதத்திலும் தூரம் அதிகரித்தால் குறைந்தும் இருக்கும். பரப்பினையும், சராசரி தூரத்தையும் கொண்டு தொகுப்பு அலைவீச்சு அவற்றை பொறுத்ததல்ல எனக்காட்டலாம். அதிகரிக்கும் நிலையிலுள்ள அரைஅலைவு நேரமண்டலங்கள் குறைந்த நிலையிலுள்ள அரைஅலைவு மண்டலங்களைவிட அதிகம் சாய்ந்து கொண்டே செல்லும்.

ஆனல், எதிரிலுள்ள மண்டலத்தின் வீச்சு சாய்ந்து செல்லும் மண்டலங்களின்வீச்சைவிட அதிகமாகும். முதல் மண்டலத்தின் வீச்சு d_1, இரண்டாவது d_2, மூன்ருவது d_3, நான்காவது d_4 எனக் கொண்டால்.

$d_1 > d_2 > d_3 > d_4$.........என இருக்கும்.

O-விலிருந்து புறப்பட்ட அலைக்குட்டிகளின்கட்டவேறுபாடு, சுழியாகும். M_1 என்ற புள்ளியும் அந்த வட்டத்தின் மற்ற புள்ளிகளிலிருந்து. செல்லும் அலைக்குட்டிகளின் பாதை வேறுபாடு $\lambda/2$ ஆகும். M_1, மற்ற புள்ளிகளைவிட $\lambda/2$ தூரம் அதிகமாகச் சென்று P-ஐ அடையவேண்டும். எனவே, கட்டவேறுபாடு π ஆகும். முதல்அரை அலைவுநேர மண்டலத்தில் அலைக்குட்டிகளின் சராசரி கட்டவேறுபாடு $\frac{O + \pi}{2} = \pi/2$ ஆகும். எனவே, இரண்டாம் அலைக்குட்டிகளின் சராசரி கட்டவேறுபாடு $\frac{\pi + 2\pi}{2} = 3\pi/2$. மூன்ரும் மண்டலத்தில் $5\pi/2$, நான்காம் மண்டலத்தில் $7\pi/2$ என இருக்கும். எனவே, ஒவ்வொரு மண்டலத்திலும் சராசரி கட்டவேறுபாடும் π ஆகும். அல்லது பாதைதேக்கம் $\lambda/2$ என்று கூறலாம். மேலும் $\pi/2$ என்னும் கட்டவேறுபாடு நேர்குறி (positive) தொகுப்பு அலைவீச்சினை உண்டாக்கினல், $3\pi/2$ எதிர்குறி (negative) உடைய தொகுப்பு அலைவீச்சினைக் குறிக்கும். ஒவ்வொரு மண்டலங்களையும் எடுத்துக் கொண்டால் அவற்றின் அலைவீச்சுகள் தொடர்ந்து நேர்குறியும் எதிர்குறியுமாக, மாறி வரும். d_1, d_2, d_3, d_4......... அலைவீச்சுகளாருல், அவற்றின் குறிகள்,

$+d_1, -d_2, +d_3, -d_4$, என அமையும்.

P-ல் அலைவீச்சின் முழுதொகுபயன் என்ன என்பதைக் காண்போம். D என்பது தொகுப்புஅலைவீச்சினைக் குறித்தால்,

$$D = d_1 - d_2 + d_3 - d_4 + d_3 \ldots\ldots$$
$$= \frac{d_1}{2} + \left(\frac{d_1}{2} - d_2 + \frac{d_3}{2}\right) + \left(\frac{d_3}{2} - d_4 + \frac{d_5}{2}\right) + \ldots$$

ஏற்கனவே, $d_1 > d_2 > d_3$, எனக்கூறிஞேம்.

எனவே, $\frac{d_1 + d_3}{2} = d_2$-க்கும் $\frac{d_3}{2} + \frac{d_5}{2} = d_4$-க்கும்

தோராயமாகச் சமமானதே. ஆதலால், அடைப்பானுக்குள்

இருப்பவை சுழியாகும். $d_1/2$ வைத்தவிர மற்றவை அனைத்தும் (முடிவிலா எண்வரை) சுழியாகும், எனக்காட்டலாம். ஆதலால், P-ல் தொகுப்பு அலைவீச்சு, $D = d_1/2$ (தோராயமாக).

எனவே, P-ல் ஒளிச்செறிவு $= D^2 = \frac{d_1^2}{4}$

ஒளிச் செல்லும் வழியில் ஒரு சிறு ஒளிபுகாப் பொருளை வைப்பதாகக்கொள்வோம். அது முதல், அரைஅலைவு மண்டலத்தை மட்டும் மறைப்பதாகக் கொள்வோம்.

எனவே, $D = -\frac{d_2}{2}$ ஆகும்.

முதல் 10 அரைஅலைவுநேரமண்டலங்கள் மறைக்கப்பட்டால்

$D = +\frac{d_{11}}{2}$ ஆகும்.

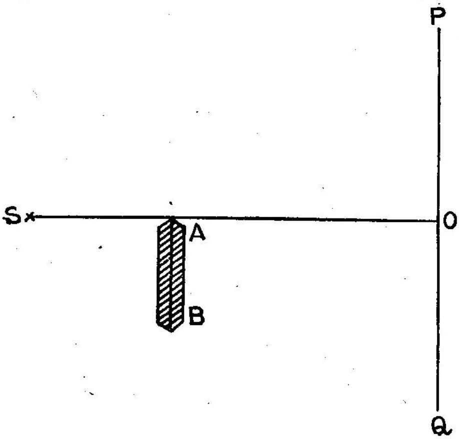
d_{11}, d_1, d_2.........வைவிட மிகமிகக் குறைவு. அதனல் செறிவும் மிகவும் குறைந்துவிடும். எனவே P-ல் இருளாக இருக்கும். மிகக் குறைந்த அளவுடைய ஒளிபுகாப் பொருள்கள் கூட அதிகமான எண்ணிக்கை அரைஅலைவுநேரமண்டலங்களை மறைத்து விடுவதாக ஆய்வாளர்கள், கண்டுள்ளனர். எனவே, இருள் சூழ்ந்த நிழல் உண்டாகின்றது. சாதாரணமாகப் பார்க்கும்போது, ஒளி நேர்கோட்டில் செல்வதுபோலத் தோன்றுகிறது. ஆனல் உண்மை அதுவன்று. ஒளிஅலைகள் விளிம்புகளில் வளைந்துதான் செல்கின்றன. எனவே, விளிம்பு விளைவு மேலும் பல சோதனைகளால் மெய்ப்பிக்கப்படுகின்றது.

நேர்விளிம்பில் உண்டாகும் விளிம்புவிளைவு (Diffraction at a Straight Edge)

AB என்னும் ஒளிபுகா நேர்விளிம்பினை எடுத்துக் கொள்வோம்.

S-என்பது ஒற்றை நில ஒளிமூலமாகும். PQ என்ற திரையானது S-க்கு எதிரில் நேர்விளிம்புக்கு மறுபக்கத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. AB விளிம்பின் காரணமாக PQ-ல் வடிவியல் நிழல் (geometric—shadow) விழுகிறது. S-லிருந்து செல்லும் நேர்கோடு PQ-வை O-ல் சந்திப்பாக எடுத்துச் செல்வோம். எனவே, O என்னும் புள்ளிக்கு மேலாக முழு ஒளிச்செறிவும் O-க்குக் கீழே, முழுஇருளும் துகள் கொள்கைப்படி, இருத்தல் வேண்டும். ஆனல் மேற்கண்ட சோதனையில் O-க்கு மேலாக ஒளிவரியும், இருள்வரியும்,

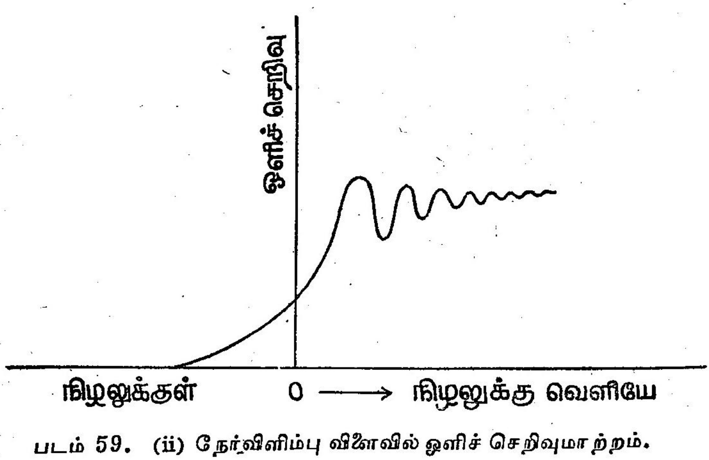
ஒன்றுவிட்டுஒன்ருக அமைந்திருப்பதோடு மேலே செல்லச்



படம் 59. (i) நேர்விளிம்பில் விளிம்புவளைவு

செல்ல அவற்றின் செறிவு மங்குகிறது. ஒளிவரிகள் செறிவில் குறைகின்றன. இருள்வரிகள் செறிவில் குறைகின்றன. இருள் வரிகளின் கருமையும் குறைகின்றது. சில வரிகளுக்குப் பின்னர், அவற்றின் செறிவு சமமாகி, வேறுபாடின்றித் தெரிகிறது. O-க்குக் கீழேயுள்ள வடிவியல் நிழலில் செறிவு விரைவாக குறைந்து சுழியாகிறது. கீழேயுள்ளபடம், ஒளிச்செறிவு மாறுபடுகின்றமுறையைக்காட்டும்.

தூரம் அதிகமாகும்போது செறிவு குறைவதையும் காண லாம்.

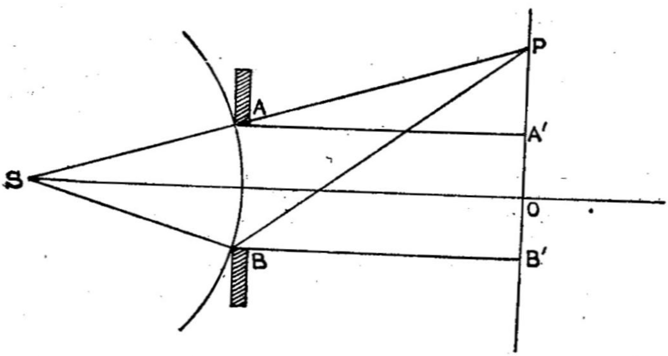


படம் 59. (ii) நேர்விளிம்பு விளைவில் ஒளிச் செறிவுமாற்றம்.

இத்தகைய வரிகளின் அகலத்தை அளந்து ஒளிமூலத்தின் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடலாம். இத்தகைய நிகழ்ச்சியினை அலைக்கொள்கைகள்தான் விளக்கமுடியும்,

குறுகிய செவ்வகப் பிளவில் ஏற்படும் விளிம்புவிளைவு (Diffraction at a narrow rectangular slit)

AB என்னும் செவ்வக வடிவப் பிளவுவழியே ஒற்றை நில ஒளி தோற்றுவாய் Sலிருந்து வந்து திரையின்மேல் விழுகிறது.



படம் 60. செவ்வகப் பிளவில் விளிம்புவிளைவு

A'B' என்பது உருளைவடிவ அலைமுகப்பாகும். திரையில் A'B'க்குள் ஒளிப்பொலிவும் வெளியில் இருபக்கங்களிலும் நிழல் பகுதியும், இருத்தல் வேண்டும். ஆனால் விளிம்புவிளைவு காரணமாகத் திரையில் ஒளிப்பகுதியிலும், நிழல்பகுதியிலும் ஒளிச்செறிவு மாற்றங்கள் உண்டு. இதனை A, B என இரு நேர்விளிம்புகளாகவும் கருதி இதனை விளக்கலாம்.

படத்தில் A'க்கு மேலே P என்னும் புள்ளியை எடுத்துக் கொள்வோம். AB-ல் உண்டான அரைஅலைவுநேரமண்டலங்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து P-ல் ஒளிவரியோ இருள் வரியோ உண்டாகிறது. இந்த வரிகள் சம அகலம் கொண்டிருக்கும்.

AB-க்குள்ள அரைஅலைவுநேரமண்டலங்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து A'B-க்குள் ஒளிச்செறிவு மாற்றங்கள் இருக்கும்.

குறுக்கீட்டு விளைவுவரிகளுக்கும் விளிம்பு விளைவு வரிகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள்

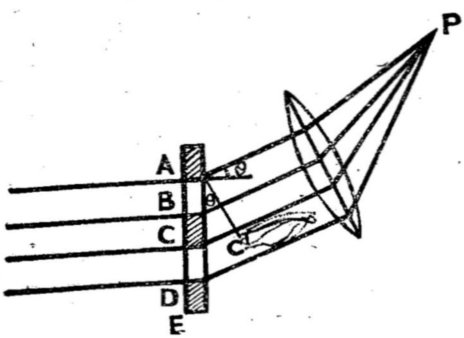
1. குறுக்கீட்டு விளைவுவரிகளின் ஒளிச்செறிவு பெரும அளவையும், சுழிஅளவையும் ஒன்றுவிட்டு ஒன்றுபெற்றிருக்கும். ஆனால் விளிம்புவிளைவு வரிகள் பெரும அளவையும் சிறும அளவையும் பெற்றிருக்கும். சிறும அளவு சுழியாகாது.

2. குறுக்கீட்டு விளைவுவரிகள் ஒரே அகலமுள்ளவை. ஆனால் விளிம்புவிளைவு வரிகளின் அகலம், வரிசைஎண் அதிகரிக்கும் போது குறையும்.

ஒளி கடத்தும் சமதளக் கீற்றணி : (The plane transmission-grating).

ஒரு சமதளக் கண்ணாடியில் வைரஊசியின் முனையால் சம இடைவெளிவிட்டு ஒரே நேரான இணையான கோடுகள் பல்லாயிரக்கணக்கில் வரையப்பட்டிருக்கும். இதனை **ஒளி கடத்தும் சமதளக் கீற்றணி** (plane transmission grating) என்பர். ஒவ்வொரு சிறுபிளவும் ஒன்றுக்கொன்று ஒளிபுகாப் பகுதியால் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். ஓர் அங்குலத்துக்கு ஏறக்குறைய 15,000 கோடுகள் வரையப்பட்டிருக்கும். இதனைத் துணிபோன்ற பொருள்களால் தூசினை அகற்றத் துடைத்தால் கோடுகள் அழிந்துவிடும். எனவே, அவற்றின்மேல் இருசமதளக் கண்ணாடித் தகட்டினை வைத்து நாற்புறமும் சிமென்ட் பூசப்பட்டிருக்கும்.

ஒளிக்கதிர் கீற்றணிமேல் விழுவதாக வைத்துக்கொள் வோம். கீற்றணியில் பல ஆயிரம் கோடுகள் வரையப்பட்



படம் 61. சமதளக் கீற்றணியில் விளிம்பு விளைவு

டுள்ளன. இரண்டு அடுத்தடுத்த கோடுகளிடையேயுள்ள இடைவெளிவழியே ஒளி கடந்து செல்லும். கோடுகள் ஒளிபுகா ஊடகமாகச் செயல்படும்.

ஒற்றைநிற ஒளிக்கதிர் கீற்றணியின் ABCDE என்ற பகுதி மீது செங்குத்தாக விழட்டும். AB, CD கீற்றணியின் ஒளி புகும் பிளவுகளின் அகலத்தையும், BC, DE, ஒளிபுகாக் கோடு களின் அகலத்தையும் குறிக்கும். பிளவின் அகலம் '*a*' ஆகவும், கோட்டின் அகலம் '*b*' ஆகவும் எடுத்துக் கொள்வோம். A, C, புள்ளிகள் கீற்றணிகள் ஒத்தபுள்ளிகள் (corresponding points) ஆகும். இவற்றின் அகலம் (a+b) ஆகும். இதனைக் கீற்றணிமூலம் (grating element) என்பர்.

சமதள அலைமுகப்புக் கீற்றணிமேல்செங்குத்தாகவிழுகிறது. ABCDE-ல் உள்ள ஈதர்துகள்கள் ஒவ்வொன்றும் தனித்தனி மையங்களாகச் செயல்பட்டு இரண்டாம்வகை அலைக் குட்டிகளை உண்டாக்குகிறது. ஆனால் கோடிட்ட பாகங்களின் வழியே இவை வலதுபக்கம் செல்வதற்கில்லை. ஆனால் பிளவுகள் வழியே செல்கின்றன. ஒளி விழுந்த திசைக்கு θ கோணம் சாய்ந்து செல்லும். இரண்டாம்வகை அலைக்குட்டிகளைப் பார்ப்போம்.

கீற்றணியின்மேல்படும்வரை, ஒளிக்கதிர்கள் ஒரே தூரம்தான் செல்கின்றன. A மற்றும் C என்னும் புள்ளி களிலிருந்து புறப்பட்ட இரண்டாம்வகை அலைக்குட்டிகளுக் கிடையேயுள்ள பாதை மாற்றம் CC_1 ஆகும்.

$$\text{ஆனால்}\quad CC_1 = AC \sin\theta$$
$$= (a+b)\sin\theta$$

இந்த அலைக்குட்டிகள் P-ல் ஒன்றோடொன்று விழுகின்றன. எனவே, குறுக்கீட்டுவிளைவு நிகழ்கின்றது. $(a+b)\sin\theta = n\lambda$ ஆக இருந்தால் பெரும பொலிவும் $(a+b)\sin\theta = (2n-1)\lambda/2$ ஆக இருந்தால் முழுக்கருமையும் உண்டாகும்.

ஒற்றைநிற ஒளியை உபயோகித்தால் $(a+b)\sin\theta = 0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda, 4\lambda$, ஆக இருக்கும்போது, பெரும பொலிவு இருக்கும். எனவே, $(a+b)\sin\theta = n\lambda$ பொலிவு நிகழ்வதற்கான நிபந்தனை ஆகும். கீற்றணிமூலம் '*e*' என்னும் அடையாளமிட்டுக் காட்டப்படும்.

எனவே, $e\sin\theta = n\lambda$ பொலிவினைக் கொடுக்கும். இதில் *n* என்பது வரிசை எண்ணைக் குறிக்கும். $n=0$ ஆனால் பிம்பம்

தோற்றுவாயின் நிறத்தைப் பெற்றிருக்கும். எனவே, கீற்றணி நிறமாலைக்கு வாய்பாடு $e \sin\theta = n\lambda$ ஆகும்.

ஒரு கீற்றணியில் ஒரு சென்டிமீட்டர் தூரத்தில் N கோடுகள் இருந்தால், அதில் N கோடுகளும் N இடைவெளிகளும் இருக்கும்.

$$\text{எனவே,}\quad Na + Nb = 1$$
$$a + b = 1/N$$
$$e = 1/N$$
$$\text{ஆகையால்,}\quad e \sin\theta = n\lambda \text{ என்பது,}$$
$$\sin\theta = N n\lambda \text{ ஆகும்.}$$

ஒற்றை ஒளிக்குப்பதிலாகப் பலநிற ஒளியினை உபயோகித்தால் $\theta = O$ ஆகும்போது, பிம்பம், பலநிற ஒளித்தோற்றுவாயைப்போல் தெரியும். θ அதிகரித்து λக்குச் சமமாக மாறும்போதுஅந்நிறங்களின் பிம்பங்கள்தோன்றும். எடுத்துக்கொண்டது சூரிய ஒளியினுல் ஊதாநிறத்திலிருந்து சிவப்பு நிறம்வரை தெரியும். இது வரிசைஎண் மாறும்போது மீண்டும் தெரியும்.

கீற்றணியின்பிரிதிறன் (Dispersive power of a Grating)

கீற்றணியின்பிரிதிறன் என்பது விளிம்புவிளைவு கோணத்தின் மாறுபாட்டிற்கும், அதற்குரிய ஒளிஅலைநீள மாறுபாட்டிற்கும் உள்ள தகவு ஆகும். அலைநீளங்கள் λ_1, λ_2, ஆகியவற்றிற்கு விளிம்புவிளைவு கோணங்கள் முறையே θ_1, θ_2 எனக்கோள்வோம். விளிம்புவிளைவுகோணத்தில் மாற்றம் $(\theta_2 - \theta_1)$ அலைநீளங்களின் மாற்றம் $(\lambda_2 - \lambda_1)$

$$\text{எனவே, கீற்றணியின் பிரிதிறன்} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\lambda_2 - \lambda_1}$$
$$= \frac{\theta d}{d\lambda}$$

ஆனுல், கீற்றணிக்கு வாய்பாடு,

$$\sin\theta = N n\lambda, \text{ ஆகும்.}$$
$$\text{பகுதி காண்கின்,}\quad \cos\theta \, d\theta = N n d\lambda$$
$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{Nn}{\cos\theta}$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து பிரிதிறன்கீற்றிணியின் வரைகோடுகள் N-க்கு, நேர்விகிதத்திலிருப்பதைக் காண்கிறோம்.

N அதிகமாகும்போது, பிரிதிறன் அதிகரிக்கிறது. மேலும், நிறமாலையின் வரிசைஎண் அதிகமாகும்போது, பிரிதிறன் அதிகரிக்கும்.

கீற்றணியின் பகுதிறன் (Resolving power of a grating)

மிகவும் நெருங்கியுள்ள இருநிறமாலை, வரிகளை ஒன்றுக் கொன்று தெளிவாகப் பிரித்துக்காட்டும் திறன் ஓர் ஒளியியல் கருவியின் பகுதிறன் (Resolving powcr) என்றழைக்கப்படும். இருநிறமாலை வரிகள் λ, $\lambda + d\lambda$ என்று கொண்டால், இதனைப் பிரித்துக் காட்டுகின்ற கீற்றணியின் பகுதிறன் $\lambda/d\lambda$ ஆகும். இரு அலைநீளங்களுக்கு இடையேயுள்ள வேறுபாடு எவ்வளவு சிறிதாக உள்ளதோ, அந்தளவிற்குக் கீற்றணியின் பகுதிறன் அதிகமாகஅமையும். கீற்றணியின் பகுதிறன்அது கொடுக்கின்ற நிறமாலையின் வரிசைஎண்ணையும் (n) கீற்றணியின் வரைகோடுகளையும் கொண்டு மாறும். கீற்றணியின் பகுதிறனை முழுமையாக, வரைகோடுகளின்எண்ணிக்கையைஅதிகமாக்கிப் பெறலாம். வரைகோடுகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாவதால் நிறமாலையின் பொலிவும் அதிகமாகும்.

கீற்றணியைக் கொண்டு ஒளியின் அலைநீளத்தை அளத்தல் கீற்றணியின் N மதிப்பினைக் காணும் சோதனை :

கீற்றணியின் N மதிப்புக்காண் கீற்றணி வாய்பாடு, $\sin\theta = Nn\lambda$-வை உபயோகிக்கிறோம். தெரிந்த அலைநீளமுள்ள, சோடியம் விளக்கு (ஒற்றைநிற ஒளி) ஒன்றைப் பயன்படுத்த வேண்டும். எனவே, 'λ' தெரியும். கீற்றணியில் ஒரு குறிப்பிட்ட வரிசைஎண் நிறமாலைக்கு (முதல் வரிசை) விளிம்பு விளைவு கோணம். θ-வை அளக்க வேண்டும். எனவே கீற்றணியில் வரைகோடுகளின் எண்ணிக்கை N-ஐக் கணக்கிடலாம்.

செய்முறை

நேர்குத்துப்படுகைமுறை (Normal incidence method)

நிறமாலைமானியை மேசைமேல் வைத்து, துவக்கச் சீரமைப்புகளைச் செய்து முடிக்கவும். முப்பட்டக மேடையை ரசமட்டத்தைப்பயன்படுத்திச் சரிப்படுத்தவும். இணையாக்கியின் மறுபக்கத்தில் சோடிய ஆவி விளக்கினை வைத்துக்கொள்ளவும். இணையாக்கிப் பிளவுவழியே ஒளி தொலைநோக்கியில் கண்வில்லையில் விழும். தொலைநோக்கி குறுக்குக் கம்பிகளைப்

பிம்பத்தின் மையத்தில் பொருத்தி வர்னியர்அளவுகோல் சுழி அளவிலிருக்குமாறு, பொருத்தவும்.

கீற்றணியை முப்பட்டக மேடைமீது தாங்கியில் பொருத்தவும். இதன் தளம் இணையாக்கிக்கு ஏறக்குறைய செங்குத்தாக இருக்கட்டும். தொலைநோக்கியை வலதுபக்கமாக 90° நகர்த்தி நிலையாகப் பொருத்தவும். கீற்றணி உள்ள முப்பட்டக மேடையை மட்டும், தொலைநோக்கி, பக்கமாகச் சுழற்றவும். இணையாக்கிவழியேகீற்றணிமேல் விழுந்தஒளி எதிரொளித்துத் தொலைநோக்கியின் கண்ணருகு வில்லையில், தெரியும். கண்ணருகுவில்லை வழியே பார்த்தால் சில பிம்பங்கள் தெரியும். மிகவும் பொலிவுள்ள பிம்பம் குறுக்குக் கம்பியில் விழும்வரை கீற்றணியைச் சுழற்றி நிறுத்தவும். படுகதிர் 45° கோணத்தில் கீற்றணியின்மேல் இந்நிலையில் விழுகின்றது. கீற்றணி உள்ள முப்பட்டக மேடையோடு, வெர்னியர் மேசையை, இணையாக்கியை நோக்கிச் சரியாக 45° சுழற்றி நிலையாக நிறுத்தவும். கீற்றணியின் இந்நிலையில் ஒளிக்கதிர்கள் செங்குத்தாக விழுகின்றன.

தொலைநோக்கியை இணையாக்கிக்கு நேராகக் கொண்டு வந்தால் நேர்பிம்பம் தெரியும். வலதுபக்கமோ இடதுபக்கமோ மெதுவாக நகர்த்தினால் முதல்வரிசை விளிம்புவிளைவு பிம்பம் தெரியும். நேர்பிம்பத்திற்கும் இதற்குமுள்ள கோணம் விளிம்பு விளைவு கோணமாகும். சோடிய ஆவி ஒளியின் அலைநீளம் $\lambda = 5893$ A°U ஆகும். எனவே, $Sin\ \theta = Nn\lambda$ என்னும் வாய்பாட்டினை உபயோகித்துக் கீற்றணி வரைகோடுகள் N-ஐக் கணக்கிடலாம்.

ஒளியின் அலைநீளம் காணல்

பாதரசஆவி விளக்கு ஒளியின் அலைநீளங்களைக் காண வேண்டும் என்று வைத்துக் கொள்வோம். பாதரஸ ஆவி விளக்கை இணையாக்கிப் பிளவின் பக்கத்தில் வைக்கவும். கீற்றணியை முப்பட்டக மேடைமீது வைத்து மேற்கூறிய முறையில் இணையாக்கிக்கு நேர்குத்தாக இருந்து ஒளியைப் பெறுமாறு அமைக்கவும். தொலைநோக்கியை இணையாக்கியின் நேர்எதிரே கொண்டுவந்தால் பிளவின் பொலிவான பிம்பம் கிடைக்கும். வலதுபக்கமோ இடதுபக்கமோ மெதுவாகச் நகர்த்திச் சென்றால் பொலிவுவரிகள் தெரியும். இது முதல் வரிசைகளாகும். தொலைநோக்கியின் குறுக்குக்கம்பிகள், ஒவ்வொரு வரியிலும் ஒன்றியிருக்குமாறு செய்து வர்னியர் கோலில் அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும். இரு பக்கங்களிலுமுள்ள அதே வரியீடுகளுக்கிடையேயுள்ள

கோணம் 2θ ஆகும். எனவே, θ-ஐக் கணக்கிடவும். மேற்கண்ட சோதனையில் N (1 செ. மீட்டருக்குள்ள வரிகள் எண்ணிக்கை) கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. எனவே, அவ்வரியின் அலைநீளம், $\lambda = \frac{Sin\ \theta}{Nn}$ என்னும் சமன்பாட்டால் கணக்கிடலாம். பல நிறவரிகளுக்கும், இதனைக் கணக்கிட்டு, அட்டவணைப் படுத்தவும்.

வரிசை எண்	வரிகள்	வரிசை எண் $n=1$ விளிம்பு விளைவு கோணம்		2 θ	θ	$\lambda A^{\circ}u = \frac{sin\theta}{Nn}$
		இடது	வலது			
1	சிவப்பு					
2	மஞ்சள் I					
3	மஞ்சள் II					
4	பச்சை					
5	பச்சை நீலம்					
6	நீலம்					
7	ஊதா I					
8	ஊதா II					

மேற்கண்ட முறையில் சோதனையை மீண்டும் இரண்டாம் வரிசை வரிகளுக்குச் செய்து அவற்றினைக்கணக்கிடலாம்.

கீற்றணியின் பிரிதிறன்காணல் :

மேற்கண்ட சோதனையில் அலைநீளங்கள், கணக்கிடப் பட்டன. இரு அலைநீளங்கள் λ_1, λ_2 ஆகியவைகளுக்கு விளிம்புவிளைவு கோணங்கள் முறையே θ_1, θ_2 என்றால், கீற்றணியின் பிரிதிறன் $= \frac{\theta_2 - \theta_1}{\lambda_2 - \lambda_1}$. இதுபோன்று பல வரிகளுக்கும் கணக்கிடலாம்.

வினாக்கள்

1. ஒளியின் விளிம்புவிளைவினை விளக்குக. ஒளி நேர்கோட்டியக்கத்திற்கு ஃப்ரேனல் தந்த விளக்கத்தைத் தெளிவாகக் கூறு,

2. சமதளக் கீற்றணியை விளக்கு. இதனைக் கொண்டு ஒளியின் அலைநீளத்தை எவ்வாறு கணக்கிடலாம் ?

குறிப்புவரைக

(a) நேர்விளிம்பில் விளிம்புவிளைவு

(b) கீற்றணியின் பகுதிறன்

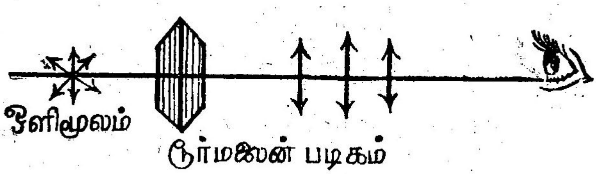
13. தளவிளைவு
(Polarisation)

ஒளிஅலைகள் எவ்வகையைச்சார்ந்தவையெனப் பல காலமாக விவாதித்து வந்தனர். குறுக்கீட்டுவிளைவு, விளிம்புவிளைவு, ஆகிய நிகழ்ச்சிகள் ஒளியானது அலையாக இயங்குகிறது என்பதனை விளக்கின. ஒளிஅலைகளானாலும் அவை குறுக்கலைகளா(transverse)அல்லதுநெட்டலைகளா(longitudinal) என்பது மேற்கண்ட விளைவுகளால் உறுதிபடுத்த முடியவில்லை. ஆனால், ஒளியின் **தளவிளைவு** (polarisation) ஒளிஅலைகள், குறுக்கலைகள் என்பதைத் தெளிவாக விளக்குகிறது.

தளவிளைவு (Polarisation)

இதனைப் பரிசீலிப்பதற்கு டூர்மலின் (Tourmaline) படிகம் என்ற தகட்டினை உபயோகிக்கலாம். ஒளிவிலகல் செய்யும் டூர்மலின் படிகத்தின்தளம் அதன் அச்சுக்கு இணையாக வெட்டப்பட்டிருக்கவேண்டும். ஒரு சிறு பிளவு (Slit) வெட்டப்பட்டு அதன் வழியே ஒளி செல்லுமாறு மறுபக்கத்தில் ஓர் ஒளிமூலத்தை வைக்கவும்.

எனவே, பிளவானது, ஒரு சிறு ஒளிக்கற்றையினை டூர்மலின் படிகம்வழியே அனுப்புகிறது. மறுபக்கத்தில்

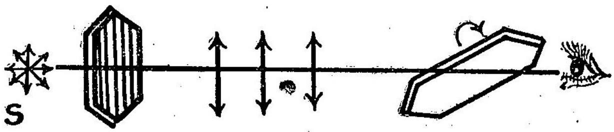


படம் 62. டூர்மலின் படிகம்

டூர்மலியின்வழியேவரும் ஒளியினைப் பார்க்கவும். டூர்மலின்

படிகத்தை மெதுவாகச் சுழற்றவும். நாம் பார்க்கும் ஒளியில் ஒரு மாறுதலும் தெரிவதில்லை. மற்றொரு டூர்மலின் படிகத்தை மறுபக்கத்தில் வைத்து முதல் டூர்மலின் வழியே வந்த ஒளியினை இதன் வழியே பார்க்கவும்.

முதல் டூர்மலின், படத்தில் காட்டியதுபோல் நேராக அசையாது இருக்கட்டும். இரண்டாவது டூர்மலின் அதற்கு



படம் 63. குறுக்கிட்ட நிலையில் டூர்மலின் படிகங்கள்

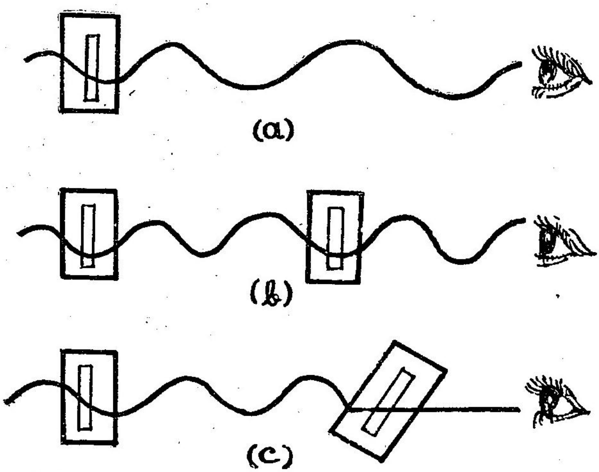
இணையாகச்செங்குத்தாக நிறுத்தப்பட்டு, மறுபக்கம்பார்க்கவும். ஒளி கடத்தப்பட்டு, ஒரு நிலையில்நன்றாகச் செறிவுப் பெருமநிலையில் (maximum) இருக்கும். இரண்டாவது, டூர்மலின் படிகத்தை மெதுவாகக் கிடைத்தளத்தை அச்சாகக் கொண்டு, சுழற்றவும். இரண்டாவது, டூர்மலின்வழியே தெரிந்த ஒளிச் செறிவு மெதுவாகக் குறைந்து 90° சுழற்றியவுடன் செறிவு சுழியாகிறது (படம் 63). அதாவது இரண்டாவது டூர்மலினை மேலும் அதே திசையில் சுழற்ற ஒளிச்செறிவு சிறிதுசிறிதாக அதிகரித்து 180° சுழற்றியதும் பெருமநிலையை மறுபடி அடையும். 270°ல் மீண்டும் சுழியாகி 360° (ஒரு முழுச்சுற்று முடிந்து பழைய நிலை) சுழன்றபின் மறுபடி பெருமநிலை அடையும்.

இச்சோதனை முதல் டூர்மலியின்வழியே சென்ற ஒளியின் அலைகள் முதலில் பல திசைகளில் இருந்தாலும், உள்ளே நுழைந்து வெளிவரும்போது அவை அனைத்தும் நீக்கப்பட்டு, ஒரு தளத்திற்குக் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட அலைகளே வெளிவருகின்றன. இதனைச் **சமதளவிளைவுற்றது** (plane polarised) என்கிறோம். இந்நிகழ்ச்சிக்கு, "**தளவிளைவு**," என்று பெயர். இத்தகைய ஒளி இரண்டாவது டூர்மலின், முதல் டூர்மலினுக்கு இணையாக இருந்தால் கடத்தப்படுகிறது. தளங்கள் செங்குத்தாக மாறும்போது கடத்தப்படுவதில்லை. அதனால், ஒளிச்செறிவு சுழியாகிறது. இதனைக் **கயிற்றுஉவமை** (rope-anology) மூலம் விளக்கலாம்.

இரு அட்டைகளை எடுத்து அதன் மையத்தில் நீள்சதுர சிறிய பிளவுகளை வெட்டவும். இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கயிறுகள் இவை வழியே செல்லட்டும். கயிற்றை ஒரு புள்ளியில் இழுத்து விட்டால் கயிற்றில் அலைகள் உண்டாகும். இது மேலும்கீழுமாக

அசையட்டும். இவை குறுக்கலே வகையைச் சேரும். இரு அட்டையின் பிளவுகள் செங்குத்தாக இருக்கட்டும் (படம் 64 b).

எனவே, அலைகளானது பிளவுகளை அடைந்தாலும் தடுக்கப்படாமல் கடந்துவிடும். மாருக இரண்டாவது



படம் 64. அட்டையின் செவ்வகப் பிளவுகளில் கயிற்றியக்கம்

அட்டையைச் சுழற்றினல் பிளவு மாறுவதால் அலை கடத்தப் படுவது குறைந்து (படம் c) 90°-ஐ அடைந்ததும் நின்றுவிடும். இரண்டாவது அட்டை பிளவினைத் தாண்டி அலைகள் செல்ல முடியாமல் நின்று விடுகின்றன.

இந்தச் சோதனையை டூர்மலின்சோதனைக்கு ஒப்பிடலாம். ஒளி குறுக்கலைகளாகச் செல்கின்றன. முதல் டூர்மலின் வழியாகச் செல்லும்போது டூர்மலின் தளத்திற்கு இணையான அலைமட்டும் கடத்தப்பட்டு, மற்றவை நிறுத்தப்படுகின்றன. எனவே, டூர்மலின்வழியே, வெளிவந்த ஒளிஅலை ஒருதளவிளைவு பெற்றுள்ளது. இரண்டாவது டூர்மலின் தளம், முதல் டூர்மலின் தளத்திற்கு இணையாக உள்ளபோது, இந்த அலை மீண்டும் வெளிவந்து விடுகிறது. எனவே, ஒளிச்செறிவு பெருமநிலையிலுள்ளது. மாருக டூர்மலின் சுழற்றப்பட்டு, 90°, 270° நிலையில் தளங்கள் செங்குத்தாகிவிடுகின்றன. எனவே, ஒரு தளவிளைவு பெற்ற ஒளிஅலைகள் கயிற்றுஉவமையில் விளக்கியதுபோலத் தடுத்து நிறுத்தப்படுகின்றன. எனவே, ஒளிச்செறிவு சுழியாகிறது.

ஒரு தளவிளைவு பெற்ற ஒளியில் ஈதர் துளிகள், அதிர்வுறுகின்றன. இந்தத் தளம் **அதிர்வுறுதளம்** (plane of vibration) எனப்படும். இதற்குச் செங்குத்தாய், அமையும் தளத்தினைத் **தளவிளைவுத்தளம்** (Plane of polarisation) என்றழைக்கின்றனர். இந்தச் செய்கையில் ஈதர்துகள்கள் நேர்கோட்டியக்கம் கொண்டிருக்கும். ஈதர்துகள் வட்டஇயக்கம் கொண்டிருந்தால், இதனை **வட்டத்தளஒளி** (circularly polarised light) என்றும், ஈதர்துகள்கள் நீள்வட்டஇயக்கம் கொண்டிருந்தால், அதனை **நீள்வட்டத்தளஒளி** (elliptically polarised light) என்றும் அழைக்கின்றனர்.

கயிற்றுஉவமையில், கயிறானது, குறுக்கலைகளை உண்டாக்கிற்று. இதற்குப் பதிலாக நெட்டலைகளை (longitudinal waves) உபயோகித்தால் இரண்டாவது, டூர்மலினைச் சுழற்றியபோதும் மறுபக்கநிலையில்அதே இயக்கம்எல்லாத் திசைகளிலும்தெரியும். எனவே ஒளிஅலைகள், நெட்டலைகளாக இருக்கமுடியாது. அவை குறுக்கலைகள்தான் என்று நிச்சயமாகக் கூறலாம்.

எதிரொளிப்பினால் உண்டாகும் தளவிளைவு
(Polarisation by Reflection)

ஒரு கண்ணாடித் தளத்தில் ஒளி எதிரொளித்தால், எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளியில்தளவிளைவு உண்டாகும்என்பதை 1808-ல் **மாலஸ்** என்ற விஞ்ஞானி கண்டுபிடித்தார். கண்ணாடித் தளத்தில் எதிரொளித்த ஒளியை டூர்மலின் கொண்டு ஆராய்ந்தால், இதனைக் காணலாம். கண்ணாடித் தளத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளியை அச்சாகக் கொண்டு டூர்மலினைச் சுழற்றினால், ஒளியானது, ஒரு நிலையில் பெருமச்செறிவினையும், 90° சுழற்றப்பட்டபின் சுழிநிலையையும் அடைகிறது. ஒரு டூர்மலின் வழியே செல்லும் ஒளி ஏற்கனவே, தளவிளைவு பெற்றிருந்தாலன்றி இது நிகழாது. எனவே, கண்ணாடித் தளத்தில் எதிரொளித்தது தளவிளைவு பெற்றிருக்க வேண்டும். கண்ணாடியில் எதிரொளிக்கப்பட்ட ஒளியில் ஒரு பகுதியில் தளவிளைவு ஒளியும், மற்றொரு பகுதியில் சாதாரண ஒளியும் கலந்திருக்கும். எனவே, இதனைப் **பகுதித்தளவொளி** (partially polarised light) என்பர்.

கண்ணாடிமீது விழும் ஒளி எதிரொளிக்கும்போது, தளவிளைவு அடைகிறது எனப் பார்த்தோம். இந்நிகழ்ச்சி ஒளியானது, கண்ணாடியின்மேல் விழும் படுகோணத்தைப் பொறுத்திருக்கும். படுகோணத்தைச் சிறும அளவிலிருந்து

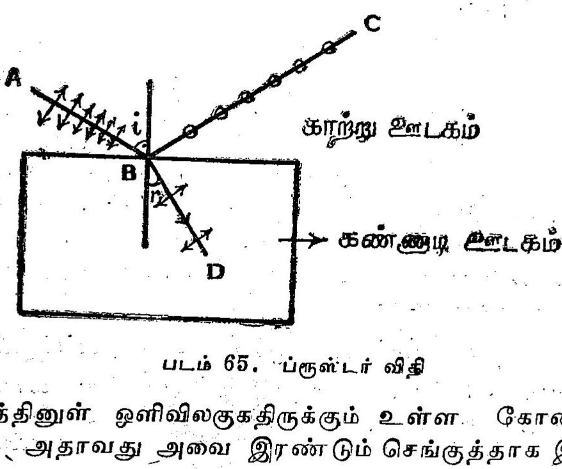
ஆரம்பித்துச் சிறிதுசிறிதாக அதிகரித்துக்கொண்டே சென்றால், எதிரொளித்த ஒளியின் தளவிளைவு அளவு, அதிகரிக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்திற்குத் தளவிளைவின் அளவு பெருமநிலையை அடையும். எந்த ஒரு கோணத்திற்கு ஒளி விழும்போது எதிரொளிப்புக் கதிர் முழுத் தளவிளைவு அடையுமோ அந்தப் படுகோணத்தைத் **தளவிளைவு கோணம்** (angle of polarisation) என்று கூறுகின்றனர். கண்ணாடியின் தளவிளைவுகோணம் ஏறக்குறைய 57° என்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

ப்ரூஸ்டர் விதி (Brewster's Law)

ப்ரூஸ்டர் என்னும் விஞ்ஞானி ஒளியானது ஊடகங்களில் எதிரொளிக்கும்போது, ஓர் ஒளிபுகு ஊடகத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் விழுந்து எதிரொளித்தால், அந்த ஒளி படுதளத்தில் தளவிளைவு பெறுகிறது என்பதைக் கண்டறிந்தார். பல சோதனைகள் பல ஊடகங்களில் நடத்திய பின்னர் பின்கண்ட விதியை அறிவித்தார்.

ஒளிபுகு ஊடகத்தின் ஒளி எதிரொளிக்கப்படும்போது தளவிளைவு கோணத்தின் டேன்ஜெசண்ட் (Tangent) அவ்வூடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணிற்குச் சமம்.

ஊடகத்தின் தளவிளைவு கோணம், "i" என்றால், $\tan i = \mu$ ஆகும். மேலும் ஒளியானது, தளவிளைவு கோணத்தில் விழுந்து கிடைக்கும் எதிரொளிப்புக் கதிருக்கும்



படம் 65. ப்ரூஸ்டர் விதி

ஊடகத்தினுள் ஒளிவிலகுகதிருக்கும் உள்ள கோணம் 90° ஆகும். அதாவது அவை இரண்டும் செங்குத்தாக இருக்கும்.

ABஎன்னும் தளவிளைவு பெருக்கதிர், கண்ணாடித் தளத்தில் *i* என்ற படுகோணத்தில் விழுவதாகக் கொள்வோம். இக் கோணம், தளவிளைவு கோணத்திற்குச் சமமாக இருக்கட்டும்.

இக்கதிர் கண்ணாடித் தளத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்டு, BC ஆகத் திருப்பப்படுகிறது. மற்றொரு பகுதி 'BD' ஒளி விலகு கதிராகும். விலகுகோணம் '*r*' என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

$$\therefore \mu = \frac{Sin\ i}{Sin\ r} \quad \text{ஆகும்} \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

ப்ரூஸ்டர் விதிப்படி $\mu = tan\ i$

$$= \frac{Sin\ i}{Cos\ i} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

(1) ஐயும், (2) ஐயும், இணைத்துப் பார்ப்பின்,

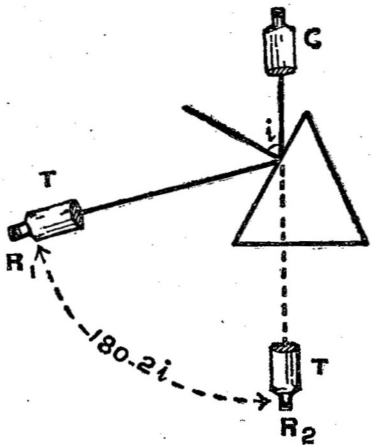
$$Sin\ r = Cos\ i$$
$$= sin\ (90° - i)$$
$$\therefore r = 90° - i$$
$$i + r = 90° \text{ ஆகும்.}$$
$$\text{படத்தில்} \angle CBD = 180° - (i + r)$$
$$= 180° - 90°$$
$$= 90°$$

எனவே, எதிரொளிப்புக் கதிருக்கும், ஒளிவிலகு கதிருக்கு மிடையேயுள்ள கோணம் 90° ஆகும். அவை, ஒன்றுக்கொன்று நேர்செங்குத்தாக இருக்கும்.

ப்ருஸ்டர் விதியை மெய்ப்பித்தல் (Verification of Brewster's Law)

இதனை மெய்ப்பிக்க நிறமாலைமானியை (Spectrometer) உபயோகிக்கலாம். நிறமாலைமானியை மேசைமீது வைத்துத் தொடக்கச் சீரமைப்புகளைச் செய்யவும். தொலைநோக்கியோடு **நைகால்** ஒன்றைப் பொருத்திக் கொள்ளவும். (நைகால் என்பதைப் பின்வரும் பகுதியில் காணவும்). இணையாக்கியிலிருந்து வரும் கதிர்கள், முப்பட்டகத்தின் ஒரு முகத்தில் எதிரொளிக்கப் படட்டும். முப்பட்டகத்திலிருந்து எதிரொளிக்கும், கதிர் ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்தில் விழட்டும். படுகோணத்தைக் குறைந்தஅளவிலிருந்துஆரம்பிக்கவும். எதிரொளித்த கதிரைத் தொலைநோக்கியோடு இணைத்த நைகால் உதவியுடன் தளவிளைவு நிலையை ஆராயவும். எந்த ஒரு படுகோணத்திற்கு எதிரொளிப்புக் கதிரின் செறிவு பெருமநிலையிலிருந்து சுழிநிலையை அடையுமோ அந்தப் படுகோணம் தளவிளைவு

கோணமாகும். எனவே, முப்பட்டக மேடையை இந்நிலையில் நிறுத்தி எதிரொளிப்புப் பிம்பத்தைத் தொலைநோக்கியின்



படம் 66. ப்ரூஸ்டர் விதியை மெய்ப்பித்தல்.

குறுக்குக் கம்பிகளுக்குக் கொண்டு வரவும். இதற்கான அளவீடு R_1 எனக் கொள்வோம்.

முப்பட்டகத்தை எடுத்துவிட்டு தொலைநோக்கியை இணையாக்கிக்குக் நேராகக் கொண்டுவந்து அளவீடு R_2-ஐ எடுத்துக் கொள்ளவும்.

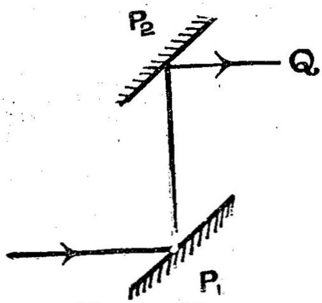
எனவே, $R_1 - R_2 = 180° - 2\,i$ ஆகும். இதிலிருந்து i-ன் மதிப்பைப் பெறலாம். ஆகையால், $\mu = \tan i$ என்று காட்டலாம்.

பயாட்-தளவிளைவு காட்டி (Biot's Polariscope)

நீண்ட செங்குத்துக் குழாயின் கீழும்மேலும் இருஆடிகள் P_1, P_2, பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இவை, பளபளப்பான கருங் கண்ணாடி (Black-glass) ஆகும். கருங்கண்ணாடிகள் அடித்தள எதிரொளிப்பினைத் தாரா. கண்ணாடிகள் கிடைமட்ட அச்சிலும் செங்குத்து அச்சிலும், சுழற்றக்கூடியதாய் அமைந்துள்ளன.

P_1 ஆடியின்மேல் ஒளியானது கண்ணாடித் தளவிளைவு கோணம் 57°-ல் விழும். ஆடிகள் P_1, P_2, இணையாக வைக்கப் பட்டுள்ளன. P_1 மீது விழும் ஒளியின் அலைகள் படத்திற்கு இணையாகவும் (படுகதிருக்குச் செங்குத்தாக) இருக்கும். எதிரொளித்த கதிரின் அலைகள் P_2-ல் வழிவந்த ஒளியைக் கண்ணருகுவில்லை ஒன்றை உபயோகித்துப் பார்க்கவும்.

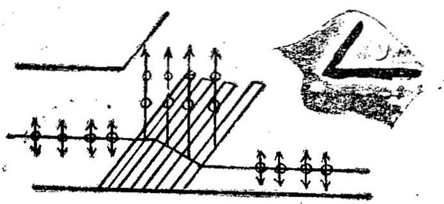
P_2 ஆடியை அதே நேரத்தில் செங்குத்து அச்சில் சுழற்றவும். முழுப் பொலிவுடன் தெரிந்த ஒளி சிறிதாகக் குறைந்து 90° சுழற்றியதும் சுழியாகும். 180° சுழற்றினல் பெருமப்பொலிவுடன் விளங்கும். இதில் P_1 தளவிளைவாக்கி (Polariser) யாகவும் P_2 பகுப்பான் (Analyser) ஆகவும் இயங்குகின்றன. படுகதிரானது, 57° விழவில்லையாஞல், P_2-ல் எதிரொளித்த கதிர்கள் பெரும நிலையிலிருந்து முழுச் சுழிநிலைக்கு மாறும்.



படம் 67. தளவிளைவுகாட்டி

தட்டடுக்கு (Pile of Plates)

தட்டடுக்கு அமைப்பில் பல மெல்லிய கண்ணுடித் தட்டுகள் குழாயினுள் அச்சுக்கு 32·5° சாய்த்துப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். எனவே, குழாயினுள் ஒரு தளவிளைவு கோணம் 57.5°ல் விழும். படுதளத்தில்விழும் ஒளி எதிரொளிக்கும்போது, இத்திசைக்குச் செங்குத்துத் திசையில், அதிர்வு கொண்டிருக்கும். இரண்டாவது தட்டிலும் இதுவே நிகழும். எனவே, ஒளிபடும்போது எதிரொளிப்பு ஒளியும் விலக்கமுற்ற ஒளியும் தளவிளைவு பெறுகின்றன. எதிரொளிப்பு ஒளியின் தளவிளைவுத்தளமும் விலக்கமுற்ற ஒளியின் தளவிளைவுத் தளமும் செங்குத்தாக இருக்கும். தட்டடுக்குத் தளவிளைவு பெற்ற ஒளியுண்டாகப்பயன்படுகிறது.


படம் 68. தட்டடுக்கு

இரட்டை ஒளிவிலக்கம் (Double Reflection)

கால்சைட் (Calcite) படிகத்தின் வழியாக ஓர் ஒளிக்கதிர் செல்லும்போதுஅக்கதிர் இருவிலகுகதிராகப் பிரிக்கப்படுகிறது. வெள்ளைத்தாளில் ஒரு கரும்புள்ளியிட்டுக் கால்சைட் படிகத்தை அதன்மீது வைத்துப்பார்க்கவும். இரு புள்ளிகளாகத்தெரியும். கால்சைட் படிகத்தைப் பொதுவாகச் சுழற்றினல், ஒருபுள்ளி

நிலையாகவும், மற்றொருபுள்ளி அடுத்ததை மையமாகக் கொண்டும் சுழலும். எனவே, ஒருகதிர் ஒளிவிலகல் விதிக்குக் கட்டுப்பட்டும், மற்றது கட்டுப்படாமலும் இயங்குகிறது. இவ்வாறு ஒளி ஒரு படிகத்தில் சென்று இரு பிரிவாக மாறுவதற்கு **இரட்டைஒளிவிலக்கம்** (Double refraction) என்று பெயர்.

கால்சைட் படிகம் சாய்சதுரப் பட்டை வடிவம் (Rhombohedral) கொண்டது. இதற்கு எதிர் இரண்டு முனைகள் மூன்று விரிகோணங்களைத் தாங்கி நிற்கும். மற்றப் பக்கங்கள் விரிகோணம், குறுங்கோணங்களைக் கொண்டிருக்கும். மூன்று விரிகோணம் கொண்ட எதிர் இரு முனைகளையும் சேர்க்கும் கோட்டிற்குப் படிகத்தின் **ஒளி அச்சு** (Optic-axis) என்று பெயர்.

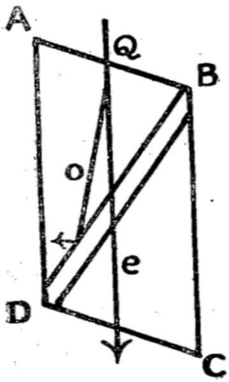
ஒரு கரும்புள்ளியைப் படிகம்வழியே பார்க்கும்போது இரு புள்ளிகளாகத் தெரியும் என்றும் ஒன்று நிலையாகவும், மற்றது சுழன்றும் இயங்கும் என்றும் பார்த்தோம். நிலையாக உள்ள கதிர் **சாதாரணக்கதிர்** (Ordinary ray) என்றும் சுழலும்கதிர் **அசாதாரணக்கதிர்** (Oxtraordinary ray) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. ஒளி அச்சுவழியே கரும்புள்ளியை நோக்கினால் ஒரே புள்ளிதான் தெரியும். இரட்டை விலக்கம் இருக்காது. ஒளி அச்சுக்குச் செங்குத்தாக அமைந்த தளம் **முதன்மைத்தளம்** (Principal-plane) என்று கூறப்படுகிறது.

கால்சைட் படிகம் வழியே, நோக்கிய இரட்டைவிலக்கமுற்ற கதிர்களை டூர்மலின் தகடுகொண்டு பகுக்கலாம். டூர்மலின் தகட்டினைச் சுழற்றும்போது, அக்கதிர்களின் பொலிவு பெருமநிலையிலிருந்து சுழியாகிறது. சாதாரணக்கதிரின்ஒளிசுழியாகும் போது அசாதாரணக் கதிர்ஒளி பெருமநிலையடையும். எனவே, இருகதிர்களும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்துத் திசையில் தளவிளைவு பெற்றுள்ளன எனலாம். மேலும், சாதாரணக் கதிரின் அலைகள் முதன்மைத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவும், அசாதாரணக் கதிரின் அலைகள் முதன்மைத்தளத்திற்கு இணையாகவும் இருக்கும் என்று காட்டலாம்.

நைகால்பிரிசம் (Nicol prism)

ஒளியினைத் தளவிளைவாக்குவதற்குப் பயன்படுவது **நைகால்பிரிசம்** ஆகும். இதனை நைகால் என்றும் அழைப்பதுண்டு. இதனைத் தளவிளைவாக்கியாகவும் பகுப்பானாகவும் சோதனைகளில் பயன்படுத்தலாம்.

சாய்சதுரப் பட்டைவடிவம் கொண்ட கால்சைட்படிகத்தின் நீளம், அகலத்தைப்போல் மூன்று மடங்கு உள்ளதாகவும் இருபக்கங்களும் சமமாகவும் இருக்குமாறு வெட்டப்படுகிறது. ABCD என்பது படிகத்தின் முதன்மைத்தளமாகும். BD வழியாக முதன்மைத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்குமாறு படிகம் வெட்டப்படுகிறது. வெட்டியபகுதிகளின் இடையில் **கனடாபால்சம்** (Canada balsam) என்ற பொருளை வைத்து மீண்டும் ஒட்டப் படுகின்றன. இதுவே நைகால்பிரிசமாகும்.

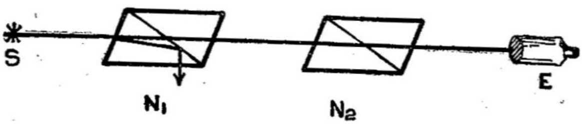


படம் 69.
நைகால் பிரிசம்

ஒளிக்கதிர் PQ, AB பக்கத்தில் AD-க்கு இணையாக விழுகின்றது. விழுந்த படுகதிர் இரட்டை விலக்கம் பெற்றுச் சாதாரணக் கதிராகவும்(QO)அசாதாரணக்கதிராகவும் (QE) பிரிகிறது. கால்சைட் படிகத்தின் சாதாரணக் கதிரின் ஒளிவிலகலெண் 1·66-ம் அசாதாரணக் கதிரின் ஒளிவிலகலெண் 1·49-ம் ஆகும். சாதாரணக்கதிர் கால்சைட் படிகத்தின்வழி சென்று **கனடாபால்சம் ஊடகத்தை** நெருங்குகிறது. **கனடாபால்சம்** ஒளிவிலகலெண் 1·55. எனவே சாதாரணக்கதிர் அடர்மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்குறை ஊடகத்தை அடைந்து முழுஅகஎதிரொளிப்புப் பெறுகிறது. BD தளத்தில் விழுகின்ற QO கதிரின் படுகோணம் 68° மேலாக உள்ளவாறு அமைக்கப்படுகிறது. படிக—பால்சம் மாறுதானக் கோணம் (critical angle) 68° ஆகும். சாதாரணக்கதிர் **கனடா பால்சம்** பகுதியால் முழுஎதிரொளிப்புப் பெற்றுப் பக்கவாட்டில் திருப்பப்படுகிறது. ஆனால் அசாதாரணக்கதிர் அடர்குறை ஊடகமாகிய படிகத்திலிருந்து **கனடாபால்சமாகிய** அடர்மிகு ஊடகத்தில் நுழைகிறது. முழுஅக எதிரொளிப்பு இதற்கு நிகழாமல் நைகாலின் மறுபக்க வழியாகக் கடத்தப்படுகிறது. எனவே நைகால்பிரிசத்தில் ஒளிவிழுந்து கடத்திய பின்னர், அசாதாரணக்கதிர் வெளியே கிடைக்கிறது. இக்கதிரின் அலைவுகள் தளவிளைவாக்கப்பட்டவை. அதிர்வுகள் படிகத்தின் முதன்மைத்தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும். நைகால் கருமையாக்கப்பட்ட குழாய் ஒன்றினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். சாதாரணக்கதிர் முழுஅக எதிரொளிப்புப் பெறுவதால் அதனை உறிஞ்சிவிடும்.

