பௌதிகம் - துணைப்பாடம்

(பகுதி II – இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்புக்குரியது)

திரு. கா. வே. சுப்பிரமணியன்,
பௌதிக விரிவுரையாளர்,
ஏ.வி.சி. கல்லூரி, மாயூரம்

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்
தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

க. நூ. வெ. இ. வரிசை எண் — 245

பௌதிகம் - துணைப்பாடம்

(பகுதி II — இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்புக்குரியது)

திரு. கா. வே. சுப்பிரமணியன்,
பௌதிக விரிவுரையாளர்,
ஏ.வி.சி. கல்லூரி, மாயூரம்.

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்
தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—September, 1970

D.C.P. No. 245

© Directorate of Collegiate Publications

PHYSICS-ANCILLARY-Part II for B.Sc. (BOOK II)

K. V. SUBRAMANIAN

Net Price Rs. 4-50

(No discount)

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

அணிந்துரை

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

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பத்து ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புதுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் விஞ்ஞானப் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிறபல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்றுவருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

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

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழி பெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாட நூல் நிறுவனத்தின் கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'பௌதிகம் — துணைப் பாடம்' (பகுதி II—இரண்டாம் புத்தகம்) என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்—கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகத்தின் 245ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 280 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

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

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

IV. நிலைமின்னியல்

				பக்கம்
1.	அறிமுகம்	...	...	1
2.	தூண்டற் பொறிகள்	...	...	16
3.	மின் தேக்கிகள்	...	...	21

V. மின்னோட்டவியல்

1.	மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்...		...	35
2.	மின்காந்தத் தூண்டல்	...	...	59
3.	ஓம் விதி	...	...	90
4.	வீட்ஸ்டோன் வலை அமைப்பு	...	...	107
5.	மின்னழுத்தமானி	...	...	118
6.	மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவுகள்		...	134
7.	மின்னோட்டத்தின் இரசாயன விளைவுகள்		...	140

VI. எலெக்ட்ரானியல்

1.	எலெக்ட்ரான்	...	...	165
2.	வெப்ப அயனி வெளியீடு	...	...	179
3.	அலைபரப்பியும் ஏற்பியும்	...	...	189
4.	ஒளி மின்கலங்கள்	...	...	194
5.	எக்ஸ் – கதிர்கள்	...	...	198
6.	கதிரியக்கம்	...	...	202
7.	காஸ்மிக் கதிர்கள்	...	...	211
8.	அணுவின் கட்டமைப்பு	...	...	213

நிலைமின்னியல்

(ELECTROSTATICS)

1. அறிமுகம்

முதன் முதலில் உலர்ந்த துணியால் உராயப்பட்ட ஓர் ஆம்பர்த் தண்டு சிறு வைக்கோல் துண்டையோ அல்லது மெல்லிய இறகையோ ஈர்ப்பது கண்டறியப்பட்டது. இவ் வினையே பின்னர் மின்னூட்டம் என அழைக்கப்பட்டது. ஏனெனில் ஆம்பர் என்பதன் கிரேக்கச் சொல் எலெக்ட்ரான் ஆகும். இன்று எபோனைட், பாலிதீன், பிளாஸ்டிக் மற்றும் கண்ணாடி போன்ற சாதாரண பொருள்கள்கூட மிக எளிதில் இவ்வித வினையைக் காட்டுகின்றன. உராய்வினால் உண்டாகும் இத்தகைய மின்சாரம், உராய்வு மின் சாரம் அல்லது நிலைமின்சாரம் எனப்படும். இவ்வாறு உண்டாக்கப் பட்ட மின்னூட்டங்கள், மின்னோட்டத்தில் ஓடுவதைப் போலன்றி நிலையாக நிற்பதால் இது நிலைமின்சாரம் என்றே அழைக்கப்படும்.

நிலைமின் எதிர்ப்பு

பட்டு நூலில் தொங்கவிடப்பட்ட மின்னூட்டம் பெற்ற கண்ணாடித் தண்டுக்கருகில் அதே தன்மையுள்ள மற்றொரு கண்ணாடித் தண்டைக் கொண்டுவந்தால் தொங்கவிடப்பட்ட தண்டு விலக்கித் தள்ளப்படும். ஒரே மாதிரியாக மின்னூட்டப்பட்ட பொருள்கள் ஒன்றையொன்று எதிர்க்கும். மின்னூட்டப்படாத பொருள்கள் எதிர்ப்புத் தன்மையைக் காட்டாததால், ஒரு பொருள் மின்னூட்டப்பட்டதா இல்லையா என அறிய மின் எதிர்ப்பே முடிவான சோதனையாகும்.

அடுத்தடுத்துத் தொங்கவிடப்பட்ட மின்னூட்டப்படாத இரு நெட்டிப் பந்துகளுக்கருகே கொண்டுவரப்பட்ட ஒரு மின்னூட்டப் பட்ட தண்டு அவ்விரண்டு பந்துகளையும் ஈர்க்கும். அவை தண்டைத் தொட்டதும் ஒவ்வொன்றும் தண்டைப்போலவே மின்னூட்டத்தைப் பெறும். ஆகையால் அவை பலமாக ஒன்றை ஒன்று எதிர்க்கின்றன.

நேர் எதிர் மின்னூட்டங்கள்

பட்டு நூலில் தொங்கவிடப்பட்ட நெட்டிப் பந்தை உலர்துணியால் தேய்க்கப்பட்ட எபொனைட் தண்டால் தொட்டால் அஃது அத்தண்டால் மின்னூட்டம் பெற்று விலக்கித் தள்ளப்படுகிறது. ஆனால் மின்னூட்டப்பட்ட ஒரு கண்ணாடித் தண்டு எபொனைட் தண்டால் மின்னூட்டப் பெற்ற பந்தை ஈர்க்கும். அப் பந்து மின் நீக்கம் செய்யப்பட்டுப் பின்னர் மின்னூட்டப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டினால் மின்னூட்டப்பெற்றால் அது மின்னூட்டப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டினால் விலக்கித் தள்ளப்படும்; மின்னூட்டப் பட்ட எபொனைட் தண்டினால் ஈர்க்கப்படும். ஒரு மின்னூட்டப் பட்ட எபொனைட் தண்டைத் தொங்கவிட்டு மற்றொரு மின்னூட்டப் பட்ட எபொனைட் தண்டை அருகில் கொண்டுவந்தால் அது விலக்கித் தள்ளப்படும். ஒரு மின்னூட்டப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டை அருகில் கொணர்ந்தால் அஃது ஈர்க்கப்படும்.

மின்னூட்டப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டில் உள்ள மின்னூட்டம் நேர்மின்னூட்டம் என்றும், எபொனைட் தண்டில் உள்ள மின்னூட்டம் எதிர்மின்னூட்டம் என்றும் அழைக்கப்படும். இரு நேர் மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று எதிர்க்கும், இரு எதிர் மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று எதிர்க்கும். நேர்மின்னூட்டமும், எதிர் மின்னூட்டமும் ஒன்றையொன்று ஈர்க்கும்.

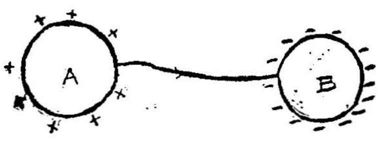
சாதாரண உலோகங்கள், கம்பளியால் தேய்க்கப்பட்டால் எதிர் மின்னூட்டப்பெற்றும், கம்பளி நேர் மின்னூட்டப்பெற்றும், இந்தியா ரப்பரால் தேய்க்கப்பட்டால் நேர் மின்னூட்டம் பெற்றும் மாறுகின்றன எனச் சோதனைகள் நிரூபிக்கின்றன. ஒரு கண்ணாடித் தண்டைப் பட்டுத் துணியால் தேய்த்தால் அது நேர் மின்னூட்டப் பெற்றும், அதே அளவுக்கு பட்டுத்துணி எதிர் மின்னூட்டம் பெற்றும் மாறுவதைத் தங்க இலை மின்னூட்டங் காட்டியால் (gold leaf electroscope) சோதித்தறியலாம்.

மின்னூட்டக் கொள்கைகள்

நேர் மின்னூட்டத்துகள்களும், எதிர் மின்னூட்டத்துகள்களும் உடைய எல்லாப் பொருள்களும் மின் நடுநிலைத்தன்மை உடையனவாம். நேர் மின்னூட்டங்களும் எதிர் மின்னூட்டங்களும் சமமாக அமைந்து பொருளை மின் நடுநிலைமை யுடையதாக்குகின்றன. எலெக்ட்ரான் என்று அழைக்கப்படும் எதிர் மின்னூட்டத் துகள்கள் மிகவும் இலேசாக இருப்பதால் ஒரு பொருளுக்குள் எங்கும் நகரும். ஏதோ ஒரு முறையில் சில எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு பொருளினின்றும் வெளிப்பட்டால் அப் பொருளின் எதிர் மின்னூட்டங்களில் பற்றாக்

குறையும் நேர் மின்னூட்டங்களில் உபரியும் தோன்றும். அப்பொருள் நேர் மின்னூட்டப்பட்டதாகும். ஒரு கண்ணாடித் தண்டை உலர்பட்டுத் துணியால் தேய்த்தால் எலக்ட்ரான்கள் கண்ணாடித் தண்டிலிருந்து பட்டுத் துணிக்கு ஓடும். ஆகையால் அந்தக் கண்ணாடித் தண்டு பற்றுக்குறை எதிர் மின்னூட்டங்களை அல்லது உபரியான நேர் மின்னூட்டங்களைப் பெற்றிருக்கும். அந்தக் கண்ணாடித் தண்டு நேர் மின்னூட்டப்பட்டது. பட்டுத் துணிக்குச் செல்லும் எலக்ட்ரான்கள் அதில் உபரி எதிர் மின்னூட்டங்களை உண்டாக்கும். ஆகையால் பட்டுத்துணி எதிர் மின்னூட்டப்பட்டது.

நிலைமின்னியல் நிலையான மின்னூட்டங்களைப் பற்றிக் கூறும். A-என்ற பொருள் நேர்மின்னூட்டமும் B என்ற பொருள் எதிர் மின்னூட்டமும் உடையனவாகக் கொள்க. A-யில் எலக்ட்ரான்கள் பற்றுக்குறையும் B-யில் உபரியும் உள்ளன. இரண்டும் ஒரு கம்பியால் இணைக்கப்படும்போது உபரி எலக்ட்ரான்கள் B-யிலிருந்து A-க்கு நகரும். B-யிலிருந்து A-க்கு உள்ள இந்த எலக்ட்ரான் ஓட்டம் ஒரு மின்னோட்டத்தை உண்டாக்கும். வழக்கமாக நேர் மின்னூட்டங்கள் A-யிலிருந்து B-க்கு ஓடுவதாகக்கொண்டு மின்சாரம் A-யிலிருந்து B-க்குச் செல்வதாகக் கூறுகிறோம்.



படம் : 162

இயக்கத்திலுள்ள மின்னூட்டங்களைப்பற்றிக் கூறும் மின்னியல் பகுதி மின்னோட்டவியல் என்றழைக்கப்படுகிறது. உலோகங்களிலும், மற்ற நற்கடத்திகளிலும், ஓர் அணுவிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு மாறக்கூடிய நிலையில் கட்டுப்பாடற்ற எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன. கடத்தியின் இரு முனைகளையும் ஒரு மின் கலத்தின் மின்வாய்களோடு இணைத்து ஒரு மின்னியக்கு விசையை உண்டாக்கினால் காற்றில் செல்லும் தேனீக்கள் கூட்டம்போல் கடத்தியினூடே இந்தக் கட்டுப்பாடற்ற எலக்ட்ரான்கள் சீராக ஓடுகின்றன. எலக்ட்ரான் ஓட்டம் எதிர் மின் வாயிலிருந்தும், மின்னோட்டம் அதற்கு நேர் எதிர்த் திசையிலும், அஃதாவது நேர் முனையிலிருந்து எதிர் முனைக்கும் நிகழும்.

மின்னூட்டங்காட்டி (Electroscope)

மின்னூட்டத்தைக் கண்டுபிடிக்க உதவும் எந்த ஓர் அமைப்பும் மின்னூட்டங்காட்டி என அழைக்கப்படும். பட்டு நூலினால்

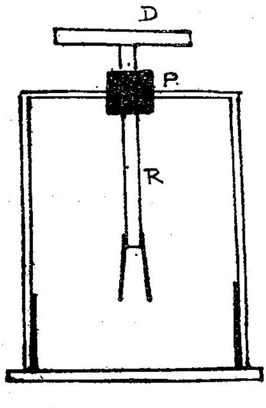
தொங்கவிடப்பட்ட நெட்டிப்பந்து மின்னூட்டங்காணப் பயன்படும். இது நெட்டிப் பந்து மின்னூட்டங்காட்டி எனப்படும். தங்க இலை மின்னூட்டங்காட்டி என்பது நுண்ணிய மின்னூட்டங்காட்டியாகும்.

தங்க இலை மின்னூட்டங்காட்டி (gold leaf electroscope)

இஃது ஒத்த மின்னூட்டமுள்ள பொருள்கள் ஒன்றையொன்று எதிர்க்கும் என்ற கொள்கை அடிப்படையில் அமைந்தது. ஒரு நிக்கல் தண்டின் மேல் முனையில் நிக்கல் தட்டும் கீழ் முனையில் இரு சிறிய தங்க இலைத் தகடுகளும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தங்க இலைகளைக் காற்றோட்டத்திலிருந்து ஒரு கண்ணாடிக் கவசம் காக்கிறது. ஒரு எபொனைட் அல்லது வல்கனைட் அடைப்பானால் நிக்கல் தண்டு செங்குத்தாக நிறுத்தப்பட்டுள்ளது. கண்ணாடிக் கவசத்தின் உட்பாகங்களில் தரை இணைப்பு உலோகத்தகடுகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

கடத்தல் மூலம் தங்க இலை மின்னூட்டங்காட்டியை மின்னூட்டல்

நேர் மின்னூட்டமுடைய கண்ணாடித் தண்டினால் மின்னூட்டங்காட்டியின் நிக்கல் தகட்டைத் தொட்டால் நேர் மின்னூட்டங்கள் நிக்கல் தண்டுக்கும் தங்க இலைகளுக்கும் செல்கின்றன. தங்க இலைகள் ஒரே தன்மையுள்ள மின்னூட்டங்களைக் கொண்டிருத்தலால் ஒன்றையொன்று எதிர்க்க அவை விலகிச் செல்கின்றன. கண்ணாடித் தண்டிலுள்ள மின்னூட்டங்கள் இலைகளின் விலக்கத்தால் காண்பிக்கப்படுகின்றன. இலைகளின் விலக்கக் கோணம் கண்ணாடித் தண்டில் உள்ள மின்னூட்டங்களின் அளவைக் குறிக்கும். நிக்கல் தட்டை விரலால் தொடும்போது மின்னூட்டங்கள் உடல் வழியாகத் தரைக்குச் சென்று மின்னூட்டங் காட்டியை மின் நீக்கம் செய்கிறது. இலைகள் மீண்டும் ஒன்று சேர்கின்றன.



படம் : 163

மின்னூட்டப்பட்ட ஒரு எபொனைட் தண்டைப் பயன்படுத்தி மின்னூட்டங்காட்டியை எதிர் மின்னூட்டமுறச் செய்யலாம். இலைகள் இரண்டும் எதிர் மின்னூட்டங்களைப் பெறுவதால் அவை மீண்டும் விலகிச் செல்கின்றன. நிக்கல் தட்டை விரலால் தொட, மின்னூட்டங்காட்டி மின் நீக்கம் செய்யப்படுகிறது. இலைகள் மீண்டும்

ஒன்று சேர்கின்றன. இம் முறையினுல் எதிர் மின்னூட்டங்கள் தரைக்குச் செல்கின்றன என்றே அல்லது மின்னூட்டம் தரையிலிருந்து உட்சென்று பற்றுக் குறையை ஈடுசெய்துவிட்டது என்றே அறிகிறோம்.

நேர் மின்னூட்ட, எதிர் மின்னூட்டப் பொருள்களுக்கும் நடுநிலைப் பொருள்களுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள்

கடத்தல் மூலம், மின்னூட்டப்பட்ட கண்ணுடித் தண்டைக் கொண்டு மின்னூட்டங் காட்டியை நேர் மின்னூட்டப்படுத்துக. இலைகளின் விலக்கக் கோணத்தைக் காண்க. நிக்கல் தட்டின் அருகில் இப்போது ஒரு நேர் மின்னூட்டப் பொருளைக் கொணர்ந்தால் இலைகளின் விலக்கம் அதிகரிக்கும். ஓர் எதிர் மின்னூட்டப் பொருளைக் கொணர்ந்தால் இலைகளின் விலக்கம் குறையும் (தூண்டல் முறை). ஒரு மின் நடுநிலைப் பொருளைக் கொணர்ந்தால் விலக்கம் மாருமல் இருக்கும்.

மின் கடத்திகளும் மின்காப்புப் பொருள்களும்

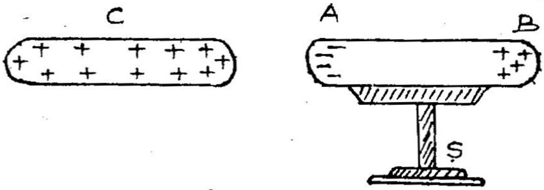
கண்ணுடி, எபொனைட், வல்கனைட் போன்ற பொருள்களைக் கையில் பிடித்துக் கொண்டு உராய்வின் மூலம் மின்னூட்டலாம். ஆனுல் உலோகங்கள் மின்னூட்ட அறிகுறிகள் ஒன்றையும் காட்டா. முன்னவை மின் காப்புப் பொருள்களாகவும், பின்னவை மின் கடத்திகளாகவும் இருத்தலே இவ் வேறுபாட்டின் காரணம். ஒரு கண்ணுடித் தண்டைக் கையில் பிடித்துக் கொண்டு பட்டுத் துணியால் தேய்த்தால் தேய்க்கப்பட்ட பகுதி நேர்மின்னூட்டப் படுகிறது. மனித உடல் மின் கடத்தியாக இருந்தபோதும், கண்ணுடித் தண்டு மின் காப்புப் பொருளாக இருப்பதால் அது மின்னூட்டங்கள் கையையும் தரையையும் அடைவதை அனுமதிக்காது; அதைப் போலவே எபொனைட் தண்டில் தேய்க்கப்பட்ட பகுதியில் எதிர் மின்னூட்டங்கள் தங்கிவிடுகின்றன ஏனெனில் எபொனைட் ஒரு மின் காப்புப் பொருள்.

ஒரு நிக்கல் தண்டைக் கையில் பிடித்துக் கொண்டு இந்தியா ரப்பரால் தேய்த்தால் அது நேர்மின்னூட்டப்படுகிறது ஆனுல் மின்னூட்டங்கள் உடனே உடல் வழியாகத் தரைக்குச் சென்று விடுகின்றன. ஏனெனில் நிக்கல் ஒரு மின் கடத்தியாகும். கண்ணுடி, எபொனைட் போன்ற ஒரு காப்புப்பிடி பொருத்தப்பட்ட நிக்கல் தண்டை இந்தியா ரப்பரால் உராய்ந்து மின்னூட்டலாம். மின்னூட்ட நிக்கல் தண்டைக் கையால் தொட அஃது உடனே மின் நீக்கம் செய்யப்படுகிறது. ஒரு மின்னூட்டக் கண்ணுடித் தண்டை விரலால் தொட்டபோதும் மின்னூட்டத்தின் ஒரு பகுதி நீக்கப்பட்டு அத் தண்டு இன்னும் மின்னூட்டப்பட்டேயிருக்கும்.

ஆகையால் மின்னோட்டத்தை உடனே அனுமதிக்கும் எந்தப் பொருளும் மின்கடத்தி யென்றும், அனுமதிக்காத எந்தப் பொருளும் மின்காப்புப் பொருள் என்றும் கூறப்படும்.

மின்னூட்டத் தூண்டல் (Charging by induction)

AB என்பது ஒரு நீள் உருளைக் கடத்தி. *S* என்பது ஒரு மின் காப்புத் தண்டு. *C* என்ற நேர் மின்னூட்டக் கண்ணாடித் தண்டு, *AB* யின் அருகில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. *C*-க்கு அருகேயுள்ள *A* முனை தூண்டல் மூலம் எதிர் மின்னூட்டங்களையும், *B* முனை



படம் : 164.

நேர் மின்னூட்டங்களையும் பெறுகின்றன. காப்புக் கைப்பிடியுள்ள சிறு உலோகத் தட்டு நிரூபணத்தளம் (proof plane) எனப் பெயர் பெறும். *A*-யை நிரூபணத் தளத்தால் தொட்டு அஃது எதிர் மின்னூட்டம் பெற்றிருப்பதை, ஒரு மின்னூட்டப்பட்ட மின்னூட்டங் காட்டியின் அருகில் கொண்டு வந்து நிரூபிக்கலாம். அதைப் போல *B* முனை நேர் மின்னூட்டம் பெற்றிருப்பதை நிரூபிக்கலாம்.

A முனையில் தூண்டப்பட்ட எதிர் மின்னூட்டங்கள் கண்ணாடித் தண்டின் நேர் மின்னூட்டங்களால் ஈர்க்கப் பட்டிருக்கின்றன. *B* முனையிலுள்ள நேர் மின்னூட்டங்கள் சுயேச்சையாக நகரக் கூடியவையாதலால் கடத்தியை விரலால் தொட்டு உடனே எடுத்து விட்டால் சுயேச்சை நேர் மின்னூட்டங்கள் தரைக்குச் செல்ல *A* முனை எதிர் மின்னூட்டங்களைத் தங்க வைத்துக் கொள்ளும். கண்ணாடித் தண்டை இப்போது எடுத்து விட்டால் *A*-யிலுள்ள எதிர் மின்னூட்டங்கள் *B*-ல் உருளையின் மேல் பரப்பில் பரவிவிடும். நீள் உருளை *AB*, தூண்டல் மூலம் எதிர் மின்னூட்டப் படுகிறது. நேர் மின்னூட்டம் கண்ணாடித் தண்டிற்குப் பதில் எதிர் மின்னூட்ட எபொனைட் தண்டைப் பயன்படுத்தி *AB*-யைத் தூண்டல் மூலம் நேர் மின்னூட்டப் படுத்தலாம்.

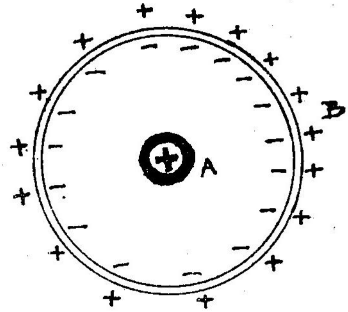
தூண்டல் முறையில் தங்க இலை மின்னூட்டங் காட்டியை மின்னூட்டல்:

பட்டுத் துணியால் உராயப்பட்டு நேர் மின்னூட்டப் பெற்ற கண்ணாடித் தண்டைத் தங்க இலை மின்னூட்டங் காட்டியின் நிக்கல் தட்டருகே கொணர்ந்தால், தூண்டல் மூலம் தட்டு எதிர் மின்னூட்டங்களையும், இலைகள் நேர் மின்னூட்டங்களையும் பெறுகின்றன. தட்டை விரலால் தொட்டு விட்டவுடன், இலைகளிலுள்ள நேர் மின்னூட்டங்கள் உடல் வழியே தரைக்குச் செல்ல, இலைகள் மீண்டும் ஒன்று சேர்கின்றன. மின்னூட்டக் கண்ணாடித் தண்டைத் தூர எடுத்தவுடன் தட்டில் உள்ள எதிர் மின்னூட்டங்கள் தட்டு, மற்றும் இலைகளின் மேற்பரப்பு முழுவதற்கும் பரவுகின்றன. இலைகளிலுள்ள எதிர் மின்னூட்டங்களால் அவை விலகுகின்றன இப்போது மின்னூட்டங்காட்டி தூண்டல் மூலம் எதிர் மின்னூட்டப்பட்டிருக்கிறது. மின்னூட்டப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டுக்குப் பதிலாக மின்னூட்டப் பட்ட எபொனைட் தண்டைப் பயன்படுத்தித் தூண்டல் மூலம் மின்னூட்டங் காட்டியை நேர் மின்னூட்டலாம்

பாரடேயின் பனித்தொட்டிச் சோதனை

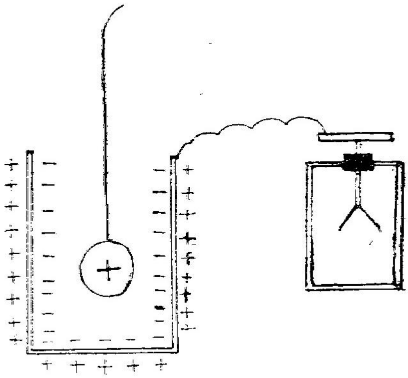
தூண்டும் மின்னூட்டங்களுக்கும், தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்களுக்கும் இடையே உள்ள சமத்துவத்தை முதலில் பாரடே சோதனை மூலம் நிரூபித்தார்.

B என்ற உலர்ந்த கடத்தும் பாத்திரத்தினுள் ஒரு காப்புநூலில் கட்டிய *A* என்ற நேர் மின்னூட்டப் பொருளைத் தொங்கவிடு. பாத்திரத்தின் உட்பக்கம் தூண்டப்பட்ட எதிர் மின்னூட்டங்களும் வெளிப்பக்கம் தூண்டப்பட்ட நேர் மின்னூட்டங்களும் இருக்கின்றன. தூண்டும் மின்னூட்டம் அகற்றப்பட்டால் பாத்திரம் மீண்டும் நேர் நிலைத் தன்மையை அடைகிறது. ஆனால் தூண்டு மின்னூட்டத்திற்கும், தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்களுக்குமுள்ள தொடர்பு நிரூபிக்கப்படவில்லை. இதை நிரூபிக்கும் நோக்கத்துடன் பாரடே புகழ்பெற்ற பனித்தொட்டிச் சோதனையைக் கண்டுபிடித்தார்.



படம் : 165

மின்னூட்டப்படாத தங்க இலை மின்னூட்டங்காட்டியுடன் ஒரு கம்பியால் இணைக்கப்பட்ட உலோகப் பாத்திரம் (A) ஒரு காப்புத் தண்டில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. நேர் மின்னூட்டப்பட்ட நிக்கல் பந்து (B) காய்ந்த பட்டு நூலில் கட்டித் தொங்க விடப்பட்டு மெதுவாக A என்ற பாத்திரத்திற்குள் இறக்கப்படுகிறது. தூண்டப்



படம் : 166

பட்ட எதிர்மின்னூட்டங்கள் பாத்திரத்தின் உட்புறத்திலும், நேர் மின்னூட்டங்கள் வெளிப் புறத்திலும் உண்டாகின்றன. B கீழிறங்கத் தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்கள் அதிகரித்துத் தங்க இலைகள் மேலும் விலகுகின்றன. நன்கு B உள்ளிருக்கும் போது (படத்தில் உள்ளது போல்) தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்கள் உச்சத்தை அடைகின்றன. மேலும் B யைக் கீழிறக்க மின்னூட்டங்கள் மாறாதிருப்பதன் விளைவாக இலைகளின் விலக்கமும் மாறுவதில்லை.

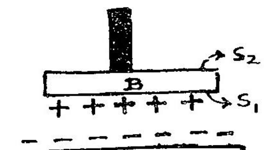
B பாத்திரத்தைத் தொட B-யின் நேர் மின்னூட்டம் பாத்திரத்தின் தூண்டப்பட்ட எதிர் மின்னூட்டங்களை ஈடு செய்து B முழுவதாக மின் நீக்கம் செய்யப்படுகிறது. ஆனால் பாத்திரத்தின் வெளிப் பக்கத்திலும் மின்னூட்டங் காட்டியிலுமுள்ள நேர்மின்னூட்டங்கள் மாறாததால் இலைகளின் விலக்கமும் மாறாதிருக்கின்றது. அந்தக் கோளத்தை எடுத்து மற்றொரு மின்னூட்டங் காட்டியால் சோதித்தால் அதன் மின்னூட்டத்தை முழுமையாக இழந்து விட்டதை அறியலாம். நிரூபணத் தளத்தைக் கொண்டு பாத்திரத்தின் உட்பக்கம் எந்த மின்னூட்டமும் இல்லாததைக் காணலாம். இச் சோதனையின் மூலம் தூண்டும் நேர் மின்னூட்டமும் தூண்டப்பட்ட எதிர் மின்னூட்டமும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருப்பதை அறியலாம்.

இச் சோதனையைப் பின் கண்ட முறையிலும் நடத்தலாம். நேர் மின்னூட்டக் கோளம் B-யைப் பாத்திரத்தினுள் செலுத்தி இலைகளின் விலக்கத்தைக் குறிக்க. பாத்திரத்தைக் கையால் தொட்டுவிட வெளிப் புறத்திலுள்ள நேர் மின்னூட்டங்கள் தரைக்குச் செல்ல இலைகள் ஒன்று சேர்கின்றன. இப்போது பாத்திரத்தின் உட்பகுதியைக் கோளம் தொட்டபோதும் இலைகள் விலகுவதில்லை. இதிலிருந்து கோளத்தின் நேர் மின்னூட்டத்தைப் பாத்திரத்தின் உட்புறத்திலுள்ள எதிர் மின்னூட்டம் முழுதுமாக ஈடு செய்வது புலனாகும். இந்தக் கோளத்தை எடுத்துச் சோதித்துப் பார்த்தால் அது முழுமையாக மின் நீக்கம் செய்யப்பட்டிருப்பதை அறியலாம்.

இவ்வாறு தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்கள் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகவும் எதிர்க் குறியுடையனவாகவும், ஏதாவதொரு தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டம் தூண்டும் மின்னூட்டத்திற்குச் சமமாகவும் இருப்பது நிறுவப்பட்டது.

எலக்ட்ரோபோரஸ்

இது தூண்டல் முறையில் அதிக அளவில் மின்னூட்டங்களைப் பெற உதவும் ஓர் அமைப்பாகும். இது மேல்தளம் சொர சொரப்பான A என்ற எபொனைட் வட்டத் தட்டை உடையது. B என்ற நிக்கல் தட்டுடன் C என்ற மின் காப்புக் கைப்பிடி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. எபொனைட் தட்டைக் காய்ந்த கம்பளியால் தேய்க்க, அஃது எதிர் மின்னூட்டங்களை அடைகிறது. நிக்கல் தட்டை (B) இப்போது Aயின் மேல் வைத்தால் எபொனைட்டின் மேற் பரப்பு சொர சொரப்பானதால் ஒரு சில புள்ளிகளில் மட்டுமே நேரடித் தொடர்பு ஏற்படும். ஆகையால் ஓர் எதிர் மின்னூட்டமும் A யிருந்து Bக்குச் செல்லாது. ஆனால் நிக்கல் தட்டின் கீழ்த்தளத்தில் (S_1) நேர் மின்னூட்டமும் மேல் தளத்தில் (S_2) எதிர் மின்னூட்டமும் தூண்டப்படுகின்றன. நிக்கல் தட்டை விரலால் தொட்டால் எதிர் மின்னூட்டங்கள் தரைக்குச் செல்லும்போது B-யில் நேர் மின்னூட்டம் எஞ்சியிருக்கும். B-யை உயரே தூக்கும் போது அது தன்னோடு நேர் மின்னூட்டத்தை எடுத்துச் செல்ல A-யிலுள்ள எதிர் மின்னூட்டம் குறையாமலிருக்கும். B-யை மின் நீக்கம் செய்து இந்த முறையைத் திரும்பச் செய்யலாம். ஒவ்வொரு முறையும் B கொண்டு செல்லும் மின்னூட்டம் சமமாகவே இருக்



படம் : 1.7

கும் என்பது குறிப்பிடத் தக்கது. இம்முறையில் மிக அதிகமாக மின்னூட்டத்தைப் பெற முடியும்.

இருமடி எதிர்விகித விதி

காற்றிலோ அல்லது வெற்றிடத்திலோ உள்ள இரு மின்னூட்டங்களிடையே உண்டாகும் ஈர்ப்பு அல்லது எதிர்ப்பு விசை இரு மின்னூட்டங்களின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர்விகிதப் பொருத்தமும், அவற்றிற்கிடையே உள்ள தூரத்தின் இரு மடிக்கு எதிர் விகிதப் பொருத்தமும் உள்ளது.

காற்றிலோ அல்லது வெற்றிடத்திலோ 'd' தூரத்தில் உள்ள q_1 மற்றும் q_2 மின்னூட்டங்களுக்கிடையே உள்ள விசை F ஆனால்,

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

அல்லது $$F = \frac{k q_1 q_2}{d^2}$$

K என்பது ஒரு மாறிலி.

ஒரு செ. மீ. தூரத்தில் காற்றிலோ அல்லது வெற்றிடத்திலோ உள்ள தன்னைப்போல் ஒரு மின்னூட்டத்தால் ஒரு டைன் விசையால் எதிர்க்கப்படும் மின்னூட்டத்திற்கு அலகு மின்னூட்டம் என்று பெயர்.

ஒரு மின்னூட்டம் தன்னைச் சுற்றி ஆதிக்கம் செலுத்தும் பரப்பிற்கு நிலை மின்புலம் என்று பெயர். நிலைமின் புலத்திலுள்ள ஒரு மின்னூட்டத்தில் ஒரு விசை செயல்படும்.

ஒரு நிலை மின்புலத்தின் ஒரு புள்ளியிலுள்ள ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டத்தின் மீது செயற்படும் விசையே அப் புள்ளியின் நிலைமின் புலவலியாகும்.

ஒரு தனி சுயேச்சை அலகு நேர் மின்னூட்டம் நகரும் கோட்டிற்கு நிலைமின் புலத்தின் விசைக்கோடு என்று பெயர்.

ஒரு புள்ளியில் நிலைமின் புலத்தின் திசை என்பது அப் புள்ளியில் வைக்கப்பட்ட ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டம் நகரும் திசை ஆகும். அப் புள்ளி வழியே செல்லும் விசைக்கோட்டிற்கு அப் புள்ளியில் வரையப்படும் தொடுகோடு நிலைமின் புலத்தின் திசையைக் குறிக்கும்.

மின் அழுத்தம்

படத்தில் O-ல் $+q$ அலகுகள் மின்னூட்டமுள்ள சிறு கடத்தி வைக்கப்பட்டுள்ளது. O-வைச் சுற்றி உள்ள நிலையின் புலத்தில் A-யும் B-யும் இரு புள்ளிகள். ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டத்தை B-யில் வைத்தால் அது O-விலுள்ள நேர் மின்னூட்டத்தின் காரணமாக ஓர் எதிர்ப்பு விசையைப் பெறுகிறது. ஆகையால்

படம் : 168

B-யிலிருந்து A-க்கு ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டத்தை எடுத்துச் செல்வதென்றால் எதிர்ப்பு விசைக்கு எதிராக ஒரு குறிப்பிட்ட வேலை நடைபெறவேண்டும் என்பது புலப்படும். ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டத்தை மின்வலிக்கு எதிராக ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு எடுத்துச் செல்லத் தேவையான வேலைக்கு (எர்க்கில்) அப் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு என்று பெயர்.

நேர் மின்னூட்டப்பட்ட கடத்தியருகிலுள்ள ஒரு புள்ளியில் மின் அழுத்தம் என்பது, வெகு தொலைவிலிருந்து அப் புள்ளிவரை ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டத்தைக் கொண்டுவரத் தேவையான வேலை (எர்க்கில்) ஆகும்.

நேர் மின்னூட்டம் q-லிலிருந்து r என்ற தூரத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் அழுத்தம் V ஆனால்,

$$V = \frac{q \times 1}{r^2} \times r = \frac{q}{r}$$

எந்த ஒரு மின்னூட்டப் பொருளின் அழுத்தம் என்பதும் வெகு தொலைவிலிருந்து அப் பொருளின் தளத்திற்கு ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டத்தைக் கொண்டு வருவதற்குச் செய்யப்படும் வேலையாகும்.

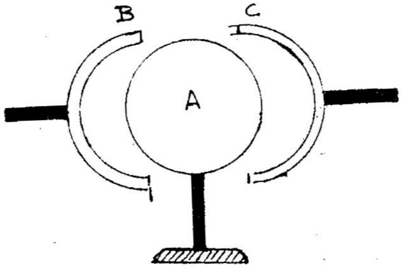
q மின்னூட்டம், r ஆரமுள்ள ஒரு கோளத்தின் மின் அழுத்தம் $\frac{q}{r}$ க்குச் சமம்.

கடத்திகளில் மின்னூட்டப் பங்கீடு :

கடத்திக்கு ஒரு மின்னூட்டம் வழங்கப்படும்போது அந்த மின்னூட்டம் கடத்தியின் வெளித்தளத்தின்மீது மட்டுமே பங்கிடப் படுகிறது. இது திடக்கடத்திகளுக்கும், உட்புறம் மின்னூட்டப் பொருள் ஏதும் இல்லாதபோது உலர்ந்த கடத்திகளுக்கும் பொருந்தும். பின்வரும் சோதனைகளால் இதனை நிரூபிக்க முடியும்.

1. பையிட்டின் சோதனைகள் :

A என்பது மின்காப்புத் தண்டு பொருத்தப்பட்ட உலோகக் கோளம். *B*-யும் *C*-யும் உலோகக் கோளத்தில் இறுக்கமாகப் பொருந்தக் கூடிய மின்காப்புத் தண்டு பொருத்தப்பட்ட இரு அரைக் கோள உலோகக் குல்லாய்கள். இப்போது கோளம் *A* மின்னூட்டப்படுகிறது. இரு குல்லாய்களையும் *A*-யோடு பொருத்தி எடுத்தால் *A*-யின் எந்த மின்னூட்டமும் மிஞ்சி யிருக்காது.



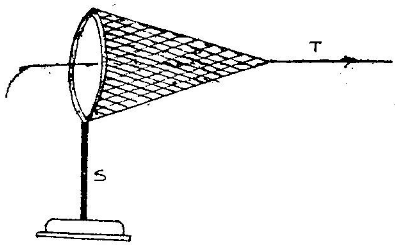
படம் : 169

ஆனால் முழுமின்னூட்டமும் குல்லாய்களின் வெளிப் பரப்பில் பகிர்ந்து இருப்பதைக் காணலாம். *B*-யும் *C*-யும் *A*-யுடன் பொருத்தப்பட்டு மின்னூட்டப்படாதிருக்கட்டும். இப்போது இவ்வமைப்புக்கு ஒரு மின்னூட்டத்தை வழங்கினுல் *A* மின் நடு நிலை வகிக்கக் காணலாம். குல்லாய்களை அகற்றும்போது மின் னூட்டம் குல்லாய்களின் வெளிப்பரப்பில் தங்கியிருப்பதைக் காண லாம். இதை நிருபணதளத்தைக் கொண்டு சோதிக்க முடியும்.

2. பாரடேயின் வண்ணத்துப் பூச்சி வலை சோதனை :

பருத்தி நூலாலான கூம்பு வடிவ வலை ஒன்று மின்காப்புத் தண்டில் (*S*) நிறுத்தப்பட்டுள்ளது. கூம்பின் உச்சியில் இணைக் கப்பட்டுள்ள ஒரு பட்டு நூலினுல் (*T*) வலையின் உட்புறத்தை வெளிப்புறமாக மாற்றலாம். வலையை மின்னூட்டப்படுத்தி ஒரு

நிருபண தளத்தால் சோதித்தால் மின்னூட்டம் வெளிப்புறத்தில் மட்டுமே தங்கியிருப்பதைக் காணலாம். உட்புறத்தில் மின்னூட்



படம் : 170

டமே இருக்காது. நூலை (T) இழுத்து வலையின் உட்புறத்தை வெளியே கொண்டு வரலாம். அப்போதும் கூட மின்னூட்டம் வலையின் புதிய வெளிப்புறத்தில் மட்டும் இருப்பதைக் காணலாம்.

முனை வினை செயல்

மின்னூட்டம் q-வும் ஆரம் r-ம் உள்ள கோளக்கடத்தியை எடுத்துக்கொண்டால் $V = q/r$. கோளத்தின் மேற்பரப்பில் அந்த மின்னூட்டம் சீராகப் பகிர்ந்தளிக்கப்பட்டுள்ளது. கோளத்தின் மேற்பரப்பில் ஓர் அலகு பரப்பின்மீதுள்ள மின்னூட்டத்திற்கு பரப்படர்த்தி என்று பெயர். மின்னூட்டப்பட்ட கோளத்தின் மின் பரப்படர்த்தி σ ஆனால்,

$$q = 4\pi r^2 \sigma$$

V என்பது மின்னூட்டப்பட்ட கோளத்தின் அழுத்தமானல்

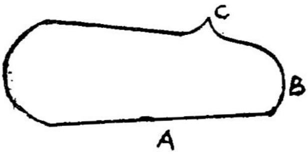
$$V = \frac{q}{r} = \frac{4\pi r^2 \sigma}{r} = 4\pi r \sigma.$$

$$\therefore \sigma = \frac{V}{4\pi r}$$

பொதுவாக ஒரு புள்ளியின் மின் பரப்படர்த்தி அப் புள்ளியின் வளைவு ஆரத்திற்கு எதிர்விகிதப் பொருத்தம் உள்ளது.

படம் 171-ல் உள்ளது போன்ற வடிவமுள்ள ஒரு கடத்தியில் B-யிலுள்ள வளைவு ஆரம் A-யிலுள்ளதைவிடச் சிறியது. அதனுல் A-யில் மின் பரப்படர்த்தி B-யில் மின் பரப்படர்த்தியைவிடக்

குறைவு. ஒரு கூரிய புள்ளி C-யில் வளைவு ஆரம் நீசமாகவும் மின்பரப்படர்த்தி உச்சமாகவும் உள்ளது. மின்னூட்டக்கடத்தியின் மேற்பரப்பில் கூரிய முனைகள் இருந்தால் அவைகளில் மின்னூட்டம் மிக அதிகமாக இருக்கும். மேற்பரப்பில் கூர்மையான முனைகளையுடைய ஒரு மின்னூட்டக்கடத்தி வெகு விரைவிலேயே தன் மின்னூட்டத்தை இழக்கின்றது என்பது சோதனைமூலம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. கூரிய முனைகளில் வந்து சேரும் காற்று நுண் துகள்கள் அதே மின்னூட்டத்தைப் பெற்று விலகுவதே இதற்குக் காரணம். காற்று நுண் துகள்கள் கூர்மையான முனைகளிலிருந்து மின்னூட்டத்தை இடைவிடாது எடுத்துச் சென்று விடுகின்றன. ஒரு கடத்தியின் கூர்மையான



படம் : 171

முனைகளிலிருந்து உண்டாகும் இந்த மின்னூட்டக் கசிவிற்கு முனை செயல் என்று பெயர். இதைப் பல சோதனைகளால் நிரூபிக்கலாம். கூர்மையான முனையுடன் அமைந்த ஒரு கடத்தியை விம்ஷர்ஸ்ட் பொறியுடன் இணைக்கக் காற்று மூலக்கூறுகளை மிகவேகமாக எதிர்த்துத் தள்ளும் அளவிற்கு அம் முனைகளில் மின்னூட்டச் செறிவு அதிகமாக உள்ளது. காற்று மூலகங்கள் விரைந்து சென்று எரியும் மெழுகுவர்த்தியை அணைத்துவிடுகின்றன.

மின்னல் தடுப்பான்

(Lightdning arrester)

மின்னல் தடுப்பான்களின் உச்சியிலுள்ள கூரிய முனைகளின் மின் விலக்கச் செயலின் காரணமாக உள்ளதே அவைகளின் செயலாகும். மின்னல் தாக்கிக் கட்டடங்கள் கேடுறுமல் தடுக்க அவைகளின் உச்சியில் மின்னல் தடுப்பான்கள் பொருத்தப்படுகின்றன. அவை கட்டட உச்சியிலிருந்து அடிக்குச் செல்லும் ஒரு தாமிர அல்லது இரும்புத்தண்டைக் கொண்டன. அத்தண்டின் உச்சியில் பல கூர்மையான முனைகளும் அடியில் தரை இணைப்புத்தகடு ஒன்றும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. தரை இணைப்புத் தகடு எப்போதும் ஈரமாக இருக்கும்பொருட்டுப் பூமிக்கடியில் அதிக ஆழத்தில் புதைக்கப்பட்டு இருக்கின்றது.

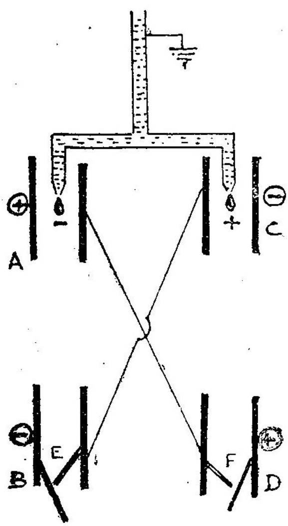
ஒரு பரப்பின்மேல் பொதுவாக நேர்மின்னூட்டமுடைய இடி மேகம் தோன்றும்போது கடத்திகளில் எதிர்மின்னூட்டம் தூண்டப்படுகிறது. இது தோற்றுவிக்கும் ஒரு பெரிய மின் அழுத்த வேறு

பாட்டால் அந்த மேகம் ஒரு மின்னல் மூலம் மின் நீக்கமடைகிறது. குறிப்பாக உயரமான கட்டடங்களே மின்னல் தாக்கக்கூடிய அபாயத்திற்குள்ளாகின்றன. உயரமான கட்டடங்களில் மின்னல் கடத்திகளைப் பொருத்துவதால் இது தவிர்க்கப்படுகிறது. மேலே நேர்மின்னூட்ட மேகம் தோன்றும்போது மின்னற் கடத்திகளின் முனைகளில் தூண்டப்பட்ட எதிர் மின்னூட்டம் செறிந்திருக்கும். முனைகளின் விளைவால் நேர் மின்னூட்ட மேகத்தை நோக்கி எதிர்த்துத் தள்ளப்படும் காற்று மூலகங்களின் மூலம் மின்னூட்டம் தொடர்ச்சியாகக் கசிகிறது. இவ்வாறு மேகத்தின் நேர் மின்னூட்டம் ஈடுசெய்யப்பட்டு அது தொடர்ச்சியாக மின்நீக்கம் செய்யப்படுகிறது. மின்னல் தவிர்க்கப்படுகிறது. இம்முறையில் மின்னலைத் தடுக்க முடியாவிடில் அது மேகத்திற்கும் மின்கடத்திக்குமிடையே தோன்றி, கட்டடத்திற்கு எந்தவித ஊறுமின்றி மின்தடை குறைவான மின்கடத்திவழியே கீழே தரைக்குச் சென்றுவிடும்.

2. தூண்டற் பொறிகள்

கெல்வின் நீர் சொட்டி

இஃது ஒரு சிறிய மின்னூட்டத்திலிருந்து தூண்டல் மூலமாக அதிக அளவு மின்னூட்டம் தோற்றுவிக்கும் தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது. இது படத்திலுள்ளது போல் நேரடியாக இணைக்கப்பட்ட A, B, C, D என்ற நான்கு மின்காப்பு உலோகக் குழாய்களைக் கொண்டது. B, D என்ற கீழ்க் குழாய்களில் E, F என்ற உலோகப் புனல்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. தரை இணைப்புள்ள உலோகக் குழாயிலுள்ள இரு நுண் துவாரங்களின்வழியே நீர் சொட்டுகிறது.



படம் 172

A குழாய்க்கு நேர் மின்னூட்டுக. அதன் புறமுள்ள நீர்த்துளி தரை இணைக்கப்பட்டதால் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்றுள்ளது. அந்த நீர்த்துளி புனலில் விழும்போது தன் எதிர் மின்னூட்டத்தை B-க்குக் கொடுக்கிறது. இந்த எதிர்மின்னூட்டத்தைக் குழாய் C-யும் பகிர்ந்து கொள்கிறது. C-யின் உட்புறமுள்ள நீர்த்துளி தூண்டல் மூலம் நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெற்று, அது புனல் F-ல் விழும் போது D-க்கு அளிக்கிறது. D-யின் நேர் மின்னூட்டத்தை A-யும் பகிர்ந்து கொள்கிறது. இவ்வாறு A, D அமைப்பிலுள்ள நேர் மின்னூட்டமும் B, C அமைப்பிலுள்ள எதிர்மின்னூட்டமும் கணிசமாக அதிகரித்த பிறகு மின்னுமிழ்வுக் குறடால் ஒரு கனத்த மின்னுமிழ்வை உண்டாக்க முடியும்.

விம்ஷர்ட் பொறி

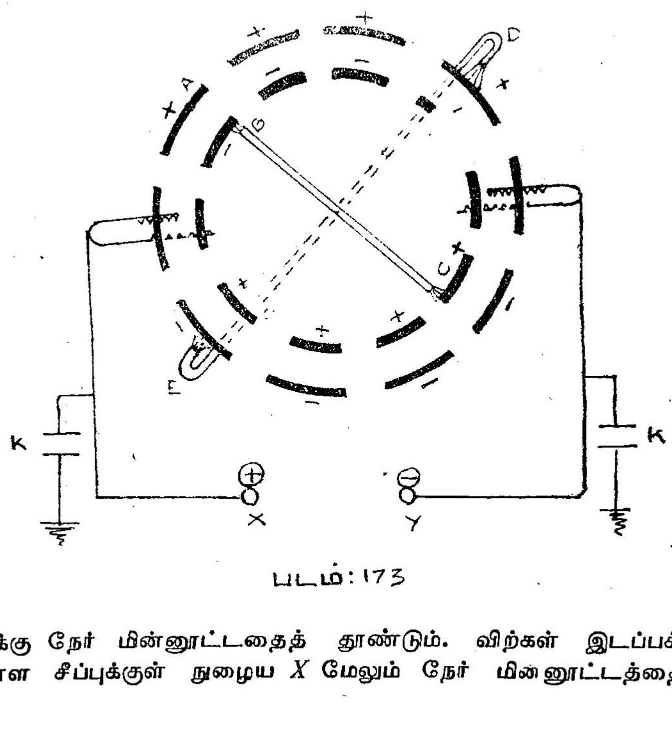
இஃது ஓர் இடை அச்சில் எதிரெதிர்த் திசைகளில் சுழலுமாறு மிக நெருக்கமாக வைக்கப்பட்ட இரு ஷெல்லாக் வார்னிஷ் பூசப்பட்ட கண்ணுடித் தட்டுகளை உடையது. தட்டுகளின் வெளிப்புறங்களில் பல உலோக வட்டக் கோணப் பகுதிகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. முன் தட்டில் உள்ள வட்டக் கோணப் பகுதிகள் உட்புற உடைந்த வட்டத்தாலும், பின் தட்டிலுள்ள வட்டக்கோண பகுதிகள் வெளிப்புற உடைந்த வட்டத்தாலும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. தகடுகளுக்குமுன் நீட்டிக்கொண்டிருக்கும் பல கூர் முனைகளை உடைய U வடிவக் கடத்திகள் இரண்டும் உள்ளன. இவைகளுக்குச் சீப்புகள் என்று பெயர். இவைகள் X, Y என்ற பொறியின் இரு முனைகளுடனும், மின்னூட்டங்களை அதிகமாகச் சேகரிக்கும் மின் தேக்கிகள் K, K-யின் உட்பூச்சுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சீப்புகளுக்கு 45° கோணத்தில் முன் தகட்டின் குறுக்கே B, C என்ற ஓர் உலோகத்தண்டு உள்ளது. BC-யின் முனைகளிலுள்ள உலோகப் புருசுகள் தகடு சுழலும்போது வட்டக் கோணப் பகுதிகளை வருடும். பின் தகட்டின் குறுக்கு BC-க்குச் செங்குத்தாக DE என்ற ஓர் உலோகத்தண்டு உள்ளது. அதன் முனைகளிலும் உலோகப் புருசுகள் பொருத்தப்பட்டுப் பின் தட்டில் உள்ள வட்டக்கோணப் பகுதிகளைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். BC-யும் DE-யும் தரையுடன் இணைக்கப்பட்டவை. முன்தட்டுக் கடிகார ஓட்டத் திசையில் சுழலும்போது பின்தட்டுக் கடிகார ஓட்டத்திற்கு எதிர்த்திசையில் சுழலுகிறது.

ஆரம்பத்தில் பின் தட்டில் உள்ள வட்டக்கோணப் பகுதிகள் ஒரு சிறிய நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருக்கட்டும். வட்டக் கோணப் பகுதி A, கடத்தி BC-யில் ஓர் எதிர்மின்னூட்டத்தை B-யிலும், நேர்மின்னூட்டத்தை C-யிலும் தூண்டும். வட்டக் கோணப்பகுதிகள் B எதிர் மின்னூட்டங்களுடன் வலக்கைப் பக்கம் நகரும். F-ஐ அடைந்ததும் தண்டு DE-ல், D நேர் மின்னூட்டத்தையும், E எதிர்மின்னூட்டத்தையும் தூண்டப்பெறுகின்றன. முன் புறமுள்ள வட்டக்கோணப் பகுதிகள் வலப்புறமுள்ள சீப்பினுள் சென்று கூரிய முனைகளால் நேர் மின்னூட்டத்தைத் தூண்ட Y முனை எதிர் மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது. கூரிய முனைகளில் உள்ள மின்னூட்டச் செறிவு காற்றிலுள்ள தூசி துகள்களை ஈர்த்து, மின்னூட்டி எதிர்த்துத் தள்ளக்கூடிய அளவுக்கு அதிகமாக இருக்கும். எதிர்த்துத் தள்ளப்பட்ட நேர் மின்னூட்டக் காற்றுத் துகள்கள் எதிர் மின்னூட்ட வட்டக்கோணப்

பகுதிகளை நோக்கிச் சென்று ஈடு செய்யப்பட்ட சீப்பிலிருந்து வட்டக்கோணப் பகுதிகள் மின் நீக்கப்பட்டு வெளிவருகின்றன.

முன்புற வட்டக்கோணப் பகுதிகள் C-யை அடையும்போது நேர் மின்னூட்டப்பட (நேரடித் தொடர்பின் மூலம்) G-யை அடைந்ததும் DE தண்டின் E-ல் எதிர் மின்னூட்டத்தையும் D-யில் நேர் மின்னூட்டத்தையும் தூண்டுகின்றன. இந்த வட்டக் கோணப் பகுதிகள் சீப்பில் நுழையும்போது கூரிய முனைகளில் எதிர்மின்னூட்டத்தையும் X முனையில் நேர் மின்னூட்டத்தையும் தூண்டுகின்றன. புள்ளிகளின் செயலால் வட்டக்கோணப்பகுதிகள் சீப்பிலிருந்து மின் நீக்கம் செய்யப்பட்டு வெளிவருகின்றன. மீண்டும் முன்புற வட்டக்கோணப் பகுதிகள் B-யை அடையும் போது எதிர்மின்னூட்டத்தை அடைந்து மேற்கூறிய முறை திரும்ப நடைபெறுகிறது.

மின் தட்டைக் கவனிக்கும்போது வட்டக் கோணப் பகுதிகள் D-ல் நேர் மின்னூட்டப் பெற்று இடப்பக்கம் வருகிறது. A-ல் வட்டக்கோணப்பகுதிகள் B-க்கு எதிர் மின்னூட்டத்தைத் தூண்ட



படம்: 173

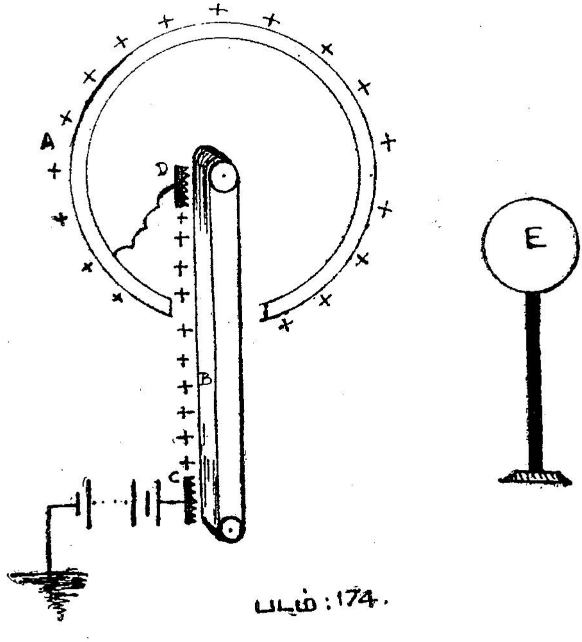
C-க்கு நேர் மின்னூட்டதைத் தூண்டும். விற்கள் இடப்பக்க முள்ள சீப்புக்குள் நுழைய X மேலும் நேர் மின்னூட்டத்தைப்

பெறுகிறது. வட்டக்கோணப் பகுதிகள் சீப்பிலிருந்து மின் நீக்கப் பட்டு வெளி வந்து E-ல் எதிர் மின்னூட்டப்படுகிறது. H-ஐ அடைந்தவுடன் வட்டக் கோணப் பகுதிகள் CD-ல் மின் தூண்டு கின்றன. வட்டக்கோணப் பகுதிகள் வலக்கை சீப்பினுள் நுழையும் போது y முனை மேலும் எதிர் மின்னூட்டப்படுகிறது. இந்தச் செயல் மீண்டும் நடைபெறுகிறது.

இவ்வாருக இத் தகடுகளின் சுழற்சியின் விளைவாக X ஒரு வலிவான நேர்மின்னூட்டத்தையும் Y ஒரு வலிவான எதிர்மின் னூட்டத்தையும் பெறுகின்றன. பொறியை இயக்க A-க்கு முதலில் ஒரு மின்னூட்டத்தைக் கொடுக்கவேண்டும் என்று கொள்ளப் பட்டது. ஆனல் நடைமுறையில் வெவ்வேறு பகுதிகளுக் கிடையேயுள்ள சிறு மின்னழுத்த வேறுபாடே பொறியை இயக்கப் போதுமானதாய் உள்ளது. X-க்கும் Y-க்கு மிடையே கிடைக்கக் கூடிய மின்னழுத்த வேறுபாடு 50000 வோல்ட்டுக்கும் அதிக மாக இருக்கும்.

வாண்டிகிராப் மின்னியற்றி

இஃது அதிக மின்னழுத்தத்தைப் பெற உதவுகிறது. இது மின் காப்புத் தூண்களால் நிறுத்தப்பட்டுள்ள ஒரு கூரான உலோகக்



படம்: 174.

கோளம் *A*-யைக் கொண்டது. *B* என்ற ஒரு ரப்பர் பெல்ட் உச்சியிலும் அடியிலுமுள்ள இரு கப்பிகளின் மேல் நகருகின்றது. *C*-யும் *D*-யும் கூரிய முனைகளையுடைய உலோகச் சீப்புகளாகும். ஒரு மின்கல அடுக்கின் நேர்மின்வாய் *C*-யுடனும் எதிர் மின்வாய் தரையுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு மின் மோட்டார் பெல்ட்டைச் சுழற்றுகின்றது.

சீப்பு *C*-யில் உள்ள மின்னூட்டம் அதன் கூரிய முனைகளில் செறிந்திருக்கின்றது. *C*-யின் கூரிய முனையுடன் தொடர்புடைய காற்று மூலங்களும் தூசி துகள்களும் நேர் மின்னூட்டப் பெற்றுப் பெல்ட்டை நோக்கி விலக்கித்தள்ளப்படுகின்றன. பெல்ட் நேரடித் தொடர்பால் நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெறுகின்றது, பெல்ட் *D*யை அடையும்போது *D*-சீப்பில் எதிர் மின்னூட்டத்தைத் தூண்டவே கோளம் நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெறுகின்றது. கோளம் பெற்ற நேர் மின்னூட்டம் அதன் வெளிப் பரப்பின்மீது பங்கிடப் படுகிறது. பெல்ட் சுழல மேலும் மேலும் நேர் மின்னூட்டங்கள் கோளத்தின் மேற்பரப்பின் மீது சேர்கின்றன. சீப்பு *D*-யின் கூர்முனைகளில் செறிந்துள்ள எதிர் மின்னூட்டங்கள் புள்ளிகளின் செயலால் பெல்ட்டின்மீது பரவுகின்றன. எதிர் மின்னூட்டம் கீழிறங்கும் பெல்ட்டின் வழியே கீழே கொண்டுசெல்லப்பட்டு, பெல்ட்டின் கீழ்ப்பகுதி தரையுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளதால் தரைக்கு அனுப்பப்படுகின்றன. இவ்வாறு *D*-ல் உள்ள எதிர் மின்னூட்டம் மின்னுமிழ, கோளம் *A*-யின் வெளிப்பரப்பின் மீதுள்ள நேர் மின்னூட்டம் அதிகரிக்கின்றது. ஒரு மின்காப்புத் தண்டு பொருத்தப்பட்ட கோளக் கடத்தியை (*E*) மின்னூட்டக் கோளம் *A*-யின் அருகில் வைத்தால் *A*-யிலிருந்து *E*-க்கு ஒளி மிக்க தீப்பொறி ஒன்று செல்கிறது. சீப்பு *C*-க்கு ஒரு மின்னியற்றி மூலம் வழக்கமாக மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. 1000 வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்தால் 5,000,000 வோல்ட்டைப் போன்ற அதிக மின்னழுத்தம் கிடைக்கும். இவ்வதிக அளவு மின் அழுத்தம் அணுக்கரு பௌதிகத்தில் பயன் படுத்தப்படுகின்றது.

3. மின்தேக்கிகள்

மின் தேக்குத் திறன்

ஒரு கடத்தியின் ஒரு மின்னூட்டத்தால் தோன்றும் மின்னழுத்தம் அக் கடத்தியின் அளவைப்பொருத்து மாறும். ஆரம் r உள்ள கோளக் கடத்திக்கு Q என்ற மின்னூட்டத்தைக் கொடுத்தால் கடத்தியின் மின்னழுத்தம்,

$$V = \frac{Q}{r}$$

50 நிலை மின்னலகுகளுடைய ஒரு மின்னூட்டத்தை 5 செ.மீ. ஆரமுள்ள கோளத்திற்குக் கொடுத்தால் கோளத்தின் மின்னழுத்தம் $= \frac{50}{5} = 10$ நிலை மின்னலகுகள் ஆகும். அதே மின்னூட்டத்தை 25 செ.மீ ஆரமுள்ள கோளத்திற்குக் கொடுத்தால் அதன் மின்னழுத்தம் $= \frac{50}{25} = 2$ நிலை மின்னலகுகள். இரண்டாம் கோளத்தை முன்னதன் மின்னழுத்தத்திற்கு உயர்த்த (10 நிலை மின்னலகுக்கு உயர்ந்த) 250 நிலை மின்னலகு மின்னூட்டத்தைக் கொடுக்க வேண்டும். 5 செ.மீ. ஆரமுள்ள கோளத்தைக் காட்டிலும் 25 செ.மீ ஆரமுள்ள கோளம் அதிக மின் தேக்குத் திறன் உள்ளது என்பது தெளிவு. ஒரு கடத்திக்குக் கொடுக்கப்பட்ட மின்னூட்டத்திற்கும் அதனால் கடத்தியில் தோன்றும் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள தகவு அக் கடத்தியின் மின் தேக்குத்திறன் (C) எனப்படும்.

$$\text{மின் தேக்குத் திறன்} = \frac{\text{மின்னூட்டம்}}{\text{மின்னழுத்தம்}} \therefore C = \frac{Q}{V}$$

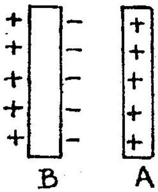
கடத்தியில் ஓர் அலகு மின்னழுத்தம் உண்டாக்கத் தேவையான அளவு மின்னூட்டம் அக் கடத்தியின் மின்தேக்குத் திறன் என்றும்

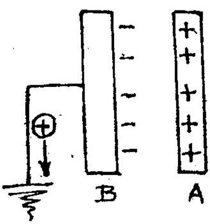
கூறலாம். மேற்கூறியதில் 250 அலகு மின்னூட்டம், மின் அழுத்தத்தை 10 அலகு உயர்த்திற்று. ஆகையால் கோளக் கடத்தியின் மின் தேக்குத் திறன் $= \frac{250}{10} = 25$. ஒரு கோளக் கடத்தியின் மின் தேக்குத் திறன் அதன் ஆரத்திற்குச் சமம் என்பதைக் காணலாம்.

காற்றில் ஒரு கடத்தியின் மின் தேக்குத் திறன் C யானல் அது கண்ணாடி, மைக்கா, மெழுகு போன்ற மின் கடவாப் பொருளால் சூழப்படும்போது அதன் மின் தேக்குத் திறன் KC யாகும். K என்பது மின் கடவாப் பொருளின் மாறிலியாகும்.

மின் தேக்கிகள் (Condensers)

ஒரு கடத்தியின் மின் தேக்குத் திறன் அதன் பரிமாணங்களை மட்டுமன்றிச் சுற்றி அருகேயுள்ள கடத்திகளையும் பொருத்தது. A என்ற மின் காப்பிடப்பட்ட உலோகத் தட்டை விம்ஷர்ட் பொறியுடன் இணைத்து $+V$ என்ற மின்னழுத்தத்திற்கு மின்னூட்டுக.





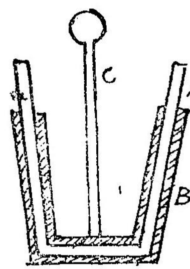
படம் : 17S

இந்த மின்னழுத்தம் வெகு தொலைவிலிருந்து தகட்டின் மேற்பரப்பு வரை A-யிலுள்ள மின்னூட்டத்தின் எதிர்ப்பு விசைக்கு எதிராக ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டத்தைக் கொண்டுவர நடைபெறும் வேலையைக் குறிக்கும். மற்றொரு உலோகக் காப்பிடப்பட்ட மின் தகடு B-யை A-க்கு அருகில் கொண்டுவர, A-க்கு அருகிலுள்ள B-யின் பக்கத்தில் எதிர் மின்னூட்டமும், அடுத்த பக்கத்தில் நேர் மின்னூட்டமும் தூண்டப்படுகின்றன. இப்பொழுது B-யைத் தரை இணைக்க B-யிலுள்ள நேர் மின்னூட்டம் மறைகின்றது. எதிர் மின்னூட்டம் மட்டும் எஞ்சி நிற்கின்றது. இப்பொழுது B-யில் உள்ள எதிர் மின்னூட்டத்தால், ஒரு நேர் மின்னூட்டத்தை வெகு தொலைவிலிருந்து A-யின் மேற்பரப்புவரை கொண்டுவரத் தேவையான வேலை முன்னதைவிடக் குறைவாக இருக்கும் என்பது நிச்சயம். ஆகையால் A-யின் மின்னழுத்தம் குறைக்கப்படுகிறது. இது கடத்தியின் மின்தேக்குத் திறனில் ஓர் ஏற்றத்தை உண்டாக்கும். இவ்வாருகத் தரையிணைக்கப்பட்ட ஒரு கடத்தியினுல் மின்தேக்குத் திறனை அதிகரிக்கலாம். மின் தேக்குத் திறனை

அதிகரிக்கும் இத்தகைய ஒரு அமைப்புக்கு மின் தேக்கி என்று பெயர். ஒரு மின்காப்பிடப்பட்ட தகட்டையும் தரையிணைக்கப்பட்ட தகட்டையும் கொண்ட மின் தேக்கியே மிக எளிய மின் தேக்கியாகும். இரு தகடுகளுக்கும் பூச்சுகள் என்னும் இடையேயுள்ள மின்காப்பு ஊடகத்திற்கு (dielectric) மின்கடவாப் பொருள் என்று பெயர். இரு பூச்சுகளுக்கிடையே ஒரு அலகு மின்னழுத்த வேறுபாட்டை நிலைநிறுத்த வழங்கும் மின்சாரத்தின் அளவைக் கொண்டு ஒரு தேக்கியின் மின் தேக்குத் திறனைக் கணக்கிடலாம். மின் கடத்தியின் மின் தேக்குத் திறன் (1) கடத்தும் தகடுகளின் பரப்பையும், (2) அவைகளுக்கு இடையே உள்ள தூரத்தையும், (3) அவைகளைப் பிரிக்கும் மின் கடவாப் பொருளையும் பொருத்தது. ஒரு மின் தேக்கியின் மின் தேக்குத் திறன் தகடுகளின் பரப்பிற்கு நேர்விகிதத்திலும் அவைகளுக்கிடையே யுள்ள தூரத்திற்கு எதிர் விகிதத்திலும் அமையும். இரு தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள மின்கடவாப் பொருள் இரு தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள ஊடகமானால் மின் தேக்குத்திறன் KC ஆகும்.

லெய்டன் ஜாடி

ஒரு கண்ணாடி ஜாடியின் அடிப் பாகமும் ஜாடியின் முக்கால் உயரத்திற்கு உட்புறமும் வெளிப் புறமும் வெள்ளீயத் தகடு வேயப்பட்டுள்ளது. வெள்ளீயப் பூச்சுகள் மின் தேக்கியின் தகடுகளாகும். இடையிலுள்ள கண்ணாடி மின் கடவாப் பொருளாகும். உச்சியில் குமிழ் பொருத்தப்பட்ட ஒரு நிக்கல் தண்டு உட் பூச்சைத் தொடுமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த ஜாடியை மேஜைமேல் வைக்கும்போது வெளிப்பூச்சு தரையுடன் இணைக்கப்படுகிறது. விம்ஷர்ட் பொறியின் ஒரு துருவத்தோடு நிக்கல் தண்டை இணைத்து லெய்டன் ஜாடியை மின்னூட்டுக. உட் பூச்சு பொறியிலிருந்து நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெற அதற்குச் சமமான எதிர் மின்னூட்டம் வெளிப்பூச்சின் உட்புறம் தூண்டப்படுகிறது. வெளிப்பூச்சின் வெளிப்புறமுள்ள நேர் மின்னூட்டம் தரைக்குச் சென்று விடுகிறது. இந்த மின்னூட்டங்கள் கண்ணாடியின் உட்புறத்திலும் வெளிப்பரப்பிலும் உள்ளன. இந்த மின் தேக்கி மின்னூட்டங்களைச் சேகரித்து வைக்கிறது. ஒரு மின்னுமிழ் இடுக்கியின் குமிழ்களைக் கொண்டு வெளிப் பூச்சையும் நிக்கல் தண்டின் குமிழையும் தொட்டால் ஒரு ஒளி மிகு தீப்பொறி தோன்றி



படம் : 176

லெய்டன் ஜாடி மிக அதிகமான மின்னூட்டத்தைத் தேக்கி வைத் திருப்பதைக் காட்டும்.

முழு செங்குத்துத் தூண்டல் (Normal Induction)

ஒரு புள்ளியின் புலவலிமை என்பது அப் புள்ளியிலுள்ள ஒரு நேர் மின்னூட்டத்தின் மீது செயல்படும் விசையாகும். வலிமை யின் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள ஒரு சிறிய பரப்பின்மீது வலிமை மாறிலி யானுல் பரப்பு × வலிமை = முழு செங்குத்துத் தூண்டல் ஆகும்.

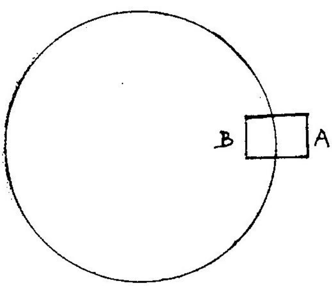
காஸ் தேற்றம்

$+Q$ அலகுகள் மின்னூட்டமுள்ள Q-விலுள்ள பொருளைச் சுற்றி மூடியிருக்கும் ஒரு மேற்பரப்பில் முழுச் செங்குத்துத் தூண்டல் உட்புறமுள்ள மின்னூட்டத்தின் 4π மடங்காகும்.

மூடிய மேற்பரப்பில் முழு செங்குத்துத் தூண்டல் $= 4\pi Q$.

கூஓம் தேற்றம் : (Coulomb's Theorem)

மின்னூட்டப் பரப்பிற்கு வெகு அருகிலுள்ள ஒரு புள்ளி P-யில் மின்புல வலிமையைக் கண்டுபிடிக்க முனைகள் A-யும் B-யும் மிக அருகிலும், மின்னூட்டப் பரப்பிற்கு இணையாகவும் அமைந்த ஒரு மிகச்சிறிய நீள் உருளைப் பரப்பை (AB) கற்பித்துக் கொள்ள வேண்டும். A-முனை மின்னூட்டப் பரப்பிற்கு வெளியிலும் B-முனை உட்புறமும் அமைந்துள்ளன. ஒரு மின்னூட்டமுள்ள உள்ளீடற்ற கோளத்தின் உட்புறத்தில் புலவலி சூன்யமாகும். நீள் உருளையின் பக்கங்களினூடே முழு செங்குத்துத் தூண்டல் சூன்யம் என்பது தெளிவு. நீள் உருளையின் A-முனை யினிடை மட்டுமே ஒரு முழு செங்குத்துத் தூண்டலிருக்கும். A-யில்



படம் : 177

உள்ள P-யில் மின்விசை F-ம், நீள் உருளையின் முனைகளின் பரப்பு a-யும் ஆனுல் நீள் உருளையின் மூடிய மேற்பரப்பின் மீதுள்ள முழு செங்குத்துத் தூண்டல் $= F \times a$.

மின்னூட்டப் பரப்பின் மின்பரப்படர்த்தி σ-வானுல், காஸ் தேற்றப்படி மூடிய மேற்பரப்பின் மீதுள்ள முழு செங்குத்துத் தூண்டல் $4\pi a\sigma$-க்குச் சமமாகும்.

$$\therefore\ Fa = 4\pi a\sigma$$

அல்லது $F = 4\pi\sigma$.

நிலைமின்னமுக்கம் (Electrostatic pressure)

மின்னூட்டக் கடத்தியிலுள்ள ds-என்ற சிறு பரப்பிற்கு மிக நெருக்கமாக P, Q-என்ற இரு புள்ளிகள் உள்ளன. P-யில் உள்ள புலவலி F-என்பது ds-ல் உள்ள மின்னூட்டத்தினுல் தோன்றும் பகுதியும் கடத்தியின் மிகுதியிலுள்ள மின்னூட்டத்தினுல் தோன்றும் பகுதியும் சேர்ந்தது. இப்பகுதிகள் f_1-ம் f_2-ம் ஆனுல்,

$$F = f_1 + f_2 = 4\pi\sigma.$$

Q-ல் ds-ன் மின்னூட்டத்தினுல் தோன்றும் புலவலி, திசை மாற்றப்பட்ட கடத்தியின் மிகுதியிலுள்ள மின்னூட்டத்தினுல் தோன்றும் மின்னூட்டம் மாருமலிருக்கும். Q-உள்ளிருப்பதால் புலவலி சூன்யமாகும்.

$$\therefore -f_1 + f_2 = 0$$

$$f_1 = f_2 = \frac{F}{2} = 2\pi\sigma$$

ds-என்ற பரப்பு கடத்தியினின்றும் பிரிக்கப்பட்டு மிகுதிக் கடத்தியின் புலத்தில் வைக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். புலவலி f_2-என்பது ds-ல் உள்ள ஓர் அலகு மின்னூட்டத்தின் மீது செயற்படும் மின்கடத்தியின் விசையாகும். ஆனுல் ds-ல் உள்ள மின்னூட்டம் $= ds\sigma$

$$\therefore\ ds\text{-ல் உள்ள விசை} = f_2 \times ds.\,\sigma = 2\pi\sigma.\,ds.\sigma$$

$$= 2\pi\sigma^2 ds$$

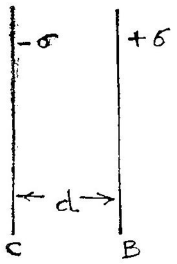
$$\therefore\ 1 \text{ அலகு பரப்பின் விசை} = 2\pi\,\sigma^2.$$

பரப்பின் செங்குத்துக் கோடு வழியே இவ் விசை வெளி நோக்கிச் செயற்படுவதால் பரப்பின் ஒவ்வோர் அலகுப் பரப்பும் $2\pi\sigma^2$-மதிப்புள்ள வெளி இழுவிசையைப்பெறும்.

இணைத்தகடு மின்தேக்கி (Parallel plate Condenser)

d-இடைவெளியிலுள்ள B, C-என்ற இணையான இரு தகடுகளையுடைய இணைத்தகடு மின்தேக்கியைக் கவனிப்போம். B-என்ற தகடு முழுமையாக மின்னூட்டப்படும்போது B-ல் உள்ள

மின்னூட்டத்தின் மின் பரப்படர்த்தி σ-ஆனால் தரையிடப்பட்ட தகடு C-யின் உட் பரப்பில் மின் பரப்படர்த்தி—σ. இடைவெளியில் சுய தூண்டு மின் தேக்குத்திறன் k உள்ள ஒரு மின் கடவாப் பொருள் உள்ளது. ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டத்தை ஒரு தகட்டிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு எடுத்துச் செல்லத் தேவையான புலவலிமை மற்றும் தகடுகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகைக்குச் சமம். F-என்பது புலவலிமையானால்,



$$V = F \times d.$$

படம்: 178

கூலூம் தேற்றப்படி தகடுகளுக்கிடையே வைக்கப்பட்ட ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டத்தை B-என்ற தகடு, $2\pi\sigma$ என்ற விசையால் எதிர்க்க C ஒரு சம விசையில் ஈர்க்க அலகு நேர் மின்னூட்டத்திலுள்ள விசை $= 4\pi\sigma$.

∴ ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டத்தை ஒரு தகட்டிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு நகர்த்த நடைபெறும் வேலை

$$V = Fd = 4\pi\sigma d.$$

$$\text{மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்} = \frac{\text{மின்னூட்டம்}}{B\text{-க்கும் } C\text{-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு}}.$$

$$c = \frac{A\sigma}{4\pi\sigma d} = \frac{A}{4\pi d}.$$

A-என்பது ஒவ்வொரு தகட்டின் பரப்பாகும்.

கோள மின் தேக்கி :

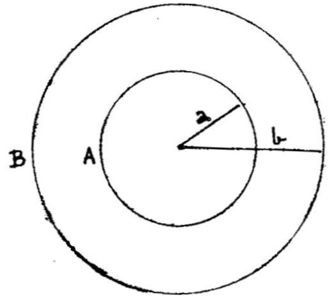
இம் மின்தேக்கி a, b-ஆரங்களுள்ள ஒரு மைய இருகோளங்களை உடையது. A-யின் $+Q$ மின்னூட்ட தரையிணைக்கப்பட்ட B-யில் உட்பரப்பில் $-Q$ மின்னூட்டம் தூண்டப்படுகிறது. $-Q$ மின்னூட்டத்தால் வெளிக் கோளத்தின் மின்னழுத்தம், $= \frac{-Q}{b}$.

$+Q$ மின்னூட்டத்தால் உட்கோள மின்னழுத்தம், $= \frac{+Q}{a}$.
உட்கோளத்தின் விளைவு மின்னழுத்தம்,

$$V = \frac{Q}{a} - \frac{Q}{b} = Q\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)$$

$$= \frac{Q(b-a)}{a\,b}$$

$\therefore$ மின் தேக்குத்திறன் $C = \frac{Q}{v} = \frac{a\,b}{(b-a)}$



படம் : 179

நீள் உருளை மின் தேக்கி :

இது a, b ஆரங்களுள்ள ஒரே அச்சுள்ள l நீளமான இரு நீள் உருளைகளைக் கொண்டது. ($b > a$). உள் உருளையை மின்னூட்டி, வெளி உருளையைத் தரை இணைத்தால்,

$$\text{மின்தேக்குத்திறன் } C = \frac{l}{(2\log b/a)}$$

எந்தக் காற்று மின்தேக்கியிலும் இடை வெளியைச் சுய தூண்டு தேக்குத்திறன் K உள்ள மின்கடவாப் பொருள் நிரப்பினால் மின் தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன் K மடங்கு அதிகரிக்கும். ஒரு நீள் உருளை மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

$$= \frac{Kl}{2\log b/a}$$

பக்க இணைப்பு (அடுக்கு) மின்தேக்கிகள் :

பல லெய்டன் ஜாடிகளைப் போன்ற மின்தேக்கிகளின் உட்பூச்சுகளை ஒரு கம்பியால் ஒன்றாகவும், அதைப்போல வெளிப் பூச்சுகளையும் மற்றொரு கம்பியால் ஒன்றாகவும் இணைக்கும்போது மின்தேக்கிகள் பக்க அடுக்கு முறையில் இணைக்கப்படுகின்றன. மின்தேக்கிகளுக்குக் கொடுக்கப்பட்ட Q மின்னூட்டம் அவைகளின் மின்னழுத்தத்தை V-க்கு உயர்த்தினால் $Q = VC$. C-என்பது இவ்வமைப்பின் மொத்த தேக்குத்திறனைக் குறிக்கும். ஒவ்வொரு மின்தேக்கியின் மின்னூட்டங்களும் Q_1, Q_2, Q_3 ஆகவும் இருக்கட்டும். மின் தேக்கிகள் அனைத்தும் ஒரே மின்னழுத்தத்தைப் பெறுவதால்,

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = VC_1 + VC_2 + VC_3$$

ஆனால் $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

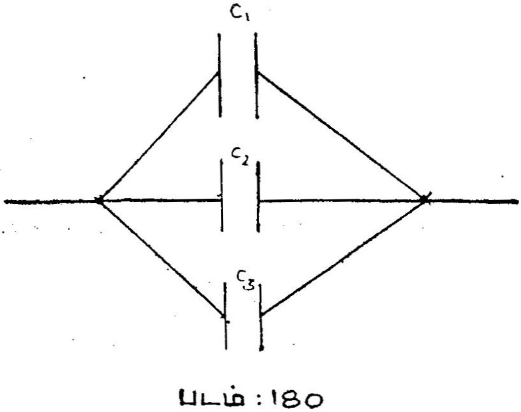
$$\therefore VC = VC_1 + VC_2 + VC_3$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

பக்க அடுக்கு மின்தேக்கிகளின் பயனுள்ள மின்தேக்குத் திறன் ஒவ்வொரு மின் தேக்கியின் மின் தேக்குத்திறனின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும்.

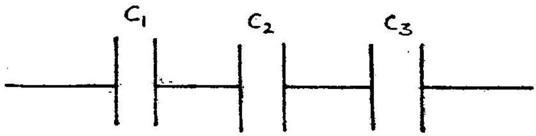
தொடர் இணைப்பு மின்தேக்கிகள் :

மின் தேக்குத்திறன் C_1, C_2, C_3 உள்ள மூன்று மின்தேக்கிகளை முதல் தேக்கியின் வெளிப் பூச்சை இரண்டாவதின் உட்பூச்சோடும், இரண்டாவதின் வெளிப் பூச்சை மூன்றாவதின் உட்பூச்



படம் : 180

சோடும் தொடரடுக்கு முறையில் இணைக்கவேண்டும். அவ்வமைப்பில் Q மின்னூட்ட அது முதல் தேக்கியின் உட்பூச்சுக்கும் தூண்டல் முறையில் அதே மின்னூட்டம் மற்ற மின் தேக்கிகளின்



படம் 181.

உட்பூச்சுகளுக்கும் செல்கின்றன. வரிசையாக மின்தேக்கிகளின் மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் V_1, V_2, V_3-யாக இருக்கட்டும்.

$$V_1 + V_2 + V_3 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

மின் தேக்கிகளின் மொத்த மின் தேக்குத்திறன் C-யானால் முதல் கடைசி மின் தேக்கிகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு V-யானால்,

$$V = \frac{Q}{C}$$

ஆனால் $V = V_1 + V_2 + V_3$

$$\therefore \frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$\therefore \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

ஃபாரட் (Farad) :

மின் தேக்கிகளின் மின் தேக்குத்திறனை பாரட் அளவில் அளக்கலாம். ஒரு மின் தேக்கியின் தகடுகளுக்கு இடையே ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைத் தோற்றுவிக்கும்போது இஃது ஒவ்வொரு தகட்டிலும் ஒரு கூலூம் மின்னூட்டத்தை உண்டாக்கினால் அந்த மின்தேக்கியின் மின் தேக்குத்திறன் ஒரு ஃபாரடாகும்.

மின் காந்த அலகு முறையில் மின்சாரத்தின் அளவு, மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் நடைமுறை அலகுகள் கூலூமும் வோல்ட்டும் ஆகும்.

1 வோல்ட் = 10^8 செ.கி.செ. மின்காந்த அலகுகள்

1 கூலூம் = $\frac{1}{10}$ செ.கி.செ மின்காந்த அலகுகள்

$$\therefore \text{ பாரட்} = \frac{\text{கூலூம்}}{\text{வோல்ட்}} = \frac{1}{10/10^8} = \frac{1}{10^8 \times 10} = \frac{1}{10^9} = 10^{-9}.$$

$= 10^{-9}$ செ.கி.செ. மின்காந்த அலகுகள். சாதாரண அளவுகளுக்குப் பாரட் மிகப் பெரியதாகையால் ஒரு பாரட்டின் இலட்சத்தில் ஒரு பங்கு பொதுவாகப் பயன்படுகிறது. இதற்கு மைக்ரோ பாரட் என்று பெயர்.

மின் தேக்கிகளின் வகைகள்

பல வெள்ளீய மென்தகடுகள் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று மெல்லிய பாரபின் ஏடுகளால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. எல்லாப் பக்கங்களிலும் பாரபின் ஏடுகள் வெள்ளீயத் தகடுகளுக்கு வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கின்றன. இவ்வமைப்பு நன்ருக அமுக்கி வைக்கப் பட்டுள்ளது. இரட்டைப்படை இலக்கமுள்ள வெள்ளீயத் தகடுகள் ஒரு மின்வாய்க்கும், ஒற்றைப்படை இலக்கமுள்ள வெள்ளீயத் தகடுகள் மற்ருெரு மின்வாய்க்கும் இணைக்கப் பட்டுள்ளன.