நைகால் தளவிளைவாக்கியாகவும் பகுப்பானுகவும் செயல்படல்

S- என்னும் ஒளிமூலத்திலிருந்து ஒளிக்கதிர்கள் முதல் நைகால் N_1-ல் விழுகின்றன. N_2 என்பது இரண்டாவது நைகாலாகும். இவை இரண்டின் முதன்மைத்தளங்களும்



படம் 70. இருநைகால்கள்

படத்தில் இணையாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. முதல் நைகாலில் விழுந்த ஒளியில் சாதாரணக்கதிர் உறிஞ்சப்பட்டு அசாதாரணக்கதிர் வெளிவிடப்படுகிறது. இக்கதிர் தளவிளை வாக்கப்பட்டதாகும். மேலும் இதனதிர்வுகள் முதன்மைத் தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும். இக்கதிரானது இரண்டாவது நைகால்மேல் விழுகிறது. முதன்மைத்தளங்கள் இணையாக இருப்பதால் ஒளி கடத்தப்படுகிறது. கண்வில்லை E வழியே காணும்போது ஒளி பொலிவுடன் தெரியும். பார்வைக் கோட்டை அச்சாகக்கொண்டு N_2-வைச் சுழற்றினுல் ஒளியின் பொலிவு குறைந்து 90° சுழன்றதும் சுழியாகும். ஏனெனில் முதன்மைத்தளங்கள் செங்குத்தாகிவிடுகின்றன. 180° சுழற்றப்பட்டபின்மீண்டும் பெருமப்பொலிவு கிடைக்கும். 270°ல் சுழியாகி, 360°-ல் மீண்டும் பொலிவுடன் விளங்கும். இது தளவிளைவு பெற்ற ஒளியின் குணமாகும். N_1 தளவிளைவாக்கி (polariser) யாகவும் N_2 பகுப்பானுகவும் (analyser) செயல் படுகின்றன. தளவிளைவாக்கி, பகுப்பானுகவும் செயல்படும்.

போலராய்ட் (Polaroid)

இதுவும் தளவிளைவு உண்டாக்கும் தன்மைகொண்டது. ஒளியானது இதன்வழியே செல்லும்போது இரட்டை விலக்கம் பெறுகிறது. இத்தகைய விலக்கத்தில் சாதாரணக் கதிரை ஈர்த்துக்கொண்டு அசாதாரணக்கதிரை மட்டும் வெளிவிடுகிறது. இதற்கு நிறம் கிடையாது. டூர்மலின் தகடும் இதுவும் ஒரேவகையைச் சார்ந்தவை. போலராய்டு, குனைன்சல்பேட்பர்ஐயோடைடு படிகமாகும். டூர்மலின் படிகம் வழியே பார்க்கும் ஒளியானது பசுமை நிறம் பெறும். ஆனுல் போலராய்டு நிறமற்றதாகையால் ஒளிக்கு நிறம் கொடுக்காது. எனவே வெள்ளொளியை ஆராய இது மிகவும் சிறந்தது. இது குறைந்த விலையில் கிடைக்கும்.

பலவகைத் தளவிளைவு பெற்ற ஒளியை ஆராய்தல்

1. தளவிளைவுரு சாதா ஒளியை நைகால்வழியே பார்க்கவும். ஒளிவரும் திசையை அச்சாகக் கொண்டு சுழற்றினால் ஒளிச்செறிவில் மாற்றமிருக்காது. வட்டத்தள (circularly polarised light) ஒளியை நைகால்வழியே பார்த்து நைகாலைச் சுழற்றினால் மேற்கண்ட சாதா ஒளிக்குகந்த நிகழ்ச்சியைக் காணலாம். எனவே இவற்றினைக்கண்டு பகுத்தறிய கால்அலைத்தகடு (quarter wave plate) பயன்படுத்தப் படுகிறது. வட்டத்தளவிளைவுற்றஒளி கால்அலைத்தகடு உபயோகிப்பதால் சமதளவிளைவுற்றதாக மாறும். நைகால் சுழற்றப்படும்போது ஒளிச்செறிவில் மாற்றம் வரும். ஆனால் தளவிளைவுரு ஒளி கால்அலைத்தகட்டினால் மாற்றம் பெறாது. எனவே ஒளிச்செறிவு மாற்றமும் இராது.

2. ஓரளவு சமதளவிளைவுற்ற ஒளி(partially polarised light) நைகால்வழிசென்று, நைகால் சுழலும்போது ஒளிச்செறிவு பெரும, சிறும மாற்றங்களைக்காட்டும். சுழிநிலைக்கு வாரா. இதே நிலையை நீள்வட்டத் தளஒளியும் (elliptically polarised light) கொடுக்கும். இவற்றினைப் பகுத்தறிய கால்அலைத்தகட்டை உபயோகிக்கலாம். ஒளிக்கும் நைகாலுக்குமிடையே கால்அலைத்தகடு வைக்கப்பட்டால் நீள்வட்டத்தளஒளி சமதள விளைவுற்ற ஒளியாகமாறி பெருமச் செறிவாகவும் சுழியாகவும் மாறும். ஆனால் ஓரளவு சமதளவிளைவுற்ற ஒளியில் மாற்றம் இருக்காது. ஒளிச்செறிவு சுழி நிலையை அடையாது. எனவே நீள்வட்டத்தள ஒளியைப் பகுதித் தளவிளைவுற்றதிலிருந்து தெளிவு படுத்தலாம்.

ஒளியியல் வினை (optical activity) (6)

ஒளியானது டூர்மலின், நைகால் இவற்றின்வழியே சென்றால் தளவிளைவு பெறுகிறது என்று கண்டோம். இரு நைகால்களை ஒரே நேர்கோட்டில் ஒன்றுக்கொன்று குறுக்காக இருக்குமாறு வைக்கவும். முதல் நைகால்மூலம் தளவிளைவுற்ற ஒளி இரண்டாவது நைகால் குறுக்காக இருப்பதால் ஒளிச்செறிவு சுழியாகத்தெரியும். இரண்டு நைகால்களுக்குமிடையில் டர்பன்டைன் திரவத்தை ஓர் உருளைவடிவக் கண்ணாடிக்குழாயிலிட்டுவைக்கவும். செறிவு சுழியாக இருந்த இரண்டாம் நைகாலில் ஓரளவு செறிவுடைய ஒளிதெரியும். இரண்டாம் நைகாலானது ஒரு குறிப்பிட்ட

கோணம் (θ எனலாம்) வலப்புறமோ இடப்புறமோ சுழற்றினுல் மீண்டும் செறிவு சுழியாகும். இந்நிலையிலிருந்து 90° சுழற்றினுல் பெருமப்பொலிவு கிடைக்கும். இந்நிகழ்ச்சி நடைபெறுவது ஏன்? முதல் நைகாலில் தளவிளைவுற்ற ஒளி திரவம்வழியே சென்ற போது ஒளித்தன்மை மாருமல் தளவிளைவுத்தளம் மட்டும் ஒரு குறிப்பிட்ட கோணம் சுழற்றப்படுகிறது. இத்தகைய நிகழ்ச்சி ஒளியியல் சுழற்சி (optical rotation) எனப்படும். இதுபோன்ற தளவிளைவுத்தளச் சுழற்சியை உண்டாக்கும் பொருள்கள் **ஒளியியல்விளைகொண்டபொருள்கள்** (optically active substances) என்று அழைக்கப்படும். தளவிளைவுச் சுழற்சி சிலபொருள்களில் வலஞ்சுழியாகவும் (clockwise) சிலவற்றிற்கு இடஞ்சுழியாகவும் (anti-clockwise) இருக்கும். வலதுபக்கம் சுழற்சியுடைய பொருள்கள் **வலஞ்சுழிசுழற்சி** (dexho rotatory) பொருள்களென்றும் இடதுபக்கம் சுழற்சியுடையவை **இடஞ்சுழிசுழற்சி** (levo rotatory) பொருள்களென்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

குவார்ட்ஸ் படிகம், டார்ட்டாரிக் அமிலம், சர்க்கரை கரைசல் போன்றவைகள் இத்தகைய நிகழ்ச்சியை ஏற்படுத்துகின்றன.

பயட் விதிகள் (Biot's laws)

பயட் என்னும் விஞ்ஞானி பல திரவங்கள் மற்றும் பொருள்கள் ஆகியவற்றிற்கு ஒளியியல் சுழற்சியினை ஆராய்ந்தார். பொருள்களின் தடிமன், செலுத்துகின்ற ஒளியின் அலைநீளம் இவற்றைப் பொறுத்துச் சுழற்சிக் கோணம் மாறுவதைப் பல விதிகளாக எடுத்துக் கூறியுள்ளார். அவை யாவன:

(1) ஒளியியல்விளைபொருள்கள் தரும் சுழற்சிக்கோணம் திரவக் கரைசலின் நீளத்திற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். $\theta \propto l$

(2) சுழற்சிக்கோணம் கரைசல் வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

(3) சுழற்சிக்கோணம் கரைசலின் அடர்த்திக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். $\theta \propto c$

(4) சுழற்சிக்கோணம் கரைசலில் செல்லும் ஒளியின் அலைநீளத்தின் இருமடிக்கு எதிர்விகிதத்திலிருக்கும்.

$$\theta \propto \frac{1}{\lambda^2}$$

சோதனைக்கூடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் (அறை வெப்பநிலை) ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளமுடைய ஒளியை நாம் பயன்படுத்துகிறோம். ஆதலால் மேற்கூறிய விதிகளைக் கொண்டு கீழ்வருமாறு எழுதலாம் :

$$\theta \propto l c$$
$$\therefore \theta = P l c$$

இங்கு P என்பது ஒரு மாறிலி. இது **தன்திருப்புஎண்** (specific rotatory power) என்றழைக்கப்படும். **தன்திருப்புஎண்** ஓரலகு செறிவு கொண்ட ஒரு கரைசல். அதன் நீளம் ஒரு டெசிமீட்டராக இருக்கும்போது தளவிளைவுத்தளத்தை எத்தனை கோண அளவு திருப்புமோ அது அக்கரைபொருளின் **தன்திருப்புஎண்** என்றழைக்கப்படுகிறது.

$$\theta = P c l$$ (l டெசிமீட்டரில் இருக்கவேண்டும்)

l-ஐச் செண்டிமீட்டரில் குறித்தால்

$$\theta = \frac{P c l}{10}$$ ஆகும்.

மேலும் V கனசென்டிமீட்டர் நீரில் 'm' கிராம் பொருள் கரைக்கப்பட்டால்

அடர்த்தி $C = \frac{M}{V}$

$$\therefore \theta = \frac{P M l}{10 V}$$

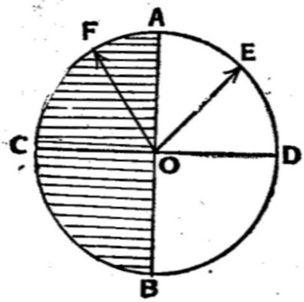
தன்திருப்பு எண் $P = \frac{10 V \theta}{M l}$

பொலாரிமீட்டர் (அல்லது) சர்க்கரைமானி (Polarimeter or Saccharimeter)

பொருள்களின் தளவிளைவு திருப்புக்கோணத்தைக் கணக்கிட்டுத் தன்திருப்புஎண் காண்பதற்குப் பொலாரிமீட்டர் அல்லது சர்க்கரைமானி பயன்படுகிறது. இரு நைகால்களைக் குறுக்காக வைத்து ஒளியியல்வினைபொருள் இடையில் வைக்கப்படுகிறது. பகுப்பானை (இரண்டாம் நைகால்) பயன்படுத்திப் பொருளின் தளவிளைவு திருப்புக் கோணத்தை அளக்கலாம். சுழற்சிக்கோணத்தை நுட்பமாக அளவிட அரைநிழல் (Half shade) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

அரைநிழல் (Half shade)

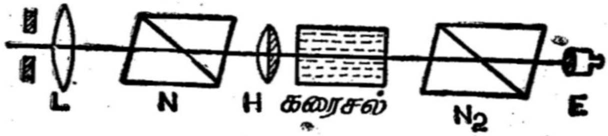
கண்ணாடி, குவார்ட்ஸ் ஆகிய இரண்டு அரை வட்டத் தகடுகள் அரைநிழலின் அமைப்பிலுள்ளன. குவார்ட்ஸ்தகடு ஒளியியல் அச்சுக்கு இணையாகத் துண்டிக்கப்பட்ட பக்கம் உடையது. கண்ணாடித்தகடு உட்கவரும் ஒளியும் குவார்ட்ஸ் தகடு உட்கவரும் ஒளியும் ஒரே அளவாக இருக்குமாறு கண்ணாடியின் தடிமன் அமைந்திருக்கும். சமதளஒளி அரைநிழல் மேல் விழுகிறது. இதன் அலைவுகள் OE திசையிலிருக்கும். ADB பகுதியில் நேராக கடந்து செல்லும் ACB குவார்ட்ஸ் பகுதியில் விழும். ஒளி OA திசையிலும் நேர்குத்துத் திசையிலும் பிரிந்து அசாதாரணக் கதிராகவும் சாதாரணக்கதிராகவும் வெளிவரும், இவற்றிற்கிடையே π அளவு கட்ட வேறுபாடு கிடைக்கும். இவை OF வழியாகச் செல்லும். ADB வழி வந்தது OE திசையிலிருக்கும். நைகாலின் முதன்மைத்தளம் OE-க்கு இணையாக இருந்தால் ADB-ல் ஒளிச் செறிவு அதிகமாகவும் OF-க்கு இணையாக இருந்தால் ACB-ல் அதிகமாகவும் இருக்கும். பகுப்பானது AOB திசையிலிருந்தால் இருபகுதியும் சமசெறிவுகொண்டு தோன்றும். இத்தகைய அமைப்பிற்கு **அரைநிழல்** (Half shade) என்று பெயர்.



படம் 71. அரைநிழல்

லாரென்ஸ்—அரைநிழல் போலாரிமீட்டர் (Laurents Half-shade polarimeter)

S என்னும் நுண்பிளவுவழிவரும் ஒளி L என்னும் ஒரு குவிவில்லைமேல் விழுகிறது. குவிவில்லை ஒளியை இணையாக்கி



படம் 72. போலாரி மீட்டர்

நைகால் N_1 மேல் விழுந்து தளவிளைவு பெறுகிறது. சமதள விளைவுற்ற ஒளி H என்னும் அரைநிழல்மேல் விழுகிறது. இவ்வொளி கண்ணாடிக் குழாயில் வைக்கப்பட்ட கரைசலைக்

கடந்து இரண்டாம் நைகால் N_2 மேல் விழுகிறது. இது பகுப்பானும். இதனை E என்னும் கண்ணருகு வில்லையால் பார்த்தறியலாம். கண்ணருகுவில்லை N_2 வோடு இணைத்து அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனைச் சுழற்றும்போது கோணத்தை அளவிட வட்டஅளவுகோலும் வர்னியரும் பொருத்தப் பட்டுள்ளன.

சோதனையைத் துவக்குமுன் பொலாரிமீட்டரின் குறுகிய பிளவருகில் ஒற்றைநிறஒளி விளக்கை வைக்கவும். அரைநிழலைச் சரியாக அமைக்கவும். கரைசல் வைக்கவேண்டிய குழாயில் நீரை நிரப்பவும். பகுப்பான்வழியாக ஒளி கண்ணருகு வில்லைக்கு வரும். அதன்வழியாகப் பார்த்துகொண்டு அரைநிழலின் இரு பகுதியும் சமபொலிவோடு விளங்கும்வரை பகுப்பானைச் சுழற்றவும். இந்நிலையில் அளவுகோலில் அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொள்ளவும். குழாயில் நீரை நீக்கிவிட்டுக் கரைசலை வைக்கவும். கண்ணருகு அமைப்பில் பார்த்தால் அரைப் பகுதிகளின் பொலிவு மாறிக்காணப்படும். மீண்டும் பகுப்பானைச் சுழற்றி இரு பகுதிகளும் சம பொலிவுடன் விளங்குமாறு சுழற்றவும். அளவீடுகளை எடுக்கவும். இரு அளவீடுகளுக்குமுள்ள வேறுபாடு தளவிளைவுசுழற்சிக் கோணம் θ-வைத்தரும். கரைசல் அடர்த்தியைக் கணக்கிட்டுத் தன்திருப்புஎண்ணைக் காணலாம்.

கரைசல் குழாயின் நீளம் l சென்டிமீட்டர் எனில்

$$P = \frac{10\,\theta}{c\,l} \text{ ஆகும்.}$$

வினாக்கள்

1. தளவிளைவு என்றால் என்ன? டூர்மலின் படிகங்களைக்கொண்டு எவ்வாறு இதனைப் மெய்ப்பிக்கலாம்?

2. ப்ரூஸ்டர் விதியைக்கூறுக. இது சோதனைமூலம் மெய்ப்பிக்கப் படுவதை விளக்குக.

3. '' இரட்டை விலகல் '' விளக்குக.

4. நைகால் பிரிசு அமைப்பினை விளக்கிக் கூறு. அதனைக்கொண்டு எவ்வாறு தளவிளைவு பெற்ற ஒளியைச் சோதிக்கலாம்?

5. ஒளியியல்வினை என்றால் என்ன? அவற்றிற்கான விதிகளைக் கூறு.

6. பொலாரிமீட்டரின் அமைப்பினைக் கூறு. ஒரு திரவத்தின் தன்திருப்புஎண்ணை எவ்வாறு கணக்கிடலாம்?

7. குறிப்பு வரைக

(a) தளவிளைவுகாட்டி

(b) தட்டடுக்கு

(c) அரைநிழல்

(d) தன்திருப்புஎண்

II. காந்தவியல்
(MAGNETISM)

1. காந்தவியல்
(Magnetism)

1. அறிமுகம்

சுமார் கி. மு. ஆரும் நூற்ருண்டில் ஆசியாமைனரில் மக்னீசியா என்னுமிடத்தில் ஒரு கல் (Stone) கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. இது கருமையாகவும், அதிக எடையுள்ளதாகவும் இருந்ததோடுமட்டுமின்றிப் பொருள்களைத் தன்னைநோக்கிக் கவரும் தன்மையும் பெற்றிருந்தது. இது இரும்புத்தாது எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இந்தக் கவரும் பண்பு காந்தப் பண்பு (Magnetic Property) எனப்படும். இதை நூலால் கட்டித் தனியே தொங்கவிட்டால் வடக்கு-தெற்காக நிற்கும். இத்தகைய கல், "வழிகாட்டும் கல்" (Lode-stone or leading stone) என்று கூறப்படும்.

இயற்கைகாந்தமும் செயற்கைகாந்தமும்

மேற்கூறிய கல் இயற்கையாகக் கிடைத்தவொன்ருகும். இது மாக்னசைட் என்னும் இரும்புக் கனியாகும். இந்தக் காந்தத்தைஇயற்கைகாந்தங்கள்(Natural Magnets)என்பர். இவை செய்முறையில், செவ்வகச் சட்ட வடிவிலும் உருளைவடிவிலும், லாட வடிவிலும் இரும்பு அல்லது ஸ்டீல் கொண்டு செய்யப்படு கின்றன. இவற்றினைச் செயற்கைகாந்தங்கள் (Artificial Magnets) என்று அழைப்பர்.

காந்தப்பண்புகள்

ஒரு பொருள் காந்தமா எனக் காண அதற்குப் பின்வரும் பண்புகள் இருத்தல் வேண்டும்.

(i) **ஈர்க்கும் பண்பு** (Attraction Property): ஒரு வரை பலகையில் இரும்புத் துகள்களைத் தூவவும். கொடுக்கப்பட்ட

சட்ட காந்தத்தை அதன் மையத்தில் வைத்தால், இரும்புத் துகள்கள் அனைத்தும் காந்தத்தின் இருமுனைகளிலும் கொத்தாக ஒட்டிக்கொள்ளுகின்றன. காந்தத்தன்மை முழுவதும் இரு முனைகளில் இருப்பதாகத் தெரிகிறது. இவ்விரு முனைகளும் **காந்ததுருவங்கள்** (Magnetic Poles) எனப்படும். துகள்களைக் கவரும் இப்பண்பிற்கு, **ஈர்க்கும் பண்பு** எனப்பெயர்.

(ii) **திசைகாட்டும் பண்பு:** காந்தத்தை ஒரு நூலில் கட்டித் தொங்கவிட்டால் அது வடக்கு-தெற்கு திசையில்தான் நிற்கும். காந்தத்தைத் திருப்பி, வேறுதிசையில் வைத்தாலும் மீண்டும், அது வடக்கு-தெற்கு திசைக்குச் சென்றுவிடும். இதனைத் திசைகாட்டும் பண்பு (Direction property) d_1 என்பர். வடதிசையில் இருக்கும் காந்தமுனையை வடமுனை அல்லது வடதுருவம் (North-pole) என்றும் தெற்கு திசையிலிருக்கும், முனை, தென்முனை அல்லது தென் துருவம் (South pole) என்றும் கூறப்படும்.

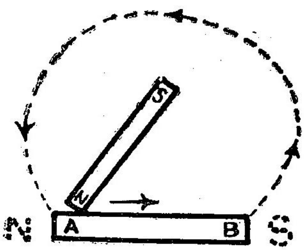
(iii) **காந்தவிலக்கம்** (Magnetic repulsion): ஒரு காந்த ஊசி, கூர்முனைபோல் தானே இயங்கும் நிலையில் அமைக்கப் பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். ஊசியின்முனை வட-தென் திசையில் இருக்கும். மற்றொரு காந்தத்தை ஊசியின் அருகில் கொண்டுவரவும். காந்தத்தின் வடமுனை ஊசியின் அருகில் வந்தால் ஊசியின் தென்முனை வடமுனை அருகில் வரும். காந்தத்தின் தென்முனை ஊசியின்-வடமுனையை ஈர்க்கும். மாறாக ஊசியின் தென்முனை அருகில் கொண்டு சென்றால் அவை விலகிக் கொள்ளும். எனவே, காந்த **நேர்முனைகள்** (Like poles) விலகும் ; **எதிர்முனைகள்** (Unlike poles) ஈர்க்கும்.

(iv) **காந்தத்தூண்டல்**(Magnetic Induction): ஓர் இரும்புத் துண்டானது, காந்தத்தினருகில் இருத்தால் அதுவும் காந்தமாக மாறுகிறது. இதுபோல இரும்புத்துண்டுக்குக் காந்தத்தன்மையைக் கொடுக்கும் பண்புக்குக் **காந்தத்தூண்டல்** என்று பெயர்.

எந்தப் பொருள்கள்மேற்கூறிய பண்புகளைக்கொடுக்குமோ அவற்றினைக் காந்தங்கள் என்கிறோம். இரும்பு, ஸ்டீல், கோபால்டு போன்றவை காந்தப்பொருள்களாகும். அல்நிகோ என்னும் உலோகக்கலவை நிலைகாந்தம் செய்வதற்குச் சிறந்த பொருளாகும். தேனிரும்பு (Soft-iron) நிலையிலாக் காந்தம் செய்வதற்கு உபயோகப்படுகிறது.

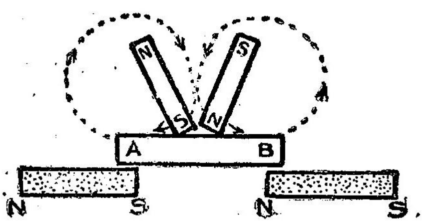
காந்தம்செய்தல் (Magnetisation) : காந்தம் செய்வதைமூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். (i) ஒற்றைத்தேய்ப்புமுறை (Single touch method), (ii) இரட்டைத் தேய்ப்புமுறை (Double touch method), (iii) மின்சாரமுறை (electrical method).

(i) **ஒற்றைத்தேய்ப்பு முறை** (Single touch method): காந்தம் செய்யவேண்டிய இரும்புத்துண்டினை (AB) மேஜைமேல் வைக்கவும். NS என்னும் நிலைகாந்தத்தின் வடமுனையை A-க்கு நகர்த்திச் செல்லவும். B-முனை சென்றதும் மேலே தூக்கிப் படத்தில் (படம் : 73) காட்டியதுபோல் A-க்கு எடுத்துச் செல்லவும். மீண்டும் A-யிலிருந்து B-க்கு எடுத்துச் செல்லவும். இது போன்று பலதடவை செய்தால் AB ஒரு நிலைகாந்தமாக மாறும். A-வட துருவமாகவும் B-தென்துருவ மாகவும், இருக்கும். இதனை ஒற்றைத்தேய்ப்புமுறை என்பர்.



படம் 73.
ஒற்றைத் தேய்ப்புமுறை

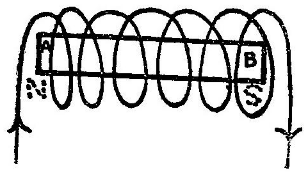
(ii) இரட்டைத்தேய்ப்புமுறை (Double touch Method) : காந்தமாக்கப்படவேண்டிய இரும்புத்துண்டு வலிமைமிக்க இரண்டு காந்தங்கள்மேல் ஒருபக்கம் N மேலும் மற்றது S மேலும்இருக்கு மாறு வைக்கவும். மேலும் இரண்டு காந்தங்களை வட முனையும், தென்முனையும் ஒன்றுக இருக்கும்படி இரும்புத் துண்டின் மையத்தில் வைத்து எதிர் திசைகளில் A-க்கும் B-க்கும் நகர்த்திச் செல்லவும். முனைகளை அடைந்ததும் மேலே எடுத்துச் சென்று மீண்டும் மையத்திற்குக் கொண்டு வந்து திரும்பச் செய்யவும். பல தடவைகள் செய்தபின் இரும்புத் துண்டு காந்தமாகிவிடும். ஒற்றைத்தேய்ப்பு முறையைவிட இதில் சீக்கிரம் காந்தமாக்கலாம். வலிமையும் அதிகமாக இருக்கும்.



படம் 74. இரட்டைத் தேய்ப்புமுறை

(iii) மின்சார முறை (Eleetrical Method)

காந்தமாக்கப்பட வேண்டிய இரும்புத்துண்டை மின்சாரம் செல்லவேண்டிய காப்பிட்ட கம்பிச்சுருளின் மையத்தில் வைத்து மின்சாரத்தைச் செலுத்தவும். இரும்புத்துண்டு காந்தமாக மாறும். மின்சாரம் செல்லும் ஆரம்பஇடம் வடமுனையாகவும், முடிந்து வெளி வருமிடம் தென்முனையாகவும் இருக்கும்.



படம் 75 மின்சாரமுறை

காந்தமகற்றல் : (Demagnetisation)

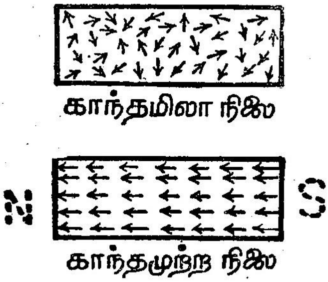
மேற்கூறிய முறைகளில் காந்தப்பொருள்களை நிலைகாந்தமாக மாற்றலாம். நிலைத்திருக்கும் காந்தத்தை நீக்குவதற்குக் "**காந்தமகற்றல்**" என்று பெயர். காந்தத்தினை முரட்டுத்தனமாகக்கையாளுதல், தரையில் விழவிட்டு எடுத்தல், போன்ற செய்கைகளால், காந்தம் நீங்கிவிடும். தணலிலிட்டு நன்கு பழுக்கக் காய்ச்சினால், காந்தம் முழுமையும் நீங்கிவிடும்.

காந்தவியல் மூலக்கூறு கோட்பாடு
(Molecular theory of magnetism)

சாதாரணமாகக் காந்தங்கள் வட, தென்முனைகளைப் பெற்றிருக்கின்றன. ஈர்ப்புப்பண்பு காந்தமுனைகளில் மட்டும் செறிவு பெற்றுள்ளது. காந்தத்தை, இரண்டாக உடைத்தால் ஒவ்வொன்றும், தனிக்காந்தமாகச் செயல்படுகிறது. முரட்டுத்தனமாகக் கையாள்வது போன்ற செய்கைகளால் காந்தநீக்கம் பெறுகிறது. இது போன்ற உண்மைகளைச் செவ்வன விளக்க **ஈவிங்** (Ewing) என்பவர் ஒரு கோட்பாட்டினை விளக்கினார். இதற்கு **ஈவிங் மூலக்கூறு கோட்பாடு** எனப் பெயர்.

காந்தப் பொருள்களை எடுத்துக் கொள்வோம். எல்லாப் பொருள்களும்எண்ணிலடங்கா மூலக்கூறுகளைக் கொண்டவை. ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் தனித்தனியே நோக்குமிடத்து வடமுனை, தென்முனை கொண்ட காந்தமாகும். ஒன்றாகச் சேர்ந்திருக்கும்போது, ஒவ்வொன்றின் விசையும் மற்றதோடு சரி செய்யப்பட்டுத் தொகுபயன் சுழியாவதால் காந்தமில்லா காட்சியினைக் காண்கிறோம்.

மாறாக மூலக்கூறுகள் காந்தமாக்கப்படும்போது, பெரும் விசையைக் கொண்டு, அவற்றினை ஒருமுகப்படுத்துகிறோம். மூலக்கூறுகள் வடமுனையெல்லாம் ஒருதிசையிலும் தென்முனை மறுதிசையிலும் இருக்குமாறு அமைக்கிறோம். எனவே அது காந்தமாகச் செயல்படுகிறது.



படம் 76. மூலக்கூறு அமைப்பு

காந்தக் கட்டையினை இரண்டாக உடைத்தால் ஒவ்வொன்றிலும், மூலக்கூறு திசைமாற்றப்படாததால் அவை மீண்டும், காந்தங்களாகின்றன. முரட்டுத்தனமாகக் கீழே விழுந்தால் மூலக்கூறுகள் நிலைமாறுவதால் காந்தநீக்கம் நடைபெறுகிறது. எனவே, மூலக்கூறு கோட்பாடு காந்தம் பற்றிய உண்மைகளை விளக்குகிறது.

வினாக்கள்

1. காந்தப் பண்புகள் யாவை? காந்தம் செய்யும் முறைகளை விளக்கு.
2. காந்தவியல் மூலக்கூறு கோட்பாடினை விளக்கு.

2. காந்தப்புலமும் காந்த அழுத்தமும்

(Magnetic field and magnetic potential)

காந்தங்களின் இருமுனைகளில் காந்தம் மிகவும் செறிவு பெற்றிருப்பதைப் பார்த்தோம். இம் முனைகள் வடமுனை என்றும், தென்முனை என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இம்முனைகளைச் சுற்றி அவற்றின் விசைகள் செயல்படுகின்றன. இதனைக் **காந்தப்புலம்** (magnetic field) என்கிறோம்.

இரு காந்தமுனைகளை ஒன்று சேர்க்கும்போது, முனைகளைப் பொறுத்து விலக்கமோ, ஈர்ப்போ நிகழ்கிறது. இதனை "**இருமடி எதிர்விகித விதி**" (Inverse square law) என்பர்.

இருமடிஎதிர்விகிதவிதி (Law of Inverse square)

இரு காந்தமுனைகளுக்கிடையே ஏற்படும் விசையானது,

(1) முனைகளின் பெருக்குத்தொகைக்கு நேர்விகிதத்திலும்

(2) இருமுனைக்களுக்கிடையேஉள்ள தூரத்தின் இருமடிக்கு எதிர்விகிதத்திலுமிருக்கும்.

முனைவலிமைகள் முறையே m_1, m_2 என்றும் அவற்றிற் கிடையேயுள்ள தூரம் d என்றும் கொண்டால், முனைகளுக் கிடையேயுள்ள ஈர்ப்பு அல்லது விலக்குவிசை F_1,

$$F \propto m_1 m_2$$

$$F \propto \frac{1}{d^2}$$

எனவே, $F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$

$\therefore F = K \frac{m_1 m_2}{d^2}$ (K என்பது ஒரு நிலைஎண்)

இந்த அமைப்பில் மேற்கொள்ளும் அலகினைச் சரிசெய்து K-யின் மதிப்பு ஒன்று எனக் கொள்ளலாம். இதனை **ஓரலகுகாந்தமுனை** (unit magnetic pole) என்பர்.

ஓரலகுமுனை (unit-pole)

காற்று அல்லது வெற்றிடத்தில் வைக்கப்பட்ட காந்தமுனை தனக்குச்சமமான மற்றொரு முனைக்கு இடையில் ஒரு செ.மீ தூரம் இருந்து அவற்றிற்கிடையே செயல்படும் விசை ஒரு டைனும் ஆனால் அம்முனை ஓரலகுமுனை என்று கூறப்படும்.

$d = 1, \quad F = 1$ என்றுவதால்,

$m_1 = m_2 = 1$

ஆதலால், $F = K \dfrac{m_1 m_2}{d^2}$ -ல் $K = 1$

$$\therefore F = \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

இந்தச் சமன்பாட்டை $F = \dfrac{m_1 m_2}{\mu d^2}$ என்றும்,

கூறுவர். μ என்பது, **உட்புகுதிறன்** (permeability) ஆகும். வெற்றிடத்தில் μ-ன் மதிப்பு ஒன்றாகும்.

காந்தப்புலவலிமை

காந்தப்புலவலிமை (Intensity of magnetic field) என்பது அப்புள்ளியில் ஓரலகு வடமுனையை வைக்கும்போது அதன்மேல் செயல்படும் விசைக்குச் சமமாகும்.

காந்தப்புலத்தில் ஓரலகு வடமுனையை வைத்தால் அதன்மேல் செயல்படும், விசை ஒரு டைன் ஆனால் அக்காந்தப் புலத்தின் வலிமை ஒரு "**ஒயிர்ஸ்டட்**" (oersted) அல்லது ஒரு "**காஸ்**" (gauss) ஆகும்.

காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டமுனைமேல் விசை

'm' முனைவலிமை கொண்ட ஒரு காந்தமானது H ஒயிர்ஸ்டட் வலிமை கொண்ட ஒரு காந்தப்புலத்தில் வைத்தால் அதன்மேல் செயல்படும் விசை $m \times H = mH$ டைன்களாகும்.

காந்தத்திருப்புத்திறன் (Moment of a Magnet)

ஒரு காந்தக்கட்டையை ஒரு ஒயிர்ஸ்டட் உள்ள சீரான காந்தப்புலத்தில், புலத்தின் திசைக்குச் செங்குத்தாக வைக்கும்

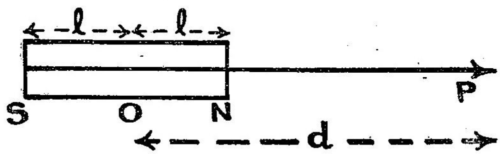
போது, அதன்மீது செயல்படும் இரட்டையின் திருப்புத் திறன் "காந்ததிருப்புத்திறன்" என்று கூறப்படும்.

அதாவது $M = 2l \times m$

காந்ததிருப்புத்திறன் காந்தமுனை வலிமை, காந்த நீளம் இவற்றின் பெருக்குத் தொகைக்குச்சமமாகும்.

காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் ஒரு புள்ளியில் செயல்படும் புலவலிமை

நீளம் $2l$, திருப்புத்திறன் M கொண்ட காந்தத்தின்

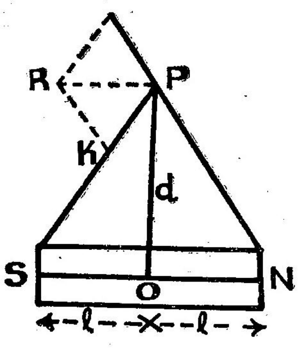


படம் 77. அச்சுக்கோட்டில் காந்தச் செறிவு

அச்சுக்கோட்டில், மையத்திலிருந்து d செ.மீ., தொலைவில் ஒரு புள்ளியில் செயல்படும், காந்தப்புல வலிமை,

$$F = \frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2}$$ ஓயிர்ஸ்டட் ஆகும்.

காந்தம் சிறியதானால் $F = \frac{2M}{d^3}$



படம் 78. நடுவரைக் கோட்டில் காந்தச்செறிவு

காந்தத்தின் நடுவரைக்கோட்டில் ஒரு புள்ளியில் செயல்படும் புலவலிமை

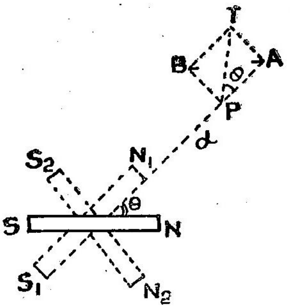
நீளம் $2l$, திருப்புத்திறன் M கொண்ட காந்தத்தின் நடுவரைக் கோட்டில் (equatorial) மையத்திலிருந்து d செ. மீ. தொலைவில் ஒரு புள்ளியில் உண்டாகும் காந்தப் புலவலிமை,

$$F = \frac{M}{(d^2 + l^2)3/2}$$ ஓயிரிஸ்டட் ஆகும்.

காந்தம் சிறியதானால், $F = \frac{M}{d^3}$ ஆகும்.

குட்டை காந்தக்கட்டையில் ஏதாவது ஒரு புள்ளியில் கிடைக்கும் காந்தப்புலவலிமை

NS என்னும் சிறிய காந்தத்தின் காந்ததிருப்புத்திறன் M ஆக இருக்கட்டும். மையம் Oவிலிருந்து 'd' தூரத்தில் P என்னும் ஒரு புள்ளியை எடுத்துக் கொள்வோம். NS-ன் காந்த அச்சுக்கு OP "θ" கோணம் சாய்ந்திருக்கட்டும்.



படம் 79.
காந்தத்தின் ஏதோ ஒரு புள்ளியில் காந்தச் செறிவு

NS என்ற காந்தக்கட்டையை $M \cos\theta$ திருப்புத்திறன் கொண்டதாக $N_1 S_1$ ஐயும், $M \sin\theta$ திருப்புத்திறன் கொண்டதாக $N_2 S_2$ ஐயும், ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்துத் திசையில் வைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம்.

எனவே, $N_1 S_1$ காந்தத்தால் P புள்ளியில் கிடைக்கும் காந்தப்புலம். $\Big\} = F_1 = \dfrac{2M\cos\theta}{d^3}$

இதனை எண்மதிப்பிலும் திசையிலும் PA காட்டட்டும்.

மேலும் $N_2 S_2$ காந்தத்தால் P-ல் கிடைக்கும் காந்தப்புலம். $\Big\} = F_2 = \dfrac{M\sin\theta}{d^3}$

இதனை PB எண் மதிப்பிலும் திசையிலும் காட்டட்டும்.

P என்னும் புள்ளியில் PA திசையில் ஒரு காந்தப்புலமும், PB-ல் மற்றொரு காந்தப்புலமும் செயல்படுகின்றன. இதன் தொகுபயனை (Resultant) P-ல் காண PATB என்னும் இணைகரத்தை வரையவும். இதன் மூலைவிட்டம் (diagonal) PT தொகுபயன் மதிப்பைக் கொடுக்கும்.

PA-க்கு PB செங்குத்தாக இருப்பதால், PATB ஒரு செவ்வகமாகும். எனவே, △PAT-ல் (செங்கோணமுக்கோணம்)

$$PT^2 = PA^2 + AT^2$$

∴ P-ல் காந்தப்புலத்தின் தொகுபயன், F $\Big\} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

$$= \sqrt{\left(\frac{2M\cos\theta}{d^3}\right)^2 + \left(\frac{M\sin\theta}{d^3}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{M^2}{d^6}\left\{4\cos^2\theta + \sin^2\theta\right\}}$$

$$= \frac{M}{d^3}\sqrt{3\cos^2\theta + 1}$$

விளைவு காந்தப்புலம், OP-யிலிருந்து தொகுபயன் புலதிசை ϕ கோணம், சாய்ந்திருக்கட்டும்.

$$\text{எனவே, } \tan\phi = \frac{TA}{PA} = \frac{F_2}{F_1}$$

$$= \frac{\frac{M \sin\theta}{d^3}}{\frac{2M\cos\theta}{d^3}}$$

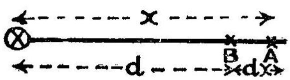
$$= \tfrac{1}{2}\tan\theta$$

$$\therefore \phi = \tan^{-1}\left(\tfrac{1}{2}\tan\theta\right)$$

காந்த அழுத்தம் (Magnetic potential)

ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஒரு காந்தமுனையை வைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். ஓர் அலகு வடமுனை ஒன்றினை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து (Infinity) இவ்விடத்திற்குக்கொண்டு வருவதாக வைத்துக்கொள்வோம். ஏற்கனவே, வைக்கப்பட்டுள்ள வடமுனை இதனை எதிர்த்துத் தள்ளும். ஆகையால் இந்த விசையை முறியடிக்க நாம் எதிர்த்து வேலை செய்யவேண்டும். இந்த வேலையே, “**காந்த அழுத்தமாக**” அங்கே செயல்படுகிறது.

ஒரு வடமுனையை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து A-வரை கொண்டு வந்ததாக எடுத்துக் கொள்வோம் (படம்-80).



படம் 80. காந்த அழுத்தம்

செய்த வேலை W_a என்போம். A-யிலிருந்து B-க்குக் கொண்டு செல்லச் செய்த வேலை W_b என்போம். எனவே, A-யிலிருந்து B-க்குக் கொண்டு செல்லச் செய்த வேலை $W_b - W_a$ ஆகும். இதுவே, B-க்கும், A-க்கும் உள்ள **காந்தஅழுத்தவேறுபாடு** (Magnetic potential difference) ஆகும்.

குறிப்பிட்ட ஒரு புள்ளியில் உள்ள **காந்த அழுத்தம்**, முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து ஒரு வடமுனையை அப்புள்ளிக்குக் கொண்டு வருவதற்குச் செய்யப்படும் வேலையே ஆகும்.

படம் 80-ல் காட்டியபடி, A-ல் காந்தப்புலவலிமை F-என்போம். இந்த வடமுனை B-க்கு dx தூரம் நகர்த்தப்

படட்டும். எனவே எதிர்த்துச் செய்யப்பட்ட வேலே Fdx ஆகும். A-க்கும் B-க்குமிடையேயுள்ள காந்தஅழுத்தவேறுபாடு dv என்போம்.

$$\text{எனவே, } dv = -\,Fdx.$$

(x குறையும்போது v அதிகமாவதால், எதிர்குறி போட வேண்டும்.)

$$\therefore\ F = -\frac{dv}{dx}$$

இதிலிருந்து ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலவலிமை அப்புள்ளியிலுள்ள அழுத்த வாட்டத்திற்குச்சமமாகும் (Potentialgradient).

ஒரு வடமுனையின் (m அலகு) d தூரத்தில் உண்டாகும் காந்த அழுத்தம் $\frac{m}{d}$ க்குச் சமம் என்று காட்டலாம்.

வினாக்கள்

1. காந்தத்திருப்புத்திறன், காந்தப்புலச்செறிவு இவற்றினை விளக்குக. குட்டை காந்தக்கட்டையின் ஏதாவது ஒருபுள்ளியில் உண்டாகும் செறிவுக்கு ஒரு தொடர்பு பெறுக.

2. காந்த அழுத்தம் என்றால் என்ன ?

3. காந்தஅளவியல்
(Magnetometry)

பொருள்களின் காந்தப்புலவலிமைகளை அளக்க காந்தமானிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவை இருவகைப்படும்.

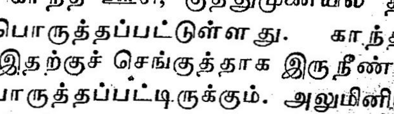
(1) **விலகு காந்தமானி** (Deflection Magnetometer).

(2) **அலைவு காந்தமானி** (Vibration Magnetometer).

முதன்முதலாக விலகுகாந்தமானியைப்பார்ப்போம்.

விலகுகாந்தமானி (Deflection Magnetometer)

விலகுகாந்தமானி ஏறக்குறைய ஒரு மீட்டர் நீளமுடைய பலகையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அதன் மையத்தில் காந்த ஊசிப்பெட்டி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஊசிப்பெட்டியின்



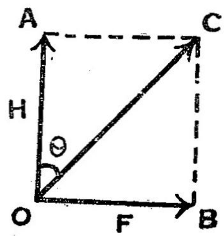
படம் 81. விலகு காந்தமானி

நடுவில் சிறிய காந்த ஊசி, குத்துமுனையில் தானே இயங்கும் வண்ணம் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. காந்தஊசி மிகவும் சிறியதாகும். இதற்குச் செங்குத்தாக இரு நீண்ட அலுமினியக் குறிமுட்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அலுமினியக் குறிமுட்கள் காந்தஊசிப் பெட்டிகளின் விளிம்பில் அமைக்கப்பட்டுள்ள அளவுகோல் மேல்இயங்கும். அளவுகள் டிகிரிகளில் O°, 90°, O°, 90° எனக் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

டேன்ஜண்ட் விதி (Tangent Law)

விலகுகாந்தமானியானது புவிகாந்த கிடைத்தளத்தில் வைக்கப்படுகிறது. இதனுடைய செறிவு H என்போம். கட்டை காந்தத்தை வைக்கும்போது, அதனுடைய புலச்செறிவு F புவிகாந்த கிடைத்தள வலிமைக்குச் செங்குத்தாகச் செயல்படும்.

(படத்தில் 82)OAகிடைத்தளப் புலவலிமையையும் OB காந்தப் புலவலிமையையும் குறிக்கும். கட்டைக்காந்தத்தால் காந்த ஊசி புவிகாந்த திசையிலிருந்து θ தூரம் விலகுகிறது.



படம் 82.
டேன்ஜண்ட்விதி

எனவே, $$\tan\theta = \frac{AC}{OA}$$

$$= \frac{F}{H}$$

$$\therefore F = H\tan\theta$$

இதனை, டேன்ஜண்ட் விதி (Tangent Law) என்பர்.

இருகட்டை காந்தங்களின் திருப்புத் திறனை ஒப்பிடுதல்

(i) " டேன் A நிலை " " (Tan—A—Position) "

மேசைமீது விலகுக்காந்தமானியை கிடைமட்டமாக வைக்கவும். அதனுடையகரங்கள் ஊசிப்பெட்டியின் அலுமினியக் குறிமுட்களுக்கு இணையாக இருக்குமாறு சரிசெய்யவும். புயங்கள் கிழக்கு, மேற்காக வரும். கரங்களை அசைக்காமல் ஊசிப்பெட்டியைச் சுழற்றிக் குறிமுட்கள் - சுழி-சுழியைத் தொடுமாறு சுழற்றவும். இந்நிலையே " டேன் A நிலை " என்று அழைக்கப்படும்.

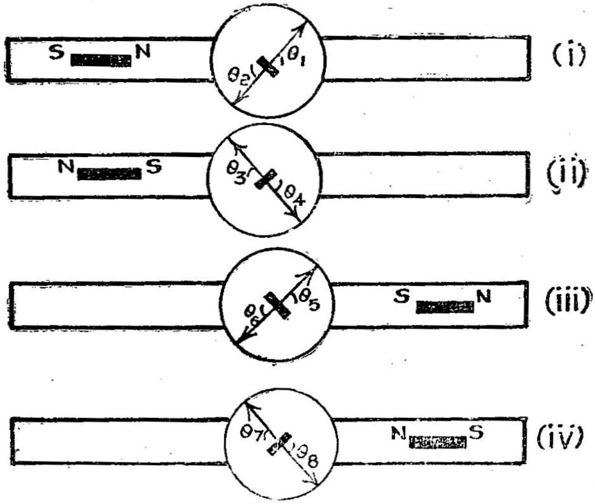
மேற்கூறிய நிலையில் காந்தத் திருப்புத்திறன்களை ஒப்பிட இருவகைகள் உண்டு.

(a) **சமதூரமுறை** (Equal Distance Method)

கொடுக்கப்பட்ட இருகாந்தங்களை எடுத்துக் கொள்வோம். முதல் காந்தத்தின் திருப்புத் திறன் M_1, என்றும், முழுநீளம் $2l_1$ என்றும் கொள்வோம். இரண்டாம் காந்தத்தின் திருப்புத் திறன் m_2 என்றும் முழுநீளம் $2l_2$ என்றும் கொள்வோம். முதல் காந்தத்தை (M_1) விலகுகாந்தமானியின் இடதுகரத்தில் காந்த அச்சு காந்தஊசி மையம் வழியாகச் செல்லுமாறு ஒரு

குறிப்பிட்ட தூரத்தில் (d) என்பது காந்தத்தின் மையப்புள்ளியிலிருந்து ஊசி மையம்வரை உள்ள தூரம் ஆகும். காந்தஊசி விலகுவதால். அலுமினியக் குறிமுட்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட விலகல்கோணத்தைக் காட்டுகின்றன. விலகல் கோணம் 30°-யிலிருந்து 60° வரை உள்ளதாக எப்போதும் சரி செய்யவேண்டும். இருபக்கமுள்ள கோணங்கள், θ_1 θ_2 வைக்குறிக்கவும் [படம் 83 (a) (i)].

அதேநிலையில் காந்தத்தின் முனைகளைத் திருப்பவும். மீண்டும் அலுமினியக் குறிமுட்களில் விலக்கம் நிகழ்கிறது.



படம் 83. (a) விலகு காந்தமானி : டேன் A. நிலை சமதளமுறை

அவற்றைக் குறிக்கவும் (θ_3, θ_4). காந்தத்தை வலதுகரத்தில் அதே தூரம் d-ல் வைத்து மறுபடி நான்கு அளவீடுகள் θ_5, θ_6, θ_7, θ_8, எடுக்கவும். இந்த எட்டு அளவீடுகளின் சராசரி θ' என்போம்.

முதல் காந்தத்தை அகற்றிவிட்டு இரண்டாவது காந்தத்தை (M_2) அதே தூரம் d-ல் வைத்துச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்யவும். எட்டு அளவீடுகளின் சராசரியை θ'' என்போம்.

முதல் காந்தத்திற்கு, $\frac{2M_1 d}{(d^2 - l_1^2)^2} = H \tan\theta'$ ....(1)

இரண்டாவது காந்தத்திற்கு, $\frac{2\,M_2\,d}{(d^2 - l_2^2)^2} = H \tan\theta''$ ....(2)

(1) ஐ (2) ஆல் வகுத்தால்,

$$\frac{\dfrac{2\,M_1\,d}{(d^2-l_1^2)^2}}{\dfrac{2\,M_2\,d}{(d^2-l_2^2)^2}} = \frac{H\tan\theta'}{H\tan\theta''}$$

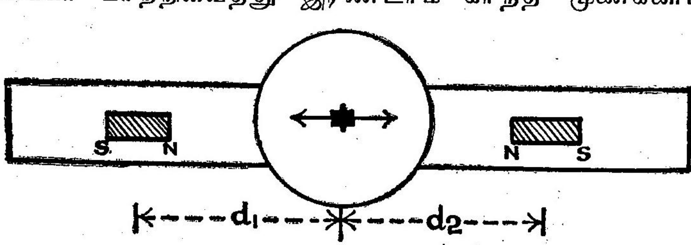
$$\therefore\ \frac{M_1}{M_2} = \frac{(d^2-l_1^2)}{(d^2-l_2^2)^2} \times \frac{\tan\theta'}{\tan\theta''}$$

காந்ததிருப்புத்திறன்களின் தகவு கிடைக்கிறது. மேற்கண்ட சோதனையைப் பல தூரங்களுக்குத் திரும்பச்செய்து சராசரி $\frac{M_1}{M_2}$-ஐ எடுத்துக் கொள்ளவும்.

(b) சமவிலக்கமுறை அல்லது சுழிவிலக்கமுறை (Equal deflection method or Null method)

இந்த முறையில் முதல் காந்தம் உண்டாக்கும் காந்த ஊசி விலக்கத்தை இரண்டாம் காந்தம் எதிர்த்துச் சுழியாக்குகிறது. அதனால், இதனைச் சமவிலக்கமுறை அல்லது சுழிவிலக்கமுறை என்று அழைக்கின்றனர்.

முதல் காந்தத்தை இடதுகரத்தில் "d_1" தொலைவில் வடமுனைஊசியைப் பார்த்துள்ளபடி வைக்கவும். இரண்டாவது காந்தத்தை எதிர்கரத்தில் வடமுனை ஊசியைப் பார்த்து இருக்கும்படி வைக்கவும். முதல் காந்தத்தால், விளைந்த விலக்கத்தை இது எதிர்க்கும். இரண்டாவது காந்தத்தை நகர்த்தி விலக்கம் சுழியாகும்வரை சரிசெய்யவும். இரண்டாவது காந்தத்தின் மையத்திலிருந்து காந்த ஊசிக்கு உள்ள தூரம் "d^{1}_{2}" ஐ அளக்கவும். அதே நிலையில் முதல் காந்தத்தின் முனைகளை மாற்றிவைத்து இரண்டாம் காந்த முனைகளையும்



படம் 83 (b), விலகுகாந்தமானி டேன் A-நிலை : சமவிலக்கமுறை

மாற்றி விலக்கம் சுழியானதும் தூரம் d_2'' ஐ அளக்கவும். முதல் காந்தத்தை வலதுகரத்தில் அதே தூரத்தில் வைத்து

மேற்கண்ட சோதனையைத் திரும்பச் செய்யவும். இரண்டாம் காந்தத்திற்கு d_2''', d_2'''' இரண்டு அளவுகள் கிடைக்கும். இரண்டாம் காந்தத்தின் நான்கு தூரங்களின் சராசரியை d_2 என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

முதல்காந்தத்தின் புலவலிமையை இரண்டாம் காந்தம் சரி செய்கிறது.

$$\text{எனவே,} \quad \frac{2M_1 d_1}{(d_1^2 - l_1^2)^2} = \frac{2 M_2 d_2}{(d_2^2 - l_2^2)^2}$$

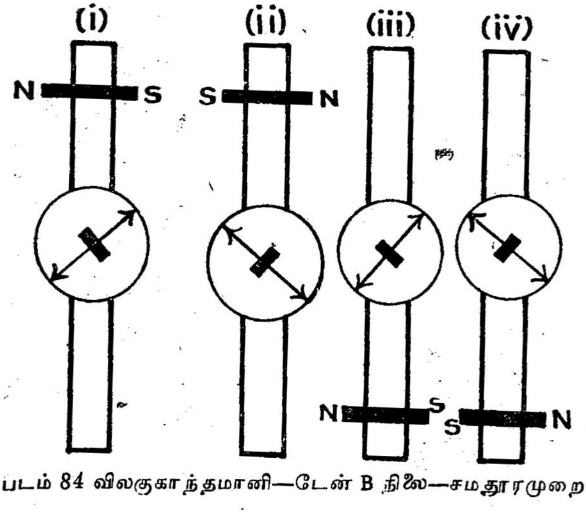
$$\text{ஆதலால்} \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{(d_1^2 - l_1^2)^2}{(d_2^2 - l_2^2)^2} \times \frac{d_2}{d_1}$$

(ii) டேன் B நிலை (Tan—B—Position)

விலகுகாந்தமானியானது மேசைமீது வைக்கப்பட்டு, அதன் கரங்கள் காந்தஊசிக்கு இணையாக இருக்குமாறு அமைக்கவும். காந்தமானியின் கரங்கள் வடக்கு, தெற்கி லிருக்கும் இந்தநிலையை மாற்றுமல், குறிமுட்கள் ○—○ இருக்குமாறு சரி செய்யவும்.

(a) சமதூர முறை

காந்தமானி டேன் B-ல் வைத்தபின் முதல்காந்தத்தை (M_1) விலகுமானியின் மேல்கரத்தில் கிழக்கு மேற்காக



படம் 84 விலகுகாந்தமானி—டேன் B நிலை—சமதூரமுறை

இருக்கும்படி d தூரத்தில் வைக்கவும். விலகல் θ_1, θ_2 வைக்

குறித்துக் கொள்ளவும். அதே இடத்தில், முனைகளை மாற்றி, θ_3, θ_4 குறிக்கவும். எதிர்கரத்தில் காந்தத்தை வைத்து மேற்கண்ட முறையில் θ_5, θ_6, θ_7, θ_8, குறிக்கவும். எட்டு அளவீடுகளின் சராசரி θ' ஆக இருக்கட்டும். இரண்டாவது காந்தத்தை (M_2) அதே தூரத்தில் வைத்து, மேற்கண்டபடி எட்டு அளவீடு எடுக்கவும். அதன் சராசரி, θ'' எனலாம்.

எனவே, முதல் காந்தத்திற்கு, $\frac{M_1}{(d^2+l_1^2)^{3/2}} = H \tan\theta'$.........(1)

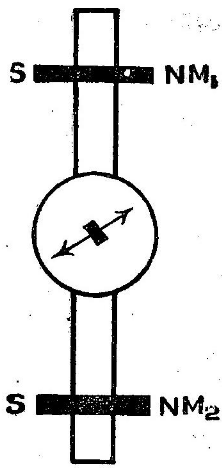
இரண்டாவது காந்தத்திற்கு, $\frac{M_2}{(d^2+l_2^2)^{3/2}} = H \tan\theta''$......(2)

(1) ÷ (2) லிருந்து $\frac{M_1}{M_2} = \frac{(d^2+l_1^2)^{3/2}}{(d^2+l_2^2)^{3/2}} \times \frac{\tan\theta'}{\tan\theta''}$

தூரங்களை மாற்றிப் பல அளவீடுகள் எடுத்துச் சராசரி $\frac{M_1}{M_2}$-ஐக் காணவும்.

(b) சமவிலக்கமுறை

விலகுகாந்தமானியை "டேன்-B நிலை"யில் அமைக்கவும். முதல் காந்தத்தை d_1 தூரத்தில் மேல்கரத்தில் கிழக்கு மேற்காக வைக்கவும். காந்த ஊசி விலகும். இரண்டாம் காந்தத்தை எதிர்திசையில் வைத்துக் குறிமுட்கள் விலகல் சுழியாகும் வரை சரி செய்யவும். தூரம் d_2^1 என்போம். அதே நிலையில் முனைகளை மாற்றி d_2''-ம் எதிர்திசையில் வைத்து d_2'''-ம் d_2''''-ம் எடுக்கவும். இரண்டாம் காந்தத்திற்குச் சராசரி d_2 என்போம்.



படம் 85.
விலகுகாந்தமானி : டேன் B நிலை-சமவிலக்கமுறை

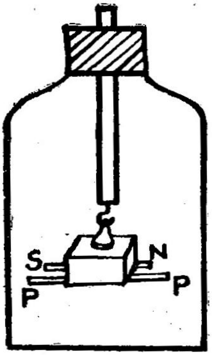
இருகாந்தங்களின் வலிமையும் சமமாவதால் விலகல் சுழியாகிறது.

எனவே, $\frac{M_1}{(d_1^2+l_1^2)^{3/2}} = \frac{M_2}{(d_2^2+l_2^2)^{3/2}}$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{(d_1^2+l_1^2)^{3/2}}{(d_2^2+l_2^2)^{3/2}}$$

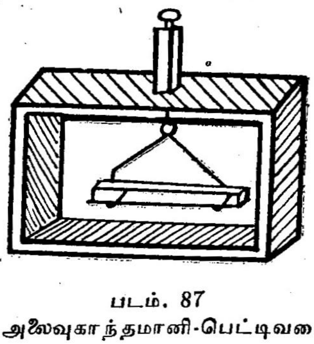
அலைவுகாந்தமானி ("Vibration magnetometer")

சியேர்ள்ஸ் (Searle's) என்பவர் முதன்முதலாக இதனைக் கண்டுபிடித்தார். இதனை சியேர்ள்ஸ்அலைவுமானி என்று அழைப்பர். பித்தளைத் துண்டு ஒன்றின் மேல் NS என்னும் சிறியகாந்தம் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதன் அடியில் PP என்னும் அலுமினியக் குறிமுட்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. காந்த அசைவைக் கணக்கிட இக்குறிமுட்கள் பயன் படுகின்றன. ஒரு மெல்லிய முறுக்கற்ற நூலால் இவை கட்டப்பட்டுக் கண்ணாடி ஜாடியில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. பித்தளைத்துண்டு நிலைமத்திருப்புத் திறன் (Moment of inertia) அதிகம் கொண்டிருக்கும். எனவே, அலைவு சீராக எண்ண உதவுகிறது. கண்ணாடி ஜாடியில் இருப்பதால், வெளிக் காற்றினால் தொல்லைகள் இரா.