மாறு மின் தேக்கி

இஃது இரு அரைவட்டத் தகடுகளின் சேர்க்கைகளை உடையது. நகரும் இறகுகள் என்றழைக்கப்படும் தகடுகளின் சேர்க்கை ஒன்று ஓர் அச்சில் மற்ருெரு நிலையான தகடுகளுக்கிடையே தொடாமல் சுழலுமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. நகரும் இறகுகள் மின்தேக்கியின் ஒரு மின்வாயாகவும், நிலையான இறகுகள் மற்ருெரு மின்வாயாகவும் அமைகின்றன. அச்சைத் திருப்பினுல் நிலைத்தகடுகளுக்குள் செல்லும் நகரும் இறகுகளின் பரப்பு மாறும். அதனுல் மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன் மாற்றம் அடைய முடியும்.

மின்ருற் பகுபொருள் மின் தேக்கி

அதிகமான மின் தேக்குத் திறன் தேவையானுல் மின்ருற் பகுப்பு மின்தேக்கி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இஃது அலுமினியம் போரேட் கரைசலுக்குள் அமிழ்த்திவைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு

அலுமினியத் தகடுகளைக் கொண்டது. இரு தகடுகளையும் மின்கல அடுக்குடன் இணைக்க, மின்னாற் பகுப்பு நிகழ்ந்து நேர் மின்வாயில் ஒரு மெல்லிய அலுமினிய ஆக்ஸைடு பூச்சு பூசப்படுகிறது. இது மிக மெல்லிய மின்கடவாப் பொருளாகச் செயல்படுகிறது. இவ் வமைப்பு $\frac{KA}{4\pi d}$ மின் தேக்குத்திறனுள்ள இணைத் தகடு மின் தேக்கியாகும். மெல்லிய ஏட்டின் கனம் d சிறியதாகையால் மின் தேக்குத் திறன் பெரிதாகும்.

மின்னோட்டவியல்
(CURRENT ELECTRICITY)

1. மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்

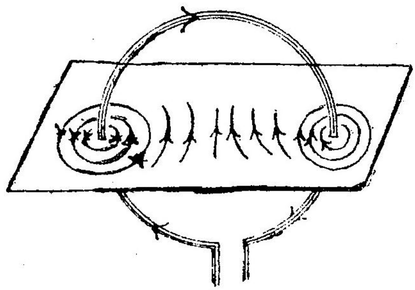
ஓர்ஸ்டின் சோதனைகள் :

மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும் ஒரு கம்பியைச் சுற்றி ஒரு காந்தப்புலம் உண்டு. ஊசி முனையிற் சுழலும் ஒரு காந்த ஊசிக்கு மேலே ஒரு நேர்க்கடத்தி கிடக்கையில் உள்ளது. கடத்தியில் ஒரு மின்னோட்டம் செல்லும்போது காந்த ஊசி விலகக் காணலாம். ஆம்பியரின் நீச்சல் விதி ஊசியின் வடமுனை விலகும் திசையைக் கொடுக்கின்றது கம்பியின் வழியாக மின்னோட்டத் திசையில், ஒரு மனிதன் தன் முகம் ஊசியை நோக்க நீந்துவதாகக் கருதினுல் அவனது இடப் பக்கம் ஊசியின் வடமுனை விலகும்.

மாக்ஸ்வெலின் சார்க் - திருகு விதி, மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும் ஒரு நேர் கடத்தியைச் சுற்றியுள்ள காந்த விசைக்கோடுகளின் திசையைக் குறிக்கின்றது. ஒரு வலக்கைத் திருகியை, அதன் முனை கடத்தியிலுள்ள மின்னோட்டத் திசையில் நகருமாறு சுழற்றினுல், திருகியின் சுழல்திசை கடத்தியைச் சுற்றியுள்ள விசைக் கோடுகளின் திசையாகும்.

வட்டக் கடத்தியிலுள்ள மின்னோட்டத்தின் காந்தப்புலம் :

ஒரு வட்டக் கடத்தியின் தளம் செங்குத்தாக வைக்கப் பட்டுள்ளது. ஓர் அட்டை, அதன் தளம் வட்டக் கடத்தியின் மையத்தின் வழியே செல்லுமாறு கிடக்கையில் நிறுத்தப் பட்டுள்ளது. மிக்க வலிவுள்ள ஒரு மின்னோட்டத்தைக் கடத்தியில் செலுத்தவேண்டும். அட்டையில் இரும்புத் தூள்களைத் தெளித்து மெதுவாகத் தட்டு. இரும்புத் தூள்கள் சில விசைக் கோடுகளில் ஒழுங்காக அமையக் காணலாம். (விசைக்கோடுகளை ஒரு காந்த ஊசியினுலும் வரையலாம்.) வட்டக் கடத்தியின் மையத்திற்கருகில் விசைக்கோடுகள் இணையாகவும் கடத்தியின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவும் உள்ளன.

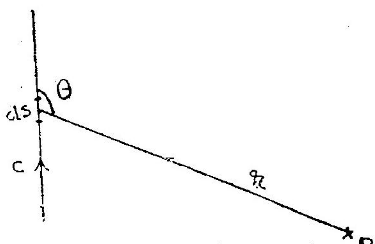


படம்: 182

எனவே, மின்னோட்டமுள்ள வட்டக் கடத்தியின் மையத்திற் கருகேயுள்ள காந்தப் புலம் சீரானது. அதன் விசைக்கோடுகள் சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ளன.

பயட்டும் சவர்ட்டும் கூறிய விதி :

மின்னோட்டமுள்ள ஒரு கடத்தியின் காந்தப் புலத்தைப் பயட்டும் சவர்ட்டும் சோதனை மூலம் அறிந்தனர். லாப்லேஸ் ஒரு சமன்பாட்டை நிறுவினர். மின்னோட்டமுள்ள ஒரு கடத்தியின் சிறு பகுதியை எடுத்துக் கொண்டால் P என்ற புள்ளியில் அச்சிறு பகுதியின் காந்தப் புலம் F, (1) அதன் நீளம் ds-க்கு நேர்விகிதப்



படம்: 183

பொருத்தமும், (2) மின்னோட்டம் C-க்கு நேர்விகிதப் பொருத்தமும் (3) அதிலிருந்து புள்ளியின் தூரத்தின் (r) இருமடிக்கு எதிர் விகிதப் பொருத்தமும், (4) அதன் மையத்திலிருந்து அப்புள்ளிக்கு வரையும் கோடு உண்டாக்கும் கோணம் θ-வின் ஸைனுக்கு நேர் விகிதப் பொருத்தமுமுள்ளது.

$$F \propto \frac{c\, d s \operatorname{Sin} \theta}{r^2}$$

P-யில் புலத்தின் திசை P, ds வழிச் செல்லும் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ளது.

l நீளமுள்ள ஒரு கம்பியை r செ. மீ. ஆரமுள்ள வில்லாக வளைத்து, c அலகுகள் மின்னோட்டத்தைக் கடத்தி வழியே செலுத்தினால் வட்ட மையத்தில் புலவலிமை,

$$F \propto \frac{c\,d\,s \operatorname{Sin} \theta}{r^2}$$

இதில் $ds = l$ செ. மீ. $\theta = 90^\circ$ $\therefore \operatorname{Sin} \theta = 1$.

$$\therefore F \propto \frac{c\,l}{r^2}$$

$$= \frac{K\,c\,l}{r^2}$$

K என்பது ஒரு மாறிலி.

$c = 1$, $l = 1$, மற்றும் $r = 1$ ஆக இருக்கும்போது $F = 1$ எனில், $K = 1$ ஆகும்.

$$\text{அஃதாவது } F = \frac{c\,l}{r^2}.$$

மின்னோட்டத்தின் அலகு :

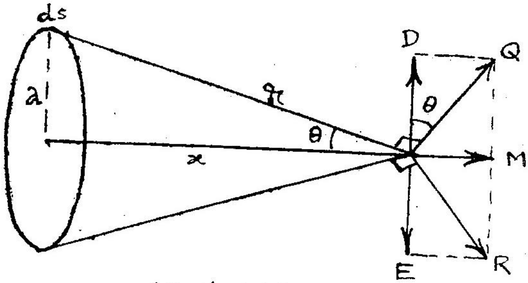
1 செ. மீ. நீளமுள்ள ஒரு கடத்தியை 1 செ. மீ. ஆரமுள்ள வட்டத்தின் வில்லாக வளைத்திருக்கும்போது, வட்ட மையத்திலுள்ள ஓர் அலகு காந்தத் துருவத்தில் ஒரு டைன் விசையைத் தோற்றுவிக்க, கடத்தியில் செலுத்தும் மின்னோட்டத்திற்கு C.G.S. மின்காந்த அலகு மின்னோட்டம் என்று பெயர். மின்னோட்டத்தின் நடைமுறை அலகான ஓர் ஆம்பியர் என்பது ஒரு C. G. S. மின்காந்த அலகின் பத்தில் ஒரு பங்காகும்.

$\frac{1}{10}$ C. G. S. மின்காந்த அலகு மின்னோட்டம் = 1 ஆம்பியர்.

மின்னோட்டமுள்ள வட்டச் சுருளின் அச்சில் ஒரு புள்ளியில் புலவலிமை :

C C.G.S. அலகுகள் மின்னோட்டம் கடத்தும் வட்டக் கடத்தியின் மையம் O என்க. சுருளின் ஆரம் a என்க. வட்டக்

கடத்தியின் அச்சில் மையத்திலிருந்து x தூரத்தில் P என்ற ஒரு புள்ளி உள்ளது. கடத்தியில் ஏதாவது ஒரு சிறு பகுதி ds எடுத்துக் கொண்டால் அப் பகுதியின் புலவலிமை P-யில் f (கொள்க) $= \frac{c\,ds}{r^2}$. புலத்தின் திசை P, ds வழி செல்லும் தளத்திற்கு செங்குத்தாக PQ வழி இருக்கும். PQ வழியே உள்ள வலிமையை PM என்ற திசையில் $f \operatorname{Sin} \theta$ என்றும் PD என்ற திசையில் $f \operatorname{Cos} \theta$ என்றும் இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்க முடியும். விட்ட எதிரில் ds என்ற மற்றொரு சிறு பகுதியை எடுத்துக் கொண்டால்



படம் : 184.

இதன் புலவலி P-யில் PR என்ற திசையில் f ஆகும். இந்த வலிமையையும் PM என்ற திசையில் $f \operatorname{Sin} \theta$ எனவும் PE என்ற திசையில் $f \operatorname{Cos} \theta$ எனவும் இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். PD, PE திசைகளிலுள்ள பகுதிகள் ஒன்றையொன்று நிராகரிக்கும். வட்டக் கடத்தி முழுவதும் இச் சிறுபகுதிகளின் இணைகளாகப் பிரிக்கப்படும். ஆகையால் P-யில் விளைவு வலிமை முழுக் கடத்தியில் உண்டாகும் $f \operatorname{Sin} \theta$ பகுதிகளின் கூட்டுத் தொகையாகும். புலத்தின் திசை வட்டக் கடத்தியின் அச்சான PM-ல் உள்ளது.

$\therefore$ P-யில் விளைவு வலிமை $= \Sigma f \operatorname{Sin} \theta$

$$= \Sigma \frac{c\,ds}{r^2} \operatorname{Sin} \theta$$

$$= \frac{c \operatorname{Sin} \theta}{r^2} \Sigma\, ds$$

ஆனால் $\operatorname{Sin} \theta = \frac{a}{r}$

$$\Sigma\, ds = 2\pi a$$

$\therefore$ விளைவு வலிமை $= \frac{c}{r^2} \cdot \frac{a}{r} \cdot 2\pi a = \frac{2\pi a^2 c}{r^3}.$

வட்டச் சுருளில் n சுற்றுகள் இருந்தால் விளைவு வலிமை $= \frac{2\pi a^2 cn.}{r^3.}$

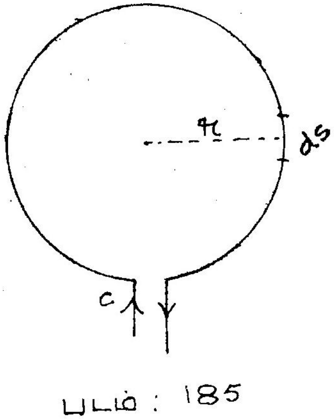
ஆனால் $r^2 = a^2 + n^2$

$\therefore$ விளைவு வலிமை $= \frac{2\pi a^2 cn}{(a^2+n^2)^{\frac{3}{2}}}$

மின்னோட்டமுள்ள வட்டச் சுருளின் மையத்தில் புலம் :

r ஆரமுள்ள வட்டச் சுருளின் மின்னோட்டம் a என்றால் கடத்தியின் சிறு பகுதி ds மையத்தில் (o) தோற்றுவிக்கும் புல வலிமை,

$$f = \frac{cds}{r^2}$$



படம் : 185

புலத்தின் திசை ds, o வழிச் செல்லும் தளத்திற்குச் செங்குத்தானதால் வட்டக் கடத்தியின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகும். முழுக் கடத்தியும் மையத்தில் தோற்றுவிக்கும் விளைவு வலிமை,

$$F = \Sigma \frac{c\,ds}{r^2}$$

$$= \frac{c}{r^2}\ \Sigma ds$$

$$= \frac{c}{r^2} \cdot 2\pi r$$

$$= \frac{2\pi c}{r}$$

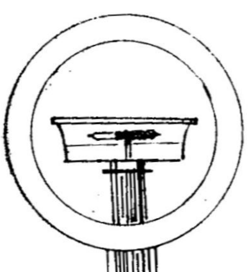
சுருளில் n சுற்றுகள் இருந்தால்,

$$F = \frac{2\pi nc}{r}$$

புலத்தின் திசை, வட்டச் சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ளது.

டான்ஜென்ட் கால்வனோ மீட்டர்

ஒரு பீடத்தின் மீது செங்குத்தாக உள்ள ஒரு மரச் சட்டத்தில் காப்பிடப்பட்ட வட்டச்சுருள் சுற்றப்பட்டுள்ளது. பீடத்தினடியில் மூன்று மட்டப்படுத்தும் திருகுகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. வட்டச் சுருளை ஒரு செங்குத்தான அச்சில் சுற்ற முடியும். சுருளின் மையத்தில் ஒரு காம்பஸ் பெட்டி அதன் ஊசியின் மையம் சுருள் மையத்துடன் பொருந்துமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ஊசி மிகச் சிறியதாகையால் சுருளின் மின்னோட்டம் ஊசி நகரும் பரப்பு முழுதும் சீராக இருக்குமெனலாம். ஊசிக்குச் செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள அலுமினியக் குறிமுள்கள், டிகிரியில் பிரிக்கப்பட்டுள்ள கிடக்கை அளவு கோலில் நகருவதைக் கொண்டு விலக்கங்களை அளக்கலாம். காம்பஸ் பெட்டியினடியிலுள்ள சமதள ஆடியின் உதவியால் அளவீடுகளை இடமாறு தோற்றப் பிழையின்றிக் குறிக்க முடியும். கம்பியின் முனைகள் பீடத்திலுள்ள திருகுகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம்: 18ሪ.

மின்னோட்டத்தை அளக்குமுன் கால்வனோ மீட்டரில் கீழ் வரும் திருத்தங்களைச் செய்ய வேண்டும்.

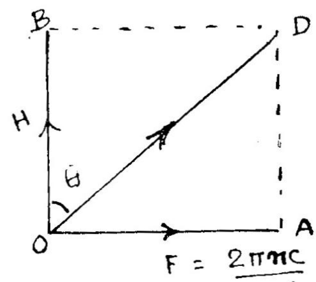
(1) ரசமட்டத்தைப்பயன்படுத்திப் பீடத்தைக் கிடக்கையில் அமைக்க, சுருளின் தளம் செங்குத்தாக இருக்கும்.

(2) சுருளின் தளத்தைக் காந்த நடு மையத்தில் நிறுத்த வேண்டும். சுருளை ஒரு செங்குத்து அச்சில் சுற்றிக் காந்த ஊசிக்கு இணையாக அதன் தளத்தை அமைக்க வேண்டும்.

(3) மேற்கூறிய இரு திருத்தங்களையும் கலைக்காமல் காம்பஸ் பெட்டியை அதன் குறிமுட்கள் 0, 0 காண்பிக்கும் வரை சுற்ற வேண்டும்.

கோட்பாடு :

n சுற்றுகள் உள்ள வட்டச் சுருளின் தளம் காந்த நடுமையத்திற்கு இணையாக நிறுத்தப்பட்டுள்ளது. ஒரு காந்த ஊசி அதன் மையம் வட்டச்சுருளின் மையத்தில் பொருந்தி, கிடக்கையில் ஓர் ஊசி முனையில் சுழலுமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. சுருளில் மின்னோட்டம் ஏதுமில்லாத போது பூமியின் கிடக்கைப் புல வலிமை H-ன் காரணமாக ஊசியின் அச்சு காந்த நடு மையத்தில் அமைந்திருக்கும். ஆகையால் ஊசியின் அச்சு வட்டச் சுருளின் தளத்திற்கு இணையாக உள்ளது. கம்பியில் மின்னோட்டம் c செல்லும்போது சுருளின் மையத்திலுள்ள காந்தப் புலவலிமை



படம் : 187

$F = \dfrac{2\pi nc}{r}$ அது சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகச் செயல்படும். ஆகையால் ஊசி θ கோணம் திரும்பி இரு புல வலிமையின் விளைவு வலிமை திசையில் நிற்கும்.

படத்திலிருந்து $F = H \tan\theta$

$$\therefore \quad \frac{2\pi nc}{r} = H \tan\theta$$

$$\therefore\ C = \frac{Hr}{2\pi n} \tan \theta$$

மின்னோட்டத்தின் நடைமுறை அலகுகளில் அளக்கும்போது,

$$C = \frac{10\ Hr}{2\pi n} \tan \theta \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

$$= K \tan \theta \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

இதில் $K = \frac{10 r H}{2\pi n}$ என்பது டான்ஜென்ட் கால்வனோ மீட்டரின் சுருக்கக் காரணி.

மின்னோட்டத்தை C. G. S. அலகுகளில் அளக்கும்போது $C = \frac{Hr}{2\pi n} \tan \theta = k \tan \theta$ C. G. S. அலகுகள்.

k என்பது C. G .S. அலகுகளில் சுருக்குக் காரணி எனப்படும்.

$$C = \frac{H}{G} \tan \theta$$

இங்கு $G = \frac{2\pi n}{r}$ என்பது, ஓர் அலகு மின்னோட்டத்தில் வட்ட மையத்தில் தோன்றும் புலம். இது கால்வனோ மீட்டரின் மாறிலி எனப்படும்.

காந்த ஊசி வட்ட அளவு கோலின் மையத்தில் பொருத்தப் படாதிருக்கலாம். இப் பிழையைக் குறிமுள்ளின் இரு முனைகளின் அளவீடுகளைக் குறித்து அகற்றலாம். சுருளின் தளம் காந்த நடுமையத்தில் பொருந்தியிராது. இப் பிழையைப் போக்க மின்னோட்டத்தைத் திருப்பி மீண்டும் குறிமுனைகள் காட்டும் அளவீடுகளைக் குறிக்க வேண்டும். இவ்வளவீடுகளின் சராசரி மதிப்பு θ ஆகும்.

விலக்கங்களை 45°-க் கருகில் குறிப்பது சிறந்தது. ஏனெனில் அப்போதுதான் துல்லியம் உச்சமாக இருக்கும். மின்னோட்டத்தைச் சிறிதளவு dc உயர்த்த விலக்கம் $d\theta$-விற்கு அதிகரிக்கும் என்க.

$$c = K \tan \theta$$

$$\therefore \quad \frac{dc}{d\theta} = K \sec^2 \theta$$

$$dc = K \sec^2 \theta . \, d\theta$$

$$\frac{dc}{c} = \frac{K \sec^2 \theta \, d\theta}{K \tan \theta}$$

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

$$= \frac{2d\theta}{\sin 2\theta}.$$

உச்ச துல்லியத்திற்கு மின்னோட்டத்தில் ஒப்பு மாற்றம் $\frac{dc}{c}$, ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பு $d\theta$-விற்கு மிகச் சிறிதாக இருக்க வேண்டும். $\sin 2\theta$ உச்சமாக இருக்கும்போது இஃது இயலும். அஃதாவது $\sin 2\theta = 1$. $\therefore$ $2\theta = 90°$ அல்லது $\theta = 45°$.

நுட்பம் : ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னோட்டத்திற்கு விலக்கம் θ-வை அதிகரிக்க, டான்ஜெண்ட் கால்வனோ மீட்டரின் நுட்பம் அதிகரிக்கும்.

$$\tan \theta = \frac{c}{K} = \frac{2\pi nc}{10r H}$$

நுட்பத்தை அதிகரிக்க,

(1) சுருளின் சுற்றுகளை அதிகரிக்க வேண்டும்.

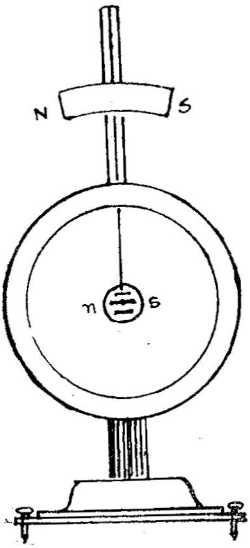
(2) சுருளின் ஆரத்தைக் குறைக்க வேண்டும்.

(3) கட்டுப்படுத்தும் புலம் H-ஐக் குறைக்கவேண்டும்.

கெல்வின் ஆடி கால்வனோ மீட்டர் :

இதில் உட்புறம் 2 அல்லது 3 செ.மீ. ஆரம் உள்ள கூடான வட்டச் சுருளில் காப்பிடப்பட்ட பல கம்பிச் சுற்றுகள் உள்ளன. வட்ட மையத்தில் ஓர் ஆடி பட்டு நூலினால் கட்டித் தொங்விடப்

பட்டுள்ளது. ஆடியின் பின்புறம் 2 அல்லது 3, காந்தப்படுத்தப் பட்டுள்ள கைக்கடிகார வில்லினாலான சிறு துண்டுகள் பொருத்தப் பட்டுள்ளன. கட்டுப்பாட்டுக் காந்தம் NS-ஐச் செங்குத்தான வெண்கலத் தண்டில் பொருத்தி, ஊசி அசையும் கட்டுப்பாட்டுப் புலத்தை வேண்டுமளவு குறைக்கலாம். சுருளை எப்போதும் காந்த நடுமையத்திற்கு இணையாகவும் NS-ன் வட துருவம் வடக்கு நோக்குமாறும் சீராக்க வேண்டும்.



படம் 188

உண்டாகும் விலக்கத்தை விளக்கு—அளவுகோல் அமைப்பினால் துல்லியமாக அளக்கலாம். விளக்கிலிருந்து ஒளி ஆடியில் பட்டுப் பிரதிபலித்து அளவுகோலில் P பிரிவை ஒளிரச் செய்கின்றது. சுருளில் மின்னோட்டம் செல்லும்போது ஆடி θ கோணம் திரும்ப எதிரொளி 2θ கோணம் திரும்பி Q பிரிவை ஒளிரச் செய்கின்றது. விலக்கம் θ உண்டாக்கும் மின்னோட்டம் c எனில்,

$$\theta \text{ (ரேடியனில்)} = \frac{PQ}{2D}$$

ஆனால் $c \propto \tan \theta$.

D என்பது ஆடிக்கும் அளவுகோலுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம்.

$$\therefore \quad c \propto \frac{PQ}{2D}.$$

அஃதாவது மின்னோட்டம் $\propto$ விலக்கம்

ஹெல் மோல்ட்ஸ் கால்வனோ மீட்டர் :

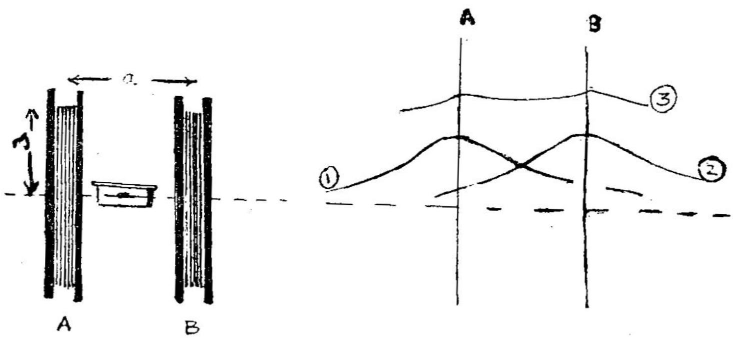
டான்ஜென்ட் கால்வனோ மீட்டரின் கோட்பாட்டில் ஊசி நகரும் பரப்பில் சுருளிலுள்ள மின்னோட்டத்தின் காந்தப்புலம் சீரானதாகக் கருதப்பட்டது. சுருளின் விட்டம் கணிசமாக இருந்தாலும் கூட இது மெய்யாகாது. ஹெல்மோல்ட்ஸ் கால்வனோ மீட்டரில் கணிசமான பரப்பில் விரிந்திருக்கும் ஒரு சீரான விலக்கப்புலம் உள்ளது.

இதில் ஒரே ஆரமும், ஒரே எண்ணிக்கையுள்ள சுற்றுகளுமுள்ள A-யும், B-யும் மையங்களுக்கிடையே பொது ஆர தூரத்தில் இணையாக உள்ளன. இரு சுருள்களும் தொடர் இணைக்கப் பட்டு மின்னோட்டம் இரண்டிலும் ஒரே திசையில் செல்கின்றது. இரு மையங்களுக்கும் நடு வழியில் ஒரு காந்த ஊசி தொங்கவிடப் பட்டோ அல்லது ஊசி முனையிலோ உள்ளது.

வட்டச் சுருளின் அச்சில் ஒரு புள்ளியில் காந்தப் புலவலிமை

$$F = \frac{2\pi\, nca^2}{(a^2 + n^2)^{\frac{3}{2}}}$$

ஒவ்வொரு சுருளுக்கும் அச்சில் பல்வேறு புள்ளிகளில் காந்தப் புல வலிமைகளைக் கண்டுபிடித்து அவைகளுக்கும் புள்ளிகளின் தூரத்திற்கும் ஒரு வரைபடம் வரைக. வளைகோடுகள் 1ம், 2ம் A, B



படம் 189

சுருள்களைக் குறிக்கின்றன. பொது அச்சிலுள்ள பல்வேறு புள்ளிகளில் விளைவு வலிமைகளையும் அதேபடத்தில் வளைகோடு 3 குறிக்கின்றது. இவ் வளைகோட்டில் விளைவு காந்தப் புலம் இரு சுருள்களுக்கும் நடுவழியில் அச்சுவழியே கணிசமான தூரத்திற்குச் சீராக உள்ளதைக் காணலாம். எனவே காந்த ஊசி ஒரே சீரான காந்தப் புலத்தில் அசையும்.

இரு சுருள்களின் நடுவழிப் புள்ளியில் $n = a/2$ ஆகையால் இரு சுருள்களின் நடுவழிப் புள்ளியில் விளைவு காந்தப்புலம்

$$F = 2 \times \frac{2\pi\, nca^2}{(a^2 + n^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= \frac{4\pi\, nca^2}{(a^2 + a^2/4)^{\frac{3}{2}}}$$

$$F = \frac{4\pi\, nca^2}{\left(\frac{5}{4} a^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= \frac{32\pi\, nca^2}{5^{\frac{3}{2}}\, a^3}$$

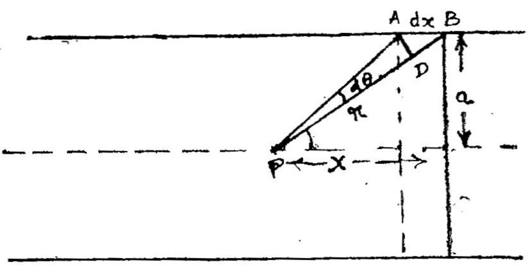
ஆனால் $F = H \tan\theta$

$$\therefore \frac{32\pi nc}{5^{\frac{3}{2}} a} = H \tan\theta$$

$$\therefore C = \frac{5\sqrt{5}}{32} \cdot \frac{Ha}{\pi n} \tan\theta.$$

வரிச்சுற்றின் (Solenoid) அச்சின் வழியே காந்தப்புலம் :

ஒரு நீள் உருளையின் மேற் பரப்பில் சுற்றப்பட்ட காப்பிடப் பட்ட சீரான கம்பிக்கு வரிச்சுற்று என்று பெயர். வரிச்சுற்றில் C மி.கா.அ. மின்னோட்டம் செல்வதாகக் கொள்க. ஓர் அலகு



படம் : 190

நீளத்தில் உள்ள கம்பிச் சுற்றுகள் n என்க. வரிச்சுற்றின் அச்சு XY-ல் P என்ற புள்ளியை எடுத்துக் கொள்க. P-யிலிருந்து r தூரத்தில் dx நீளமுள்ள AB என்ற சிறு பகுதி உள்ளது.

P-யிலிருந்து AB நீள் உருளையின் அச்சுக்கு இணையாக a தூரத்தில் உள்ளது.

சிறுபகுதி dx-ஐ, ndx சுற்றுகளுள்ள ஒரு சுருளாகக் கருதினால் P-யில் புலவலிமை $= dI$

$$dI = \frac{2\pi\, ndx\, a^2 c}{(a^2 + n^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= \frac{2\pi\, ndx\, a^2 c}{r^3}$$

$$\frac{a}{r} = \text{Sin}\,\theta \qquad \therefore \quad \frac{a^2}{r^2} = \text{Sin}^2\,\theta.$$

$$\therefore \quad dI = \frac{2\pi\, ndx\, \text{Sin}^2\,\theta}{r}\, C.$$

$$AD = r\, d\theta = dn\, \text{Sin}\,\theta.$$

$$\therefore \quad d\theta = \frac{dx\, \text{Sin}\,\theta}{r}$$

$$\therefore \quad dI = 2\pi\, nc\, \text{Sin}\,\theta\, d\theta.$$

ஆகையால் வரிச் சுருளின் முழு நீளத்திற்கும் P உள்ளே இருக்கும் போது புல வலிமை $I = \int dI$.

$$I = \int_0^{\pi} 2\pi\, nc\, \text{Sin}\,\theta\, d\,\theta$$

$$= 2\pi\, nc\, [-\cos\pi + \cos 0]$$

$$= 4\pi\, nc \text{ காஸ்.}$$

P ஒரு முனையிலுள்ளபோது புலவலிமை,

$$I = \int_{\pi/2}^{\pi} 2\pi\, nc\, \text{Sin}\, O\, d\,\theta$$

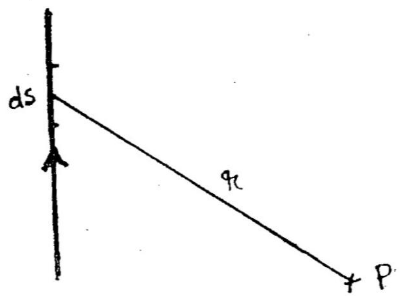
$$= 2\pi\, nc\, [-\cos\pi + \cos\pi/2].$$

$$= 2\pi\, nc \text{ காஸ்.}$$

எனவே வரிச்சுருளின் ஒரு முனையின் வலிமை உள்ளே இருக்கும் புள்ளிகளின் வலிமையில் பாதியாகும்.

காந்தப் புலத்திலுள்ள மின்னோட்டக் கடத்தியில் விசை :

l நீளமுள்ள ஒருநேர்க் கடத்தியில் மின்னோட்டம் C. G. S. அலகுகளில் C என்க. பயட் — சவர்ட் விதிப்படி A-க்கு அருகில்



படம் : 191

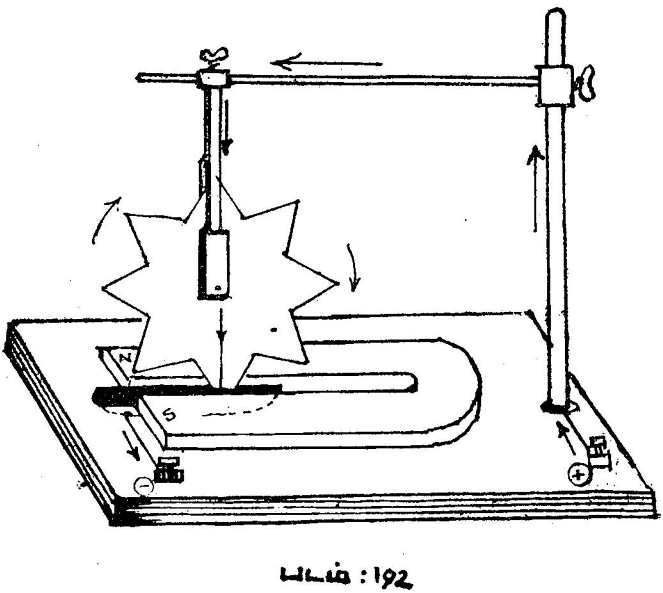
உள்ள ds என்ற சிறு பகுதியிலிருந்து r தூரத்திலுள்ள P என்ற புள்ளியில் காந்தப் புலம் $\frac{Cds\ \sin\theta}{r^2}$ ஆகும். இதில் θ என்பது AP-க்கும் கடத்திக்கும் இடையே உள்ள கோணம். P-யில் m-வலிவுள்ள ஒரு துருவத்தை வைத்தால் துருவத்தின் விசை $\frac{mcds\sin\theta}{r^2}$ ஆகும், AP-கடத்திக்குச் செங்குத்தானால் $\sin\theta = 1$.

எனவே துருவத்தில் விசை $\frac{mcds}{r^2}$. தாளின் தளத்திற்கும் AP-க்கும் செங்குத்துத் திசையில் துருவம் நகரும். துருவத்தை நிலையில் வைக்க வேண்டுமெனில் அது நியூட்டனின் 3-ம் இயக்க விதிப்படி சமமான எதிர்வினையொன்றைக் கடத்தியில் தோற்றுவிக்கும். P-யிலுள்ள துருவத்தினால் A-யில் உள்ள புலவலிமை $\frac{m}{r^2}$ ஐ H-ஆல் குறிக்க. ஆகையால் கடத்தியில் விசை H cds. கடத்தியின் முழு நீளத்தையும் H-க்குச் செங்குத்தாகக் கருதினால் மொத்த விசை $H\,c\,l$. கடத்தியின் இயக்கத் திசையைப் பிளமிங்கின் இடக் கைப் பெருவிரல் விதி அளிக்கும்.

இடக்கைப் பெருவிரலையும் முதலிரு விரல்களையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்துத் திசைகளில் கருதினால் முதலிருவிரல்களும் முறையே புலம், மின்னோட்டம் இவைகளின் திசையில் இருந்தால், பெருவிரல் இயக்கத் திசையைக் குறிக்கும்.

பார்லோவின் சக்கரம் (Barlow's Wheel) :

பார்லோ சக்கரத்தின் இயக்கத்தைக் கொண்டு பிளமிங்கின் இடக்கைப் பெரு விரல் விதியைச் சுலபமாக நிரூபிக்கலாம். ஒரு காந்தத்தின் வட, தென் துருவங்களிடையே வெண்கலக் கிடக்கை அச்சில் சுழலுமாறு ஒரு செப்புச் சக்கரம் வைக்கப்பட்டுள்ளது. சக்கரத்தின் கீழ் விளிம்பு ஒரு மரக்கிண்ணத்தி



படம் : 192

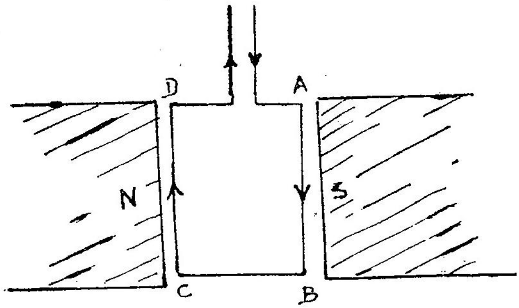
லுள்ள பாதரசத்தைத் தொட்டுக்கொண்டு இருக்கும். ஒரு மின்கலத்தைச் சக்கரத்தின் அச்சுடனும் பாதரசத்துடனும் மின்னோட்டம் சக்கரத்திலிருந்து பாதரசத்திற்குச் செல்லுமாறு இணைக்க. மின்னோட்டம் செல்லும்போது சக்கரம் பிளமிங்கின் இடக்கைப் பெருவிரல் விதி குறிக்கும் திசையில் சுழன்றுகொண்டிருக்கும்.

அசைவுச் சுருள் கால்வனோ மீட்டர் (Moving Coil Galvanometer)

(தொங்கு சுருள்)

கோட்பாடு :

$ABCD$ என்பது ஒரு முறுக்கு இழையில் இரு காந்தத் துருவங்களிடையே $(N \& S)$ தொங்கும் செவ்வகக் கம்பிச்சுருள். காந்தப்புலம் H, சீராகச் சுருளின் தளத்திற்கு இணையாகவும் AB, CD ஆகிய பக்கங்களுக்குச் செங்குத்தாகவும் செயல்படுகின்றது. மின்னோட்டம். c கம்பியில் $ABCD$ திசையில் செல்லட்டும். AB-யில் ஒரு விசை $H.c.$ AB படத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாக



படம் :193

அதை முன்தள்ள CD-யில் ஒரு விசை $H.c.$ CD படத்தளத்திற்குச் செங்குத்தாக அதைப் பின்தள்ளும். இவ்வாறு சம எதிர் விசைகளும் ஒரு இரட்டையாகி $H.c.$ $AB \times BC = H.c.A$-என்ற திருப்புதிறனைப் பெற்றுள்ளது. A-என்பது சுருளின் பரப்பு $= BC \times AB$. இத் திருப்புதிறன் சுருளில் உண்டாக்கும் சுழற்சியைத் தொங்கு இழையின் முறுக்கு எதிர்க்கும். சுருள் θ கோணம் திரும்பி நிலையாக நிற்கும். அப்போது விலக்கு இரட்டை (deflecting couple) $Hc\,A =$ முறுக்கு இழையின் முன்னிலைதரும் இரட்டை. அலகு முறுக்கிற்கு முன்னிலைதரும் இரட்டை μ. சுருளின் சுழற்சி θ எனில்,

$$Hc\,A \cos\theta = \mu\,\theta$$

θ சிறிதானல் $\theta = \text{Sin}\,\theta$

$$\therefore Hc\,A \cos\theta = \mu\,\text{Sin}\,\theta$$

$$Hc\,A = \mu \tan\theta = \mu\,\theta$$

சுருளில் n சுற்றுகளும் காந்தப்புலம் எப்போதும் சுருளின் தளத்திற்கு இணையாகவும் அமைந்திருந்தால்,

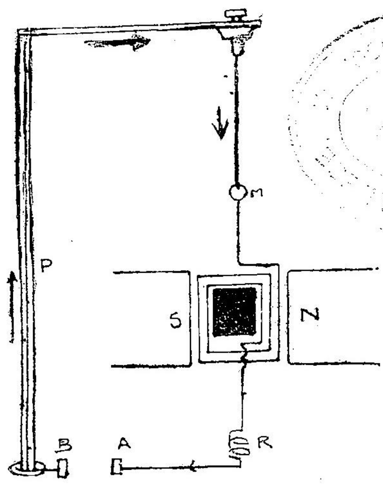
$$Hc\ An = \mu\,\theta$$

$$c = \frac{\mu\,\theta}{HAn}.$$

Accession Number
3934

டி அர்சன்வல் கால்வனோ மீட்டர் (D'Arsonval's Galvanometer) :

ஒரு பாஸ்பர — வெண்கலத் தொங்கலைக்கொண்டு ஒரு சக்தியுள்ள குதிரை லாடக் காந்தத் துருவங்களிடையே (N & S) அதிகமான சுற்றுகளையுடைய செவ்வகக் கம்பிச்சுருள் தொங்க விடப்பட்டுள்ளது. துருவப் பகுதிகள் குழிந்திருப்பதால் எங்கும் காந்தப்புலம் ஆரத்தின் வழியேயும் எப்போதும் சுருளின் தளத்திற்கு இணையாகவும் உள்ளது. தொங்கலில் சிறிய குழி ஆடி M பொருத்தப்பட்டுள்ளது, பொருத்தமான விளக்கிலிருந்து ஆடியில்

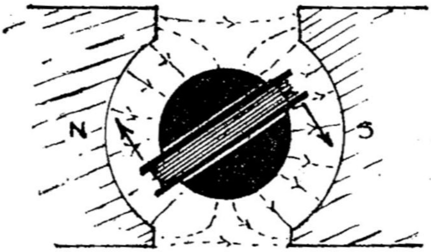


படம் 194.1

MADRAS-600

பட்ட ஒளி பிரதிபலித்து, 1 மீட்டர் தூரத்திலுள்ள கிடக்கையில் நிறுத்தப்பட்டுள்ள ஓர் ஒளி கசியும் அளவு கோலில் விழுகின்றது. அடியில் கட்டுத் திருகு B பொருத்தப்பட்ட ஒரு தாங்கு தூண் P-யுடன் தொங்கு கம்பி இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. சுருள்

மற்றொரு கட்டுத்திருகு A-யுடன் ஒரு தளர்வில் (R) வழியே இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. சுருளினுள் வைக்கப்பட்டுள்ள நீள் உருளை மெல்லிரும்புத் துண்டு காந்தப்புலத்தைச் சுருளில் செறிக்கின்றது.



படம் 194 (ii)

A, B திருகுகளின் வழியே சுருளில் ஒரு மின்னோட்டம் C-செல்லும்போது, சுருள் θ கோணம் திரும்பினால்,

$$C = \frac{\mu \theta}{HAn}.$$

θ-க்குச் சரியான பெயர்ச்சி இடக்கை அளவுகோலில் S எனில் $\theta = \frac{S}{2D}$. D-என்பது ஆடிக்கும் அளவு கோலுக்கும் இடையில் உள்ள தூரமாகும்

$$\therefore C = \frac{\mu S}{HAn\,2D}.$$

அஃதாவது $C \propto S$.

ஆகையால் விலக்கம் மின்னோட்டத்திற்கு நேர் விகிதப் பொருத்த முள்ளது. $\therefore c = ks$. இதில் k-என்பது நுட்பத்தன்மை எண் (figure of ment) என்று அழைக்கப்படும். கால்வனோ மீட்டர் மாறிலியாகும். இதைக் கால்வனோ மீட்டர் அளவுகோலில் அலகு விலக்கம் உண்டாக்கத் தேவையான மின்னோட்டம் என வரையறுக்கலாம். இதன் அலகு மைக்ரோ ஆம்பியர்கள் / மி. மீ.

சம கால அலைவற்ற அல்லது அலைவற்ற கால்வனே மீட்டர்

(Dead beat or Aperiodic Galvanometer.)

சீரான மின்னேட்டத்தை அளக்க, விலக்க நிலையில் கால்வனே மீட்டர் அலையாதவாறு அலைவற்றதாக்கி உபயோகிப்பது சிறந்தது. இதை நிறைவேற்ற, சுருளைச் செப்புப் போன்ற உலோகச் சட்டத்தில் சுற்றவேண்டும். சுருள் காந்தப் புலத்தில் சுற்றும்போது சட்டமும்சேர்ந்து சுற்ற அதில் ஃபிளமிங்கின் வலக்கைப் பெருவிரல் விதிப்படி முதன்மை மின்னேட்டத்திற்கு எதிர்த்திசையில் துண்டு மின்னேட்டங்கள் தோன்றுகின்றன.

வலக்கைப் பெருவிரலையும் முதலிரு விரல்களையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்துத் திசைகளிலும் சுட்டு விரல் காந்தப்புல திசையிலும், பெருவிரல் இயக்கத் திசையிலும் இருக்குமாறு நீட்டினல், இரண்டாவது விரல் தூண்டு மின்னேட்டத் திசையைக் குறிக்கும். இத் தூண்டு மின்னேட்டங்கள் முன்னிலை தரும் இரட்டையை ஆதரிக்க, சுருள் விலக்க நிலையிலேயே விரைவில் நிலை பெறுகிறது. மிக அதிகமான அலைவுத் தடுப்புள்ள கால்வனே மீட்டருக்கு அலைவற்ற அல்லது, சமகால அலைவற்ற கால்வனே மீட்டர் என்று பெயர்.

பாலிஸ்டிக்—கால்வனே மீட்டர் (Ballistic Galvanometer)

மின்னேட்ட அளவுகளை அளக்கப் பயன்படுவது பாலிஸ்டிக் கால்வனே மீட்டர். அலைவுத் தடுப்பு மிகச் சிறிதாக அமையுமாறு ஒரு சுருளைச் செல்லூலாய்டு அல்லது கடத்தா மரச்சட்டத்தில் சுற்ற வேண்டும். முதலில் இதை மின்னேட்ட அளவுகளை அளக்கப் பயன்படுத்தினலும் விரைவாக இல்லாவிடினும் சீரான மின்னேட்டத்தையும் அளக்கப் பயன்படுத்தலாம்.

மின்னூட்டப்பட்ட மின்தேக்கியிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின்னேட்டம் மின்னிழக்க ஆகும் நேரத்தைவிடப் பாலிஸ்டிக் கால்வனே மீட்டரின் அலைவு நேரம் அதிகம். முழுமையாக மின்னிழக்கும் நேரத்தில் சுருள் நடுநிலைத் தானத்திலிருந்து கணிசமாக நகராது. மின்னிழப்பினல் தாக்கப்பட்ட சுருள் ஒரு பக்கத்திற்கு உதைக்கப்படுகின்றது. உதைப்பு, கடந்த மின்னேட்டத்திற்கு நேர்விகிதப் பொருத்தமுள்ளது. உதைப்பிற்குப்பின் சுருள் அலையும். கால்வனே மீட்டர் துருவங்களிடையே ஒரு பருமனை செப்புத்தகட்டைத் தடமாற்றியாகப் பயன்படுத்திச் சுருள்

நிலைக்குத் திரும்புகின்றது. சுருளில் தூண்டு மின்னோட்டம் செப்புத் தகட்டின் வழியே செல்கின்றது. இடக்கைப் பெரு விரல் விதிப்படி இம் மின்னோட்டத்தினால் சுருள் எதிர்த் திசையில் நகர முயன்று விரைவில் நிலைக்குத் திரும்பும்.

அசைவுச் சுருள் கால்வனோ மீட்டரின் மேம்பாடுகள் :

(1) அசைவு காந்தக் கால்வனோ மீட்டரைப்போலக் காந்த நடுநிலைக் கோட்டில் இக் கருவியை வைக்கவேண்டிய அவசிய மில்லை ; எந்த வசதியான நிலையிலும் வைக்கலாம்.

(2) இதன் செயல் புவிகாந்தப் புலத்தையோ அல்லது மின்னியற்றி, மின்மாற்றி ஆகியவற்றின் காந்தப் புலத்தையோ சார்ந்ததன்று.

(3) இதைப் பயன்படுத்திச் சீரான மின்னோட்டத்தையும் மின்னோட்ட அளவுகளையும் அலைவற்ற, பாலிஸ்டிக் வகைகளில் அளக்கலாம்.

(4) இது மிகவும் நுட்பம் வாய்ந்தது. அதனால் மின்னோட்டங்களை மைக்ரோ ஆம்பியரில் அளக்கலாம்.

அசைவுச் சுருள் கால்வனோ மீட்டரின் நுட்பத் தன்மை :

$$C = \frac{\mu\,\theta}{HAn} \text{ அல்லது } \theta = \frac{HAn}{\mu} \cdot C.$$

ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னோட்டத்திற்கு விலக்கம் θ பெரிதானால் கால்வனோ மீட்டர் நுட்பம் வாய்ந்ததாகும். ஆகையால் நுட்பத் தன்மையைக் கீழ்க்கண்ட முறைகளில் அதிகரிக்கலாம்.

(1) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை n-ஐ அதிகரித்தல். இதை எல்லையற்றுச் செய்ய முடியாது. ஏனெனில் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையோடு கால்வனோ மீட்டரின் தடையும் அதிகரிக்கும்.

(2) புலவலிமை H-ஐ அதிகரித்தல். ஒரு கோபால்ட் இரும்புக் காந்தத்தை உபயோகித்து இதைச் செய்யலாம்.

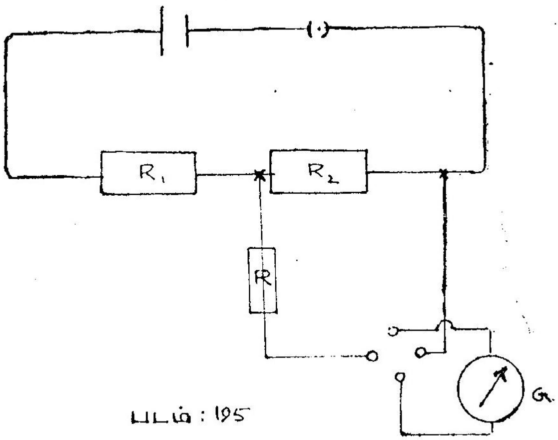
(3) சுருளின் பரப்பு A-ஐ அதிகரித்தல். ஆனால் அதிகமாகச் செய்ய முடியாது. ஏனெனில் சுருள் இரு காந்த முனைகளிடையே சுற்ற வேண்டும். பரப்பு அதிகரித்தால் மந்தநிலை திருப்புதிறனை

உயர்த்திக் கருவியைச் சீரான மின்னோட்டத்தை அளக்கப் பயன் படுத்த முடியாமல் செய்யும்.

(4) μ-ஐக் குறைத்தல். தொங்கு கம்பி குறைந்த விறைப்புக் குணகத்தையும் நல்ல இழுவிசை வலிவையும் உடையதாயிருக்கவேண்டும். பொதுவாக ரசம் பூசப்பட்ட கடத்தும் வெண்கல இழையோ அல்லது உருகிய குவார்ட்ஸையோ பயன்படுத்தலாம்.

கால்வனோ மீட்டரின் தடையைக் கண்டுபிடித்தல்

ஒரு 2 வோல்ட் பாட்டரியை இருதடைப் பெட்டிகள் R_1, R_2 தொடு சாவி ஆகியவற்றுடன் தொடரிணைக்க. R_2-வை ஒரு தடைப் பெட்டி R, கால்வனோ மீட்டர் G ஆகியவற்றிற்குப் பக்க முறையில் இணைக்க. R_1-ல் ஒரு ஓமும் R_2-ல் 9999 ஓம்களும் இருக்கும்போது $R_1 + R_2 = 10000$ ஓம்கள். $R = 0$ எனக்



படம் : 195

கொண்டு சாவியை அழுத்தி விலக்கம் d-யை அளக்க. R-ல் படிப்படியாகத் தடையை ஏற்படுத்தி விலக்கத்தை $\frac{d}{2}$-க்குக் குறைக்க. R-ல் தடை X எனில் கால்வனோ மீட்டரின் தடை $G = X$ R_2-ல் பல்வேறு தடைகளைப் பயன்படுத்தி எப்போதும் $R_1 + R_2 = 10000$ ஓம்களாக வைத்து G-ன் சராசரி மதிப்பைக் காண்க.

கோட்பாடு :

ஒரு கிளையில் R_2-ம் மற்றொரு கிளையில் $(G+R)$-ம் தடைகள் கொண்ட இணைப்பின் விளைவு மின்தடை,

$$= \frac{R_2\,(G+R)}{R_2+G+R}$$

$$= \frac{R_2 G}{R_2+G} \;(\because\; R=0)$$

$$= R_2 \text{ (ஏறக்குறைய).}$$

ஏனெனில் R_2-வுடன் ஒப்பிட G மிகப் பெரிது.

பாட்டரி சுற்றில் முதல் மின்னோட்டம் $= \dfrac{E}{R_1+R_2}$

காால்வனோ மீட்டரில் மின்னோட்டம் $= \dfrac{E}{R_1+R_2} \times \dfrac{R_2}{R_2+G}$

$$= \frac{ER_2}{(R_1+R_2)G}$$

($\because$ G-யுடன் ஒப்பிட R சிறியது).

$$\frac{ER_2}{(R_1+R_2)G} = Kd \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

$$\frac{ER_2}{(R_1+R_2)(G+X)} = \frac{Kd}{2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

1-ஐ 2-ஆல் வகுக்க, $\dfrac{G+X}{G} = 2$.

$$\therefore \; G = X.$$

நுட்பத் தன்மை எண் (Figure of merit)

மேற்கூறிய சோதனையின்படி கால்வனோ மீட்டருக்குத் தொடர் இணைப்பிலுள்ள R-ஐ நீக்கிவிட்டு இணைப்புகளைச் செய்க. R_1-ல் 1 ஓமும் R_2-ல் 9999 ஓம்களும் இருக்க $R_1+R_2 = 10000$ ஓம்கள். கால்வனோ மீட்டரில் விலக்கம் d-யைக் குறிக்க.

கால்வனோ மீட்டரில் மின்னோட்டம் $= \dfrac{ER_2}{(R_1+R_2)G}$.

$\therefore$ நுட்பத் தன்மை எண் $= \dfrac{ER_2}{(R_1+R_2)\,G} \times \dfrac{1}{d} \times 10^6$ மைக்ரோ ஆம்பியர்கள்/மி.மீ.

இதில் $E=2$ வோல்ட்டுகள். G-ன் மதிப்பு சென்ற சோதனையின் சராசரி மதிப்பாகும். சோதனையை R_2-ன் பல்வேறு தடைகளுக்கு எப்போதும் $R_1+R_2=10000$ ஓம்கள் இருக்கச் செய்து நுட்பத்தன்மை எண்ணின் சராசரி மதிப்பைக் காண்க.

அசைவுச் சுருள் கால்வனோ மீட்டர்

ஊசிமுனை வகை (pivoted type) : தொங்குவகைக் கால்வனோ மீட்டர் கையடக்கமாக இல்லாததால் ஊசிமுனை வகைகளும் பயன்படுகின்றன. முறுக்கு இழையில் தொங்க விடுவதற்குப் பதிலாகச் சுருள் ஒரு நிலை காந்தத் துருவங்களிடையே கல் பதித்த முனைகளில் நிலையாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. அசைவுச் சுருளின் முன்னிலை தரும் இரட்டையை, சுருளின் மின்னோட்டம் நுழையும் துருவங்களுடன் இணைக்கப்பட்ட இரு காந்தத் தன்மையற்ற கேசவிற்கள் தோற்றுவிக்கின்றன. ஊசிமுனை வகை எப்போதும் அலைவற்ற வகையைச் சார்ந்ததாகும். சுருளின் காம்புடன் இணைந்த ஒரு காந்தத் தன்மையில்லா மெல்லிய குறிமுள் ஒரு பகுதி பிரிக்கப்பட்ட அளவு கோலில் அசைகின்றது. ஊசிமுனை வகைக் கால்வனோ மீட்டர் பொதுவாக மின்னோட்ட மானியாகவும் மின்னழுத்த மானியாகவும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

அம்மீட்டரும் வோல்ட் மீட்டரும்

ஒரு மின் சுற்றின் மின்னோட்டத்தை அளக்க அச்சுற்றில் தொடரிணைப்பு செய்யப்படும் சிறு தடைக் கருவியே அம்மீட்டராகும். கருவியின் தடை, அதன் இணைப்பில் சுற்றின் தடையைக் கணிசமாக மாற்றுமலிருக்குமாறு சிறியதாக இருக்க வேண்டும். மைக்ரோ ஆம்பியரை அளக்கும் ஒரு நுட்ப அசைவுச் சுருள் கால்வனோ மீட்டரை மில்லி அம்மீட்டராகவும், மில்லி அம்மீட்டரை அம்மீட்டராகவும் பொருத்தமான தட மாற்றியைக் கொண்டு மாற்றலாம்.

10 மில்லி ஆம்பியர்கள் வரை அளக்கக் கூடிய ஒரு கால்வனோ மீட்டரை 10 ஆம்பியர்களை அளக்கும், மின்னோட்ட மானியாக மாற்ற வேண்டும். அஃதாவது முதன்மை மின்னோட்டமான 10 ஆம்பியர்களில் 10 மில்லி ஆம்பியர்கள் மட்டுமே கால்வனோ மீட்டரில் செல்ல வேண்டும். S-ம், G-ம் தடமாற்றி, கால்வனோ மீட்டரின் தடைகள் எனில்,

$$Cg = \frac{C.S}{S+G}. \quad \therefore \quad 10\times 10^{-3} = \frac{10\times S}{(S+G)}$$

$$1000\,S = S + G \quad \therefore \quad S = \frac{G}{999} \text{ ஓம்.}$$

தடமாற்றியின் மதிப்பைக் கீழ்வரும் வாய்பாட்டின் மூலமும் பெறலாம். $S = \frac{G}{n-1}$. கால்வனோ மீட்டர் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் முதன்மை மின்னோட்டத்தின் $\frac{1}{n}$ பாகமாகும்.

கால்வனோ மீட்டர் வழியே செல்லும் முதன்மை மின்னோட்டத்தின் பகுதி $\frac{10 \times 10^{-3}}{10} = \frac{1}{1000}$

$\therefore \quad n = 1000.$ அல்லது $S = \frac{G}{999}.$

ஒரு மின் சுற்றின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை வோல்ட்களில் அளவிடச் சுற்றுக்குப் பக்க இணைப்பில் சேர்க்கப்படும் பெருந்தடைக் கருவியே வோல்ட் மீட்டராகும். கருவியில் உள்ள மின்தடை பக்க இணைப்பில் இருப்பதால் சுற்றிலுள்ள மின் ஓட்டத்தைப் பாதிக்காத அளவுக்குப் பெரிதாக இருக்க வேண்டும். ஓர் இயங்கு சுருள் கால்வனோ மீட்டருடன் கணக்கிடப்பட்ட பெரிய தடையைத் தொடர்ச் சுற்றில் இணைப்பதின் மூலம் அதை வோல்ட் மீட்டராக மாற்றலாம்.

5 மில்லி ஆம்பியர்கள்வரை அளக்கக்கூடிய ஒரு கால்வனோ மீட்டரை 10 வோல்ட்கள்வரை அளக்கக் கூடிய ஒரு வோல்ட் மீட்டராக மாற்றவேண்டும் எனக்கொள்வோம். கால்வனோ மீட்டரின் மின்தடை 20 ஓம் என்போம். இத்துடன் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்படவேண்டிய உயர் மின்தடை R என்றால் A, B என்ற இருமுனைகளுக்குமிடையே 5 மில்லி ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும்போது மின் அழுத்த வேறுபாடு 10 வோல்ட்களாக இருக்க வேண்டும்.

அஃதாவது,

படம் 196

$$(20+R)\ 5 \times 10^{-3} = 10.$$
$$20 + R = 2000.$$
$$R = 1980 \text{ ஓம்கள்.}$$

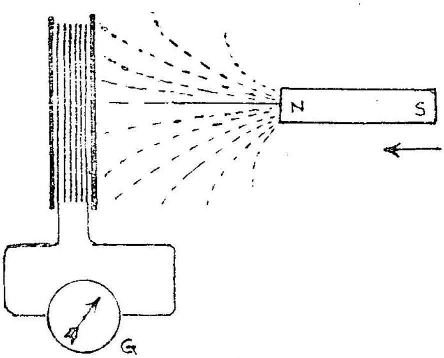
ஆகவே 1980 ஓம் மின் தடையுள்ள கம்பியைக் கால்வனோ மீட்டருடன் தொடர் இணைப்பில் சேர்க்க அது 10 வோல்ட் வரை அளக்கக் கூடிய வோல்ட் மீட்டராக மாறும்.

2. மின்காந்தத் தூண்டல்

(Electro magnetic induction)

முடிவுற்ற கடத்தி ஒன்றின் வழியே புகுந்து செல்லும் காந்த விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கையில் மாறுதல் ஏற்படும் வண்ணம், கடத்தியோ அல்லது காந்தப்புலமோ இயங்கும்போது, கடத்தியில் ஒரு மின்னியக்கு விசையும் (electromotive force), அதன் காரணமாக ஒரு மின்னோட்டமும் உண்டாகின்றன. இந் நிகழ்ச்சி மின்காந்தத் தூண்டல் (electro magnetic induction) என்றழைக்கப்படுகிறது.

படத்திலுள்ள காப்பிட்ட (insulated) கம்பிச்சுருள் ஒன்றின் இரு முனைகளும் ஒரு கால்வனோ மீட்டருடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. *NS* என்ற கட்டைக் காந்தத்தைப் படத்தில் காட்டிய



படம்: 197

வாறு, சுருளின் அச்சு வழியே நகர்த்திச் செல்லும்போது, சுருளின் சுற்றுகளால் வெட்டப்படும் காந்த விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை மாறிக் கொண்டே (இங்கு அதிமாகிக் கொண்டே)

செல்கிறது. இதனுல் மின்காந்தத் தூண்டல் நிகழக் காலவனே மீட்டரின் குறிமுள் அசைவதைக் காணலாம். காந்தத்தை அசைக்காமல் நிறுத்திவிட்டால் குறிமுள் அசைவது இல்லை. விசைக்கோடுகள் சுருளின் சுற்றுக்களால் வெட்டப்பட்ட போதும் அவற்றின் எண்ணிக்கையில் மாறுதல் இல்லை. ஆதலால் மின்னேட்டம் ஏற்படவில்லை. இதிலிருந்து கடத்தியின் சுற்றுகளால் வெட்டப்படும் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை மாறிக்கொண்டிருக்கும் வரையில்தான் (அஃதாவது காந்தமோ அல்லது சுருளோ இயங்கும் வரையில்தான்) மின்காந்தத் தூண்டல் நிகழும் என அறிகிறோம். இவ்வாறே சுருளுக்கு உள்ளேயிருந்து காந்தத்தை வெளியே இழுக்கும்போது குறிமுள் எதிர்த் திசையில் நகர்வதைக் காணலாம். எனவே வெட்டப்படும் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரித்துக் கொண்டிருக்கும்போது ஒரு திசையிலும், குறைந்து கொண்டிருக்கும்போது அதற்கு எதிர்த் திசையிலும் மின்னேட்டம் ஏற்படுகிறது என அறிகிறோம். கட்டைக் காந்தத்தை விரைவாகச் சுருளுக்குள் செருகும்போதும் குறிமுள்ளில் ஏற்படும் அசைவு அதிகமாகிறது. இதிலிருந்து மின்காந்தத் தூண்டலின் அளவு விசைக்கோடுகள் வெட்டப்படும் வேகத்தைப் பொருத்து இருக்கிறது என உணரலாம்.

காந்தத்தை நிலையாக வைத்துவிட்டுச் சுருள் முன்னும் பின்னும் நகர்த்தப்பட்டாலும் இதே விளைவுகள் ஏற்படக் காணலாம்.

மேற்கூறிய உண்மைகளைக் கண்ட மைக்கேல் ஃபாரடே என்ற விஞ்ஞானி இவ்வுண்மைகளை மின் காந்தத் தூண்டல் பற்றிய விதி என்னும் பெயரில் வெளியிட்டார்.

ஃபாரடே விதி : முடிவுற்ற கடத்தி ஒன்றுக்கும், ஒரு காந்தப் புலத்திற்குமிடையே சார்பு இயக்கம் ஏற்பட்டு, காந்த விசைக் கோடுகள் கடத்தியால் வெட்டப்பட்டால் அக் கடத்தியில் ஒரு மின்னேட்டம் தூண்டப்படுகிறது. அம் மின்னேட்டத்தின் அளவு, விசைக்கோடுகள் வெட்டப்படும் நேர வீதத்திற்கு (rate) நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

அவ்வாறு உண்டாகும் மின்னேட்டத்தின் திசைபற்றி லென்ஸ் (Lenz) என்பார் மற்றொரு விதியில் கூறினர்.

லென்ஸ் விதி (Lenz's Law)

முடிவுற்ற கடத்தி ஒன்று, வெட்டுகின்ற காந்த விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை மாற்றத்தால், கடத்தியில் உண்டாகும்

மின்னியக்கு விசை, மற்றும் மின்னோட்டம் இவற்றின் திசை ஆகியவை மேற்கூறிய அம் மாற்றத்தைத் தடுப்பதற்கு உரிய திசையில் இருக்கும்.

எடுத்துக் காட்டாகப் படம் 197-ல் காந்த வடமுனை சுருளை நோக்கிச் செல்கிறது. இப்போது வெட்டப்படும் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரித்துக்கொண்டிருக்கிறது. இம் மாற்றத்தால் சுருளில் உண்டாகும் மின்னோட்டம், இம் மாற்றத்தை எதிர்க்கும் வகையில் அமையும். அஃதாவது சுருளில் எந்தத் திசையில் மின்னோட்டமிருந்தால் சுருளின் முகம் காந்த வடமுனையாக மாறித் தன்னை நோக்கி வரும் கட்டைக் காந்த வடமுனையை எதிர்த்துத் தள்ளி விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிப்பதைத் தடுக்குமோ அந்தத் திசையில் மின்னோட்டம் ஏற்படும் என்பதுதான் லென்ஸ் கூறிய விதியின் பொருளாகும்

மின்காந்தத் தூண்டல் மற்றும் அது பற்றிய ஃபாரடே விதி, மற்றும் லென்ஸ் விதி ஆகியவற்றை முதன்மைச் சுருள் மற்றும் துணைச் சுருள் முறை மூலமும் விளக்கலாம்.

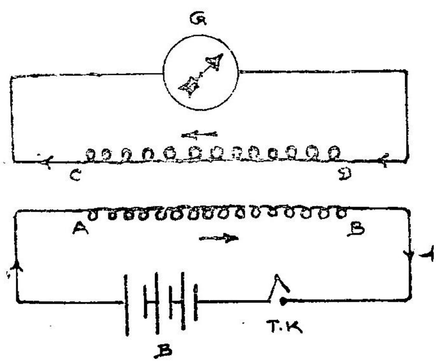
படம் 198-ல் AB என்பது ஒரு நீண்ட, காப்பிடப்பட்ட கம்பியால் சுற்றப்பட்டிருக்கும் சுருள். இதன் முனைகள் ஒரு மின்கலத்துடன், தட்டுசாவி (tap key) ஒன்றின் வழியே இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இச் சுருள் முதன்மைச்சுருள் (primary coil) எனப்படும்.

CD என்ற மற்றொரு சுருள் முதன்மைச்சுருளைத் தொடாமல் அதன்மீது சுற்றப் பட்டிருக்கிறது. இது துணைச் சுருள் எனப்படும். இதன் முனைகள் ஒரு கால்வனோ மீட்டருடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

தட்டு சாவியை அழுத்தியவுடன் முதன்மைச் சுருளின் வழியாக ஓடும் மின்னோட்டம் ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது. காந்தப்புலம் உருவாகும்போது அதன் செறிவு, சுழி அளவிலிருந்து தொடங்கி, மின்னோட்டம் அதிகமாகிப் பெரும அளவினை அடையும் போது தானும் பெரும அளவினை அடையும். எனவே, விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கையும் சுழியிலிருந்து ஒரு பெரும எண்ணிக்கையை அடைந்திருக்கும். இந்தக் கோடுகள் உருவாக உருவாகத் துணைச் சுருளால் இவை வெட்டப்படுகின்றன. எனவே, துணைச் சுருளால் வெட்டப்படும் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை மாறிக் கொண்டே செல்கிறது. இதனுல் துணைச் சுருளில் ஒரு மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. அம் மின்னோட்டம் முதன்மைச் சுருளின் மின்னோட்டத் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் இருக்கும்.

முதன்மைச் சுருளில் மின்னோட்டம் சீராக ஓடத்தொடங்கிய பின்பு அதனால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் செறிவும் சீராகிவிடும். எனவே விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை மாறுவதற்கு இடமில்லை. ஆகவே துணைச் சுருளில் மின்னோட்டம் இருக்காது. இதிலிருந்து முதன்மைச் சுருளில் மின்னோட்டம் ஓடத் தொடங்கிச் சீரான அளவை அடைவதற்கு ஆகும் அந்தச் சிறிய கால இடைவெளியில் மட்டுமே மின் தூண்டல் நிகழ்கிறது என்பதை உணர வேண்டும்.

தொடு சாவியை அழுத்துவதை விட்டு விட்டால் சீராக ஓடிக் கொண்டிருந்த மின்னோட்டம் மிகச் சிறியகால இடைவெளிக்கு பிறகு சுழி அளவினை அடையும். இதனால் அதிலுண்டான காந்தப் புலம் அழியத் தொடங்கும். எனவே அக் காலஇடைவெளிக்குள் துணைச் சுருளால் வெட்டப்படும் விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை மேலே கூறிய பெரும அளவிலிருந்து சுழியாகக் குறைந்து விடும். இப்போதும் மின்தூண்டல் ஏற்படும். இம் மின் தூண்டல் தரும் மின்னோட்டம் முந்தைய திசைக்கு எதிர்த் திசையில் இருப்பதைக் கால்வனோ மீட்டர் காட்டும்.



படம் : 198

G : கால்வனோ மீட்டர்

AB : முதன்மைச் சுருள்

CD : துணைச்சுருள்

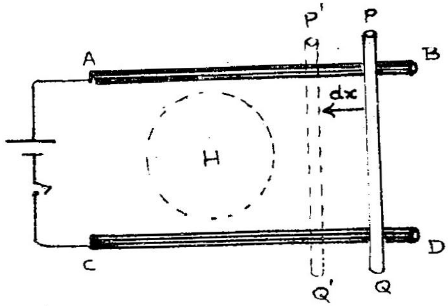
B : மின்கல அடுக்கு

TK : தொடு சாவி.

தூண்டப்பட்ட மின் இயக்கு விசையின் அளவு :

AB, *CD* என்பன இரு இணைக் கடத்திகள் என்போம். அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தூரம் l செ. மீ. *PQ* என்ற உலோகத் தண்டு *AB* மற்றும் *CD* ஆகியவற்றின் மீது குறுக்காகப் போடப் பட்டிருக்கிறது. *PQ* என்ற தண்டு *AB* மற்றும் *CD* ஆகியவற்றின் மீது உருண்டு செல்வதற்கேற்ற நிலையில் இருக்கிறது. *A* மற்றும் *C* என்ற முனைகள் ஒரு மின்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்

கின்றன. இவை எல்லாம் ஒரே தளத்தில் (படத்தின் தளத்தில்) அமைந்திருக்கின்றன. படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகக் கீழிருந்து மேலாக H என்னும் செறிவுடைய காந்தப்புலம் ஒன்று செயற்படுவதாகக் கொள்வோம். தொடுசாவியை அழுத்தியவுடன் PQ வழியாக C என்ற மின்னோட்டம் செல்கிறது. H என்ற காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள l செ. மீ. நீளமுள்ள கடத்தியின் வழியாக C என்ற மின்னோட்டம் செல்கிறது, எனவே அக் கடத்தி



படம்:199

யின் மீது பயட் மற்றும் சாவர்ட் விதியின்படி Hcl என்ற அளவுடைய விசை உண்டாகிறது. ஃபிளமிங் கூறிய இடக்கை பெருவிரல் விதிப்படி (left hand thumb rule) PQ இடப்பக்கமாக நகர்கிறது. அது நகரும் தூரம் dx என்றும் அதற்கு ஆகும் காலம் dt என்றும் வைத்துக் கொள்வோம்.

விசை செய்த வேலையின் அளவு $= Hcl\,dx$

$$= Hc\,dA \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

$$\because\ ldx = dA$$

இங்கு dA என்பது PQ கடந்து சென்ற காந்தப் புலத்தின் பரப்பு ஆகும்.

[ஒரு புலத்தின் செறிவு H என்ருல் அப் புலத்தில் ஒரு அலகுக் குறுக்குப் பரப்பின் வழியாக H விசைக் கோடுகள் செல்வதாகக் கொள்வது மரபு என்று கண்டோம்.]

எனவே மேற்கூறியவாறு PQ நகர்ந்து செல்லும் போது வெட்டிச் செல்லும் விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை dN என்ருல்.

$$dN = H.\,dA \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2) ஆகிய இவற்றிலிருந்து

விசை செய்த வேலை $= HcdA$

$= c.dN \quad \because HdA = dN$

dt என்ற அந்த இடை நேரத்தில் மின்கலம் கொடுத்த ஆற்றலின் அளவு $= E.C \times dt$. இங்கு E என்பது மின்கலத்தின் மி. இ. விசை ஆகும். இவ் வாற்றலில் ஒருபகுதி அச் சுற்றில் வெப்பமாக மாறியிருக்கும். வெப்பமாக மாற்றப்பட்ட ஆற்றலின் அளவு $= RC^2dt$.

∴ மின்கலம் கொடுத்த ஆற்றல் = நடைபெற்றவேலை + வெப்பம்.

அஃதாவது $ECdt = CdN + RC^2dt$

$$Edt = dN + RC\,dt$$

$$E = \frac{dN}{dt} + RC$$

$$\therefore C = \frac{E}{R} - \frac{dN}{dt} \times \frac{1}{R}$$

இதிலிருந்து அச் சுற்றுவழியே செல்லும் மின்னோட்டம் $\frac{E}{R}$ அன்று என்றும், அது $\frac{dN}{dt} \cdot \frac{1}{R}$ அளவு குறைகிறது என்றும் அறிகிறோம். இது கடத்தி காந்தப் புலத்தைக் கடந்து செல்லும்போது அதில் எதிர்த்திசையில் தூண்டப்படும் மின்னோட்டத்தின் அளவாகும் என அறிகிறோம்.

எனவே தூண்டப்படும் மி.இ.வி. அளவு

$$= -\frac{dN}{dt}$$

என்றாகிறது. இங்குள்ள கழித்தற்குறி இம் மின்னியக்க விசை, மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசைக்கு எதிராக இருக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

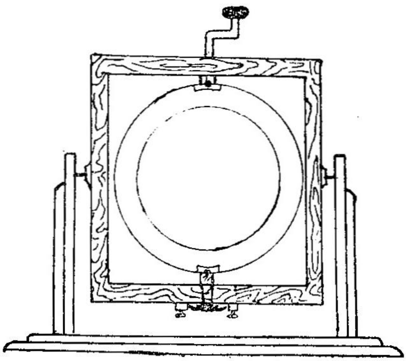
$$\text{தூண்டப்படும் மின்னோட்டம்} = -\frac{dN}{dt} \times \frac{1}{R}$$

$$\text{தூண்டப்படும் மின்னூட்டம்} = -\frac{dN}{dt} \cdot \frac{1}{R} \cdot dt$$

$$= -\frac{dN}{R}$$

புவிதூண்டு சுருள்
(Earth inductor)

இது நன்கு காப்பிடப்பட்ட செப்புக் கம்பியைக் கொண்டு சுற்றப்பட்டிருக்கும் வட்டமான ஒரு கம்பிச் சுருளாகும். இஃது இதன் செங்குத்து விட்டம், கிடைமட்ட விட்டம் ஆகியவற்றை அச்சாகக்கொண்டு சுழல்வதற்கு ஏற்றவாறு அமைக்கப்



(படம் : 199a புவி தூண்டு சுருள்)

பட்டிருக்கிறது. குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கை கொண்ட கம்பிச் சுருளின் முனைகள் இக் கருவியின் பீடத்தில் உள்ள இரு திருகு முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. திருகு முனைகள் கணத்தாக்கு கால்வனோ மீட்டர் (ballistic galvanometer) ஒன்றுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

கம்பிச் சுருளின் தளம் புவிகாந்தத் தளத்தின் போக்கிற்குச் செங்குத்தாக அமையுமாறு வைக்கப்பட்ட பின்பு, சுருள் அதன் செங்குத்து விட்டத்தை அச்சாகக் கொண்டு $180°$ சுழற்றப் படுகிறது. இப்போது சுருள் கம்பியின் சுற்றுகள் ஒவ்வொன்றும் புவிகாந்தப் புலத்தின் கிடைமட்டக் கூறிணை வெட்டிச்செல்கின்றன. இதனால் சுருளில் தூண்டு மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. இச் சிறிய கால இடைவெளியில் உண்டாகும் மின்னோட்டமும் அதன் காரணமாகக் கால்வனோ மீட்டரின் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டமும், கால்வனோ மீட்டரில் d_1 என்ற அளவுள்ள துள்ளு விலக்கம் (kick) உண்டாகிறது. சுருள் $O°$-லிருந்து $90°$ வரை சுழற்றப்படும்போது சுருளின் சுற்றுகளால் வெட்டப்படும் விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை nAH ஆகும். இங்கு n என்பது சுருளில் உள்ள மொத்த சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையையும், A என்பது

சுருளின் பரப்பினையும், H என்பது புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைமட்டக் கூறினையும் குறிக்கின்றன. சுருள் மீண்டும் $90°$-லிருந்து $80°$-க்குச் சுழலும்போது மேலும் nAH விசைக் கோடுகளை வெட்டிச் செல்கின்றன எனவே சுருள் $0°$-லிருந்து $180°$-க்குச் சுழலும்போது வெட்டப்படும் விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை $2nAH$ ஆகும். சுருள் மற்றும் கால்வனோ மீட்டர் ஆகியவற்றைக் கொண்ட மின் சுற்றின் மொத்த மின்தடை R என்றால்,

தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டம் $= \frac{dN}{R}$ என்ற வாய்பாட்டின்படி,

கால்வனோ மீட்டர் வழியே செல்லும் மின்னூட்டம்

$$= \frac{2nAH}{R} = Kd_1 \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

இங்கு K என்பது கால்வனோ மீட்டர் மாறிலியாகும்.

பின்னர், புவி தூண்டு சுருளின் தளம் புவிகாந்தப் புலத்தின் கிடைமட்டக் கூறின் போக்கிற்கு இணையாக இருக்குமாறு வைத்து விட்டுச் சுருளை அதன் கிடைமட்டவிட்டத்தை அச்சாகக் கொண்டு $180°$ சுழற்றுகிறோம். இப்போது கால்வனோ மீட்டரில் d_2 என்ற அளவுடைய துள்ளு விலக்கம் உண்டாகிறது. புவிகாந்தப் புலத்தின் செங்குத்துக் கூறு V என்றால் மேலே கூறிய விளக்கத்தின் படியே,

$$\frac{2nAV}{R} = Kd_2 \text{ ஆகும்} \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2) ஆகியவற்றிலிருந்து,

$$\frac{V}{H} = \frac{d_2}{d_1} \text{ என்று ஆகும்.}$$

θ என்பது அவ்விடத்தில் புவிகாந்தப் புலத்தின் சரிவுக் கோணம் (dip) என்றால்,

$$\tan\theta = \frac{V}{H} \text{ ஆகும்.}$$

$$\text{எனவே } \tan\theta = \frac{V}{H}$$

$$= \frac{d_2}{d_1}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

இவ்வாறு ஓரிடத்தின் சரிவுக் கோணத்தைக் காணலாம்.

இது போன்றே ஓரிடத்தின் H-தெரிந்தால் V-யின் மதிப்பினை யும் பெறலாம்.

சுழி மின்னேட்டம் அல்லது ஃபோகால்ட் மின்னேட்டம்
(Eddy Currents or Foucaults' Currents)

செப்புத்தட்டு போன்ற ஒரு பெரிய உலோகத்துண்டு காந்தப்புலம் ஒன்றுடன் சார்பு இயக்கத்தில் ஈடுபடும்போது, செப்புத்தட்டில் அதன் இயக்கத்தை எதிர்க்கின்ற வகையில் ஒரு தூண்டு மின்னேட்டம் ஏற்படுகிறது. இம் மின்னேட்டம் சுழித்துச் செல்லும் நீர் போலக் காணப்படுவதால் இம் மின்னேட்டம் சுழி மின்னேட்டம் எனப்படுகிறது. இதனை ஃபோகால்ட் என்பவர் கண்டுபிடித்ததினுல் இது ஃபோகால்ட் மின்னேட்டம் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இவ் விளைவினுல் ஆற்றல் வீணுகிறது. மாறுதிசைமின்னேட்ட டைனமோக்கள் மற்றும் டிரான்ஸ்ஃபார்மர்கள் ஆகியவற்றின் உள்ளகத்தில் உள்ள தேனிரும்பு ஒரே திண்மத் துண்டாக (Solid piece) இருந்தால் அதில் சுழி மின்னேட்டத்தினுல் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு அதிகமாக இருக்கும். எனவே அவற்றின் உள்ளகம், ஒன்றலிருந்து ஒன்று நன்கு காப்பிடப்பட்ட பல தேனிரும்புத் தகடுகளைக் கொண்டு செய்யப்பட்டிருக்கிறது.

அலைவு அற்ற கால்வனே மீட்டரில் (aperiodic galvanometer) உள்ள சுருள் உலோக அமைப்புச் சட்டம் (frame) ஒன்றின்மீது சுற்றப்பட்டிருக்கிறது. காந்தப்புலத்தில் சுருளுடன், அமைப்புச் சட்டமும் சுழலும்போது அதில் சுழி மின்னேட்டம் உண்டாகிறது. இது சுருளின் சுழற்சியை எதிர்ப்பதால் குறிப்பிட்ட திருப்பமுற்ற பின்பு சுருள் விரைவில் அசையா நிலை பெறுகிறது. ஆனுல் கணத்தாக்கு கால்வனே மீட்டரில் (ballistic galvanometer) உலோக அமைப்புச் சட்டத்திற்குப்பதிலாக மர அமைப்புச் சட்டம் அல்லது மூங்கில் அமைப்புச் சட்டத்தின்மீது சுருள் சுற்றப்பட்டிருப்பதால் இது உடனே அசையா நிலைக்கு வராது. நீண்ட நேரம் அலைவுற்ற பின்பு நிலைக்கு வரும். இதனை அலைவு அற்ற கால்வனே மீட்டராக உபயோகிக்க வேண்டிய நிலை ஏற்படும்போது, அதன் திருகுமுனை (Terminals) களுக்கு இடையே ஒரு தடித்த உலோகப்

பட்டையை இணைத்துக் குறுக்குச் சுற்றுக்க (Short Circuit) வேண்டும்.

பரிமாற்ற மின் தூண்டல்
(Mutual induction)

துணைச் சுருள் மற்றும் முதன்மைச் சுருள் என்ற இரு சுருள்களைக்கொண்ட அமைப்பில் ஒன்றில் ஏற்படும் மின்னோட்ட மாற்றங்கள் மற்றொன்றில் மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டும் என்று கண்டோம். முதன்மைச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் C-என்றால் துணைச் சுருளின் வழிச் செல்லும் காந்தப் பாயத்தின் (magnetic flux) அளவு MC ஆகும். இங்கு M என்பது இரு சுருள்களுக்கும் இடையே உள்ள பரிமாற்ற மின் நிலைமம் (Mutual inductance) என்ற மாறிலியாகும். இம் மாறிலியின் மதிப்பு இரு சுருள்களும் இருக்கின்ற அமைப்பு நிலைகளையும், அவற்றிலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையையும், அவையிருக்கின்ற ஊடகத்தின் இயல்பினையும் பொருத்தது ஆகும்.

இரு சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்ற மின் நிலைமத் தகவு (coefficient of mutaul inductance) என்பது அவ்விரு சுருள்களில் ஒன்றின் வழியே ஒரு C. G. S. அலகு மின்னோட்டம் பாயும்போது மற்றச் சுருளை வெட்டிச் செல்லும் காந்த விசைக் கோடுகள் அல்லது காந்தப் பாயங்களின் எண்ணிக்கைக்கு எண்ணளவில் சமமாகும்.

முதன்மைச் சுருளின் வழியாக C என்ற மின்னோட்டம் பாயும்போது துணைச் சுருளை வெட்டிச் செல்லும் காந்த விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை N என்றால்,

$$N = MC.$$

$$dN = Mdc$$

$$\frac{dN}{dt} = M\frac{de}{dt}$$

ஆனால் $\frac{dN}{dt}$ என்பது தூண்டப்படும். மின்னியக்க விசையின் அளவாகும். அது e என்றால்,

$$e = \mathrm{M}\frac{dc}{dt}$$

இதிலிருந்து $\frac{dc}{dt} = 1$ ஆக இருக்கையில் $e = M$ ஆகும் என அறிகிறோம். எனவே,

பரிமாற்ற மின் நிலைமத்தகவு என்பது அவ்விரு சுருள்களில் ஒன்றின் வழியே செல்லும் மின்னோட்ட மாற்ற வீதம் ஓர் அலகாக இருக்கும் போது மற்ற சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்க விசைக்கு எண்ணளவில் சமமாகும் என்றும் அறிகிறோம். பரிமாற்ற மின் நிலைமத்திற்கான நடைமுறை அலகு ஹென்ரி (henry) என்பதாகும். இரு சுருள்களுள் ஒன்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம், விநாடிக்கு ஒரு ஆம்பியர் வீதத்தில் மாறும் போது மற்ற சுருளில் தூண்டப்படும் மி. இ. விசையின் அளவு ஒரு வோல்ட் ஆனால் அவ்விரு சுருள்களுக்கிடையே உள்ள பரிமாற்ற மின் நிலைமம் ஒரு ஹென்ரி ஆகும்.

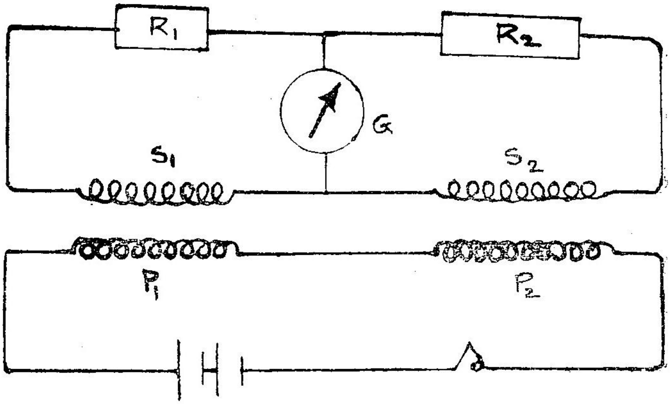
ஒரு ஹென்ரி $= 10^9$ செ. கி. வி. அலகுகளுக்குச் சமமாகும்.