படம் 86.
அலைவுகாந்தமானி

கொடுக்கப்பட்ட பலவடிவ காந்தங்களைக் கொண்டு சோதனை செய்ய, பெட்டிவடிவ (Box-Type) அலைவுகாந்தமானி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. நான்கு பக்கங்களும் கண்ணாடியால் செய்யப்பட்டுப் பொருத்தப் பட்டுள்ளன. அவைகளைக் கதவு கள்போல் வெளியே எடுத்துச் செருக முடியும். பெட்டியின் மையத்தில் ஒரு குழாய் இணைக் கப்பட்டு, அதன்உச்சியிலிருந்து நூலினால் கட்டப்பட்ட கொக்கி கள் தொங்குகின்றன.



படம். 87
அலைவுகாந்தமானி-பெட்டிவகை

அடிப்பாகம் கண்ணாடியால் ஆனது. ஒரு வெட்டுக்கோடும் உள்ளது. இக்கோட்டினைக் காந்தம் கடக்கும்போது அலைவுகளைக் கணக்கிடலாம்.

காந்தப்புலத்தில் காந்தத்தின் அலைவுநேரம்
(Period of oscillation of a magnet In a magnetic - field)

M அலகுதிருப்புத்திறன் கொண்ட ஒரு சட்ட காந்தமானது H அலகு காந்தப் புலவலிமை கொண்ட ஒரு சீரான காந்தப்

புலத்தில் சீரான, முறுக்கற்ற நூலால் தொங்கவிடப்படட்டும். அது அலேய ஆரம்பிக்கும். ஒரு நிலேயில் காந்தபுலத்திலிருந்து θ கோணம் விலகியிருக்கட்டும்.

காந்தத்தின்மேல் செயல்படும் இரட்டை $\phi = MH \, Sin \, \theta$. எனவே, காந்தத்தின் நிலேமத்திருப்புத்திறனுல் (moment of Inertia) மீட்சி இரட்டை செயல்படும். I-என்பது காந்தத்தின் நிலேமத்திருப்புத்திறன் என்ருல்,

$$\text{மீட்சி இரட்டை} = I \frac{d^2 \theta}{dt^2}$$

$$\therefore I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -M \, H \, Sin \, \theta$$

(எதிர்குறி இரட்டைகள் எதிர்திசையில் உள்ளது எனக்காட்டுகிறது)

$$\text{எனவே,} \quad \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{MH}{I} \theta$$

(θ சிறியதாக இருக்கும்போது $\because Sin \, \theta = \theta$). இது காந்த அலேவுகள் சீரிசை இயக்கம் கொண்டவை எனக்காட்டுகிறது.

$$\text{அலேவுநேரம் } T, = \frac{2\pi}{w} \left[w^2 = \frac{MH}{I} \text{ ஆகும்} \right]$$

$$\therefore T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{MH}}$$

அலேவுகாந்தமானியைக் கொண்டு காந்த திருப்புத்திறன்களே ஒப்பிடுதல்

கொடுக்கப்பட்ட இருகாந்தங்களின் திருப்புத்திறன்கள் முறையே M_1, M_2 ஆக இருக்கட்டும். அலேவுகாந்தமானியானது புவிகாந்தப்புலத்தில் புவிகாந்த அச்சில் அமைக்கப்பட்டு, முதல் காந்தத்தை (திருப்புறத்திறன் M_1) வைத்து அலேவுநேரத்தைக் காணவும். இருபது அலேவுகளுக்கான நேரத்தைக் கணக்கிடவும்.

அலேவு நேரம் T_1 என்றும் நிலேமத்திருப்புதிறன் I_1 என்றும் கொண்டால்,

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{M_1 H}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

இரண்டாம் காந்தத்தை (திருப்புதிறன் M_2) வைத்து மேற்கண்ட சோதனையைச்செய்து அலைவுநேரம் T_2 வைக் காணவும். இப்போது, நிலைமத்திருப்புத்திறன் I_2 என்றால்,

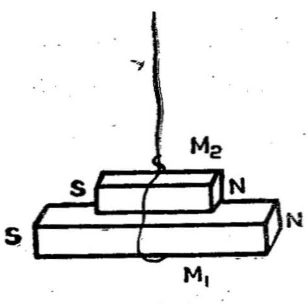
$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_2}{M_2 H}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

$\therefore \quad \frac{(1)}{(2)}$, கொடுப்பது, $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{M_2 I_1}{M_1 I_2}}$

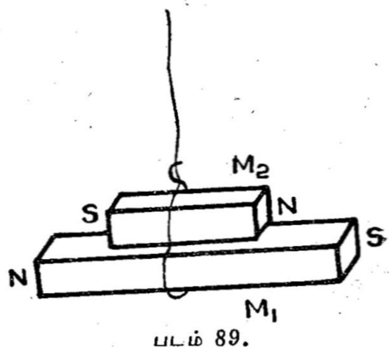
எனவே, இருமடிபடுத்தினால், $\frac{M_1}{M_2} = \frac{I_1 T_2^2}{I_2 T_1^2}$

இதில் I_1, I_2 மதிப்புகள் வேண்டும். காந்தங்களின் அளவுகளை எடுத்து நிறையைக் கணக்கிட்டு இவற்றைக் காணலாம்.

மாற்று முறை : இம்முறையில் இருகாந்தங்களையும் ஒன்றின் மேலொன்றாகவைத்து அலைவு நேரங்கணக்கிடவேண்டும். வடமுனை இரண்டும், ஒரே திசையிலுண்டு.



படம் 88.
காந்தமுனைகள் ஒன்றியிருத்தல்



படம் 89.
காந்தமுனைகள் எதிர்திசையிலிருத்தல்

இதில் காந்தத் திருப்புத்திறன்கள் தொகுபயன் அவற்றின் கூட்டுத்தொகையாகும்.

எனவே, $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1 + I_2}{(M_1 + M_2)H}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$

இரு காந்தங்களையும், முனைகள் எதிரெதிராக இருக்குமாறு, திருப்பி வைத்து அலைவுகளைக் கணக்கிடவும். காந்தத்திருப்புத் திறன்களின் தொகுபயன் அவற்றின் வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும்.

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1 + I_2}{(M_1 - M_2)H}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

(1)-ஐயும் (2)-ஐயும் இருமடி படுத்தினல்,

$$T_1^2 = 4\pi^2 \frac{I_1+I_2}{(M_1+M_2)H} \quad ....(3)$$

$$T_2^2 = 4\pi^2 \frac{I_1+I_2}{(M_1-M_2)H} \quad ....(4)$$

$\frac{3}{4}$, எடுத்துச் சரிபடுத்தினல், $\frac{M_1+M_2}{M_1-M_2} = \frac{T_2^2}{T_1^2}$

$$\therefore \frac{M_1}{M_2} = \frac{T_2^2+T_1^2}{T_2^2-T_1^2}$$

இதில் நிலைமத்திருப்புத்திறன்கள் நீக்கப்பட்டுள்ளன.

புவிகாந்தப்புல வலிமைகளை இரண்டு இடங்களில் எடுத்து ஒப்பிடல்

சியேர்ள்ஸ் அலைவுகாந்தமானியைக் கொண்டு இதனைக் கணக்கிடலாம். கிடைத்தளப் புலவலிமை H_1 உள்ள இடத்தில் இதனை அலையவிட்டு அலைவு நேரம் T_1 ஐக்காணவும்.

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{M H_1}}$$

I என்பது நிலைமத்திருப்புத்திறன்; M என்பது காந்தத் திருப்புத்திறன்.

இருமடிப்படுத்தினல், $T_1^2 = 4\pi^2 \frac{I}{MH_1}$

ஆதலால், $H_1 \propto \frac{I}{T_1^2}$ ....(1)

இதே சோதனையை H_2 கிடைத்தளப் புலவலிமைகொண்ட இடத்தில் செய்து அலைவு நேரம் T_2 வைக்காணவும்.

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{M H_2}}$$

$$\therefore H_2 \propto \frac{I}{T_2^2} \quad ....(2)$$

$\frac{(1)}{(2)}$ கொடுப்பது, $\frac{H_1}{H_2} = \frac{T_2^2}{T_1^2}$

புவிகாந்த கிடைத்தளச் செறிவு (H), காந்தத்திருப்புத்திறன் (M) ஆகியவற்றின் தனி (absolute) மதிப்புகளை அளவிடல்

விலகுகாந்தமானியையும் அலைவுகாந்தமானியையும் பயன்படுத்தி இச்சோதனையைச் செய்ய வேண்டும். முதலில்

விலகுகாந்தமானியை எடுத்து மேசைமேல்வைத்து, டேன் A நிலைக்குச் சரி செய்யவும். கொடுக்கப்பட்ட ஒரு கட்டை காந்தத்தை (திருப்புத்திறன் M) இதன் மையத்திற்கும், காந்த ஊசிக்குமிடையேயுள்ள தூரம் "d" இருக்குமாறு இடது புயத்தில் வைக்கவும். குறிமுட்கள் அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும். காந்தமுனைகளை மாற்றியும், மறுபுயத்தில் வைத்தும் பல அளவீடுகள் எடுக்கப்படட்டும். அளவீடுகளின் சராசரி θ என்ருல்,

$$\frac{2\,Md}{(d^2-l^2)^2} = H \tan\theta$$

(l என்பது காந்தத்தின் அரைநீளம்)

எனவே, $$\frac{M}{H} = \frac{(d^2-l^2)^2}{2d} \times \tan\theta$$

பலதூரங்களுக்கு மாற்றிச்செய்து சராசரி $\frac{M}{H}$ அளவினைக் காணவும்.

விலகுகாந்தமானியை டேன் B நிலையில் வைத்து, மேற்கண்ட சோதனையைத் திரும்பச்செய்யவும்.

$$\frac{M}{(d^2+l^2)\ 3/2} = H \tan\theta$$

$$\frac{M}{H} = (d^2+l^2)\ 3/2 \tan\theta$$

பலதூரங்களுக்குச் செய்து $\frac{M}{H}$ சராசரியைக் கணக்கிடவும்.

எனவே, டேன் A, டேன் B நிலைகளின் சராசரி $\frac{M}{H}$ ஐ அறியலாம்.

$$\frac{M}{H} = x \text{ என்போம் } \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

அடுத்து, அலைவுகாந்தமானி (பெட்டி வகையை) மேசைமேல் வைத்து அதன் அச்சு, புவிகாந்த அச்சிலிருக்கு மாறு, அமைக்கவும். கொடுக்கப்பட்ட காந்தத்தைக் கொக்கியில் வைத்து, அலைவு நேரம் T, காணலாம். ஒவ்வொரு தடவையும் இருபது அலைவுகளுக்கு மூன்று தடவை அளவிட்டுச் சராசரி எடுக்க வேண்டும்.

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

$$MH = \frac{4\pi^2 I}{T^2}$$

காந்தத்திருப்புத்திறன், I-ஐக் காண, காந்தநிறையையும் (m கிராம்) காந்தநீள (a செ. மீ) அகலங்களையும் (b. செ. மீ.) அளக்கவும். மைய அச்சுவழியாக a, b பக்கங்களுக்குச் செங்குத்தாக அலையும் செவ்வகக்கட்டை காந்தத்திற்கு,

$$I = m \left[\frac{a^2 + b^2}{12}\right] \text{ ஆகும்.}$$

a செ. மீ. நீளமும், *r* செ. மீ ஆரமும், m கிராம் நிறையும் கொண்ட உருளைவடிவ காந்தத்திற்கு

$$I = m \left[\frac{a^2}{12} + \frac{r^2}{4}\right] \text{ ஆகும்.}$$

MH மதிப்பு, "*y*", என்போம்.

$$\therefore M^2 = x \times y$$

$$M = \sqrt{xy}$$

$$\text{மேலும், } H^2 = \frac{y}{x}$$

$$H = \sqrt{\frac{y}{x}}$$

எனவே M-ம், H-ம் அவற்றின் தனிமதிப்புகளைத் தருகின்றன.

வினாக்கள்

1. விலகுகாந்தமானி கொள்கையை விளக்குக. இதனைக்கொண்டு இரு கட்டை காந்தங்களில் திருப்புத்திறன்களை எவ்வாறு ஒப்பிடுவாய் ?

2. அலைவுகாந்தமானி கொள்கையை விளக்குக, எனவே $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{MH}}$ என்னும் தொடர்பினைப் பெறுக.

3. M, H-ன் தனிமதிப்புகளைக் காணும் சோதனையை விவரி.

4. புவிகாந்தம்
(Terrestrial Magnetism)

அறிமுகம்

காந்தஊசிப் பெட்டியைப் புவியின்மீது வைத்தால், அது வடக்குத் தெற்காக நிற்கிறது. செங்குத்தாக நிறுத்தினுல் வடமுனை மேல்நோக்கி நிற்கிறது. எனவே புவியானது, ஒரு காந்தம்போல் செயல்படுகிறது. காந்தச்செறிவு மிகவும் குறைவு என்ருலும் இடத்திற்கு இடம் ஓரளவு மாறுகின்றது. எனினும் ஒவ்வொரு இடத்திலும் காந்தவிசைக்கோடுகள் சீராக, நேராக, இணையாக அமையும். புவியின் காந்தஅச்சு வடக்கு தெற்காக அமையும். இனிப் புவிகாந்த உறுப்புகளைப் பற்றிக்காண்போம்.

புவிகாந்த உறுப்புகள் : புவிகாந்தத்தைஅளப்பதற்கு, மூன்று விவரங்கள் தெரியவேண்டும். அவற்றிற்குக் **காந்த தனிமங்கள்** (elements) என்று பெயர். அவையாவன,

(1) ஓதுக்கம் (declination)
(2) சரிவு (dip)
(3) கிடைச்செறிவு (Horizontal Intensity)

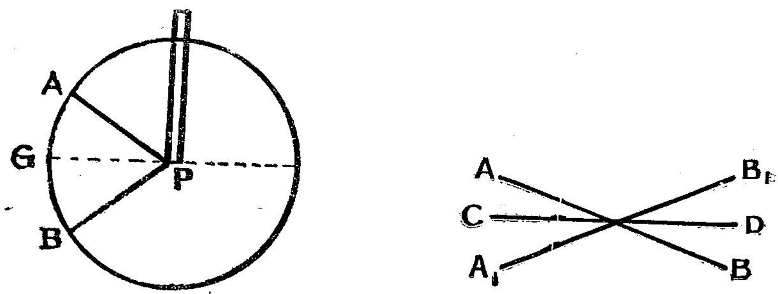
ஓதுக்கம் (Declination)

புவியின் வட, தென் துருவம் வழியாகச் செல்லும், நேர்கோடு புவியியல் அச்சு (geographic meridian) எனப்படும். புவியின் காந்த முனைகளான வட, தென் முனைகள் வழியாகச் செல்லும் நேர்கோடு புவிகாந்த அச்சாகும் (Magnetic-meridian).

ஓதுக்கம் என்பது, காந்த அச்சுக்கும், புவியியல் அச்சுக்கும் இடைப்பட்ட கோணமாகும்.

இதை அளவிட பின்கண்ட முறையைப் பயன்படுத்துகிறார்கள். ஓர் அடி உயரமுள்ள கோலை, மேசைமேல் பரப்பிய காகிதத்தில் வைக்கவும். காலையில் ஞாயிறானது கோலின் நிழலை உண்டாக்கும். காலை 10 மணி அளவில் அதன் நிழல் PA படம் (90 i)-ஐக் குறித்துக் கொள்ளவும். மீண்டும், ஞாயிறு உயர்ந்து பகல் 2-மணிக்கு, அதன் நிழல் (PB)-ஐக் குறிக்கவும். எனவே, APB கோணத்தின் இருசம வெட்டி GP யானது, புவியியல் அச்சினைக்கொடுக்கும்.

அதே காகிதத்தில் காந்தஅச்சினை வரைய, ஒரு கட்டை காந்தத்தை நூலால் கட்டி, அதன்மேல் தொங்கவிடவும். தடையின்றித் தொங்கும் நிலையில் காந்த இரு முனையின் நிலைகளைக் குறித்துக்கொள்ளவும். (AB) (படம் 90 ii) காந்தத்தை மேல்கீழாகத் திருப்பி மீண்டும், (A_1 B_1) நிலைகளை மேற்கண்டவாறு செய்யவும்.



படம் 90.

(i) புவியியல் அச்சுக்காணல் (ii) புவிகாந்த அச்சுக்காணல்

AOA_1 கோணத்தின் இருசமவெட்டி CD, அவ்விடத்தில் புவிகாந்தஅச்சினைக் குறிக்கும்.

எனவே, புவியியல் அச்சு GP-க்கும் காந்தஅச்சு CD-க்கும் இடையேயுள்ள கோணம் ஒதுக்கக் கோணமாகும்.

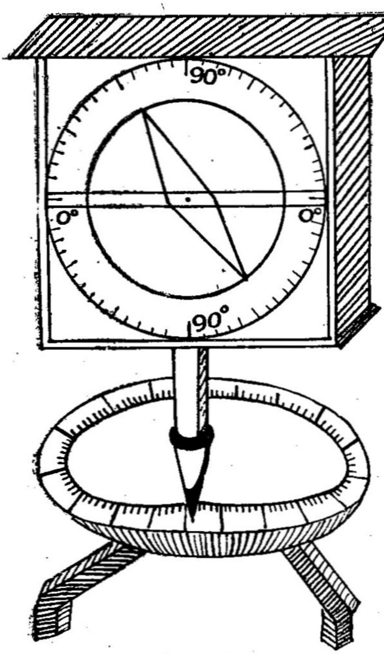
சரிவு (DIP)

புவியின் ஓரிடத்தில் கிடைத்தளச் செறிவும் செங்குத்துச் செறிவும் செயல்படுகின்றன. இவற்றின் தொகுபயன் இவ்விடத்தில் மொத்த காந்தப்புலச்செறிவைக் காட்டும். எனவே, குறிப்பிட்ட இடத்தில் புவிகாந்த மொத்த செறிவுக்கும் (total intensity) கிடைத்தளத்திற்கும், இடையேயுள்ள

கோணத்திற்குச் சரிவு (DIP) என்று பெயர். இதனை அளக்கும் கருவிக்குச் சரிவு வட்டம் (dip circle) எனப்பெயர்.

சரிவு வட்டம் (dip circle)

சரிவு வட்டத்தினைக் கொண்டு, ஓரிடத்தில் சரிவை அளவிட முடியும். கண்ணாடிக் கதவுகள் உள்ள ஒரு மரப்பெட்டியானது செங்குத்தான, அச்சில் சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அடிப்பாகத்தில் படத்தில் காட்டியதுபோல், ஒரு வட்ட அளவுகோல் உண்டு. இது பாகையில் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். மரப்பெட்டி எந்த அளவு சுழன்றது என்பதை, இதனை வைத்துக்காணலாம். இங்கு ஒரு வெர்னியரும் உண்டு. இந்த அமைப்பின் அடிமட்டம் (base) மூன்று சரிமட்ட திருகாணிகளோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு ரசமட்டமும் (Spirit - Level) அமைக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 91. சரிவு வட்டம்

கண்ணாடிப்பெட்டிக்குள் கிடைத்தள அச்சு ஒன்று அமைக்கப்பட்டுச் செங்குத்தான வட்ட அளவுகோல், பாகையில் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு மெல்லிய எஃகாலான காந்தம், எஃகாலான அச்சுமேல் பொருத்தப்பட்டு, அகேட் கத்தி விளிம்புமேல் செங்குத்துத் தளத்தில் சுழலுமாறு, பொருத்தப்பட்டிருக்கும். காந்தஊசியின் ஈர்ப்புமையமும், வட்ட அளவுகோல்மையமும், ஒன்றோடொன்று பொருந்தியிருக்கும். அளவுகோலின் ஒவ்வொரு கால்வட்டமும் 0°-லிருந்து 90° வரை அளவிடப்பட்டுள்ளது. 0°—0° கிடைமட்டத்திலிருக்கும் காந்தஊசிமுள் எங்கு நிற்கிறதோ அந்த அளவீடுகளை எடுக்கவேண்டும்.

சரிவுகோணத்தை அளக்குமுன், இக்கருவியின் ரசமட்டம் கிடைத்தளத்திலிருக்க திருகாணிகளைச் சரிசெய்யவும். காந்த

ஊசிப்பெட்டியைச் சுழற்றி காந்தஊசி 90°—90° அளவினைக் காட்டுமாறு அமைக்கவும். இப்போது அடித்தள வெர்னியர் அளவினைக் குறித்துக்கொள்ளவும். இந்நிலையில் காந்தஊசி புவிகாந்த செங்குத்துச் செறிவில் உள்ளது. பெட்டியை இந்நிலையிலிருந்து சரியாக 90° சுழற்றவும். எனவே, காந்த ஊசியானது புவிகாந்த தளத்தில் வரும். காந்த ஊசியின் இரு முனைகள் காட்டும் அளவினை எடுக்கவும். இது சரிவுகோணத்தைக்காட்டும். பெட்டியினை மேலும் சரியாக 180° சுழற்றிக் காந்தஊசியின் அளவுகளை எடுக்கவும். இந்த நான்கு அளவீடுகளின் சராசரி புவிகாந்த உறுப்பான சரிவுகோணமாகும். அளவீடுகள் எடுக்கும்போது துல்லியமான அளவு காணக்கவனிக்க வேண்டியவை.

(i) ஊசியின் இருமுனைகள் காட்டும் அளவைக் குறிக்க வேண்டும். ஊசியின் ஈர்ப்பு மையமும், வட்டக்கோல் மையமும் பொருந்தாமலிருந்தால் தோன்றும் பிழை இதனால் தவிர்க்கப்படுகிறது.

(ii) ஊசியானது அச்சின்மீது இடவலமாகமாற்றி, அளவீடுகள் மீண்டும் எடுக்க வேண்டும். இதனால், ஈர்ப்புப் புள்ளி, அச்சு இவை பொருந்தாமலிருந்தால்உண்டாகும் பிழை தவிர்க்கப்படுகிறது.

(iii) பெட்டியை 180° சுழற்றி எடுப்பதால், செங்குத்து நிலைக்கோடு கிடைமட்ட நிலையில் அளவுகோல் O-O-ல் இல்லாமலிருந்தால் ஏற்படும் பிழை தவிர்க்கப்படுகிறது.

(iv) காந்த ஊசியானது காந்த நீக்கமேற்படுத்தப்பட்டு, மீண்டும் எதிர்திசையில் காந்தமாக்கப்பட்டு அளவீடுகள் எடுப்பதால், காந்த ஊசியின் அச்சு அதன் ஈர்ப்பு-மையத்தில் அமையாமல் இருந்தால் ஏற்படும் பிழை திருத்தப்படுகிறது.

புவிகாந்த கிடைச்செறிவு

புவியின் கிடைத்தளத்தில் செயல்படும் காந்தச் செறிவு "புவிகாந்த கிடைச்செறிவு" (Horizontal Intensity) எனப்படுகிறது. இந்த அளவினைச் சாதாரணமாக H என்று குறிப்போம். செங்குத்துச் செறிவு V எனப்படும்.

எனவே, புவிகாந்த மொத்தச்செறிவு (Total magnetic intensity) I என்பது $\sqrt{H^2 + V^2}$ க்குச் சமம். ஓரிடத்தில்

புவிகாந்தகிடைத்தளச்செறிவு காணவிலகுகாந்தமானி, அலைவு காந்தமானி போன்ற சோதனைகளால் அறியலாம்.

காந்தப்படங்கள் (Magnetic charts)

புவியின் ஒவ்வொரு இடத்திலும் சரிவு, ஒதுக்கம், கிடைச் செறிவு இவற்றினை அளந்து ஒரு படத்தில் குறிக்கப்படுகின்றன. இதனால், உலகத்தில் எல்லா இடங்களிலும் அவற்றின் அளவீடுகளைக் கணக்கிடலாம். ஒதுக்கம், பல இடங்களில் ஒரே அளவினைப்பெற்றிருக்கும். இக்கோட்டிற்குச் " **சம ஒதுக்கக் கோடுகள்** " (Isogonals) எனப்பெயர். ஒரே அளவு சரிவு கொண்ட எல்லா இடங்களையும் இணைக்கும் கோடு " **சமசரிவுக்கோடு** " (Isoclinical) எனப்படும்.

மாலுமியின் திசைகாட்டி (" Mariner's compass ")

இது திசையைக் காட்ட, கடற்பயணம் செய்யும் மாலுமிகளால், பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் வட்டமான அலுமினியத் தட்டு ஒன்றுள்ளது. அதனடியில் 8 காந்தஊசிகள் இணையாக, வரிசையாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த அமைப்பானது, செங்குத்து ஊசியின் முனையில் தாங்கும். செங்குத்து ஊசியின் அடியானது **கிம்பல்** அமைப்பில் (Gymbals) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. **கிம்பல்,** சாய்ந்து அசைந்தாலும், பித்தளைக் கிண்ணம் கிடைத்தளத்திலேயே அமையும். இக்கருவியினால் கடல்நடுவில் உண்மையான திசையைத் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

பொருள்களின் காந்தப்பண்புகள் (Magnetic properties of materials)

ஓரிடத்தில் காந்தமாக்கற்செறிவு (I) என்பது காந்தத் திருப்புத்திறனுக்கும் (M) அதன் ஓரலகு பருமனுக்கும் (V) உள்ள தகவு ஆகும்.

$$I = \frac{M}{V}$$ எனப்படும்.

காந்தத்தின் முனைவலிமை m என்றும் ஓரலகு பரப்பு a என்றும் கொண்டால், $I = \frac{m}{a}$ ஆகும்.

மேலும் காந்தப்புலத்தில் காந்தப்பண்பு கொண்ட தேனிரும்புத் துண்டினை வைத்தால், அது காந்தமாக்கப்

படுகிறது. இதனைக் காந்தத்தூண்டல் என்கிறோம். இதனால் உண்டாகும், செறிவு I என்றும் காந்தப்புலச்செறிவு H என்றும், எடுத்துக்கொண்டால்,

$$\frac{I}{H} = K, \text{ நிலை எண்ணாகும்.}$$

இதனை, காந்தமேற்புறத்திறன் (Magnetic susceptibility) என்பர். காந்தத்தூண்டல், அதன்வழியே செல்லும் மொத்தக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையைக் குறிக்கும். முனைவலிமை 'm' என்றால், ஒவ்வொரு முனையிலும், ஏற்படும் விசைக்கோடுகளின் (line of force) எண்ணிக்கை, 4π m ஆகும். இந்தக் காந்தம் வைக்கப்பட்ட புலத்தின் செறிவு H என்றால் துண்டுவழிச் செல்லும் விசைக் கோடுகள் Ha ஆகும் (a என்பது காந்தத்தின் குறுக்குப் பரப்பாகும்).

ஆதலால் இரும்புத்துண்டு, வழியாகச்செல்லும் விசைக் கோடுகள் எண்ணிக்கை $4\pi m + Ha$ ஆகும். இதிலிருந்து ஓரலகு பரப்புவழிச்செல்லும் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை அல்லது காந்தத்தூண்டல்

$$\beta = \frac{Ha + 4\pi m}{a}$$

$$= H + 4\pi \frac{m}{a}$$

$$\beta = H + 4\pi I \qquad \because I = \frac{m}{a}$$

இதில் I என்பது, "காந்தமாக்கற்செறிவு" (Intensity of magnetisation) ஆகும்.

ஓரிடத்தில் ஒரு பொருளின் காந்தத்தூண்டலுக்கும் (B), அதனைக் காந்தப்படுத்தும் செறிவுக்குமிடையே (H) உள்ள தகவு, காந்த உட்புகுதிறனாகும் (μ) (magnetic permeability).

எனவே, $\mu = \frac{B}{H}$

ஏற்கனவே, $B = H + 4\pi I$ எனப்பார்த்தோம்.

இதனை H-ஆல் வகுக்க,

$$\frac{B}{H} = 1 + 4\pi \frac{I}{H}$$

$$\mu = 1 + 4\pi K$$

K என்பது காந்த மேற்புத்திறனாகும்.

.. **"காந்தப்பொருள்கள்"** (magnetic substances)

அனைத்துப் பொருள்களும் ஓரளவுக்குக் காந்தப்பண்பு கொண்டவை. இருப்பினும் அப்பொருள்களை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(1) ∴ **பெர்ரோ காந்தப்பொருள்கள்** (Ferro Magnetic substances)

(2) **பெராகாந்தப் பொருள்கள்** (Para magnetic substances)

(3) **டயா காந்தப் பொருள்கள்** (Dia magnetic substances)

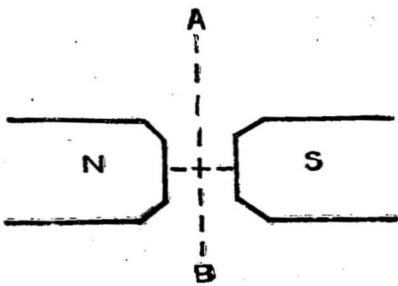
இவற்றின் குணங்களைப்பார்ப்போம்.

ஃ பெர்ரோ காந்தப்பொருள்கள்

இத்தகைய பொருள்கள், மிகவும் அதிகமான அளவு காந்த உட்புகுதிறனைப் பெற்றிருக்கும். இரும்பு, நிக்கல், கோபால்டு, ஆகியவை இந்த வகையைச்சாரும். இவற்றைக்கொண்டு, நிலைகாந்தங்கள் செய்யப்படுகின்றன.

பெராகாந்தப் பொருள்கள்

இப்பொருள்கள், வலிமை வாய்ந்த காந்தப்புலத்தில் தொங்கவிடப்பட்டால், வலிமையற்ற புலத்திலிருந்து வலிமை மிக்கப் புலத்திற்குத் திரும்பும். சோடியம், பொட்டாசியம், வெள்ளி, அலுமினியம் இந்த வகையைச் சார்ந்தவை. (படம் 92).



படம் 92.
பொருள்களின் பெரா, டயா நிலைகள்

ஒரு பெராகாந்தத்தை வலிமைமிக்க புலத்தில், செங்குத்தாக (AB) தொங்க விட்டால், அது தானே, கிடைத்தளத்திற்கு (NS) மாறி விடும். அதாவது, செறிவுமிக்க புலத்தை நோக்கி விலகும்.

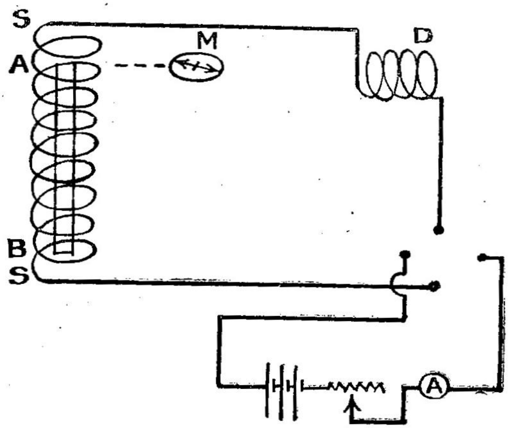
டயா காந்தப் பொருள்கள்

இத்தகைய பொருள்கள், செறிவுமிக்க புலத்தில், தொங்க விடப்பட்டால், வலிமைமிக்க, புலத்திலிருந்து, வலிமை குறைந்த பகுதிக்கு, விலகும். படம் 91-ல் காட்டியதுபோல், இதனைத் தொங்கவிட்டால், செங்குத்தாகவே (AB) நிற்கும். பாஸ்பரஸ், பிஸ்மத், ஆன்டிமனி இவ்வகையைச் சேரும்.

காந்தமாக்கற்புலத்தில் மாறுகாந்தமாக்கற்செறிவு

பொருள்களின் காந்தமாக்கல்திறனை அளப்பதெப்படி ? பண்பினைக் காண்பதெப்படி ? இப்பகுதியில் ஆராய்வோம்.

காந்தமற்ற இரும்புத்துண்டை ABS என்னும் வரிசைச் சுருளின்(Solenoid) உள்ளே வைக்கவும். வரிச்சுருளின் ஒருமுனை திசைமாற்றச்சாவியின் ஒரு முனையோடு இணைக்கப்



படம் 93. காந்தமாக்கற்செறிவு காணல்

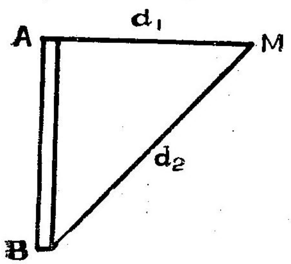
படுகிறது. மற்றது ஈடுசெய்யும்கம்பி (compensating coil) D வழியே சென்று இணைக்கப்படுகிறது. மற்ற இரு முனைகள் மின்கலம், மின்தடைமாற்றி, அம்மீட்டரோடு, இணைக்கப் படுகின்றன. இரும்புத்துண்டின் மேல்முனையும், ஈடுசெய்யும் கம்பிச்சுருளின் தளமும், ஒன்றேயாகும். இதன் அச்சில் விலகுகாந்தமானி ஊசிப்பெட்டி (M) வைக்கப்படுகிறது.

சோதனையைத்தொடங்குமுன் இரும்புத்துண்டினை வெளியே எடுத்துவிட்டு மின்சாரத்தைச் சுற்றில் அனுப்பவும். ஈடுசெய்யும்கம்பிச்சுருளின் நிலையை நகர்த்தி, ஊசிப் பெட்டியில் விலகலைச் சுழியாக்கவும். எனவே, வரிச்சுருள் காந்தப்புலமும், கம்பிச்சுருள் புலமும் சமம்.

இரும்புத்துண்டு, ஏற்கனவே, சோதனையில், பயன்படுத்தப் பட்டதெனில் அதில் தேங்கியுள்ள காந்தத்தைப் பலமுறை உயரத்திலிருந்து தரையில் அறைந்து அல்லது தீயிலிட்டு நீக்கவும். வரிச்சுருளில் பின்னர் வைக்கவும்.

மின்னேட்டம் செல்வதற்குச் சாவியை இணைக்கவும். மின்தடை மாற்றியைச் சரி செய்து 0·5 ஆம்பியர், மின்சாரம் செல்லுமாறு அமைக்கவும். இரும்புத்துண்டு காந்தமாக்கப்படுவதால், காந்த ஊசிப்பெட்டியில் முள்விலகும். அவற்றினை அளக்கவும். மின்சாரத்தை முறையே 0·5 ஆம்பியராக உயரச்செய்து, 3 ஆம்பியர்வரை செல்லவும். ஒவ்வொரு முறையும், காந்த ஊசி விலகலைக் குறித்துக்கொள்ளவும். இந்நிலையில் இரும்புத் துண்டு நிறைச் செறிவினை (Saturation) அடையும். இப்போது, மின்சாரத்தை 0·5ஆம்பியராகக் குறைத்துச் சுழி நிலைக்கு வரவும். காந்தஊசி விலகலை ஒவ்வொரு முறையும் குறிக்கவும்.

திருப்புச் சாவியை மாற்றி மின்சாரத்தைஎதிர்ப்புத்திசையில் மேற்கண்டவாறு, 0-விலிருந்து—3 ஆம்பியர்வரை சென்று பின் —3 ஆம்பியரிலிருந்து 0-க்கு வரவும். திருப்புச்சாவியை மீண்டும் எதிர்திசைக்கு மாற்றி 0-விலிருந்து, 3 ஆம்பியர்வரை செல்லவும்.



படம் 94.

இரும்புத்துண்டில் ஏற்பட்ட முனைவலிமை m என்போம். M-லிருந்து A-க்கும் B-க்கும் உள்ள தூரம் d_1, d_2 என்போம் (படம் 94). எனவே A-யால் M-ல் உண்டான

விசை $= \frac{m}{d_1^2}$

B-யால் M-ல் உண்டானது $= \frac{m}{d_2^2}$

ஆதலால் AM திசையில், $\frac{m}{d_2^2} \cos\theta = \frac{m}{d_2^2} \cdot \frac{d_1}{d_2}$

A-யை வடமுனை என்று கொண்டால், B தென்முனையாகும். எனவே, விசை எதிர் திசையிலிருக்கும்.

∴ M-ல் உண்டாகும் புலச்செறிவு, $\left(\frac{m}{d_1^2} - \frac{m\,d_1}{d_2^3}\right)$ஓயிர்ஸ்டட்.

விலகுகாந்தமானியில் கிடைத்த விலகல் θ எனில்,

$F = He \tan\theta$ ஆகும். He என்பது புவிகாந்த கிடைச்செறிவாகும்.

$$\text{ஆதலால்,}\quad \frac{m}{d_1^2} - \frac{m\,d_1}{d_2^3} = He\tan\theta$$

$$m\,d_1\left[\frac{1}{d_1^3} - \frac{1}{d_2^3}\right] = He\tan\theta$$

$$\therefore m = \frac{He \tan \theta}{d_1 \left[\frac{1}{d_1^3} - \frac{1}{d_2^3} \right]}$$

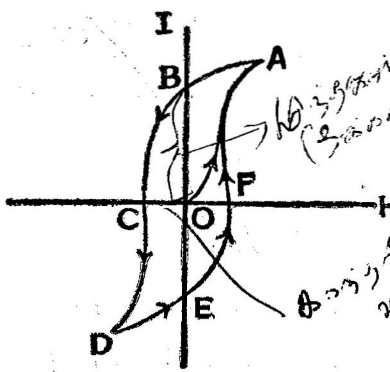
இரும்புத்துண்டின் குறுக்குப்பரப்பு 'a' என்ருல், காந்தமாக்கற் செறிவு, $I = \frac{m}{a}$.

காந்தமாக்கும் புலத்தின் செறிவு $H = \frac{4\pi nc}{10}$ ஓயிர்ஸ்டட் ஆகும். n என்பது, வரிச்சுருளில் 1 செ. மீ. சுற்றிய எண்ணிக்கை. c என்பது மின்னேட்டம் (ஆம்பியரில்).

எனவே, I, H தெரிவதால்,

$B = H + 4\pi$ I-ஐக் கணக்கிடலாம். ஒவ்வொரு மின்னேட்ட அளவிற்கும் இதனைக்கணக்கிடலாம்,

I-க்கும் H-க்கும் கணக்கிட்டதை வரைபடத்தில் வரையவும். அது பின்வருமாறு அமையும் (படம் 95). மின்னேட்டம் சுழியிலிருந்து அதிகரிக்கும்போது I அதிகரித்துச் சென்று 3 ஆம்பியர் முடிந்ததும் A-யைஅடைந்ததும் நிறை செறிவுடைவதால், கிடைமட்டத்தில் செல்கிறது. 3 ஆம்பியரிலிருந்து மின்னேட்டத்தைக் குறித்து வரும்போது, மின்னேட்டம் சுழிக்கு வந்தாலும் I சுழியாகவில்லை. B-ல்வந்து நிற்கிறது. எனவே, OB **மீந்த காந்தத்தைக்**(Residual magnetism) குறிக்கிறது. இது பொருளின் **தக்க வைத்தல்** (Retentivity) நிலையைக் குறிக்கும்.



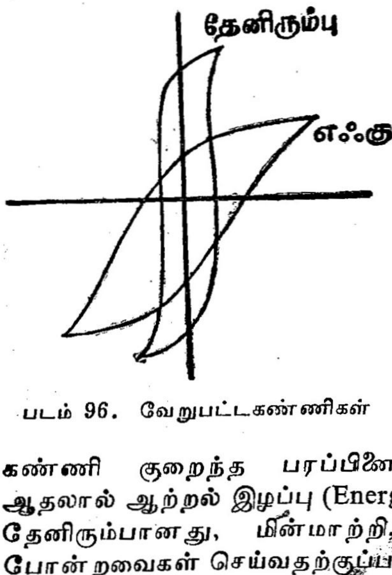
படம் 95.
காந்தத்தயக்கக் கண்ணி

மின்னேட்டம் எதிர்திசையில், மாற்றப்பட்டு அதிகரிக்கப் படுகிறது. இது காந்தத்தை நீக்குவதற்காகும். BC இதனைக் காட்டும். C-ல் இரும்பின் காந்தம் OC என்னும் எதிர்காந்தப் புலத்தைத் தருவதால், சுழியாகிறது. இதற்குக் **காந்த நீக்குவிசை** (Coersive force) என்று பெயர். தொடர்ந்து மின்சாரத்தை—3 ஆம்பியர்வரை சென்ருல் D-ல் காந்தநிலை கிடைமட்டமாகிறது. செறிவுநிலையை இது குறிக்கும். மீண்டும் —3-லிருந்து சுழிக்கு வருவதை DE காட்டுகிறது. EO என்பது மீந்தகாந்தமாகும்.

மீறுபடி O-விலிருந்து 3 ஆம்பியர் செல்வதை EFA காட்டும். மேற்கண்ட சோதனையில் காந்தமாக்கற்செறிவு காந்தப்புலத்தோடு வருவதில்லை. மாருகப் பின்தங்கிவிடுகிறது. இந்தப் பின்தங்குநிலையைக் காந்தத் தயக்கம்(Hystersis)என்பர். படத்தில் காட்டிய ABCDFFA என்னும் வரைபடம் கண்ணி (loop) எனப்படும். இதன் பரப்பு, காந்தமாக்கற்செறிவுக்காகப் பொருளின்மேல் செலவிடப்பட்ட ஆற்றலைக் காட்டும். இந்த IH கண்ணியின் பரப்பு, ஒரு சுற்றுக்காந்தமாக்கலில் பொருளின்ஒருமைப்பருமன்மேல் செலவிடப்பட்டஆற்றலாகும். இதுபோல் B-H கண்ணியும் வரையலாம்.

இரும்பு, எஃகு ஆகியபொருள்களின் பண்புகள்

படத்தில் தேனிரும்பு, எஃகு ஆகிய பொருள்களின் காந்தக் கண்ணிகள் காட்டப்பட்டுள்ளன, தேனிரும்பு அதிக மின்தூண்டலையும், குறைந்த காந்தநீக்குவிசையையும் கொண்டுள்ளதைக் காண்கிரேம். எஃகானது குறைந்த காந்தத்தூண்டலும் மிகுந்த காந்தநீக்குவிசையையும் கொண்டுள்ளது. இதனை ஆராய்ந்து மிகவும் வலிமையுள்ள தற்காலிகக் காந்தம் செய்யத் தேனிரும்பையும் (Soft iron) நிலைகாந்தங்கள் செய்ய எஃகினையும் உபயோகிக்கிரேம். மேலும் தேனிரும்பின் காந்தத்[illegible]கக் கண்ணி குறைந்த பரப்பினை உடையதைப்பார்க்கிரேம். ஆதலால் ஆற்றல் இழப்பு (Energy loss) மிகக்குறைவு. இதனல், தேனிரும்பானது, மின்மாற்றி, (Transformer) ஆர்மசூர் போன்றவைகள் செய்வதற்குப்பயன்படுகிறது.



படம் 96. வேறுபட்டகண்ணிகள்

விளுக்கள்

1. காந்தத்தளிமங்கள் என்ருல் என்ன? அவற்றினை ஓரிடத்தில் எவ்வாறு காணமுடியும் என்பதனை விவரி.
2. காந்த உட்புகுதிறனுக்கும், காந்த[illegible]திறனுக்குமுள்ள தொடர்பினை வரைக.
3. காந்தத்தயக்கம் காண்பதற்கான சோதனையை விவரி :
4. குறிப்பு வரைக.
(i) சரிவு மட்டம்
(ii) பெர்ரோ, பெரா, டையா காந்தப்பொருள்கள்.

III. மின்னியல்
ELECTRICITY)

1. நிலைமின்னியல்
(Electrostatics)

அறிமுகம்

ஓர் எபோனைட்தண்டைப் பூனைத்தோலால் (Catskin) உராயும்போது அதில் ஒருவகை ஆற்றல் காணப்பட்டது. மெல்லிய காகிதத்துண்டை இது கவர்ந்தது. இதுவே மின்னூட்டம் என்று அழைக்கப்பட்டது. உராய்வு மின்னூட்டத்தை உண்டாக்கியது. மின்னூட்டம் **நேர்மின்னூட்டம்** (positive charge) **எதிர்மின்னூட்டம்** (negative charge) என்று இருவகைப்படும். கண்ணாடித்துண்டு, சில்க்துணியால் தேய்க்கப்பட்டால் கண்ணாடியில் நேர்மின்னூட்டமும், எபோனைட்தண்டு பூனைத்தோல்மீது உராயும்போது எபோனைட்தண்டு எதிர்மின்னூட்டமும் பெறுகின்றன. இத்தகைய நிகழ்ச்சியை மின்சாரம் என்கிறோம். மின்னூட்டம் பெற்ற கண்ணாடித்துண்டில் மின்னூட்டம் நிலைத்து நிற்கிறது. இதனை **நிலைமின்சாரம்** என்றழைக்கிறோம்.

சில பொருள் மின்னோட்டத்தைத் தன்வழியே கடத்தும். இவை **கடத்தும்பொருள்கள்** (conductors) எனப்படும். மின்னோட்டம்செல்லாப் பொருள்கள் **காப்புப் பொருள்களாகும்** (Insulators). மரம், கண்ணாடி, பீங்கான் காப்புப்பொருள்களாகும். உலோகப்பொருள்கள் மின்சாரத்தைக் கடத்தும். மேலும் நேர்மின்னூட்டம், எதிர்மின்னூட்டம் கொண்ட பொருள்கள் நடுநிலைத்தன்மையுடையவை. எதிர்மின்னூட்டம் உள்ளவை, எலக்ட்ரான் சேர்க்கையால் அந்நிலைபெறுகின்றன. எலக்ட்ரானை இழந்தவை நேர்மின்னூட்டம் பெறுகின்றன. மின்னூட்டம் ஒரு பொருளில் இருக்கிறதா என்பதைக்காண **தங்கஇலைமின்காட்டியை** (Gold - leaf electroscope) உபயோகிக்கலாம்.

இருமடி எதிர்விகித விதி (Law of Inverse squares)

இரண்டு மின்னூட்டங்களுக்கு இடையேயுள்ள ஈர்க்கும் விசை அல்லது எதிர்ப்புவிசை இரு மின்னூட்டங்களின் பெருக்குத்தொகைக்கு நேர்விகிதத்திலும் அவைகளிடையே உள்ள தூரத்தின் இருமடிக்கு எதிர்விகிதத்திலுமிருக்கும். இது காற்று அல்லது வெற்றிடம்போன்ற ஊடகங்களைப் பொறுத்திருக்கும்.

q_1 q_2 மின்னூட்டங்கள் d தூரம் விலக்கி வைக்கப் பட்டிருந்தால்,

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2}$$. K என்பது மாறிலி

K-யை வரையறுத்து $F = \frac{q_1 \; q_2}{d^2}$ டைன்கள் என்று காட்டலாம். காற்று அல்லது வெற்றிடம்போன்ற ஊடகமில்லாமல் வேறு ஊடகமாக இருப்பின்

$$F = \frac{q_1 \; q_2}{K \; d^2}$$. இங்கு K என்பது **மின்கடவாப் பொருள்மாறிலி** (Dielectric constant or specific inductive capacity) யாகும். மின்னூட்டம் என்பது கூலூம் (coulomb) என்னும் செய்முறை அலகால் அழைக்கப்படுகிறது.

மின்னூட்டத்தைச் சுற்றிச்செயல்படும் விசையின் பரப்பிற்கு **நிலைமின்புலம்** எனப் பெயர்.

ஒரு நிலைப்புலத்தின் ஒரு புள்ளியில் ஓரலகு நேர்மின்னூட்டம் வைக்கப்பட்டால் அதன்மேல் செயல்படும் விசைக்கு அங்குள்ள **நிலைமின்புலவலிமையாகும்** (Intensity of electric - field).

மின்அழுத்தம் (Electric potential)

ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தமானது ஓரலகு நேர்மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத்தொலைவிலிருந்து அப்புள்ளி வரை கொண்டு வருவதற்குச் செய்யப்படும் வேலையின் அளவாகும்.

ஒரு புள்ளிக்கும் மற்றொரு புள்ளிக்கும் இடையேயுள்ள மின்அழுத்த வேறுபாடு என்பது அந்தப் புள்ளியிலிருந்து

மற்றப் புள்ளிக்கு ஒரு நேர்மின்னூட்டத்தை எடுத்துச் செல்ல செய்த வேலையின் வேறுபாடாகும்.

q என்னும் மின்னூட்டத்திலிருந்து R தூரத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் அழுத்தம்

$$V = \frac{q \times 1}{R^2} \times R = \frac{q}{R}$$ ஆகும்.

கூர்முனைகளில் மின்னூட்டவினை (Action of points)

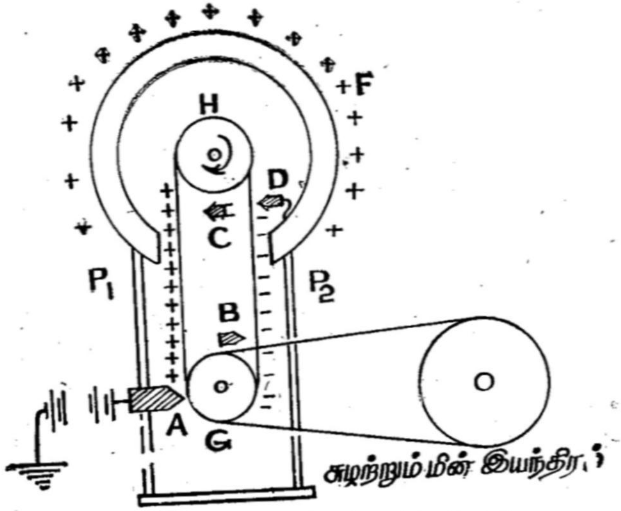
மின்னூட்டம், கடத்தும் பொருள்களின் மேல்தளத்தில் இருக்கும். கூரியமுனையில் மின்னூட்டம் பெற்றதென்று கொள்வோம். அதன்மேல் ஒரு கூரியமுனை வெளியே நோக்கியிருக்கட்டும். மின்னூட்டங்கள் அங்குக் குவிவதால் ஊசிமுனையின்மேல் மின்னூட்டச்செறிவு மிக அதிகமாக இருக்கும். எனவே, முனை அருகிலுள்ள காற்று மின்னூட்டத்தால் அயனியாக மாற்றப்படும். நேர்எதிர்மின்னூட்டங்கள்எதிர்க்கும் அல்லது ஈர்க்கும் தன்மை பெறும். எனவே, எதிர்க்கப் படுகின்றன அல்லது ஈர்க்கப்படுகின்றன. இவை மாறி, புதிய தூசுகள் (dusts) மேல் மறுபடி நடைபெறுகின்றன. இவை தொடர்ந்து நடைபெற்றுக் கொண்டேயிருப்பதால் அங்கு மின்னூட்டம் குறைகின்றது. அதனால் கூர்முனை எல்லா மின்னூட்டங்களையும் இழந்து விடும்.

இந்தச் செய்கையானது **நிலைமின்னியல்இயந்திரங்களில்** (Electrostatic machines) மின்னூட்டங்களைச் சேர்த்துக் கொள்ளப்பயன்படுத்தப்படுகிறது. உலோக கோளம் ஒன்று எண்ணற்ற கூரிய முனைகளோடு பொருத்தப்பட்டால் தம்மை நோக்கிவரும் மின்னூட்டங்களிலிருந்து மின்னூட்டங்களைச் சேகரிக்கின்றன. **இடிதாங்கிகள்** (Lightning arrestor) இந்தத் தத்துவத்தில் இயங்குகின்றன.

வான்டீ கிராஃப் மின்னியற்றி (Van de Graff generator)

படத்தில் F என்பது உள்ளீடற்ற ஒரு பெரியகோளமாகும். இது p_1 p_2 என்னும் தூண்களின்மேல் வைக்கப்பட்டிருக்கும். தூண்கள் மின்கடத்தாப் பொருளாலானவை. GH என்பவை இரு கப்பிகளாகும் (pulleys). இவை இரண்டும் ஒரு ரப்பர் பட்டையால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கம்பியானது சுழலும் மின்இயந்திரத்தோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. A, B, C, D ஆகியவை கூரிய முனைகொண்ட கடத்திகளாகும். A யானது நேர்மின்னூட்ட அமைப்போடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. D கோளத்தோடு இணைந்திருக்கும். A வழிவந்த நேர்மின்

னூட்டம் முனையின்மூலம் ரப்பர் பட்டைமேல் மின்னிறக்கம் செய்கிறது. பட்டையானது படத்தில் காட்டிய திசையில்



படம் 97. வான் டீ கிராஃப் மின்னியற்றி

சுற்றுவதால் நேர்மின்னூட்டத்தோடு மேலே செல்கிறது. இது C யோடு சேர்ந்திருப்பதால் C நேர்மின்னூட்டமடைகிறது. எனவே, எதிரில் அமைக்கப்பட்ட D எதிர்மின்னூட்டம் கொண்டதாக மாறுகிறது. அதனால் கோளத்தின் வெளிப் பாகம் நேர்மின்னூட்டம் கொண்டதாகிறது. D-ல் உள்ள எதிர்மின்னூட்டம் பட்டையில் மின்னிறக்கம் செய்யப்பட்டுக் கீழே செல்கிறது. இது B-ஐ அடைந்ததும் எதிர் A-வானது மேலும் நேர்மின்னூட்டம் பெறுகிறது. B-ஆனது நிலஇணைப்போடு அமைந்திருப்பதால் எதிர்மின்னூட்டம் நிலத்திற்கு அனுப்பப்படுகிறது. பட்டையானது தொடர்ந்து சுற்றுவதால் A-ல் நேர்மின்னூட்டம் பெருகுகிறது. எனவே, கோளத்தின்மேல் பல ஆயிரக்கணக்கான வோல்டு மின்னூட்டம் உண்டாகிறது. இந்தஅமைப்பு நில இணைப்புக் கொண்டு பெரிய தொட்டியால் காக்கப்படுகிறது. இதுவே, **வான் டீ கிராஃப் மின்னியற்றியாகும்.**

உட்கரு பௌதிகத்தில் தனிமங்களைச் செயற்கை முறையில் கருமாற்றம் செய்ய இது பயன்படுகிறது.

வினாக்கள்

1. இருமடி எதிர்விகிதவிதியைக் கூறு. மின்னழுத்தம் என்றால் என்ன ?

2. கூர்முனைகளில் ஏற்படும் மின்னூட்ட வினைவினை விவரி. வான்டீகிராஃப் மின்னியற்றியை விளக்குக.

2. மின்தேக்கிகள்

(Condensers)

மின்தேக்குத் திறன்

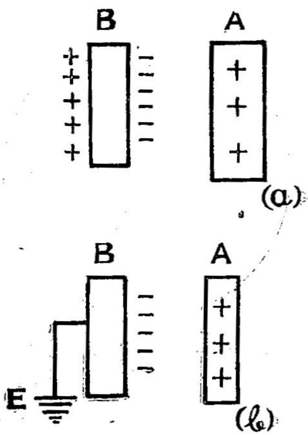
ஒரு கடத்தியின் மின்அழுத்தமானது கடத்தியின் அளவு, சூழ்நிலை இவற்றைப் பொறுத்து அமையும். ஒரு மின்கடத்தியின் மின்அழுத்தத்தை எவ்வளவு மின்னூட்டம் கொடுத்தால் ஓரலகு அதிகமாகுமோ அதனைக் கடத்தியின் **மின்தேக்குத்திறன்** (Electrical capacity) என்பர். ஒரு கடத்திக்கு மின்னழுத்தம் V என்றும் மின்னூட்டம் Q என்றும் எடுத்துக் கொண்டு தேக்குத்திறனை C என்றும் கொண்டால்,

$$C = \frac{Q}{V}$$ ஆகும்.

அல்லது $Q = CV$ ஆகும்.

மின்தேக்கிகள் (Condensers)

ஒரு கடத்தியின் மின்தேக்குத் திறன் அதன் அளவுகளையும் சுற்றியுள்ள கடத்திகளையும் பொறுத்து அமைகிறது. A என்னும் மின்காப்பிடப்பட்ட ஓர் உலோகத்தகட்டினைப் படத்தில் (98) காட்டியதுபோல வைக்கவும். A-க்கு ஒருநேர்மின்அழுத்தத்தைக் கொடுக்கவும். B-என்னும் மற்றொரு தகட்டினை A-க்கு அருகில் கொண்டுவரவும். A-வை நோக்கியுள்ள B-ன் பக்கத்தில் எதிர்மின் அழுத்தமும் மறுபக்கத்தில் நேர்மின் அழுத்தமும் உண்டாகிறது. B-ஐ நிலத்தோடு இணைக்கவும். B-ன்



படம் 98.

மறுபக்க நேர்மின்னூட்டம் மறைகிறது. இதனால் A-ல் மின் அழுத்தம் குறைந்து கடத்தியின் மின்தேக்குத்திறன் அதிக மாகிறது. எனவே, கடத்தியானது நிலத்தோடு இணைக்கப்படுவ தால் மின்தேக்குத்திறனை அதிகப்படுத்த முடிகிறது. இதனையே **மின்தேக்கி** (Condenser) என்பர்.

$$\text{மின்தேக்குத்திறன்} = \frac{\text{மின்னூட்டம்}}{\text{மின்னழுத்தம்}}$$

இந்தத் தகடுகள் A, B க்கிடையில் மைகா, கண்ணாடி போன்ற மின்கடத்தாப்பொருள்களை வைத்தால் மின்தேக்குத்திறன் பல மடங்கு அதிகரிக்கும். **லெய்டன்ஜாடி** ஒரு சிறந்த மின்தேக்கி வகையைச்சார்ந்தது.

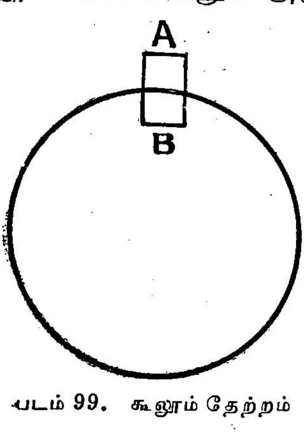
ஃ காஸ் தேற்றம் (Gauss theorem)

ஒரு மூடிய பரப்பின் மேல்பாகத்திலுள்ள மொத்த செங்குத்துத் தூண்டல் (total normal induction) அல்லது பாயம் அப்பரப்பின் மேலிருக்கும் மின்னூட்டத்தைப்போல் 4π மடங்காகும்.

மேலுள்ள மின்னூட்டம் + Q அலகுகள் என்றால் மொத்தத் தூண்டல் = 4π Q

கூலூம் தேற்றம் (Coulomb's theorem)

ஒரு மின்னூட்டம் பெற்ற பரப்பினை எடுத்துக் கொள்வோம். இதில் A B என்னும் அடுத்தடுத்த இணையான உருளைவடிவ முடிவுற்ற பரப்பினைக் காண்போம் (படம் 99).