இரு இணைச் சுருள்களுக்கிடையே உள்ள பரிமாற்ற மின் நிலைம விகிதம் காணல் :—

P_1, P_2 என்பன இரு இணைச் சுருள்களின் முதன்மைச் சுருள்கள் என்றும் S_1, S_2 என்பன துணைச் சுருள்கள் என்றும் கொள்வோம். P_1, P_2 என்பன ஒரு மின்கலத்துடன் தட்டுசாவி வழியே தொடர்ச் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. S_1 S_2 என்ற துணைச் சுருள்கள் R_1, R_2 என்ற மின் தடைப் பெட்டிகளுடன் மற்றொரு தொடர்ச் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. கணத்தாக்கு கால்வனோ மீட்டர் ஒன்றின் ஒரு முனை R_1, R_2 ஆகியவற்றின் சந்திப்புடனும், மறு முனை S_1, S_2 ஆகியவற்றின் சந்திப்புடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

S_1-ஐத் துண்டித்து விட்டுத் தட்டு சாவியை அழுத்திக் கால்வனோ மீட்டரில் காணும் துள்ளு விலக்கின் திசையைக் கவனிக்க வேண்டும். பின்னர் S_1-ஐ இணைத்துவிட்டு S_2-ஐத் துண்டித்து விட்ட பின்பு, தட்டு சாவியைஅழுத்தி மீண்டும் கால்வனோ மீட்டரில் ஏற்படும் துள்ளுவிலக்கின் திசையைக் கவனிக்கவேண்டும். இவ்விரு துள்ளு விலக்குகளும் எதிர் எதிர்த் திசைகளில் இருக்குமாயின் இணைப்பு சரியாக இருக்கிறது என்றும், நாம் சோதனையைத் தொடங்கலாம் என்றும் கொள்ளவேண்டும். அவ்வாறின்றி இரண்டிலும் துள்ளு விலக்குகள் ஒரே திசையில் இருக்குமாயின் S_1 அல்லது S_2 என்ற சுருள்களுள் ஏதாவது ஒன்றின் முனைகளை மாற்றி இணைத்துப் பின் சோதனையைத் தொடங்க வேண்டும்.

R_1, R_2 என்ற மின் தடைப் பெட்டிகளில் தேவையான மின் தடையை ஏற்படுத்தித் தட்டு சாவியை அழுத்தும் போது கால்வனோ மீட்டரில் துள்ளு விலக்கு இல்லாதபடி செய்யவேண்டும்.



படம் : 199b

M_1, M_2 என்பன அந்த இணைகளின் பரிமாற்ற மின் நிலைமம் என்றும், C என்பது முதன்மைச் சுருளின் வழியாகச் செல்லும் சீரான மின்னோட்டம் என்றும் கொண்டால் S_1 என்ற சுருளில் ஏற்படும் மின்தூண்டலால், கால்வனோ மீட்டர் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டம்,

$$= \frac{M_1 C}{s_1 + R_1}$$

S_2 என்ற சுருளில் ஏற்படும் மின்தூண்டல் காரணமாகக் கால்வனோ மீட்டர் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் $= \frac{M_2 C}{s_2 + R_2}$

இச் சமன்பாடுகளில் உள்ள s_1, s_2 என்பன துணைச் சுருள்களின் மின் தடையாகும். இம் மின்னோட்டங்கள் கால்வனோ மீட்டர் வழியே எதிர்எதிர்த் திசைகளில் செல்கின்றன என்றும் அறிவோம்.

கால்வனோ மீட்டரில் துள்ளு விலக்கு இல்லாத நிலை உண்டாகும் போது,

$$\frac{M_1 C}{s_1 + R_1} = \frac{M_2 C}{s_2 + R_2} \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{s_1 + R_1}{s_2 + R_2}$$

இச் சோதனையை மீண்டும் செய்து R_1', R_2' என்ற புதிய மின் தடை மதிப்புகளுக்கும் மறுபடியும் கால்வனோ மீட்டரில் துள்ளு விலக்கு இல்லாமல் செய்தால்,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{s_1+R_1'}{s_2+R_2'} \text{ என்றாகும்.}$$

ஆகவே,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{S_1+R_1}{S_2+R_2} = \frac{S_1+R_1'}{S_2+R_2'}$$

$$= \frac{R_1-R_1'}{R_2-R_2'} \text{ ஆகும்.}$$

இதே போன்று இச் சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து $\frac{M_1}{M_2}$-ன் சராசரி மதிப்பினைக் காணலாம்.

இரு சுருள்களின் பரிமாற்ற மின் நிலைமத்தகவு காணல் :-

A சதுர சென்டி மீட்டர் குறுக்குப் பரப்பும், ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளத்தில் n சுற்றுகளும் கொண்ட முதற் சுருளின் நடுப்பகுதியில் மொத்தம் N சுற்றுகளை உடைய துணைச்சுருள் சுற்றப் பட்டிருக் கிறது. முதற் சுருளின் வழியாக C சார்பற்ற அலகுடைய மின்னோட்டம் பாயும்போது உண்டாகும் காந்தப் புலத்தின் செறிவு $= 4\pi\ NC$ செ. கி. வி. அலகுகள் ஆகும். துணைச்சுருள் வழியே செல்லும் மொத்த காந்த விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை $= 4\pi\ NC\ A$. இவை எல்லாம் துணைச்சுருளில் உள்ள N சுற்று களாலும் வெட்டப்படுகின்றன. எனவே துணைச்சுருளால் வெட்டப்படும் மொத்த விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை $= 4\pi\ NCAN$. M என்பது இருசுருள்களுக்கும் இடையே உள்ள பரிமாற்ற மின் நிலைமத்தகவு என்றால்,

$$MC = 4\pi\ NCAN \text{ ஆகும்.}$$

$$M = 4\pi\ NAN \text{ செ. கி. வி. அலகுகள்.}$$

$$= \frac{4\pi\ NAN}{10^9} \text{ ஹென்றிகள்.}$$

அக மின் நிலைமத்தகவு

(Coefficient of Self induction)

ஒரு மின்கலத்துடன் தட்டுசாவி வழியே இணைக்கப்படும் கம்பிச் சுருள் ஒன்றை எடுத்துக் கொள்வோம். தட்டு சாவியை அழுத்தி மின்சுற்றில் மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சியவுடன் சுருளில் உண்டாகும் காந்த விசைக் கோடுகள், அச் சுருளின் சுற்று

களினாலேயே வெட்டப்படுவதால் அச் சுருளில் முதன்மை மின்னோட்டம் பாயும் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் ஒரு தூண்டு மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. தட்டு சாவியை விட்டவுடன் மின் சுற்று துண்டிக்கப்பட, கம்பிச்சுருளின் மின்விசைக் கோடுகள் நீங்குகின்றன. அவ்வாறு நீங்கும் விசைக்கோடுகள் அக் கம்பிச் சுருளினாலேயே வெட்டப்படுவதால் மின்னோட்டம் குறையும் திசைக்கு எதிர்த் திசையில், அஃதாவது முதன்மை மின்னோட்டத்தின் திசையில் ஒரு தூண்டு மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. இதனால் முதன்மை மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பினை அடைவதும் அல்லது சிறும மதிப்பினை அடைவதும் குறிப்பிட்ட சிறியகால இடைவெளிக்குப் பிறகே ஏற்படுகிறது.

இத்தகைய அகத்தூண்டல் காரணமாக ஏற்படும் மின்னியக்கு விசை,

$$e = -\frac{dN}{dt} \text{ ஆகும்.}$$

இங்கு N என்பது அக் கம்பிச்சுருளை வெட்டிச்செல்லும் காந்த விசைக் கோடுகளின் மொத்த எண்ணிக்கை ஆகும்.

$N = LC$ ஆகும். இங்கு C என்பது கம்பிச் சுருளில் பாயும் சீரான மின்னோட்டத்தையும் L என்பது கம்பிச் சுருளின் அகமின் நிலைமத் தகவினையும் குறிக்கின்றன.

ஒரு கம்பிச் சுருளின் அகமின்நிலைமத்தகவு என்பது அக் கம்பிச் சுருள்வழியே ஒரு செ. கி. வி. அலகு மின்னோட்டம் பாயும்போது அக் கம்பிச் சுருளால் வெட்டப்படும் காந்த விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கைக்கு, எண்ணளவில் சமமாகும்.

$$N = LC \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore \quad \frac{dN}{dt} = \frac{Ldc}{dt} = e \text{ (எண் அளவில்)}$$

எனவே, $\frac{dC}{dt} = 1$ ஆக இருக்கையில் $L = e$ ஆகும். எனவே,

ஒரு கம்பிச் சுருளின் அகமின்நிலைமத்தகவு என்பது அக் கம்பிச் சுருளின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம் மாறும் வீதம் ஓர் அலகாக இருக்கையில், தூண்டப்படும் மின்இயக்கு விசைக்கு எண்ணளவில் சமமாகும்.

மின்னோட்ட மாற்றம், விநாடிக்கு ஒரு ஆம்பியராக இருக்கையில் அக் கம்பிச் சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை ஒரு வோல்ட்டு ஆனால் கம்பிச் சுருள் அகமின்நிலைமத்தகவு ஒரு ஹென்ரி ஆகும்.

ஒரு வரிச்சுருளின் அகமின்நிலைமத்தகவு

(Coefficient of Self induction of a Solenoid)

l சென்டி மீட்டர் நீளமும் A சதுர சென்டி மீட்டர் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும் கொண்ட வரிச்சுருள் ஒன்றில் உள்ள மொத்த சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை N என்போம். ஆகவே, ஒரு சென்டி மீட்டரில் $\frac{N}{C}$ சுற்றுகளிருக்கும். இச் சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்வதால் உண்டாகும் காந்தப் புலத்தின் செறிவு $= \frac{4\pi NC}{l}$ ஆகும். ஆகவே சுருளிலிருந்து வரும் மொத்த விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை $= \frac{4\pi NC}{l} \times A$. இவை சுருளில் உள்ள N சுற்றுகளாலும் வெட்டப்படுவதால், வெட்டப்படும் காந்த விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை,

$$= \frac{4\pi NCA}{l} \times N$$

இது LC-க்குச் சமம் ஆகையால்

$$LC = \frac{4\pi NCAN}{l}$$

$$L = \frac{4\pi N^2 A}{l} \text{ செ. கி. வி. அலகுகள்.}$$

$$= \frac{4\pi N^2 A}{l \times 10^9} \text{ ஹென்ரிகள்.}$$

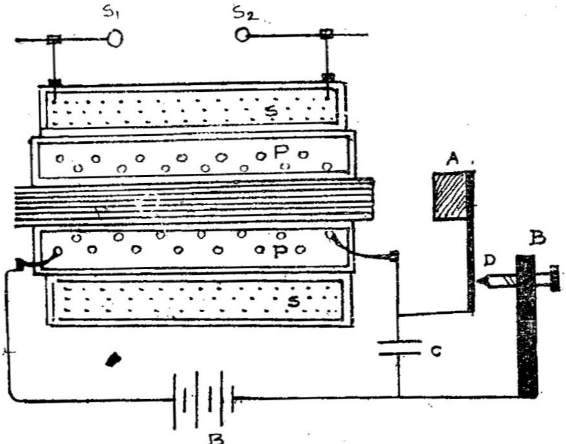
தூண்டு மின் சுருள்

(Induction Coil)

இது பரிமாற்ற மின் தூண்டல் என்ற தத்துவத்தில் இயங்கும் ஒரு கருவியாகும். இதில் முதற் சுருளின் முனைகளுக்கு இடையே தரப்படும் குறைந்த மின்னழுத்தம், துணைச் சுருளின் இரு முனை களுக்கிடையே, உயர்ந்த மின்னழுத்தமாக வெளிவருகிறது.

இது திறமையாக இயங்குவதற்கு முதற் சுருள் உண்டாக்கும் காந்தப்புலத்தின் செறிவு மிக அதிகமாகவும், துணைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை மிக அதிகமாகவும், முதற் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தை விரைவாக மாறி மாறி நிறுத்துவதும் பாய்ச்சுவதுமாகச் செய்யக்கூடிய ஓர் அமைப்பும் இருக்க வேண்டும்.

முதற் சுருள், இரண்டு மூன்று அடுக்குகளாகச் சுற்றப்பட்ட, தடித்த, அதிக மின்னோட்டத்தைத் தாங்கக்கூடிய கம்பியால் செய்யப்பட்டிருக்கிறது. இச் சுருள் தேனிரும்பால் ஆகிய உள்ளகத்தின் மீது சுற்றப்பட்டிருக்கிறது இவ்வுள்ளகம் ஒரே தண்டாக இல்லாமல் பல தேனிரும்புக் கம்பிகளை ஒன்று சேர்த்துச் செய்த கட்டாக இருக்கிறது. இதனால் சுழி மின்னோட்டத்தால் ஏற்படக்கூடிய ஆற்றல் இழப்பு தடுக்கப்படுகிறது. மேலும் இத்தகைய உள்ளகம் முதற் சுருள் உண்டாக்கும் காந்தப் புலத்தின் செறிவினை அதிகப்படுத்துகிறது. முதற் சுருளின்மீது ஆனால்,



படம்: 200

P: தேனிரும்புக் கம்பிக்கட்டின் மேல் சுற்றப்பட்ட முதற் சுருள்.

S: துணைச் சுருள்.

A: தேனிரும்பு வில்லை பொருத்தப்பட்ட பித்தளை வில்.

B: உலோகத் தூணும் அதிலுள்ள திருகு முனையும்.

D: பிளாட்டின் தொடு புள்ளிகள்.

C: மின் தேக்கி

அதைத் தொடாமல் மெல்லிய கம்பியால் ஆகிய, பல ஆயிரக் கணக்கான சுற்றுகளை உடைய துணைச் சுருள் சுற்றப்பட்டிருக்கிறது. இதன் முனைகள் S_1, S_2 - என்ற திருகு முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. முதற் சுருள் ஒரு மின்கல அடுக்குடன் ஏப் தொடர்பு முறிப்பான் (App's contact - breaker) என்ற அமைப்பின் வழியே தொடர் மின் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. தொடர்பு முறிப்பான் அமைப்பில் பித்தளை வில் ஒன்று இருக்கிறது. அதன் நுனியில் தேனிரும்பால் ஆகிய ஒரு கனமான வில்லையும் இடையில் மின் தொடர்புக் கேற்ற பிளாட்டின முனையும் அமைந்துள்ளன. உலோகத் தூண் ஒன்றின் வழியாகச் சென்று பித்தளை வில்லைத் தொடுகின்ற திருகின் முனையிலும் பிளாட்டினம் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. பித்தளை வில்லுக்கும், உலோகத் தூணுக்கும் இடையில் ஒரு மின் தேக்கி இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

திருகைச் சுழற்றி அதன் முனை பித்தளை வில்லைத் தொடுமாறு செய்து சுருளை இயங்கச் செய்கிறோம். முதல் சுருளின் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்போது, துணைச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட எதிர் மின்னோட்டம் ஒன்று உண்டாகிறது. இந்த சமயத்தில் முதற் சுருளின் உள்ளகம், காந்தத் தன்மை பெறுவதால் அஃது அதற்கு எதிரே உள்ள, வில்லின் முனையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் தேனிரும்பு வில்லையினை இழுக்கிறது, இதனால் வில் முன்னோக்கிச் சாய, மின் சுற்று துண்டிக்கப்படுகிறது. மின் சுற்று துண்டிக்கப் படுவதனால் காந்தப் புலத்தின் ஆற்றல் அழிகிறது. இதனால் மீண்டும் துணைச் சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் (முந்தைய திசைக்கு எதிர்த் திசையில்) ஒன்று உண்டாகிறது. காந்தப் புலம் இழந்ததால் முன்னோக்கி இழுக்கப்பட்ட பித்தளை வில் விடப்படுகிறது. வில்லின் மீளும் ஆற்றலால் அது பழைய நிலைக்கு வரும்போது பிளாட்டினப் புள்ளிகளுக்கு இடையே மீண்டும் தொடர்பு ஏற்பட முதற் சுருள் வழியே மின்னோட்டம் பாய்கிறது. அப்போது மேற் சொன்ன எல்லா நிகழ்ச்சிகளும் மீண்டும் நடைபெறுகின்றன. இவ்வாறு முதற் சுருளில் மின்னோட்டம் மாறி மாறிப் பாய்ச்சப்படுவதும், நிறுத்தப்படுவதுமான செயல் தொடர்ந்து விரைவாக நடைபெறுகின்ற வரையில் துணைச் சுருளில் எதிர்த் திசைகளில் மாறி மாறிச் செல்கின்ற ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது.

முதற் சுருளில் மின்னோட்டம் பாயும்போது இருக்கும் வேகத்தைவிட நிற்கும்போது இருக்கின்ற வேகம் அதிகமாகும்.

ஏனெனில் பாயும்போது கம்பியின் மின் தடை மிகமிகக் குறைவாக இருப்பதால் அதை எதிர்த்து மின்னோட்டம் பாய்ந்து பெரும மதிப்பினை அடைய நாழிகை ஆகிறது. ஆனால் நிறுத்தப்படும்போது சுற்றின் மின் தடை கணக்கிலடங்காத அளவு ஆவதால் மின்னோட்டம் திடுமென என்று நின்றுவிடுகிறது. எனவே மின்னோட்டம் பாயும்போது விசைக் கோடுகள் வெட்டப்படும் வீதத்தைவிட மின்னோட்டம் நிற்கும்போது விசைக் கோடுகள் வெட்டப்படும் வீதம் அதிகமாக இருக்கும். ஆகையால் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் அளவு முதற் சுருளில் மின்னோட்டம் நிற்கும்போது அதிகமாக இருக்கும்.

முதற் சுருளில் மின்னோட்டம் நிற்கும்போது அச் சுருளின் அகத் தூண்டுதல் காரணமாக உண்டாகும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் பிளாட்டின தொடு புள்ளிகளுக்கு இடையே மின் பொறி உண்டாக்குவதற்குத் தேவையான அளவுடையதாக இருப்பதால் பிளாட்டின முனைகளைப் பாழ் படுத்துவதுடன், விசைக்கோடுகள் அழிவுறும் வேகத்தையும் குறைக்கின்றன. இதனால் துணைச் சுருளில் உண்டாகும் தூண்டப்பட்ட மின் இயக்கு விசையின் அளவு வெகுவாகக் குறைகிறது. மின்பொறி ஏற்படுவதும் அதனால் உண்டாகும் பாழான விளைவுகளும் பின்வரும் முறையில் தவிர்க்கப்படுகின்றன. படத்தில் காட்டியவாறு பொறி இடைவெளிக்கு இணையாக ஒரு மின் தேக்கி இணைக்கப்படுகிறது. முதற் சுருளில் மின்னோட்டம் தடைப்படும்போது அதில் ஏற்படும் அக மின் தூண்டல் காரணமாக உண்டாகும் மின்னோட்டம், மின்பொறி உண்டாக்குவதற்குப் பதிலாக மின்தேக்கியை மின்னூட்டம் பெறச் செய்கிறது. இதனால் மின் பொறி உண்டாக்கப்படுவதில்லை. ஆகவே பிளாடினம் முனைகள் வீணாவதில்லை. மேலும் காந்தப்புலம் விரைந்து அகற்றப்படுவதால் துணைச்சுருளில் தூண்டுதல் மின்னோட்டம் அதிகமாகிறது. இதனோடு மின்னூட்டம் பெற்ற மின்தேக்கி முதற் சுருள் வழியாக எதிர்த்திசையில் (குறையும் மின்னோட்ட திசையில்) ஒரு மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குகிறது. இதனால் காந்தப்புலம் அகற்றப்படுவதால் துணைச் சுருளில் எந்தத் திசையில் மின்னோட்டம் உண்டாகுமோ, அதே திசையில் மேலும் தூண்டுதல் மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. ஆகவே மின்தேக்கி இணைக்கப்படாவிட்டால் துணைச் சுருளில் உண்டாகும் மின்னோட்டத்தைப்போல ஏறக்குறைய இருமடங்கு மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. எனவே முதற் சுருளில் மின்னோட்டத் தொடர்பு ஏற்படும் போது துணைச்சுருளில் மிகக் குறைந்த தூண்டு மின்னோட்டமும் தொடர்பு முறியும்போது மிக வலிமை வாய்ந்த தூண்டு மின்னோட்டமும் உண்டாகின்றன. எனவே துணைச் சுருளின் முனைகள் மிக

அருகில் இல்லாதபோது அவற்றிற்கு இடையே நிகழும் மின்னோட்டத்தை ஒரு திசை மின்னோட்டம் என்று கூறலாம். எவ்வாறெனில் முதற் சுருளில் மின்னோட்டத்தொடர்பு ஏற்படும்போது துணைச் சுருளில் மிகக் குறைந்த தூண்டு மின்னோட்டம் ஏற்படுவதால் இது துணைச்சுருளின் முனைகளுக்கு இடையே பாய்ந்து செல்ல இயலாது. ஆனால் முதற் சுருளில் மின்னோட்டத்தொடர்பு முறியும் போது மிக வலிய தூண்டு மின்னோட்டம் ஏற்படுவதால் அது துணைச் சுருளின் முனைகளுக்கு இடையே உள்ள இடைவெளியில் பாய்ந்து செல்லும். துணைச் சுருளின் முனைகளுக்கு இடையே ஒரு மின்னிறக்கக் குழாயை (discharge tube) இணைத்தால் முதற் சுருளின் மின்னோட்டத்தில் முறிவு ஏற்படும்போது மட்டுமே அதன் வழியாக மின்னிறக்கம் ஏற்படும். ஆகையால் இஃது ஒரு திசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டை இணைப்பதற்குச் சமமாகிறது.

தூண்டு மின் சுருளின் பயன்கள் :

(1) மின்னிறக்கக் குழாய்களில் அடைபட்டிருக்கும் வாயுக்களின் வழியே மின்னிறக்கம் ஏற்படச் செய்து அவ் வாயுக்களின் நிறமாலைகளைப் பெறுவதற்கும்,

(2) X கதிர்களை உண்டாக்குவதற்கும்,

(3) இரசாயனச் சேர்க்கை மற்றும் பகுப்பாய்வுகளின்போது மின் பொறி உண்டாக்குவதற்கும்,

(4) கோல் ராஷ் மின் சுற்று அமைப்பில் (Kohlransch) தேவைப்படும் சிறிய மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாக்குவதற்கும்,

(5) பொதுவாக ஆய்வுச்சாலைகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மின்மாற்றிகள்

(Transformers)

(1) மிக அதிகமான மின்னியக்கு விசையும் குறைந்த மின்னோட்ட வலிவும் உடைய மாறுதிசை மின்னோட்டத்தைக் குறைந்த மின்னியக்கு விசையும் அதிக மின்னோட்ட வலிவுமுடைய மாறுதிசை மின்னோட்டமாக மாற்றுவதற்கும் அதுபோன்றே (2) குறைந்த மின்னியக்கு விசையும் அதிக மின்னோட்ட வலிவும் கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை அதிக மின்னியக்கு விசையும் குறைந்த மின்னோட்ட வலிவுமுடைய மாறுதிசை

மின்னோட்டமாக மாற்றுவதற்கும் அமைந்த சாதனம் **மின்மாற்றி** எனப்படும். முதல்வகை மின்மாற்றிகள் **இறக்கு மின்மாற்றிகள்** (Step down Transformers) என்றும், இரண்டாம்வகை மின் மாற்றிகள் **ஏற்று மின்மாற்றிகள்** (Step up Transformers) என்றும் அழைக்கப் படுகின்றன.

இறக்கு மின்மாற்றி (Step down Transformer)

இதில் ஒரு **முடிவற்ற தேனிரும்பு உள்ளகத்தின்** (enless core) மீது முதற்சுருள் மற்றும் துணைச்சுருள் என்ற இரு சுருள்கள் சுற்றப் பட்டிருக்கின்றன. சுழி மின்னோட்டம் என்ற தலைப்பில் குறிப்பிட் டிருப்பது போல் இவ்வுள்ளகம் பலமெல்லிய தேனிரும்புத் தகடு களால் உருவாக்கப் பட்டிருக்கும். இதனால் சுழி மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்புகள் ஏற்படுவதில்லை. மாற்றப்பட வேண்டிய மின்னோட்டம் முதற் சுருளின் முனைகளுக்கிடையே தரப்படுகிறது. இதிலுள்ள முதற் சுருள், அதிக எண்ணிக்கை யுடைய நன்கு காப்பிடப்பட்ட சுற்றுகளைக் கொண்டிருக்கும். இதில் குறைந்த வலிமையுடைய மின்னோட்டம் செலுத்தப்படு மாகையால் இதற்கு உபயோகிக்கப்படும் கம்பிகள் அம் மின் னோட்டத்தைத் தாங்குவதற்கான தடிப்பு உடையதாக இருக்க வேண்டும். இதன் துணைச்சுருள் நன்கு காப்பிடப்பட்டதாகவும், குறைந்த சுற்றுகளை உடையதாகவும், வேண்டிய அளவு தடிப்பு உடையதாகவும் இருக்கும். துணைச் சுருளின் முனைகளுக்கு இடையே நமக்குத் தேவையான குறைந்த மின்னியக்கு விசையும், அதிக மின்னோட்ட வலிமையுமும் உடைய மாறுதிசை மின்னோட்டம் கிடைக்கும்.

முதற்சுருள் வழியே செல்லும் மாறுதிசை மின்னோட்டம், மின் மாற்றியின் உள்ளகத்தைக் காந்தமாக்குவதும், அழிப்பதுமாக இருக்கிறது. இதனால் துணைச்சுருளில் மின்தூண்டல் ஏற்பட்டு, அதில் ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. மின்மாற்ற விகிதம் முதற்சுருள் மற்றும் துணைச் சுருள் இவற்றிலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை விகிதத்தில் இருக்கும். முதற் சுருள் மற்றும் துணைச்சுருள் ஆகியவற்றிலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை முறையே n_1, n_2 என்றும், முதற்சுருளில் தரப்படும் v_1 என்ற மின்னியக்கு விசை துணைச் சுருளில் v_2 என்ற மின்னியக்கு விசையாக வெளிவருகிறது என்றும் கொண்டால்,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ ஆகும்.}$$

முதற் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் i_1 என்றும் துணைச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் i_2 என்றும் கொண்டால், $v_1 i_1 = v_2 i_2$ ஆக இருக்க வேண்டும். ஏனெனில், இம் மாற்றத்தினால் ஆற்றல் எவ்விதத்திலும் வீணாக்கப்படவில்லை.

$$\therefore \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{\text{துணைச்சுருள் மின்னூட்டம்}}{\text{முதற் சுருள் மின்னூட்டம்}} = \frac{\text{முதற் சுருள் சுற்றுகள்}}{\text{துணைச்சுருள் சுற்றுகள்}}$$

மேற்கூறிய சமன் பாட்டினைப் பெறுவதில் ஆற்றல் எவ்விதத்திலும் வீணாவதில்லை என்று நாம் வைத்துக் கொண்டபோதிலும் நடைமுறையில் ஆற்றல் ஓரளவு பாழாகவே செய்கிறது. அவ்வாறு ஆற்றல் பாழாகும்போது அதில்,

(1) ஒரு பகுதி, கம்பிச் சுருளில் வெப்பமாகவும்,

(2) ஒரு பகுதி தவறிச் செல்லும் காந்த விசைக்கோடுகளாகவும்,

(3) ஒரு பகுதி தொடர்ந்து காந்தமாற்றத்திற்கு உள்ளாகும் உள்ளகத்தில் உண்டாகும் தயக்கநிலை இழப்பாகவும் வீணாகின்றன.

ஏற்ற மின் மாற்றியின் அமைப்பு

இதன் அமைப்பு இறக்க மின்மாற்றியின் அமைப்பைப் போன்றதே. ஆனால் இதன் முதற்சுருள் மிகக் குறைந்த எண்ணிக்கையுடைய சுற்றுகளையும், துணைச்சுருள் மிக அதிக எண்ணிக்கையுடைய சுற்றுகளையும் கொண்டிருக்கும். இஃது இயங்கும் விதமும், இதற்கான சமன்பாடுகளும் முற்றிலும் இறக்க மின்மாற்றியை ஒத்திருக்கும்.

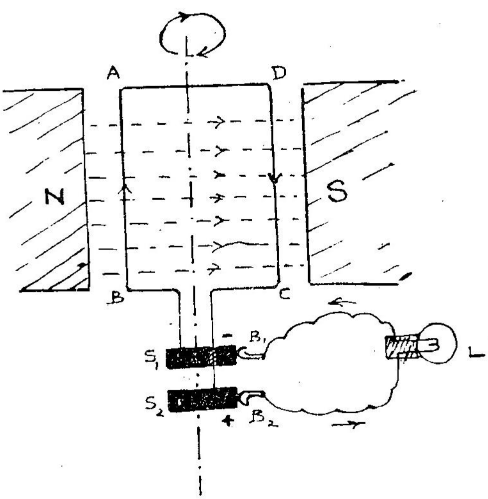
பயன்கள்

வானொலிப் பெட்டிகளில், இறக்க மின்மாற்றிகளும், ஏற்று மின் மாற்றிகளும் அதிக அளவில் பயன்படுகின்றன. மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யுமிடங்களிலிருந்து, வழங்கும் இடங்களுக்கு அனுப்பப்படும்போது அவற்றின் மின்னியக்கு விசைகள் பல மடங்கு உயர்த்தப் படுவதால் அவ் விடங்களில் ஏற்றுதிசை மாற்றிகளும், வழங்கும் முனைகளில் அவற்றைக் குறைந்த மின்னியக்கு விசைகளாக மாற்றி வழங்குவதற்கு இறக்கு மின்மாற்றிகளும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

டைனமோ (Dynamo)

இது சுழல் இயக்க ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றுவதற்கான அமைப்பு ஆகும். முடிவற்ற கம்பிச் சுருள் ஒன்று ஒரு காந்தப் புலத்தில் சுழலும்போது அச் சுருளில் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது.

சுருள் இயங்கும் திசை, காந்தப் புலத்தின் திசை தூண்டப்படும் மின்னோட்டத்தின் திசை ஆகிய இம் மூன்றையும் இணைத்துக் கூறும் ஒரு விதி உண்டு. அது ஃபிளமிங் வலக்கைப் பெரு விரல் விதி (Fleming's right hand thumb rule) என்றழைக்கப்படுகிறது.



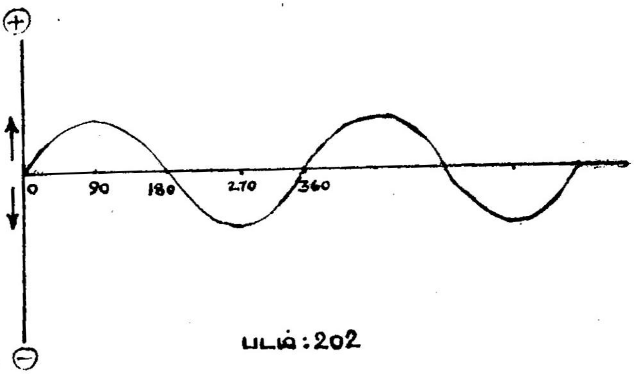
படம் : 201

வலக்கையின், நடுவிரல், ஆட்காட்டி விரல், பெரு விரல் ஆகியவற்றை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான மூன்று திசைகளில் விரித்து வைத்துக் கொள்வோம். ஆட்காட்டி விரல், காந்தப் புலத்தின் திசையையும், பெரு விரல் கம்பி இயங்கும் திசையையும் குறிக்கும்போது நடுவிரல் அக் கம்பியில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிக்கும்.

N, *S* என்ற காந்த முனைகளுக்கு இடையே நிலவும் சீரான காந்தப்புலம் புள்ளிக்கோடுகளால் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. அக் காந்தப்புலம் இடப் பக்கமிருந்து வலப் பக்கமாக அமைந்திருக்கிறது. அப் புலத்தில் *ABCD* என்ற செவ்வக வடிவக் கம்பிச் சுருள்

ஒன்று படத்தில் காட்டியவாறு இடப்பக்கமிருந்து வலப்பக்கமாக அதன் அச்சில் சுழல்கிறது. சுருளின் கம்பி நன்கு காப்பிடப் பட்டுள்ளது. அதன் முனைகள் S_1, S_2 என்ற இரு வழுக்கு வளையங்களுடன் (slip rings) இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவற்றின் மீது அழுத்திக் கொண்டிருக்கும் B_1, B_2 என்ற இரு உலோகத்தூரிகை (metal brushes) களுக்கு இடையே மின் விளக்குக் குமிழ் ஒன்று இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

தொடக்கத்தில் சுருள், புலத்தின் போக்கிற்குச் செங்குத்தாக இருப்பதாகக் கொள்வோம். அப்போது சுருளின் AB என்ற புயம் அடியிலும், CD என்ற புயம் மேலும் இருக்கும். சுழற்றத் தொடங் கியவுடன் AB என்ற புயம் நம்மை நோக்கி வெளியே வரும்போது CD என்ற புயம் நம்மைவிட்டு விலகி உள்ளே போகும். இவ்வாறு முதல் அரைச் சுற்று சுற்றும் வரையில் AB நம்மை நோக்கி வந்து கொண்டும் CD நம்மை விட்டுப்போய்க் கொண்டும் இருக்கும். AB நம்மை நோக்கி வரும்போது, ஃபிளமிங் வலக்கைப் பெரு விரல் விதிப்படி AB என்ற புயத்தில் BA என்ற திசையிலும், CD என்ற புயத்தில் DC என்ற திசையிலும் மின்னோட்டம் செல்லும். AD,



படம்: 202

BC என்ற புயங்கள் காந்தப் புலத்தை வெட்டுவது இல்லை. எனவே சுருளில் $BADC$ என்ற திசையில் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. ஆகவே C என்ற முனையுடன் இணைக்கப்பட்ட S_2 என்ற வழுக்கு வளையம் + முனையாகவும் B என்ற முனையுடன் இணைக்கப்பட்ட S_1 என்ற வழுக்கு வளையம் — ஆகவும் செயற்படுகின்றன. ஆகவே மின்னோட்டம் S_2–லிருந்து S_1-க்குச் செல்கிறது. சுழற்சியின் மறுபாதியின் போது AB என்பது நம்மை விட்டு உட்பக்கம் நோக்கிச் செல்கிறது CD என்பது வெளிப்பக்கமாக நம்மை நோக்கி

வருகின்றது. அப்போது CD என்ற புயத்தில் மின்னோட்டம் CD என்ற திசையிலும் AB என்ற புயத்தில் AB என்ற திசையிலும் செல்லும். ஆகவே சுருளில் மின்னோட்டம் CD AB என்ற திசையில் ஓடும். அப்போது B-யுடன் இணைக்கப்பட்ட S_1+ஆகவும், C-யுடன் இணைக்பட்ட S_2-ஆகவும் செயற்படுகின்றன. எனவே மின்னோட்டம் S_1-லிருந்து S_2-க்குச் செல்லும். இவ்வாறு ஒரு முறை சுருள் சுழலும்போது வெளிச் சுற்றில் மின்னோட்டம் இங்குமங்கும் ஒரு முறை போய்வருகிறது. அஃதாவது திசையை மாற்றிக் கொள்கிறது; அல்லது அலைவுறுகிறது. மேலும் சுருளின் வெவ்வேறு நிலைகளுக்கு ஏற்ப அதனுல் வெட்டப்படும் காந்த விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையும் வேறுபடுவதால் அதற்குத் தக்கபடி தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையின் அளவும் வேறுபடும். காந்தப்புலத்தின் போக்கிற்குச் செங்குத்தாக இருந்த சுருள் 180° சுழன்றவுடன் மின்னியக்கு விசையின் அளவு படத்தில் காட்டியவாறு ஏறி இறங்கிச் சுழிநிலையை அடைகிறது. பிறகு சுருள் 180° லிருந்து 360°-க்குச் சுழலும்போது மின்னியக்குவிசை தன் திசையை மாற்றிக்கொண்டு எதிர்த் திசையில் ஒரு முறை ஏறி இறங்குகிறது. இம் மாற்றங்களைப் படம் 202 தெளிவாகக் காட்டுகிறது. மின்னியக்கு விசை மாற்றங்கள் ஒரு Sine வரைபடத்தை ஒத்திருக்கிறது. எனவே இத்தகைய மினனியக்குவியையும் அதனுல் உண்டாகும் மின்னோட்டமும் முறையே மாறுதிசை மின்னியக்குவிசை யென்றும், மாறுதிசை மின்னோட்டம் என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

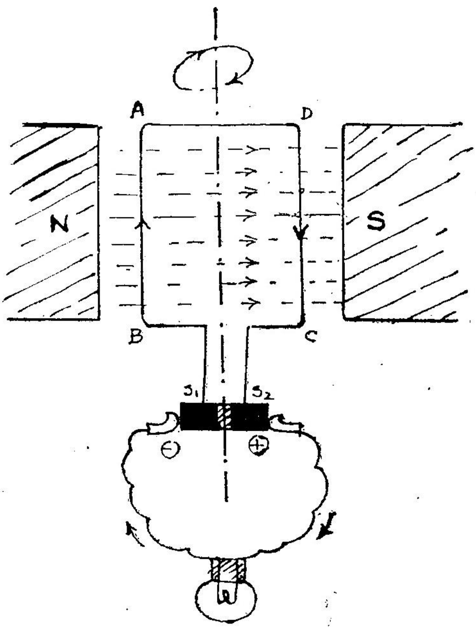
இவ்வாறு மாறு திசை மின்னோட்டத்தைத் தருகின்ற டைனமோக்கள் ஏ. சி. டைனமோக்கள் எனப்படுகின்றன.

டி. சி. டைனமோ (D. C. Dynamo)

இதிலும் ஏ. சி. டைனமோவைப் போன்றே ஒரு சீரான காந்தப்புலத்தில், செவ்வக வடிவச் சுருள் ஒன்று தன் அச்சில் சுழல்கிறது. இச் சுருளின் முனைகள், பிளக்கப்பட்ட வழுக்கு வளையத்துடன் படத்தில் காட்டியவாறு இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. வளையத் துண்டுகளின் மீது அழுத்திக்கொண்டிருக்கும் உலோகத் தூரிகைகள் மின் விளக்குக் குமிழ் ஒன்றுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. பிளக்கப்பட்ட வளையப்பகுதிகளுக்கு இடையே மெல்லிய காப்புத் தகடு வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

தொடக்கத்தில் சுருளின் தளம் காந்தப்புலத்தின் போக்கிற்குச் செங்குத்தாக இருப்பதாகக் கொள்வோம். ஒவ்வொரு சுழற்சியின் முதல் பாதியிலும் B_2 என்ற தூரிகை S_2 என்ற பிளவுபட்ட

வளையப்பகுதியைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கிறது. அப்போது B_1 என்ற தூரிகை S_1 என்ற பிளவுபட்ட வளையப்பகுதியைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கிறது. வலக்கைப் பெருவிரல் விதிப்படி அப்போது மின்னோட்டம், சுருளில் $BADC$-என்ற திசையில் பாய்கிறது. ஆகவே, வெளிச் சுற்றில் B_2-லிருந்து B_1-க்கு மின்னோட்டம் செல்கிறது. ஆகவே B_2-நேர் முனையாகவும் B_1-எதிர் முனையாகவும் அமைகின்றன, ஒவ்வொரு சுழற்சியின் பிற்பாதியிலும் B_2-என்ற தூரிகை S_1-என்ற பிளவுபட்ட வளையப்பகுதியை



படம் : 203

யும், B_1-என்ற தூரிகை S_2-என்ற பிளவுபட்ட வளையப் பகுதியையும் தொட்டுக்கொண்டிருக்கின்றன. அப்போது வலக்கைப் பெருவிரல் விதிப்படி சுருளில் மின்னோட்டம் $CDAB$ என்ற திசையில் செல்கிறது. ஆகவே வெளிச் சுற்றில் S_1-லிருந்து S_2-க்கு மின்னோட்டம் பாயும். அஃதாவது அப்போது S_1-ஐத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் B_2-லிருந்து B_1-க்குப் பாயும். ஆகவே சுழற்சியின் முற்பாதியிலும் சரி பிற்பாதியிலும் சரி, மின்னோட்டம் B_2-என்ற தூரிகையிலிருந்து B_1-என்ற தூரிகைக்குப் பாய்கிறது. அஃதாவது ஒரு திசையில் பாய்கிறது.

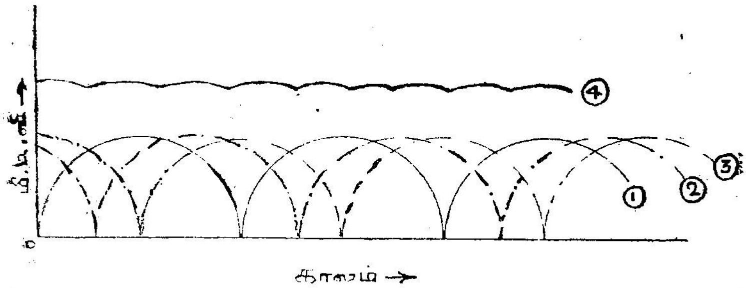
இதிலிருந்து டைனமோவின் சுருளில் இரு திசை மின்னோட்டமாக இருப்பது வெளிச்சுற்றில் ஒரு திசை மின்னோட்டமாக இருக்கிறது என அறிகிறோம். இம் மாற்றத்திற்குக் காரணமான பிளவுபட்ட வளைய அமைப்பு திசைமாற்றி (Commutator) என்றும் கூறப்படும். இவ் வமைப்பு சரிவர இயங்குவதற்கு தூரிகைகள் பின்வருமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். சுழலும் கம்பிச் சுருளில் மின்னியக்கு விசை சுழியளவாக இருக்கையில் அஃதாவது மின்னோட்டம் திசைமாறுகின்ற அந்தக் கணத்தில் தூரிகைகள் ஒரு வளையப்பகுதியை விட்டுவிட்டு அடுத்த பிளவுபட்ட வட்டப்பகுதியைத் தொடுமாறு அமைக்கப்பட வேண்டும். அஃதாவது தூரிகைகள் அவ் வளையத்தின் விட்ட எதிர்முனைகளைத் (diametrically opposite points) தொட்டுக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

இவ்வாறு உண்டாக்கப்படும் மின்னோட்டம் ஒரு திசை மின்னோட்டமாக இருப்பினும் அதன் அளவு ஏறி இறங்கும் தன்மையுடையதாகப் படத்தில் காட்டியவாறு இருக்கும்.

இப்போது உள்ள கம்பிச் சுருளுக்குச் செங்குத்தாக மற்றொரு சுருள் வைக்கப்பட்டு இருப்பதாகக்கொள்வோம். இதனால் ஒரு சுருளில் மின்னோட்டத்தின் அளவு பெரும எல்லையை அடையும் போது மற்றதில் மின்னோட்டம் சுழியாக அமையும். ஆகவே வெளிச் சுற்றில் மின்னோட்டம் சுழி நிலையை அடையாது. இவ்வாறே சம இடைவெளி கொடுத்துப் பல கம்பிச் சுருள்கள் அமைக்கப்பட்டிருந்தால் ஒவ்வொரு சுருளிலும் வெவ்வேறு நேரங்களில் மின்னோட்டம் பெரும எல்லையை அடையும். இச்சுருள்கள் எல்லாம் தொடர்ச்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருந்தால் எந்த ஒரு கணத்திலும் இச் சுருள்களில் உண்டாகும் மின்னியக்கு விசைகள் எல்லாம் ஒன்றாகத் தூரிகைகளில் தோன்றும். ஆகவே தூரிகைகளிடையே தோன்றும் மின்னியக்குவிசை ஏறக்குறைய மாறாமலே இருக்கும்.

சம இடைவெளி கொடுத்து அமைக்கப்பட்ட, மூன்று சுருள்களைக் கொண்ட டைனமோவில் உண்டாகும் மின்னோட்டத்தையும் அவற்றால் தூரிகைகளிடையே உண்டாகும் ஓரளவு நிலையான ஒருதிசை மின்னோட்டத்தையும் பின்வரும் படம் காட்டுகிறது. மெல்லிய கோட்டால் குறிக்கப்பட்ட வரைபடம் (1) முதற்சுருளில் உண்டாகும் மின்னோட்டத்தையும், புள்ளியும் கோடும் கலந்த வரைபடம் (2) இரண்டாவது சுருளில் உண்டாகும் மின்னோட்டத்தையும், புள்ளி வரைபடம் (3) மூன்றாவது

சுருளில் உள்ள மின்னோட்டத்தையும் குறிக்கின்றன. எந்த ஒரு கணத்திலும் இம் மூன்று வரைபடங்களும் தரும் மின்னியக்க விசை அளவுகளின் கூட்டுத் தொகைக்கும், காலத்திற்குமாக



படம். 204

வரையப்பட்ட வரைபடம் (4) தூரிகைகளுக்கு இடையே உள்ள ஓரளவு நிலையான ஒரு திசை மின்னோட்டத்தைக் குறிக்கிறது.

'டைனமோ'க்களின் வகைகள்

பொதுவாக டைனமோக்களில் உள்ள காந்தப் புலம் மின்காந்தப் புலமாகவே இருக்கிறது. இதை உண்டாக்குவதற்குத் தேவைப்படும் மின்சாரம், சுருளில் தோன்றும் மின்சாரத்திலிருந்தே பெறப்படுகிறது. மின்காந்தத்தின் மீது சுற்றப் பட்டிருக்கும் சுருள் புலச்சுருள் (field coil) என்றும், சுழலும் சுருள் "ஆர்மெச்சூர்" (armature) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. மின்காந்தத்தின் உள்ளகம் தேனிரும்பாலாகியது. அதன் முனைத் துண்டுகள் (pole pieces) குழிவடிவாக இருப்பதால் அம் முனைகளுக்கு இடையே செறிவு மிக்க காந்தப்புலம் ஏற்படுகிறது. தேனிரும்பு உள்ளகத்தின் **மீந்த காந்தம்** (residual magnetism) தொடக்கத்தில் டைனமோவில் மின்சாரம் உண்டாகப் பயன்படுகிறது. டைனமோக்களில் மூன்று வகைகள் உள்ளன.

அவையாவன :

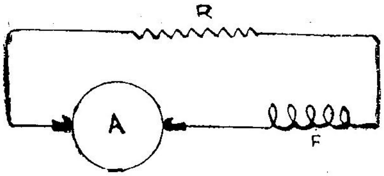
(1) **தொடர்ச் சுற்று** டைனமோ (Series-wound dynamo)

(2) **இணைத் தடச் சுற்று** டைனமோ (Shunt-wound dynamo)

(3) **கூட்டுச் சுற்று** டைனமோ (Compound-wound dynamo)

(i) தொடர்ச் சுற்று டைனமோ :

இவ்வகை டைனமோவில், ஆர்மெச்சூர், புலச்சுருள் மற்றும் வெளிச்சுற்றில் உள்ள மின்தடை ஆகியவை தொடர்ச் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. எனவே வெளிச் சுற்றில் ஓடுகின்ற அத்தனை மின்னோட்டமும், புலச்சுருளின் வழியாகவும் செல்லும். வெளிச் சுற்றில் உள்ள மின்தடையின் அளவு குறையும்போது புலச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு அதிகமாகும். இதனால் புலச்சுருளினால் உண்டாகும் காந்தப்புலத்தின் செறிவு அதிகமாகும். ஆர்மெச்சூரில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையின் அளவு காந்தப் புலத்தின் செறிவையும் பொருத்தது. ஆதலால் செறிவு அதிகமாகும் போது மின்னியக்கு விசை அதிகமாகும். ஆகவே இவ்வகை டைனமோவில் வெளிச் சுற்றின் மின்தடை குறைந்தால் டைனமோவில் அதிக மின்னழுத்த விசையும், வெளிச்சுற்று மின்தடை அதிகமானல், மிகக் குறைந்த மின்னழுத்த விசையும் உண்டாகும் என்று அறிகிறோம்.



R : மின்தடை

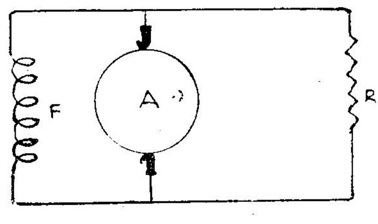
F : புலச்சுருள்

A : ஆர்மெச்சூர்

படம் : 205

(ii) இணைத் தடச் சுற்று டைனமோ

இவ்வகை டைனமோவில் புலச்சுருள் ஆர்மெச்சூருக்கு இணையாக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. எனவே ஆர்மெச்சூர் தரும் மின்



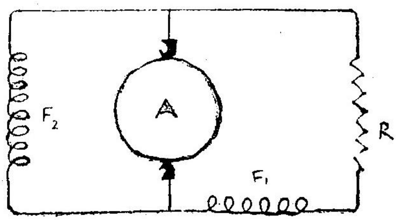
படம் : 206

னோட்டத்தின் ஒருபகுதி புலச்சுருள் வழியாகவும், மீதி வெளிச்சுற்றிலிருக்கும் மின்தடை வழியாகவும் பாய்கின்றன.

வெளிச் சுற்றில் உள்ள மின் தடை குறைந்தால், வெளிச் சுற்று வழியே டைனமோ அனுப்பும் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது. இதனால் புலச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டப் பகுதி குறைகிறது. இதனால் காந்தப் புலத்தின் செறிவு குறைய, தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையின் அளவும் குறைகிறது. ஆகவே வெளிச்சுற்று மின் தடை குறையும்போது, தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையும் குறைகிறது. மின் தடை அதிகரிக்கும்போது மின்னியக்கு விசையும் அதிகரிக்கிறது. வெளிச் சுற்று மின் தடை மிக மிகக் குறைந்து விடும்போது புலச்சுருளின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம் மிகமிகக் குறைந்து விடுமாதலால் அப்போது தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை வெகுவாகக் குறைந்துவிடும்.

கூட்டுச் சுற்று டைனமோ :

இவ்வகை டைனமோவில் இரு புலச்சுருள்கள் இருக்கின்றன. ஒன்று ஆர்மெச்சூருடன் தொடர்ச் சுற்றிலும், மற்றொன்று ஆர்மெச்சூருடன் இணைத்தடச் சுற்றிலும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. தொடர்ச் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் சுருளில் குறைந்த எண்ணிக்கையுடைய சுற்றுகளும், இணைத்தடச் சுற்றில் இணைக்கப்



படம் : 207

பட்டிருக்கும் சுருளில் அதிக எண்ணிக்கையுடைய சுற்றுகளும் இருக்கின்றன. தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையின் அளவு வெளிச் சுற்றில் உள்ள மின்தடையைப் பொருத்து மாறாமல் இருக்க வேண்டும் என்பதுதான் இந்த அமைப்பின் நோக்கம். இதில் வெளி மின் தடை குறையும்போதும், அதிகரிக்கும்போதும் புலச் சுருள்களின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் சீராகவே இருக்கும். ஆகவே புலச் செறிவும் அதன் காரணமாகத் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையின் அளவும் சீராக அமையும்.

மோட்டார் (Motor)

ஒரு திசை மின்னோட்ட டைனமோவும், மோட்டாரும் அமைப்பில் ஒன்றே ஆகும். மோட்டாரிலும் ஆர்மெச்சூர், புலச்சுருள்,

மற்றும் வெளிச்சுற்று மின்தடை போன்ற உறுப்புகள் பங்கேற்கின்றன. ஒரே பொறியை டைனமோவாகவும், மோட்டாராகவும் செயற்படுத்தலாம்.

ஆர்மெச்சூரை, விசையியல் ஆற்றல் கொண்டு சுழலச் செய்தால், ஆர்மெச்சூரில் மின்னியக்கு விசை ஏற்பட அதன் காரணமாக வெளிச் சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயும் இப்போது பொறி டைனமோவாக வேலை செய்கிறது.

ஆர்மெச்சூர் வழியாக மின் ஆற்றலைச் செலுத்தினால் அஃது ஆர்மெச்சூரை சுழலச் செய்கிறது. ஆர்மெச்சூரின் அச்சுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் கப்பி (pulley)-யை நாடா ஒன்றுடன் இணைத்து வேண்டிய பொறிகளைச் சுழலச் செய்யலாம். எனவே டைனமோவில் விசையியல் ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது என்றும், மோட்டாரில் மின்னாற்றல் விசையியல் ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது என்றும் அறிகிறோம்.

டைனமோக்களைப் போலவே, மோட்டார்களிலும், இணைச் சுற்று மோட்டார், இணைத்தடச் சுற்று மோட்டார், மற்றும் கூட்டுச் சுற்று மோட்டார் என மூன்று வகைகள் உள்ளன.

தொடர்ச் சுற்று மோட்டாரில் ஆர்மெச்சூரும், புலச்சுருளும், வெளிமின்தடையும் தொடர்ச் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இது சுழல் வேகம் மாறுகின்ற மோட்டார் ஆகும். வெளிச் சுற்றிலுள்ள தடை குறைந்தால் இவ்வகை மோட்டார்களின் சுழல் வேகம் மிக மிக அதிகமாகும். இவ்வகை மோட்டார்கள் பளு தூக்கி எனப்படும். "கிரேன்கள்" (cranes) போன்றவற்றில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

தொழிற்சாலையில் பலவகையான இயந்திரங்களைச் சீராக ஓட்ட வேண்டியிருப்பதை நாம் அறிவோம். எனவே அவற்றில் வெளி மின் தடையைப்பொருத்துச் சுழல் வேகம் மாருத அமைப்புடைய மோட்டார்கள் வேண்டும். இணைத்தடச் சுற்று உடைய மோட்டார்கள் இப் பணியை ஓரளவும், கூட்டுச் சுற்றுடைய மோட்டார்கள் பெருமளவுக்கும் பூர்த்தி செய்கின்றன.

மோட்டார்களில் ஏற்படும் பின் மின்னியக்கு விசை (back electro motive force)

மோட்டார்களில் உள்ள ஆர்மெச்சூர்களை மின் ஆற்றல் கொண்டு சுழலச் செய்யும்போது, அஃது ஒரு காந்தப் புலத்தில்

சுழல்கின்ற காரணத்தால் அதில் மின்காந்தத் தூண்டுதல் ஏற்பட்டு அதனால் அதில் ஒரு தூண்டு மின்னியக்கு விசை உண்டாகும். இம் மின்னியக்கு விசை மோட்டாரில் செயற்படும் வெளி மின்னியக்கு விசையின் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் செயற்படும் என நாம் அறிவோம். வெளி மின்னியக்கு விசை E-என்றும் தூண்டு மின்னியக்கு விசை E_1 என்றும், ஆர்மெச்சூரின் மின்தடை R என்றும் கொண்டால், ஆர்மெச்சூர் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம் $= \frac{E - E_1}{R}$ ஆகும். மோட்டார் ஓடாமலிருக்கின்ற நிலையில் திடீரென்று வெளி மின்னியக்கு விசை முழுவதையும் நாம் ஆர்மெச்சூரில் செலுத்தினால் அப்போது உண்டாகும் மின்னோட்டம் $= \frac{E}{R}$ ஆகும். R-என்பது மிக மிகக் குறைவு ஆகையால் $\frac{E}{\mathbf{R}}$ என்பது மிக மிக அதிகமாகி ஆர்மெச்சூர் சுருள் எரிந்துபோகும். ஆகவே எடுத்த எடுப்பிலேயே வெளி மின்னியக்கு விசை அத்தனையையும் மோட்டாரில் செலுத்தக்கூடாது. மோட்டார் ஓடத்தொடங்கி அதற்குரிய சுழல் வேகத்தை அடைந்த பிறகுதான் முழு வெளி மின்னியக்கு விசையையும் செலுத்த வேண்டும். ஆர்மெச்சூர் எரிந்து போகாமல் தடுப்பதற்கு ஆர்மெச்சூருடன் ஒரு மின் தடை மாற்றியை இணைச் சுற்றில் இணைத்து வைத்திருப்பார்கள். தொடக்கத்தில் மின்தடை மாற்றியின் முழு மின் தடையும் சுற்றில் இருக்கும். மோட்டார் ஓடி அதன் சுழல் வேகத்தை அடைந்தவுடன் மின்தடை மாற்றியின் தடையைக் குறைத்துக்கொண்டே வந்து பிறகு முற்றிலுமாக நீக்கிவிடுவார்கள்.

குறிப்பு :—மோட்டார்களின் துவக்கி (Starter) என்ற அமைப்பில் உள்ள துவக்கும் கைப்பிடி (Starting handle) எப்போதும் மின் தடைமாற்றியின், பெரும மின்தடை நிலையில் இருக்கும். மோட்டாரை ஓடச் செய்து உரிய வேகத்தை எட்டியவுடன், மின் தடையைக் குறைக்கக் கைப்பிடியைத் தூக்கிச் சுழி மின்தடை நிலையை அடைய வேண்டும். சுழிமின்தடை நிலைக்கு அருகில் மோட்டாரை இயக்கும் அதே மின்னாற்றலினால் இயங்கும் ஒரு மின்காந்தம் இருக்கிறது. இது துவக்கும் கைப்பிடியைப் பிடித்துக் கொள்ளும். மோட்டாரை நிறுத்தும்போது அம் மின்காந்தம் செயலிழப்பதால் அது கைப்பிடியை விட்டு விடுகிறது. இதனால் கைப்பிடி பழைய (பெரும மின்தடை நிலைக்கு) நிலைக்கு வந்து விடுகிறது. எனவே மறு முறை மோட்டாரை ஓட விடும்போது சுருள் புகைந்துவிடும் என்ற பயத்திற்கு இடமில்லாமற் செய்து விடுகிறது.

3. ஓம் விதி

(Ohm's law)

மின் அழுத்த வேறுபாடு (Potential difference)

ஒரு கடத்தியின் வழியே 't' என்ற காலத்திற்கு 'c' என்ற மின்னோட்டம், பாய்ந்தால் அக் கடத்தியின் வழியே செல்லும் மின்னூட்டத்தின் (charge) அளவு Ct அலகுகள் ஆகும். ஒரு நிலை மின்னலகு மின்னோட்டம், ஒரு வினாடி காலத்திற்குப் பாய்ந்தால் மின்னூட்டத்தின் அளவு ஒரு நிலை மின்னலகு ஆகும். மின்னூட்டத்தின் நடைமுறை அலகு ஒரு கூலூம் (coulomb) ஆகும். ஒரு கடத்தியின் வழியே ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம், ஒரு வினாடி காலத்திற்குப் பாயும் போது அதன் வழியே செல்லும் மின்னூட்டத்தின் அளவு ஒரு கூலூம் ஆகும். ஒரு நிலை மின்னலகு மின்னூட்டம் $=$ 10 கூலூம் ஆகும்.

ஒரு கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கு இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு தோன்றினால், அதிக மின்னழுத்தப் புள்ளியிலிருந்து குறைவான மின்னழுத்தப் புள்ளியை நோக்கி மின்னோட்டம் பாயும். உயர்திரவ மட்டத்திலிருந்து தாழ்ந்த திரவ மட்டத்திற்கு நீர் ஓடும்போது வேலை நடைபெறுவதைப்போலவே, உயர் மின்னழுத்த நிலையிலிருந்து, குறைந்த மின்னழுத்த நிலைக்கு மின்னோட்டம் பாயும் போதும் வேலை நடைபெறுகிறது. E-என்ற மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு இடையில் Q-என்ற மின்னூட்டம் செல்லும்போது நடைபெறும் வேலை $W = EQ$ அலகுகள் ஆகும். $Q = 1$ ஆகும் போது $W = 1$ ஆனால் $E = 1$ ஆகும். எனவே ஒரு கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கு இடையே ஒரு செ. கி. செ. அலகு மின்னூட்டம் பாயும்போது நடைபெறும் வேலை ஒரு எர்க் (Erg) ஆனால் அம் முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒரு செ. கி. செ. அலகு ஆகும். மின்னழுத்த வேறு

பாட்டின் நடைமுறை அலகு வோல்ட் (Volt) ஆகும். கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கு இடையே ஒரு கூலூம் மின்னூட்டம் செல்லும் போது நடைபெறும் வேலை ஒரு ஜூல் (Joule) ஆனால் அவ்விரு முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒரு வோல்ட் ஆகும்,

$$E = \frac{W}{Q}$$

$$\text{ஒரு வோல்ட்} = \frac{\text{ஒரு ஜூல்}}{\text{ஒரு கூலூம்}} = \frac{10^7 \text{ எர்க்குகள்}}{\frac{1}{10} \text{ செ. கி. செ. அலகுகள்}}$$

$$= 10^8 \text{ செ. கி. செ. அலகுகள்.}$$

ஓம் விதி (Ohm's law) :—

ஒரு கடத்தியினூடே செல்லும் மின்னோட்டத்திற்கும் அதன் இரு முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் உள்ள தொடர்பினை ஜி. எஸ். ஓம் கண்டறிந்தார். அதனால் இஃது ஓம் விதி எனப்படும்.

மாறாத வெப்பநிலையில் ஒரு கடத்தியின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம், அதன் இரு முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

E என்ற மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கீழ் கடத்தி வழியே C என்ற மின்னோட்டம் சென்றால் $\frac{E}{C} = R$ (ஒரு மாறிலி ஆகும்.) இங்கு R என்ற மாறிலிக்குக் கடத்தியின் மின்தடை (resistance) என்று பெயர். $R = \frac{E}{C}$ என்பதில் $E = 1$, $C = 1$ ஆனால் $R = 1$ ஆகும். எனவே ஒரு கடத்தி ஒரு செ. கி. செ. அலகு மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கீழ் ஒரு செ. கி. செ அலகு மின்னோட்டத்தை அதன் வழியே செல்ல அனுமதித்தால் அதன் மின்தடை ஒரு செ. கி. செ. அலகு ஆகும். மின்தடையின் நடைமுறை அலகு "ஓம்" ஆகும். ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் கீழ் ஒரு கடத்தி தன் வழியே ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தைச் செல்ல அனுமதித்தால் அதன் மின்தடை ஓர் ஓம் (ohm) ஆகும்.

$$\text{ஓர் ஓம்} = \frac{\text{ஒரு வோல்ட்}}{\text{ஓர் ஆம்பியர்}} = \frac{10^8 \text{ செ. கி. செ. அலகுகள்}}{\frac{1}{10} \text{ செ. கி. செ. அலகு}}$$

$$= 10^9 \text{ செ. கி. செ. அலகுகள்.}$$

அனைத்துலக அலகுகள்

இதுவரை வரையறுத்த ஆம்பியர், வோல்ட் மற்றும் ஓம் ஆகிய அலகுகளை மெய் ஆம்பியர், மெய் வோல்ட், மெய் ஓம் என்று கூறுவர். நடைமுறையில் மெய் அலகுகளுக்குப் பெருமளவுக்குச் சரியான, எங்கும் எளிதில் அறியக்கூடிய அலகுகள் அனைத்துலக அலகுகள் எனப்படும் வெள்ளி மின்னாற் பகுகலனில் ஒரு விநாடிக்கு 0·001118 கிராம் வெள்ளியை விடுவிக்கும் மின்னோட்டம் ஓர் அனைத்துலக ஆம்பியர் என அழைக்கப்படுகிறது இது மெய் ஆம்பியரைவிடச் சற்றுக் குறைவு ஆகும். $0°C$ வெப்பநிலையில் ஒரு சதுர மி. மீ. குறுக்குப் பரப்பும் 106·3 செ. மீ. நீளமுமுள்ள பாதரசத் தம்பம் தருகின்ற மின்தடை ஓர் அனைத்துலக ஓம் எனப்படும். இது மெய் ஓம்-ஐ விடச் சற்று அதிகம். இது போன்றே $20° C$ வெப்ப நிலையில் உள்ள ஒரு வெஸ்டன் மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையில் $\frac{1}{1·0183}$ பங்கு ஓர் அனைத்துலக வோல்ட் எனப்படுகிறது.

மின் தடை எண் (specific resistance)

ஒரு கடத்தியின் மின்தடை அதன் நீளத்திற்கு நேர்விகிதப் பொருத்தமும், குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பிற்கு எதிர் விகிதப் பொருத்தமும் உடையது. $R \propto \frac{l}{a}$

$$\therefore \quad R = \rho \frac{l}{a}$$

இங்கு ρ என்பது கடத்தியின் **மின் தடை எண்** (specific resistance) எனப்படும். இதன் மதிப்பு கடத்தியின் இயல்பினைப் பொருத்தது. $l = 1$ ஆகவும் $a = 1$ ஆகவும் இருக்கும் போது $R = \rho$ ஆகும். எனவே ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளமும் ஒரு சதுர சென்டிமீட்டர் குறுக்குப் பரப்பும் கொண்ட கடத்தியின் மின்தடை அதன் மின்தடை எண்ணுக்குச் சமம். இதனை ஓம் / செ. மீ.^{3} எனக் குறிப்பிடுகிறோம். அல்லது மைக்ரோம் / செ. மீ.^{3} எனக் குறிப்பிடுகிறோம்.

ஓர் ஓம் = 10^6 மைக்ரோம்.

மின்தடையும் வெப்ப நிலையும்

தூய உலோகங்கள் எல்லாவற்றிலும், வெப்பநிலை உயரும் போது அதன் மின்தடையும் அதிகரிக்கும். மிக உயர்ந்த வெப்ப நிலை மாற்றத்திற்கு உட்படும் மின்தடையின் மதிப்பினை

$R = R_0 (1 + \alpha t + \beta t^2)$ என்ற சமன்பாட்டினுல் குறிப்பிட லாம். இங்கு R மற்றும் R_0 என்பன முறையே $t°c$ மற்றும் $0°c$ ஆகிய வெப்பநிலைகளில் அக்கடத்தியின் மின்தடையைக் குறிக் கின்றன. α, β என்பன கடத்திப் பொருளுக்கு உரிய மாறிலிகள். பிளாட்டினம் என்ற உலோகத்திற்கு $\alpha = 0{\cdot}003448$ ஆகும். $\beta = -0{\cdot}000000583$ ஆகும். β மிக மிகச் சிறியது. ஆகையால் குறைவான வெப்பநிலை எல்லையில் அதனை ஒதுக்கி விட்டு $R = R_0 (1 + \alpha t)$ என்றே எழுதலாம். α என்ற மாறிலி **மின்தடை வெப்பநிலை எண்** (Temperature Coefficient of resistance) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

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

ஒரு மின்தடையின் வெப்பநிலையை $0°C$ லிருந்து $1°C$ க்கு உயர்த்தும் போது அதிகரிக்கும் மின்தடைக்கு அவ்வுலோகத்தின் **மின்தடை வெப்பநிலை எண்** என்று பெயர். பல தூய உலோகங் களுக்கு $\alpha = 0{\cdot}0037$ லிருந்து $0{\cdot}004$ வரை மாறுகிறது.

R_1 மற்றும் R_2 என்பன t_1 மற்றும் t_2 என்ற வெப்ப நிலைகளில் ஒரு கடத்தியின் மின் தடைகள் என்று கொண்டால்,

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha t_1)$$

$$R_2 = R_0 (1 + \alpha t_2)$$

$$\therefore \alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1}$$

கலவை உலோகங்களின் (alloys) மின்தடையும் வெப்பநிலையுடன் உயர்ந்த போதிலும் இந்த உயர்வு தூய உலோகங்களில் காணப் படும் உயர்வைவிட மிகவும் குறைவாகும். 84% செம்பும் 12% நிக்கலும் 4% மாங்கனீசும் சேர்த்துச் செய்யப்படும் மாங்கனின் (Manganin) என்ற கலவை உலோகம் $0°C$ லிருந்து $35°C$ வரை மிகமிகக் குறைந்த அளவில் அதிகரிப்பதால் **படித்தர மின்தடைக் கம்பிகளுக்கு** (Standard resistance wires) மாங்கனின் கம்பிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

பல உலோகக் கடத்திகளுக்கு $\alpha = {\cdot}0036$ [ஏறக்குறைய வாயுக் களின் அழுத்தப் பெருக்க எண்ணுக்குச் (Pressure Coefficient) சமம்). எனவே கொள்கையளவில் ஒரு மின்தடைக் கம்பி சார்பற்ற சுழி வெப்பநிலையில் வைக்கப்படும்போது அதன்

மின்தடையும் சுழியாக வேண்டும். நடைமுறையில் சார்பற்ற சுழி வெப்பநிலையை நெருங்கும்போது கம்பி மிகுகடத்து நிலையை (super conductivity) அடைகிறது.

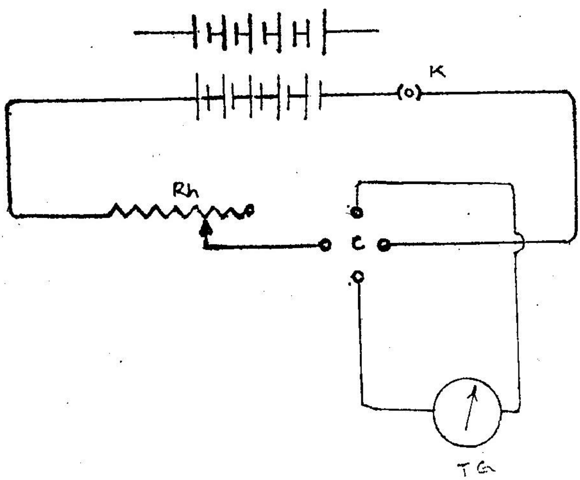
ஒரு கடத்தியின் மின்தடை கடத்தியின் பொருட்டன்மை, மூலகநிலை, நெருக்கம் போன்றவற்றையும் பொருத்திருக்கிறது. பொருளின் தூய்மையைப்பொருத்தும் மின்தடை மாறும். பிஸ்மத் தண்டின் மின்தடை காந்தப் புலத்தினால் மாறுதல் அடைகிறது. இப் பண்பினைப் பயன்படுத்திக் காந்தப் புலங்களை அளவிடலாம். செலீனியம் என்ற உலோகத்தின் மீது ஒளி விழுந்தால் அதன் மின்தடை குறைகிறது.

மின்தடையின் தலைப்பு மாற்று பின்னம் (reciprocal) கடத்து திறன் (conductance) என்று கூறப்படுகிறது. இதை (mho) என்ற அலகுகளால் குறிப்பிடுகிறோம். இதே போன்று மின்தடை எண்ணின் தலைப்பு மாற்று பின்னத்தைக் கடத்து திறன் எண் என்று கூறுகிறோம். இதனை மோ / செ. மீ^{3} என்று எழுதுகிறோம்.

ஓம் விதியை மெய்ப்பித்தல்

(i) **மின்கலத் திருப்பல் முறை :**

மாறுத மின்னியக்கு விசையை உடைய ஐந்து டேனியல் மின் கலங்களைக் கொண்ட ஒரு மின்கல அடுக்கு, தடைமாற்றி (Rheostat) டான்ஜன்ட் கால்வனோமீட்டர் ஆகியவற்றைத் தொடர்ச்



படம் : 207a

சுற்றில் படத்தில் காட்டியவாறு இணைக்க வேண்டும். டான்ஜன்ட் கால்வனோமீட்டர் மின்னோட்டத் திசைமாற்றி (Commutator)யுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ரசமட்டத்தைப் பயன்படுத்திக் கால்வனோ மீட்டரின் அடித்தளத்தைக் கிடைமட்டமாக்கல், கம்பிச் சுருளை புவிகாந்தத் தளத்தின் போக்கில் வைத்தல், வட்ட அளவுகோலை மட்டும் சுற்றி அலுமனியக் குறிமுள் 0 - 0 என்ற அளவுகளைக் காட்டுமாறு செய்தல் ஆகிய முன்னேற்பாடுகளை முடித்தபின்பு சோதனையைத் தொடங்க வேண்டும்.

மின் ஓட்டத்திசை மாற்றியைக் கொண்டு ஒரு திசையில் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தி, பின்னர்த் தடைமாற்றியைச் சீர்செய்து கால்வனோ மீட்டரில் அலுமினியக் குறிமுள் 55° திருப்பமுறுமாறு செய்யவேண்டும். குறிமுள்ளின் இருமுனைகள் காட்டுகின்ற அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். பிறகு திசைமாற்றியைக் கொண்டு மின்னோட்டம் கால்வனோ மீட்டரில் எதிர்த் திசையில் செல்லுமாறு செய்து மீண்டும் குறிமுள்ளின் முனைகள் காட்டும் அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். மேற்கண்ட நான்கு அளவீடுகளின் சராசரி θ_1 என்போம்.

ஐந்து மின்கலங்களுள் ஒன்றைத் திருப்பி இணைக்க, கிடைக்கும் மின்னியக்கு விசை $3E$ ஆகும். மேலே கூறியவாறு நான்கு திருப்பங்களை அளவீடு செய்து அவற்றின் சராசரி θ_2 ஐக் காண வேண்டும். பிறகு இரு மின்கலங்களைத் திருப்பி இணைக்க, கிடைக்கும் மின்னியக்குவிசை E ஆகும். இப்போது கிடைக்கும் சராசரி θ_3 ஆகும். இச் சோதனையில் எப்போதும் மின்தடை மாற்றியின் மாறும் முனை ஒரே நிலையில் வைக்கப்படவேண்டும். ஓம் விதிப்படி மின்தடை மாறாத ஒருசுற்றில் மின்னழுத்தம்/மின்னோட்டம் மாறாதிருக்கவேண்டும். டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டரில்,

$$C = K \tan\theta \text{ ஆகும். எனவே,}$$

$$\frac{5E}{K\tan\theta_1} = \frac{3E}{K\tan\theta_2} = \frac{E}{K\tan\theta_3} = \text{மாறிலி ஆகும்.}$$

$$\therefore \quad \frac{5}{\tan\theta_1} = \frac{3}{\tan\theta_2} = \frac{1}{\tan\theta_3}$$

$$\tan\theta_1 : \tan\theta_2 : \tan\theta_3 = 5 : 3 : 1$$

இவ் விகிதம் சோதனைப் பிழைகளுக்கு உட்பட்ட நிலையில் ஓம் விதியை நிரூபிப்பதை அறியலாம்.

(ii) அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர் முறை :

ஒரு மின்கலத்தைத் தொடர்ச் சுற்றில் ஒரு மின் தடை மாற்றி, மின்தடை (R), தட்டு சாவி (Tk), அம்மீட்டர் (A) ஆகியவற்றுடன் இணைக்கவேண்டும். மின்தடை R-க்கு இணையாக V என்ற வோல்ட் மீட்டரை இணைச் சுற்றில் சேர்க்கவேண்டும்.

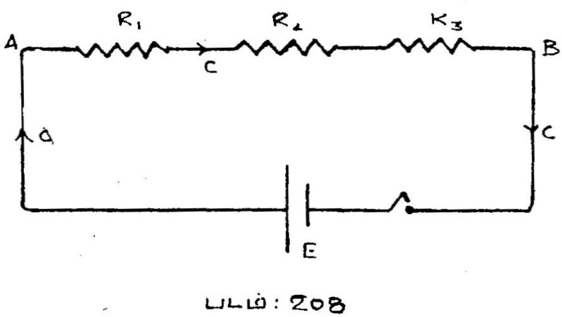
மின்தடை மாற்றியை ஒழுங்குபடுத்தி அம்மீட்டர் 0·2, 0·4, 0·6,......ஆம்பியர் காண்பிக்கும்போது வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் அளவு E என்றும் அப்போது அம்மீட்டர் காட்டும் அளவு C என்றும் கொண்டால் $\frac{E}{C}$ = ஒரு மாறிலி எனக்காட்டலாம்.

$\frac{E}{C}$-யின் சராசரி, R என்ற மின்தடை மதிப்பினை ஓம் என்ற அலகுகளில் தருகிறது.

மின் தடைகளை இணைத்தல்

(a) தொடர்ச் சுற்றில் மின்தடைகள் (Resistances in series)

R_1, R_2 R_3 என்ற மூன்று மின் தடைகள் முனையொடு முனையாக இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இந் நிலையில் இவற்றின்



படம் : 208

வழியே ஒரே அளவுடைய மின்னோட்டம் பாய்கிறது. ஓம் விதிப்படி,

R_1-ன் முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்தவேறுபாடு				$=R_1C$
R_2	,,	,,	,,	$=R_2C$
R_3	,,	,,	,,	$=R_3C$

A-க்கும் B-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$E = R_1C + R_2C + R_3C$$

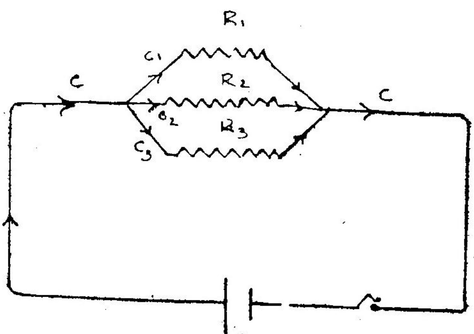
இம் மின் தடைகளின் சேர்க்கையால் உண்டாகும் விளைவு மின் தடை R என்றால் $E = RC$,

$$\therefore \quad RC = R_1C + R_2C + R_3C$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

(b) இணைச் சுற்றில் மின்தடைகள் (Resistances in parallel)

R_1, R_2, R_3 என்ற மின் தடைகள் ஒவ்வொன்றின் ஒரு முனை A என்ற புள்ளியிலும், மறுமுனை B என்ற புள்ளியிலும் படத்தில் காட்டியவாறு சேர்க்கப்பட்டால் அஃது இணைச் சுற்று எனப்படும். ஒவ்வொரு மின் தடையின் இருமுனைகளுக்கிடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒரே அளவாகும். அஃதாவது E ஆகும். A-ல் நுழையும் C என்ற மின்னோட்டம் R_1, R_2, R_3 என்ற மின் தடைகளின் வழியே முறையே C_1, C_2, C_3 என்ற மின்னோட்டங்களாகப் பிரிந்து செல்கிறது.



படம் : 209

ஆகவே, $\quad C = C_1 + C_2 + C_3$

ஓம் விதிப்படி $E = R_1C_1 = R_2C_2 = R_3C_3$

$$\therefore \quad C_1 = \frac{E}{R_1}, \quad C_2 = \frac{E}{R_2}, \quad C_3 = \frac{E}{R_3}$$

$$C = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3}$$

இம் மின் தடைகளின் இணைச் சுற்றினால் உண்டாகும் விளைவு மின் தடை R என்றால்,

$$C = \frac{E}{R} \text{ ஆகும்.}$$

எனவே,

$$\frac{E}{R} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3}$$

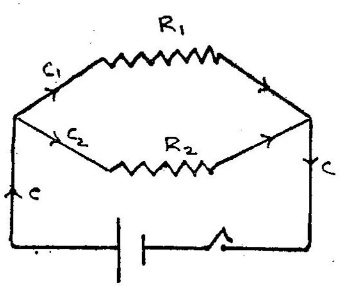
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

இரு மின்தடைகள் மட்டும் இணைச்சுற்றில் இருப்பின்,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\therefore \quad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

இச் சுற்றில் பாயும் முதல் மின்னோட்டம் C என்றும், R_1 வழியே பாயும் மின்னோட்டம் C_1 என்றும், R_2 வழியே பாயும் மின்னோட்டம் C_2 என்றும்கொண்டால், $C = C_1 + C_2$



படம் : 210

ஓம் விதிப்படி $R_1 C_1 = R_2 C_2$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{C_1 + C_2}{C_2} \qquad \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$\frac{C}{C_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$C_2 = \frac{C\,R_1}{R_1 + R_2}$$

$$C_1 = C - C_2$$

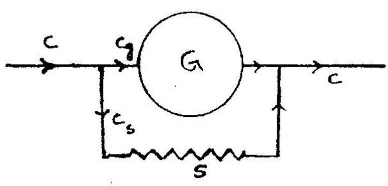
$$= C - \frac{C\,R_1}{R_1 + R_2} = C\left[1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right]$$

$$= \frac{C\,R_2}{R_1 + R_2}$$

∴ ஒரு கிளையில் மின்னோட்டம் } = $\frac{\text{முதல் மின்னோட்டம்} \times \text{மற்ற கிளையின் தடை}}{\text{இருகிளைகளின் கூட்டுத் தடை}}$

ஓர் இயங்குச் சுருள் கால்வனோ மீட்டரின் (moving coil galvanometer) நுண்மைச் சிறப்பு எண் மதிப்பினை (Figure of merit) அதிகரிக்கவோ அல்லது குறைக்கவோ, அல்லது அதை அதிக மின்னோட்டத்தினின்றும் பாதுகாக்கவோ, கால்வனோ மீட்டருடன் இணைச்சுற்றில் ஒரு கணக்கிடப்பட்ட சிறு மின்தடை இணைக்கப் படுகிறது. இதற்குத் தடமாற்றி (shunt) என்று பெயர்.

தகுந்த ஒரு தடமாற்றியின் உதவியால் ஒரு கால்வனோ மீட்டரை வேண்டிய உயர் எல்லையுடைய அம்மீட்டராக மாற்றலாம். G-மற்றும் S-என்பன கால்வனோ மீட்டர் மற்றும் தடமாற்றி



படம் : 2.11

ஆகியவற்றின் மின் தடைகள் என்றும் C-என்ற முதல் மின்னோட்டம் G மற்றும் S ஆகியவற்றின் வழியே C_g மற்றும் C_s எனப் பிரிந்து செல்வதாகவும் கொள்வோம்.

$$C_g = \frac{C\,S}{G + S}$$

$$C_s = \frac{C\ G}{G+S}$$

முதல் மின்னோட்டம் C-ல் $\frac{1}{n}$ பகுதி கால்வனோ மீட்டர் வழியாகச் செல்லவேண்டும் என்றால்

$$\frac{C_g}{C} = \frac{1}{n} = \frac{S}{G+S}$$

$$\therefore ns = G+S$$

$$S = \frac{G}{n-1}$$

முதல் மின்னோட்டத்தில் $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ பகுதி கால்வனோ மீட்டரின் வழியே செல்லவேண்டுமானால் தடமாற்றியின் மின்தடை $S = \frac{G}{9}$, $\frac{G}{99}$, $\frac{G}{999}$ ஆக இருக்க வேண்டும்.

மின்னியக்கு விசையும் மின்கலத்தின் அகமின் தடையும்
(Electro motive force & internal resistance of a cell)

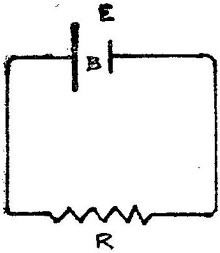
ஒரு மின்கலம் வெளிச்சுற்று மின்தடையுடன் இணைக்கப்படாமல் இருக்கையில் அஃதாவது திறந்த சுற்றில் இருக்கையில் அதன் மின் முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு, அம் மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை (electro motive force) என்று பெயர். E என்ற மின்னியக்கு விசையுடைய மின்கலத்துடன் R என்ற மின்தடை வெளிச்சுற்றில் இணைக்கப்படுகிறது. மின் கலத்திலுள்ள திரவங்களினால் உண்டாகும் மின்தடைக்கு மின் கலத்தின் அகமின்தடை (internal resistance) என்று பெயர். அகமின்தடை B என்றால்,

$$\text{மின்னோட்டம்} = \frac{\text{மி. இ. வி}}{\text{மொத்த மின்தடை}}$$

$$C = \frac{E}{R+B}$$

ஆகவே R என்ற மின்தடையின் இருமுனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$E_1 = \frac{ER}{R+B}$$



$$E - E_1 = E - \frac{ER}{R+B}$$

$$= E\left[1 - \frac{R}{R+B}\right]$$

$$= \frac{EB}{R+B}$$

படம்: 212

இஃது அகமின் தடையாகிய B-யின் முனைகளுக்கு இடையே நிலவி மின்கலத்தின் வழியே மின்னோட்டம் செலுத்த உதவும் மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும். இதை மின்கலத்தின் மி. இ. வி. வீழ்ச்சி என்பர். $\frac{ER}{R+B}$ என்பது முடிவுற்ற சுற்றிலுள்ள மின்கலத்தின் மின்முனைகளுக்கு இடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாடு (potential difference) என்று பெயர். இதில் R = ∞ ஆனால்,

$$\frac{ER}{R+B} = \frac{E}{1+\frac{B}{R}} = E \text{ ஆகும்.}$$

ஒரு மின்கலத்துடன் யாதொரு வெளிமின் தடையும் இணைக்கப்படாதபோது அதன் முனைகளுக்கு இடையே உள்ள காற்றுத் தடையினை முடிவிலாத்தடை (infinite resistance) எனக் கூறலாம். ஆகவே ஒரு மின்கலத்தின் மி.இ.வி. என்பது அதன் மின்முனைகள் முடிவிலாத் தடையால் மூடப்படும்போது அவற்றிற்கு இடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாடாகும்.

மின்கல அடுக்கு

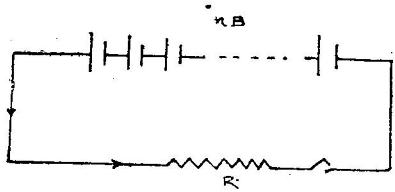
(Battery)

(a) தொடர் அடுக்கு மின்கலங்கள் (Cells in series)

ஒவ்வொன்றும் E என்ற மி. இ. வி.யும், B என்ற அகத்தடையும் கொண்ட n மின்கலங்கள் தொடர் முறையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஒவ்வொரு மின்கலத்தின் நேர்மின் முனையும் அதற்கு அடுத்த மின்கலத்தின் எதிர்மின் முனையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இம்மின்கல அடுக்குடன் R என்ற வெளி மின்

தடையை இணைக்க, மின்கல அடுக்கின் மொத்த மி. இ. வி. $= nE$
சுற்றிலுள்ள மொத்த மின் தடை $= R + nB$,

$$\therefore \text{ சுற்றில் மின்னோட்டம் } C = \frac{nE}{R + nB}.$$



படம்: 213

(i) B-யுடன் ஒப்பிட R மிகச் சிறியதானால்

$$C = \frac{nE}{nB} = \frac{E}{B}.$$

இஃது ஒரு தனி மின்கலத்தினால் உண்டாகும் மின்னோட்டத்திற்குச் சமமாகும்.

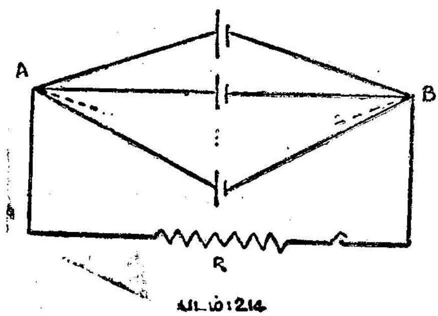
(ii) B-யுடன் ஒப்பிட R மிகப் பெரிதானால்,

$$C = \frac{nE}{R}.$$

இஃது ஒரு தனி மின்கலம் தரும் மின்னோட்டத்தைப்போல n மடங்கு ஆகும். ஆகையால் வெளிமின்தடை பெரிதாக இருப்பின் தொடர் இணைப்பு இலாபம் தருவதாக இருக்கும்.