படம் 99. கூலூம் தேற்றம்

இதில் A-யானது மேற்புறத்திலும் B-யானது உட்புறத்திலும் உள்ளன. எனவே, இடப்புறத்திலும் பக்கவாட்டிலும் செங்குத்துத் தூண்டல் சுழியாகும். எனவே. உருளையின் A-ன் மேல்தான் செங்குத்துத் தூண்டல் இருக்க முடியும். A-ன் மேலுள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்விசை F என்றும் பரப்பு "a" என்றும் வைத்துக் கொண்டால் உருளையின்மேல்

செங்குத்துத் தூண்டல் = பரப்பு × விசை

= F × a

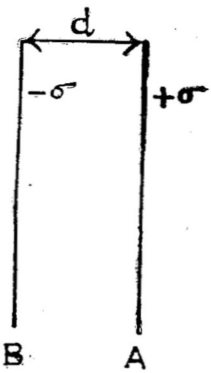
மின்னூட்டப்பரப்பின் மின்பரப்படர்த்தி ‘σ’ என்றால்
∴ காஸ் தேற்றப்படி,

$$\text{செங்குத்துத் தூண்டல் } 4\pi a\sigma$$
$$\text{எனவே, } F \times a = 4\pi a\sigma$$
$$\therefore F = 4\pi\sigma$$

எனவே, மின்னூட்டம்பெற்ற கடத்தியின் அருகில் ஒரு புள்ளியின் மின்செறிவு அக்கடத்தியின் மின்பரப்படர்த்தியைப் போல 4π மடங்காகும் ($F = 4\pi\sigma$). இதுவே கூலூம் விதி.

இணைத்தட்டுமின்தேக்கி (parallel plate condenser)

இணைத்தகடுகள் A-வும் B-யும் d தூரம் பிரித்துவைக்கப் பட்டிருக்கும். ஓர் இணைத்தட்டுமின்தேக்கியை எடுத்துக் கொள்வோம். A-யானது முழுதும் மின்னூட்டம் பெறும்போது A-ன்மின்பரப் படர்த்தியை $+\sigma$ என்று கொள்வோம். B-யானது, நிலத்தோடு இணைக்கப் பட்டுள்ளது. எனவே, B-ன் உள்ளே தூண்டப்பட்ட மின்னடர்த்தியை $-\sigma$ என்போம். A-க்கும் B-க்குமிடையே உள்ள இடம் மின்கடவாப் பொருள் (மின்தேக்குத்திறன்K) ஒன்றால் அடைக்கப் பட்டுள்ளது. ஓரலகு நேர்மின் னூட்டத்தை ஒரு தகட்டிலிருந்து அடுத்த தகட்டிற்கு எடுத்துச் செல்லச் செய்யும் வேலை, புலவிசையைத் தூரத்தோடு பெருக்கினால் கிடைக்கும். இதுவே, மின் அழுத்தமாகும்.



படம் 100.
இணைத்தட்டு
மின்தேக்கி

$$\text{எனவே, } V = F \times d$$

கூலூம் தேற்றப்படி, இரு தகடுகளுக்கிடையே வைக்கப்பட்ட ஓரலகு நேர்மின்னூட்டம் A-ஆல் $2\pi\sigma$ விசையுடன் எதிர்க்கவும் B-ஆல் சமவிசையுடன் ஈர்க்கவும் நேர்ந்து ஓரலகு நேர்மின்னூட்டத்தின்மேல் செயல்படும் விசை $4\pi\sigma$ ஆகும். ஆதலால் ஓரலகு நேர்மின்னூட்டத்தை ஒரு தகட்டிலிருந்து அடுத்த தகட்டிற்கு நகர்த்த செய்யப்படும் வேலை

$$V = F \times d = 4\pi\sigma d$$

$$\left.\begin{array}{r}\text{எனவே, மின்தேக்கியின்}\\ \text{மின்தேக்குத்திறன்}\end{array}\right\} = \frac{\text{மின்னூட்டம்}}{\text{A-க்கும் B-க்குமிடையேயுள்ள மின்னழுத்தம்}}$$

$$C = \frac{A\,\delta}{4\pi\,\delta\,d} = \frac{A}{4\pi\,d}$$

A என்பது ஒரு தகட்டின் பரப்பாகும்.

வினாக்கள்

1. மின்தேக்கிகள் என்றால் என்ன ?
2. கூலூம் தேற்றத்தைக் கூறு
3. இணைத்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறனுக்கு ஒரு கோவையைப் பெறுக.

3. மின்னோட்ட இயல்
(Electro dynamics)

மின்னோட்ட காந்த விளைவு

அறிமுகம்

ஒரு கடத்தியின் வழியே மின்சாரம் பாய்ந்து செல்வதை மின்னோட்டம் என்று அழைக்கிறோம். ஒரு கடத்திவழியே மின்சாரம் செல்லும்போது அங்கே ஒரு காந்தப்புலம் உண்டாகிறது. அருகில் ஒரு காந்தஊசியை வைத்தால் அது விலக்கம் பெறுகிறது. ஊசி விலகும் திசையினை **ஆம்பியரின் விதி** விளக்குகிறது.

ஆம்பியர் நீச்சல் விதி (Ampere's swimming rule)

கடத்திவழியே மின்சாரம் செல்லும் திசையில் ஒரு மனிதன் காந்தஊசியைப் பார்த்துக்கொண்டு நீந்தட்டும். காந்தப் புலத்தால், ஊசியின் முனை அவன் இடப்புறமாகத் திரும்பும். இதுவே ஆம்பியர் விதி. இது காந்தப்புலவிசைக்கோடுகள் திசையினை விளக்கும்.

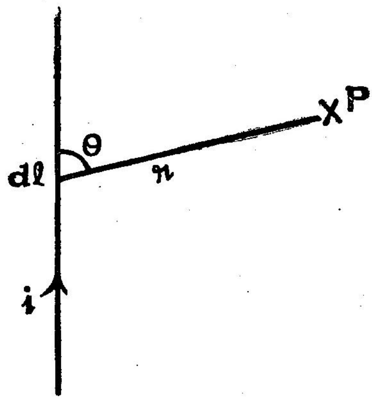
மேக்ஸ்வெல் தக்கை திருகு விதி

இதனையே. மேக்ஸ்வெல் என்பவரும் திருகுவிதிமூலம் கூறுகிறார். வலமாகச் சுற்றும் திருகின்நுனி மின்னோட்டம் செல்லும் திசையில் இயங்கும்போது திருகின் தலை சுற்றும் திசையே காந்தப்புல விசைக்கோடுகள் செல்லும் திசையாகும்.

நேர்மின் கடத்தியினருகில் உண்டாகும் காந்தப்புலம் (Field due to a straight conductor)

ஒரு நேரான மின்கடத்தியை எடுத்துக் கொள்வோம். மின்சாரம் இதன்வழியே செல்லட்டும். இதன் வலிமை *i* ஆக

இருக்கட்டும். கடத்தியின் ஒரு பகுதியின் நீளம் dl என்போம் r தூரத்தில வைக்கப்பட்ட p என்னும் ஒரு புள்ளியில் உண்டாகும் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிடவேண்டும்.



படம் 101. நேர்மின் கடத்தி

லேப்லேஸ் விதிப்படி p-ல் காந்தப்புல வலிமை

(1) அதன் நீளம் dl-க்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

(2) மின்னோட்டவலிமை *i* க்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

(3) அப்புள்ளியிலிருந்து மையத்திற்கு வரைந்த கோட்டின் கோணம் θ வின் ஸைனுக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

(4) தூரத்தின் இருமடிக்கு எதிர்விகிதத்திலிருக்கும்.

$$\text{எனவே, } F \propto \frac{i\, dl \sin\theta}{r^2}$$

$$\therefore F = \frac{K\, i\, dl \sin\theta}{r^2}$$

K என்பது ஒரு மாறிலியாகும். மின்சாரம் அளக்கப்படும்போது அமையும் மின்அலகைப் பொறுத்து இதனை ஒருமையாக்கலாம்.

மேலே கொடுக்கப்பட்ட கம்பி *l* நீளமிருந்து r ஆரம் கொண்ட வட்டத்தின் வில்லாக வளைத்தால்,

$dl = l$ செ மீ $\qquad \theta = 90^\circ$

[p செங்குத்தாக அமையும்] எனவே,

$$F \propto \frac{i\,l}{r^2}$$

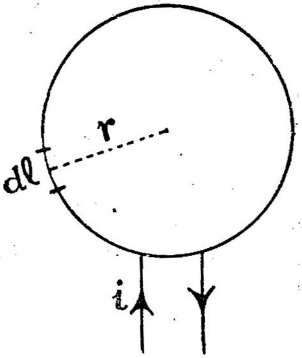
$$F = \frac{K i\, l}{r^2}$$

ஒருமை மின்னோட்ட காந்தஅலகினை வரையறுத்தால்,

$$c = 1, \quad l = 1, \quad r = 1 \quad f = 1$$

ஆதலால் $F = \dfrac{i\,l}{r^2}$ ஆகும்

மின்னோட்டமுள்ள வட்டச்சுருளின் மையத்தில் கிடைக்கும் காந்தப்புலம்



படம் 102. வட்டச்சுருள்

வட்டச்சுருள் ஒன்றின் ஆரம் r எனவும் மின்னோட்டம் 'i' என்றும் கொள்வோம். எனவே மையத்தில் dl நீளத்தால் உண்டாகும் காந்தப்புலவலிமை

$$F = \frac{i\,dl}{r^2}$$

முழுக்கடத்தியையும் எடுத்துக் கொண்டால்

$$\text{புலவலிமை } F = \sum \frac{i\,dl}{r^2}$$

$$= \frac{i}{r^2} \sum dl$$

$$= \frac{i\,2\pi r}{r^2} \quad \because \sum dl = 2\pi r$$

$$= \frac{2\pi i}{r}$$

கம்பிச்சுருளின் சுற்றுகள் 'n' என்றால்,

$$F = \frac{2\pi n i}{r} \text{ ஆகும்.}$$

i என்பது சார்பிலா அலகாகும்.

நடைமுறை அலகு ஆம்பியரில் (c) மின்னோட்டம் குறிக்கப்பட்டால் $C = \dfrac{i}{10}$ ஆகும்.

$$\text{ஆதலால் } F = \frac{2\pi n c}{10 r} \text{ காஸ், ஆகும்.}$$

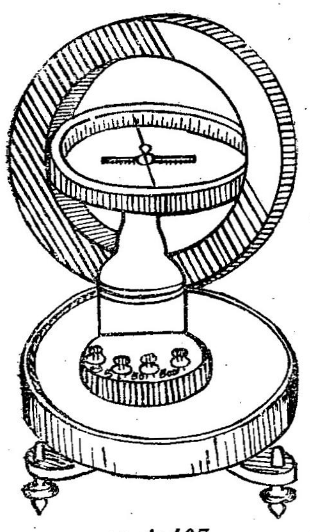
டேன்ஜன்ட் கால்வனு மீட்டர் (Tangent galvanometer)

மின்னோட்டம் ஒரு மின்சுற்றில் செல்கிறதா என்பதைக் காண மின்னோட்டமானிகள் பயன்படுகின்றன. டேன்ஜன்ட் கால்வனுமீட்டரும் அத்தகைய கருவிகளுள் ஒன்றாகும். ஒரு

கம்பிச்சுருள்வழியே மின்னோட்டம் செல்லும்போது காந்தப்புலம் உண்டாகிறது. அங்கு வைக்கப்பட்ட காந்தஊசி விலகுவதால், இது அளவிடப்படுகிறது. இந்தத் தத்துவத்தில் அமைந்தது தான் **டேன்ஜன்ட் கால்வனமீட்டராகும்.**

ஓர் அடி பீடத்தின்மேல் செங்குத்தாக வட்டவடிவச் சட்டத்தில் பல எண்ணிக்கைகள் கொண்ட கம்பி சுற்றிவைக்கப் பட்டுள்ளது. இதற்கான திருகாணிகள் பீடத்தில் அமைக்கப் பட்டுள்ளன. வட்டவடிவச் சட்டத்தின் மையத்தில் காந்தஊசி மையம் இருக்குமாறு ஒரு காந்தஊசிப்பெட்டி பொருத்தப் பட்டுள்ளது. இது விலகுகாந்தமானியில் உள்ள அதே காந்த ஊசிப்பெட்டியாகும். பீடத்தின் மட்டத்தைச் சரிமட்டத் திருகாணிகளால் சரிசெய்யலாம். ஒரு ரசமட்டமும் அமைக்கப் பட்டுள்ளது.

முன்னேடி சீரமைப்புகள்



படம் 103.
டேன்ஜன்ட் கால்வனமீட்டர்

(1) பீடத்தினைக் கிடைமட்டத் திலிருக்கத் திருகாணிகளைச் சரிசெய்யவும்.

(2) கம்பிச் சுருள்தளத்தைப் புவிகாந்தஅச்சுக்கு இணையாக அமைக்கவும்.

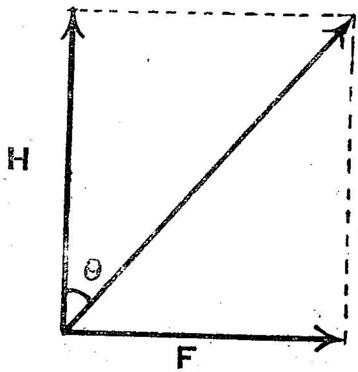
(3) இந்நிலையை மாற்றுமல், காந்தஊசிப் பெட்டியைச் சுழற்றி அலுமினியக் குறிமுட்கள் O–O அளவிலிருக்குமாறு பொருத்தவும்.

கோட்பாடு : காந்தஊசியானது, புவிகாந்த அச்சில் இருக்கும்போது செயல்படும் காந்தப்புலம் புவிகிடைத்தளச் செறிவு H ஆகும். கம்பிவழியே மின்சாரம் செல்லும்போது அதன்மையத்தில் சீரான காந்தப்புலம் உண்டாகிறது. இது கிடைத்தளச் செறிவோடு செங்குத்துத் திசையில் செயல்படும். எனவே, காந்தஊசி விலகுகிறது. விலகல் θ கோணம் இருக்கட்டும். கம்பியில் உண்டாக்கப்பட்ட காந்தப்புலம்

F சுற்றில் செல்லும் மின்செறிவு, சுற்று எண்ணிக்கை இவற்றினைப் பொறுத்து அமையும்.

$$\tan \theta = \frac{F}{\pi}$$

$$F = H \tan \theta$$



படம் *104*,

கம்பியில் மின்னோட்டம் C ஆம்பியர் செல்வதால் உண்டான காந்தப்புலவலிமை,

$$F = \frac{2\pi \text{ n c}}{10 \text{ r}} \text{ ஆகும்.}$$

$$\text{எனவே, } \frac{2\pi \text{ n c}}{10 \text{ r}} = H \tan \theta$$

$$C = \frac{10 \text{ rH}}{2\pi \text{ n}} \tan \theta$$

$\frac{10 \text{ rH}}{2\pi \text{ n}}$ ஒரு மாறிலியாக அமையும்.

எனவே, $C = K \tan \theta$

இதில் K என்பது சுருக்களண் (Reduction factor) என்று பெயர். எனவே, மின்னோட்டத்தின் அளவினை அளக்கலாம்.

டேன்ஜன்ட் மின்னோட்டமானியில் விலக்கங்கள் 45°க்கு மேல் 60°க்குள் குறித்தால் துல்லிய அளவீடு கிடைக்கும்.

$$C = K \tan \theta$$

$$dc = K \sec^2 \theta \, d\theta$$

$$\frac{dc}{c} = \frac{\sec^2 \theta}{\tan \theta} d\theta$$

$$= \frac{d\theta}{\sin\theta \cos\theta}$$

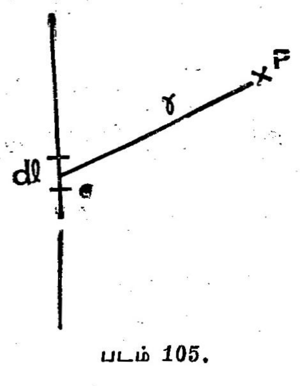
$$= \frac{2\,d\theta}{\sin 2\theta}$$

$\frac{dc}{C}$ என்பது C அளப்பதிலான பிழையைக் குறிக்கும். வலது பக்கம் குறைந்தால் $\frac{dc}{C}$ம் குறையும். எனவே, sin 2θ பெருமஅளவு பெறவேண்டும். ஆதலால், 2θ = 1 அல்லது 2 θ = 90°, θ = 45°

மேலும் டேன்ஜண்ட்கால்வனுமீட்டரின் **உணர்வுநுட்பத்தைச்** (Sensitiveness) சுற்றுகளை அதிகரித்தும் கம்பியின் ஆரத்தைக் குறைத்தும் பெறலாம். இவைகளை ஓரளவுக்குத்தான் சரிசெய்ய முடியும்.

காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்ட மின்கடத்தியில் உண்டாகும் விசை

ஒரு மின்கடத்தியின் நீளம் *l* என்றும், செல்லும்மின்னோட்டம் *i* என்றும் எடுத்துக் கொள்வோம். r தூரத்தில் θ கோணம்



படம் 105.

தாங்கும் P என்னும் புள்ளியைப் பார்ப்போம். **லேப்லேசின்** (Laplace) விதிப்படி P-ல் உண்டாகும்,

காந்தப்புலம் $\frac{i\,d\,l \sin\theta}{r^2}$

P என்னும் புள்ளியில் m முனைவலிமை கொண்ட ஒரு துருவத்தை வைப்போம். எனவே துருவத்தின் விசை $\frac{m\,i\,d\,l \sin\theta}{r^2}$ ஆகும். P ஆனது கடத்திக்குச் செங்குத்தாக

இருந்தால் $\theta = 90$. எனவே, P-ல் துருவவிசை $\frac{m\,i\,d\,l}{r^2}$. இந்த விசையோடு துருவம் நகரும். இதனை நிலையாக வைக்க வேண்டுமானால் கடத்தியில் சமமான எதிர்வினை செயல்பட வேண்டும்.

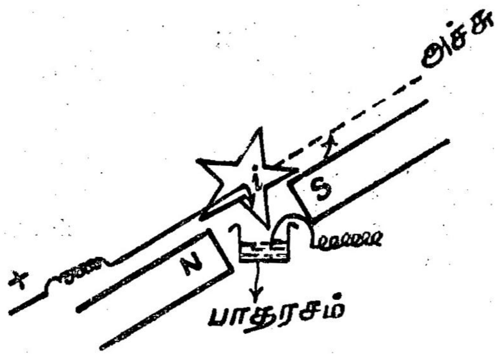
$\frac{m}{r^2}$ ஐ H என்று கொள்வோம். எனவே, கடத்தியில் உண்டாகும் விசை $H i\,dl$ ஆகும். கடத்தியின் நீளம் l என்றால் கடத்தியில் செயல்படும் விசை $H i\,l$ ஆகும்.

கடத்தியின் இயக்கத்தை **பிளமிங்கின் இடக்கைப்பெருவிரல் விதியால்** (Fleming's left thmub rule) காணலாம். இடக்கைப் பெருவிரல், முதலிரண்டு விரல்களையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக வைத்துக்கொள்ளவும். ஆள்காட்டிவிரல் மின்னோட்டத்தையும் இரண்டாம்விரல் காந்தப்புலத்தையும் குறித்தால் பெருவிரல் விசை செயல்படும் திசையைக் குறிக்கும்.

பார்லோவின் சக்கரம் (Barlow's wheel)

பிளமிங் இடதுகைப்பெருவிரல்விதியை, பார்லோ சக்கரத்தைக்கொண்டு நிரூபிக்கலாம்.

தாமிரப்பல்சக்கரம் கிடைத்தள அச்சில் சுழலும் வண்ணம் இருநிலை காந்தமுனைகள் N, S க்கு இடையில் பொருத்தப்



படம் 106. பார்லோவின் சக்கரம்

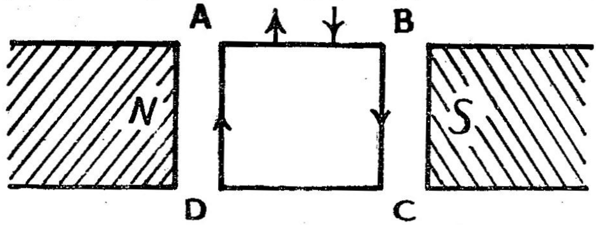
பட்டுள்ளன. சக்கரம் சுற்றும்போது கூரிய பல்முனைகள் பெட்டியின் பாதரசத்தைத் தொட்டுச் செல்லும். சக்கர அச்சுக்கும், பாதரசத்தொட்டிக்கும் இடையே மின்கலம் ஒன்று இணைக்கப்படுகிறது. சக்கரத்தின் பற்கள் பாதரசத்தைத்

தொடும்போது இணைப்பு ஏற்படும். சக்கரமானது மின்சாரம் செல்லும்போது மேலெழுந்து சுற்றும். இது பிளமிங்இடக்கைப் பெருவிரல் விதியை மெய்ப்பிக்கிறது.

அசைவுச்சுருள் கால்வனுமீட்டர் (Moving coil Galvanometer)

கோட்பாடு

ABCD என்னும் தாமிரக் கம்பிச்சுருள் NS என்னும் இரு நிலைகாந்த முனைகளுக்கிடையே முறுக்கற்ற மெல்லிய இழையில்



படம் 107. (a) அசைவுச்சுருள் கால்வனுமீட்டரின் குறுக்குத் தோற்றம்

தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. காந்தப்புலம் கம்பியில் செல்லும் மின்னோட்டதிசைக்குச்செங்குத்தாகச் செயல்படும். மின்னோட்டம் i என்றும் காந்தப்புலம் H என்றும் எடுத்துக்கொண்டால் BCல், செயல்படும் விசை Hi ஆகும். DAல் செயல்படுவதும் Hi ஆகும். ஆனால் எதிர்திசையில் இருக்கும். இவை ஓர் இரட்டையை உண்டாக்கும்.

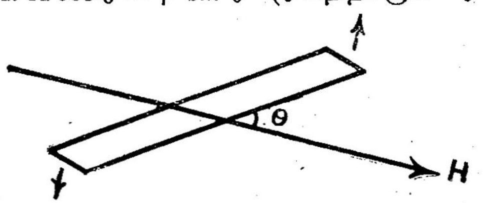
எனவே, திருப்புத்திறன் $= Hi \times BC.AD$

$= HiA$ (A என்பது சுருளின் பரப்பு)

இந்தத் திருப்புத்திறனைத் தொங்குகின்ற இழையின் முறுக்கு எதிர்த்து நிற்கும் கம்பியானது θ கோணம் விலகி நிலையாக இருக்கும். இழையின் முறுக்கின் இரட்டை μ என்றால்

$$HiA\cos\theta = \mu\,\theta$$

$$HiA\cos\theta = \mu\sin\theta \quad (\theta \text{ சிறிதானால் } \theta = \sin\theta)$$



படம் 107. (b)

$$\therefore HiA = \mu\tan\theta$$

$$= \mu\,\theta$$

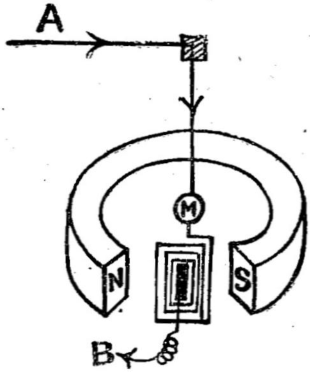
ABCDல் n சுற்றுகள் இருந்தால்

$$HinA = \mu\theta$$

$$i = \frac{\mu\theta}{HAn}$$

அமைப்பு

இதனை டிஆர்சன்வால் (D' Arsonal) என்பவர் உண்டாக்கினர். உருளைவடிவ காந்தம் ஒன்றின் இருமுனைகள் உட்குழியாக அமைந்திருக்கும். தாமிரக்கம்பிச்சுருள் பாஸ்பர் பிரான்சு என்னும் இழையால் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. ஆரம்வழி செயல்படும் காந்தப்புலம் சுருள் தளத்திற்கு இணையாக அமையும். M என்னும் குழிஆடி தொங்கும் இழையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. எதிரில் தொலைநோக்கி அளவுகோல் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அளவுகோல் ஆடியால் எதிரொளிக்கப்பட்டுத் தொலைநோக்கியில் அளவுகள் கணக்கிடப்படும். சுருளின் மறுமுனை வில்லோடு இணைத்துத் திருகாணியில் பொருத்தப்பட்டு இருக்கும். சுருளுக்குள்ளாக நீள்வடிவஉருளை தேனிரும்புத் (soft - iron) துண்டு வைக்கப் பட்டுள்ளது. இதனால் இரு காந்தங்களுக்கிடையே சீரான காந்தப்புலம் உண்டாகும்.



படம் 108. அசைவுச்சுருள் கால்வனுமீட்டர்

மின்னோட்டம் AB வழியே செல்கிறது. எந்திர இயக்கவிசை உண்டாவதன் காரணமாகச் சுருள் ' θ ' கோணம் விலகும்.

$$\text{எனவே, } i = \frac{\mu\theta}{HAn}$$

அளவுகோலில் திருப்பம் $\theta = \frac{S}{2D}$. D என்பது ஆடிக்கும் அளவுகோலுக்குமிடையேயுள்ள தூரம். S என்பதுஅளவுகோல் மாற்றம்.

$$\text{எனவே, } i = \frac{\mu S}{2HAnD}$$

அதாவது $i = KS$ அல்லது $i \propto S$. அளவுகோல் விலக்கம் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. K என்பது கால்வனுமீட்டரின் **நுட்பத்தன்மைஎண்** (figure of merit) ஆகும்.

அலைவிலா அல்லது சமகால அலைவற்ற கால்வனு மீட்டர் (Dead beat or a periodic galvanometer)

சீரான, நிலையான மின்னோட்டங்களை அளக்க கால்வனு மீட்டர் விலகிய நிலையில் அலையாதவாறு இருக்க அமைக்கப் படுகிறது. துத்த நாகம் போன்ற உலோகச்சட்டங்களில் கம்பிச்சுருள் சுற்றப்படுவதால் இத்தகைய நிலை உண்டாகிறது. ஏனெனில், சுருள், காந்தப்புலத்தில் சுற்றும்போது சட்டமும் சுற்றுவதால் அங்குத் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டங்கள் நிகழ்கின்றன. இவை சுருள் சுற்றும் திசைக்கு எதிர்திசையில் இயங்குவதால் விலகிய நிலையில் சுருள் சீக்கிரம் அலையாமல் நிற்கமுடிகிறது. ஃபிளமிங் வலக்கைப் பெருவிரல் விதிப்படி இது நிகழ்கிறது. இத்தகைய கால்வனு மீட்டர்கள் 'அளவிலா' அல்லது ''சமகால அலைவற்ற'' கால்வனுமீட்டர்கள் என்று கூறப்படுகின்றன.

பாலிஸ்டிக் கால்வனு மீட்டர் (Ballistic galvanometer)

மின்னூட்டங்களின் அளவினை அளக்கப் பயன்படுவது பாலிஸ்டிக்கால்வனுமீட்டராகும். இதை (B.G) என்றும் கூறுவதுண்டு. மேற்கூறிய அலைவற்ற கால்வனுமீட்டருக்கு இது எதிர்மாருக அமைந்ததொன்றாகும். கம்பிச்சுருளானது மரம் அல்லது செல்லுலாய்டுபோன்ற மின்கடத்தாப் பொருள் களினாலாகிய சட்டத்தின்மேல் சுற்றப்படுகிறது. இதனால் அலைத்தடுப்பு மிகவும் குறைவாகிறது. இதை, மின்னூட்ட அளவுகளை மட்டுமின்றி, மின்னோட்டத்தினையும் அளக்கப் பயன்படுத்தலாம். மின்தேக்கியிலிருந்துஅனுப்பிய மின்னூட்டம் வருகின்ற நேரத்தைவிட பாலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் அலைவு நேரம் மிகவும் அதிகம். எனவே, மின்னிறக்கம் நிகழ்வதற்குள் கம்பிச்சுருள் முழுமையாக நகர்ந்துவிடாது. மின்னிறக்கம் நிகழ்ந்ததும் கம்பிச்சுருள் ஒரு பக்கம் விரைகிறது. எனவே விலக்கம் மின்னூட்டத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் அமையும். இதற்குப் பின் கால்வனுமீட்டர் அலைய ஆரம்பித்துவிடும். எனவே, தடிமனான செப்புத்தகடுபோன்றவற்றை கால்வனு மீட்டருக்கு இணையாக அமைத்துக் கம்பிச்சுருளை நிலைக்குக் கொண்டு வரலாம்.

அசைவுச்சுருள் கால்வனுமீட்டரின் நுட்பத்தன்மை

$$i = \frac{\mu\,\theta}{HA\,n} \quad \text{அல்லது} \quad \theta = \frac{HA\,n}{\mu}\,i$$

விலக்கம் θ அதிகமானுல் நுட்பம் அதிகமாக இருக்கும். எனவே,

(1) காந்தப்புலம் H அதிகமாக இருந்தால் θ அதிகமாகும். இதற்கு இரும்புகாந்தத்திற்குப்பதில் கோபால்ட்காந்தம் உபயோகிக்கலாம்.

(2) சுற்று எண்ணிக்கை n அதிகமானுல் இதுஅதிகரிக்கும். ஆனுல் இதன் விளைவால் கம்பித்தடை அதிகரிக்கும்.

(3) சுருளின் பரப்பு A அதிகமாகயிருக்க வேண்டும். இரு காந்தங்களுக்கிடையே தொங்கவிடப்பட வேண்டுமாதலால், இதனைப் பெருமஅளவு அதிகரிக்கமுடியாது.

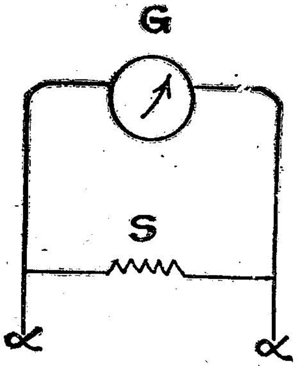
(4) μ-வானது குறைய வேண்டும். எனவே, அதற்கான குறைந்த முறுக்குத்தன்மைகொண்ட குவார்ட்ஸ் அல்லது பாஸ்பரஸ் பிரான்சு இழை உபயோகிக்கலாம்-

அம்மீட்டரும், வோல்ட் மீட்டரும்

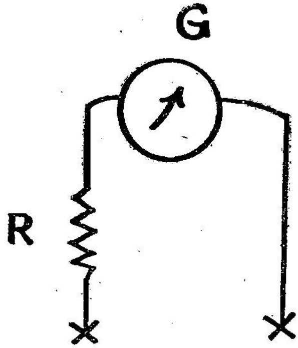
மேற்கூறிய அசைவுச்சுருள்கால்வனுமீட்டர் தொங்குச் சுருள் வகையைச் (Suspended type) சார்ந்தது. இதனை அமைப்பது மிகவும் கடினமான வேலையாகும். ஆதலால் சுருளானது கல்பதித்த முனைகளின்மேல் காந்தத் துருவங் களிடையே நிலையாக வைக்கப்படுகிறது. இதற்கு ஊசிமுனைவகை என்று பெயர். இது அசைவற்ற வகையைச்சாரும். சுருளோடு இணைந்த குறிமுள் அளவிடப்பட்ட அளவுகோல்மேல் இயங்குகிறது. இதனை அம்மீட்டராகவும், வோல்ட்மீட்டராகவும் மாற்றலாம்.

அசைவு மின்சுருள் கால்வனுமீட்டர், அம்மீட்டராக மாற்றப் பட்டுமின்னோட்டத்தைஅளக்கப்பயன்படுகிறது. அசைவுச்சுருள் கால்வனுமீட்டரோடு மிகக்குறைந்த மின்தடையுள்ள சுருள் S என்பது இணையாகப் பொருத்தப்படுகிறது (படம் 109). இதனுல் அங்கு மொத்த மின்தடை குறையும். உள்ளே செல்லுகின்ற மின்சாரத்தின் ஒரு பகுதி கால்வனுமீட்டர் சுருள் வழியாகவும், மற்றொருபகுதி மின்தடை S வழியாகவும் செல்லும். i_g அளக்கும் ஒரு கால்வனுமீட்டரை i அளவு மின்சாரம் அளக்கவேண்டிய தடையை $i_g = \frac{i\,S}{S+G}$ என்னும்தொடர்பால் அறியலாம். G என்பது கால்வனுமீட்டரின் தடையாகும்.

இந்தத் தடையே (S) இணையாக அமைக்கப்படுகிறது. அசைவுச்சுருள் மின்னோட்டமானி, வோல்ட்மீட்டராக, மாறி மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை அளக்க உதவுகிறது- இதில்



படம் 109, அம்மீட்டர்



படம் 110. வோல்ட் மீட்டர்

உயர்ந்த மின்தடை R என்பது கால்வனுமீட்டர் சுருளோடு தொடர் இணைப்பால் சேர்க்கப்படுகிறது (படம் 110).

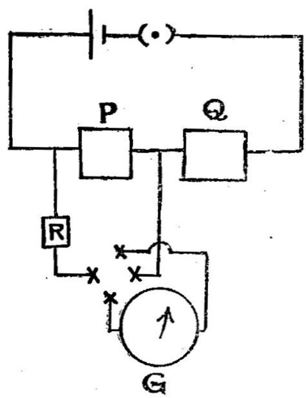
செல்லுகின்ற மின்னோட்டம் R, G மதிப்பு மிக அதிகமாக இருப்பதால் வோல்ட்மீட்டரில் குறைவாகச்செல்லும். ஒரு கால்வனுமீட்டர் g அளவு மின்னோட்டம் அளக்குமென்றால் V அளவு மின்னழுத்தம் அளக்கத் தொடர்இணைப்பில் சேர்க்க வேண்டிய உயர்மின்தடையை $g(R + G) = V$ என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து பெறலாம். இந்த அமைப்பு மின்னழுத்தத்தை நேரிடையாக அளக்கும்.

கால்வனுமீட்டர் மின்தடைக்காணல்

இரண்டு வோல்ட் மின்கலம் P, Q என்ற உயர்மின்தடை பெட்டிகளோடு தொடர்முறையில் இணைக்கப்படுகிறது. P-க்கு அருகில் R என்னும் தடைப்பெட்டி அமைக்கப்பட்டு மாற்றுச்சாவியால்கால்வனுமீட்டரோடுஇணைக்கப்பட்டுள்ளது.

P-ல் 1 ஓமும் Q-ல் 9999 ஓமும் இருக்கும்போது $R_1 + R_2 = 10,000$ ஓம்களாகும். R-ல் சுழி மின்தடைவைக்கவும். செருகுசாவியை இணைத்து கால்வனுமீட்டர் விலக்கம் d-ஐ அளக்கவும். இந்த விலக்கத்தைப்பாதியாக்க, R-ல் மின்தடைகளைப் புகுத்தவும். R-ல் புகுத்திய மின்தடை X

என்றால், கால்வனாமீட்டர் மின்தடை G = X ஆகும். P-ல்



படம் 111.

பல்வேறு தடைகளை P+Q=10,000 ஆக வைத்து மாற்றி கால்வனாமீட்டர் சராசரி மின்தடையைக் காணவும்,

கோட்பாடு

P-ல் (G+R)க்குச் சமமான } சரியான மின்தடை $= \frac{P(G+R)}{P+G+R}$

$$= \frac{PG}{P+G} \quad (R = O)$$

$$= P$$

ஏனெனில், P யோடு ஒப்பிடும்போது G பெரியது.

மின்கலத்தில் மின்னோட்டம், $\frac{E}{P+Q}$

எனவே, கால்வனாமீட்டரில் மின்னோட்டம், } $= \frac{E}{(P+Q)} \frac{P}{(P+G)}$

$$= \frac{EP}{(P+Q)G}$$ (∵ G யுடன் ஒப்பிட P சிறியது)

விலக்கம் d என்றால்,

$$\frac{EP}{(P+Q)G} = Kd \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

$$\frac{EP}{(P+Q)\ (G+X)} = \frac{Kd}{2} \quad ....(2)$$

$$\frac{G+X}{G} = 2$$

$$1 + \frac{X}{G} = 2$$

$$\therefore G = X$$

நுட்பத்தன்மைஎண் (Figure of merit)

மேற்கண்ட சோதனையில் கொடுத்த அதே மின்கற்றை Rஐ மட்டும் எடுத்துவிட்டு இணைக்கவும். Pல் 1ம் Qல் 9999ம் வைத்து P+Q = 10,000 எனக்கொண்டு d ஐக் காணவும்.

எனவே, கால்வனுமீட்டரில் மின்னோட்டம் $\Big\} = \dfrac{EP}{(P+Q)\,G}$

இது d அளவு விலகலைத் தருகிறது.

ஆதலால் நுட்பத்தன்மை எண் $\Big\} = \dfrac{EP}{(P+Q)\,G} \times \dfrac{1}{d} \times 10^6$

மைக்ரோஆம்பியர்கள் / மி.மீ.

P-யை மாற்றி, (P+Q=10000 தான் இருக்க வேண்டும்) சராசரி அளவீடு காணவும்.

வினாக்கள்

1. நேர்மின்கடத்தியினருகில் கிடைக்கும் காந்தப்புலச் செறிவுக்கு ஒரு தொடர்பைப் பெறுக.

2. டேன்ஜண்ட் கால்வனுமீட்டரின் அமைப்பு, வேலைசெய்யும் விதம், இவற்றினை விளக்கிக்கூறு, இதன் உணர்வுநுட்பத்தை எவ்வாறு அதிகப்படுத்தலாம்?

3. அசைவுச்சுருள் கால்வனுமீட்டர் அமைப்பை விவரி. இது வேலை செய்யும் தத்துவத்தை வேண்டிய கணக்கோடு விளக்கு, இது எப்போது எவ்வகையில் அம்மீட்டராகவும், வோல்ட் மீட்டராகவும் பயன்படுகிறது ?

4. மின்தடை அளவீடுகள்

அறிமுகம்

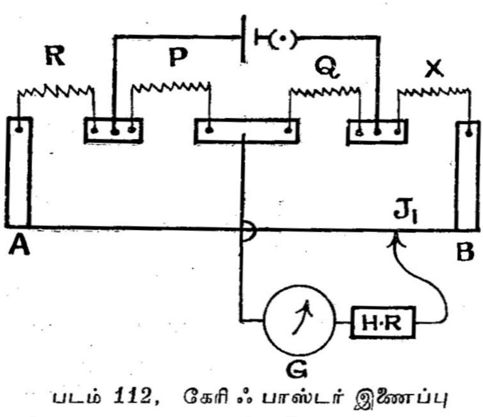
ஒரு கடத்தியின் மின்தடையைக்காண, வீட்ஸ்டோன் வலைஅமைப்பினை உபயோகிக்கிறோம். இதன் வாய்பாடு,

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{X}$$ ஆகும்.

மீட்டர் இணைப்பைக்கொண்டு, மின்தடையை அளக்கிறோம். வீட்ஸ்டோன் இணைப்பின் மறுவடிவமே மீட்டர் இணைப்பாகும்.

கேரி ஃ பாஸ்டர் இணைப்பு (Carey - Foster's Bridge)

கேரிஃபாஸ்டர் இணைப்பு, மின்தடைகாண மிகவும் சிறந்த கருவியாகும். ஒருமீட்டர் நீளமுடைய சீரான மின்தடைகொண்ட



படம் 112, கேரி ஃ பாஸ்டர் இணைப்பு

AB என்னும் கம்பியானது மரப்பலகையில் தாமிரப்பட்டை தகடுகளுக்கிடையே பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றது. நான்கு இடை வெளிகள் விட்டுப்பட்டைகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன.

இந்த இடைவெளிகள், P, Q என்னும் சமமின்தடைகளால் இணைக்கப்படுகின்றன. R என்பது மின்தடை பெட்டியாகும். X என்பது கண்டறிய வேண்டிய மின்தடையாகும். P-க்கும், R-க்கும் இடையே மின்கலத்தின் ஒருமுனை இணைக்கப்பட்டுச் செருகுசாவிவழியே Q-க்கும், X-க்கும் இடையே மறுமுனை இணைக்கப்படுகிறது. P, Q இடையே ஆரம்பித்து மின்னோட்டங் காட்டி (Galvanometer) வழியே உயர்மின்தடையோடுஇணைத்து AB கம்பிமேல் இழையும் தொடுசாவி (Jockey) யோடு ஒரு கம்பி இணைக்கப்படுகிறது.

P-யும் Q-வும் சமஅளவு மின்தடைகள். R மின்தடைப் பெட்டியில் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்தடையை எடுக்கவும். தொடு சாவியை A அருகிலும், B அருகிலும் தொட்டால் இணைப்புகள் சரியாக இருப்பின் எதிர்திசையில் கால்வனுமீட்டரின் குறிமுள் அசையும். உயர்மின்தடையை உபயோகித்துத் தோராய சமநிலைப் புள்ளியையும் அதனை நீக்கச் சரியான புள்ளியையும் காணவும். கம்பியின் J_1 என்னும் இடத்தில் சமநிலைப்புள்ளி இருக்கட்டும். எனவே, வீட்ஸ்டோன் இணைப்புப்படி நான்கு கரங்களிலும் மின்தடைகள் சமம். மேலும் கம்பியின் ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளத்தின் மின்தடை 'ρ' என இருக்கட்டும்.

எனவே, $$\frac{P}{Q} = \frac{R+r_1+AJ_1\cdot\rho}{X+r_2+BJ_1\cdot\rho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

இதில் r_1 என்பது இடதுபக்க இணைப்புத் தாமிரத்தகட்டின் மின்தடை. r_2 என்பது வலதுபக்க இணைப்புத் தாமிரத்தகட்டின் மின்தடையாகும்.

R மற்றும் X இவற்றை இடமாற்றம் செய்து மீண்டும் சமநிலைப்புள்ளியைக்காணவும். இதனை J_2 எனலாம்.

$$\therefore \frac{P}{Q} = \frac{X+r_1+AJ_2\cdot\rho}{R+r_2+BJ_2\cdot\rho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

சமன்பாடு 1 லிருந்து, $$\frac{P}{P+Q} = \frac{R+r_1+AJ_1\cdot\rho}{R+X+r_1+r_2+AB\cdot\rho}$$

சமன்பாடு 2 லிருந்து, $$\frac{P}{P+Q} = \frac{X+r_1+AJ_2\cdot\rho}{R+X+r_1+r_2+AB\cdot\rho}$$

இவை இரண்டையும் ஒப்பிட்டால்,

$$X+r_1+AJ_2\cdot\rho = R+r_1+AJ_1\cdot\rho$$

$$\therefore X = R+(AJ_1-AJ_2)\,\rho$$ ஆகும்.

கம்பியின் ρ காணும் முறை

P, Q, R இவற்றை அப்படியே வைத்து X-க்குப் பதிலாகத் தடித்த செப்புக்கட்டையை (மின்தடை = O) இணைக்கவும். சமநிலைப்புள்ளி J_3ஐக்காணவும். செப்புப்பட்டையைஇடப்பக்கம் வைத்து மீண்டும் சமநிலைப்புள்ளி J_4 ஐக் காணவும்.

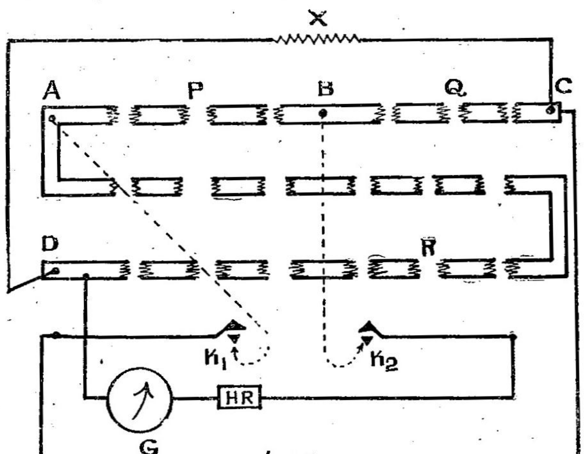
$$\text{எனவே, } O = R + (AJ_3 - AJ_4)\,\rho$$

$$\therefore \rho = \frac{R}{(AJ_4 - AJ_3)}$$

கேரிபாஸ்டர் இணைப்பில் A, B முனைகள் மற்றும் இணைப்புப் பட்டைகள், மின்தடைகள் கணக்கில் கொள்ளப்பட்டுப் பின் நீக்கப்படுகின்றன. எனவே, மீட்டர் இணைப்பைவிட இது துல்லிய அளவினைத்தரும்.

பி. ஓ. பெட்டி (Post - Office - Box)

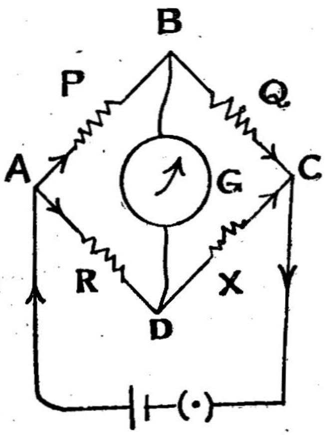
வீட்ஸ்டோன் அமைப்பு ஒரு பெட்டிக்குள்ளாக அமைக்கப்பட்டு எளிதில் எடுத்துச் செல்ல வசதியாக வைக்கப்பட்டதே



படம் 113. பி. ஓ. பெட்டி

பி. ஓ. பெட்டியாகும். மூன்று மின்தடைப் பெட்டிகள் P, Q, R மூன்று பக்கங்களாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. P-யிலும், Qவிலும், 10,100,1000 ஓம்கள்கொண்ட செருகுக் கட்டைகள் உண்டு. R-ல் 1 முதல் 10,000 மின்தடைவரை அமைக்கப்பட்டுள்ளது. செருகு கட்டையை எடுத்தால் மின்தடை, சுற்றில் கொண்டுவரப்படும்.

A-யிலிருந்து K_1 க்கும் B-யிலிருந்து K_2க்கும் புள்ளிக் கோட்டால் காட்டியபடி உள்ளே இணைக்கப்பட்டுள்ளன. C-க்கும், D-க்கும் இடையே காண வேண்டிய மின்தடையைச் (X) சேர்க்க வேண்டும். A-க்கும், C-க்குமிடையே லெக்லான்சி மின்கலத்தை இணைக்கவும். B-க்கும் D-க்குமிடையே நடுநிலை கால்வனுமீட்டர், உயர்மின்தடை ஆகியவற்றை இணைக்கவும். சமநிலைப்புள்ளி காண K_1ஐ அழுத்திக் கொண்டு, K_2 வை அழுத்தினுல் கால்வனுமீட்டரில் அசைவு தெரியும்.



படம் *114*,
வீட்ஸ்டோன் இணைப்பு

கம்பியின் மின்தடை காணல்

மின்தடை காணவேண்டிய கம்பியை C-க்கும் D-க்குமிடையே இணைக்கவும். P. Q வில் முறையே 10 ஓம்களை வைக்கவும். R-ல் சுழித் தடையையும், முடிவிலாத் தடையையும் (Infiinite resistance) வைத்து, கால்வனுமீட்டர் விலகலைப் பார்க்கவும். அவை எதிர்திசையில் அமையட்டும். R-ல் குறிப்பிட்ட இரு மின்தடைகளுக்கு விலகல் எதிர்திசையிலிருக்கட்டும். எடுத்துக் காட்டாக 6, 7 ஓம்களுக்கு இது அமையட்டும். எனவே, Xஇன் மதிப்பு 6 ஓம், 7 ஓம்களுக்குள்ளாக இருக்கும் (P=Q=10 ஓம்). அடுத்து P-ல் 100 ஓம், Q-ல் 10 ஓம் வைத்து R-ல் எதிர்திசைக்கான மின்தடைகளைக்காணவும். 62, 63 ஓம்களுக்கு இது அமையட்டும். P, Q-வைப்போல 10 மடங்கு பெருகியதால் இதுவும் 10 மடங்கு அதிகரித்துள்ளது. எனவே, X ன் மின்தடை 6·2, 6·3 ஓம்களுக்கு இடையேயிருக்கும்.

அடுத்து Pல் 1000 ஓம், Qல் 10 ஓம் இருக்கட்டும். Xன் மதிப்பு 100 மடங்கு அதிகரித்திருக்கும். சோதனையை 620, 630 ஓமுக்குள் நடத்தவும். R-ல் 625 ஓம் இருக்கும்போது விலகல் இல்லை என்று வைத்துக்கொள்வோம். எனவே, X ன் மதிப்பு 6·25 ஓம் எனலாம்.

மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணைக்காணல்
(Temperature Coefficient of Resistance)

மின்தடை வெப்பநிலைஎண் காண வேண்டிய கம்பியை இரண்டாக மடித்துத் தூண்டல் விளைவு ஏற்படாத வகையில், மரச்சட்டத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இரு பெரிய திருகாணிகள் அதன்மேல் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இது முகவையிலுள்ள பனிக்கட்டியில் மூழ்கி வைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, பி. ஓ. பெட்டியோடு இணைத்து 0° C-ல் மின்தடை R_0 வைக்காணவும். முகவையைச் சூடாக்கி100°C வெப்பநிலையில் மீண்டும் மின்தடை R 100 ஐ அளக்கவும். எனவே,

பொருளின் மின்தடை வெப்பநிலை எண் ‘ ∝ ’ என்ருல்,

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

மாருக, வெப்பநிலை θ_1° C-ல் மின்தடை R_1 என்றும் θ_2° C-ல் R_2 என்றும் கணக்கிட்டால்,

$$\propto = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \quad \text{ஆகும்.}$$

வினுக்கள்

1. கேரிஃபாஸ்டர் இணைப்பைக்கொண்டு மின்தடையை நீ எவ்வாறு காண்பாய் ? இதனுடைய சிறப்பு என்ன ?

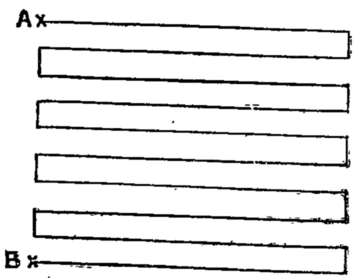
2. மின்தடைவெப்பநிலைஎண் என்ருல் என்ன ? பி, ஓ, பெட்டியைக் கொண்டு இதனை எவ்வாறு அளவிடலாம் என விளக்குக,

5. மின்னழுத்தமானி
(Potentiometer)

மின்தடை, மின்கலங்களின் மின்னழுத்தவேறுபாடு போன்றவை காண மின்னழுத்தமானி பயன்படுகிறது. சீரான மாங்கனின் கம்பி, 10 மீட்டர் நீளமுள்ளதை ஒவ்வொரு மீட்டராகப் பெரியமரப்பலகையின்மேல் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இருமுனைகளிலும் பெரிய திருகாணிகள் A, B அமைக்கப் பட்டுள்ளன. கம்பிகளின்மேல் இழையும், தொடுசாவி ஒன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சமநிலைப்புள்ளியை அளவிடும்போது நீளத்தை அளக்கக் கம்பியையொட்டி பலகைமேல் ஒரு மீட்டர் அளவுகோல் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

இரு மின்கலங்களின் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளை ஒப்பிடல்

மின்னழுத்தமானியைக் கொண்டு மின்கலங்களின் மின்னழுத்தவேறுபாடுகளை ஒப்பிடலாம். மின்னழுத்தமானி



படம் 115. மின்னழுத்த மானியின் மின்தடைக் கம்பி

யானது, வோல்ட் மின்கலம், மின்தடைமாற்றி, செருகு சாவியோடு இணைக்கப்படுகிறது. இதற்கு முதன்மைச்சுற்று

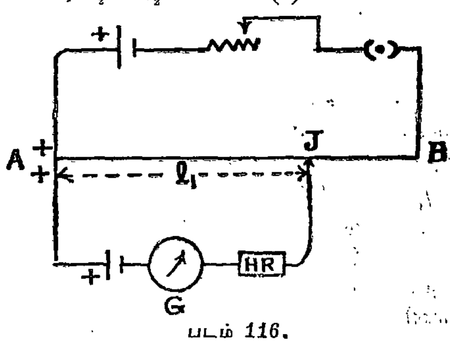
(primary circuit) என்று பெயர். கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு காணவேண்டிய மின்கலங்களில் ஒன்றின் நேர்முனையைமின்னழுத்தமானியின் நேர்முனைக்கும்(முதன்மைச் சுற்றில்) இணைத்து மற்றமுனை கால்வனுமீட்டர் உயர் மின்தடையோடு இணைத்துத் தொடுசாவிக்கும் இணைக்கப் படுகிறது. இதனைத் துணைச்சுற்று (Secondary circuit) என்பர்.

இப்போது முதன்மைச்சுற்றில் செருகுசாவியை இட்டு மின்சாரம் பாயும்போது செருகுசாவியை அமுக்கவும். தொடுசாவியை A அருகிலும், B அருகிலும் அழுத்தி விலக்கமும் எதிர்சையில் உள்ளதா எனப் பார்க்கவேண்டும். எதிர்திசை யிலிருந்தால்தான் நடுநிலைப்புள்ளி கிடைக்கும்.மின்தடைமாற்றி ஒரு நிலையிலிருக்க வேண்டும். முதலில் உயர்மின்தடையை உபயோகித்துத் தோராயச் சமநிலைப்புள்ளியையும், அதனை நீக்கித் துல்லியமான சமநிலைப்புள்ளியையும் காணவும். நேர்முனை திருகாணியிலிருந்து இதன் நீளம் l_1 செ. மீ. என்போம். மின்கலத்தில் மின்னியக்குவிசை E_1 என்றால்,

$$E_1 \propto l_1 \;\ldots\ldots\ldots(1)$$

மின்தடைமாற்றியை இதே நிலையில் வைத்து இரண்டாம் மின்கலத்திற்கு (மி. இ. வி. E_2) சம நிலைப்புள்ளியைக் காணவும். நேர்முனை திருகாணியிலிருந்து இதன்தூரம் l_2 செ. மீ என்போம்.

$$\text{எனவே, } E_2 \propto l_2 \;\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$



படம் 116.

$$\text{எனவே, } \frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

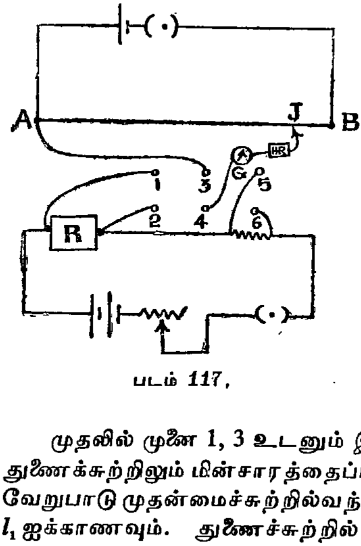
சோதனையை மீண்டும் செய்ய மின்தடைமாற்றியை, மாற்றி அமைத்துச் செய்யவேண்டும்.பல அளவீடுகள் எடுத்து $\frac{E_1}{E_2}$ ன்

சராசரி மதிப்பினைக் கணக்கிடவும். இந்த அளவு இரு மின்கலங்களின் மின்னியக்குவிசையின் தகவினைத்தருகிறது.

மேற்கூறிய சோதனையில் ஒரு மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை தெரிந்தால் மற்றதன் மின்னியக்குவிசையைக் கணக்கிடலாம்.

மின்தடைக் காணல்

மின்னழுத்தமானியோடு மின்கலம் செருகுசாவியை முதன்மைச்சுற்றில் இணைக்கவும். தெரிந்த மின்தடைப்பெட்டி R, தெரியாத மின்தடை X, மின்கலம், மின்தடை மாற்றி இவைகளை துணைச்சுற்றுக இணைக்கவும். ஆறுமுனைச் சாவியோடு R-ன் இரு முனைகளையும் X-ன் இரு முனைகளையும் படத்தில் காட்டியதுபோல் அமைக்கவும். நடுச்சாவியின்மேல்முனை A-யோடு, இணைக்கப்படுகிறது. மற்ற முனையிலிருந்து கால்வனுமீட்டர் உயர்மின்தடையைத் தொடுசாவிக்கு இணைக்கவும்.



படம் 117.

முதலில் முனை 1, 3 உடனும் இணைக்கவும். முதல் சுற்றிலும் துணைக்சுற்றிலும் மின்சாரத்தைப்பாயவிடவும். R-ன்மின்னழுத்த வேறுபாடு முதன்மைச்சுற்றில்வந்து எதிர்க்கும். சமநிலைப்புள்ளி l_1 ஐக்காணவும். துணைச்சுற்றில் பாயும்மின்சாரம் C எனில்,

$Rc = e. l_1$ ....(1).

e என்பது மின்னழுத்தமானியில் முதல்சுற்றுல் உண்டாகும் ஒரு செ. மீ நீளத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாடு. 3ம் 5ம், 4ம் 6ம் இணைத்து Xன் மின்னழுத்தவேறுபாடு சுற்றில் வரும்போது சமநிலைப்புள்ளி l_2-ஐக் காணவும்.

எனவே, $Xc = e. l_2$ ....(2)

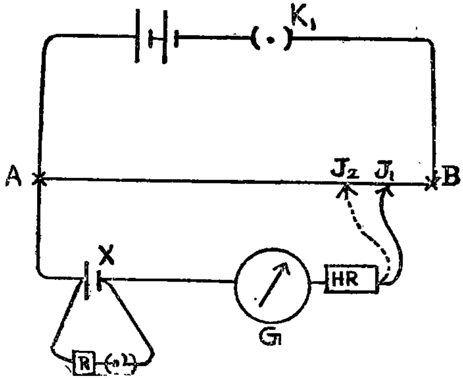
2 ஐ 1ஆல் வகுக்க $\frac{X}{R} = \frac{l_2}{l_1}$

$\therefore X = R \frac{l_2}{l_1}$ (ஓம்கள்)

மின்தடைமாற்றியை மாற்றிப் பல நிலைகளில் வைத்து Xன் மதிப்புக்காணவும். இங்கு Xன் மதிப்புத் தோராயமாகத்தானிருக்கும். துல்லிய அளவு கிடைக்க இருமின்தடைகளும் ஏறக்குறைய சமமாக இருக்கவேண்டும்.

மின்கலத்தின் அகமின்தடை காணும்முறை (Internal Resistance)

மின்கலம், தொடுசாவி K_1 இரண்டும் மின்னழுத்தமானி AB யோடு தொடர்சுற்றில் இணைக்கப்படட்டும். கொடுக்கப்



படம் 118.

பட்ட அகமின்தடை காணவேண்டிய மின்கலத்தின் நேர்முனை A வோடும், அடுத்தமுனை கால்வனுமீட்டர் உயர் மின்தடையோடு, தொடுசாவிக்கு இணைக்கப்படட்டும். மின்கலம் X யோடு ஒரு மின்தடைப்பெட்டியும் தொடுசாவி K_2ம் இணைக்கப்படுகின்றன.

K_1 சாவியை இணைத்து A, Bல் தொடுசாவியை அமுக்கி விலக்கம் எதிர்விசையிலுள்ளதா எனப் பார்க்கவும். K_2 வைத் திறந்த நிலையில் வைத்துச் சரியான சமநிலைப்புள்ளியை அளக்கவும். A விலிருந்து இதன் தூரம் l_0 என்போம். எனவே, மின்கலத்தின் மின்னழுத்தவேறுபாடு E எனில்,

$$E = l_0 e$$ (மின்னழுத்தமானியின் ஒரு செ. மீ நீளமின்னழுத்த வேறுபாடு e)

R மின்தடைப் பெட்டியில் ஒரு தடையை வைத்து K_2 வை இணைத்துச் சமநிலைப்புள்ளியைக்காணவும். Aயிலிருந்து இதன்

தூரம் l_1 என்போம். B என்பது X மின்கலத்தின் அகமின்தடை எனில் Rன் அருகே மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$\frac{ER}{B+R} \text{ ஆகும்.}$$

$$\text{எனவே,} \quad \frac{ER}{B+R} = l_1 e,$$

$$\text{ஆனால் } E = l_0 e$$

$$\text{எனவே,} \quad \frac{E}{\frac{ER}{B+R}} = \frac{l_0 e}{l_1 e}$$

$$\frac{B+R}{R} = \frac{l_0}{l_1}$$

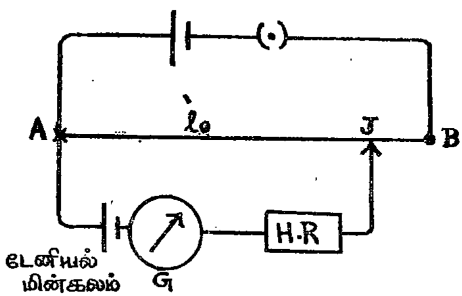
$$\frac{B}{R} + 1 = \frac{l_0}{l_1}$$

$$B = R\ \frac{(l_0 - l_1)}{l_1}$$

R-ல் பல்வேறு மின்தடைகளிட்டு அகமின்தடை B-யைக் கணக்கிட்டுச் சராசரி மதிப்புக் காணவும். அகமின்தடை நிலையானதன்று. மின்னோட்டம் அதிகரித்தால் அதன் மதிப்புக் குறையும்.