(b) இணை அடுக்கு மின்கலங்கள் (Cells in parallel)

ஒவ்வொன்றும் E என்ற மி.இ.வி.யும் B என்ற அகத்தடையும் உடைய m மின்கலங்கள் இணைச்சுற்றில் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.



படம்: 214

மின்கலங்களின் நேர்முனைகளெல்லாம் A என்ற ஒரு பொது முனையுடனும், எதிர்முனைகள் எல்லாம் B என்ற மற்றொரு பொது முனையுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. A மற்றும் B என்ற முனைகளுக்கிடையே R என்ற வெளித்தடை இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

மின்கல அடுக்கின் விளைவு மி. இ. வி. $= E$

சுற்றின் மொத்த மின்தடை $= \dfrac{B}{m} + R.$

சுற்றில் செல்லும் மின்னோட்டம் $C = \dfrac{E}{\dfrac{B}{m} + R}$

(i) B-யுடன் ஒப்பிட R மிகச் சிறியது ஆயின்

$$C = \frac{mE}{B}$$

அஃதாவது ஒரு மின்கலத்தினால் உண்டாகும் மின்னோட்டத்தைப்போல m மடங்கு ஆகும். இணைச்சுற்றில் அமைக்கப்பட்ட மின்கல அடுக்கின் வெளிமின்தடை மிகச்சிறியது ஆயின் இலாபகரமான பெரிய மின்னோட்டம் கிடைக்கும்.

(ii) B-யுடன் ஒப்பிட R மிகப் பெரிதாக இருப்பின்,

$$C = \frac{E}{R}\,.$$

இஃது ஒரு மின்கலத்தைக்கொண்டு பெறுகின்ற மின்னோட்டமே ஆகும்.

(c) தொடர் - இணை அடுக்கு மின்கலங்கள்.

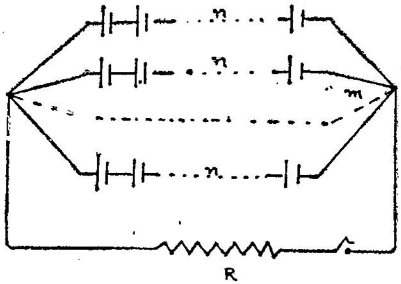
E மி. இ. வியும், B அகத்தடையும் கொண்ட n மின்கலங்களைத் தொடர் அடுக்கில் கொண்ட m வரிசைகள் இணை அடுக்கில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

ஒவ்வொரு வரிசையின் மொத்த மி. இ. வி. $= nE$

,, ,, மொத்த அகத்தடை $= nB$

கூட்டு மின்கல அடுக்கின் மி. இ. வி. $= nE$

,, மொத்த அகமின் தடை $= \dfrac{nE}{m}$



படம் : 215

சுற்றில் உள்ள மொத்த மின்தடை $= R + \frac{nB}{m}$

சுற்றில் மின்னோட்டம் $= \dfrac{nE}{R + \frac{nB}{m}}$

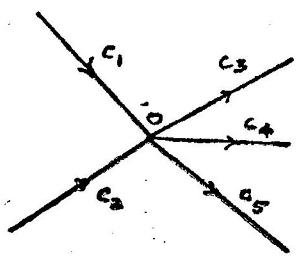
$$= \frac{mnE}{mR + nB}.$$

$nmBR$ என்பது மாறிலி ஆகையால் $mR = nB$ ஆக இருக்கையில் $mR + nB$-என்பது சிறும மதிப்புள்ளதாக இருக்கும். அப்போது சுற்றில் மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பு உடையதாக இருக்கும்.

கிர்ச்சாவ் விதிகள்

(Kirchoff's laws)

(i) கடத்திகளால் ஆகிய ஒரு வலை அமைப்பில் மின்னோட்டம் சீராக இருக்கையில் அவ்வலையின் எந்தச் சந்திப்பிலும் மின்னோட்டங்களின் குறிக்கணக்குக் கூட்டுத்தொகை (algebraic sum) சுழியாகும்.



படம் : 216

ஒரு வலை அமைப்பில் O-என்ற புள்ளியில் நுழையும் மின்னோட்டங்கள் C_1, C_2-என்றும், அப் புள்ளியிலிருந்து வெளியேறும் மின்னோட்டங்கள் C_3, C_4, C_5-என்றும் கொள்வோம்.

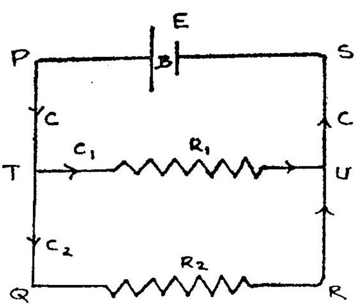
நுழையும் மின்னோட்டங்களுக்கு நேர்க்குறியும் (+), வெளியேறும் மின்னோட்டங்களுக்கு எதிர்க்குறியும் (—) தருவது மரபு. ஆகவே,

$$C_1 + C_2 - C_3 - C_4 - C_5 = O$$
$$\therefore \; C_1 + C_2 = C_3 + C_4 + C_5$$

ஆகவே சந்திப்பில் நுழையும் மின்னோட்டங்களின் கூட்டுத் தொகை வெளியேறும் மின்னோட்டங்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும். எனவே கடத்தியின் எந்தப் புள்ளியிலும் மின்னோட்டம் தேங்கி இருக்க இயலாது என்று உணர்கிறோம்.

(ii) கடத்திகளால் ஆகிய ஒரு வலை அமைப்பில் மின்னோட்டம் சீராக இருக்கும்போது எந்த ஒரு முடிவுற்ற வலைக் கண்ணிலும் (closed mesh) உள்ள மின்னியக்கு விசைகளின் குறிக்கணக்குக் கூட்டுத்தொகையும், அவ் வலைக்கண்ணின் புயங்களாகிய கடத்திகளின் மின்தடை மற்றும் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகைகளின் குறிக் கணக்குக் கூட்டுத் தொகையும் சமமாகும்.

R_1 மற்றும் R_2-என்ற இரு மின்தடைகளை E-என்ற மி.இ.வி.-யும் B-என்ற அகத்தடையும் உடைய மின்கலத்துடன் இணைச்



படம்: 2.17

சுற்றில் அமைப்போம். முதல் மின்னோட்டம் C, மின் தடைகள் R_1 மற்றும் R_2-வழியே முறையே C_1 மற்றும் C_2-ஆகப் பிரிந்து செல்கிறது.

மின்கலம் மற்றும் R_1-ஐ உடைய $PTUS$-என்றவலைக் கண்ணில்,

$$E = C_1 R_1 + CB \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

$PQRS$-என்ற வலைக் கண்ணில் $E = C_2 R_2 + CB$ ... (2)

$TQRU$,, $O = C_1 R_1 - C_2 R_2$ ... (3)

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2) ஆகியவற்றிலிருந்து

$$C_1 R_1 + CB = C^2 R_2 + B$$

$$\therefore C_1 R_1 = C_2 R_2$$

இதே முடிவு சமன்பாடுகள் (3) லிருந்தும் கிடைக்கிறது.

கிர்ச்சாவ் முதல் விதிப்படி T என்ற சந்திப்பில்,

$$C = C_1 + C_2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (4)$$

$$\therefore C_2 = C - C_1$$

$$C_1 R_1 = C_2 R_2 = (C - C_1) R_2$$

$$= CR_2 - C_1 R_2$$

$$C_1 (R_1 + R_2) = CR_2$$

$$C_1 = \frac{C \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad \dots \quad \dots \quad (5)$$

C_1-ன் மேற்கூறிய மதிப்பினைச் சமன்பாடு (4)-ல் பதிலீடு செய்ய

$$C_2 = \frac{\cdot R_1}{R_1 + R_2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (6)$$

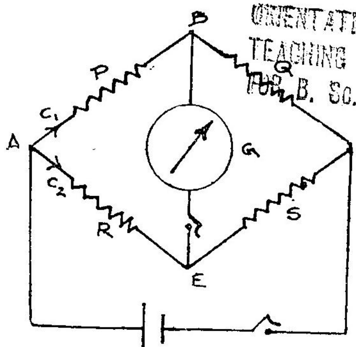
இவ்வாறு கிர்ச்சாவ் விதிகளின்படி, கடத்திகள் இணைப்புச் சுற்றில் அமையும்போது அவற்றில் மின்னோட்டம் பிரிந்து செல்லும் அளவினைக் கணிக்கலாம்.

4. வீட்ஸ்டோன் வலை அமைப்பு

(Wheatstone's network)

P, Q, R, S என்ற நான்கு மின்தடைகளைப் படத்தில் காட்டிய வாறு அமைத்து வலை அமைப்பு உண்டாக்க வேண்டும்.

B, E என்ற சந்திப்புகளுக்கு இடையே தட்டுசாவி வழியே ஒரு கால்வனோ மீட்டரை (G)யும், A, D என்ற சந்திப்புகளுக்கிடையே மற்றொரு தட்டுசாவி வழியே ஒரு மின்கலத்தையும்



ORIENTATION COURSE FOR TEACHERS
TEACHING THROUGH TAMIL MEDIUM
FOR B. Sc. DEGREE CLASSES.

படம்: 218

இணைக்க வேண்டும். இவ்வமைப்பு வீட்ஸ்டோன் வலை அமைப்பு (Wheatstone's network) என்று அழைக்கப்படும்.

மின்தடைகளின் மதிப்பினைத் தக்கவாறு மாற்றி அமைத்து இரு தட்டுசாவிகளையும் அழுத்தும்போது கால்வனோ மீட்டரின் குறிமுள் (அசையாதவாறு) சுழிநிலையைக் காட்டுமாறு செய்ய வேண்டும். இப்போது கால்வனோ மீட்டர் வழியே மின்னோட்டம் பாயவில்லை என அறிகிறோம். ஆகவே B, E என்ற சந்திப்புகள்

ஒரே மின்னழுத்த நிலையில் இருக்கவேண்டும் என்று உணர்கிறோம். AB, AE என்ற இரு கிளைகளுக்கும் A பொதுவான முனையாகும். ஆகையால் A, B-க்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும், A, E-க்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும் சமமாகும். மின் கலத்திலிருந்து வரும் முதல் மின்னோட்டம் C கிளை P வழியே C_1 என்றும், கிளை R வழியே C_2 என்றும் பிரிந்து செல்கிறது. கால்வனோ மீட்டர் வழியே மின்னோட்டம் செல்லாத தால் C_1 என்ற மின்னோட்டம் Q வழியாகவும், C_2 என்ற மின்னோட்டம் S வழியாகவும் சென்று D-ஐ அடைந்து C ஆக வெளி வருகின்றன.

AB-க்கு இடையே மி. வே $=$ AE-க்கு இடையே மி. வே

$$PC_1 = RC_2$$

$$\therefore \frac{C_1}{C_2} = \frac{R}{P} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

இதே போன்று,

BD-க்கு இடையே மி. வே $=$ ED-க்கு இடையே மி. வே,

$$Q\,C_1 = SC_2$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{S}{Q} \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் 1, 2 ஆகியவற்றை ஒப்பிட,

$$\frac{R}{P} = \frac{S}{Q}$$

அஃதாவது, $$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

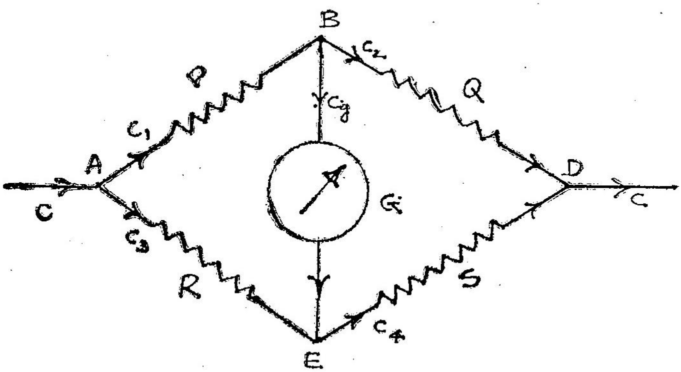
இது வீட்ஸ்டோன் தத்துவம் (Wheatstone's principle) என்று அழைக்கப்படும்.

வீட்ஸ்டோன் வலை அமைப்பும் கிர்ச்சாவ் விதிகளும் :

P, Q, R, S, மற்றும் கால்வனோ மீட்டர் G ஆகியவற்றின் வழியே முறையே C_1, C_2, C_3, C_4, C_g என்னும் மின்னோட்டங்கள் செல்வதாகக் கொள்வோம்.

B என்ற சந்திப்பில் கிர்ச்சாவ் முதல் விதிப்படி,

$$C_1 - C_2 - Cg = 0.$$



படம் : 2.19

இவ்வாறே *E* என்ற சந்திப்பில்,

$$C_3 + Cg - C_4 = 0.$$

$Cg = 0$ ஆகும்போது,

$$C_1 - C_2 - 0 = 0$$

$$\therefore \quad C_1 = C_2$$

$$C_3 + 0 - C_4 = 0$$

$$C_3 = C_4$$

கிர்ச்சாவ் இரண்டாம் விதியை *ABE*, *BED* என்ற வலைக்கண்களில் பயன்படுத்த,

$$PC_1 + GCg - RC_3 = 0$$

$$GCg + SC_4 - QC_2 = 0.$$

$Cg = 0$ ஆகும்போது, $C_1 = C_2$ ஆகும்.

$C_3 = C_4$ ஆகும்.

$$\therefore \quad PC_1 + O - RC_3 = 0$$

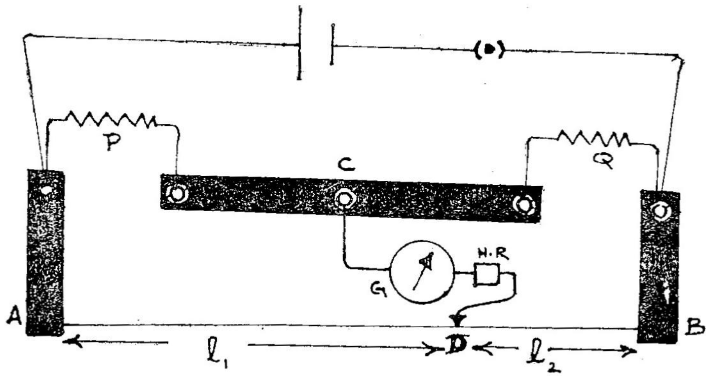
$$PC_1 = RC_3.$$

இவ்வாறே $QC_1 = SC_3$ ஆகும்.

$$\therefore \frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \text{ ஆகும்.}$$

மீட்டர் இணைப்பு (Metre bridge)

இது வீட்ஸ்டோன் வலை அமைப்புத் தத்துவத்தில் அமைந்த ஒரு கருவியாகும். இதில் ஒரு மரப் பலகையின் மீது பொருத்தப்பட்ட ஒரு மீட்டர் அளவு கோலுக்கு இணையாகச் சீரான ஒரு மீட்டர் நீளமுடைய மாங்கனின் கம்பி A, B என்ற இரு செப்புப்பட்டைகளுக்கு இடையே இழுத்துக் கட்டப்பட்டிருக்கிறது.



படம் : 220

இச் செப்புப் பட்டைகள் ஒவ்வொன்றிலும் ஓர் இணைப்புத் திருகு உண்டு. A, B என்ற செப்புத் தகடுகளுக்கு இடையே அளவு கோலின் போக்கில் C என்ற நீண்ட செப்புப் பட்டை பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது. இதில் மூன்று இணைப்புத் திருகுகள் இருக்கின்றன. A-க்கும் C-க்கும் இடையில் ஓர் இடைவெளியும், B-க்கும் C-க்கும் இடையில் ஒரு இடைவெளியும் காணப் படுகின்றன.

மின் தடைகளை ஒப்பிடல்

P, Q என்ற இரு மின்தடைகளை ஒப்பிட வேண்டும் என்று வைத்துக் கொள்வோம். P என்ற மின்தடையை A-க்கும் C-க்கும் இடையிலுள்ள இடைவெளியில் இணைப்புத் திருகுகளைக் கொண்டு இணைக்க வேண்டும். அதே போன்று Q என்ற மற்ற மின்தடையை

B-க்கும் C-க்கும் இடையிலுள்ள இடைவெளியில் இணைக்க வேண்டும். A-க்கும் B-க்கும் இடையில் ஒரு லெக்லான்ச் மின் கலத்தைச் செருகு சாவியின் வழியே இணைக்க வேண்டும். C-ல் உள்ள மையத் திருகு இணைப்பிலிருந்து மையச் சுழி கால்வனோ மீட்டர் மற்றும் உயர் மின்தடை ஆகியவற்றின் வழியே தொடு சாவி (Jokey) இணைக்கப்படுகிறது.

மின்கலச் சுற்றில் உள்ள செருகு சாவியைப் பயன்படுத்தி மின் சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயச் செய்தபின் தொடு சாவியை மீட்டர்க் கம்பியின் இடக்கோடியில் தொட்டுக் கால்வனோ மீட்டர் குறிமுள் அசையும் திசையைக் கவனிக்கவேண்டும். பின்னர்க் தொடுசாவியை மீட்டர்க் கம்பியின் வலக்கோடியில் தொட வேண்டும். இப்போது குறிமுள் முன்பு அசைந்த திசைக்கு எதிர்த் திசையில் அசையுமானல் நாம் செய்த இணைப்புகள் சரியெனக் கொண்டு சோதனையைத் தொடங்கலாம்.

இணைப்புகளைச் சரிபார்த்த பின்பு, தொடுசாவியை மீட்டர்க் கம்பியின் மீது வெவ்வேறு இடங்களில் தொட்டுக் கொண்டே சென்று, எந்த இடத்தில் தொடும்போது குறிமுள் அசையாமல் சுழி நிலையைக் காட்டுகிறது எனக் கண்டறியவேண்டும். தொடு சாவி Dயில் இருக்கையில் குறிமுள் சுழிநிலையில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். வீட்ஸ்டோன் தத்துவப்படி,

$$\frac{P}{Q} = \frac{AD \text{ என்ற நீளமுள்ள கம்பியின் மின்தடை}}{BD \text{ என்ற நீளமுள்ள கம்பியின் மின்தடை}}$$

கம்பி சீரானது ஆகையால் அதன் நீளங்கள் மின்தடைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். எனவே,

$$\frac{P}{Q} = \frac{AD}{BD} = \frac{l_1}{l_2}$$

பின்னர் P என்ற மின் தடையை Q-வின் இடத்திலும் Q-ஐ P-யின் இடத்திலும் மாற்றி இணைத்து மீண்டும் சமன்செய் புள்ளி (balancing point) யாகிய D-யைக் காணவேண்டும். இப்போதும் மீட்டர்க் கம்பியின் இட முனையிலிருந்து சமநிலைப் புள்ளிவரை உள்ள நீளம் l_1 என்றும், சமநிலைப் புள்ளியிலிருந்து மீட்டர்க் கம்பியின் மறுமுனை வரை உள்ள நீளம் l_2 என்றும் கொண்டால்,

$$\frac{Q}{P} = \frac{l_1}{l_2} \text{ அல்லது } \frac{P}{Q} = \frac{l_2}{l_1} \text{ ஆகும்.}$$

ஒரு மின்தடையின் அளவினைக் கண்டறிதல் :

(படல் 220-ல்) Q என்ற மின்தடைக்குப் பதிலாக ஒரு மின் தடைப் பெட்டியை அவ்விடத்தில் இணைத்து அதில் தேவையான மின்தடையை ஏற்படுத்த வேண்டும். P-யின் இடத்தில் மின்தடை அளவு காண வேண்டிய கம்பியை இணைத்து முன்போலவே சமநிலைப் புள்ளியை அறிய வேண்டும். பின்னர் கால்வனோ மீட்டர்ச் சுற்றில் உள்ள உயர் மின்தடையை அகற்றிவிட்டுத் துல்லியமான சமநிலைப் புள்ளியைக் காணவேண்டும். பெட்டியில் எடுக்கப்பட்ட மின்தடை R என்றும், கண்டறிய வேண்டிய மின்தடை X என்றும் இடக்கோடியிலிருந்து சமநிலைப் புள்ளியின் தூரம் l_1 என்றும், வலக்கோடியிலிருந்து சமநிலைப் புள்ளியின் தூரம் l_2 என்றும் கொண்டால்,

$$\frac{X}{\mathrm{R}} = \frac{l_1}{l_2}$$

$$\therefore \quad X = \mathrm{R}\frac{l_1}{l_2}$$

இதே போன்று மின்தடைப் பெட்டியில் வெவ்வேறு மின் தடைகளை உண்டாக்கி அவற்றிற்குரிய சமநிலைப் புள்ளியைக் கண்டறிந்து X-ன் மதிப்பினைப் பெறலாம்.

பின்னர் மின் தடைப் பெட்டியை இடப்பக்க இடை வெளியிலும், காணவேண்டிய மின் தடையை வலப்பக்க இடைவெளியிலும் மாற்றி அமைத்து மீண்டும் X-ன் மதிப்பினை அறியலாம். இவ்வாறு கண்ட மதிப்புகளின் சராசரி கம்பியின் மின்தடையைத் தரும்.

நிகழக்கூடிய பிழைகளும் அவற்றிற்கான முன்னெச்சரிக்கைகளும் :

(i) சமநிலைப் புள்ளி காணும்போது மட்டுமே மின் சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயுமாறு செய்ய வேண்டும். இல்லையெனில் தொடர்ந்த மின்னோட்டம் கடத்திகளை வெப்பப்படுத்தி அவற்றின் தடையளவுகளை மாற்றிவிடும்.

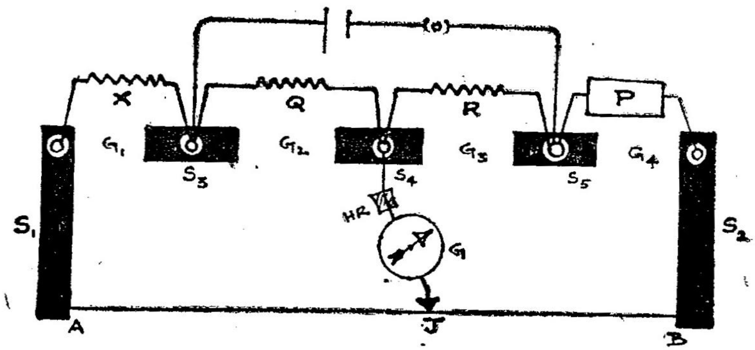
(ii) உயர் மின்தடையின்றிக் கால்வனோ மீட்டர் இணைப்புக் கொடுத்தால் கால்வனோ மீட்டர் பாழாகிவிடும்.

(iii) மிகச் சிறிய மின்தடைகளைப் பயன்படுத்தும்போது இணைக்கும் கம்பிகளுக்குப் பதிலாக இணைக்கும் செப்புப் பட்டைகளைப் பயன் படுத்த வேண்டும்.

கேரி ஃபாஸ்டர் இணைப்பு

(Carey Foster's Bridge)

இதில் ஒரு மரப்பலகையின் மீது பொருத்தப்பட்ட ஒரு மீட்டர் அளவுகோலுக்கு இணையாக AB-என்ற சீரான, ஒரு மீட்டர் நீள முள்ள மாங்கனின் கம்பி இழுத்துக் கட்டப்பட்டிருக்கிறது. இம் முனைகளில் இணைப்புத் திருகுகளுடன் கூடிய S_1 மற்றும் S_2-என்ற செப்புப் பட்டைகள் இருக்கின்றன. அவ்விரு தகடுகளுக்கும்



படம்: 221

இடையில் படத்தில் காட்டியவாறு S_3. S_4 மற்றும் S_5-என்ற இணைப்புத் திருகுகளுடன் கூடிய செப்புப் பட்டைகள் பொருத்தப் பட்டிருக்கின்றன. மேற்கூறிய ஐந்து செப்புப் பட்டைகளுக்கு மிடையில் நான்கு இடைவெளிகள் உள்ளன. அவ்விடை வெளிகளை இடப்பக்கத்திலுருந்து வலப்புறமாக G_1, G_2, G_3 G_4-எனக் குறிப்பிடுவோம்.

G_2 மற்றும் G_3 ஆகிய இடைவெளிகளில் இரு சமமான மின் தடைகளையும் (Q, R), G_1 என்ற இடைவெளியால் தெரியாத மின் தடையையும், G_4-என்ற இடைவெளியில் ஒரு மின்தடைப் பெட்டியை (P)-யும் இணைக்க வேண்டும் ஒரு லெக்லான்சி மின்கலத்தைத் தொடுசாவியின் வழியே S_3 மற்றும் S_5-ஆகிய செப்புப் பட்டைகளுக்கு இடையே இணைக்க வேண்டும். மையச் சுழி கால்வனோ மீட்டரின் ஒரு முனை S_4-உடனும், மறுமுனை உயர் மின்தடை வழியாக ஒரு தொடுசாவியுடனும் இணைக்கப்பட வேண்டும்.

இணைப்புகளைச் சரி பார்க்கத் தொடு சாவியை முதலில் மீட்டர்க் கம்பியின் இடமுனை A-யிலும் அடுத்து வலமுனை B-யிலும் தொடவேண்டும். கால்வனோ மீட்டரின் குறிமுள் எதிர் எதிர்த்

திசைகளில் அசையுமானால் இணைப்புகள் சரியெனக்கொண்டு சோதனையைத் தொடங்கலாம்.

உயர் மின் தடையைக் கால்வனோ மீட்டர்ச் சுற்றில் வைத்துக் கொண்டு முதலில் தோராய சமநிலைப் புள்ளியையும், பின்பு அதை நீக்கிவிட்டுத் துல்லியமான சமநிலைப் புள்ளியையும் கண்டறியவேண்டும். சமநிலைப் புள்ளி J_1-என்போம். வீட்ஸ்டோன் தத்துவப்படி,

$$\frac{Q}{R} = \frac{x + s_1 + AJ_1\, r}{P + s_2 + BJ_1\, r} \quad \ldots \quad (1)$$

இங்கு s_1, s_2 என்பன s_1, s_2 என்ற செப்புப் பட்டைகள் தரும் மின்தடைகளையும், r என்பது மீட்டர்க் கம்பியின் ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளத்திற்குள்ள மின்தடையையும் குறிக்கின்றன.

x மற்றும் P ஆகியவற்றை இடமாற்றம் செய்து மீண்டும் சம நிலைப் புள்ளியைக் காணவேண்டும். இப்போது சமநிலைப் புள்ளி J_2 என்றால்,

$$\frac{Q}{R} = \frac{P + s_1 + AJ_1\, r}{x + s_2 + BJ_2\, r} \quad \ldots \quad (2)$$

சமன்பாடு (1)-லிருந்து $\dfrac{Q}{Q + R} = \dfrac{x + s_1 + AJ_2\, r}{x + P + s_1 + s_2 + ABr}$

சமன்பாடு (2)-லிருந்து $\dfrac{Q}{Q + R} = \dfrac{P + s_1 + AJ_2\, r}{P + x + s_1 + s_2 + ABr}$

இவை இரண்டையும் ஒப்பிட,

$$x + s_1 + AJ_1\, r = P + s_1 + AJ_2\, r$$

$$x - P = r\,(AJ_2 - AJ_1)$$

$$x = P + (AJ_2 - AJ_1)\, r$$ ஆகும்.

r-ஐக் கண்டுபிடிக்கும் வகை :

G_2 மற்றும் G_3-என்ற இடைவெளிகளில் உள்ள Q மற்றும் R-என்ற மின்தடைகளை மாற்றாது அப்படியே வைத்துவிட்டு G_4-என்ற இடை வெளியில் ஒரு தெரிந்த சிறிய மின்தடையையும் G_1 தடித்த செப்புத் தகட்டையும் இணைக்க வேண்டும். முன்னைப் போலவே நடுநிலைப்புள்ளி J_3-ஐக் காணவேண்டும். பின்னர் P-என்ற மின்தடையையும், செப்புத் தகட்டையும் இடமாற்றம் செய்து மீண்டும் நடுநிலைப்புள்ளி J_4-ஐக் காணவேண்டும்.

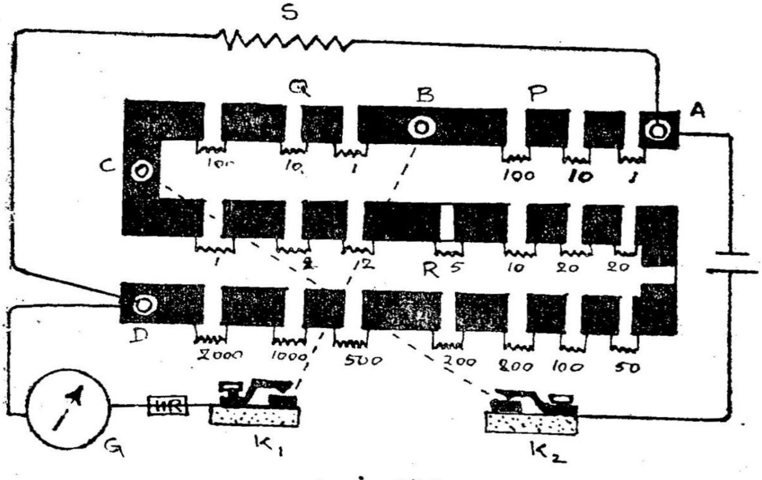
$$O - P = r\ (AJ_4 - AJ_3)$$

$$r = \frac{P}{AJ_3 - AJ_4}$$

இங்கு *A* மற்றும் *B*–என்ற முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் செப்புப் பட்டைகள் பற்றவைப்பு ஆகியவற்றின் மின் தடைகள் கணக்கில் கொள்ளப்பட்டு, பின் நீக்கப்படுவதே கேரி ஃபாஸ்டர் இணைப்பின் தனிச்சிறப்பு ஆகும்.

பி. ஓ. பெட்டி
(Post Office Box)

வசதியான, அடக்கமான, வீட்ஸ்டோன் அமைப்புக்கு பி. ஓ. பெட்டி என்று பெயர். இணையான மூன்று வரிசைகளில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் தடைச் சுருள்கள் வீட்ஸ்டோன் வலை அமைப்பின் *P, Q, R*-என்ற மூன்று தடைப் புயங்களாகச் செயற்படுகின்றன. தடைச் சுருள்கள் ஒவ்வொன்றும் கூம்புவடிவ இடை



படம்: 222

வெளியுடன் கூடிய அடுத்தடுத்துள்ள இரு செப்புக்கட்டைகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஒவ்வொரு இடைவெளிக்கும் பொருத்தமான, கூம்புவடிவ, செப்பு அடைப்பான் (plug) உண்டு. அடைப்பானைச் செருகி இடைவெளியை மூடினால் அவ்விடைவெளியில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மின்தடை அகற்றப்

பட்டுவிடும். அடைப்பானை எடுத்து விட்டால் அங்குள்ள மின் தடை சுற்றில் சேர்க்கப்படும். பி. ஓ பெட்டியின் விகிதபுயங்கள் (ratio arms) என்று கூறப்படும் P மற்றும் Q ஆகியவற்றில் 1, 10, 100, 1000 ஓம் மின்தடைகளும், மாறு மின்தடைப் புயமாகிய R-ல் 1 ஓமிலிருந்து 10000 ஓம் வரை தரக்கூடிய மின்தடைகளும் உள்ளன. AB மற்றும் BC-என்ற புயங்கள் விகித புயங்களாகும். CD-என்பது மாறு மின்தடைப் புயமாகும். D மற்றும் A-என்ற முனைகளில் உள்ள இணைப்புத் திருகுகளைக் கொண்டு அவற்றிற்கு இடையே, கண்டுபிடிக்கவேண்டிய மின் தடை S இணைக்கப்படுகிறது.

B-யிலிருந்து K_1 என்ற தட்டுசாவிக்கும், C-யிலிருந்து K_2 என்ற தட்டுசாவிக்கும் புள்ளிக் கோட்டால் காட்டியுள்ளவாறு உள் இணைப்பு தரப்பட்டிருக்கிறது. எனவே லெக்லான்சி மின் கலத்தை A-க்கும் C-க்கும் இடையில் தட்டு சாவி வழியே இணைப்பதற்குப் பதில் A-க்கும் K_2-ல் உள்ள திருகு இணைப்பிற்கும் இடையில் லெக்லான்சி மின்கலத்தை இணைத்தால் போதுமானது. அவ்வாறே D என்ற முனைக்கும் K_1-க்கும் இடையே உயர் மின் தடை வழியாகக் கால்வனோ மீட்டர் இணைக்கப்பட வேண்டும்.

பி.ஓ. பெட்டியைக் கொண்டு ஒரு கம்பியின் மின் தடை வெப்ப நிலை எண் காணல் :

மின்தடை வெப்பநிலை எண் காண வேண்டிய கம்பி நன்கு காப்பிடப்பட்டு, இரண்டாக மடிக்கப்பட்டு, தூண்டல் விளைவு அற்ற வகையில் ஒரு மரச்சட்டத்தில் சுற்றப்பட்டிருக்கிறது. கம்பியின் முனைகளில் திருகு இணைப்புகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இச் சுருள் ஒரு மூக்குக் குவளையில் உள்ள நீரில் அமிழ்த்தி வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. நீரின் ஆரம்ப வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொண்டு அப்போது அக் கம்பிக்கு உள்ள மின் தடை அளவினை பி. ஓ. பெட்டியைப் பயன்படுத்திக் காணவேண்டும். புன்சன் விளக்குக்கொண்டு நீரைச் சூடாக்கவேண்டும். வெப்பநிலை $10°C$ உயர்ந்தவுடன், கலக்கியால் நீரை நன்கு கலக்கிக் கொண்டே வெப்ப நிலை மாறாமல் செய்து அப்போது கம்பியின் மின்தடையைக் காணவேண்டும். இவ்வாறே $10°C$ வெப்பநிலை இடைவெளிகளில் கம்பியின் மின்தடையைக் கணக்கிட்டுக் கொண்டே நீரின் கொதிநிலைப் புள்ளிவரை செல்லவேண்டும்.

அக் கம்பி $t_1°C$, $t_2°C$ என்ற வெப்ப நிலைகளிலிருக்கையில் அதன் மின் தடைகள் முறையே R_1, R_2 என்றால்,

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \text{ ஆகும்.}$$

X அச்சில் வெப்ப நிலையையும் Y அச்சில் மின் தடையையும் எடுத்துக்கொண்டு வரையப்படும் வரைபடம் (graph) நேர்க் கோடாக இருக்கும். அவ் வரைபடம் Y அச்சை வெட்டும் புள்ளி அக் கம்பி சுழி வெப்ப நிலையில் இருக்கும்போதுள்ள மின்தடையாகிய R_0-ஐத் தரும். வரைபடத்தைப் பயன்படுத்தி எந்த வெப்ப நிலையிலும் கம்பியின் மின்தடையைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

திடப்பொருள்களின் உருகு நிலை அல்லது திரவப்பொருள்களின் கொதி நிலை காணல் :

மேற் கூறிய அதே முறையில் தகுந்த ஒரு கம்பிச் சுருளின் மின்தடையைப் பல்வேறு வெப்ப நிலைகளில் கண்டறிந்து, அக் குறிப்புகளைக் கொண்டு, மின் தடைக்கும் வெப்பநிலைக்குமாக ஒரு வரைபடம் வரைந்து கொள்ளவேண்டும்.

திடப் பொருளின் உருகு நிலை காண்பதற்கு அப் பொருளை ஒரு சிறு குழாயில் அடைத்து அதைச் சுருளை அமிழ்த்தியிருக்கும் அதே திரவத்தில் மூழ்கடித்துத் திரவத்தைச் சூடாக்க வேண்டும்.

சூடாகிக்கொண்டே வரும் திடப் பொருள் உருகுநிலையை அடைந்தவுடன் தெளிந்த திரவமாக மாறும். அப்போது சுருளின் மின்தடையை பி. ஓ. பெட்டியைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிட வேண்டும். பின்னர், புன்சன் விளக்கை நீக்கிவிட, நீர் குளிர்ச்சியடைய ஆரம்பிக்கும். மீண்டும் திடப்பொருளின் உருகுநிலை வரும்போது தெளிந்த திரவமாக மாறிய திடப்பொருள் உறைந்து கட்டியாக மாறும். அப்போது மீண்டும் சுருளின் மின் தடையைக் கண்டறிய வேண்டும். இவ்விரு மின்தடைகளின் சராசரி, திடப்பொருளின் உருகுநிலையில் சுருளின் மின்தடையைத் தரும்.

வரைபடத்தில் இந்த மின்தடைக்கு உரிய வெப்ப நிலையைக் கண்டறியவேண்டும். அந்த வெப்பநிலை திடப் பொருளின் உருகுநிலை (melting point) ஆகும்.

இதே போன்று தடைச் சுருளைக் கொதிநிலை காண வேண்டிய திரவத்தில் அமிழ்த்தி, அத் திரவம் கொதிக்கும்போது சுருளின் மின் தடையைக் கணக்கிட்டு அறியவேண்டும். வரைபடத்தில் அம் மின்தடைக்குரிய வெப்பநிலை திரவத்தின் கொதிநிலையைத் தரும்.

5. மின்னழுத்தமானி

(Potentio meter)

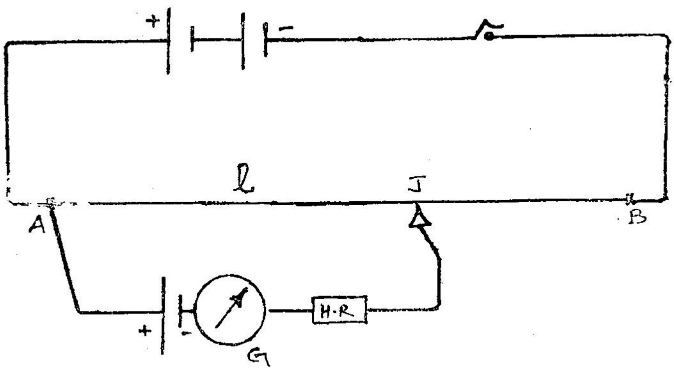
இதில் சீரான, நீண்ட மாங்கனின் கம்பி ஒன்று, ஒவ்வொன்றும் ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ளதும், தங்களுக்குள்ளும் மரப்பலகை ஒன்றின் மீது பொதியப்பட்டிருக்கும் மீட்டர் அளவு கோல் ஒன்றுக்கும் இணையாக இருப்பதுமான பத்துப் பகுதிகளாக மடித்து மடித்து இழுத்துக் கட்டப்பட்டிருக்கிறது. கம்பியின் நுனிகளில் செப்புப் பட்டை பொருத்தப்பட்டுத் திருகு இணைப்புகள் வைக்கப்பட்டிருக் கின்றன. ஒரு முக்கோண வடிவச் சட்டத்தில் 10 தொடுசாவிகள் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இச் சட்டத்தை மரப்பலகையின் மீது நகர்த்திச் சென்று கம்பியின் எந்தப் புள்ளியையும் தொடு சாவியால் தொடலாம்.

மின்கல அடுக்கின் நேர்முனையை + மின்னழுத்த மானிக் கம்பியின் A என்ற முனையுடனும், எதிர் முனையை ஒரு தட்டுசாவி வழியே மின்னழுத்த மானிக் கம்பியின் B என்ற முனையுடனும் இணைக்கிறோம். இது முதன்மைச் சுற்று (primary circuit) எனப் படும்.

ஒரு மின்கலத்தின் நேர்முனையை மின்னழுத்த மானியின் A என்ற முனையுடனும், எதிர் முனையை, ஒரு கால்வனோ மீட்டர் உயர் மின்தடை வழியே தொடுசாவியுடனும் இணைக்க வேண்டும். இது துணைச் சுற்று என்று அழைக்கப்படுகிறது.

முதன்மைச் சுற்றிலுள்ள தட்டுசாவியை அழுத்தி மின்னழுத்த மானியின் கம்பி வழியே மின்னோட்டம் பாய்ச்சினால், மின்கல அடுக்கின் மின்னழுத்தம் கம்பியில் சீராகப் பரவி இருக்கும். இந் நிலையில் தொடுசாவியைக் கம்பியில் J என்ற இடத்தில் தொட, A-க்கும் J-க்கும் இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டா கும். இம் மின்னழுத்த வேறுபாடு கால்வனோ மீட்டர் வழியே AGJ என்ற திசையில் ஒரு மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த முயல்கிறது.

அதே சமயத்தில் துணைச்சுற்றிலுள்ள மின்கலத்தில் மின்னியக்கு விசை JGA என்ற திசையில் ஒரு மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த முயல்கிறது. இவ்விரண்டில் எது வலிமையுடையதோ அந்தத் திசையில் கால்வனோ மீட்டரின் குறிமுள் அசையும்.



படம் : 22.7

கால்வனோ மீட்டரின் குறிமுள் அசைவு ஏதுமின்றிச் சுழிநிலையில் இருந்தால் A-க்கும் J-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும், மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையும் சமம் ஆகும் என அறியலாம். மின்னழுத்த மானியின் கம்பியில் ஒரு செ.மீ. தூரத்திலுள்ள இரு புள்ளிகளுக்கு இடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாடு e என்று கொண்டால் l செ.மீ. நீளத்தில் உள்ள மின்னழுத்தவேறுபாடு$=le$ ஆகும். எனவே $E = le$ என்று எழுதலாம்.

இரு மின்கலங்களின் மி. இ. விசையை ஒப்பிடல் :

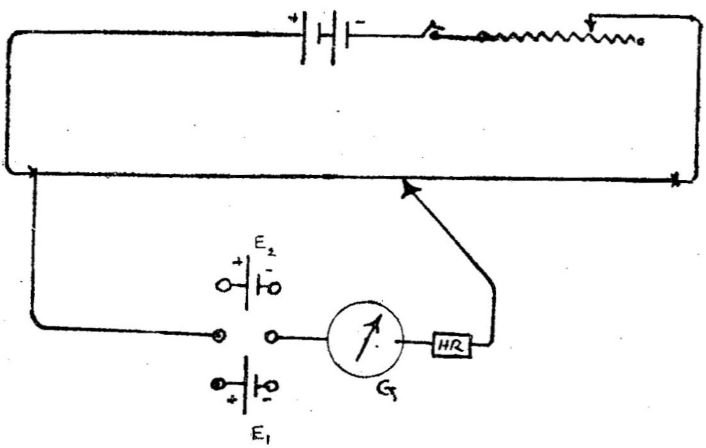
மின்னழுத்த மானியைக்கொண்டு இரு மின்கலங்களின் மி. இ. விசைகளைத் துல்லியமாக ஒப்பிடலாம். ஒரு மின்கல அடுக்கின் நேர்முனையை (+) மின்னழுத்த மானிக் கம்பியின் A என்ற முனையுடனும், எதிர் முனையை (−) ஒரு தடைமாற்றி, தட்டு சாவி ஆகியவற்றின் வழியே B என்ற மற்ற முனையுடனும் இணைக்க வேண்டும். ஒப்பிடப்பட வேண்டிய மின்கலங்களுள் ஒன்றின் நேர் முனையை A-யுடனும் எதிர் முனையை ஒரு கால்வனோ மீட்டர், உயர் மின்தடை ஆகியவற்றின் வழியாகத் தொடுசாவியுடனும் இணைக்க வேண்டும். முதன்மைச் சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயச்செய்தபின் தொடு சாவியை முதலில் A என்ற முனையிலும், பின்னர் B என்ற முனையிலும் தொட்டு, கால்வனோ மீட்டரின் குறிமுள் எதிரெதிர்த்

திசைகளில் திரும்புகிறதா எனப் பார்க்கவேண்டும். இல்லையெனில் இணைப்பில் எங்கோ தவறு இருக்கிறது என உணர்ந்து அதைத் திருத்திப் பின்பு சோதனையைத் தொடங்கவேண்டும்.