அம்மீட்டரை அளவீடு செய்தல்

மின்னழுத்தமானி, கம்பி AB யோடு 2 வோல்ட் மின்கலம், செருகுசாவி தொடர்ச்சுற்றில் இணைக்கப்படுகிறது. டேனியல்



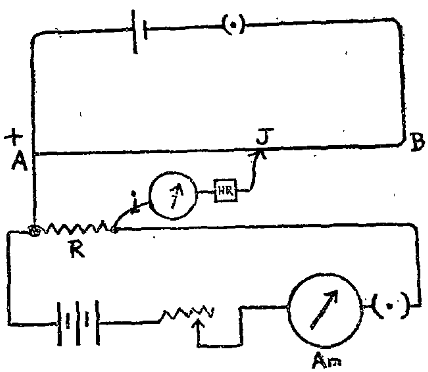
படம் 119

மின்கலம் (மி. இ. வி. 1·08 வோல்ட்) ஒன்று நேர்முனை A-வோடும் மற்றமுனை கால்வனுமீட்டர் உயர்மின்தடையோடு

தொடுசாவிக்கு இணைக்கப்படுகிறது. மின்சாரத்தைப் பாய வைத்துச் சமநிலைப் புள்ளியைக் காணவும். A-யிலிருந்து இதன் தூரம் l_0 என்போம். அதாவது டேனியல் மின்கலத்தின் மின் இயக்குவிசை இந்தத்தூரத்தில்சமன்படுத்தப்படுகிறது. எனவே, 1 செ.மீ-ல் $\frac{1 \cdot 08}{l_0}$ வோல்ட் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி கிடைக்கிறது.

டேனியல் மின்கலஇணைச்சுற்றை அகற்றிவிடவும். 6 வோல்ட்டு மின்கல அடுக்கு, மின்தடை மாற்று, அம்மீட்டர், ஒரு படித்தர மின்தடை R (பொதுவாக ஓர் ஓம் உபயோகப் படுத்தப்படுகிறது) இவற்றினைத் தொடர்சுற்றாக இணைக்கவும். படித்தர மின்தடையின் நேர்முனையிலிருந்து A-க்கும் எதிர்முனை கால்வனுமீட்டர், உயர்மின்தடை வழியாகத் தொடுசாவிக்கும் இணைக்கப்படுகிறது.

இரண்டாம் சுற்றில் மின்சாரத்தைப் பாயவைத்து மின் தடையை மாற்றி அம்மீட்டரில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு அளவீடு



படம் 120.

வைக்கவும் (0·2 ஆம்பியர்). தொடுசாவியை அழுத்திச் சமநிலைப் புள்ளியைக் காணவும். (A-யிலிருந்து தூரம் l_1 செ.மீ. என் போம்). எனவே, R-ல் உண்டான மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$CR = \frac{1 \cdot 08}{l_0} \times l_1$$

R என்பது ஓர் ஓம் ஆனால்,

$$C = \frac{1 \cdot 08 \times l_1}{l_0} \text{ ஆம்பியர்.}$$

மின்தடையை மாற்றிக் குறிமுள் பல அளவீடுகளிலிருக்கும் போது C-யைக் கணக்கிடவும். கணக்கிடப்பட்ட அளவு

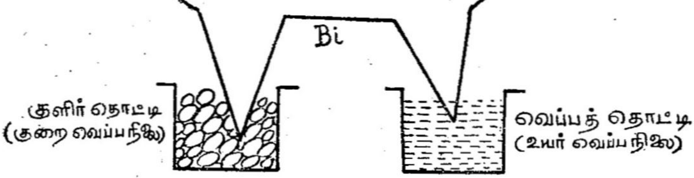
அம்மீட்டர்குறிமுள்காட்டியஅளவுஆகியவற்றிலிருந்து குறிமுள் காட்டிய அளவுக்குத் திருத்தம் தரலாம். மின்னழுத்தமானியில் அளக்கப்பட்டுக் கணக்கிடப்பட்டதே சரியான அளவீடாகும். அம்மீட்டர் காட்டிய அளவினை × அச்சிலும், கணக்கிடப்பட்ட மின்னோட்ட அளவினை Y அச்சிலும் வரையவும். இதுவே அளவீட்டு வரைபடமாகும் (Calibration curve). எனவே, அம்மீட்டரின் எந்த அளவுக்கும் சரியான மின்னோட்டத்தைப் படத்திலிருந்து காணலாம்.

வினாக்கள்

1. மின்னழுத்தமானியை விவரிக்க.
2. அம்மீட்டர் எவ்வாறு மின்னழுத்தமானியைக் கொண்டு அளவிடப் படுகிறது ?

6. வெப்பமின்னியல்
(Thermo Electricity)

இரண்டு வேறுபட்ட மின்கம்பிகளை முனைகளில் இணைக்கவும். உதாரணமாக, தாமிரம் (*cu*) பிஸ்மத் (*Bi*) உலோகங்களை இரு சந்திகள் (junctions) வரும்படி இணைக்கவும். ஒரு சந்தியானது குளிர்ந்த வெப்பநிலையிலும் மற்றச்சந்தி உயர்ந்த வெப்ப நிலையிலும் வைக்கப்படுகிறது. இவற்றிடையே ஒரு கால்வனு மீட்டர் இணைக்கப்பட்டால், அது விலக்கம் பெறுகிறது. சுற்றில் மின்னோட்டம் இருந்தாலொழிய கால்வனுமீட்டர் அசையாது. எனவே, இரு வேறு உலோகங்களின் சந்திப்புகள் வேறுபட்ட வெப்பநிலையில் வைக்கப்பட்டால் மின்சாரம் உண்டாகும் என்று நிரூபிக்கப்பட்டது. சீபெக் (Seebeck) என்பவர் இதனைக் கண்டுபிடித்தார். இத்தகைய மின்னோட்டம் **வெப்பமின்னோட்டம்** (thermo electric current) என்றழைக்கப்பட்டது. இதன் மின்னியக்குவிசையை **வெப்பமின்இயக்குவிசை** (thermo electric



படம் 121. வெப்பஇரட்டை

e.m.f) என்பர். இந்த விளைவு **சீபெக்விளைவு** (Seebeck effect) எனப்படும்.

இருவேறு கம்பிகள் சேர்ந்து, இரண்டு சந்திகள்கொண்டு அமைக்கப்பட்ட இது **வெப்பமின்இரட்டை** (thermo couple) எனப்படும்.

தாமிரம் - பிஸ்மத் இரட்டையில் மின்சாரம் தாமிரத்திலிருந்து பிஸ்மத்தை நோக்கிச் செல்கிறது. தாமிரம்—இரும்பு இரட்டையை உபயோகித்தால், மின்னேட்டம் இரும்பிலிருந்து, தாமிரத்தை நோக்கிச் செல்கிறது. ஒரு சந்திப்புச் சுழிநிலை வெப்பநிலையில் வைத்து மற்றச் சந்திப்பின் வெப்பநிலையை மெதுவாக உயர்த்தினல் இதிலுண்டாகும் வெப்ப மின்னேட்டம் இரு சந்திப்பிலுள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்தில் அமைகிறது. இரும்பு-தாமிரம் மின்இரட்டையில் சந்திப்பின் வெப்பநிலைகள் $0°C$-ம் $100°C$ம் உள்ளபோது வெப்பமின்னியக்குவிசை தோராயமாக 0·0015 வோல்ட் எனலாம்.

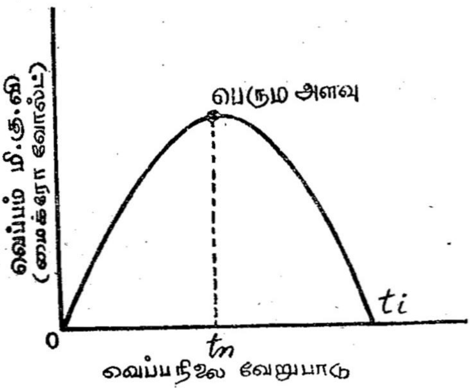
கீழ்க்கண்ட வெப்பமின்இரட்டைகள் உபயோகத்திலுள்ளன.

Bi, Co, Pb, Cu, Mn, Sn, Cr, Au, Ag, Zn, Fe, Sb, உலோகங்களை மாற்றியமைக்கும்போது வெப்ப மின்னியக்குவிசை மாறுகிறது. உதாரணமாக, பிளாட்டினம்-பிளாட்டினம் ரேடியம் ஒரு டிகிரி வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு 2 மைக்ரோ வோல்ட்டும் ஆன்டிமனி - ஈயம் 31 மைக்குரோவோல்ட்டும் உண்டாக்குகின்றன. வெப்பநிலையில் மின்இயக்குவிசை மாறும்விதம் **வெப்பமின்திறன்** (thermo electric power) எனப்படும்.

இரும்பு - தாமிரம் மின்இரட்டையின் இரு சந்திகளில் ஒன்று $0°c$ வெப்பநிலையில் இருக்கட்டும். மற்றச் சந்தியின் வெப்பநிலையை மெதுவாக உயர்த்தவும். வெப்ப மின் இயக்குவிசையை ஒவ்வொரு டிகிரி வெப்பநிலை உயர்வுக்கும் குறித்துக் கொள்ளவும். வெப்பநிலையை X அச்சிலும் வெப்பமின்இயக்குவிசையை Y அச்சிலும் குறிக்கவும்.

வெப்பநிலை உயரும்போது வெப்பமின்இயக்குவிசை ஏறக்குறைய நேர்விகிதத்தில் அமைகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை வேறுபாடு வரும்போது வெப்ப மின்னியக்குவிசை பெருமநிலையை அடைகிறது. பிறகு, வெப்பநிலை வேறுபாடு அதிகரித்தால் வெ. மி. இ. வி. குறைந்து சுழியாகிறது. வரைபடத்தில் இந்த வளைவு ஒரு பரவளையமாகத் (parabola)

தோன்றுவதைக் காட்டலாம். பெரும, வெ. மி. இ. வி, நிலையில் வெப்பச்சந்தியின் வெப்பநிலைத் திருப்புவெப்பநிலை



படம் 122.

't_n' (neutral temperature) எனப்படும். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் வெப்பமின்னியக்குவிசை சுழியாகிறது. இந்த வெப்பநிலையைப் புரட்டுவெப்பநிலை 't_i' (temperature of inversion) எனப்படும். திருப்புவெப்பநிலையும், புரட்டு வெப்ப நிலையும் வெப்பமின்இரட்டையின் இரு வேறு உலோகங்களின் கூட்டினைப் பொறுத்து அமையும். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப மின் இரட்டைக்குக் குளிர்சந்திப்புத் திருப்புவெப்பநிலைக்குக் கீழே எவ்வளவு குறைவாக இருக்கின்றதோ அந்த அளவு புரட்டு வெப்பநிலை உயர்வெப்பநிலையில் மேலாக அமைந்திருக்கும். இரும்பு - தாமிரம் வெப்பமின்னிரட்டையில் குளிர்சந்திப்பு 0°c-ல் இருக்கும்போது திருப்புவெப்பநிலை 285°c-ஆக இருக்கும். புரட்டு வெப்ப நிலை 570°c ஆகும். குளிர் சந்திப்பு 10°c என்றால் புரட்டு வெப்ப நிலை 560°c-ல் இருக்கும். திருப்பு வெப்பநிலை மாறுவதில்லை.

குளிர்சந்திப்பு வெப்பநிலை, உயர்சந்திப்பு—வெப்ப நிலை, வெப்பமின்இரட்டை ஆகியவற்றைப் பொறுத்து வெப்பமின் இயக்குவிசை மாறுகிறது. ஒரு குளிர் சந்திப்பின் வெப்பநிலை 0°c என்றும் வெப்ப சந்திப்பு T° வெப்ப நிலையிலுமிருந்தால், வெப்பமின்இரட்டையில் உண்டாகும் வெப்பமின்னியக்கு விசை,

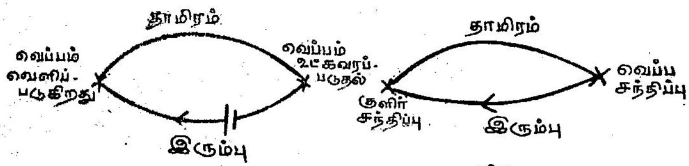
$$E = aT + bT^2.$$

இதில் a, b, என்பவை மாறிலிகளாகும். வெப்ப மின்இரட்டை உலோகங்களைப் பொறுத்து a-ம் b-ம் மாறுபடுகின்றன. வெப்ப மின்னோட்ட விளைவினை எலக்ட்ரான் கோட்பாட்டினால் விளக்கலாம்.

பெல்ட்டியர் விளைவு (Peltier Effect)

இரண்டு வேறுபட்ட உலோகங்களின் சந்திப்புகள் வழியே மின்சாரம் செல்லும்போது, சந்தியில் வெப்பம் வெளிவிடப்படுகிறது (உண்டாக்கப்படுகிறது.) அல்லது உட்கவரப்படுகிறது. வெப்பம்வெளிவிடுதல் அல்லது உட்கவருதல் மின்னோட்டம் செல்லும் திசையைப் பொறுத்து அமையும். இந்த விளைவினை பெல்ட்டியர் (Peltier) என்பவர் கண்டுபிடித்தார். எனவே, இது பெல்டியர் விளைவு (Peltier Effect) எனப்படும்.

தாமிர மின்இரட்டையை எடுத்துக்கொள்வோம். இரண்டு சந்திப்புகளில் இடப்பக்கம் குளிர் சந்திப்பு என்றும், வலப்பக்கம் வெப்ப சந்திப்பு என்றும் கொள்வோம். மின்சாரம்



(a) (b)

படம் 123.

பாய ஒரு மின்கலத்தை இணைக்கவும். இரும்பிலிருந்து மின்சாரம் தாமிரத்திற்குச் செல்லும்போது இச்சந்தியில் வெப்பம் வெளிவிடப்படுகிறது. தாமிரத்திலிருந்து இரும்பிற்கு வரும்போது இச்சந்தியில் வெப்பம் உட்கவரப்படுகிறது. அதாவது சந்தி குளிர்ச்சியாகிறது. ஆன்டிமனியிலிருந்து பிஸ்மத்திற்கு மின்சாரம் செல்லும்போது அச்சந்திப்பு வெப்பப்படுத்தப்படுவதையும், எதிர்திசையில் செல்லும்போது அம்முனை, குளிர்ச்சியாக்கப்படுவதையும் நடைமுறையில் காணலாம். மேற்கண்ட சுற்றில் மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றினால் மேற்கண்ட விளைவுகள் நேர்எதிராக மாறுகின்றன.

பெல்டியர் எண் (Peltier coefficient)

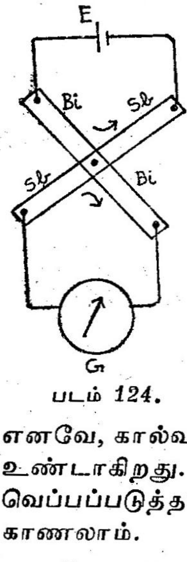
வேறுபட்ட இரு உலோகங்களின் சந்திப்பு வழியாகச் செல்லும் மின்சாரத்தின் அளவு ஒரு கூலூமானால், ஒவ்வொரு

சந்திப்பிலும் வெளியிடப்பட்ட அல்லது உட்கவரப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவு (ஜீல்களில்) **பெல்ட்டியர்எண்** என்று கூறப்படுகிறது.

பெல்ட்டியர் எண் π என்ற அடையாளத்தால் குறிக்கப் படும். சில இடங்களில் பெல்ட்டியர்எண் எதிர்குறியிட்டுக் காட்டப்படும். இது சந்தியில் வெப்பம் வெளிப்படுவதைக் காட்டும். பெல்ட்டியர்எண்ணின் அளவெண் உலோகச் சந்தியின் தனிவெப்பநிலையையும், (absolute temperature) எடுத்துக்கொண்ட உலோகங்களையும் பொறுத்து அமையும்.

பெல்ட்டியர் விளைவை விளக்கும் சோதனைகள்

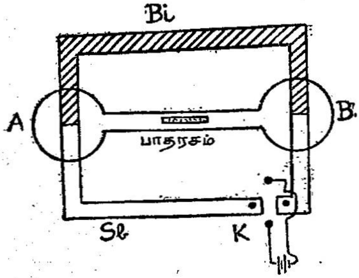
ஆன்டிமனி, பிஸ்மத் ஆகிய உலோகங்களின் இரு தண்டுகளை(rods)எடுத்துச் சிலுவைபோல நடுவில் இணைக்கவும் (படம் 124). மேற்புறத்தில் ஒரு மின்கலத்தை இணைக்கவும். அடியில் ஒரு நுண்ணுணர் கால்வனுமீட்டர் இணைக்கப்படுகிறது. மின்சுற்றை மூடி பிஸ்மத்திலிருந்து, ஆன்டி மனிக்கு மின்சாரம் சிறிது நேரம் செல்லட்டும். மின்இணைப்பை நிறுத்தி விட்டு கால்வனுமீட்டர் சுற்றினை மூடவும். கால்வனுமீட்டரில் மின்னோட்டம் செல்வதை அதன் குறிமுள் அசைந்து காட்டுகிறது. மின்சாரம் செல்லும்போது சந்திப்பில் வெப்பம் உட்கவரப்பட்டுக் குளிர்ச்சியடை கிறது. ஆனல் கீழேயுள்ள முனைகள் சந்திப்பைவிட உயர்வெப்ப நிலையிலுள்ளன. எனவே, கால்வனுமீட்டர் படத்தில் காட்டியதுபோல விலக்கம் உண்டாகிறது. மின்னோட்ட திசையினை மாற்றினுல், சந்திப்பு வெப்பப்படுத்தப்பட்டு இதே நிகழ்ச்சியினைத் திரும்பக் காணலாம்.



படம் 124.

இரண்டு பிஸ்மத், ஆன்டிமனி கட்டைகளின் முனைகளை A, B-ல் இணைக்கவும் (படம் 125). இந்த இருமுனைசந்திகளும், கண்ணாடிபல்புகளுக்குள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. பல்புகள் ஒரு நுண்துளைக்குழாயால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. நுண்துளைக்குழாய் நடுவில் ஒரு பாதரசத்துளி அமைக்கப் பட்டுள்ளது. K என்னும் திருப்புச் சாவியினை உபயோகித்து மின்சாரத்தைப் பாயவிடும்போது பாதரசம் ஒரு திசையில் நகர்கிறது. ஆன்டிமனியிலிருந்து பிஸ்மத்திற்கு மின்சாரம்

பாயும்போது பாதரசத்துளி B-யை நோக்கி நகர்கிறது. ஏனெனில், சந்தி A வெப்பப்படுத்தப்படுவதை இது குறிக்கும்.



படம் 125.

திருப்புச்சாவி K-வை உபயோகித்து மின்சாரம் செல்லும் திசையை மாற்றினால், பாதரசத் துளி, A-யை நோக்கி நகரும். எனவே, இச்சோதனைகள் மின்சாரம் செல்லும்போது வெப்பம் வெளிவிடப்படுவதை அல்லது வெப்பம் உட்கவரப் படுவதைக் காட்டுகின்றன. பெல்ட்டியர் விளைவு மெய்ப்பிக் கப்படுகிறது.

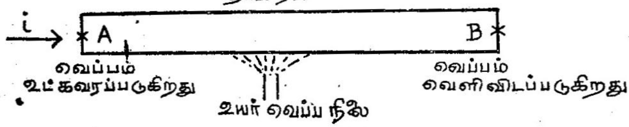
தாம்சன் விளைவு (Thomson Effect)

வெப்ப மின்இரட்டையில் உண்டாக்கப்படும் வெப்ப மின்இயக்குவிசை சந்திகளின் வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது எனப்பார்த்தோம். ஆனால் இதற்கான வரைபடங்கள் நேர்கோட்டில் அமையவேண்டும். உண்மையில் நிகழ்வது இதுவன்று. இந்த முரண்பாடே தாம்சன் விளைவுக்கு அடிகோலிற்று. வெப்பமின்இரட்டை வழியே மின்சாரம் செல்லும்போது சந்திகளில்மட்டும்தான் வெப்பம்விடுத்தல், வெப்பம்கவர்தல் நிகழ்கிறது எனக் கூறுவது தவறு என்று தாம்சன் கூறினர். ஆனால் வெப்பநிலை வேறுபாடு காரணமாக வெப்பமின் இரட்டையின் தண்டுகள் முழுவதும் வெப்பம்வெளிவிடுதலோ கவர்வதோ நிகழ்கிறது என்று கூறினர்.

ஒரு கடத்தியானது சமமற்று வெப்பப்படுத்தியிருக்கும் போது மின்னேட்டம் பாயுமானல் மின்னேட்டம் பாயும் திசையைப் பொறுத்து வெப்பம் உட்கவரப்படும் அல்லது வெளிவிடப்படும். இதுவே, தாம்சன் விளைவாகும் (Thomson Effect).

தடித்த தாமிரத்தண்டினை இருமுனைகளும் சமவெப்ப நிலையிருக்குமாறு அமைக்கவும். மையப்புள்ளியானது வெப்பப்படுத்தப்பட்டு உயர்வெப்பநிலையில் வைக்கப்படுகிறது. மின்சாரம் A-யிலிருந்து B-க்குக் செல்லட்டும். மின்சாரம் பாயுமுன் மையத்திலிருந்து சமதூரத்திலுள்ள A, B இரு முனைகளுக்கும் மையத்திலிருந்து வெப்பம் கடத்தப்பட்டு,

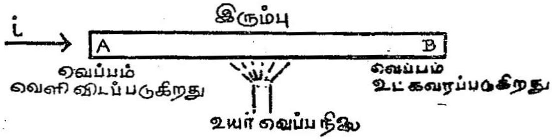
சம வெப்ப நிலையிலிருக்கும். மின்னோட்டம் பாய்ந்தால் A முனை குளிர்ந்தும் B முனை சூடாகவும் இருக்கும். ஏனெனில்,



படம் 126.

மின்னோட்டமானது தான்செல்லும் திசையில் வெப்பத்தைக் கடத்துகிறது. இது **நேர்தாம்சன்விளைவு** (Positive Thomson effect) எனப்படும். இதே விளைவினை ஆன்டிமனி, கேட்மியம் ஆகியவற்றில் காணலாம்.

தடித்த இரும்புத்தண்டினை உபயோகித்து மேற்கண்ட சோதனையைச் செய்யவும். இங்கு மின்சாரம் பாயும்போது



படம் 127.

வெப்பம் கடத்தப்படுகிறது. ஆனால் மின்சாரம் பாயும்திசைக்கு எதிர்திசையில் வெப்பம் கடத்தப்படுகிறது. A முனையில் வெப்பம் வெளிவிடப்படுகிறது. B முனையில் வெப்பம் கவரப்படுகிறது. இதனை **எதிர்தாம்சன்விளைவு** (Negative Thomson Effect) என்பர்.

மேற்கண்ட ஒவ்வொன்றிலும் மின்திசையை மாற்றினால் விளைவு நேர்எதிராகிறது. காரீய உலோகத்தில் (lead) மின்சாரம் செல்லும்போது வெப்பம் வெளிவிடுதலோ உட்கவர்தலோ இல்லை. எனவே, இதனைப் படித்தரஉலோகமாக எடுத்துக்கொண்டு மற்ற உலோகங்களோடு இணைக்கப்பட்டு வெப்பமின் பண்புகளைக் காணலாம்.

தாம்சன்எண் (Thomson Coefficient)

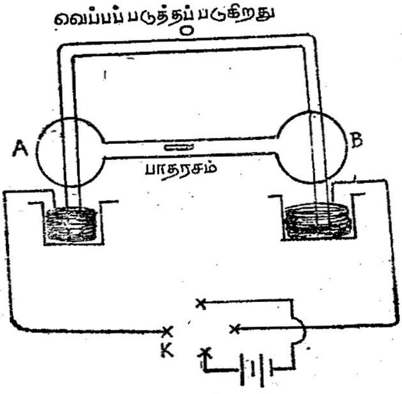
ஓர் உலோகத்தின் முனைகள் சமமற்று வெப்பப்படுத்தப்பட்டு 1°c வெப்பநிலை வேறுபாட்டில் அமைக்கப்பட்டு ஒரு கூலூம் அளவு மின்சாரம் பாயும்போது வெளிப்படும் அல்லது உட்கவரப்படும் ஆற்றல் (ஜீல்கள்) அவ்வுலோகத்தின் **தாம்சன்எண்** எனப்படும். இது 'σ' என்னும் குறியால்

காட்டப்படும். இது ஜீல்கள் / கூலூம் / டிகிரி என அளவிடப் படுகிறது.

தாம்சன்விளைவினை மெய்ப்பிக்கும் சோதனைகள்

(1) AOB என்னும் தடித்த இரும்புத் தண்டானது 'ப' வடிவத்தில் வளைக்கப்படுகிறது (படம் 128). இரு முனைகளும் முகவையிலுள்ள பாதரசத்தில் மூழ்கி வைக்கப்படுகின்றன. பாதரசத்திலிருந்து இணைப்புக் கம்பிகளைத் திருப்புசாவி K வழியே மின்கலஅடுக்கிற்குத் தொடர்பு தரப்படுகிறது. இரும்புத் தண்டின் A, B புள்ளிகள் கண்ணாடி பல்புகளால் மூடப்பட்டு மெல்லிய நுண்துளைக்குழாயால் இணைக்கப் படுகிறது. நுண்துளைக்குழாய் நடுவில் பாதரசத்துளி வைக்கப்படுகின்றன.

இரும்புத் தண்டின் மையப்புள்ளி 0-வை மிகவும் உயர்ந்த வெப்பநிலைக்கு வெப்பப்படுத்தவும். திருப்புச்சாவி K-யினை மூடி

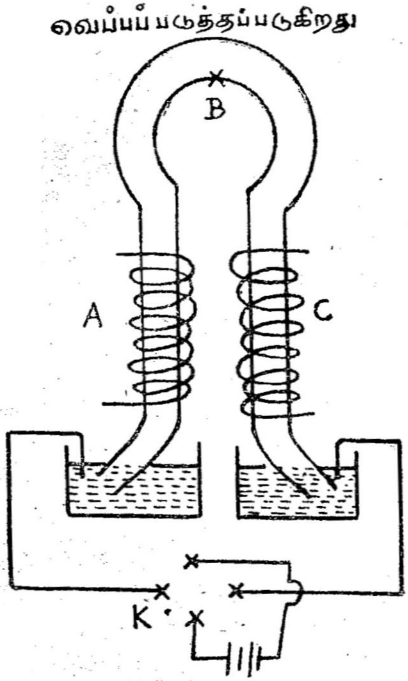


படம் 128.

மின்சாரம் பாய அனுமதிக்கவும். மின்சாரம் செல்லும்போது பாதரசத்துளி நகர்கிறது. மின்சாரம் செல்லும்போது தண்டு வெப்பப்படுத்தப்படுவதால் பாதரசத்துளி நகர்கிறது. AOB வழி சென்றால் பாதரசம் B-யை, நோக்கி நகரும். A-ல் வெப்பம் வெளிவிடுதலையும் B-ல் வெப்பம் உட்கவருதலையும் இது காட்டுகிறது. மின்திசையைத் திருப்புச்சாவியால் மாற்றினால் இந்நிகழ்ச்சி நேர்எதிராக மாறுகிறது. எனவே, **தாம்சன்விளைவு** மெய்ப்பிக்கப்படுகிறது.

ஒரு தடித்த இரும்புத்தண்டைப் படத்தில் காட்டியதுபோல் (படம் 129) ABC வடிவத்தில் வளைக்கவும். அடிப் பாகங்கள்

பாதரச முகவையில் வைக்கப்பட்டு, மின்கலத்திற்கு இணைக்கப் படுகின்றன. இரும்புத் தண்டின் இரு பக்கங்களிலும்மெல்லிய பிளாட்டினக் கம்பிகள் சுற்றப்பட்டுக் கம்பி இணைப்பின் (wire bridge) இரு கரங்களாக அமைக்கப்படுகின்றன.



படம் 129,

B-யானது பழுக்கக் காய்ச்சிய வெப்பநிலையில் வைக்கப்படுகிறது. மின்சாரத்தைப் பாயவிடவும். கம்பி இணைப்பில் சமநிலைப்புள்ளிகள் மாறிவிடும். சமநிலைப்புள்ளி ஒரு கோடிக்குச் சென்றுவிடும். ஏனெனில், பிளாட்டினக்கம்பியின் ஒரு பக்கம்வெப்பப்படுத்தப்படுவதால் மின்தடை அதிகரிப்பதை இது காட்டுகிறது. மின்திசையை மாற்றினால் இது நேர்எதிராக மாறுகிறது.

இச்சோதனைகள் தாம்சன்விளைவினை எடுத்துக்காட்டுகின்றன.

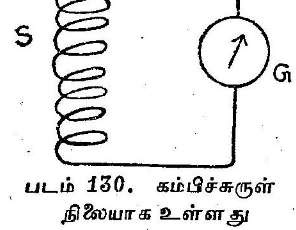
வினாக்கள்

1. வெப்ப மின்னியக்குவிசை, வெப்பமின்னோட்டம் இவைகளை விவரி.
2. பெல்ட்டியர்விளைவு என்றால் என்ன? இதனை எவ்வாறு நீ மெய்ப்பிப்பாய்?
3. தாம்சன்விளைவினை விளக்குக. தாம்சன்எண் என்றால் என்ன? தாம்ஸன்விளைவினை விளக்கும் ஒரு சோதனையைக் கூறு.

7. மின்காந்தத்தூண்டல்
(Electro-magnetic induction)

மூடிய கடத்தியின்வழியே காந்தப்புலமொன்றைத் திடீரென உண்டாக்கினல் அங்கு மின்புலம் உண்டாகிறது. முடிவுற்ற கம்பிவழியே செல்லும் காந்தவிசைக்கோடுகள் மாறுவதால் மின்னியக்குவிசை உண்டாக்கப்படுகிறது. எனவே, மின்னேட்டம் பாய்கிறது. இந்த நிகழ்ச்சியினை மின்காந்தத் தூண்டல் (Electro magnetic induction) என்பர்.

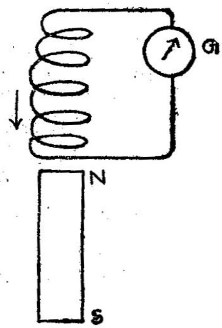
ஒரு மூடிய பலசுற்றுள்ள கம்பிச்சுருளை (S) எடுத்துக் கொள்வோம். இதன் இருமுனைகளும் ஒரு கால்வனு மீட்டருக்கு இணைக்கப்படுகின்றன. ஒரு நிலைகாந்தத்தை இந்தச் சுருளுக்குள் நுழைக்கும்போது திடீரெனக் காந்த விசைக்கோடுகள் மாறுகின்றன. கால்வனுமீட்டரில் அசைவு உண்டாகின்றது. காந்தத்தை வெளியில் இழுக்கும்போது மீண்டும் அசைவு எதிர்திசையில் உண்டாகிறது. காந்தத்தை நிலையாக வைத்தால் அசைவு நிகழ்வதில்லை. எனவே, காந்தவிசைக்கோடுகள் மாறுகின்ற நிலைமட்டும் மின்னேட்டம் உண்டாகிறது. காந்தவிசைக்கோடுகள் மாற்றத்தைக் காந்தப்பாயம் (Magnetic flux) என்பர்.



படம் 130. கம்பிச்சுருள் நிலையாக உள்ளது

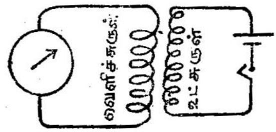
இதே சோதனையை நிலைகாந்தத்தைச் செங்குத்தாக வைத்தும் செய்யலாம். காந்தத்தை நிலையாக வைக்கவும். கம்பிச்சுருளின் இருமுனைகளையும், ஒரு கால்வனுமீட்டரோடு

இணைக்கவும். கம்பிச்சுருளைக்காந்தத்தினுள் நுழைக்கும்போதும் வெளியே இழுக்கும்போதும் கால்வனுமீட்டரில் விலக்கம்



படம் 131.

காந்தம் நிலையாக உள்ளது



படம் 132.

நிகழ்ந்து மின்னோட்டத்தைக் காட்டுகிறது (படம் 131). இந்த முறைக்கு நிலைகாந்த-இயங்குச்சுருள்முறை என்று பெயர்.

இதனைக் கீழ்க்கண்ட முறையிலும் விளக்கலாம். இரண்டு கம்பிச்சுருள்கள் ஒன்றோடொன்று இழையும்வண்ணம் இருத்தல் வேண்டும், முதல் வெளிக்கம்பிச்சுருள் ஒரு மின்கலத்தோடு இணைக்கப்படுகிறது. இரண்டாவது கம்பிச் சுருள் ஒரு கால்வனுமீட்டரோடு இணைக்கப்படுகிறது. முதல் சுருளில் மின்னோட்டம் திடீரெனப்பாயும்போது கால்வனுமீட்டர் அசைகிறது. ஏனெனில் திடீரென மின்னோட்டம் பாயும்போது காந்தப்பாயம் மாறுவதால் தூண்டு மின்னோட்டமும், தூண்டு மின்னியக்குவிசையும் உண்டாகின்றன. திடீரென மின்சாரத்தை நிறுத்தினுலும், இது நடைபெறுகிறது. ஆனுல், விலக்கம் எதிர்திசையில் இருக்கிறது. இச்சோதனைகள் மின்காந்தத் தூண்டலில் மின்னோட்டம் நிகழ்வதைத் தெளிவாக விளக்கிக் காட்டுகின்றன. ஃபாரடே (Faraday) என்னும் விஞ்ஞானி இதனை மெய்ப்பித்துக்காட்டினுர். இது பற்றிய சில விதிகளைக் கீழேகாண்போம்.

மின்காந்தத்தூண்டல் விதிகள்
(Laws of electromagnetic induction)

1. ஃபாரடேயின்விதி : மூடிய சுற்றில் காந்தப்பாயம் மாறும் போதெல்லாம் தூண்டு மின்னியக்குவிசையும் தூண்டு மின்னோட்டமும் உண்டாகின்றன. காந்தப்பாயம் எந்த

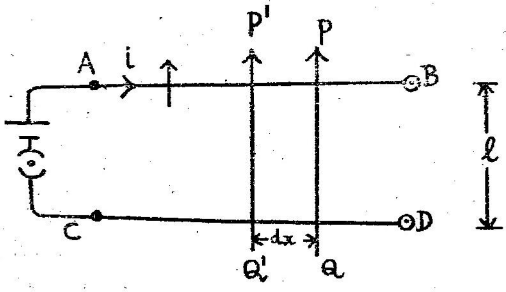
அளவுக்கு மாறுகின்றதோ அதற்கு நேர்விகிதத்தில் மின்னோட்டம் மாறும்.

2. **லென்ஸ் விதி :** (Lenz's law) மின்சுற்றில் உண்டாகும் தூண்டு மின்னோட்டத்தின் திசை அதை உண்டாக்கிய காந்தப்பாயமாற்றத்தை எதிர்க்கும் வகையில் அமையும்.

தூண்டுமின்னியக்கு விசையின் அளவெண் காணல்

AB, CD என்னும் இரு கடத்திகள் இணையாக வைக்கப் படட்டும். இவைகளுக்கிடையே உள்ள தூரம் l செ. மீ. என்போம். இதன்மேல் PQ என்னும் கடத்தி நகரட்டும். இரு இணைகடத்திகளுக்குச் சமதளத்தில் சீரான காந்தப்புலம் H இயங்கட்டும் (படம் 133.)

மின்னோட்டம் பாயும்போது, கடத்தி PQ மேல் செயல்படும் விசை Hil ஆகும். இதனால் கடத்தி, ACயை நோக்கி நகரும்.



படம் 133.

இது "dx" ஆக இருக்கட்டும். எனவே செய்த வேலை H$i\,l$ dx. ஆனால் "l d x" என்பது மூடிய சுற்றின் பரப்பளவாகும். இதனை d A என்போம்.

எனவே, dA பரப்பில் பாயும் காந்தவிசைக்கோடுகள் dN = H. dA.

இந்த நிகழ்ச்சி dt காலத்தில் நிகழ்ந்தபோது மின்கல அடுக்கு கொடுத்த ஆற்றல் (மின்னியக்குவிசை E)

$$= E\,i\,dt$$

இந்த ஆற்றலில் ஒரு பகுதி வெப்பமாகச் சுற்றில் மாறும். எனவே வெப்பமாக வெளிப்பட்ட ஆற்றல் = i^2 Rt (R என்பது சுற்றின் மின்தடையாகும்).

மின்கலம் ஈந்த ஆற்றல் = செய்த வேலை + வெளியேற்றிய வெப்பம்.

$$E\,i\,dt = i^2 R\,dt + i\,dN$$

$$E\,dt = i\,R\,dt + dN$$

$$i = \frac{E - \frac{dN}{dt}}{R}$$

தூண்டுமின்னியக்குவிசையால் மின்காற்றின் மின்னோட்டம் $\frac{E}{R}$ ஆக இல்லாமல் $\frac{E - \frac{dN}{dt}}{R}$ ஆகக் குறைகிறது.

ஆதலால் தூண்டுமின்னியக்குவிசை $-\frac{dN}{dt}$ ஆகும்.

இதில் எதிர்குறி தூண்டுமின்னியக்குவிசை, மின்கல மின்னியக்கு விசைக்கு எதிரானது எனக்குறிக்கிறது.

தூண்டுமின்னியக்குவிசை e னில்,

$$e = -\frac{dN}{dt} \text{ ஆகும்.}$$

ஃபோகால்ட் மின்னோட்டம் அல்லது சுழிமின்னோட்டம்
(Foucault's current or Eddy current)

காந்தப்புலமொன்றில் ஓர் உலோகப்பொருள் "சார்பியக்கம்"(relative motion) பெறும்போது உலோகத்தைச் சார்ந்த காந்தப்பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. ஆதலால் உலோகத்துண்டில் தூண்டுமின்னோட்டம் உண்டாகிறது. இது சுழித்துச் செல்லும் நீர்போலத் தோன்றுவதால் இதனைச் சுழிமின்னோட்டம் என்பர். ஃபோகால்ட் என்பவர் 1885-ஆம் ஆண்டு இதனைக் கண்டுபிடித்தார். ஆதலால் இது ஃபோகால்ட் மின்னோட்டம் என்றும் கூறப்படும். செம்பு, இரும்புத்துண்டு போன்றவற்றில் இவை உண்டாகின்றன. இதன் காரணமாக ஆற்றல் வீணாகிறது. மின்மாற்றிகள் (Transformers), டைனமோக்கள் இவற்றில் தேனிரும்பானது பெரிய முழுத் துண்டாக, இருந்தால் சுழிமின்னோட்டம் காரணமாக ஆற்றல் அதிகமாக இழக்கப்படும். இதனைத்தவிர்க்க தேனிரும்பு, காப்பிடப்பட்ட பலதகடுகளாகச் செய்யப்படுகின்றது. இதன் காரணமாகச் சுழிமின்னோட்டம் தவிர்க்கப்படும்.

இதன் கோட்பாட்டினைச் சிலவகைஅசையும் சுருள் கால்வனு மீட்டர்களில் உபயோகித்து அதிகம் அசையாநிலையைப்

பெறலாம். அலைவற்ற கால்வனுமீட்டரில் (aperiodic galvamometer), இப்பண்பினை உபயோகிக்கிறோம். இதில் சுழிமின்னோட்டம் உண்டாவதால் தொங்குச்சுருள் துரித அசையா நிலைபெறுகிறது.

பரிமாற்று மின்தூண்டல் (Mutual Induction)

முதன்மைச்சுருள், துணைச்சுருள் ஆகிய இரு சுருள்கள் கொண்ட அமைப்பில் ஒரு சுருள்வழியே மின்னோட்ட மாற்றங்கள் உண்டானால், துணைச்சுருளில் தூண்டு மின்னியக்குவிசை உண்டாகும் எனப்பார்த்தோம். இது "**பரிமாற்று மின்தூண்டல்**" (Mutual Induction) என்றழைக்கப்படுகிறது.

முதன்மைச்சுருளின் மின்னோட்டம் i என்றும் காந்தப்பாய அளவெண் N என்றும் எடுத்துக் கொண்டால்,

$$N \propto i$$

அல்லது $N = Mi$

M என்பது ஒரு மாறிலியாகும். இது அச்சுருளின் **பரிமாற்று மின்தூண்டல்எண்** (Coefficient of mutual Induction) அல்லது **பரிமாற்று மின்நிலைமஎண்** (mutual inductance) என்று கூறப்படும்.

ஆதலால் இரு சுருள்களுக்கிடையேயுள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல்எண் என்பது அடுத்த சுற்றில் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு 1 மி. கா. அ. இருக்கும்போது சுருளோடு இணைந்த காந்தப் பாயத்தின் அளவாகும்.

$$N = Mi$$

$$\frac{dN}{dt} = M\frac{di}{dt}$$

ஒன்றில் மின்னோட்டம் i எனும்போது மற்றதின் மின்னியக்குவிசை e ஆனால் இங்கு $\frac{dN}{dt}$ அதனைக் குறிக்கும்.

$$\text{எனவே, } e = -M\frac{di}{dt}$$

இதை எதிர்குறியிட்டுக் காட்டுதல் வேண்டும்.

$$\frac{di}{dt} = 1 \text{ ஆனால் } e = -M \text{ ஆகும்}$$

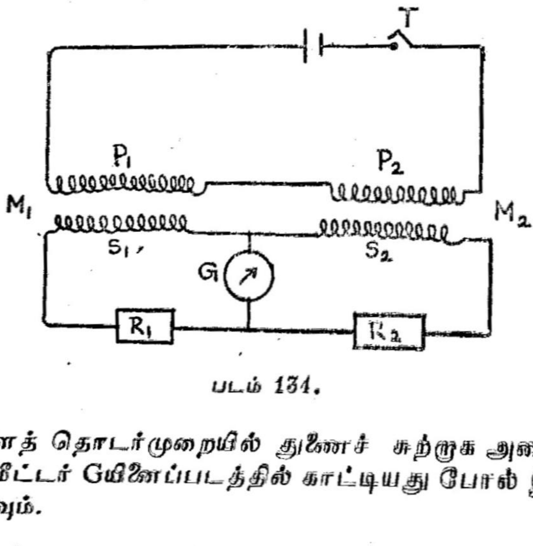
எனவே, பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண், என்பது ஒரு சுருளில் மின்னோட்டம் விநாடிக்கு 1 மி. கா. அ. வீதம் மாறும்போது மற்றதில் உண்டாகும் தூண்டுமின்னியக்குவிசையாகும்,

ஒரு சுருளில் விநாடிக்கு ஓர் ஆம்பியராக மின்னோட்டம் மாறினால், மாற்றத்தில் தூண்டு மின்னியக்குவிசை, ஒரு வோல்ட்டாக இருக்கும்போது அச்சுருள்களுக்கிடையேயுள்ள பரிமாற்ற மின் தூண்டல் எண், ஒரு ஹென்ரி ஆகும்.

1 ஹென்றி = 10^9 செ. கி, வி. அலகுக்குச்சமம்.

இரு சுருள்களின் பரிமாற்ற மின்தூண்டல் எண்களின் விகிதம் காணல்

கொடுக்கப்பட்ட இரு இரட்டைச் சுருள்களையும் எடுத்து P_1, P_2 ஆகிய முதன்மைச் சுருள்களை மின்கலம், தொடுசாவி T யோடு தொடர்முறையில் இணைக்கவும். அதற்கான துணைச் சுருள் S_1, S_2 ஆகியவையோடு R_1, R_2 என்னும் இரு மின்தடைப்



படம் 134.

பெட்டிகளைத் தொடர்முறையில் துணைச் சுற்றாக அமைக்கவும். கால்வனுமீட்டர் Gயினைப்படத்தில் காட்டியது போல் இடையில் இணைக்கவும்.

சோதனையை ஆரம்பித்து, S_2 சுருளினைச் சுற்றில் வெட்டி விட்டு, T-ஐ இணைக்கவும். மின்னோட்டம் செல்வதால் S_1-ல் தூண்டுமின்னோட்டம் உண்டாகும். எனவே, கால்வனுமீட்டர் அசைகிறது. அடுத்து S_1 சுருளினைச் சுற்றில் வெட்டிவிட்டு T-ஐ இணைக்கவும். கால்வனுமீட்டரில் S_2-ன் தூண்டுமின்னோட்டத்தால் விலகல் உண்டாகும். S_1-யிலும் S_2-விலும் உண்டாகும் விலகல் எதிர்திசையிலிருக்க வேண்டும். அப்படியில்லையெனில் S_1 அல்லது S_2 முனைகளைமாற்றி இணைக்கவும். விலக்கம் எதிர்திசைகளில் வந்தபின் S_1, S_2 இரண்டையும் இணைத்து

மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தவும். R_1 R_2 மின்தடைப்பெட்டிகளைச் சரிசெய்து துணைச்சுற்றில் T_1-ஐ இணைக்கும்போதும் அல்லது வெட்டும்போதும் மின்னோட்டம் செல்லும்போது கால்வனு மீட்டரில் விலக்கம் இல்லா நிலை (சுழிநிலை)யை ஏற்படுத்தவும்.

இரு இரட்டைச்சுருள்களின் பரிமாற்றத்தூண்டல் எண்கள் முறையே, M_1, M_2 என்றும் செல்லும்மின்னோட்டம் i என்றும் கொண்டால்,

$$S_1 \text{ வழியே சென்ற மின்னோட்ட அளவு} = \frac{M_1 i}{S_1 + R_1}$$

$$S_2 \text{ வழியே சென்ற மின்னோட்ட அளவு} = \frac{M_2 i}{S_2 + R_2}$$

விலக்கம் சுழியானதால் இரண்டும் சமம்.

$$\therefore \frac{M_1 i}{S_1 + R_1} = \frac{M_2 i}{S_2 + R_2}$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{S_1 + R_1}{S_2 + R_2}$$

மேற்கண்ட சோதனையை R'_1, R'_2 போன்ற பல மின்தடைகளுக்குச் செய்யவும்.

$$\text{எனவே, } \frac{M_1}{M_2} = \frac{S_1 + R_1'}{S_2 + R_2'}$$

$$= \frac{S_1 + R_1}{S_2 + R_2}$$

$$\text{ஆதலால் } \frac{M_1}{M_2} = \frac{R_1' - R_1}{R_2' - R_2}$$

பலதடவை செய்து $\frac{M_1}{M_2}$ ன் சராசரி மதிப்புக் காணவும்.

இரு சுருள்களின் பரிமாற்ற மின்தூண்டல்எண்

முதன்மைச்சுருளில்A அளவு குறுக்குப் பரப்பினையும்,சென்டி மீட்டருக்கு 'n' சுற்றுகளும் கொண்டிருக்கட்டும். துணைச் சுருளில் N மொத்த சுற்றுகள் இருக்கட்டும். இதில் 'i' சார்பிலா அலகுமின்னோட்டம் சென்றால், ஏற்படும் காந்தப் புலம் $= 4\pi n i$ செ. கி. வி. அலகுகள். துணைச்சுருளில் காந்தப்பாயம் $4\pi ni A$. எனவே துணைச்சுருளில் உண்டாகும்,

மாறும் காந்தப்பாயம் $= 4\pi\, ni A.\ N.$

பரிமாற்றத் தூண்டல் எண் M என்றால்

$$M i = 4\pi\, ni\, AN$$

$$\therefore M = 4\pi\, n\, AN \text{ செ. கி. வி. அலகுகள்}$$

$$= \frac{4\pi\, n\, NA}{10_6} \text{ ஹென்றிகள்}$$

தன்மின்தூண்டல் (Self - induction)

ஒரு கம்பிச்சுருள், மின்தடைமாற்றி, மின்கலம், தொடுசாவி இவற்றினைத் தொடர்முறையில் இணைத்துச் சுற்றினை மூடவும். மின்னேட்டம் பெருமநிலையை அடைய சில விநாடிகள் ஆகும். ஏனெனில், சுற்றில் காந்தப்பாயமாற்றம் நிகழ்ந்து, சுருளில் தூண்டுமின்னேட்டம் ஏற்படுகிறது. இது பின்மின்னியக்கு விசை (back e. m. f.) ஆகும். இது பொது மின்னேட்டத்திற்கு எதிர்திசையிலுள்ளது. எதிர்ப்பின் காரணமாக மின்னேட்டம் பெருமநிலை அடைய சில விநாடிகளே ஆகின்றன. சுற்றினை அகற்றும்போது தூண்டுமின்சாரம் உண்டாகிச் சுழி நிலையடைவதைத்தடுக்கிறது. இப்போது பொதுமின்சார திசையிலேயே செயல்படுகிறது. இத்தகைய விளைவு **தன்மின் தூண்டல்** (self-induction) எனப்படும்.

இதனால் ஏற்படும் மின்னியக்குவிசை

$$e = -\frac{dN}{dt} \text{ ஆகும்.}$$

N என்பது மாறும்காந்தப்பாயத்தின்முழுமைஎண்ணாகும். கம்பியில் பாயும் மின்சாரம் i எனில்,

$N = Li$ L ஒரு மாறிலி.

இதனைத்**தன்மின்தூண்டல்எண்** (coefficient of self-induction) என்பர்.

இதில் $i = 1$ மி. கா. அ. எனில் N=L. எனவே ஒரு சுருளில் 1 மி. கா. அ. மின்னேட்டம் பாயும்பொழுது அச்சுருளில் வெட்டப்படும் காந்தவிசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையே **தன்மின்தூண்டல்எண்** அல்லது **தன்மின்நிலைம எண்** (Self-inductance) எனப்படும்.

சுருளில் செல்லும் மின்னேட்ட மாற்றம் விநாடிக்கு ஓர் ஆம்பியர் எனில் அதில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை ஒரு வோல்ட்டாக இருக்கும்போது **தன்மின்நிலைமஎண்** ஒரு ஹென்றியாகும்.

ஒரு வரிச்சுருளின் தன்மின்நிலைம எண் (Self-inductance of a solenoid)

வரிச்சுருளின் நீளம் l, குறுக்கப் பரப்புA, மொத்த சுற்றுகள் n என்போம். எனவே ஒரு செ. மீ. உள்ள சுற்றுகள் $\frac{n}{l}$ ஆகும்.

எனவே, சுருள் வெட்டும் விசைக்கோடுகள் $= 4\pi \dfrac{n}{l} i$ An.

தன்மின்எண் ‘ L ’ எனில்,

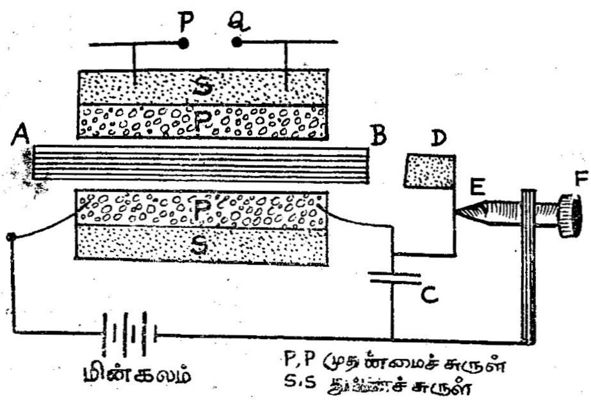
$$Li = 4\pi \frac{n}{l}\, i \text{ An} \text{ செ. கி. வி. அலகுகள்}$$

$$L = \frac{4\pi n^2 A}{l \times 10^9} \text{ ஹென்ரிகள்}$$

தூண்டு மின்சுருள் அல்லது ரம்காஃப் மின்சுருள்
(Induction coil OR Ruhmkarff's coil)

இது பரிமாற்ற மின்தூண்டல் தத்துவத்தில் இயங்குகிறது. முதன்மைச் சுருளில் குறைந்த மின்னழுத்தத்தை ஈந்து துணைச் சுருளில் உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தைப் பெறலாம்.

AB என்னும் பல தேனிரும்புக் கம்பிகளை நடுவே அமைத்து அதன்மேல் தடிப்பான கம்பியால் பல அடுக்குகளாக (P, P)



படம் 135. தூண்டு மின்சுருள்

முதன்மைச்சுருள் சுற்றப்பட்டுள்ளது. பல தேனிரும்பு கம்பிகளாக AB அமைவதால் சுழி, மின்னோட்டம் நிகழ முடியாது. முதன்மைச்சுருள்மேல் துணைச்சுருள் (SS) பல ஆயிரக்கணக்கான சுற்றுகளைக்கொண்டு அமைந்துள்ளது. துணைச்சுருள் முனைகள் P, Q என்னும் திருகு முனைகளோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இங்குள்ள கூர்முனை கொண்ட இரு ஊசிகளின் இடைவழியை வேண்டிய அளவுக்கு நெருக்கவோ விலக்கவோ் முடியும். முதன்மைச்சுருள் மின்கல அடுக்குடன் தொடர்புமுறிப்பான் (Contact breaker) அமைப்போடு

பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தொடர்புமுறிப்பான் அமைப்பில் மின்னோட்டச்சுற்று, விட்டுவிட்டுப் பாயும். இது விரைவாக மாறிமாறி மின்னோட்டம் பாய்வதைப் பொறுத்து உயர் மின்னழுத்தம் அதிகமாகும். இதற்கு **ஏப் தொடர்புமுறிப்பான்** (App's contact breaker) என்று பெயர்.

தொடர்பு முறிப்பானின் திருகிணைச் சுழற்றிச் சுருளையை இயங்கச் செய்யவும். முதன்மைச்சுருளில் மின்னோட்டம் செல்கிறது. இதனால், தேனிரும்பு காந்தமாக்கப்படுகிறது. அங்கு எதிரே பொருத்தப்பட்ட வில்லை முன்னோக்கி இழுக்கப் படுகிறது. இதனால் குறிமுனை தொடர்ச்சியை இழுக்கிறது. மின்னோட்டம் நிற்கிறது. மின்சுற்றுத் துண்டிக்கப்படுவதால் தேனிரும்பு காந்தத்தை இழக்கிறது. வில் பின்னோக்கி வருவதால், குறிமுனையைத் தொடுகிறது. மீண்டும், மின்னோட்டம் செல்கிறது. இந்நிகழ்ச்சிகள் தொடர்ச்சியாக இயங்குகின்றன. மின்னோட்டம் ஏற்படும்போது இருக்கும் வேகத்தைவிட தடைப்படும் வேகம் அதிகம். இதனால், தூண்டப்படும் மின்சாரமும் மிகவும் அதிகம். வில்லும் குறிமுனையும், மாறிமாறி இணையும்போது தன்தூண்டல் காரணமாக மின்பொறி உண்டாகும். இதனைத் தடுக்க ஒரு மின்தேக்கி இணைக்கப்படுகிறது. இதனால், மின்பொறிகள் உண்டாவது தடுக்கப்படுவதுமட்டுமின்றித் துணைச்சுருளில் தூண்டப்படும் மின்சாரம் அதிகமாகிறது.

முதன்மைச்சுருள் மூடப்படும்போது காந்தப்பாயம் மாறுவதால் மின்னியக்குவிசை துணைச்சுருளில் தூண்டப் படுகிறது. முதன்மைச்சுருள் திறக்கும்போது மீண்டும் மின்னியக்குவிசை உண்டாகும். எனவே. துணைச்சுருளில் தூண்டு மின்னியக்குவிசைகள் எதிர்திசைகளில் இருக்கும். துணைச்சுருளின் நுனிகளோடு சேர்ந்துள்ள முனைத்தண்டுகளுக் கிடையேயுள்ள இடைவெளியைச் சரிசெய்து மின்பொறி குறுக்காகச் செல்லுமாறு அமைத்து ஒரே திசை மின்னூட்டம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது.

தூண்டு மின்சுருளின் பயன்கள் :

1. குறை அழுத்தக்காற்று அல்லது வாயுக்களில் மின்னிறக்கம் நிகழச் செய்யப் பயன்படுத்தலாம். இதனால் அவற்றின் நிறமாலைகளைப் பெறலாம்.

2. X கதிர்கள் உண்டாக்கப் பயன்படுகின்றது.

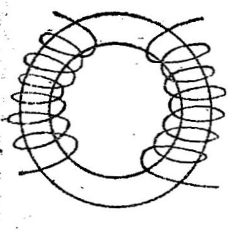
3, இரசாயன சேர்க்கை மற்றும் சில சோதனைகளுக்கு மின்பொறி உண்டாக்கப் பயன்படுகின்றது.

4, கோல்ராஷ்மின்சுற்றி, ஆண்டர்சன் இணைப்பு இவற்றில் சிறு மாறுதிசை மின்னழுத்தவிசையை உண்டாக்கப் பயன்படுகிறது.

மின்மாற்றிகள் (Transformers)

நேர்மின்னோட்டத்தைவிட (D. C)- மாறுதிசை மின்னோட்டம் (A. C) மிகவும் சிறந்ததாகும். இவ்வகையில் மின்னழுத்தத்தை உயர்த்தவோ தாழ்த்தவோ முடியும். இதற்கான அமைப்பு மின்மாற்றிகள், ஆகும். உயர்மின்னழுத்தம் பெற ஏற்றுமின்மாற்றிகளையும் (Step up transformers) குறைந்த மின்னழுத்தம் பெற இறக்குமின்மாற்றிகளும் (Step down transformers) உபயோகத்திலுள்ளன.

முடிவற்ற தேனிரும்பு உள்கூடு (endless core) அல்லது ஸ்டெல்லாய் (Stellery) ஆகியவற்றின் மென்தகடுகள் தொகுப்பாக இணைக்கப்படுகின்றன, அவற்றின் இரு பக்கங்களிலும் இருகம்பிச் சுருள்கள் உண்டு. ஒன்றை முதன்மைச் சுருள் என்றும் (Primary coil) மற்றதைத் துணைச்சுருள் (Secondary coil) என்றும் கூறுவர். முதற்சுற்றில் மாறுதிசை மின் அழுத்தத்தைச் செலுத்தினால், துணைச் சுற்றில் மின்னழுத்தம் தோன்றும்.



படம் 136.
மின்மாற்றி

முதற்சுருளில் மாறுதிசை மின்னோட்டம் செல்லும்போது தேனிரும்பு காந்தமாக்கப் படுவதும் அழிவதுமாக உள்ளது. இதனால் துணைச்சுருளில் மின்தூண்டல் ஏற்பட்டு மாறுதிசை மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. இதன் விகிதம் ஒவ்வொன்றிலுமுள்ள சுருள்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து மாறும்.

முதல் சுற்றின் எண்ணிக்கை n_1, மின்னியக்குவிசை v_1, மின்னோட்டம் i_1, என்றும் கொண்டு, துணைச்சுற்றில் முறையே n_2, v_2, i_2 என்றும் கொண்டால்,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{i_2}{i_1}$$

இதற்குத் தகுந்தாற்போலச் சுற்றுகள் அமைதல்வேண்டும். இந்த அமைப்பில் ஆற்றல், காந்ததயக்கநிலையால் அழிவது கிடையாது. அழியாது என்பதைவிட மிகமிகக் குறைவாக இழப்பு இருக்கும் என்று சொல்லலாம்.

இறக்குமின்மாற்றி (Step-down transformer)

இதில் முதன்மைச்சுருளில் அதிக எண்ணிக்கையுள்ள காப்பிட்ட கம்பிச்சுருள் அமைந்திருக்கும். துணைச் சுருளில் குறைந்த சுற்றுகள் இருக்கும். கம்பிச்சுருள்கள் நன்கு காப்பிடப்பட்டிருக்க வேண்டும். தடிமனும் நன்கு வேண்டிய அளவு இருக்கவேண்டும். இதனால், துணைச்சுருளில் குறைந்த மின்னியக்கு விசையும் அதிக மின்னோட்ட வலிமையும் உள்ள மாறுதிசை மின்னோட்டம் கிடைக்கும்.

ஏற்றுமின்மாற்றி (Step-up transformer)

இது இறக்குமின்மாற்றி போன்றதாகும். முதற்சுருளில் குறைந்த எண்ணிக்கையுடைய சுற்றுகளும் துணைச்சுருளில் மிக அதிகமான எண்ணிக்கையுள்ள சுற்றுகளும் இருக்கும்,

பயன்கள்

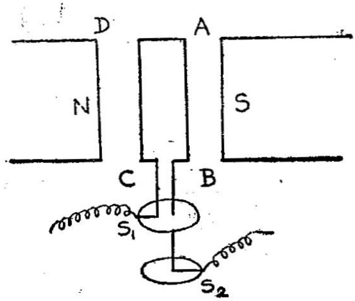
மின்சாரம் உற்பத்தியாகுமிடத்திலிருந்து வீடுகளுக்கு வழங்கும் இடங்கள்வரை மின்னியக்கு விசைகளை உயர்த்தியோ தாழ்த்தியோ எடுத்துச் செல்லப் பயன்படுகிறது. வானொலிப் பெட்டிகளில் உபயோகமாகிறது.

டைனமோ (Dynamo)

காந்தப்புலத்தில் கம்பிச்சுருள் சுழலும்போது காந்த விசைக்கோடுகள் துண்டிக்கப்படுகின்றன. இதனால் கம்பிகளில் மின்னோட்டம் உண்டாகிறது (படம் 137).

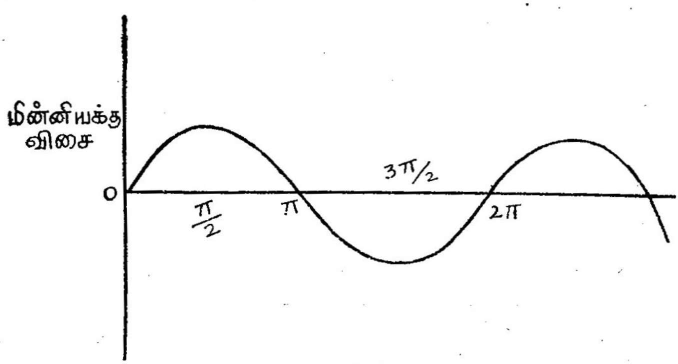
NS என்ற காந்தமுனைகளுக்கிடையே ஒரு சீரான காந்தப்புலம் உண்டு. அதனிடையில் ABCDஎன்னும் செவ்வகக் கம்பிச்சுருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இவை S_1 S_2 என்னும் வழுக்கு வளையங்களோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மேலும் இரு உலோகத்தூரிகை (metal-brushes) அமைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, வெளியே மின்சாரத்தை அனுப்பலாம். சுருள் கம்பியின் கிடைமட்டம் காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கட்டும். சுழல்கம்பியானது இடவலமாகச் சுழலட்டும்.

AB மேலேயும், CD கீழேயும் செல்லும். இதனுல், மின் தூண்டல் காரணமாக மின்னேட்டம் தூண்டப்படுகிறது. எனவே கம்பிகளில் மின்னேட்டம் வெளி வருகிறது. சுழலானது 180° அடைந்தவுடன் மின்னேட்டம் மறுதிசையில் பாயும். எனவே, வெளிவரும் S_1 S_2-ல் மின்னூட்ட முனைகள் எதிர்திசையில் மாறு கின்றன. ஒவ்வொரு சுற்றுக்கும் இது மாறிமாறி வெளிவரும். சுழல்கோணத்திற்கும், மின்னி யக்கு விசைக்கும் ஒரு வரைபடம் வரையவும்.



படம் 137. A. C. டைனமோ அமைப்பு

மின்னியக்கு விசையானது 90° கோணத்தில் பெரும மதிப்பை அடைந்து 180° கோணத்தில் சுழியாகிறது. கம்பிச் சுருள் 270° சுழலும்போது மின்னியக்குவிசை எதிர்திசையில் பெரும மதிப்பை அடையும். 360°-ல் பழைய நிலையை அடையும்.

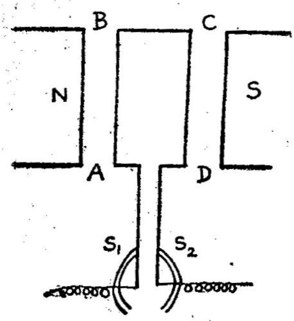


படம் 138.

மின்னியக்கு விசை ஒரு சைன் (sin) வளைவாக அமைவதைப் பார்க்கவும். மின்னேட்டம், மாறிமாறி வருவதால் இதற்கு மாறுதிசை மின்னேட்டம் (alternating current) என்று பெயர். இந்த மாறுதிசை மின்னேட்டம் தருகின்ற கருவி மாறுதிசை மின்னேட்டமியற்றி (a. c. generator) அல்லது ஏ. ஸி. டைனமோ எனப்படும். டி. சி. டைனமோ அல்லது நேர்மின்னியற்றி இந்த அமைப்பில் வெட்டப்பட்ட அரைவட்ட வளையங்கள் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன. NS காந்தப்புலத்தில் ABCD

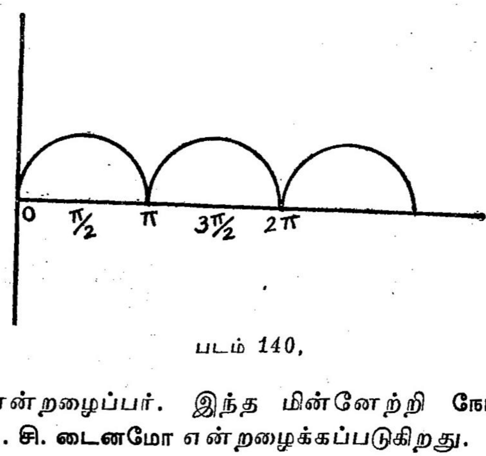
என்ற கம்பிச்சுருள் வைக்கப்படுகிறது. அவற்றின் முனைகள் அரைவட்ட வடிவமான வளையங்களில் S_1 S_2 இணைக்கப்படுகின்றன. இவ்வளையங்களின்மேல் உலோகத்தூரிகைகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

சுருளின் மட்டம் காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கட்டும். S_1 என்பது முதல் அரைச்சுற்றிற்குக் கம்பியோடு தொடர்பு கொள்ளும். அடுத்த அரைச் சுற்றிற்கு S_2 வுடன் தொடர்புகொள்ளும். எனவே, இவ்வமைப்பில் S_1-ல் எப்போதும் நேர்மின்னூட்டமும் S_2-ல் எதிர்மின்னூட்டமும் இருக்கும். கம்பியானது சுழலும்போது 90°-ல் பெருமஅளவு (maximum) மின்னியக்கு விசை இருக்கும். 180°-ல் சுழியாகும், 270°-ல் மீண்டும் அதே திசையில் பெருமநிலேஅடையும். 360°-ல் சுழியாக இருக்கும்.



படம் 139,
D. C. டைனமோ அமைப்பு

இதுபோன்ற மின்னேட்டத்தை நேர்மின்னேட்டம் (Direct



படம் 140,

current) என்றழைப்பர். இந்த மின்னேற்றி **நேர்மின்னேற்றி** அல்லது டி. சி. டைனமோ என்றழைக்கப்படுகிறது.

டைனமோ அமைப்புகளில் பல கம்பிச்சுருள்கள் அமைக்கப்படுகின்றன. இதனுல் நிலேயான (steady) மின்னேட்டம் கிடைக்கும். ஓர் இரும்பு வளேயம் அல்லது நீள்

உருளையின் மீது பல சுற்றுகளுடைய சுருள்கம்பி பல கோணங்களில் சுற்றப்பட்டிருக்கும். இதற்கு **ஆர்மெச்சூர்,** அல்லது **சுழலும்சுருள்** என்று பெயர். காந்தப்புலம் உண்டாவதற்குத் தேவையான காந்தப்புலம் மின்காந்தப்புலமாக இருக்கும். சுருளில் உண்டான மின்சாரம் மின்காந்தத்தின் புலச்சுருள் மேல் (field-coil) பாய்ச்சிப் பெறப்படுகிறது. மின்காந்தம் தேனிரும்பாலானது. தொடக்கத்தில் மின்னோட்டமில்லாத போது, தேனிரும்புப் பட்டைகளில் உள்ள மீந்தகாந்தமே (residual magnetism) டைனமோவைத் துவக்கப் பயன்படுகிறது.

டைனமோ வகைகள் (Types of Dynamo)

டைனமோ மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றது.

(1) **தொடர் சுற்று டைனமோ** (Series - wound dynamo)

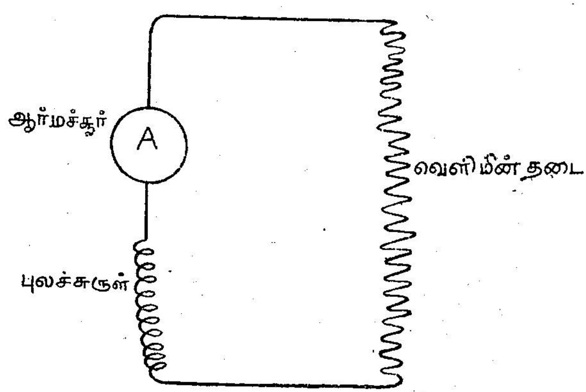
(2) **இணைத்தடச் சுற்று டைனமோ** (Shunt-wounded dynamo)

(3) **கூட்டுச்சுற்றுடைனமோ** (Compound-wounded dynamo)

(1) தொடர்சுற்று டைனமோ

இந்தவகை டைனமோவில் ஆர்மெச்சூர், புலச்சுருள், வெளி மின்தடை, ஆகிய மூன்றும் தொடர்சுற்றில் இணைக்கப் பட்டிருக்கும். இதனுல், வெளியே செல்லும் மின்னேட்டம் புலச்சுருள், ஆர்மெச்சூர் வழிச்செல்லும்.

மின்தடை, வெளிச்சுற்றில் குறைந்தால்,அதிகமின்னேட்டம் புலச்சுருள்வழிச் செல்லும். காந்தப்புலம் அதிகமாகி



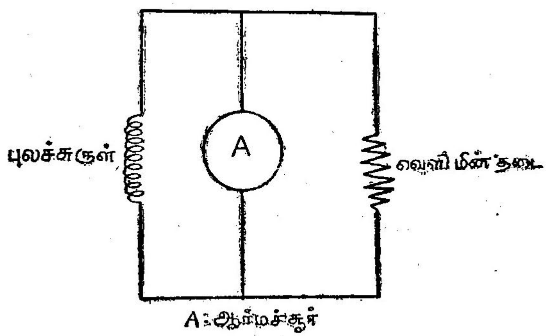
படம் 141, தொடர் சுற்று அமைப்பு

ஆர்மெச்சூரில் மேலும் அதிக மின்னியக்குவிசை கிடைக்கும்.

எனவே, வெளித்தடை மாறுவதைப் பொறுத்து, மின்னியக்கு விசை அதிகமாகவும் குறைவாகவும் உண்டாகும்,

(2) இணைத்தடச்சுற்று டைனமோ

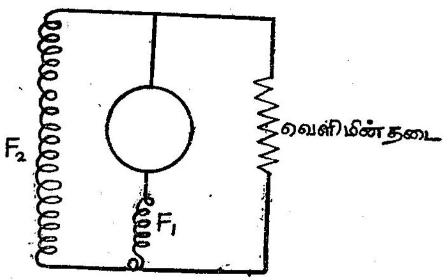
இவ்வகையில் புலச்சுருள், ஆர்மெச்சூருக்கு இணையாக அமைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, மின்னேட்டத்தின் ஒரு பகுதி



படம் 142. இணைச்சுற்று டைனமோ

புலச்சுருளிலும், மற்றப் பகுதி வெளி மின்தடையிலும் செல்லும்.

இவ்வகை அமைப்பில் வெளிமின்தடை குறைந்தால் வெளிவரும் மின்னேட்டம் அதிகரித்துப் புலச்சுருளில் மின்னேட்டம் குறையும். இதனல், தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை குறைகிறது. ஆனல் வெளிமின்தடை அதிகரித்தால் மின்னியக்கு விசையும் அதிகரிக்கும். எனினும் வெளிமின்தடை



படம் 143. கூட்டுச் சுற்று அமைப்பு

மிகமிகக் குறையும்போது புலச்சுருள்வழியே செல்லும் மின்னேட்டம் மிகவும் குறையும். மின்னியக்குவிசை மிகவும் குறைந்துவிடும்.

கூட்டுச் சுற்று டைனமோ

இவ்வகை டைனமோவில் இருபுலச்சுருள்கள் (F_1, F_2) உள்ளன. ஒன்று (F_1) ஆர்மெச்சூரோடு தொடர் இணைப்பிலும் மற்றது (F_2) இணையாகவும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் அமைப்பால் வெளிமின்தடை குறையும்போதும் அல்லது அதிகரிக்கும்போதும் புலச்சுருள்கள்வழியே செல்லுகின்ற மின்னோட்டம் சீராக அமைகிறது. ஆதலால் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசை சீராக அமைகிறது.

மோட்டார் (Motor)

அமைப்பில் நேர்திசைமின்னோட்ட டைனமோவும், மோட்டாரும் ஒன்றைஒன்றெனக் கூறலாம். டைனமோவில் இருப்பதுபோல மோட்டாரிலும் ஆர்மெச்சூர், புலச்சுருள், வெளிமின்தடை உண்டு. ஆர்மெச்சூர் சுழன்று மின்னியக்கு விசை உண்டாவதே டைனமோவாகும். மாறாக, ஆர்மெச்சூர் வழியே மின்சாரத்தைச் செலுத்தினால் ஆர்மெச்சூர் சுழலுகிறது. அதோடு இணைத்த கப்பியும் சுழலும். இதுவே, மோட்டாராகும். எனவே, மற்ற இயந்திரங்களை இவற்றோடு இணைத்துச் சுழலச்செய்யலாம்.

மோட்டார்களிலும் மூன்று வகை உண்டு.

(1) தொடர்சுற்று மோட்டார்

(2) இணைத்தடச்சுற்று மோட்டார்

(3) கூட்டுச்சுற்று மோட்டார், ஆகியவை.

முதல் வகையில் ஆர்மெச்சூர், புலச்சுருள், வெளிமின்தடை ஆகியவை 'தொடர்சுற்றில் இருப்பதால், மோட்டார் வேகம் மாறும். வெளித்தடை குறைந்தால், வேகம் மிகவும் அதிக மாகும். இது கிரேன் போன்றவற்றில் பயன்படும். இணைத் தடச்சுற்று மோட்டார் சுழல்வேகம் வெளித்தடை குறைந்தால் குறையும். எனினும் சீராக வெளித்தடை இருக்கும் தொழிற் கூடங்களில் இதுவே, பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதைவிடக் கூட்டுச் சுற்றுமோட்டார் சாலச்சிறந்து விளங்குகின்றது.

பின் மின்னியக்கு விசை (Back e. m. f)

மோட்டாரிலுள்ள, ஆர்மெச்சூர் வெளிமின்னாற்றலைக் கொண்டு சுழலச் செய்யும்போது காந்தப்புலத்தில் சுழல்வதால் மின்காந்தத் தூண்டுதலால் அதில் தூண்டுமின்னியக்கு விசை உண்டாகிறது. இது வெளி மின்னியக்கு விசைக்கு எதிர்திசையி லுள்ளது. இதனைப் பின்மின்னியக்குவிசை என்பர். வெளியி லிருந்து அனுப்பிய மின்னியக்குவிசை E எனில் ஆர்மெச்சூர் மின்னோட்டம் $\frac{E-e}{R}$ (R என்பது ஆர்மெச்சூர் மின்தடை. e என்பது பின்மின்னியக்குவிசை). மோட்டார் அமைதியிலுள்ள போது முழுமின்னியக்குவிசை E-யைத் தந்தால், மின்னோட்டம் $\frac{E}{R}$ ஆகும். ஆர்மெச்சூர் மின்தடை குறைவானதால் மோட்டார் ஓட ஆரம்பிக்கும்போது மின்னோட்டம் மிக அதிகமாக இருக்கும். இதனால், ஆர்மெச்சூர் எரிந்துவிடும். அதனால், மோட்டார்ஓடஆரம்பிக்கும்போது முழுப்பின்னியக்கு விசையும் தரலாகாது. ஆதலால், ஆர்மெச்சூருடன் ஒரு மின்தடைமாற்றி இணையாக அமைத்து வைக்கப்படுகிறது. அதனால் தொடக்கத்தில், முழுத் தடையும் கொடுக்கப்பட்டு, மோட்டார் ஓட ஆரம்பித்து முழுவேகம் அடையும்போது கைப்பிடியை மெதுவாக நகர்த்தி, மின்தடை குறைத்து விடப்படுகிறது. மோட்டாரை நிறுத்தும்போது கைப்பிடி தானே கீழே இறங்கி முழுமின்தடையும் சுற்றில் வரும். இதற்கு, "தொடக்க மின்தடை" (starting resistance) என்று பெயர்.

வினாக்கள்

1. மின்காந்தத் தூண்டல் என்றால் என்ன? அவற்றின் விதிகளைக் கூறு.

2. தூண்டு மின்னியக்கு விசைக்கு ஒரு தொடர்பினைப் பெறுக.

3. பரிமாற்ற மின்தூண்டல் என்றால் என்ன? இரு கம்பிச் சுருள்களின் பரிமாற்றத் தூண்டல் எண்களின் விகிதத்தை எவ்வாறு கண்டுபிடிப்பாய் எனக் கூறு.

4. தன்மின்தூண்டல் என்றால் என்ன?

5. குறிப்பு வரைக.

(1) சுழிமின்னோட்டம்
(2) தூண்டு மின்சுருள்
(3) டைனமோ வகைகள்
(4) மோட்டார் வகைகள்
(5) மின் மாற்றி

IV. இன்றைய பௌதிகம்
(MODERN PHYSICS)

1. வாயுக்களிடையே மின்னிறக்கம்
(Discharge of electricity through gases)

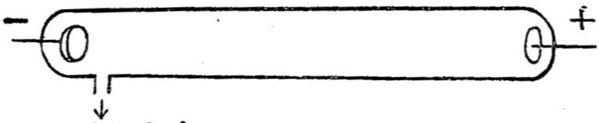
பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டின் இறுதியிலும் இருபதாம் நூற்றுண்டிலும் வளர்ந்ததே இன்றைய பௌதிகம். அணு என்பது பார்க்க முடியாதவொன்று; பிளக்க முடியாதவொன்று என்று கூறிய நாள்கள் கடந்து விட்டன. இன்றைய பௌதிகம் அல்லது நவீன பௌதிகம் என்பது அணு, அணுஉட்கரு ஆகியவற்றினைச் சார்ந்ததே என்று கூறலாம்.

அழுத்தம் குறைந்த வாயுக்களினூடே மின்னிறக்கம்
(Discharge of electricity through rarefied gases)

சாதாரண வளிமண்டல அழுத்தத்திலுள்ள காற்று ஒரு மின்கடத்தாப்பொருள் எனினும் மிகஅதிக மின்னழுத்தம் ஏற்பட்டால் காற்றினிடையே மின்னிறக்கம் (discharge) ஏற்படுகிறது. ஏனெனில், மின்னழுத்தம் காற்றிலுள்ள மூலக்கூறுகளை அயனிகளாக (ions) மாற்றுகிறது. நேர்அயனிகளும் எதிர்அயனிகளும் வெளிப்படுகின்றன. எனவே, மின்னிறக்கம் நிகழ்கின்றது. மேகக்கூட்டத்தில் இதன் காரணமாகவே மின்னல் (lightning) உண்டாகிறது.

காற்றின் அழுத்தத்தைக் குறைத்து மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினுல் சீரான மின்னிறக்கம் (Steady - discharge) நிகழ்கின்றது. 5 செ. மீ விட்டமும், ஒரு மீட்டர் நீளமும், கொண்ட கடின கண்ணுடிக்குழாயை (படம் 144) எடுத்துக் கொள்வோம். இரு முனைகளிலும் அலுமினிய மின்வாய்களைப் (electrodes) பொருத்தவும். இரு முனைகளையும் உயர் மின்னழுத்தம் தரும் தூண்டுச் சுருள் (Induction coil) ஒன்றிற்கு இணைக்கவும். குழாயிலுள்ள காற்றின் அழுத்தத்தை ஒரு

வெளியேற்றும்பம்பின் உதவியால் குறைக்க முடியும்.

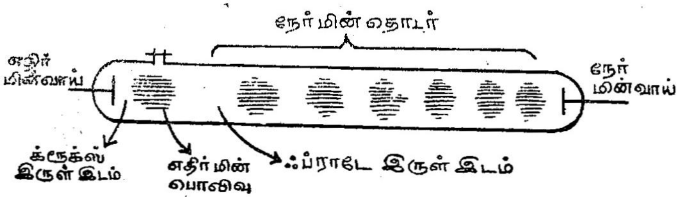


படம் 144. மின்னிறக்கக் குழாய்

குறைந்த நிலையில் அழுத்தத்தைக் காண **மெக்லியாட் அழுத்தமானி** (Mcleod gauge) இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

குழாயிலுள்ள காற்றழுத்தம் குறைக்கப்படும்போது முதலில் ஒன்றும் நிகழ்வதில்லை. அழுத்தம் 5 செ. மீ ஆகக் குறையும்போது ஒரு மெல்லிய ஒளி நேர்மின்வாயிலிருந்து எதிர்மின்வாய்க்கு வளைந்து, நெளிந்து செல்கின்றது. மேலும் அழுத்தம் 1 செ. மீ. இருக்கும்போது படபடவென்னும் ஒலியோடு குழாய் முழுவதும் இவ்வொளி பரவுகிறது. இதற்கு **நேர்மின்தொடர்** (positive column) என்று பெயர். இப்போது தெரியும்நிறம் குழாயின்வாயுவுக்குத் தகுந்தாற்போல் இருக்கும். உதாரணமாக, காற்று இருந்தால் சிவப்பு - ஊதா நிறமும், நியானுக்குப் பொலிவான சிவப்பும் இருக்கும். அழுத்தத்தை மேலும் குறைத்து 0.1 செ.மீ ஆகும்போது எதிர்மின்வாயிலிருந்து ஒரு பொலிவுமிக்க ஒளிவீச்சு பிறக்கின்றது. இது **எதிர்மின்பொலிவு** (negative glow) எனப்படும். மேலும் எதிர்மின்வாய்க்கும் நேர்மின்வாய்க்கும் இடையில் உள்ளது வெவ்வேறு பகுதிகளாகப் பிரிகின்றன. நேர்மின் ஒளிக்கும், எதிர்மின்பொலிவுக்குமிடையே ஓர் இருண்ட இடம் காணப்படும். இப்பாகத்திற்கு **ஃபாரடே இருள்இடம்** (Faraday's Dark space) என்று பெயர். அழுத்தம் இன்னும் குறையும்போது எதிர்மின்பொலிவு, எதிர்மின்வாயைவிட்டு வெளிவருகிறது. அதற்கும் எதிர்மின்வாய்க்குமிடையே தோன்றும் இடத்திற்கு **க்ரூக்ஸ்இருள்இடம்** (Crooke's Dark space) என்று பெயர். நேர்மின் தொடர்ச்சியானது சிறுசிறு வளைந்த வரிப் பகுதிகளாகப் பிரிகின்றன. ஃபாரடேஇருள்இடம் நேர்மின்வாயை நோக்கி நகர்கிறது. அழுத்தம் 0·01 மி. மீ. இருக்கும்போது க்ரூக்ஸ்இருள்இடம் குழாய் முழுவதும் பரவி விடுகிறது. மின்னிறக்கம் தெரிவதில்லை. ஆனால் எதிர் மின்வாய்க்கு எதிராக உள்ள கண்ணாடிக்குழாயின் சுவர்கள் அதன் குணத்தைப் பொறுத்து நீலநிறமாக அல்லது பச்சை

நிறமாக ஒளிர்கின்றன. இதனை ஒளிர்தல் (fluorescence) நிகழ்ச்சி என்பர். இந்நிலையில் எதிர்மின்வாயிலிருந்து வெளிவரும்



படம் 145. மின்னிறக்க நிகழ்ச்சி

ஒருவகைக் கதிர்கள் இந்நிகழ்ச்சியினை உண்டாக்குகின்றன. இக்கதிர்கள் எதிர்மின்னூட்டம் பெற்று நேர்கோட்டில் செல்லுகின்றன. இக்கதிர்கள் **எதிர்மின்கதிர்கள்** (Cathode -rays) எனப்படும்.

எதிர்மின்கதிர்களின் பண்புகள்

எதிர்மின்கதிர்களை J. J. தாம்சன் என்னும் விஞ்ஞானி மிகவும் ஆராய்ந்தார். அவற்றின் பலனாக எதிர்மின்கதிர்களின் பல பண்புகள் வெளியாயின. அவைகளாவன :

(1) எதிர்மின்கதிர்கள் எதிர்மின்வாயிலிருந்துசெங்குத்தாக வெளிவருகின்றன. அவை எதிர்மின்னூட்டம்பெற்று மிக வேகமாக (ஒளிவேகத்தில் ஏறக்குறைய 10-ல் ஒருபங்கு) வெளிவருகின்றன.

(2) இவை நேர்கோட்டில் செல்கின்றன. வழியில் சிலுவை போன்ற பொருள்களை வைத்தால் அவற்றின் நிழல் எதிர்பக்கத்தில் உண்டாகிறது.

(3) இவை பொருள்களின்மேல் மோதும்போது வெப்பமுண்டாகிறது. இக்கதிர்கள் குழிவடிவ மின்வாயால் ஒரு பிளாட்டினத் தூண்டின்மீது குவிக்கப்பட்டால், பிளாட்டினத் துண்டு பழுக்கக் காய்ச்சிய வெப்பநிலையை அடைகிறது.

(4) இவை சில பொருள்களின்மீது விழும்போதுஒளிர்தலை (fluorescence) உண்டாக்குகிறது.

(5) இவற்றிற்குக் குறிப்பிட்ட ஆற்றல் உண்டு. வழியில், செங்குத்து அச்சில் சுழலும் சக்கரத்தை வைத்தால் அது சுழல்கிறது.

(6) வாயுக்கள்வழியே சென்றால்அயனியாக்கம் (ionisation) உண்டாகிறது. சில கடினமான பொருள்கள்மேல் விழுந்து X-கதிர்களை உண்டாக்குகின்றன.

(7) இவை ஒளிப்படதகட்டின்மேல் (photo graphic plate) விழுந்தால் அவை பாதிக்கப்படுகின்றன,

(8) அலுமினியம்போன்ற மென்தகடுகள்வழியேஊடுருவிச் செல்கின்றன.

(9) இவை காந்தப்புலம், மின்புலத்தால் பாதிக்கப் படுகின்றன. இவற்றின் துகள்கள் பெறும் திசைமாற்றத் திலிருந்து இவை எதிர்மின்னூட்டம் பெற்றவை என்று கண்டு பிடிக்கப்பட்டன.

J. J. தாம்சன் எதிர்மின்கதிர்களை ஆராய்ந்து அவை எதிர்மின்னூட்டம் பெற்றவை என்று நிரூபித்தார். இவற்றின் மின்னூட்டம் $4{\cdot}77 \times 10^{-10}$ நிலைமின்அலகு (electrostatic unit) என்று கண்டார். இத்துகள்களின் நிறை $9{\cdot}1 \times 10^{-28}$ கிராம் என்று நிரூபிக்கப்பட்டது. எதிர்மின்கதிர்களில் இருப்பவை **எலக்ட்ரான்கள்** (electrons) என்று அழைக்கப்பட்டன. இவை எல்லாப் பொருள்களிலும் காணப்படுகின்றன.

வினாக்கள்

1. மின்னிறக்கம் என்றால் என்ன? மின்னிறக்கக் குழாயில் காற்றின் அழுத்தம் குறையும்போது ஏற்படும் நிகழ்ச்சிகளை வரிசைப்படுத்தி எழுது.
2. எதிர்மின்கதிர்கள் என்றால் என்ன? அவற்றின் பண்புகள் யாவை?

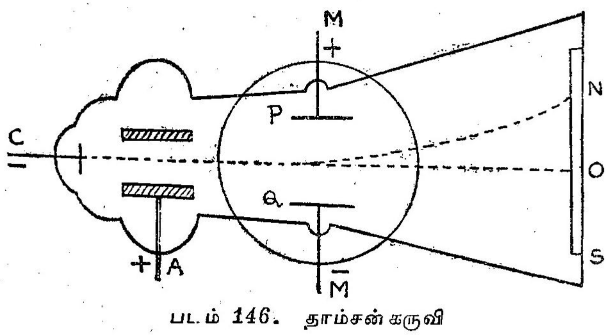
2. எலக்ட்ரான்

(The electron)

எதிர்மின்கதிர்களின் $\frac{e}{m}$ மதிப்புக் காணல்

முதன்முதலாக எதிர்மின்கதிர்களைக் கொண்டு $\frac{e}{m}$ மதிப்பினை J. J. தாம்சன் என்பவர் கண்டறிந்தார். எதிர் மின்கதிர்துகள் ஒன்றின் மின்னூட்டம் 'e' என்றும் நிறை 'm' என்றும் கொள்வோம். எனவே, $\frac{e}{m}$ என்பது அத்துகளின் **மின்னூட்ட நிறைத்தகவு** (specific charge) ஆகும்.

தாம்சன் சோதனையின் மின்னிறக்கக் குழாயைப் படத்தில் காணலாம் (146). C என்பது எதிர்மின்வாயாகும். இதிலிருந்து



படம் 146. தாம்சன் கருவி

புறப்படும் கதிர்கள் A என்னும் நீள்உருளை வடிவ நேர்மின் வாயிலுள்ள ஒரு சிறு துவாரம் வழியே நேர்கோட்டில் வெளிச் செல்கிறது. இது S என்னும் ஒளிர்திரையினை(fluorescent screen) O என்னும் புள்ளியில் தாக்கும். குழாயில் P, Q என்பன மின்னழுத்தத்திற்கு இணைக்கப்பட்ட இரு தகடுகளாகும்.

இங்கு வேண்டிய மின்னழுத்தத்தைத் தரலாம். இதனுல் எதிர் மின்கதிர்கள் விலகி N என்ற புள்ளியில் திரையின்மேல் விழும். படத்தில் காட்டிய அதே வட்டத்திற்குள் காந்தப்புலத்தையும் தரலாம். காந்தப்புலம், மின்புலத்திற்கு நேர்செங்குத்துத் திசையில் உண்டாக்கும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

குழாயின் அழுத்தம் எதிர்மின்கதிர்கள் உண்டாகும் அளவிற்குக் குறைக்கப்படுகிறது. எனவே, எதிர்மின்வாயில் உண்டாகும் எதிர்மின்கதிர்கள் நேர்முனை A-வால் ஈர்க்கப்பட்டு அதனுல் முடுக்கத்தோடு செல்கிறது. A-யைக் கடந்து மென்கற்றையாக நேராகச் சென்று O-வில் விழுகிறது. இந்நிலையில் P, Q தகடுகளுக்கு இடையே ஒரு மின்னழுத்தம் தரப்படுகிறது (P நேர்முனையாக இருக்கும்). எனவே P யால் கவரப்பட்டுப் பாதை வளைந்து N என்ற இடத்தில் எதிர்மின் கதிர்கள் விழுகின்றன. காந்தப்புலத்தையும் அதே நேரத்தில் செயல்படுத்தி Nல் விழுந்த கதிர்களை மீண்டும் O-க்குக்கொண்டு வரலாம். இதற்குத் தேவையான காந்தப்புலம் உண்டாக்க வேண்டி, அமைப்புகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

P, Q தகடுகளிடையே செலுத்திய மின்னழுத்தம் X என்போம். எதிர்மின்துகளின் நிறை m, மின்னூட்டம் 'e', திசைவேகம் v என்று கொள்ளோம். மின்தகடுகளின் நீளம் l என்ருல் துகளானது இதனைக் கடக்க எடுத்துக் கொண்ட நேரம் $\frac{l}{v}$ ஆகும்.

மேலும் எதிர்மின்துகள்மீது செயல்படும் விசை Xe ஆகும்.

எனவே, துகளின் முடுக்கம் $\frac{Xe}{m}$ $\left(a = \frac{F}{m}\right)$

இந்தத் துகள் தகடுகளிடையே கடந்தபோது ஏற்பட்ட மேல்நோக்கிய இடப்பெயர்ச்சி $y = \frac{1}{2} at^2$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{Xe}{m}\right)\left(\frac{l}{v}\right)^2$$

ஆனுல் குழாயின்அமைப்பைப்பொறுத்துத் திரையில்விழும்வரை துகளின் இடப்பெயர்ச்சி மாறுகிறது. குழாயின் அமைப்புக் காண திருத்தம் K எனில், திரையில் கிடைத்த இடப்பெயர்ச்சி,

$$ON = \frac{1}{2} K \left(\frac{Xe}{m}\right)\left(\frac{l}{v}\right)^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

துகளின் வேகம் காண, பின்கண்டமுறை பின்பற்றப் படுகிறது.

மின்புலத்தால் துகள் இடப்பெயர்ச்சி அடைந்ததும் காந்தப்புலத்தை ஏற்படுத்தி மீண்டும் துகள்கள் பழைய நிலை 0-வுக்கே கொண்டுவரப்படுகின்றன. காந்தப்புலச்செறிவு H என்றால்,

காந்தப்புலத்தால் துகள்மீது செயல்படும் விசை = Hev.

எனவே, மின்புலத்தால் உண்டாகிய விசை இதற்குச் சமம்.

$$\therefore Xe = Hev$$

$$v = \frac{X}{H}$$

இதன் மதிப்பை (1)-ல் பொருத்தினால்

$$ON = \frac{1}{2} K \left(\frac{Xe}{m}\right) \frac{l^2}{x^2} H^2$$

$$= \frac{1}{2} K \left(\frac{e}{m}\right) \frac{l^2 H^2}{X}$$

$$\therefore \frac{e}{m} = \frac{2\,(ON)\,X}{Kl^2 H^2} \text{ ஆகும்.}$$

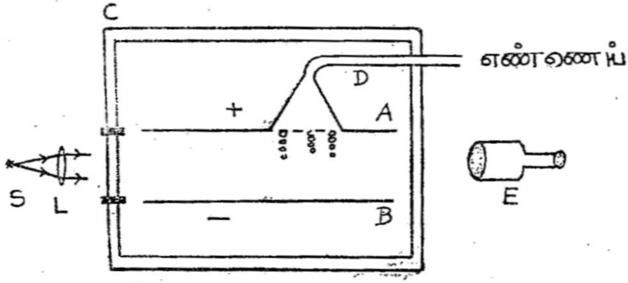
சோதனைமூலம் ON அளக்கப்படுகிறது. எனவே. $\frac{e}{m}$ ஐக் கணக்கிடலாம்:

தாம்சன் இச்சோதனைமூலம் எலக்ட்ரானின் $\frac{e}{m}$ $5{\cdot}1 \times 10^{17}$ நி. மி. அ / கிராம் என்று கண்டறிந்தார்.

எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் காணல்
மில்லிக்கன் எண்ணெய்த்துளிமுறை
(Millikan's oil drop experiment)

எலக்ட்ரான் மின்னூட்டம் 'e' காண **மில்லிக்கன்** இம்முறையைப் பயன்படுத்தினர். 22 செண்டி மீட்டர் விட்டமுள்ள இரு தகடுகள் A, B, 1 செ. மீ அல்லது 2 செ. மீ. தூர இடைவெளியில் ஒளியளவில் இணையாக வைக்கப் படுகின்றன. A தகட்டின்மேல் ஒரு சிறிய துளை உண்டு. இந்த அமைப்பு C என்னும் உலோகப் பெட்டிக்குள் வைக்கப் பட்டுள்ளது. இது வெப்பநிலைமாறா அமைப்புக்குள் (constant temperature bath) வைக்கப்பட்டுள்ளது.

A, B-க்கிடையே உயர்மின்னழுத்தம் (20,000 வோல்ட்) கொடுக்கப்படுகிறது. A-யானது நேர்முனையாக இருக்கும். D என்பது நுண்ணிய எண்ணெய்த் தெளிப்பான் (atomiser).



படம் 147, மில்லிக்கன் கருவி

இதன்வழியே தூய (3 in one oil) எண்ணெய்பிழியப்படுவதால் சிறுதிவலைகளாக A தகட்டின் துளைவழியே கீழிறங்கும். S என்னும் ஒளித்தோற்றுவாயிலிருந்து செல்லும் ஒளி L வில்லையால் இணைக்கப்பட்டு AB இடைவெளியில் ஒளியூட்டுகிறது. E என்னும் வரையிடப்பட்ட கண்ணமைப்பால் AB-க்குள்ளிருக்கும் எண்ணெய்த் திவலையைக் கண்டறியலாம். X-கதிர்களை AB-க்கிடையில் செலுத்தி அயனியாக்கம் உண்டாக்கலாம்.

தெளிப்பானைப் பிழிந்து எண்ணெய்த்திவலைகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. ஒளியூட்டத்தில் திவலைகள் பிரகாசமாகத் தெரியும். ஓர் ஒளிப்புள்ளியை எடுத்துக்கொண்டு அது கீழிறங்கும்போது அதனுடைய திசைவேகத்தைக் (v) காணவும். மின்னேட்டத்தைப் பயன்படுத்தினால் ஒளிப்புள்ளி மேல்நோக்கி எழும். அதன் எடை கீழ்நோக்கிச் செயல்படும். மின்னழுத்தத்தைச் சரிசெய்து திவலை நகராமல் ஓரிடத்தில் நிற்குமாறு செய்யலாம்.

எனவே, $Xe = mg$ ஆகும்............(1)

திவலையானது காற்று ஊடகத்தில் மின்புலமற்ற நிலையில் கீழிறங்குகிறது. காற்றின் பாகுநிலைவிசைகள் அப்போது செயல்படுவதால் திவலையானது சீராக நகரும். காற்றின் பாகுநிலைஎண் ‘n’ என்றும், திரவத்தின் அடர்த்தி ρ என்றும், காற்றின் அடர்த்தி δ என்றும் கொண்டு, ஸ்டோக்ஸ் வாய்பாட்டின்படி,

$6 \pi r \eta v = mg$ என எழுதலாம். திவலையின் எடை காற்றின்அடர்த்தி காரணமாகக் குறைகிறது. இதனைச் செயலுறு எடை (effective mass) என்பர்.

எனவே, $mg = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \delta) g$ என்று எழுதலாம். (r என்பது துளியின் ஆரம்)

$$\therefore 6 r \pi \eta v = \frac{4}{3} r^3 (\rho - \delta) g$$

$$\therefore r^2 = \left[\frac{9 \eta v}{2 g (\rho - \delta)} \right]$$

எனவே, துளியின் செயலுறு எடை,

$$= \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \delta) g$$

$$= \frac{4}{3} \pi \left[\frac{9 \eta v}{2 g (\rho - \delta)} \right]^{\frac{3}{2}} (\rho - \delta) g \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

எனவே, இதன் மதிப்பை (1)-ல் பொருத்தினுல்

$$He = \frac{4}{3} \pi \left[\frac{9 \eta v}{2 g (\rho - \delta)} \right]^{\frac{3}{2}} (\rho - \delta) g$$

$$e = \frac{\frac{4}{3} \pi \left[\frac{9 \eta v}{2 g (\rho - \delta)} \right]^{\frac{3}{2}} (\rho - \delta) g}{X}$$ ஆகும்.

இந்த முறையில் e கணக்கிடப்பட்டாலும் நாம் எடுத்த திவலையில் எத்தனையோ மின்னூட்டங்கள் இருந்து அவற்றின் கூட்டு மதிப்பாகவும் இருக்கலாமல்லா ?

ஆதலால் ஒரு திவலை கீழிறங்கும்போது, திசைவேகம் v கணக்கிடப்பட்டது. அதே திவலை தகடு மின்னழுத்தத்தால் மேலேறும்போது திசைவேகம், v_1 கணக்கிடப்பட்டது. X-கதிர்களைப் பாய்ச்சி, அயனியாக்கம் நிகழவிட்டால் அந்தத் திவலை சில மின்னூட்டங்களைக்கொண்டு மாறும்போது மீண்டும் மேலேறும் திசைவேகம் v_2 கணக்கிடப்பட்டது.

இந்நிகழ்ச்சியில்,

$$mg \propto v_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$Xen - mg \propto v_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

en என்பது திவலையில் n மின்னூட்டங்களின் மொத்த மின்னூட்டம் என்போம். அயனியாக்கத்திற்குப் பிறகு திவலையின் மின்னூட்ட எண்ணிக்கையில் ‘ n′ ’ ஆக மாறட்டும்.

எனவே, $X en' - mg \propto v_2$ ....(5)
சமன்பாடு 4-ஐ 3-ஆல்வகுக்க.

$$\frac{X \rho n - mg}{mg} = \frac{v_1}{v}$$

$$\therefore \frac{X \rho n}{mg} = \frac{v_1 + v}{v}$$

$$\therefore \rho n = \frac{mg}{X} \left(\frac{v_1 + v}{v} \right)$$

எனவே, $$\rho n' = \frac{mg}{X} \left(\frac{v_2 + v}{v} \right)$$

$$\therefore \rho n' - \rho n = \frac{mg}{X} \left(\frac{v_2 - v_1}{v} \right) \text{ mim.}$$

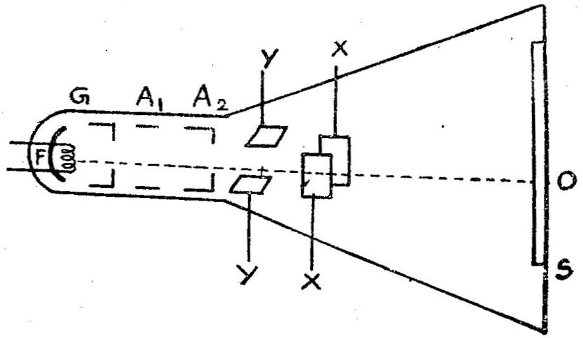
பல திவலைகளுக்கு ஆய்வு நடத்தி $(v_1 - v_2)$ சிறுமத்தை (minimum) காணவும். இந்நிலையில் கிடைப்பது ஒரு எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டமாகத்தான் இருக்க முடியும். எனவே, எலக்ட்ரான் மின்னூட்டம் கணக்கிடப்பட்டது.

மில்லிக்கன் சோதனையில் ρ-ன் மதிப்பு $1{\cdot}59 \times 10^{-20}$ மின் காந்த அலகுகள் எனக் கணக்கிட்டார். $\frac{\rho}{m}$ மதிப்பு $1{\cdot}76 \times 10^{7}$ என்று கொண்டு எலக்ட்ரான் நிறை, $m = 9{\cdot}1 \times 10^{-28}$ கிராம் எனக் கணக்கிடப்பட்டது.

எதிர்மின்கதிர் ஆசிலோகிராப் (Cathode - ray - oscillograph)

எதிர்மின்கதிர் ஆசிலோகிராப் அமைப்புப் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் F என்பது டங்ஸ்டன் இழையாலான (Filament) கம்பிச் சுருளாகும். மின்கலத்தோடு இணைத்துச் சூடேற்றினால் எலக்ட்ரான்கள் வெளிவரும். இவை ஒரு புள்ளியில் குவிய குழிவடிவ அமைப்பு உள்ளது. G, A_1, A_2 இவைகள் நேர்மின்வாய்களாகும். G-ல் கொடுக்கும் மின்னழுத்தத்தால் ஒரு சிறுகற்றைமட்டும் வெளிவருகிறது. G-யை மாற்றிப் புள்ளியின் செறிவைக்கட்டுப்படுத்தலாம். A_1, A_2 மின்னழுத்தங்களால் புள்ளியின் கூர்மையைக் கட்டுப்படுத்த முடியும். XX என்பது இரண்டு செங்குத்தாக பக்கவாட்டிலுள்ள தகடுகளாகும். இதில் மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்கி எலக்ட்ரான் கற்றையைக் கிடைத்தளத்தில் நகரச் செய்யலாம்.

YY தகடுகள் XX-க்குச் செங்குத்தாக உள்ளன. இவற்றைக்



படம் 148. எதிர்மின்கதிர்—ஆசிலோகிராப்

கொண்டு மேலும்கீழும் எலக்ட்ரான் கற்றையை நகரச் செய்யலாம்.

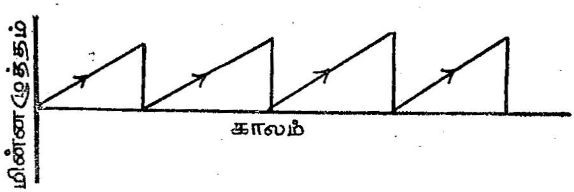
S-என்ற திரையானது துத்தநாக சல்பைடு போன்ற ஒளிரும் பொருளினால் பூசப்பட்டுள்ளது. எலக்ட்ரான் கற்றை இதன்மீது விழும்போது ஒளி, புள்ளியாக நன்கு தெரிகிறது.

பயன்கள்

(1) மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் வீச்சினை அளக்க ஆசிலோகிராப் பயன்படுகிறது.

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை YY தகடுகளுக்கு ஊட்டி அதன் வீச்சு அளக்கப்படுகிறது.

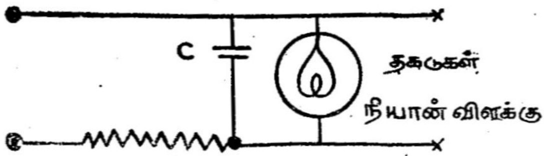
(2) இதனை உபயோகித்து மாறுதிசை மின்னோட்ட அதிர்வெண்ணைக் காணலாம். சாதாரணமாக, மாறுதிசை



படம் 149 (a) இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம்

மின்னோட்டத்தை YY தகடுகளுக்குத் தந்தால் மின்னோட்ட அதிர்வெண் அதிகமாகையால் அவற்றினை நாம் கணக்கிட முடியாது. மாறாக ஒரு மின்தடை, மின்தேக்கி, நியான்

விளக்கு இவைகள் கொண்ட ஒரு மின்சுற்றினை (படம் 149 b) உபயோகித்து நேர்கோட்டுக் காலவடிச்சுற்று (linear time base)



படம் 149. (b) நேர்கோட்டுக் காலவடிச்சுற்று

உண்டாக்கி அதனால் மின்னழுத்தத்தை இரம்பப்பல் மின்னழுத்தமாகப் (saw-tooth-voltage) பெறுகிறோம் (படம் 149 a.) இதைச் செலுத்தி ஏ. சி. அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடலாம்.

(3) டெலிவிஷனில் இது உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது.

(4) எஃகு போன்ற பொருள்களின் காந்தத் தயக்கத்தை (hysteresis) இதனால் கணக்கிடலாம்.

5. வானவெளிப் பயண ஆராய்ச்சியில் இது மிகவும் உதவுகின்றது.

வினாக்கள்

1. J. J. தாம்சன் முறையில் எலக்ட்ரானின் $\frac{e}{m}$ காணும் முறையை விளக்குக. இச் சோதனை முடிவின் சிறப்புகளை விவரி.

2. மில்லிக்கனின் எண்ணெய்த்துளிமுறையில்எலக்ட்ரான்மின்னூட்டம் காணும் சோதனையை விளக்குக,

3. எதிர்மின்கதிர் ஆசிலோகிராப் வேலை செய்வதை விவரிக்க. அதன் பயன்கள் யாவை ?

3. டெலிவிஷனும் ரேடாரும்
(Television and Radar)

A. டெலிவிஷன்

டெலிவிஷன் என்றால் தூரத்திலிருந்து பார்த்தல் என்பது பொருளாகும். கலைநிகழ்ச்சிகளையும், இயற்கைக்காட்சிகளையும், ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு மின்காந்த அலைகளாக அனுப்பி மீண்டும் பார்க்கப் பயன்படுவது டெலிவிஷன் ஆகும். இதற்கு மிக உயர்ந்த அதிர்வெண் மின்காந்த அலைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

டெலிவிஷனில் ஒளியானது ஒளிமின்கலங்களில் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளாக மாற்றப்படுகிறது. இவை உயர்ந்த அதிர்வெண் ஊர்தி அலைகளில் பண்பேற்றம்பெற்று அனுப்பப்படுகின்றன. ஏற்பியினிடத்தில் எதிர்மின்கதிர்கள் ஒளிர்திரையினால் மீண்டும் ஒளியாக மாற்றப்பட்டு நமக்குக் காட்சி தெரிகிறது.

டெலிவிஷனின் முக்கிய பகுதிகளாவன

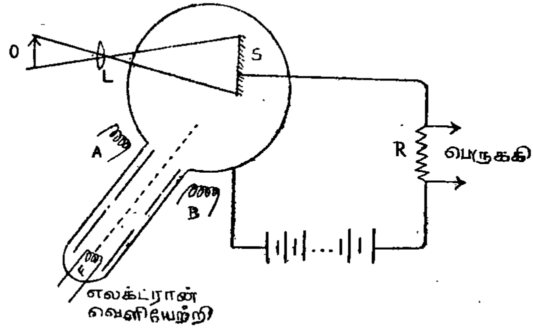
(1) பொருளின் **வரிக்கண்ணோட்டம்** (scanning) : இது பொருளின் பல பாகங்களையும் சிறுசிறு பகுதிகளாக்கி ஒளிக்கற்றைகளை அவற்றின்மீது விழச்செய்து அவற்றின்மேல் துரிதமாக முன்னும்பின்னும் இயங்கவைப்பதாகும்.

(2) வரிக்கண்ணோட்டம் முடிந்தபின் ஒளிஅலைகளை ஒளிமின்கலங்களைக்கொண்டு மின்அலைகளாக மாற்றுவதாகும். இத்தகைய அலைகள் ஏரியல்வழியே ஒளிபரப்பப்படுகின்றன.

(3) மீண்டும் இவைகளை ஏற்று மின்அலைகளைப் பெற்று ஒளிஅலைகளாக மாற்றி, பொருளின் படத்தைத் திரும்பப் பெறுவதாகும்.

இதில் நெப்கோவட்டுமுறை (Nepkow disc system) என்றும், எதிர்மின்கதிர் ஐகனாஸ்கோப் அமைப்புமுறை என்றும் இருவகை உண்டு. இதில் இரண்டாவது முறை தெளிவான பிம்பங்களை உண்டாக்குகிறது. தற்காலத்தில் இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு பல மாறுதல்கள் செய்துள்ளனர்.

இந்த அமைப்பு "எமிட்ரான் காமிரா" எனப்படும். எதிர் மின்கதிர் அலை விரைவியும் (C,R.O), ஒளிமின்கலமும் சேர்ந்த



படம் 150. எமிட்ரான் காமிரா

ஓர் அமைப்பு எனலாம். பொருள் O விலிருந்து வரும் ஒளி குவிவில்லைமீது விழுந்து பிம்பத்திரை S-ன்மேல் விழுகிறது. S என்பது ஒளிமின்பொருளால் சிறுசிறு பொட்டுகளில் பூசப்பட்டு அவை திரையில் படிந்துள்ளன. மறுபக்கத்திலிருப்பது உலோகப்பூச்சு கொண்ட சைகை தகடாகும் (signal - plate). ஒவ்வொரு பொட்டும் ஓர் ஒளிமின்கலம்போலச் செயல்படும். பொருளிலிருந்து வந்து குவிந்த ஒளி, திரையில் ஊடுருவிச் சென்று பொட்டுகளில் பட்டு ஒளிச் செறிவுக்கேற்ப எலக்ட்ரான்களை வெளிவிடும். எனவே, அங்கு ஒரு நேர் மின்னூட்டம் உண்டாக்கப்படுகிறது. இப்போது "எலக்ட்ரான் வெளியேற்றி" (F) (elctron emitter) எலக்ட்ரான்களை திரையின் பொட்டுகள்மேல் குவிக்கின்றன. அங்கு அமைக்கப்பட்டுள்ள கம்பிச்சுருள்களால் (A & B வரிகண்ணோட்ட) (scanning) கற்றைகளாகமாற்றப்படுகின்றன. அதே நேரத்தில் இரம்பப்பல் மின்னழுத்தமும் தரப்படுகிறது. எலக்டரான் கற்றை இடப்புறத்தின் மேலிருந்து வரிவரிகளாகச் சென்று கீழிறங்கி மீண்டும் மேலே சென்று பழைய நிலையில் தொடரும். இதுவே வரிக்கண்ணோட்டம் (scanning) எனப்படுகிறது. இத்தகைய நிகழ்ச்சியால் வெளியேயுள்ள மின்தடை Rல் திரையிலுள்ள

பொருளின பல்வேறு பகுதிகளுக்கேற்ப மின்னழுத்தங்கள் உண்டாகின்றன. இவை ஏரியல் வழியே பரப்பப்படுகின்றன.

டெலிவிஷன் ஏற்பி (Receiver) என்பது எதிர்மின்கதிர் குழாயாகும். இங்கு டெலிவிஷன் வெளியேற்றியைப்போல எலக்ட்ரான் கற்றையானது ஒளிர்திரையின்மேல் குவிக்கப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் கற்றைகள் திரையின் குறுக்காகப் பாய்ந்துசெல்லும். எடுக்கப்பட்டமின்னழுத்த மாற்றங்களுக்குத் தகுந்தாற்போல் ஒளிச்செறிவு மாறுவதால் படத்தைத் திரையில் பார்க்க முடிகிறது. வரிக்கண்ணோட்டத்தின்போது படம் விநாடிக்கு 50 அல்லது 60 முறை காட்டப்படும். ஏற்பிலும் காலவேறுபாடின்றி ஒரேமாதிரி செல்வதற்கு உடன்நிகழ்ச்சி (synchronization) மின்னழுத்த துடிப்புகள் தரப்பட்டுப் படத்தைத் திரையின்மீது அதே அளவுக்கு விநாடிக்கு 50அல்லது 60 முறை காட்டப்படும். எனவே, ஒளிர் திரையில்படம் தெளிவாகக் காட்சியளிக்கிறது.

டெலிவிஷன்கள் மிக உயர்ந்த அதிர்வெண் கொண்டவை என்று கூறினோம். இவை அயனிமண்டல அடுக்குகளில் ஊடுருவிவிடும். எதிரொளிக்கப்படமாட்டா. அதனால்தான் உயரமான இடங்களில் ஏரியல் அமைக்கப்படுகின்றது. மேலும் இவற்றைக்குறிப்பிட்ட தூரத்திற்குத்தான் பரப்பமுடியும். பலநூறுமைல்கள் செல்ல வேண்டுமானால் அஞ்சல் நிலையங்கள் (relay-station) அமைத்தாலன்றி பரப்ப முடியாது.

இன்றைய உலகில் பொழுதுபோக்கு நிகழ்ச்சிகளும், கல்வி பரப்பு நிகழ்ச்சிகளும் டெலிவிஷன்மூலம் பெருமளவுக்கு வளர்ந்து வருகின்றன.

B. ரேடார் (Radar)

"Radio detection and ranging," என்பதன் சுருக்கமே ரேடார் ஆகும். "ரேடியோ அலைகளை ஒலிபரப்பி அவற்றைக் கொண்டு தூரத்துப் பொருள்களைக் கண்டுபிடிப்பதும் அவற்றின் தூரம், திசை முதலியவற்றைக் காண்பதுமே" என்பது இதனுடைய அர்த்தமாகும். தூரத்திலுள்ள பல மைல்களுக்கப்பாலான பொருள்களைக் கண்ணால் பார்க்க முடியாது. மிகவும் அதிர்வெண் அதிகமான, அதிக ஆற்றல் வாய்ந்த மின்காந்தஅலைகளை அனுப்பினால் அவை தூரத்திலுள்ள பொருள்கள்மேல் விழுந்து திருப்பப்படுகின்றன. எனவே, விரோதியின் விமானங்கள் போன்ற

வற்றைக் கண்டுபிடிக்கலாம். திருப்பப்படும் அலைகளை ஏற்றுக் கொண்டு அவை வந்தநேரத்தை அளவிட்டுப் பொருள்கள் எவ்வளவு தூரத்தில் அமைந்துள்ளனஎன்பதையும் அறியலாம். இது ஒரு தனிக் கருவியன்று. பல நுண்ணிய ஒன்று சேர்ந்த கருவிகளின்தொகுப்பே ரேடாராகும். இதனை ஓர் எதிரொலிமானி (echometer) என்றே கூறலாம். மின்காந்தஅலைகளை அனுப்புவதும் திரும்பப் பெறுவதும் மிகமிகக் குறுகிய காலங்களில் (விநாடிக்கும் குறைவு) நடைபெறுகிறது. இதில் உற்பத்தியாகும் பலநூறு கிலோவாட் ஆற்றல் கொண்ட குற்றலைகள் ஏரியல்வழியே அனுப்பப்படுகின்றன. தூரத்துப் பொருள்களைக் காண அலைகள் அனுப்பும் நேரம் $\frac{1}{5000}$ விநாடியிலிருந்து குறைந்த தூரத்தில் உள்ள பொருள்களைக் காண அனுப்பும் நேரம் $\frac{1}{25}$ விநாடிவரை மாறுகின்றன. இத்தகைய அலைகளை கிளைஸ்ட்ரான் (klystron) அல்லது மேக்னட்ரான் (magnetron) போன்ற கருவிகள் உற்பத்திச் செய்கின்றன. இதனை அனுப்பும் ரேடார் ஏரியல் பரவளையமாக (parabola) அமைந்துள்ள உலோகத் தகடாகும். இது மெதுவாகச் சுழன்று கொண்டிருக்கும். அலைகளை அனுப்பிய பின்னர் இது அலையியற்றியிலிருந்து துண்டிக்கப்பட்டுவிட அமைப்புகள் உண்டு. ஏனெனில் திருப்பப்பட்ட அலைகளை ஏற்றுக்கொள்ள இது தயாராகிறது. தூரத்தே சென்ற அலைகள் இலக்கின்மீது பட்டுச் சிதறி அவற்றில் ஒரு பகுதி திரும்பி வருகின்றன. அவை ஏற்பிக்கு அனுப்பப்படுகின்றன. ஏற்பியானது, மிகவும் உணர்வுள்ள ஓர் அமைப்பாகும். மிகவும் குறைந்த ஆற்றல் கொண்ட திருப்பு அலைகளையும் பகுத்துணரும் தன்மையுடையது. ஏற்கப்பட்ட அலைகள் ரேடாரில் படநிலைகாட்டி (plan position indicator) அமைப்பால் காட்டப்படுகின்றன. இங்கு ஓர் எதிர்மின்குழாய் (cathode ray tube) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அதில் உண்டாகும் எலக்ட்ரான் கற்றைகள் இடமிருந்து வலமாக, மேலிருந்து கீழாக மாறிமாறி இயங்கும். நிலையான பொருள்கள் (மரம், மலை போன்றவை) நிலையாக அலைகளை எதிரொலிக்கும். எனவே, நகருகின்ற பொருள்கள் திருப்பும்அலைகளை வைத்துப் பொருளின் நிலையைக்காணலாம். அவற்றின் தூரம், செல்லுகின்ற திசை, வேகம் முதலியவற்றையும் கணக்கிடலாம்.

ரேடார், பாதுகாப்புத்துறையில் மிகவும் பயன்படுகிறது. இதன் உண்மையான பயனே இரண்டாம் உலக யுத்தத்தில் இங்கிலாந்துக்கு வெற்றி தேடித்தந்ததெனலாம். பாதுகாப்பு நிலையங்களில் ரேடார் எதிரிகளின் விமானங்களைக் கண்டு

பிடித்துத் தருவதால் அவற்றினை அழிக்க முடிகிறது. மேலும் விமானங்கள், கப்பல்கள் ஆகியவற்றைச் செலுத்தும் வழிகளில் உள்ள மலைகள், தடைகள் போன்றவைகளைக் கண்டு பிடித்து அதற்குத் தகுந்தவாறு இயக்க முடிகிறது. மேகங்களைக்கண்டு ஆராய்ந்து மழை உண்டு, இல்லை என்பது போன்ற வானியல் ஆராய்ச்சிகளுக்குப் பயன்படுகிறது. மேலும், புயல்காற்று, இடி, மழை இவற்றினை முன்கூட்டியே அறிந்திட உதவுகிறது. செயற்கை விண்கோள்களைப் பின்தொடர்ந்து நோக்கி வழிகாட்டவும் பயன்படுகிறது.

வினாக்கள்

1. டெலிவிஷன் என்றால் என்ன? அதனை விவரித்துப் பயன்களையும் கூறுக.

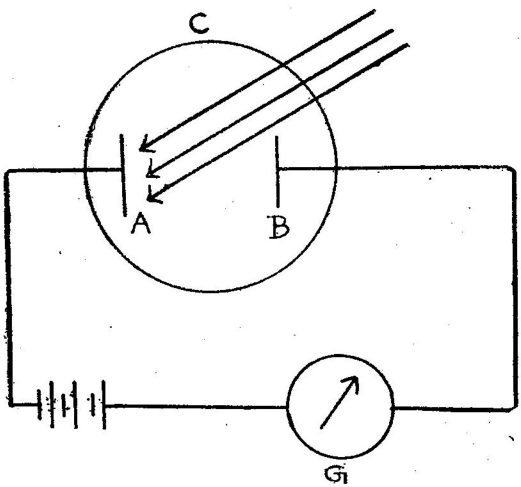
2. ரேடாரின் தத்துவத்தைக் கூறி, வேலைசெய்யும் முறையை விளக்குக.

4. ஒளிமின் விளைவு

(Photo - electric effect)

ஒரு பொருளின்மீது ஒளி படும்போது எலக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. இதுவே, ஒளிமின்விளைவு எனப்படும். இதனை ஹெர்ட்ஸ் (Hertz) என்பவர் முதன்முதலாகக் கண்டு பிடித்தார்.

படத்தில்(151)காட்டிய, A, B இரண்டும் சோடியத்தகடுகள். இவை C என்னும் வெற்றிட பல்பில் வைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 151. ஒளிமின்விளைவு காட்டும் அமைப்பு

A,B இரண்டும் ஒரு மின்கலஅடுக்கோடுஅமைக்கப்பட்டுள்ளன. G என்பது மின்னோட்டங்காட்டும் கால்வனுமீட்டர். B என்பது நேர்மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப்படுகிறது. A என்னும் தகட்டின் மீது ஒளிக்கதிர்களைப் பாய்ச்சினால் கால்வனுமீட்டரில்

மின்னோட்டம் பாய்கிறது. ஆனால், A நேர்முனையாக வைக்கப் பட்டு ஒளி பாய்ச்சப்படும்போது மின்னோட்டம் செல்வதில்லை.

லெனார்டு, ரிச்சர்ட்சன் போன்ற விஞ்ஞானிகள் இவற்றினை ஆராய்ந்து ஒளியூட்டப்பட்ட தகட்டிலிருந்து வெளிவருவது எலக்ட்ரான்களே எனக்கண்டுபிடித்தனர். காம்ப்டன்என்பவரும் ரிச்சர்ட்சன் என்பவரும் சேர்ந்து கீழ்வரும் விதிகளை வகுத்துள்ளனர்.

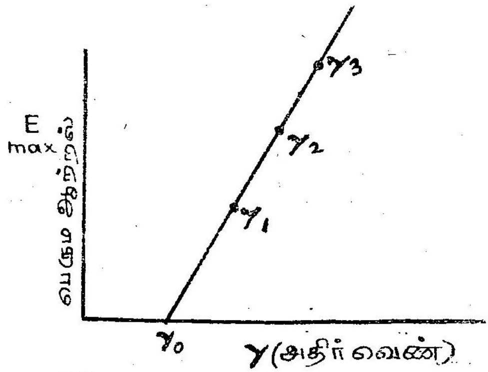
(1) ஒளிமின்னோட்டத்தின் வலிமை தகட்டின்மேல் படுகின்ற ஒளியின் செறிவுக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். தகட்டின்மீது விழுகின்ற ஒளியின் செறிவினை அதிகரிக்கும் போது தகட்டிலிருந்து அதிக எண்ணிக்கையில் எலக்ட்ரான்கள் வெளிவருகின்றன. எனவே, மின்னோட்டம் அதிகமாகிறது. எனினும் ஒளி மின்னோட்டம் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட அதிகரிப்புக்குப் பின்னர் தெவிட்டநிலையை (saturation) அடைந்துவிடுகிறது, ஒளி எலக்ட்ரான்வெளிவருவது நாம் எடுத்துக்கொள்ளும் வெளியீடு உலோகத்தைப் பொறுத்தும் அமைகிறது.

(2) ஒளி, எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகம். எனவே, இயக்க ஆற்றல் (Kinetic Energy) படுகின்ற ஒளியின் செறிவைப் பொறுத்ததன்று. படுகின்ற ஒளியின் அதிர்வெண் நிலையாக இருந்து செறிவு எந்த அளவுக்கு அதிகரித்தாலும் ஒளி எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல் நிலையாக உள்ளது.

(3) ஒளி எலக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் அதனால் இயக்க ஆற்றல் படுகின்ற ஒளியின் அதிர்வெண்ணுக்குநேர்விகிதத்தில் அமையும். ஒளியின் அதிர்வெண் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகரிக்குமோ, அந்த அளவு ஒளிஎலக்ட்ரான் திசைவேகமும் அதிகரிக்கும். பெரும் ஆற்றலையும் ஒளியின்அதிர்வெண்ணையும் படத்தில் குறித்தால் புள்ளிகள் நேர்கோட்டில் அமைகின்றன.

கோட்டினை நீட்டினால் அது அதிர்வெண் அச்சினை ν_0 என்னுமிடத்தில் வெட்டுகிறது. அதாவது, ν_0 என்னுமிடத்தில் ஒளிமின்விளைவு சுழியாகும். அதற்கும், குறைந்த அளவுள்ள ஒளிஎலக்ட்ரானைத் தகட்டிலிருந்து வெளிப்படுத்தமுடியாது. எனவே, ν_0-க்குத் தொடக்க அதிர்வெண் (threshold frequency) என்று பெயர். இந்த நேர்கோட்டின் சமன்பாட்டை,

$\frac{1}{2} mv^2_{max} = h(\gamma - \gamma_0)$ என எழுதலாம். h என்பது



படம் 152. ஆற்றல்—அதிர்வெண் மாற்றங்கள்

நேர்கோட்டின் வாட்டமாகும். இது **பிளாங்கின் மாறிலி** (Planck's constant) யாகும்.

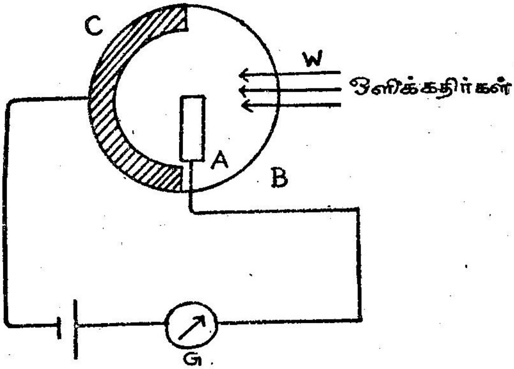
மேற்கூறிய சமன்பாட்டை ஐன்ஸ்டீன், கணிதமுறையில் கூறியுள்ளார். இதற்கு **ஐன்ஸ்டீனின் ஒளிமின் சமன்பாடு** (Einstein photoelectric equation) என்று பெயர். அதாவது, $\frac{1}{2} m v^2_m = h\gamma - w_0$ என்பதே. இதில் w_0 என்பது ஒளிமின்வெளியேற்று ஆற்றலாகும் (photo electric work function). உலோகத்தின் பரப்பைவிட்டு ஒளிஎலக்ட்ரானை வெளியேற்றச் செலவாகும் ஆற்றலாகும். எனவே, $w_0 = h\gamma_0$ என்பது கண்கூடாகத் தெரிகிறது.

(4) ஒளிமின்-விளைவு ஓர் உடனடி நிகழ்ச்சி (instantaneous) யாகும். ஒளியானது தகட்டின்மீது பட்டவுடன் ஒளிமின்னோட்டம் தொடங்கிவிடுகிறது. காலத்தயக்கம் இருப்பதில்லை. எனினும் துல்லிய அளவீடுகள் 3×10^{-9} விநாடிகள் தயக்கமுண்டு எனக்காட்டுகின்றன.

ஒளிமின்கலம் (Photoelectric - Cell)

ஒளிமின்விளைவு நிகழ்ச்சியை ஆதாரமாக வைத்து ஒளிமின்கலம் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. B என்பது கண்ணாடி அல்லது குவார்ட்ஸ்போன்ற பொருளாலான பல்பாகும். இதன் உள்பாகம் ஒளிமின்விளைவு தன்மையுள்ள (சீஷியம், ருபீடியம்) பொருளால் பூசப்பட்டுள்ளது. A என்பது பல்போடு இணைந்த உலோக நேர்மின்வாய்த்தகடாகும். இது

நேர்மின்னழுத்தத்தோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளிக் கதிரானது W என்னும் சன்னல் வழியாக உள்ளே பாய்ந்து



படம் 153. ஒளி மின்கலம்

C-ன்மேல் விழுகின்றது. இதனால், ஒளிமின்னோட்டம் ஏற்படுகின்றது. எனவே, ஒளிமின்னோட்டம் ஒளிச்செறிவோடு மாறுகிறது.

ஒளிமின்கலச் சுற்றில் ஒரு மின்தடையை இணைத்தால் மின்தடை முனைகளில் ஒளிச்செறிவின் மாறுபாட்டிற்குத் தகுந்தாற்போல் மாறுமின்னழுத்தம் உண்டாகும். இதனை வால்வு பெருக்கிகளைக்கொண்டு ஒலிபெருக்கியில் ஒலியாக மாற்றலாம். மேலும் பல எண்ணற்ற பயன்களைத் தருகின்றது

பயன்கள்

ஒளிமின்கலன்கள் எச்சரிக்கை சாதனங்கள். கதவுகளைத் திறக்க, மூட, பேசும்படங்கள்முதலியவற்றில் பயன்படுகின்றன டெலிவிஷனில் ஒளிமாற்றத்தை மின்னழுத்த மாற்றங்களாக மாற்றப் பயன்படுகின்றன. இரயில் கடக்கும் பாதைகளில் தானியங்கும் கதவுகளைச் செயல்படுத்த உதவுகின்றன தானியங்கும் வண்டிகளைக் கட்டுப்படுத்த உதவுகின்றன விண்மீன்கள், நிறமாலைகள் ஆகியவற்றை ஆராய உதவுகின்றன தானே எண்ணும் கருவிகள் செய்யவும் பயன்படுகின்றன.

வினாக்கள்

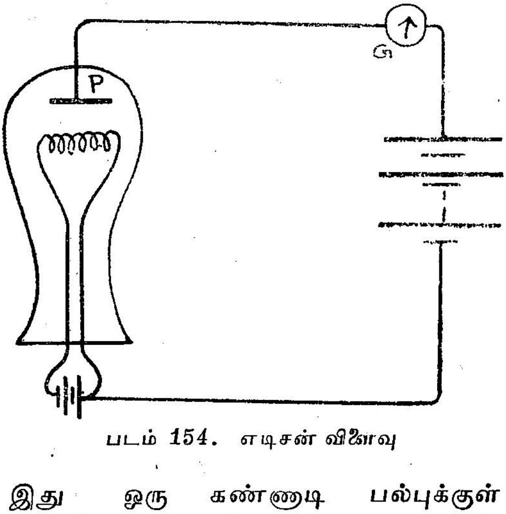
1. ஒளிமின்விளைவு என்றால் என்ன? அவற்றின் முக்கிய விதிகளை விளக்குக.

2. ஒளிமின்கலத்தை விளக்கி அதன் பயன்களை எழுது.

5. வெப்பஅயனி வெளியீடு
(Thermionic Emission)

ஒரு பொருள் வெப்பப்படுத்தப்படுமானல் அதிலிருந்து அயனிகள் வெளிவருகின்றன. இத்தகைய மின்னூட்டங்கள் வெளிப்படுவதை வெப்பஅயனி வெளியீடு என்பர். முதன்முதலாக எல்ஸ்டரும் கெயிட்டலும் (Elster and Geital) இதனைக் கண்டுபிடித்தனர். உலோகஇழையினைச் சூடாக்கினல் அதிலிருந்து மின்னூட்டங்கள் வெளிவருகின்றன. இவை எதிர்மின்னூட்டம் பெற்றவை.

தாமஸ்ஆல்வாஎடிசன் தாம் கண்டுபிடித்த மின்விளக்கினை உபயோகித்துக் பின்வரும் சோதனையைச் செய்தார். மின்னிழைக்குமேலாக P என்னும் ஒரு தகடு வைக்கப்



படம் 154. எடிசன் விளைவு

பட்டது. இது ஒரு கண்ணடி பல்புக்குள் வைக்கப் பட்டது. உள்ளிருக்கும் காற்றனது முழுவதும் வெளியேற்றப்

பட்டது. கம்பிச்சுருளானது மின்கலஅடுக்கினால் வெப்பப் படுத்தப்பட்டது. P-தகடு நேர்மின்னழுத்த முனையோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இப்போது கால்வனுமீட்டரில் மின்னோட்டம் செல்கிறது. சூடேற்றப்பட்ட கம்பிச்சுருள் எதிர்மின்னூட்டங்களை வெளிவிடுகின்றன. இது நேர்முனை மின்னழுத்தம் கொண்ட P-யால் ஈர்க்கப்படுவதால் மின்னோட்ட முண்டாகிறது. P-யின்முனை எதிர்மின்னழுத்தத்தின் முனையோடுஇணைக்கப்படும்போதுமின்னோட்டம் இருப்பதில்லை. எனவே, வெப்பப்படுத்திய கம்பிச்சுருளிலிருந்து வெளிவருவது எதிர்மின்னூட்டங்களே என நிரூபிக்கப்பட்டது. இந்த விளைவினை **"எடிசன் விளைவு"** (Edison effect) என்பர்.

பேராசிரியர் ரிச்சர்ட்சன் என்பவர் வெப்பஅயனி வெளியீட்டினை நன்கு ஆராய்ந்து பின்வரும் முக்கிய உண்மைகளை வெளியிட்டுள்ளார் :

(1) இந்த வெப்பஅயனிதுகள்கள் எதிர்மின்னூட்டம் கொண்டவை. இவற்றின் மின்னூட்டத்தை அளந்து, இவை எலக்ட்ரான்கள் என்று நிரூபிக்கப்பட்டன.

(2) வெப்பஅயனி வெளியீட்டினால் கிடைக்கும் வெப்ப அயனி மின்னோட்டம் வெப்பநிலைமாறும்போது கூடவே மாறுகிறது. எனினும் குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தினால் வெப்ப நிலை உயரும்போது, மின்னோட்டமும் உயர்ந்து தெவிட்ட நிலையை அடைகின்றது. இதனை ஆராய்ந்த ரிச்சர்ட்சன் வெப்பஅயனி மின்னோட்டத்திற்கும் வெப்பநிலைக்குமுள்ள தொடர்பைக் கண்டுள்ளார். T-என்பது தனிவெப்பநிலை என்றால் மின்னோட்டம் I, $I = AT^2 \epsilon^{\frac{-e\phi}{RT}}$. இதனை ரிச்சர்ட்சன் **"$T^2$ வாய்பாடு"** என்று கூறுவர்.

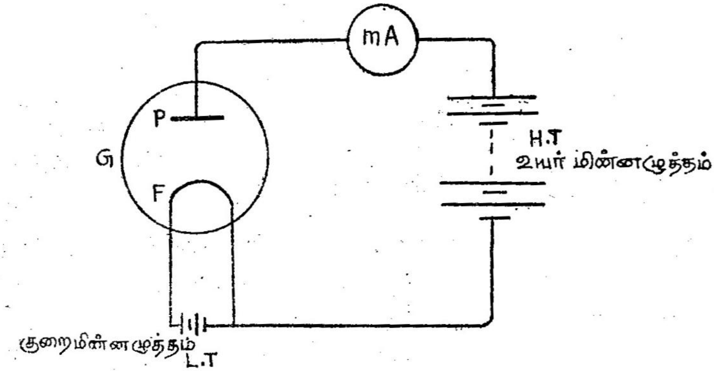
(3) கொடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையில் மின்னழுத்தப் மாறும்போது இம்மின்னோட்டமும் மாறுகிறது. ஆனால் ஓரளவுக்குப் பின்னர் தெவிட்டநிலையை அடைகிறது,

(4) வெப்ப அயனிகளை வெளியிடும் உலோகப் பொருள்கள் வெப்பநிலையைப் பொறுத்தது. டங்ஸ்டன், பிளாட்டின போன்றவை 2000°C-ல் எலக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றன ஆனால் அவற்றின்மீது கேல்சியம், பேரியம் போன்றவை களின் ஆக்ஸைடுகளைப்பூசினால் 750°C வெப்ப நிலையிலேயே எலக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றன.

(5) பெருமஅளவுக்கு வெற்றிடமுள்ள பல்புகளில் சிறிதளவு வேறு வாயுக்களை வைத்தால் வெப்பஅயனி மின்னோட்டம் பன்மடங்கு அதிகரிக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக பல்புகளில் சிறிதளவு ஹைடிரஜன் இருந்தால் அயனி மின்னோட்டம் 10^5 மடங்கு அதிகரிக்கிறது.

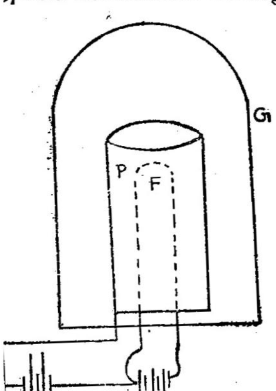
இருமின்வாய்வால்வு

(அ) டையோடுவால்வு (Diode valve) : வெப்பஅயனி வெளியீட்டினை உபயோகித்து ஃபிளமிங் என்பவர் வெப்ப



படம் 155. (a) வரைபடம்—டையோடுவால்வு

அயனி வால்வைச் செய்து காட்டினார். வால்வுகளில் டையோடு, ட்ரையோடு என்று பலவகை உண்டு. முதலில் டையோடு வால்வைப் பார்ப்போம்.



படம் 155, (b) உண்மையானவால்வு டையோடுவால்வு

படம் 155 டையோடுவால்வு : (a) வரைபடம் (b) உண்மையான வால்வு டையோடு இருமின்வாய்களை உடையது. இதில் F-என்பது மெல்லியஉலோகக்கம்பிச்சுருளாகும். இதனை மின்இழை (filament) என்பர். P என்ற உலோகத்தகடு நேர்மின் வாயாகச்செயல்படுகிறது. Gஎன்னும் கண்ணாடி பல்புக்குள் இவை வைக்கப் பட்டுள்ளன. கம்பிச்சுருள் F ஆனது குறைமின்னழுத்தத்தோடு (L. T) இணைக்கப்பட்டுச் சூடேற்றப்படுகிறது. தகட்டிற்கும், கம்பிக்கு

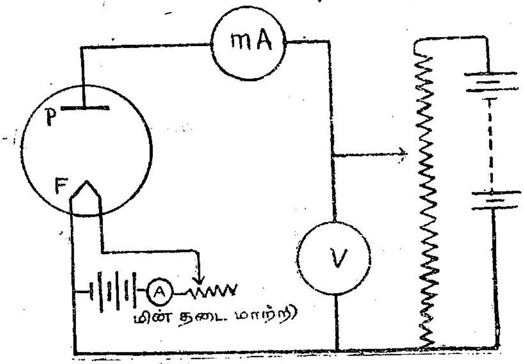
மிடையே உயர்மின்னழுத்தம்(H·T) தரப்படுகிறது, (100 முதல் 300 வோல்ட்டுவரை தரப்படுகிறது) படத்தில் 155 (b) உண்மையான வால்வினைக் காட்டும். 155 (a) என்பது, அது வரையும் விதமாகும்.

கம்பியானது மின்சாரத்தைப் பெறும்போது பழுக்கக் காய்ச்சப்பட்டு, எலக்ட்ரான்துகள்களை வெளிவிடுகிறது. இவை P என்ற நேர்மின்வாயால் ஈர்க்கப்பட்டு அதனை வந்து அடைகின்றன. எனவே, மில்லி அம்மீட்டரில் மின்னோட்டம் பாய்கின்றன. மாறாக P யானது எதிர்மின்வாயாக அமைந்தால் மின்னோட்டம் நிகழாது. எனவே, மின்னோட்டம் ஒரு திசையில் மட்டும் செல்லும். எனவே, இது திருத்தி (rectifier) யாகச் செயல் படுகிறது.

டையோடின் சிறப்பியல் வளைகோடுகள் (Charactristics of a Diode)

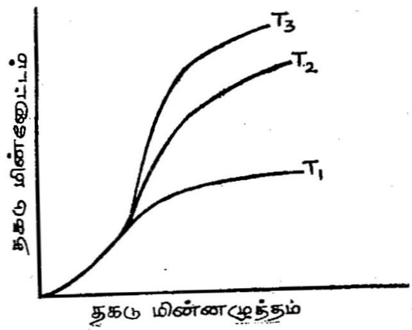
டையோடு தகட்டின்மின்னோட்டம், தகட்டின்மின்னழுத்தம், வெப்பநிலை இவற்றைப்பொறுத்துள்ளது என்பதைக் காட்டும் வளைகோடுகள் டையோடின் சிறப்பியல் வளைகோடுகள் எனப் படும். படத்தில் (156) காட்டியது போல மின்இழையின் மின்னோட்டத்தை அளந்து மாற்றி அதன் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடலாம். இதற்கு 2 முதல் 6 வோல்ட்டு மின்னழுத்த பேட்டரி உபயோகப்படுகிறது. இதனைக் குறைந்த மின்னழுத்த பேட்டரி (L.T) என்பர். தகட்டிற்கும், கம்பிக்குமிடையே உயர் மின்னழுத்தத்தை மாற்றவும் அளக்கவும்கருவிகள் பொருத்தப் பட்டுள்ளன. மின்னோட்டத்தை மில்லி அம்மீட்டர் அளக்கிறது.

முதலில் மின்னிழையின் வெப்பநிலையை T_1 ல் வைத்துக் கொண்டு தகட்டின்மின்னழுத்தத்தைக் குறைந்தநிலையிலிருந்து



படம் 156, டையோடு சிறப்பியல் வளைகோடுகள் காணல்

உயர்த்திக்கொண்டே செல்லவும். ஒவ்வொரு தடவையும் மின்னோட்டத்தை மில்லி அம்மீட்டரில் அளக்கவும். இதனை வரைபடத்தில் (படம் 157) வரையும்போது மின்னோட்டம் குறிப்பிட்ட அளவு உயர்ந்து பிறகு, தெவிட்ட நிலை பெறுகிறது. மின்னிழையின் வெப்பநிலை உயரும் போது மின்னோட்டம் ஒரு



படம் 157, டையோடு சிறப்பியல் வளைகோடுகள்

குறிப்பிட்ட அளவு உயர்ந்து, தெவிட்ட நிலையைப் பெறுகிறது. ஏனெனில், அந்தமின்னழுத்தத்தில் வெளிவந்தஎலக்ட்ரான்கள் முழுமையும் தகட்டினுல் கவர்ந்துவிடப்படுகின்றன.

டையோடு திருத்தி (Diode rectifier)

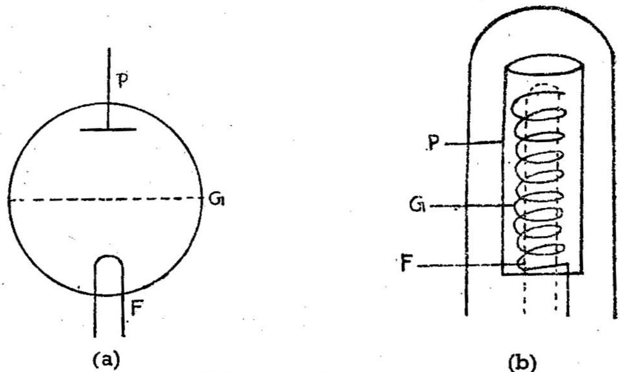
டையோடு மாறுகின்ற மின்னோட்டத்தை (A.C), நேர் மின்னோட்டமாக (D.C) மாற்றுவதால் இதனைத் திருத்தி என்பர். மாறுகின்ற மின்னழுத்தம் தகட்டிற்கும், கம்பிக்குமிடையே தரப்படுகிறது. இம்மின்னழுத்தம் மாறிமாறிச் செல்கிறது. P-யானது நேர்மின்னழுத்தநிலையில் இருக்கும்போது எலக்ட்ரான்கள் P-ஐ நோக்கிச்சென்று மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. P-யானது எதிர்மின்னழுத்த நிலையில் இருக்கும்போது மின்னோட்டம் செல்லாது. எனவே தகடு சுற்றில் ஒரே திசையில் விட்டுவிட்டு மின்னோட்டம் செல்லும். இரு டையோடுகளை உபயோகித்தால் தொடர்ச்சியாக ஒரே திசையில் மின்னோட்டம் கிடைக்கும்.

ட்ரையோடு வால்வு (Triode valve)

இத்தகைய வால்வுகளில் தகடு, மின்னிழை இவற்றோடு மூன்றாவது மின்முனை ஒன்று பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதனை கிரிட் (Grid) என்பர். இது இழையிலிருந்து வெளிவரும்

எலக்ட்ரான்களைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. காற்றினை வெளியேற்றிய பல்பில் (படம் 158) மூன்று முனைகள் வைக்கப்படுகின்றன.

ஒன்று தகடு P-ஆகும். F-என்பது மின்கம்பி ஆகும். இது L.T. பேட்டரியால் சூடேற்றப்படுகிறது.G என்பது கிரிட் ஆகும்.



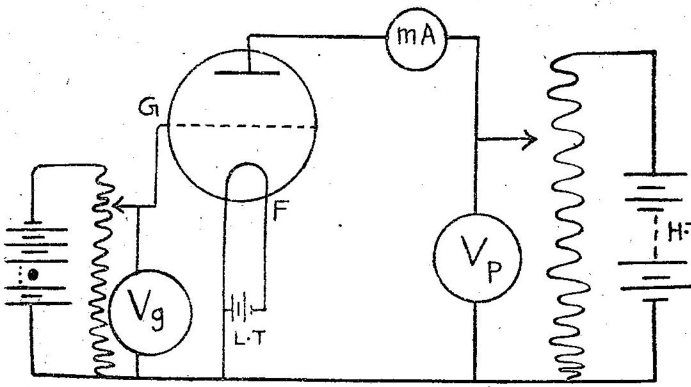
படம் **158** ட்ரையோடு வால்வு
(a) வரைபடம் (b) உண்மையான வால்வு

G-க்கும் F-க்கும் இடையே ஒரு மின்னழுத்தம் தரும் பேட்டரி இணைக்கப்படுகிறது. இதன்மூலம் கிரிட் நேர்மின்னழுத்தத்தையோஎதிர்மின்னழுத்தத்தையோ பெறமுடியும். P-க்கும்,F-க்குமிடையே உயர்ந்த மின்னழுத்தம் (H. T) தரப்படுகிறது. P-நேர்வாயாக உள்ளபோது மின்னோட்டம் நிகழும். இதனை G-இன்முனையால் அதிகமாக்கியோ குறைத்தோ கட்டுப்படுத்த முடியும். படம் 158 (b) வால்வின் அமைப்பைக் காட்டுகிறது.

ட்ரையோடின் சிறப்பியல்வளைகோடுகள்
(Characteristics of a triode - valve)

ட்ரையோடு வால்வு காண படம் 159-ல் காட்டியபடி இணைக்கவும். இதில் கிரிட் மின்னழுத்தத்தை எதிர்குறி அளவீட்டிலிருந்து நேர்குறி அளவீடுகள்வரை மாற்றலாம். தகடு மின்னழுத்தத்தை நிலையாக வைத்து கிரிட் மின்னழுத்த மாற்றத்திற்கு, மாறும் தகடு மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிட்டால் அந்த வரைபடங்கள் **பரிமாற்றச் சிறப்பியல் வரைபடங்கள்** (mutual characteristic curves) எனப்படும். கிரிட் மின்னழுத்தத்தை நிலையாக வைத்துத் தகடு மின்னழுத்தத்தை

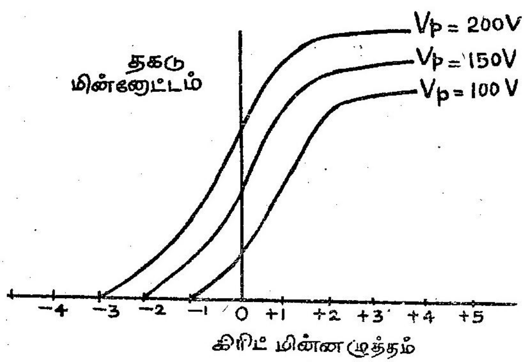
மாற்றும்போது உண்டாகும் தகடுமின்னோட்டத்தை



படம் 159. டிரையோடு சிறப்பியல் வளைகோடுகள் காண அமைப்பு

வரைந்தால் அவை **நேர்மின்வாய்ச் சிறப்பியல்வரைபடங்கள்** (anode characteristic curves) எனப்படும்.

தகடு மின்னழுத்தம் 100 V, 150V, 200V, 300V போன்ற நிலைகளில் வைத்து கிரிட் மின்னழுத்தம் மாறும்போது தகடு



படம் 160. ட்ரையோடு பரிமாற்ற சிறப்பியல் வரைபடங்கள்

மின்னோட்டம் கணக்கிட்ட வரைபடங்கள் மேலேயுள்ளன (படம் 160).

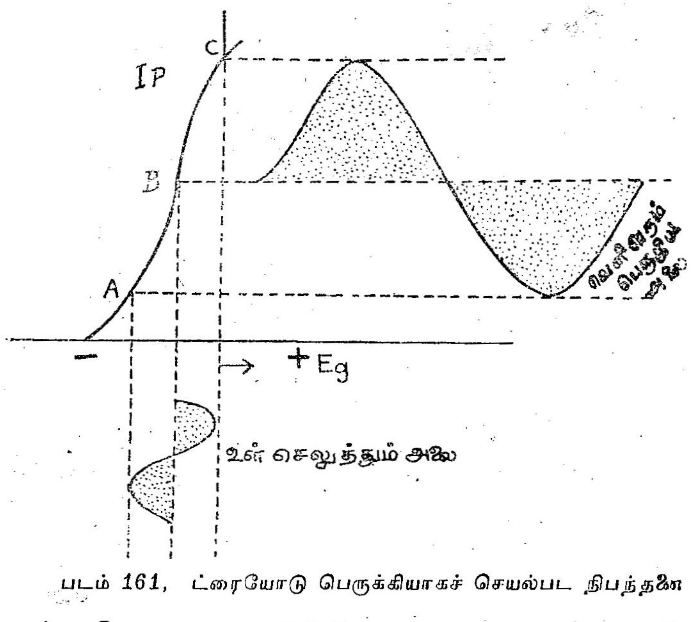
தகட்டினை 200V-ல் நிலையாக வைத்து கிரிட் மின்னழுத்தம் எதிர்குறி அளவிலிருந்து ஆரம்பித்தால் தகடு மின்னோட்டம் மெதுவாக அதிகரிக்கிறது. குறிப்பிட்ட கிரிட் மின்னழுத்தத்தில் தகடு மின்னோட்டம் சுழியாக உள்ளது. இந்த அளவு கிரிட்

மின்னழுத்தத்தைத் துண்டிக்கும் மின்னழுத்தம் (cut off voltage) என்பர். கிரிட் மின்னழுத்தம் நேர்திசைக்குச் செல்லும்போது தகடு மின்னோட்டம் வேகமாக அதிகரிக்கிறது. ஏறக்குறைய நேர்கோடாகவே செல்கிறது. பிறகு தெவிட்ட நிலை அடைவதைப் படத்தில் காணலாம்.

ட்ரையோடைப் பெருக்கியாகப் பயன்படுத்தல் (Triode as an amplifier)

மேற்கண்ட பரிமாற்று வரைபடங்களைக் கொண்டு எப்போது ட்ரையோடு வால்வு, பெருக்கியாக வேலை செய்யும் எனக் காட்டலாம். பரிமாற்று வரைபடத்தில் நேர்கோட்டுப் பகுதியை எடுத்துக் கொள்வோம்.

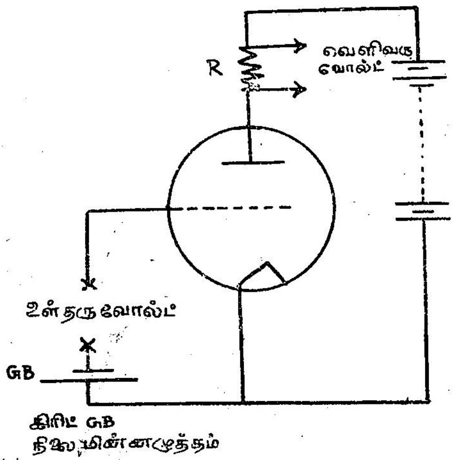
நேர்கோட்டின் ABC பகுதியில் கிரிட்டுக்கும், மின்னிழைக்கும் பெருக்கவேண்டிய மின்னழுத்தத்தைத் தருவதாகக் கொள்



படம் 161, ட்ரையோடு பெருக்கியாகச் செயல்பட நிபந்தனை

வோம். இது தகட்டின் மின்னோட்டமாக மாறும்போது பெரிய மாற்றத்தை உண்டாக்குவதைப் புள்ளியிட்ட பகுதிகள் காட்டுகின்றன. கிரிட் மின்னழுத்தத்தில் தரப்பட்ட சிறிய மாறுதல்கள் தகட்டில் மிகப்பெரிய அளவுக்குமாற்றப்படுகின்றன. இதுவே, பெருக்கியின் அமைப்பாகும். இதனை, மீண்டும் மீண்டும் பல வால்வுகளுக்குக் கொடுத்து மிகப்பெரிய

பெருக்கத்தை அடையலாம். படம் 162-ல் காட்டியபடி

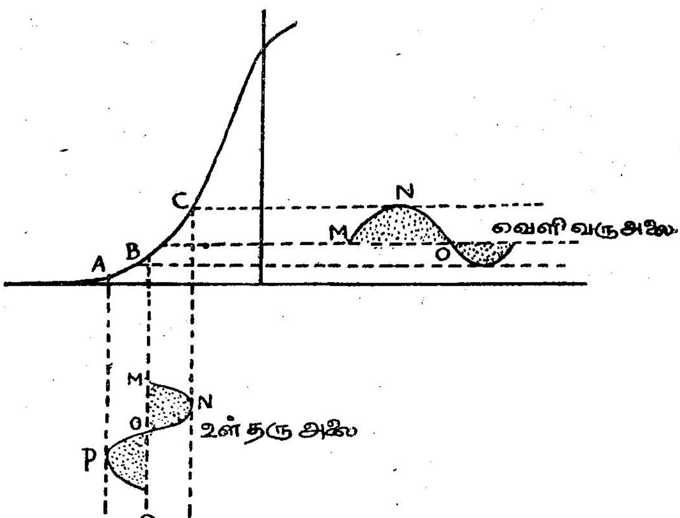


படம் 162. ட்ரையோடு பெருக்கி

வெளிவரும் பெருக்கி மின்னழுத்த மாறுபாடு R என்னும் மின்தடையருகில் வெளிவருகிறது.

ட்ரையோடு, திருத்தியாகப் பயன்படல்
(Triode as an rectifier)

பரிமாற்று வரைபடத்தின் கீழுள்ள வளைபகுதியினை



படம் 163. ட்ரையோடு, திருத்தியாகச் செயல்பட நிபந்தனை

உபயோகித்துத் திருத்தியாக உபயோகிக்கலாம். ABC-க்கிடையே, மாறுகின்ற மின்னழுத்தம் கிரிட்டுக்கும் தகட்டிற்குமிடையே கொடுத்ததைக் காட்டுகிறது. இது தகட்டிலிருந்து வெளிப்படும் MNO நேர் அரைவளைவு (positive half charge) மட்டும் வெளிவருகிறது. கீழ்ப்பகுதி விட்டுவிடப் படுகிறது. எனவே, மாறுதிசை மின்னழுத்தம் உள்தரு அலையாக கொடுக்கப்பட்டால், ஒரு திசைமின்னழுத்தமாக வெளிவருகிறது. இந்தப் பண்பே திருத்தி (rectifier) எனப்படும்.

வினாக்கள்

1. வெப்பஅயனி வெளியீடு என்றால் என்ன? அவற்றின் சோதனைகள் மூலம் கண்ட முக்கிய உண்மைகளைக் கூறு.

2. டையோடு, ட்ரையோடு வால்வுகளை விளக்கி அவற்றின் பயன்களை எழுது.

3. ட்ரையோடு வால்வின் சிறப்பியல்வளைகோடுகள் என்றால் என்ன? ட்ரையோடு, பெருக்கியாகவும் திருத்தியாகவும் செயல்படுவதை விளக்குக.

6. ஒலிபரப்புதலும் ஏற்பும் பற்றிய கொள்கைகள்

(Ideas on broadcasting and reception)

ஒலிபரப்பு

நாம் ஓரிடத்தில் பேசுகின்ற பேச்சு, பாடும் பாட்டு இவற்றினை மற்றொரு இடத்திற்கு மின்காந்த அலைகளாகமாற்றி ஏரியல் வழியே, வெளியே அனுப்புவதற்கு ஒலிபரப்புதல் (broadcasting) என்று பெயர். ட்ரையோடு ஒன்றில் வெளிவரும் வோல்டின் ஒரு பாகம் கிரிட் சுற்றுக்கு மீண்டும் மின்னூட்டப் பெற்றால் அங்கே அலைவு (oscillation) ஏற்படுகிறது. இதன் முறையில் உயர்அதிர்வெண் அலைவுகள் உண்டுபண்ண முடிகிறது. ஒலிபரப்பில் உதவும் ரேடியோஅதிர்வெண் (Radio-Frequency-RF) அலைகள் மிகவும் அதிக அளவில் அதிர்வெண் கொண்டவை. அவற்றை வால்வுகளைப் பயன்படுத்தித் திரும்பப் பெற்றுச் செவியுணர்அலைவுகளாக்கி (audio frequency-AF) கேட்பதையே ஏற்பு (reception) என்கிறோம்

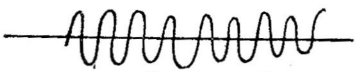
ஒலிபரப்பின்போது ஆற்றல் நிறைந்திருக்க அதிக அதிர்வெண் அலைகள் பரப்பப்படுகிறன. இதற்கு அலையியற்றிகளைப் (oscillations) பயன்படுத்துகின்றனர். ஆனால், செவியுணர் அலைகளை இவைகள் சுமந்துசெல்கின்றன. இவற்றிற்குச் சுமக்கும் அலைகள் (carrier waves) என்று பெயர்.

அலைப்பண்பேற்றம் (Modulation)

பேச்சு, இசை இவற்றின் செவியுணர்அலைகள் அதிக அதிர்வெண் உடைய ரேடியோ அலைகள்மீது ஏற்றி அவற்றின் பண்பை மாற்றி ஏரியல்மூலம் பரப்பப்படுகின்றன.

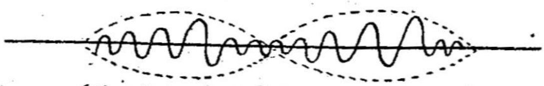
பண்பு மாற்றமடைந்த அலைகளுக்கு **அலைப்பண்பேற்ற ஊர்தி அலைகள்** (modulated carrier waves) எனப் பெயர்.

செவியுணர் அலைகள், ஊர்தி அலைகளாகச் செல்வதைப் படம் 164 (a) காட்டுகிறது. செவியுணர் அலைகளில் சைகை (signal) உள்ளதைப் படம் 164 (b) காட்டும்.



(a) ஊர்தி அலைகள்

(b) சைகை அலைகள்



(c) அலைப் பண்பேற்றிய சைகை அலைகள்

படம் *164.*

இவற்றின் அதிர்வெண் ரேடியோ அலைகளின் அதிர்வெண்ணைவிட மிகமிகக் குறைவு. ரேடியோ அலைகளை (R.F) இவற்றின்மீது பொருத்துவதன் மூலம் அவை **அலைப்பண்பேற்றம்** (modulation) பெறுகின்றன. இவை அதிக உயர்வெண் கொண்டிருந்தாலும் இவற்றின் வீச்சு (amplitude) சைகை அலைகளுக்கேற்ப மாறியிருக்கும். இதனைப் படம் 164(c) காட்டும். இத்தகைய அலைப்பண்பேற்றமேறிய உயர்வெண் அலைகள் ஏரியல் மூலம் எல்லாத் திசைகளிலும் பரப்பப்படுகின்றன.

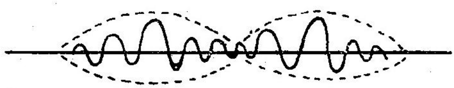
ஒலிஏற்பு (Reception)

காற்றில் **அலைபரப்பியால்** (transmitter) வெளிவிடப்பட்ட அலைகள் எங்கும் நிறைந்துள்ளன. இத்தகைய அலைகள் பல மீட்டர் தூரம் செல்வதால் ஆற்றல் குறைந்து காணப்படும். இது மீண்டும் ஏரியலைக் கொண்டு திரும்பப் பெறப்படுகிறது. அவற்றின் ஆற்றலைப் பெருக்கி, ரேடியோ அலைகளாகவும், செவியுணர் அலைகளாகவும் பிரிக்கப்படுகின்றன. பிறகு ஒலி பெருக்கிக்குக் கொடுத்து ஒலிஅலைகளாக மாற்றிக் கேட்கப்படுகிறது. இதுவே, **ஒலி ஏற்பு** (reception) எனப்படும்.

அலைப்பண்பிறக்கம் (Detection or Demodulation)

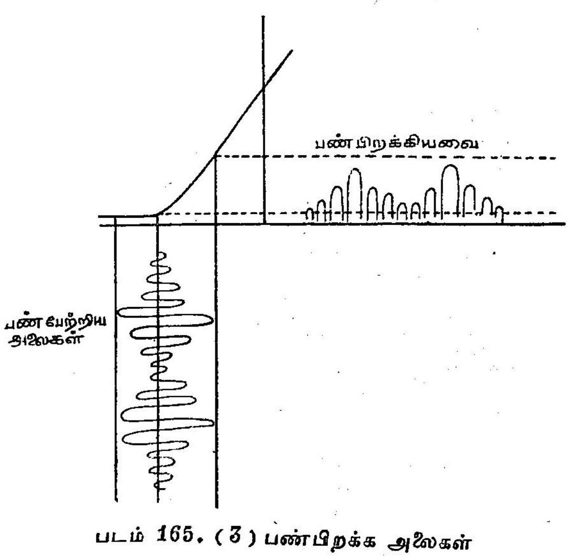
ஏரியல்மூலம் ஏற்ற அலைகளில் RF, AF அலைகள் உண்டு. அவற்றைப்பிரித்தெடுப்பதற்கு **அலைப்பண்பிறக்கம்** என்று பெயர். செவியுணர் அலைகளான சைகை கொண்டவைகளை RF அலைகள்மேல் ஏற்றிப் பண்பேற்றம் செய்து அனுப்பப் பட்டதைப் பார்த்தோம். இவற்றினை நேராக ஒலிபெருக்கிக்குத் தந்தால் நாம் ஒன்றும் புரிந்து கொள்ளமுடியாது. ஒலி பெருக்கியின் திரை அசைவுக்காக, ஏற்ற பண்பேற்ற அலைகளின் கீழ்ப்பகுதிகளை நீக்கிவிட்டால் திரை அசைந்து ஒலியை உண்டாக்கும். இதற்கு ட்ரையோடு வால்வினை உபயோகிக்கிறார்கள்.

அலைப்பண்பேற்றம் பெற்றவைகள் ட்ரையோடு வால்வின் கிரிட்டுக்கும், மின்னிழைக்கும் தரப்படுகின்றன. பரிமாற்ற



(1) அலைப்பண் பேற்றவை

(2) கீழ்பாதி நீக்கப்பட்டு பண்பிறக்கம் செய்தவை



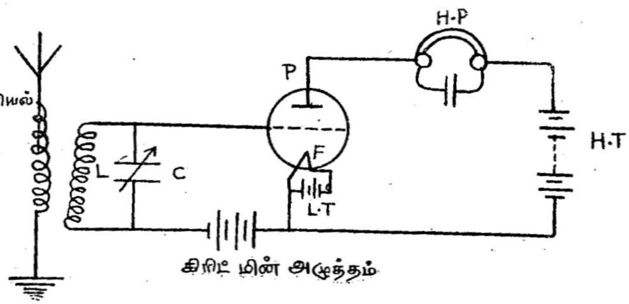
படம் 165. (3) பண்பிறக்க அலைகள்

சிறப்பியல் வரைபடத்தில் திருத்தியாகப் பயன்படுத்தப்படும் கீழ்வளைவினை இதில் உபயோகிக்கவேண்டும். இதனால், மேல்பாதி அலைகள் மீண்டும் தகட்டின்வழி கிடைக்கும்.

இதனைப் பெருக்கி, ஒலிபெருக்கியில் தரப்பட்டால் ஒலியினைக்கேட்கலாம்.

ட்ரையோடு ஏற்பி அல்லது தனிவால்வு ஏற்பி
(Triode receiver or Single valve receiver)

முதன்முதலாகச் சில படிகங்களின் (crystals) பண்பினை உபயோகித்து ரேடியோ அலைகளைப் பெற்று, பேச்சு, இசை இவை தலைஒலியத்தால் (head phones) கேட்கப்பட்டன. இத்தகைய அமைப்புக்குப் **படிகஏற்பி** (crystal detector) என்று பெயர். வால்வுகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபின்னர், ட்ரையோடினை உபயோகித்து இவை ஏற்கப்பட்டன. அதற்கான சுற்றுப்படம் 166-ல் தரப்பட்டுள்ளது.



படம் 166. ட்ரையோடு ஏற்பி

ஏரியலால் ரேடியோ அலைகள் ஈர்க்கப்படுகின்றன. இவை பரிமாற்றத்தூண்டல் காரணமாக மறுபக்கத்திற்குச் செல்லுகின்றன. கிரிட்மின்னழுத்தம் பரிமாற்ற இயல்பு வரைபட கீழ்பகுதி நிலைக்குக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. உள்தருவோல்டானது திருத்தப்பட்டு ஒலிஅதிர்வு மின்னோட்டஅலைகள் தகட்டின்வழி வருகின்றன. இவை தலைஒலியத்தால் (Head phone) கேட்கப்படுகின்றன. படம் 166-ல் காட்டியுள்ள C என்பது தேக்குத்திறனை மாற்றுமாறு அமைக்கப்பட்ட மின்தேக்கியாகும். இதனோடு இணையாக உள்ளது. (L) தூண்டல் சுருளாகும். இவற்றினை உபயோகித்து நமக்கு வேண்டிய ஊரின் ஒலிபரப்பு அலைகளைப் பிரித்தெடுத்துக் கேட்கலாம்.

வினாக்கள்

1. ஒலிபரப்புதல் என்றால் என்ன ?
2, அலைப்பண்பேற்றம், அலைபண்பிறக்கம் ஆகியவற்றை விளக்குக,
3, ட்ரையோடு ஏற்பியின் சுற்றுப்படம் வரைந்து விளக்குக,

7. மின்காந்த நிறமாலை
(Electromagnetic spectrum)

நம் பார்வைக்கு உதவும் ஒளி ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளம் கொண்டது. பார்வைநிறமாலை என்பது, ஊதாநிறத்திலிருந்து சிவப்புநிறம்வரை பார்க்கக் கூடிய ஒளியாகும். ஒளியின் அலைநீளம் 'λ' என்னும் குறியிட்டுக்காட்டப்படுகிறது. ஒளி அலைகள் நீளம் 8000 A° U விருந்து 4000 A°U வரைதான் நம் பார்வையில் தெரியும் (1 A°U = 10^{-8} செ·மீ,)

ஒளிஅலைகள் மின்காந்தஅலைகள் என நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, இவை அனைத்தும், மின்னூட்டங்களின் அலைவுகளால் வெளியிடப்பட்டவை என்று விஞ்ஞானிகள் கண்டுபிடித்துள்ளனர். குறிப்பிட்ட தனிமங்களும், மூலக்கூறுகளும் அவற்றின் இயல்பிற்கான மின்காந்தஅலைகளை வெளியேற்றுகின்றன. எனவே, இத்தனிமங்களும், மூலக்கூறுகளும் மின்னூட்டங்கள் கொண்டவையாகும். இவற்றின் அதிர்வுகளால் **மின்காந்தக் கதிர்வீசல்,** (Electromagnetic radiation) உண்டாகிறது. இவற்றின் அலைநீளங்களின் அளவுகள் அல்லது அதிர்வெண்களின் எண்ணிக்கையால் இவற்றினைப் பிரித்துக் காட்டலாம். இதனையே **மின்காந்தநிறமாலை** (Electromagnetic spectrum) என்பர்.

அட்டவணையில் இதன் அளவீடுகளைக்காண்போம். இவற்றில் பார்வைநிறமாலைக்குக்கீழே மிகக்குறைந்த அலைநீளமுள்ள கதிர்கள் **காஸ்மிக்கதிர்களாகும்** (Cosmic rays). இவற்றின் பண்புகள் பலவற்றை இன்னும் அறிய வேண்டிய நிலையுலுள்ளோம். இவை ஆற்றல் மிக்கவை. அதற்கு மேலாக உள்ளவை γ -- கதிர்களாகும் (Gama-rays). இவை கதிர்இயக்க அணுக்களிலிருந்து கிடைக்கின்றன. அடுத்து வருபவை **எக்ஸ்-கதிர்களாகும்**(X-rays). வேகமாக இயங்கும்எலக்ட்ரான்கள்

மின்காந்தநிறமாலை

(Electro - magnetic Spectrum)

அலைநீளம் ‘λ’	10^{-11} செ.மீ. உள்ளவை	10^{-10} to 10^{-8} செ.மீ	10^{-9} to 10^{-5} செ.மீ	$1{\cdot}4 \times 10^{-6}$ to 4×10^{-5} செ.மீ	4×10^{-5} to 8×10^{-5} செ.மீ	8×10^{-5} to 0·04 செ.மீ	0·01 செ.மீ to 100 கி.மீ
மேற்கண்ட λ க்குச் சரியான அதிர் வெண் ‘ν’	$\sim 10^{23}$	6×10^{20} to 10^{18}	6×10^{19} to 6×10^{5}	2×10^{16} to 8×10^{14}	8×10^{14} to 4×10^{4}	4×10^{14} to 3×10^{11}	10^{13} to 10^{3}
அவற்றின் பெயர்	காஸ்மிக் கதிர்கள்	காமா கதிர்கள்	X-கதிர்கள்	புற ஊதாக் கதிர்கள்	பார்வை நிறமாலை	அகச்சிவப்பு கதிர்கள்	வானொலி அலைகள் (குறை, நடு நிலை, உயர் வானொலி அலைகள்)

மின்காந்த நிறமாலை அளவியல் அட்டவணை :

கடினப்பொருள்களின்மேல் தாக்குண்டு எக்ஸ்கதிர்களை உண்டாக்குகின்றன. அணுக்களும், மூலக்கூறுகளும் எலக்ட்ரான்மோதலுக்குட்பட்டு, ஆற்றல் கிளர்ச்சியின் பயனுகப் **புறஊதாக் கதிர்கள்** (Ultra violet- rays) வெளிப்படுகின்றன. நாம் காணும் பார்வைநிறமாலை (Visible - spectrum) மிகக் குறைந்த அலைநீளப் பரப்பினைக் கொண்டவொன்ருகும். அணுக்கள் மூலக்கூறுகள் ஆகியவை மின்னூட்ட அதிர்வு காரணமாக இந்நிறமாலை கிடைக்கின்றது. நீண்ட அலைநீளமுள்ள **அகச்சிவப்புக் கதிர்கள்** (Infra red rays) மூலக்கூறு உயர்நிலைத் தூண்டலின் விளைவாகப் பெறப்படுகின்றன. இவை அவை உண்டாக்கும் வெப்ப விளைவைக்கொண்டு அறியப்படுகின்றன. மீதமுள்ளவை **வானெலிஅலைகளாகும்.** இதனைக் குறைநீள அலைகள், நடுநிலைநீளஅலைகள், உயர்நீளஅலைகள் என மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம். குறைநீள அலைகள் நெடுந்தூர ஒலிபரப்பிற்கும் நடுநிலைநீளஅலைகள் குறைந்ததூர ஒலி பரப்பிற்கும் பயன்படுகின்றன. மின்காந்த நிறமாலை அளவியல் அட்டவணை கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

வினுக்கள்

1. மின்காந்த நிறமாலையை விளக்கிக்கூறுக.
2. அகச்சிவப்பு, புற ஊதா ஆகியநிறமாலைகளின் மேறுபாடுகள் என்ன ?

8. அணு அமைப்பு
(Atomic Structure)

அண்டம்பல பொருள்களைத் தன்னிடத்தேகொண்டுள்ளது. உலகத்தில் 92 தனிமங்கள் உண்டென்று விஞ்ஞானிகள் கண்டு பிடித்துள்ளனர். பல ஆண்டுகளுக்கு முன்னர், பொருள் கள் பகுக்க முடியா அணுக்களாலானவை என்ற கொள்கை நிலவியிருந்தது. எனினும், பொருள்கள் எல்லாவற்றிலும் எதிர் மின்னூட்டமுடைய எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன என்று சோதனைகளின் முடிவு கூறியது. எனவே, அணுஅமைப்பு என்ன என்று ஆராயத் தொடங்கினர்.

பொருள்களின் அணுக்களில் எதிர்மின்னூட்டமுள்ள எலக்ட்ரான்கள் உண்டு என்று சர் J. J. **தாம்சன்** கண்டு பிடித்தார். அணுவில் எதிர்மின்னூட்டம் இருந்தால் அதற்கான நேர்மின்னூட்டம் இருந்தால்தான் அணு சமநிலையிலிருக்கும். எனவே, நேர்மின்னூட்டம் உண்டா? என்ற கேள்வி பிறந்தது. மேலும், அணுவில் இவற்றின் இடம் எங்கே? இது போன்ற கேள்விகளுக்கு முதலில் விடை கண்டவர் J. J. தாம்சனும்.

தாம்சன் அணுஅமைப்பு (Thomson's Atom Model)

J. J. தாம்சன் என்பவர் முதன்முதலாக, அணுவிற்கு ஓர் அமைப்பினைத்தந்தார். அவர் அணுவின் நிறையும், நேர் மின்னோட்டமும், அணுவின் கோளமுழுவதும் பரவியுள்ளன என்று கூறினர். எதிர்மின்னூட்ட எலக்ட்ரான்கள் இந்த கோளத்திற்குள்ளாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன என்றும், கூறினர். ஹைடிரஜன் போன்ற அணுக்களில் ஓர் எலக்ட்ரான் தான் உண்டு. இது ஹைடிரஜன் மையத்திலிருக்கும் என்று கணக்கிட்டுக் காட்டினர். எனவே, வெளியிலுள்ள நேர் மின்னூட்டம் நடுவிலுள்ள எதிர்மின்னூட்டம் இவை இரண்டும்

சேர்ந்து அணுவைச் சம நிலையில்மின்னூட்டமற்ற பொருளாகச் செய்கின்றன. இதுபோன்று இரண்டு எலக்ட்ரான்கள் கொண்ட ஹீலியம் அணுவில் நேர்மின்னூட்டம் கோளம் முழுவதும் பரவியிருந்து இரு எலக்ட்ரான்களும் விட்டத்தின் சமதூரப்புள்ளிகளில் அமைந்திருக்கும். எனினும், அவரால் தனிமங்களில் நிறமாலைக்கோடுகள் உண்டாவதற்குச் சரியான விளக்கம் தரமுடியவில்லை.

ருதர்ஃபோர்டின் அணு அமைப்பு
(Rutherford's Atom Model)

ருதர்ஃபோர்டு, என்பவர் ரேடியோ கதிரியக்கத்தில் வெளிப் படும் **ஆல்பாதுகள்களை** ($\propto$-particles) மென்தகடுகள் வழி செலுத்திச் சோதனைகள் நடத்தியதில் அவ்வாறு செல்லுகின்ற ஆல்பா துகள்கள் அதிக விலக்கம் பெற்றன. சில துகள்கள் 90°யும், அதற்கு மேலாகவும் விலக்கம் பெற்றன. சில 180° விலக்கமுற்று சென்ற பாதையிலேயே திரும்பின. தாம்சன் அணுஅமைப்புப்படி இதனை விளக்க இயலாது. தாம்சன் அமைப்பில் நேர் மின்னூட்டம் கோளப்பரப்பில் பரவியிருக்கும் என்று பார்த்தோம். அத்தகைய முறையில் இருப்பின் ஆல்பா துகள்கள் ஒதுக்கம் மிகக்குறைவாக இருக்கும். அணுமையத்தில் செல்பவை விலக்கமுறா. எனவே, தாம்சன் அணுஅமைப்புச் சரியன்று என்று, ருதர்ஃபோர்டு ஒருவகை அணு அமைப்பினை உருவாக்கினார்.

இவர் அமைப்பில் அணுவின் மையத்தில் நேர்மின்னூட்டம் முழுவதும் இருக்கும் என்று கூறினார். இது மிகக் குறைந்த குறுக்களவு (10^{-12} செ. மீ) கொண்டிருக்கும். இத்தகைய உள் அமைப்பை **அணுக்கரு** (nucleus) என்றார். மேலும் எலக்ட்ரான் துகள்கள் அணுக்கருவுக்கு வெளியில் அமைந்திருக்கும். நிலையாக நின்றால் அணுக்கருவின் நேர்மின்னூட்டம் எலக்ட்ரானை மையத்திற்கு இழுத்துவிடும். எனவே, எலக்ட் ரான்கள் வட்டப்பாதையில் சுற்றுவதால் மையவிலக்குவிசை ஈர்ப்புவிசையைச் சரிகட்டும் என்றார். இத்தகைய அணுஅமைப்பு ஆல்பாதுகள்கள் விலக்கத்தை மெய்யாக்குவதால் **ருதர்ஃபோர்டு அணுஅமைப்பு** எல்லோராலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது.

ஆனால் இதிலும் பலகுறைகள் இருந்தன. மின்காந்த கொள்கைப்படி அதிர்வுறும் மின்னூட்டம் ஆற்றலை, அலைகளாக வெளிவிடவேண்டும். ருதர்ஃபோர்டு அணுஅமைப்பில் எலக்ட்ரான் சுற்றுவதால் அவை ஆற்றலைக் கதிரியக்கமாக

வெளிவிட்டுக்கொண்டிருக்க வேண்டும். தொடர்ச்சியாக நிகழ்ந்தால் வேகம் குறைந்து கொண்டே போகும். எனவே, மையவிலக்குவிசை குறைந்து அணுக்கரு கவர்ச்சியால் எலக்ட்ரான் அணுக்கருவுடன் ஒன்று சேர்ந்துவிடும். எனவே அணு இருக்க முடியாது. மேலும், தொடர்ச்சியாக ஆற்றல் வெளிவந்தால் நமக்குத் தொடர்ச்சியாக நிறமாலைப்பட்டை கிடைக்கவேண்டும். ஆனால் நிறமாலைக்கோடுகள்தான் கிடைக்கின்றன. எனவே, மேற்கூறிய நிகழ்ச்சிகள் உண்மையில் நடைபெறுவதில்லை. எனவே, பழைய கொள்கைகள் தவருனவையா? அல்லது ரூதர்ஃபோர்டுகொள்கை தவருனதா? என்ற கேள்விகள் எழுந்தன. **நீல்ஸ்போர்** (Neiels Bohr) என்னும் விஞ்ஞானி இதனை விளக்கிக் கூறினர்.

போருடைய அணுஅமைப்பு
(Bohr's Atom Model)

நீல்ஸ்போர் என்னும் டேனிஷ் விஞ்ஞானி குவாண்டம் துகள்கள் கொள்கையைப் பயன்படுத்தி ரூதர்ஃபோர்டு அணு அமைப்பிலுள்ள குறைகளை நீக்கினர். இதன்படி அவருடைய எடுகோள்களைப் பார்ப்போம் (Postulates).

(1) இது எலக்ட்ரான்அமைப்பினைப் பொருத்ததொன்ருகும். அணுவின் நடுவில் அணுக்கரு உள்ளது. எலக்ட்ரான்கள் இதைச் சுற்றி வருகின்றன. இத்தகைய சுற்றுப்பாதைகளில் எலக்ட்ரான் சுற்றிவரும்போது ஆற்றலை வெளிவிடாது. இவை **நிலைப்பாதைகள்** (stable or stationary orbits) எனப்படும். பழைய கொள்கைகளுக்கு இது எதிராகயிருப்பினும் அணுஅமைப்பினை விளக்குவதால் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது.

(2) எலக்ட்ரான்கள் சுற்றுப்பாதைகளில் சுற்றிவரும்போது அவற்றின் **சுழல்உந்தம்** (angular momentum) $\frac{\text{“h”}}{2\pi}$ என்பதன் முழுமடங்காக இருக்கவேண்டும். இத்தகைய சுற்றுப் பாதைகளில் மட்டுமே எலக்ட்ரான் இயங்கும் என்றும் கூறப்பட்டது (h, என்பது பிளாங்கின் மாறிலியாகும்).

(3) நிறமாலைக்கோடுகள் கிடைப்பதற்கான விளக்கம் தருகையில், உயர்வான ஆற்றல்கொண்ட சுற்றுப் பாதையிலுள்ள எலக்ட்ரான் குறைவான ஆற்றல்கொண்ட சுற்றுப்பாதையில் தாண்டிக் குதிக்கும்போது மீதமுள்ள எஞ்சிய ஆற்றல் கதிரியக்கமாக வெளிவிடப்படுகிறது.

சுற்றுப்பாதையின் ஆற்றல் (Energy of orbits)

ஹைடிரஜன் துகளினை எடுத்துக்கொண்டு மேற்கூறிய எடுகோள்களை வைத்து போர், சுற்றுப்பாதையின் ஆற்றல் அளவைக் கணக்கிட்டார். ஹைடிரஜன் அணுவில் எலக்ட்ரான் சுற்றுவட்டப்பாதையில் செல்வதாகக் கொண்டார். எலக்ட்ரான் நிறை, மின்னூட்டம் திசைவேகம் முறையே m, e, v எனக்கொண்டார். அணுக்கரு மின்னூட்டம் $E = Ze$, ஆகும். (Z என்பது அணுஎண்). ஹைடிரஜனுக்கு $Z = 1$. எனவே, $E = e$ ஆகும்.

எனவே சுற்றுப்பாதை அதிர்வெண் $f = \frac{4\pi^2 E^2 e^2 m}{n^3 h^3}$ என்றும்,

ஆற்றல் $Wn = -\frac{2\pi^2 mE^2 e^2}{n^2 h^2}$ என்றும் கணக்கிடப் பட்டது. இதில் n என்பது குவாண்டம்எண் ஆகும். $n = 1, 2, 3, 4......$ என மதிப்புகள் கொடுத்து ஆற்றலைக் கணக்கிடலாம். n அதிகரிக்கும்போது சுற்றுப்பாதைகளின் ஆற்றல் அதிகரிக்கும். எதிர்குறியானது எலக்ட்ரான்துகள் அணுக்கருவால் கட்டுப்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது என்பதை விளக்குகிறது.

ஹைடிரஜன் அணி நிறமாலை (Spectral series of Hydrogen)

போர் கொள்கைப்படி, அணு ஆற்றல் பெற்றால் எலக்ட்ரான் உள்சுற்றுப் பாதையிலிருந்து வெளிப்பாதைக்கு தாவும். இதனைக் கிளர்ச்சிநிலை (Excited state) என்பர். மீண்டும் வெளிப்பாதையிலிருந்து உள்பாதைக்குக் குதிக்கும்போது ஒரு குவாண்டம் (hr) அளவு ஆற்றலை வெளிவிடுகிறது. உள்பாதை ஆற்றல் E_1 என்றும் வெளிப்பாதை ஆற்றல் E_2 என்றும் எடுத்துக்கொண்டால், வெளியேற்றிய ஆற்றல்,

$$hr = E_2 - E_1$$

$$\therefore r = \frac{E_2 - E_1}{h} \text{ ஆகும்.}$$

ஆனால் E_1, E_2 ஆற்றல்களின் குவாண்டம்எண் n_1, n_2 என்றால் ஹைடிரஜன் அணுவிற்கு,

$$E_1 = -\frac{2\pi^2 me^4}{n_1^2 h^2} \quad \therefore (E = e)$$

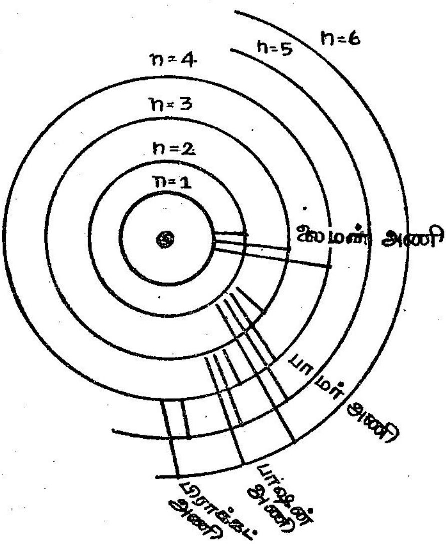
$$E_2 = -\frac{2\pi^2 me^4}{n_2^2 h^2}$$

$$\therefore r = \frac{E_2 - E_1}{h} = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$ ஆகும்.

அலைஎண் r என்பது $\frac{1}{\lambda}$ -க்கு சமம். ஆனால் அதிர்வெண் $r = \frac{e}{\lambda}$ (e = ஒளியின் வேகம்).

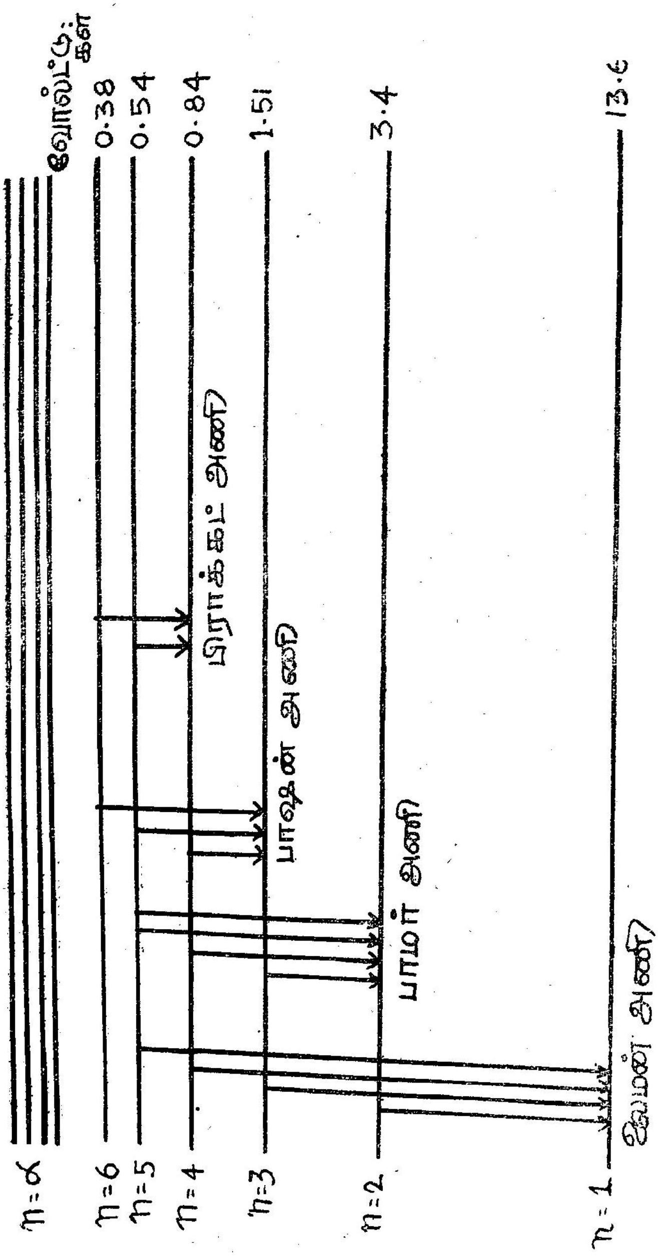
$$\therefore r = \frac{2\pi^2 me^4}{eh^3}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2}\right)$$

இதில் வரும் $\frac{2\pi^2 me^4}{eh^3}$ என்பது ரிட்பர்க்மாறிலிக்குச் சமமாகும். இந்தச் சமன்பாட்டை வைத்து ஹைடிரஜன் நிறமாலைஅணிகள் அனைத்தையும் விளக்கிக் கூறலாம். ஹைடிரஜன் நிறமாலையில் லைமன், பாமர், பாஷன், பிராக்ட் போன்ற அணிகள் உண்டு. n = 1 ஆக இருக்கும்போது, n_2-க்கு 2, 3, 4.......என்று அளவுகள் கொண்டால் லைமன்அணி கோடுகள் கிடைக்கின்றன. எலக்ட்ரான்கள் வெளிப்பாதையிலிருந்து n = 1 என்ற பாதைக்குத் தாவும்போது வெளிவிடும்



படம் 167. ஹைடிரஜன் அணி நிறமாலை—சுற்று அமைப்பு

ஆற்றலால் இந்தக் கோடுகள் கிடைக்கின்றன. $n_1=2$, என்றும் n_2 = 3, 4, 5......என்றும் கொண்டால் பால்மர்அணிக் கோடுகள்



படம் 168. ஹைடிரஜன் ஆற்றல் மட்டங்கள்

கிடைக்கும். இதில் வெளிப்பாதைகளிலிருந்து இரண்டாம் சுற்றுப்பாதைக்குத் தாவ வேண்டும். $n_1=3$ என்றும், $n_2 = 4,5,6$ ......என்றால் பாஷன் அணிக்கோடுகளும் $n_1 = 4$, $n_2 = 5, 6, 7...$ என்றால், பிராக்கட் அணியும் கிடைக்கின்றன.

ஹைடிரஜன்அணி நிறமாலை படம் 167-ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.

சுற்றுப்பாதைகளைக் காட்டுவதைவிட ஆற்றல் மட்டங்களால் (Energy - levels) காட்டுவது சிறந்ததாகும். கிடைமட்டக் கோடுகள் ஹைடிரஜன் அணுவின் ஆற்றல்மட்டங்களாகும்.

அடிமட்டம் ($n = 1$) சாதாரண கிளர்ச்சியற்ற ஆற்றல் மட்டத்தைக் குறிக்கும். உயர்மட்டங்களிலிருந்து இந்த மட்டத்திற்குத் தாவும்போது லைமன்அணி கிடைக்கிறது. மேலே செல்லச் செல்ல ஆற்றல் மட்டங்கள் மிகவும் நெருங்கு கின்றன. படத்தில் (168) இது நன்கு காட்டப்பட்டுள்ளது. எலக்ட்ரான்கள் ஒரு மட்டத்திலிருந்து பல மட்டங்களுக்குத் தாவும். எனவே, ஒரே நேரத்தில் பல அணிகளின் கோடுகள் கிடைக்கும். பாமர்அணியில் $n_1 = 2$, $n_2 = 3$ என்பதில் கிடைக்கும் $H\alpha$ கோடு 6563 $\mathring{A}U$ அலைநீளத்தைக்கொண்டது. $H\beta = 4861$ $\mathring{A}U$ அலையையும் $H\delta = 4341$ $\mathring{A}U$ அலையையும் $H\gamma = 4102$ $\mathring{A}U$ அலையையும் கொண்டது. மேலும் வெளி மட்டங்களிலிருந்து உள்தாவல் இருப்பதால் பல கோடுகள் ஒரு நேரத்தில் கிடைக்கும். ஆனால், அவை நம் பார்வைக்குப் புலனாவதில்லை. இதுபோன்று, மீதி அணிக்கோடுகளையும் நீல்ஸ்போர் கொள்கையால் விளக்கலாம்.

வினாக்கள்

1. தாம்சன் அணுஅமைப்பினை விவரி. இதிலுள்ள குறை யாது ?
2. ரூதர்ஃபோர்டு அணுஅமைப்புக்குரிய சோதனை யாது ? ரூதர்ஃபோர்டு அணுஅமைப்பினை விளக்குக.
3. போரின் அணுஅமைப்புக்குரிய முக்கிய கோட்பாடுகள் யாவை ? நிறமாலைவரிகளுக்கு அவர் கூறிய காரணம் என்ன?
4. குறிப்பு வரைக :
   (1) ஹைடிரஜன்அணி நிறமாலை
   (2) ஆற்றல் மட்டங்கள்.

9. எக்ஸ் - கதிர்கள்
(X - Rays)

ஜெர்மன் விஞ்ஞானி **ரான்ஜன்** (Rontgen) என்பவர் 1895-ம் ஆண்டிலே எக்ஸ் - கதிர்களைக் கண்டுபிடித்தார். வாயுக்களிடையே மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சி ஆராய்ச்சிகள் செய்த போது அதனை மூடியிருந்த ஒளிர்தல் திரையானது ஒளிரக் கண்டார். குழாயிலுண்டான எதிர்மின்கதிர்கள், குழாய் சுவர்களைத் தாக்கியதன் விளைவால் வெளிவந்த இக்கதிர்கள் திரையின்மேல் விழுந்து ஒளிர்தல் நிகழ்ச்சியைஉண்டாக்கியது. இக்கதிர்கள் சதைவழியே ஊடுருவிச் சென்றது. எலும்பினிடையே ஊடுருவவில்லை. இக்கதிர்களிடம் மேலும் பல அரிய தன்மைகள் காணப்பட்டன. இத்தகைய கதிர்கள் **எக்ஸ்கதிர்கள்** என்று பெயரிடப்பட்டன. இதனை **ரான்ஜன் கதிர்கள்** (Rontgen - rays) என்றும் கூறுவதுண்டு.

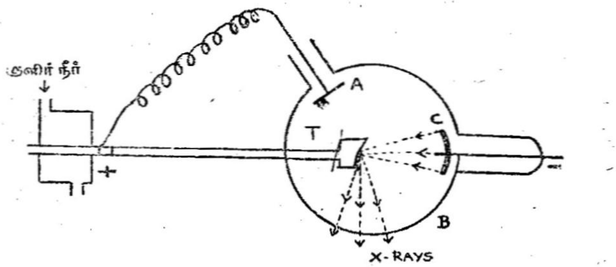
எக்ஸ்கதிர்களானது வேகமாகச் செல்லும் எலக்ட்ரான்கள் உறுதியான திடப்பொருள் ஒன்றால் தடுக்கப்பட்டால் உற்பத்தியாகின்றன என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. வெப்பஅயனி முறையில் எலக்ட்ரான்களை உண்டுபண்ணி டங்க்ஸ்டன் போன்ற உலோக இலக்கின்மீது விழும்போது எக்ஸ்-கதிர்கள் உண்டாகின்றன. எக்ஸ்-கதிர்களை உண்டாக்கும் கருவிகளைப் பார்ப்போம்.

வாயுக்குழாய்
(Gas tube)

முதன்முதலாக எக்ஸ்கதிர்கள் உண்டாக்க உதவியது "வாயுக்குழாய்" களாகும். படம் 169 ல் வாயுக்குழாய் காட்டப் பட்டுள்ளது.

B என்பது உறுதியான கண்ணாடியாலான பல்பாகும். C என்பது குழாய் வடிவான அலுமினிய எதிர்மின்வாயாகும்.

T-என்பது உலோகத்தாலான இலக்கு. இதன் எதிர்மின்வாயை நோக்கும் பாகம் 45° சாய்வானது. A-என்பது நேர்மின் வாயாகும். இது T-யோடு இணைக்கப்பட்டு உயர்மின்



படம் 169. வாயுக்குழாய்

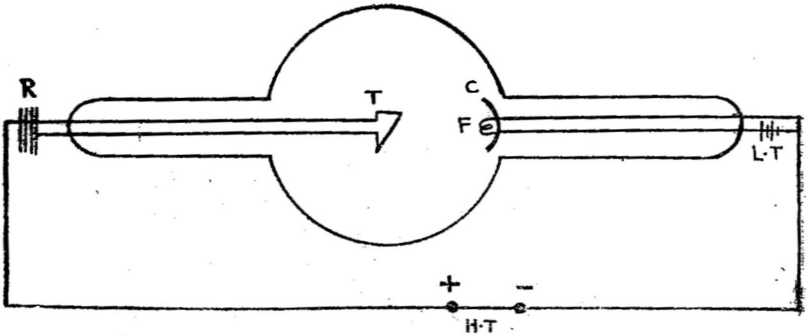
அழுததத்தின் நேர்திசையோடு (Positive) இணைக்கப்படுகிறது. T-யானது **பிளாட்டினம் மாலிப்டேனியம் அல்லது டங்ஸ்டன்** போன்ற உலோகங்களானது. C-க்கும் T-க்குமிடையே சுமார் 50,000 வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்கும். பல்புக்குள் காற்றின் அழுத்தம் 0001 மி.மீட்டர் அளவில் வைக்கப்படும். மின்சாரம் செல்லும்போது எதிர்மின்வாயிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. குழிவான எதிர்மின் வாயானதால் அவைகள் இலக்கின் மீது குவிகின்றன. வேகமான இவ்எலக்ட்ரான்கள் இலக்குமீது விழுந்து செங்குத்துத் திசையில் எக்ஸ் - கதிர்களை உண்டாக்குகின்றன. எலக்ட்ரான்கள் தாக்குதலால் இலக்குவின் வெப்பநிலை மிகவும் உயரும். எனவே, குளிர்நீரினை அனுப்பி (படத்தில் காட்டியது போல) இலக்கினைக் குளிர்விக்கிறார்கள்,

வாயுக்குழாயில் உண்டாகும் எக்ஸ்-கதிர்கள் ஒரேயளவு செறிவும், ஆற்றலும், கொண்டவை அல்ல. அனுப்புகின்ற மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப்பொறுத்து இவை அமைகின்றன. மேலும் வாயுக்குழாயிலுள்ள வாயுவினுல்தான் எலக்ட்ரான்கள் கிடைக்கின்றன. அதிகநேரம் வேலை செய்தால் பல்பு வாயுவை உறிஞ்சுவதால் குழாய் வேலை செய்யாது. மீண்டும் இதனை வேலை செய்ய வைக்கமுடியும் என்றாலும் சற்றுக் சிரமமானது. எனவே, கதிர்களின் செறிவையோ பண்பையோ (quality) மாற்றமுடியாது.

கூலிட்ஜ் குழாய் (Coolidge - Tube)

கூலிட்ஜ்குழாய் கண்டுபிடிப்பின்மூலம் மேற்கூறிய குறைகள் நிவர்த்திக்கப்படுகின்றன. **டாக்டர் கூலிட்ஜ்** என்பவர் 1913-ம் ஆண்டில் இதைக் கண்டுபிடித்தார்.

இதுவும் (படம் 170) கண்ணுடியாலான உறுதியான பல்பாகும். F என்பது டங்ஸ்டன் மின்னிழைச் சுருளாகும். குறைஅழுத்த (L.T) மின்கலத்தால் இது வெப்பப்படுத்தப்படுவதால் சூடேறிய



படம் **170.** கூலிட்ஜ் குழாய்

மின்னிழை வெப்ப அயனிகளை (எலக்ட்ரான்கள்) வெளி விடுகின்றன. C-என்னும் குழிவான அமைப்பால் அவைகளை T என்னும் இலக்கின்மீது குவியவைக்கலாம். T-க்கும், Fக்கு மிடையே சுமார் 50,000 வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்கும். குழாயினுள் வாயு முற்றிலும் அகற்றப்பட்டு 0.00001 மி.மீட்டருக்குக் குறைவாக அழுத்தம் இருக்கும். இலக்கானது R-என்னும் தடித்த தாமிரத்தண்டோடு இணைக்கப்பட்டிருப் பதால் குளிர்விப்பு முறையில் அதிவெப்பத்தை நீக்கி விடலாம். குழாய் வேலைசெய்யும்போது எலக்ட்ரான்கள் இலக்குவின்மீது மோதுவதால் எக்ஸ்-கதிர்கள் கிடைக்கின்றன.

இதன் முக்கிய சிறப்பு என்னவெனில் எக்ஸ்கதிரின் செறிவையும் பண்பையும் மாற்றலாம். எலக்ட்ரான் அளவினை அதிகரித்துஎக்ஸ்கதிர்கள் செறிவைஅதிகப்படுத்தலாம். இதற்கு மின்னிழைக் கம்பியின் மின்னோட்டத்தை மாற்றிப்பெறலாம். உயர்ந்த ஊடுருவும் தன்மையுடைய X கதிர்களை நாம் செலுத்தும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை மாற்றிப் பெறலாம். எனவே, X-கதிர்கள் பண்பும் மாற்றப்படுகிறது.

எக்ஸ்கதிர்களின் குணங்கள்

1. இவை நேர்கோட்டில் ஒளியின் வேகத்தோடு செல்கின்றன. இவை ஊடுருவாப் பொருள்கள்(Opaque objects) இடையே இருந்தால் அவற்றின் நிழல்களை உண்டாக்கும்,

2. எக்ஸ்கதிர்கள் குறைந்த குறுகிய அலைநீளமுள்ளவை.

3. எலக்ட்ரான்கள் பொருள்கள்மேல் விழுந்து வெப்பத்தை உண்டாக்கும். எக்ஸ்-கதிர்கள் வெப்பத்தை உண்டாக்கா.

4. எக்ஸ்கதிர்கள் மின்புலத்திலோ காந்தப்புலத்திலோ சென்ருல் பாதிக்கப்படமாட்டா. ஏனெனில், அதில் மின்னூட்டம் கிடையாது.

5. பேரியம்,பிளாட்டினம் சையனைடு, துத்தநாக சல்பைடு போன்ற பொருள்கள்மேல் ஒளிர்தலை உண்டாக்கும்.

6. எக்ஸ்கதிர்கள் எதிரொளித்தல்,விலக்கம் ஆகியவற்றினை அடையா. ஆனல் படிகங்களால் சிதறியடிக்கப்படும்.

7. எக்ஸ்கதிர்கள் சில பொருள்கள்வழியே ஊடுருவிச் செல்லும். சதைவழியே ஊடுருவும் தன்மை கொண்டவை. எலும்பின் வழியே ஊடுருவிச் செல்லா.

8. வாயுக்களில் அயனியாக்கத்தை உண்டாக்கும்

9, பொருள்களில் ஒளிமின்விளைவை உண்டாக்கும். அல்லது துணைஎக்ஸ்கதிர்களை உண்டாக்கும்

10. ஒளியைப்போல எக்ஸ்கதிர்களும் மின்காந்த அலைகளாகும். இவற்றின், ஆற்றல் மிகவும் அதிகம். அதிகமான அதிர்வெண்களையுடையவை.

பிரேக்கின் விதி (Bragg's law)

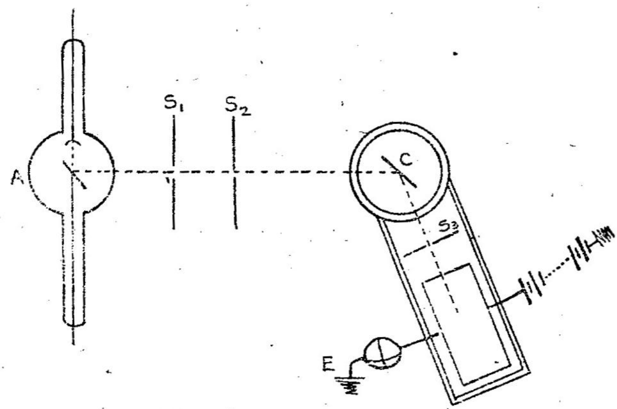
எக்ஸ்கதிர்கள் ஒளியைப் போன்று மின்காந்தக் கதிர்களாகும். அலைநீளமும் ஒளியைவிட குறைவானதாகும். லாவே (Lauve), என்பவர் எக்ஸ்கதிர்களை ஒரு சிறு துத்தநாக பிளெண்டு (Zinc Blende) படிகத்தின்மேல் விழச்செய்தார். மறுபக்கத்தில் ஓர் ஒளி உணர்தகடு வைக்கப்பட்டது. பல மணிகளுக்குப் பின்னர் ஒளிஉணர்தகட்டில் ஒழுங்கான புள்ளிகள் இருப்பது காணப்பட்டது. இவை லாவே புள்ளிகள் (Lauve spots) எனப்படும். இதனுல், படிகங்களின் அமைப்பைப் பற்றிக் கண்டறியப்பட்டது. W, L, பிரேக் என்பவர் இதனை ஆராய்ந்து படிகங்களில் எக்ஸ்-கதிர்கள், திருப்பம் பெறுகின்றன என்று கூறினர்.'λ' அலைநீளமுள்ள எக்ஸ்கதிர்கள்

θ கோணத்தில் படிகத்தில் திருப்பம் பெற்றால். $2 d \sin \theta = n \lambda$ என்ற நிபந்தனைக்குட்பட்டிருக்கும் என்றார். இதில் d என்பது படிகத்தின் இருதளங்களுக்கிடையேயுள்ள தூரமாகும். n என்பது, 1, 2, 3,......போன்ற முழுஎண்களாகும், இதனை, **பிரேக் விதி** என்பர். இந்த விதியை வைத்து லாவே, புள்ளிகளின் தோற்றத்திற்கான காரணங்களை விளக்கிக் காட்டினார்.

பிரேக்கின் நிறமாலைமானி (Bragg's spectrometer)

ஒளி நிறமாலைமானியைப் போன்று எக்ஸ்கதிர்களை உபயோகித்துப் படிகங்களில் திருப்பம் உண்டாக்க எக்ஸ்கதிர் நிறமாலைமானியை பிரேக் நிறுவினார்.

A-என்னும் கூலிட்ஜ்குழாய் எக்ஸ்கதிர்களை உண்டாக்குகிறது. இவை S_1, S_2 துவாரங்கள்வழியே சென்று C என்னும் படிகத்தின்மீது விழுகின்றன. இது பாறை உப்பாகும்



படம் 171. பிரேக் எக்ஸ்கதிர் நிறமாலைமானி

(Rock - salt). இங்குத் திருப்பம் பெற்று எக்ஸ்கதிர்கள் S_3 வழி சென்று அயனி அறைக்குள் செல்வதால் கண்டுபிடிக்கப் படுகிறது. வைக்கப்பட்டுள்ள பீடம் சுழற்றக் கூடிய நிலையில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இக்கருவியை உபயோகித்து எக்ஸ்கதிர்கள் படிகத்தில் பலகுறிப்பிட்ட தொடுகோணங்களில் விழும்போது செறிவு மிகுந்த திருப்பங்கள் உண்டாவதைச் செய்து காட்டினார். எனவே, எக்ஸ்கதிர்கள் ஒளியைப்போல திருப்பம் பெறுகின்றன என்று மெய்ப்பிக்கப்பட்டது. படிகத்தின் அமைப்பும் இதனால் ஆராயப்படுகின்றது.

எக்ஸ் கதிர்களின் பயன்கள் (uses of X - Rays)

எக்ஸ்கதிர்களின் பயன்கள் எண்ணிலடங்கா. மருத்துவத் துறை, தொழில்துறை விவசாயத்துறை போன்ற எல்லாத் துறைகளிலும் எக்ஸ்கதிர்கள் பயன்படுகின்றன.

எக்ஸ்கதிர்கள் ஊடுருவும் தன்மை பெற்றுள்ளதால் எலும்புமுறிவு, உலோகங்களை விழுங்கிவிட்டால் கண்டு பிடித்தல், துப்பாக்கிச் சூட்டில் குண்டுபாய்ந்த இடத்தைக் காணல் போன்றவைகளுக்கு உதவுகின்றன. க்ஷயரோகம் உள்ள ஈரல், குடல்புண் முதலியவைகளைப் படமெடுத்துப் பார்க்க உதவுகின்றன. கட்டிகளைக் கரைக்கவும், புற்றுநோய்ப்பட்ட சதைகளைக்கொல்லவும் பயன்படுகின்றன. மருத்துவத்துறையில் இதனால் பல பயன்கள் உண்டு.

தொழில்துறையில், வார்ப்புகள், உலோகங்கள், உலோகக் கலவைகள் இவற்றின் தன்மை, அமைப்பு இவற்றை ஆராயப் பயன்படுகின்றன, வார்ப்புகளின் இடையில் காற்றுக் குமிழ், கீறல் போன்றவற்றை எக்ஸ்கதிர்களைக்கொண்டு தெளிவாக அறியலாம், திருடர்களைக் கண்டுபிடிக்கவும், எக்ஸ்கதிர்களை உபயோகிக்கலாம். பழங்காலத்து ஓவியங்களைக் கண்டறியவும் இவை பயன்படுகின்றன. பீங்கான், காப்புப் பொருள்கள், செயற்கைமுத்துகள் இவற்றை ஆராயலாம். வெடிகுண்டுகள் முதலியன வேண்டுமென்றே வைக்கப் பட்டுள்ள இடங்களை எக்ஸ்கதிர்களை உபயோகித்துக் கண்டறியலாம்.

வினாக்கள்

1, எக்ஸ்கதிர்கள் என்றால் என்ன ? அவற்றின் பண்புகளை விவரி.

2- எக்ஸ்கதிர்கள் எவ்வாறு உண்டாக்கப்படுகின்றன ? ஏதாவது இருமுறைகளை விளக்கு.

3. பிரேக்கின் விதியைக்கூறு. பிரேக்கின் நிறமாலைமானியை விளக்குக.

4. எக்ஸ்கதிர்களின் பயன்களைக்கூறு.

10. கதிரியக்கம்
(Radioactivity)

A. இயற்கை கதிரியக்கம் (Natural - Radioactivity)

யுரேனியம் போன்ற கனமான அணுக்கள் சிலவகைப்பட்ட கதிர்களைத் தானே வெளியில் அனுப்புகின்றன. இதன் காரணமாக அதன் அணுஎடை, அணுஎண் போன்றவை குறைந்துகொண்டே வருகின்றன. இத்தகைய நிகழ்ச்சி இயற்கைகதிரியக்கம் (Natural Radioactivity) எனப்படும். இதனை ஹென்றி பெக்கூரல் (Henry Becquerel) என்பவர் கண்டுபிடித்தார். ஒளிரும் பொருள்களை ஆராய்ச்சி செய்து கொண்டிருந்தபோது, தற்செயலாக யுரேனியம் டைசல்பைடு, பக்கத்தில் வைக்கப்பட்டிருந்த ஒளிஉணர்தகடுகளில் புள்ளிகள் உண்டாக்கப்பட்டிருந்தன. இவை யுரேனியம் அணுவிலிருந்து வந்திருக்க வேண்டுமென்று ஆராய்ச்சி செய்யப்பட்டு, கதிரியக்கநிகழ்ச்சி கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. முதலில் இக்கதிர்கள் பெக்கூரல் கதிர்கள் என்றழைக்கப்பட்டன. பிறகுதான் கதிரியக்கம் என்று கூறப்பட்டது.

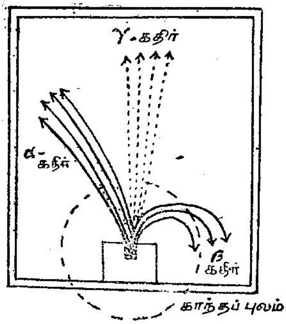
யுரேனியத்தைத்தவிர வேறுசில பொருள்களிலும் இக்கதிரியக்கம் காணப்படுகிறது. பிட்ச் பிளண்டி (Pitch blende) என்னும் யுரேனியக்கனிமம் இதனிடத்திலிருந்து வந்த லோனியம், ரேடியம்போன்ற பொருள்கள் கதிர்வீச்சு ஆற்றல் கொண்டவை. மேடம் க்யூரி, அவருடைய கணவர்பியரி ஆகியோர் இவற்றைக் கண்டுபிடித்தனர்.

கதிரியக்கத்தின்போது ஆல்பா, பீட்டா, காமா என்னும் கதிர்கள் வெளிவருகின்றன. இவற்றினை ஆராயப் பின்வரும் சோதனையைச் செய்து அறியலாம். பெரிய ஈயக்கட்டி மத்தியில் ஒரு பெரிய துளை செய்து கொள்ளவும். அதில் ரேடியம் போன்ற கதிரியக்கப்பொருள் ஒன்றினை வைக்கவும்.

இதன்மேல் ஒரு மூடியை அமைத்து உள்ளிருக்கும் காற்றினை அகற்றிவிடவும். காந்தப்புலம் ஒன்றைத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக அமையுமாறு பொருத்தவும்.

ரேடியத்திலிருந்துவரும் கதிர்களை மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம் (படம் 172).

இடப்புறமாகச் சிறிதளவு மட்டும் விலகிய கதிர்கள் **ஆல்பா கதிர்கள்** (α - rays) எனப்படும். வலப்புறமாக அதிகமாக வளைந்தவை **பீட்டாகதிர்களாகும்** (β-rays). காந்தப்புலத்தால் உட்படுத்தப்படாமல் நேரே செல்லும் கதிர்கள் **காமாகதிர்கள்** (γ - rays) எனப்படும். ஆல்பாதுகள்கள் நேர்மின்னூட்ட முடையவை என்றும் பீட்டா கதிர்கள் எதிர்மின்னூட்ட முடையவை என்றும் காமா கதிர்கள் மின்னூட்டமற்ற அதிக ஆற்றல் பொருந்தியவை என்றும் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இத்தகைய கதிர்களின் குணங்களைப் பார்ப்போம்.



படம் 172. கதிரியக்கம்

α - கதிர்கள்

இவை நேர்மின்னூட்ட கதிர்களாகும். இவை இரு அலகு நேர்மின்னூட்டமும், நிறை எண் 4-ம் கொண்டதாகும். இதனை α_2^4 என்று குறிப்பர். இவை ஹீலியம் அணுவில் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரான்களை நீக்கிவிட்டால் எஞ்சிநிற்கும் உட்கரு வுக்குச் (nucleus) சமமாகும். ஆல்பாதுகள் ஹீலியம் உட்கருவிற்குச் சமமாகும். 2 புரோட்டான்களையும் 2 நியூட்ரான்களையும் கொண்ட கனமான துகள் α துகளாகும். காற்று வழியேசென்றால் அயனியாக்கத்தை உண்டாக்கும். இவை **உட்கரு துகள் முடுக்கிகளாக** (nuclear particle accelerators) செயல்படுகின்றன. மேலும் இவை பொருள்கள்வழியே ஊடுருவிச் செல்லும் தன்மை கொண்டவை.

β-கதிர்கள்

இக்கதிர்கள் மிக வேகமாகச் செல்லும் தன்மை கொண்டவை. நிறை மிகவும் குறைந்தவை. அலுமினியத் தகடுவழியே ஊடுருவிச் செல்லும். இவை, எதிர்மின்னூட்டம்

பெற்றவை. இவற்றின் e-மதிப்பும் $\frac{e}{m}$ மதிப்பும் காணப் பட்டதில் எலக்ட்ரான் மதிப்பினை ஒத்துவருவதால் இவை எலக்ட்ரான்களே எனக்கூறப்படுகின்றன.

γ-கதிர்கள்

γ-கதிர்கள் எக்ஸ்கதிர்களைப்போல் மின்காந்த அலைகளாகும். இவற்றின் அலைநீளம் மிகவும் குறைவு. மிக அதிகமான ஊடுருவும் ஆற்றல் படைத்தவை. பல செ. மீ. தடிமன் கொண்ட ஈயத்தகடுகளை ஊடுருவிச் செல்லும். இவற்றில் மின்னூட்டமே கிடையாது. எனவே, மின்புலம் காந்தப்புலத்தால் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

கதிரியக்கக் தொடர்கள்
(Radioactive Series)

அணுக்களில் கதிரியக்கத்தின் காரணமாகத் தொடர்ந்து α, β, γ கதிர்கள் வெளிவருகின்றன. α-கதிர் ஒன்று வெளிவரும்போது அவ்வணுவின் நிறைஎண்ணில் (atomic mass) நான்கும் அணுஎண்ணில் (atomic number) இரண்டும் குறைந்துவிடும். எனவே, பொருளின் தன்மைமாறுபடுகிறது. β-கதிர்வெளிவரும்போது நிறைஎண்ணில் மாற்றம் நிகழாது. ஆனால் அணுஎண்ணில் ஒன்று அதிகரிக்கிறது. இதனால் பொருள்கள் தனிம அட்டவணையில் (periodic Table) இடம் மாறும். அணுவின் மேற்கூறிய மாற்றங்களின்போது நிகழும் ஆற்றலே γ-கதிராக வெளிவருகின்றது. எல்லாக் கதிரியக்கப் பொருள்கள்களும் இத்தகைய நிகழ்ச்சியுற்று இறுதியில் ஈயமாக வந்து நின்றுவிடுகின்றன. இதற்குப்பின் இயற்கை கதிரியக்கம் கிடையாது. இதுபோன்று மாறுகின்றவைகளை, மூன்று வரிசைத் தொடர்களாகப் பிரித்துள்ளனர்.

(1) யுரேனியத்தொடர் (Uranium Series) (2) தோரியத்தொடர் (Thorium Series) (3) ஆக்டீனியம் தொடர் (Actinium Series)

அணுக்கள் தொடர்ந்து சிதைந்து கடைசியில் ஈயமாக மாறுகின்றன. எடுத்துக்கொண்ட ஒரு கதிரியக்கதனிமக் கட்டியின் கதிரியக்க அணுக்கள் சிதைந்து தொடக்கத்திலிருந்த தைப்போல பாதி எண்ணிக்கையாவதற்கு எடுத்துக்கொண்ட காலம் **அரைவாழ்வு காலம்** (half life period) எனப்படுகிறது. இக்காலம் பலகோடி ஆண்டுகளிலிருந்து பல வினாடிகள்வரை நீடிக்கும். யுரேனியத்தின் அரைவாழ்வுகாலம் 450 கோடி ஆண்டுகளாகும். ரேடியம் c_1 காலம் 0·0001 வினாடிகளே.

B. தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம் (Induced Radioactivity)

மேலே நாம் படித்ததில் யுரேனியம் போன்ற அணுக்கள் இயற்கையாகத் தொடர்ந்து கதிரியக்கத்தைத் தருகின்றன என்று பார்த்தோம். இரேன் க்யூரி, ஜோலியட் ஆகியோர் செயற்கைமுறையில் கதிரியக்கத்தைத் தூண்டலாம் என்று கண்டுபிடித்தனர். இத்தகைய கதிரியக்கம், செயற்கை கதிரியக்கம் (artificial Radioactivity) அல்லது தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம் (Induced Radioactivity) எனப்படும். சில தனிமங்களை அதிக வேகமான துகள்களைக் கொண்டு தாக்கும்போது அத்தனிமங்களில் கதிரியக்கம் தூண்டப்படுகிறது. α துகள்கள் முதன்முதலாகப் பயன்படுத்தப்பட்டன. போரான் (Boran) கால்சியம் போன்றவை α துகள் மோதலால் தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கத்தைப் பெற்றன. புரோட்டான்களும் உபயோகிக்கப்பட்டன. பெரும்பாலான தனிமங்கள் நியூட்ரான் மோதலால் தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கத்தைப் பெறுகின்றன. இதுபோன்று உற்பத்தியான கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் (radio active isotopes) பலவகையில் உபயோகமாகின்றன.

மருத்துவத்துறையில் புற்றுநோயைத் தீர்க்க உதவுகிறது. மூளையிலுள்ள கட்டிகளைக் கண்டுபிடிக்கவும் கரைக்கவும் அயோடின் (Iodine) உபயோகமாகிறது. வயிற்றுள்ள புற்று நோயை பாஸ்வர் ஐசோடோப் தீர்க்கும். கதிரியக்கம் பெற்ற ஐயோடின் தைராய்டுநோய்களை நீக்குகிறது. புற்றுநோய் சிகிச்சைக்கு, ரேடியம், கோபால்டு போன்றவை மிகவும் அதிகமாக இந்நாட்களில் பயன்படுகின்றன.

விவசாயத்துறையிலும் அதிகமாகப் பயன்படுகின்றன. பயிர்களை அழிக்கும் பூச்சிகளை கோபால்டு ஐசோடோப் கொல்லுகின்றது. செடிகளில் கதிர்வீச்சினை உடைய பொருள்களைக் கொடுத்து நன்கு வளர்க்கப்படுகின்றன. உணவுப்பொருள்களைப் பாதுகாக்கவும் ஐசோடோப்புகள் பயன்படுகின்றன.

தொழில்துறையிலும் பொருள்களின் தடிமனை அளக்க கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுகின்றன. பாய்லர் தொழிற்கூடங்களில் இணைக்கப்பட்ட தகடுகளிடையே காற்றுக் குமிழ் போன்ற, பழுது இருப்பின் கண்டுபிடிக்கக் உதவு கின்றன. இரும்பில் துருபிடித்தல், அரித்தல் முதலியவற்றினை

ஆராய முடிகிறது. நாள்தோறும் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளின் உபயோகம் அதிகரித்து வருகின்றது. இன்னும் எண்ணிலடங்கா பயன்கள் ஐசோடோப்புகளால் உண்டாகும் என்பது திண்ணம்.

C. அணுக்கருபிளவை (Nuclear Fission)

அணுக்கருவானது, பிளக்கப்பட்டால் அதனிடத்து வெளிவரும் ஆற்றல் மிக அதிகமாக இருக்கும் என்று அறிவியல் நிபுணர்கள் எண்ணினர்கள். இதற்கான தீவிர முயற்சிகள் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டன. இதன் விளைவாக கிடைத்ததே அணுக்குண்டாகும். 1934-ம் ஆண்டில் ஃபெர்மி (Fermi) என்பவர் யுரேனிய அணுவை நியூட்டிரானைக் கொண்டு தாக்கினர். எலக்ட்ரான் வெளி வந்து, கூடவே புறயுரேனியம் (Transuranium) கிடைத்தது. இதனைத் தொடர்ந்து ஆராய்ந்த ஹான் என்னும் விஞ்ஞானி நியூட்ரானல் தாக்குண்ட யுரேனியம் இரு நடுத்தர அணுக்கருக்களாக உடைகிறது என்று நிரூபித்தார். மேற்கண்ட நிகழ்ச்சியை மேலும் பலர் ஆராய்ந்து பின்வரும் முடிவை வெளியிட்டனர். யுரேனியம்அணு,கதிரியக்கத்தன்மையுள்ளது. இது நியூட்ரானல் தாக்கப்படும்போது அதன் நிலை மாறிச் சமநிறையுள்ள இரு அணுக்கருக்களாக பிரிகின்றன என்பதேயாகும். இதனையே, **அணுக்கருப்பிளவை** (Nuclear Fission) என்று அழைத்தனர்.

இத்தகைய அணுக்கரு பிளவையால் பலவிதக்கதிரியக்கமுள்ள தனிமங்கள் உண்டாக்கப்பட்டன. இந்நிகழ்ச்சியில் ஒரு பகுதி, நிறை அழிந்து ஐன்ஸ்டீன் ஆற்றல் சமன்பாடு $E = mC^2$ என்னும் விதிப்படி பெருமளவு ஆற்றல் கிடைத்தது. மேலும், இந்நிகழ்ச்சியில் பல நியூட்டிரான்கள் வெளிவிடப்படுவதால் அவை ஒவ்வொன்றும் தொடர்ந்து அணுக்கரு பிளவைகளை உண்டு பண்ணின. இதனை **அணுக்கரு தொடர்வினை** (Nuclear chain reaction) என்பர். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு கிலோகிராம் யுரேனிய அணுக்கரு பிளவுபட்டால் சுமார் 20,000 டன் TNT டைனமைட் வெடித்தாலுண்டாகும் ஆற்றல் கிடைக்குமாம். இந்த விளைவே முதல்அணுக்குண்டு செய்ய அடிப்படையாக அமைந்தது எனலாம்.

காஸ்மிக் கதிர்கள் (Cosmic rays)

விண்வெளியிலிருந்து மிக்க ஆற்றல் பெற்ற மின்னூட்டமுடைய துகள்கள் பூமியை நோக்கி எப்பொழுதும் வந்த

வண்ணம் உள்ளன. இவை காஸ்மிக் கதிர்கள் (Cosmic rays) எனப்படும். 1900-ம் ஆண்டில் C. T. R. வில்சன் மின்னூட்டம் ஏற்றப்பட்ட மின்காட்டியில் தகுந்த காப்பிடப் பட்டிருந்தபோதும் மின்னூட்டம் குறையக் கண்டார். இதற்குக் காரணம் வெளியிலிருந்து வரும் மின்னூட்டமுடைய சிலவகைக் கதிர்களே எனக்கண்டறியப்பட்டது. பல அடி உயரங்களுக்குப் பலூன்களை அனுப்பிச் சோதனைகள் செய்யப்பட்டன. உயரம் அதிகரிக்கும்போது கதிர்களின் அளவு அதிகரிப்பது காணப் பட்டது. இக்கதிர்களை காஸ்மிக்கதிர்கள் என்றழைத்தனர்.

இக்கதிர்கள் மிக அதிகமான ஆற்றல் கொண்டுள்ளன. இவை காமாக் கதிர்கள் கொண்டுள்ள மின்காந்தக் கதிர் களாகும். இக்கதிர்களில் நேர்மின்னூட்டமும் எதிர்மின்னூட் டமும் கொண்டதுகள்கள் உள்ளன. எதிர்மின்னூட்டமுள்ள துகள்களைவிட நேர்மின்னூட்டமுடைய துகள்கள் அதிகமாக உள்ளன. இவை காற்றில் அயனியாக்கத்தை உண்டாக்கு கின்றன.

குறுக்குக்கோட்டு விளைவு (Latitude effect)

காஸ்மிக் கதிர்கள்மின்னூட்டமுடைய துகள்கள்என்பதைக் குறுக்குக்கோட்டு விளைவு மெய்ப்பிக்கின்றது. இவை மின்னூட்ட முடைய துகள்களானதால் புவியை நோக்கி வரும் போது புவியின் காந்தப்புலத்தால் ஒதுக்கமடைகின்றன. புவியின் நடுக்கோட்டினருகே பெருமவிசை, காஸ்மிக்கதிர்களை எதிர்க்கும் துருவங்களருகே குறைந்தவிசை செயல்படும். ஆதலால் துருவங்களை வந்தடையும் காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு அதிகமாகவும் நடுக்கோட்டில் செறிவு குறைவாகவும் இருக்கவேண்டும். சோதனைமூலம் இவை நிரூபிக்கப்பட் டுள்ளன.

உயரவிளைவு (Altitude effect)

புவிக்குமேலே செல்லச்செல்ல காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு உயரும் எனப்பார்த்தோம். மில்லிக்கன் 60,000 அடி உயரம் வரை பலூன்களை அனுப்பிச் சோதனைகள் செய்தார். எல்லா இடங்களிலும் தரைமட்டத்தைவிட செறிவு அதிகமாக இருப்பது கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. இத்தன்மை நாம் எடுத்துக் கொண்ட இடம், துருவத்துக்கருகில் உள்ளதா அல்லது நடுக் கோட்டிற்கருகில் உள்ளதா என்பதையும் பொறுத்துள்ளது. துருவத்தருகில் அதிகமாகவும் நடுக்கோட்டருகில் குறை வாகவும் இருந்தன.

காஸ்மிக்கதிர் பொழிவு (Cosmic ray showers)

காஸ்மிக்கதிர்கள் ஈயம் போன்ற உலோகத்தகடுகள் வழியே செல்லும்போது எண்ணிலடங்கா எலக்ட்ரான்களையும் பாசிட்ரான்களையும் (positron) உண்டாக்குகின்றன. இந் நிகழ்ச்சியினைப் பொழிவு என்கிறோம். புவியின்மேல் சில நேரங் களில் மிக அதிகமான செறிவு கொண்ட காஸ்மிக்கதிர்கள் வருகின்றன. ஈயத்தகட்டில் நடைபெறும் பொழிவுநிகழ்ச்சி போல ஆகாயத்திலும் காற்றுமண்டலத்தில் பொழிவு உண்டாகிறது என்பது இதனால் நம்பப்படுகிறது. ஆற்றல் மிக்க துகள் காற்று மண்டலத்தில் நுழைந்து மிகவிரைவில் பலதுகள்களை உண்டுபண்ணி பெருக்கம் அடைவதால் இந் நிகழ்ச்சி உண்டாகிறது. இந்நிகழ்ச்சியில் பாசிட்ரான் எலக்ட் ரான் இரட்டை உண்டாக்கப்படுவது **இரட்டை - பொருளாக்கம்** (pair production) எனப்படும். இந்நிகழ்ச்சிக்குப் பிறகு ஆற்றல் குறைந்த கதிர் γ கதிராக வெளிப்படுகிறது. காஸ்மிக்கதிர் களில் நன்கு ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றல் மிக்கதுகள்களும் உள்ளன. இவை **மீசான்** (Meson) எனப்படும். இவற்றின் ஆற்றல் அளவினைக்கொண்டு **பைமீசான்** (π-meson) **ம்யூ மீசான்** (μ-meson) என அழைக்கப்படுகின்றன.

காஸ்மிக் கதிர்களின் மூலம் (Origin of Cosmic rays): காஸ்மிக் கதிர்கள் மிக அதிகமான ஆற்றல் கொண்டவை எனப்பார்த் தோம். இத்தகைய கதிர்கள் எவ்வாறு, எங்கு, எப்படி, உண்டா கின்றன என்பன போன்ற கேள்விகளுக்குச் சரியான விடைகள் வேண்டும். இதற்கான விடைகளுக்குப் பல விளக்கங்கள் தரப்பட்டன. இக்கதிர்கள் இரவிலும்பகலிலும் சீராகஇருப்பதால் சூரியனிலிருந்து வருவதாக கூறிக்கொள்ள இயலாது. சில நட்சத்திரங்களில் ஏற்படும் உள் நிகழ்ச்சிகளால் மிக அதிகமான அளவில் ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இவை காஸ்மிக் கதிர்களாக வெளிவருகின்றன எனக்கூறப்படுகிறது. எனினும் சரியான விளக்கங்கள் இன்னும் தேவைப்படுகின்றன.

வினாக்கள்

1. கதிரியக்கம் என்றால் என்ன ?
2. α, β, γ, கதிர்களின் குணங்களை எழுது.
3. தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம் எவ்வாறு உண்டாகிறது ?
4. கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளின் பயன்கள் யாவை ?
5. ''அணுக்கருப் பிளவை'' — விளக்குக.

BIBLIOGRAPHY

Name of Book		*Author*
1. Elements of physics	...	R. A. Houston
2. Text Book of light	...	A. N. Barton
3. Light for students	...	Edser and Edwin
4. Fundamentals of optics	...	Jenkins and White
5. Principles of optics	...	B. K. Mathur
6. Text Book of Light	...	G. R. Noakes
7. Text Book of Light	...	S. Ramamoorthy
8. Optics	...	Sears
9. Magnetism and Electricity	...	Duncan and Starling
10. Electricity and Magnetism	...	Fewkeo and Yarwood
11. Elementary Electricity and Magnetism	...	Hutchinson R. H.
12. Electricity and Magnetism	...	Jears J. H.
13. A Text Book of Electricity and Magnetism	...	G. R. Noakes
14. Text Book of Electricity and Magnetism	...	S. Ramamoorthy and Krishnasamy
15. Electricity and Magnetism	...	S. G. Starling
16. Magnetism and Electricity	...	D. M. Vasudeva
17. A Text Book of Electricity and Magnetism	...	Brijlal and Subramaniam
18. Electricity and Magnetism	...	Gupta, Singh and Kumar
19. Atomic physics	...	Max. Born
20. Atomic physics	...	J. B. Rajam
21. Atomic physics	...	Saha and Saha

22. Introduction to Modern Physics ... Ritchmeyer and Kennard

23. Introduction to Modern Physics ... M. A. Thangaraj

24. Modern Physics ... S. Ramamoorthy

25. Handbook of Electronics ... Gupta and Kumar

26. Radio Engineering ... Terman

கலைச்சொற்கள்

(ஆங்கிலம் — தமிழ்)

A

Absorption spectrum — உட்கவர் நிறமாலை
Aerial — ஏரியல்
Air cell — காற்றுச் சிமிழ்
Alpha particle — ஆல்பாத்துகள்
Alternating current — மாறுதிசை மின்னோட்டம்
Amplifier — பெருக்கி
Angle of dip — சரிவுக் கோணம்
Angstrom unit — ஆங்ஸ்ராங் அலகு
Anode — நேர்மின்வாய்
Anticlockwise — இடஞ்சுழி
Aperture — துளை
Aperiodic — சமகால அலைவற்ற
Artificial radio activity — செயற்கை கதிரியக்கம்
Atom model — அணு அமைப்பு
Atomic reactor — அணு உலை
Atomic physics — அணு பௌதிகம்
Atomic structure — அணுஅமைப்பு
Audio frequency — செவியுணர் அதிர்வெண்
Axis of rotation — சுழல்அச்சு

B

Ballistic galvanometer — அலைவுகாட்டும் கால்வனோ மீட்டர்
Balmer series — பாமர் அணி
Battery — மின்கல அடுக்கு
Bcta particle — பீட்டாத்துகள்
Binocular — பைனகுலர்
Broadcasting — ஒலிபரப்புதல்

C

Calcite crystal	—	கால்சைட் படிகம்
Calibration	—	அளவிடுதல்
Canadabalsam	—	கானடா பால்சம்
Canal rays	—	கால்வாய் கதிர்கள்
Capacitance	—	மின்தேக்குத்திறன்
Cathode rays	—	எதிர்மின்கதிர்கள்
Cathode rays oscillograph	—	எதிர்மின்கதிர் ஆஸில்லோ கிராப்
Circularly polarised light	—	வட்டத் தளஒளி
Clockwise	—	வலஞ்சுழி
Coercive force	—	காந்தநீக்குவிசை
Collimator	—	இணையாக்கி
Compound wound dynomo	—	கூட்டுச்சுற்று டைனமோ
Compound wound motor	—	கூட்டுச்சுற்று மோட்டார்
Condenser	—	மின்தேக்கி
Conjugate foci	—	பரிமாற்றுக் குவியங்கள்
Corpuscular theory	—	துகள் கொள்கை
Counter	—	கணிப்பான் ; எண்ணி
Crystal detector	—	படிக ஏற்பி
Cylindrical magnet	—	உருளைகாந்தம்

D

Dark fringe	—	இருள்வரி
Dead beat	—	அலைவிலா
Decay	—	சிதைவு
Declination	—	ஒதுக்கம்
Deflection magnetometer	—	விலகுகாந்தமானி
Demagnetisation	—	காந்த நீக்கம்
Demodulation	—	அலைப்பண்பிறக்கம்
Dextro rotatory	—	வலஞ்சுழி
Diamagnetism	—	டயா காந்தவியல்
Dielectric constant	—	மின்கடத்தா மாறிலி
Diffraction	—	விளிம்பு விளைவு
Dip circle	—	சரிவு வட்டம்
Direct current	—	நேர்திசை மின்னோட்டம்
Discharge of electricity	—	மின்னிறக்கம்
Discharge tube	—	மின்னிறக்கக் குழாய்

Dispersive power	—	பிரிதிறன்
Double refraction	—	இரட்டை ஒளிவிலகல்
Dynamo	—	டைனமோ

E

Ear phone	—	காதொலியம்
Eclipse	—	கிரகணம்
Eddy current	—	சுழி ஓட்டம்
Electrical oscillations	—	மின் அலைவுகள்
Electro-magnet	—	மின்காந்தம்
Electromagnetic induction	—	மின்காந்தத் தூண்டல்
Electromagnetic effect	—	மின்காந்த விளைவு
Electromagnetic spectrum	—	மின்காந்த நிறமாலை
Electromagnetic waves	—	மின்காந்த அலைகள்
Electrode	—	மின்வாய்
Electron	—	எலக்ட்ரான்
Electron microscope	—	எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி
Electro motive force	—	மின் இயக்குவிசை
Electron spin	—	எலக்ட்ரான் தற்சுழற்சி
Electrostatics	—	நிலைமின்னியல்
Energy level	—	ஆற்றல்மட்டம்
Extraordinary ray	—	அசாதாரணக் கதிர்
Eyepiece	—	கண்ணருகுவில்லை

F

Ferromagnet	—	ஃபெர்ரோ காந்தம்
Field coil	—	புலச்சுருள்
Filament	—	மின்னிழை
Fluorescence	—	ஒளிர்தல்
Fission	—	பிளவை
Flux	—	பாயம்
Frictional electricity	—	உராய்வு மின்னோட்டம்

G

Galvanometer	—	கால்வனோமீட்டர்
Generator	—	இயற்றி
Geometrical optics	—	வடிவியல் ஒளியியல்
Grating	—	கீற்றணி
Gold leaf electroscope	—	தங்கஇலைமின்காட்டி

H

Half period zone — அரை அலைவு நேரமண்டல
Head phone — தலை ஒலியம்
Henry — ஹென்றி
Hyperbola — அதிபரவளையம்
Hysterisis loop — தயக்கக் கண்ணி

I

Iconoscope — ஐகனோஸ்கோப்
Induction coil — தூண்டு மின்சுருள்
Infra red spectrum — அகச்சிவப்பு நிறமாலை
Interference — குறுக்கீட்டு விளைவு
Ion — அயனி
Isotope — ஐசோடோப்

J

Junction — சந்திப்பு

K

Kirchoff's law — கிர்க்காஃப் விதி
Kohlraush bridge — கோல்ராஷ் இணைப்பு

L

Lead accumulator — லெட் மின்கலம்
Least distance of distinct vision — தெளிவுப் பார்வை சிறுமத்தூரம்
Life time — வாழ்வுக்காலம்
Linear expansion — நீள் விரிவு
Loud speaker — ஒலிப்பான்
Lumen — லூமென்
Lyman series — லைமென் அணி
Luminous — ஒளிரும்

M

Magnet — காந்தம்
Magnetic effect — காந்தவிளைவு