தடை மாற்றியின் மாறுமுனையைச் சுழித்தடை நிலையில் வைத்துச் சோதனையைத் தொடங்கலாம். முதலில் உயர் மின் தடை கால்வனோ மீட்டர்ச் சுற்றில் இருக்கையில் தோராய சமநிலைப் புள்ளியையும், பின்பு உயர் மின் தடையை நீக்கிவிட்டுத் துல்லியமான சமநிலைப் புள்ளியையும் காண வேண்டும். நடுநிலைப் புள்ளி J_1 என்போம். இப்போது A-யிலிருந்து J_1-க்கு உள்ள தூரத்தை அளவு கோலின் உதவியால் கணக்கிடவேண்டும். $AJ_1 = l_1$ என்போம். E_1 என்பது முதல் மின்கலத்தின் மி. இ. வி. என்றால் $E_1 = l_1 e$. பின்னர், இரண்டாவது மின்கலத்தைத் துணைச்சுற்றில் முதல் மின் கலத்தின் இடத்தில் இணைத்து அதற்குரிய நடுநிலைப் புள்ளி J_2-ஐக் காணவேண்டும். இப்போது $E_2 = l_2 e$ ஆகும்.

$$\therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1 e}{l_2 e} = \frac{l_1}{l_2}$$

இப்போது மின்தடை மாற்றியின் மாறுமுனையைச் சிறிது நகர்த்தி அதில் சிறு மின் தடை உண்டாக்கினால் AB என்ற கம்பி



படம் : 224

யில் பரவியிருக்கும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி (potential drop) மாறும். அதன் புதிய மதிப்பு e' என்போம் மீண்டும் முதல் மின்கலத்திற்கு

உரிய சமநிலைப் புள்ளியின் தூரத்தையும் இரண்டாவது மின்கலத்திற்குரிய சமநிலைப் புள்ளியையும் கண்டறிந்து,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1'}{l_2'}$$ என்ற சமன்பாட்டின்படி மின்கலங்களின் மி. இ. வி. விகிதத்தைக் காணலாம். இவ்வாறே மின்தடை மாற்றியின் வெவ்வேறு நிலைகளில் சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து E_1/E_2-ன் சராசரி மதிப்பினைப் பெறலாம். ஒவ்வொரு முறையும் ஒரு மின்கலனை நீக்கிவிட்டு மற்றொன்றை இணைத்துச் சோதனையைத் தொடங்கும் முறை இடையூறு மிக்க ஒன்றாகும். அதனை ஆறுமுனை சாவி (six terminal key) என்ற அமைப்பைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் நிவர்த்தி செய்யலாம். இவ்வமைப்பில் மையத்திருகு முனைகளில் ஆடித்தொடு கோல் (rocker) ஒன்று இருக்கிறது. அதன் உதவியால் பக்கத்திலுள்ள திருகுமுனைகளில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் E_1 என்ற மின்கலத்தையோ அல்லது E_2 என்ற மின்கலத்தையோ துணைச்சுற்றில் இணைத்துக் கொள்ளலாம்.

ஏற்படக் கூடிய பிழைகளும் அதற்கான முன்னெச்சரிக்கைகளும் :

(1) அளவுகோலின் சுழிப்பிரிவும் கம்பியின் A என்ற முனையும் ஒன்றியிராமல் இருக்கக்கூடும். அதைக் கவனித்து அதற்கான திருத்தத்தைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

(2) நடுநிலைப் புள்ளி காணும்போதுமட்டுமே முதன்மைச் சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்ச்ச வேண்டும். இல்லாவிடில் முதன்மைச்சுற்றில் உள்ள மின்கல அடுக்கின் மி.இ.வி. சீராகக் குறையும்.

(3) முதன்மைச் சுற்றிலுள்ள மின் கல அடுக்கின் மின்னியக்கு விசை. சோதனைக்கு எடுத்துக்கொள்ளும் மின்கலங்களின் மி. இ. வி. ஐ-விட அதிகமாக இருக்கவேண்டும். இல்லையெனில் நடுநிலைப்புள்ளி கிடைக்காது.

(4) மின்தடை மாற்றியின் மின்தடையை அதிகரிக்கும் போது AB-க்கு இடையில் செயற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு குறையும். ஆகையால் ஒரு நிலையில் சமநிலைப் புள்ளி கிடைக்காமலும் போகலாம். ஆகவே மின்தடை மாற்றியில் அதிக மின்தடை உண்டாக்குவதும் தவறு.

மின்னழுத்தமானி முறையின் தனிச்சிறப்புகள் :

(1) இஃது ஒரு சமநிலை முறை (Null method) ஆகையால், இதில் திருப்பங்களை அளவிடும் முறையில் ஏற்படும் தவறுகள் ஏற்பட வழியில்லை.

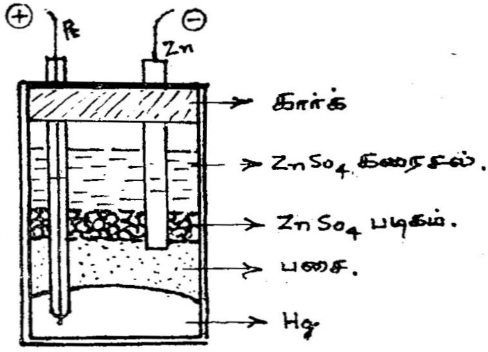
(2) நீளங்களை ஒரு மி. மீ-க்குத் திருத்தமாக அளவிட முடியுமாதலால் இம் முறை அதிக நுட்பத்தன்மை கொண்டதாக இருக்கிறது.

(3) துணைச் சுற்றிலுள்ள மீன்கலம் மின்னோட்டம் எதையும் செலுத்தாத நிலையில் இருக்கையில் நடுநிலைப் புள்ளிகள் அளவிடப் படுவதால் மின்கலம் திறந்த சுற்றில் இருப்பதாகக்கொள்ளலாம். எனவே, அளவிடும் மி. இ. வி. முற்றிலும் சரியான மதிப்பினைத் தருகிறது.

மின்னியக்கு விசை தெரிந்த மின்கலங்கள் படித்தர மின்கலங்கள் (Standard Cells) என்ற வழங்கப்படுகின்றன. வெஸ்டன்-காட்மியம் மின்கலம், மற்றும் கிளார்க் மின்கலம் ஆகியவை படித்தர மின்கலங்களாகும். இவைகளைப் பயன்படுத்தி கொடுக்கப் பட்ட மின்கலத்தின் மி.இ.வி-யை அறியலாம்.

(i) **கிளார்க் மின்கலம்** (Clark cell) :

ஒரு சோதனைக் குழாயின் அடிப்பாகத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் சிறிதளவு பாதரசம் நேர் மின் முனையாகச் செயற்படுகிறது. ஒரு மெல்லிய கண்ணாடிக் குழாயின் வழியே சென்று பாதரசத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் பிளாட்டினக் கம்பி மின்னிணைப்பு முனையாக இயங்குகிறது. மெர்குரஸ் சல்பேட் மற்றும் தெவிட்டிய துத்தநாகச் சல்ஃபேட் கரைசல் ஆகியவற்றைக் கொண்டு செய்த கெட்டியான பசை பாதரசத்திற்கு மேல் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. எதிர் மின் முனையாகச் செயற்படும் ஒரு துத்தநாகத் தண்டின் கீழ் முனை கெட்டியான பசையைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும். பசைக்கு மேலே துத்தநாகச் சல்ஃபேட் படிகங்களும், துத்தநாகச் சல்ஃபேட் கரைசலும் நிரப்பப்பட்டிருக்கின்றன. கண்ணாடிக் குழாய் மற்றும் துத்தநாகத் தண்டு ஆகியவை அசையாதபடி தக்கை வைத்து கெட்டியாக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அதற்கு மேலே சோடியம் சிலிகேட் பூசிய கடற்பசையால் மூடப்பட்டிருக்கிறது. இம் மின் கலத்தின் மின்னியக்கு விசை $15^{\circ}C$ வெப்ப நிலையில் 1·433



படம் : 225

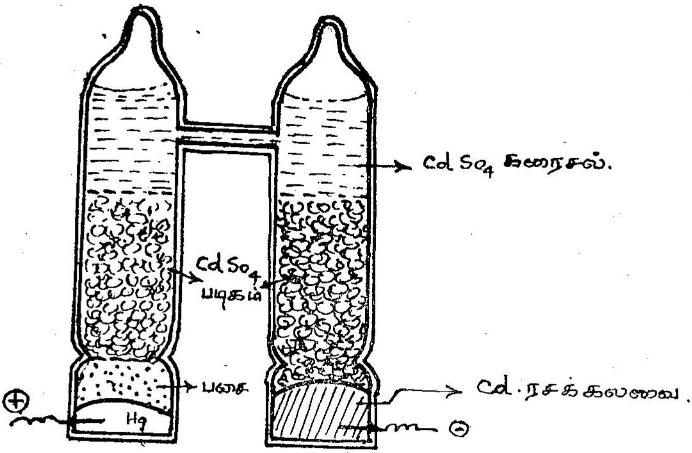
வோல்ட் ஆகும். வெப்ப நிலையைப் பொருத்து அதன் மின்னியக்கு விசையில் ஏற்படும் மாற்றத்தினை.

$$E = 1{\cdot}433 \left[1 - 0{\cdot}00077\,(t - 15) \right] \text{ வோல்ட்}$$

என்ற சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்.

(ii) வெஸ்டன் காட்மியம் மின்கலம் (Westen Cadmium Cell) :

இம் மின்கலத்தின் அமைப்பு படத்தில் காட்டியுள்ளபடி இருக்கும். இதில் துத்தநாகத் தண்டிற்குப் பதிலாகக் காட்மிய ரசக் கலவையும் (Cadmium Amalgam) துத்தநாகச் சல்ஃபேட்டிற்குப் பதிலாகக் காட்மிய சல்ஃபேட்டும் பயன்படுத்தபடுகின்றன. இம் மின்கலத்தின் ஒரு பக்கத்தில் அடியில் பாதரசம் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இது நேர்மின் முனையாகும். இதற்குமேலே மெர்குரஸ் சல்பேட் மற்றும் காட்மிய சல்ஃபேட் கொண்டு செய்த கெட்டியான பசை இருக்கிறது. அதற்குமேலே காட்மியம் சல்ஃபேட் படிகங்களும் அதற்குமேலே காட்மிய சல்பேட் கரைசலும் இருக்கின்றன. மறுபக்கத்தில் அடியில் காட்மிய ரசக் கலவை உள்ளது. இஃது எதிர் மின் முனையாகச் செயற்படுகிறது. இதற்கு மேலே காட்மிய சல்ஃபேட் படிகங்களும், காட்மிய சல்பேட் கரைசலும் இருக்கின்றன. இம் மின் கலம் $20°C$ வெப்ப நிலையில் இருக்கையில் இதன் மின்னியக்குவிசை $1{\cdot}0183$ வோல்ட்டுகள் ஆகும். வெப்பநிலையுடன் மாறுகின்ற இதன் மின்னியக்கு



படம் : 226

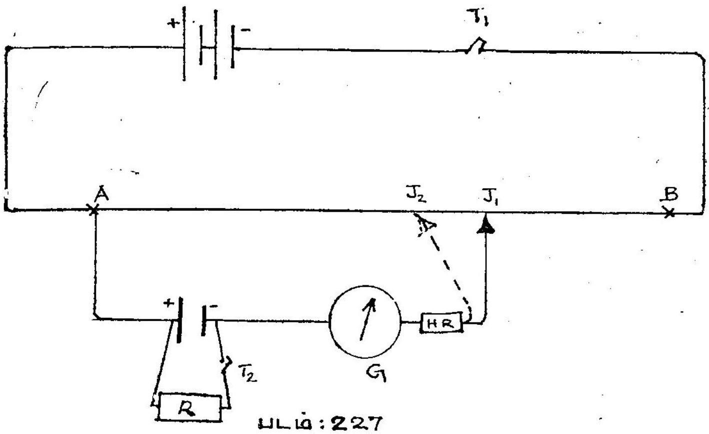
விசையினை $E = 1{\cdot}0183 - \left[4{\cdot}60 \times 10^{-5}\ (t-20)\right]$ என்ற சமன்பாட்டைக் கொண்டு குறிப்பிடுகிறோம். இங்கு E என்பது t என்ற வெப்ப நிலையில் அம் மின் கலத்தின் மி.இ.வி-ஐக் குறிக்கும்.

மின்னழுத்தமானியைக் கொண்டு ஒரு மின் கலத்தின் அகமின் தடை காணல் :

AB-என்ற மின்னழுத்தமானிக் கம்பியின் முனைகள், தட்டு சாவி (Tap key) ஒன்றின் (T_1) வழியே மின்கல அடுக்குடன் இணைக்கப்படுகின்றன. A-என்ற முனை மின்கல அடுக்கின் நேர் முனையுடனும் B-என்ற முனை எதிர்முனையுடனும் சேர்க்கப்பட்டிருக் கின்றன. துணைச்சுற்றில் அகமின்தடை காணவேண்டிய மின் கலத்தின் நேர்முனை A-யுடனும், எதிர்முனை ஒரு கால்வனோ மீட்டர் உயர்மின் தடை ஆகியவற்றின் வழியே தொடுசாவி (Jockey) யுடனும் இணைக்கப்படுகின்றன. மின் கலத்திற்கு இணையாக ஒரு மின் தடைப் பெட்டி (R) இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அச் சுற்றில் ஒரு தட்டு சாவி (T_2) யும் உண்டு.

T_1-என்ற தொடு சாவியை அழுத்தி முதன்மைச் சுற்றில் மின் னோட்டத்தைப் பாய்ச்சிய பின்பு தொடு சாவியை A மற்றும் B என்ற முனைகளில் தொட்டு இணைப்புகளைச் சரிபார்க்கவேண்டும். T_2 திறந்த நிலையில் இருக்கையில் உயர்மின்தடை கால்வனோ மீட்டர்ச் சுற்றில் இருக்கத் தோராய சமநிலைப் புள்ளியைக் காண

வேண்டும். பின்பு உயர்மின் தடையை நீக்கிவிட்டுத் துல்லியமான சமநிலைப்புள்ளி J_1-ஐக் கண்டறியவேண்டும். $AJ_1 = l_0$ என்ருல், $E = l_0 e$ ஆகும். இங்கு e-என்பது ஒரு சென்டிமீட்டரில் காணப்படும் மின்னழுத்த இழப்பு ஆகும். R-என்ற மின் தடைப் பெட்டியில் R-என்ற மின் தடையை ஏற்படுத்தி T_2 என்ற தட்டு



படம் : 227

சாவியை அழுத்திக்கொண்டு மீண்டும் சமநிலைப் புள்ளியைக் காணவேண்டும். இச்சம நிலைப்புள்ளி J_2 என்றும் $AJ_2 = l_1$ என்றும் கொள்வோம். B-என்பது மின்கலத்தின் அகமின் தடை என்ருல் R-என்ற மின்தடையின் முனைகளுக்கிடையே காணப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு $= \dfrac{ER}{R+B}$ வோல்ட் ஆகும். இதனை l_1 செ.மீ. நீளக் கம்பி சமநிலைப்படுத்துகிறது. எனவே,

$$\frac{ER}{R+B} = l_1 \ e$$

$$\frac{E}{\frac{ER}{R+B}} = \frac{l_0 \ e}{l_1 \ e}$$

$$= \frac{l_0}{l_1}$$

$$\frac{R+B}{R} = \frac{l_0}{l_1}$$

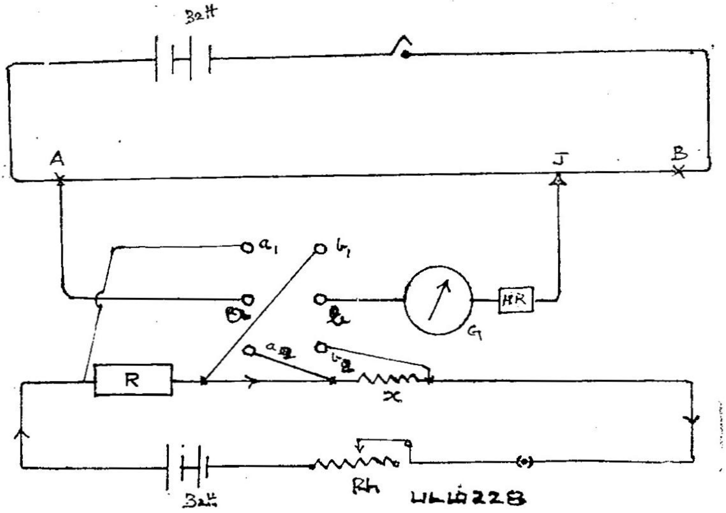
$$\frac{B}{R} = \frac{l_0}{l_1} - 1$$

$$B = R \left(\frac{l_0 - l_1}{l_1} \right)$$

R-ன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்குச் சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து ஒவ்வொரு முறையும் B-ன் மதிப்பினை அறியலாம். ஒரு மின்கலத்தின் அகமின் தடை என்பது மாறாத ஒன்று அன்று. மின்கலத்தின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும்போது அதன் மதிப்பு குறையும்.

மின் தடையைக் கண்டறிதல் :

மின்னழுத்த மானியின் கம்பி AB, அதன் A-என்ற முனை நேர் முனையாகவும், B எதிர் முனையாகவும் இருக்கும்படி ஒரு மின்கல அடுக்குடன் தட்டுசாவி வழியே இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு மின்கல அடுக்கு, தடைமாற்றி, தட்டுசாவி, தடைப் பெட்டி R,



படம் 228

கண்டறிய வேண்டிய மின்தடை x ஆகியவை வேறொரு தொடர்ச் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. தடைமாற்றியின் குறிப்பிட்ட நிலையில் R மற்றும் x ஆகிய மின்தடைகளின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் சமமாகும். அப்போது R-என்ற மின்தடையின் முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன்,

x-ன் முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஒப்பிடலாம்.

இதற்காக ஆறுமுனைச் சாவி என்ற இருவழிச் சாவியொன்று உபயோகிக்கப்படுகிறது. நடுவில் உள்ள திருகுமுனைகள் a-யும் b-யும் முறையே நேர்மின் முனை A-யுடனும், கால்வனோ மீட்டர் உயர் மின்தடை ஆகியவற்றின் வழியே தொடுசாவியுடனும் இணைக்கப்படுகின்றன. R, x-என்ற மின்தடைகளில் மின்னோட்டம் நுழையும் முனைகளை நேர்முனைகள் என்றும், வெளியேறும் முனைகளை எதிர் முனைகள் என்றும் கூறுவர். R மற்றும் x-ன் நேர் முனைகள் a_1, a_2 என்ற திருகு முனைகளுடனும், எதிர் முனைகள் b_1, b_2 என்ற திருகு முனைகளுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

a_1 என்ற முனை a-யுடனும், b_1-என்ற முனை b-யுடனும் ஆடித் தொடுகோலால் இணைக்கப்பட்டால் R-என்ற மின்தடையின் முனைகளுக்கிடையே உள்ள மி. வே. கால்வனோ மீட்டர்ச் சுற்றில் வரும். அது போலவே a_2 மற்றும் b_2 ஆகியவற்றை a மற்றும் b-யுடன் இணைக்க x-ன் முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மி வே. கால்வனோ மீட்டர்ச் சுற்றில் வரும்.

R-ல் 5 அல்லது 10 ஓம் மின்தடையை ஏற்படுத்தி, இணைப்புகளைச் சரிபார்த்த பிறகு R-ன் முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைச் சமநிலைப்படுத்தும் நீளம் l_1-ஐக் காணவேண்டும். மின்னோட்டம் C-என்றால் R-ன் முனைகளுக்கிடையே நிலவும் மி.வே. $= RC$ ஆகும். இது l_1-என்ற நீளத்தில் சமநிலைப் படுத்தப்படுவதால்,

$$RC = l_1 \, e \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

இவ்வாறே x என்ற மின்தடையைக் கால்வனோ மீட்டர்ச் சுற்றில் கொண்டுவந்து அதன் முனைகளுக்கு இடையே நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாடாகிய xc-ஐச் சமநிலைப்படுத்தும் நீளம் l_2-ஐக் காணவேண்டும்.

$$xc = l_2 \, e \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2) ஆகியவற்றிலிருந்து,

$$\frac{x}{R} = \frac{l_2}{l_1}$$

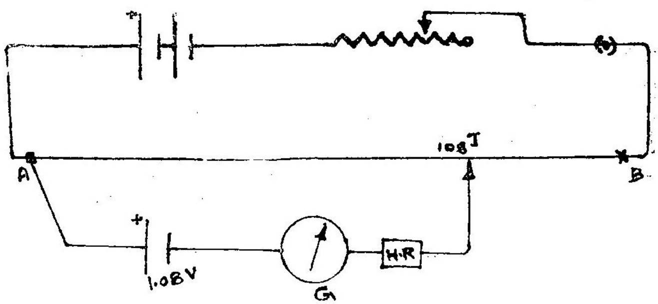
$$\therefore \; x = \frac{R \, l_2}{l_1}$$

இவ்வாறு கண்ட x-ன் மதிப்பு தோராயமதிப்பே ஆகும். துல்லியமான மதிப்புக்கு x-ம் R-ம் ஏறக்குறையச் சமமாக இருக்க வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக மேற்கூறியவாறு கண்ட x-ன் தோராய மின்தடை 5·8 ஓம் என்போம். இப்போது R-ன் மதிப்பினை 5·8-க்கு அடுத்த முழு எண் ஆகிய 6-ஓம் மின் தடையாகச் செய்து, மீண்டும் சோதனையை நடத்தவேண்டும். இப்போது பெற்ற x-ன் மதிப்புமுற்றிலும் சரியானது ஆகும். R-ன் மதிப்பினை அப்படியே வைத்துக்கொண்டு, துணைச்சுற்றிலுள்ள மின்தடை மாற்றியை வெவ்வேறு நிலைகளில் வைத்து, அச் சுற்றில் வெவ்வேறு மின்னோட்டங்களை ஓடச்செய்து மீண்டும் மீண்டும் x-ன் மதிப்பினைக் கணக்கிடலாம்.

வோல்ட் மீட்டரை அளவீடு செய்தல் (Calibration of Volt meter):

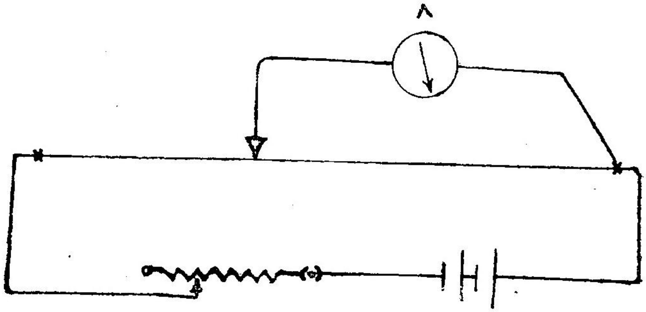
வோல்ட் மீட்டரை அளவீடு செய்வதற்கு மின்னழுத்த மானியின் கம்பியில் ஒரு சென்டி மீட்டருக்குக் குறிப்பிட்ட மின்ன ழுத்த வீழ்ச்சி (known fall of potential) ஏற்படுமாறு செய்து கொள்ள வேண்டும்.

முதன்மைச் சுற்றில் AB என்ற மின்னழுத்த மானி கம்பியுடன் மின்கல அடுக்கு, தட்டுசாவி, மின்தடைமாற்றி ஆகியவை தொடர்ச்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. துணைச்சுற்றிலுள்ள டேனியல் மின்கலத்தின் நேர்முனை A-யுடனும், எதிர்முனை கால்வனோ மீட்டர், உயர் மின்தடை ஆகியவற்றின் வழியே தொடு சாவியுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. தொடு சாவியை A, B என்ற முனைகளில் அழுத்தி இணைப்புகளைச் சரிபார்த்த பின்பு சோதனையைத் தொடங்க வேண்டும்.



படம் : 229a

மின்னழுத்த மானிக் கம்பியில், செ.மீ.-க்கு ·01 வோல்ட் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி ஏற்படச் செய்ய வேண்டுமென்று வைத்துக் கொள்வோம். இதற்குப் புதிதாகத் தயாரிக்கப்பட்ட டேனியல் மின்கலம் ஒன்று வேண்டும். தொடு சாவியை *A*-யிலிருந்து சரியாக



படம் 228b

108-ஆவது சென்டிமீட்டரில் அழுத்திக்கொண்டு முதன்மைச் சுற்றில் உள்ள மின்தடை மாற்றியைச் சீர் செய்து கால்வனோ மீட்டரில் குறிமுள் சுழியளவு காட்டுமாறு செய்யவேண்டும். இப்போது டேனியல் மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையும் மின்னழுத்த மானி கம்பியில் 108 செ.மீ. நீளத்தில் வீழ்ச்சியுற்ற மின்னழுத்த வேறுபாடும் சமமாகும்.

108 செ.மீ. வீழ்ச்சியுற்ற மி. வே $=$ 1·08 வோல்ட்

1 செ.மீ. ,, ,, $= \frac{1 \cdot 08}{108}$

$=$ ·01 வோல்ட்.

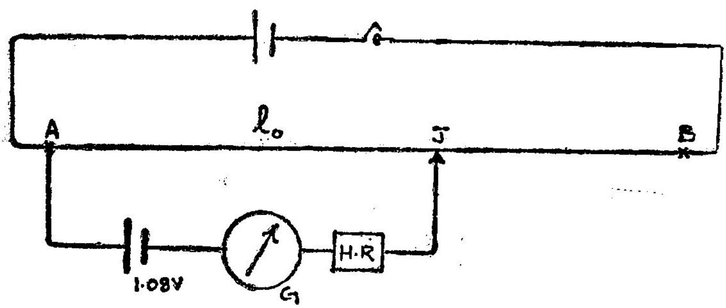
டேனியல் மின்கலம், கால்வனோ மீட்டர், உயர் மின்தடை ஆகியவற்றைக் கொண்ட துணைச்சுற்றினை முற்றிலும் நீக்கிவிட்டு அளவீடு செய்யவேண்டிய வோல்ட் மீட்டரின் நேர்முனையை *A*-யுடனும், எதிர்முனையைத் தொடுசாவியுடனும் இணைக்க வேண்டும். முதன்மைச் சுற்றில் எந்தவித மாற்றமும் செய்யக் கூடாது என்பதை நினைவில் வைத்துக்கொள்ளவேண்டும். தொடுசாவியை மின்னழுத்த மானியின் கம்பியின்மீது நகர்த்திச் சென்று வோல்ட் மீட்டரில் குறிமுள் ஒரு பிரிவு காட்டுமாறு செய்ய வேண்டும். இப்போது *A*-யிலிருந்து தொடுசாவியின் தூரம் l_1 என்றால் வோல்ட் மீட்டரில் ஒரு பிரிவுக்கு உரிய மின்னழுத்தம்

$l_1 \times .01$ வோல்ட் ஆகும். இவ்வாறே குறிமுள் 2, 3, 4. ...... என்ற பிரிவுகளைக் காட்டும்போது A-யிலிருந்து தொடுசாவியின் தூரம் முறையே l_2, l_3, l_4 ..... என்றால் அவற்றிற்குரிய மின்னழுத்தங்கள் $l_2 \times \cdot 01$, $l_3 \times \cdot 01$, $l_4 \times \cdot 01$ .... வோல்ட்கள் ஆகும் என அறியலாம்.

பிரிவுகளின் எண்ணிக்கையை X அச்சிலும், அவற்றிற்குரிய மின்னழுத்தங்களை Y அச்சிலும் எடுத்துக்கொண்டு வரையப்படும் வரைபடத்திற்கு அளவீட்டு வரைபடம் (Calibration graph) என்று பெயர். இவ் வரைபடத்தைக்கொண்டு வோல்ட் மீட்டரின் எந்தப் பிரிவுக்கும் உரிய வோல்ட்டை அறியலாம்.

மின்னோட்டத்தை அளத்தலும் அம்மீட்டரை அளவீடு செய்தலும்:

AB என்ற மின்னழுத்த மானிக் கம்பியில் A என்ற முனை நேர் முனையாகவும், B எதிர்முனையாகவும் இருக்குமாறு, ஒரு மின்கல அடுக்குடன், தட்டுசாவு வழியே இணைக்கப்படுகின்றன. இது முதன்மைச் சுற்று ஆகும். துணைச்சுற்றிலுள்ள டேனியல் மின் கலத்தின் நேர்முனை A-யுடனும் எதிர்முனை, கால்வனோ மீட்டர், உயர்மின்தடை ஆகியவற்றின் வழியே தொடுசாவியுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. டேனியல் மின்கலத்தின் மி.இ. விசையாகிய 1·08 வோல்ட்டை சமநிலைப் படுத்தும் நீளத்தைக் கண்டறியவேண்டும். அது l_0 என்போம். முதலில் உயர்மின் தடையுடன் தோராயமாகவும், பின் அதை நீக்கிவிட்டுத் துல்லியமாகவும் நடுநிலைப் புள்ளியைக் காணவேண்டும்.



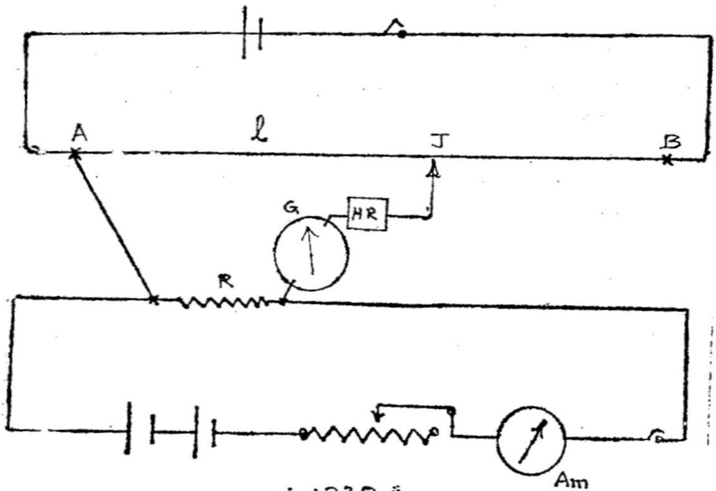
படம் 229·1.

l_0 செ. மீட்டரில் 1·08 வோல்ட் வீழ்ச்சியுறுகிறது.

$\therefore$ 1 செ. மீட்டரில் $\frac{1 \cdot 08}{l_0}$ வோல்ட் வீழ்ச்சியுறுகிறது.

இது சோதனையின் முற்பகுதியாகும்.

இன்னொரு சுற்றில், மின்கல அடுக்கு, தெரிந்த ஒரு மின்தடை (R), அளவீடு செய்ய வேண்டிய அம்மீட்டர், மின்தடை மாற்றி, தட்டுசாவி ஆகியவற்றைத் தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கவேண்டும். மின்தடை R-ன் நேர்முனையை மின்னழுத்த மானியின் A முனையுடனும், எதிர்முனையைக் கால்வனோ மீட்டர், உயர்மின்தடை



படம் : 229-ா

வழியே தொடுசாவியுடனும் இணைக்க வேண்டும். தடைமாற்றியைச் சீர் செய்து அம்மீட்டர் குறிமுள் ஒரு பிரிவு காட்டுமாறு செய்ய வேண்டும். அப்போதுள்ள மின்னோட்டம் C என்றால் R-ன் முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு RC ஆகும். இம் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைச் சமநிலைப் படுத்தும் நீளத்தைக் கண்டறியவேண்டும். அந் நீளம் l என்றால்,

$$RC = \frac{l \times 1{\cdot}08}{l_0} \text{ ஆகும்.}$$

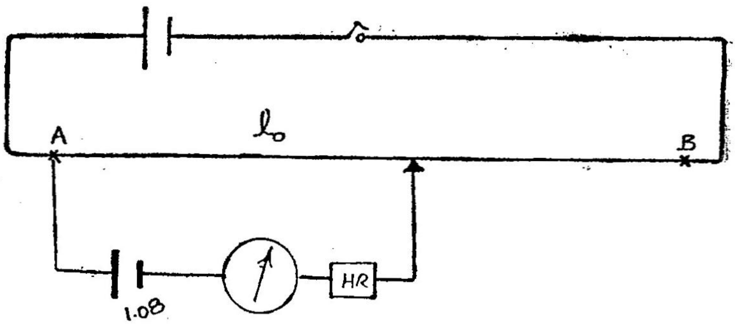
$$\therefore C = \frac{l(1{\cdot}08)}{R\, l_0} \text{ ஆம்பியர் ஆகும்.}$$

அம்மீட்டர் குறிமுள் 2, 3, 4..................என்ற பிரிவுகளைக் காட்டுமாறு தடைமாற்றியைச் சீர் செய்து ஒவ்வொரு முறையும் மின்னழுத்த மானிக்கம்பியில் சமநிலைப்படுத்தும் நீளங்களைக் கண்டறியவேண்டும். அவற்றிலிருந்து, அம்மீட்டரில் குறிமுள் காட்டும் பிரிவுகளுக்கு உரிய மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிட வேண்டும். அம்மீட்டர்ப் பிரிவுகளை x அச்சிலும், அவற்றிற்குரிய

மின்னோட்டங்களை y அச்சிலும் எடுத்துக்கொண்டு வரையப்படும் வரைபடம் **அம்மீட்டர் அளவீட்டு வரைபடம்** (ammeter calibration curve) எனப்படும். இதிலிருந்து அம்மீட்டரின் எந்தப் பிரிவுக்கும் உரிய மின்னோட்ட அளவினைப் பெறலாம்.

டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டரின் சுருக்க எண் காணல் (Reduction factor of T. G.)

இச் சோதனையின் செய்முறை முற்றிலும் அம்மீட்டர் அளவீட்டுச் செய்முறையைப் போன்றதே. டேனியல் மின்கலத்தை இணைத்து l_0 கண்டுபிடித்த பின்பு, தெரிந்த மின்தடை R, திசை மாற்றியுடன் கூடிய டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டர், மின்தடை மாற்றி, தட்டுசாவி, மின்கல அடுக்கு ஆகியவற்றை ஒரு தொடர்ச் சுற்றில் இணைக்கவேண்டும். R-ன் நேர்முனையை A-யுடனும், எதிர்



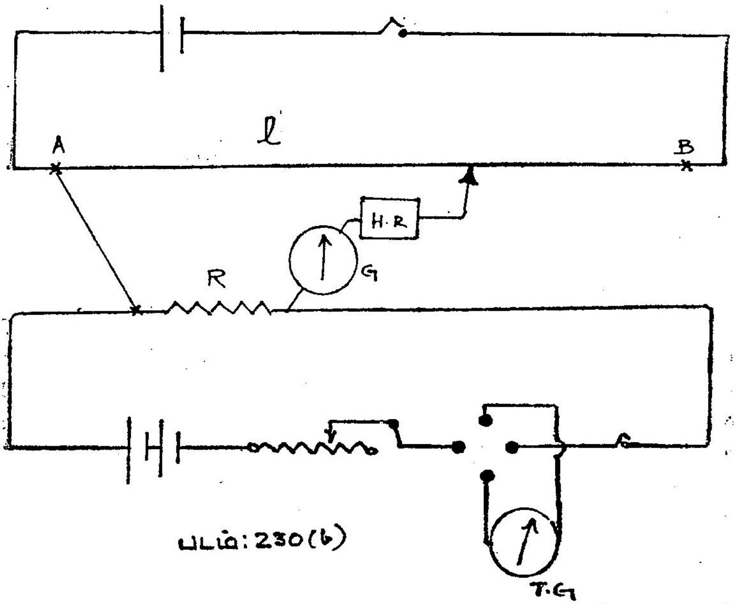
படம்: 230.(அ)

முனையைக் கால்வனோ மீட்டர் உயர் மின் தடை வழியே தொடுசாவியுடனும் இணைக்கவேண்டும். டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டரின் சுருள் பூமியின் காந்தத் தளத்தில் அமையுமாறும், அதன் அலுமினியக் குறிமுள் 0 - 0 காட்டுமாறும் சீர்செய்ய வேண்டும். டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டருக்கு அருகில் நாம் பயன்படுத்தும் மையச்சுழி கால்வனோ மீட்டர் இருக்காதவாறு பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். இல்லையெனில் அதிலுள்ள புலக்காந்தம் டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டரின் திருப்பங்களில் தவறு உண்டாக்கி விடும்.

தடை மாற்றியைச் சீர் செய்து டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டரின் குறிமுள் $\theta°$ திருப்பமுறுமாறு செய்யவேண்டும். அப்போது மின்னழுத்தமானியில் சமநிலைப் புள்ளியைக் கண்டுபிடித்து A-யிலிருந்து சமநிலைப் புள்ளிக்கு உள்ள தூரத்தை l அளவிட வேண்டும். மின்னோட்டம் C-என்றால்,

$$RC = \frac{l \times 1.08}{l_0}$$

ஆனல் டான்ஜன்ட் கால்வனே மீட்டரில் $C = k \tan \theta$ ஆகும். இங்கு k என்பது அதன் சுருக்க எண் (reduction factor) ஆகும்.



படம்: 230(b)

எனவே $R.\ k \tan \theta = \dfrac{l \times 1.08}{l_0}$

$$\therefore k = \frac{l \times 1.08}{R \tan \theta .\ l_0}$$

தடைமாற்றியின் வெவ்வேறு நிலைகளுக்குச் சோதனையை மீண்டும் மீண்டும் செய்து, டான்ஜன்ட் கால்வனே மீட்டரின் $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \ldots\ldots$ என்ற பல திருப்பங்களுக்குரிய சமநிலைப்படுத்தும் தூரங்களாகிய $l_1, l_2, l_3 \ldots\ldots$ ஆகியவற்றைக் காணலாம். $\dfrac{l}{\tan \theta}$ = ஒரு மாறிலியாக இருப்பதை அறியலாம். அவ்வாறு கண்ட $\dfrac{l}{\tan \theta}$-ன் சராசரி மதிப்பினை மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் பதிலீடு செய்து k-ன் மதிப்பினைப் பெறலாம்.

6. மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவுகள்

ஜூல் விதி :

ஒரு கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது நடைபெறும் குறிப்பிட்ட அளவுடைய வேலை, வெப்ப உருவில் வெளிப்படுகிறது. E-என்ற மின்னழுத்த வேறுபாட்டின்கீழ் C-என்ற மின்னோட்டம் t வினாடிகளுக்குப் பாய்ந்தால் நடைபெற்ற வேலையின் அளவு Ect ஆகும். மின்னழுத்த வேறுபாடு வோல்ட்டிலும், மின்னோட்டம் ஆம்பியரிலும், காலம் வினாடிகளிலும் கூறப்பட்டால் செய்யப்பட்ட வேலை $W = Ect$ ஜூல்கள் ஆகும். வெப்ப எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று (Mechanical equivalent of heat) J-என்றால் $W = JH = Ect$. எனவே, $H = \frac{Ect}{J}$ ஆகும். ஆனால் ஓம் விதிப்படி $E = Rc$ ஆகும். எனவே,

$$H = \frac{Rc^2t}{J} \text{ கலோரிகள்.}$$

மின் சூடு ஆக்கல் பற்றிய ஜூல் விதிகள் :

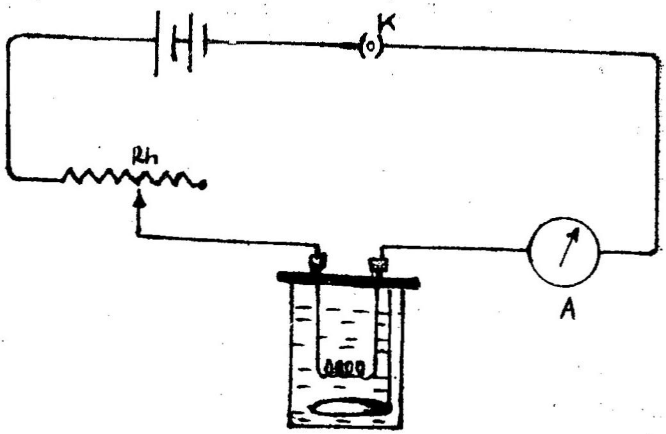
ஒரு மின்னோட்டத்தால் கடத்தியில் உண்டாகும் வெப்பம் (1) அம் மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கும், (2) கடத்தியின் தடைக்கும் (3) மின்னோட்டம் பாய்கின்ற காலத்திற்கும் (வினாடிகளில்) நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

அஃதாவது $H \propto C^2 Rt$

$$H = \frac{C^2 Rt}{J} \text{ அல்லது } \frac{C^2 Rt}{H} = J = \text{மாறிலி.}$$

ஜூல் விதியைச் சரிபார்த்தல் :

ஒரு ஜூல் கலோரி மீட்டர், மின்கல அடுக்கு (B), தடை மாற்றி (Rh), செருகு சாவி (k) அம்மீட்டர் (A) ஆகியவற்றுடன் தொடர்ச்சுற்றில் இணைக்கப் பட்டிருக்கிறது. நன்கு பளபளப்பாக்கப்பட்ட வெளிப்புறத்தைக் கொண்ட உருளை வடிவச் செப்புக் குவளைக்குக் கலோரி மீட்டர் என்று பெயர். இஃது ஒரு மரப் பெட்டியினுள் வெப்பங் கடத்தா தாங்கிகளின் மீது வைக்கப் பட்டுள்ளது. பெட்டிக்கும் கலோரி மீட்டருக்கும் இடையிலுள்ள



படம் 230c

இடைவெளி பஞ்சு அல்லது கம்பளம் போன்ற அரிதிற் கடத்திப் பொருள்களால் நிரப்பப்பட்டு வெப்ப இழப்பினைப் பெருமளவு குறைக்கின்றன. கலோரி மீட்டரின் மரமூடியில் பொருத்தப்பட்ட திருகு முனைகளுக்கு இடையில் ஒரு மின்தடைச் சுருள் (இது சூடுண்டாக்கும் சுருள் எனப்படும்) இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மூடியில் இரு துவாரங்களிருக்கின்றன. ஒன்றின் வழியே ஒரு நுட்பமான வெப்பநிலை மானியும், மற்றதன் வழியே ஒரு கலக்கி (Stirrer)-யும் செல்கின்றன.

வெற்றுக் கலோரி மீட்டர் மற்றும் கலக்கியின் எடை w_1 கிராம் என்போம். சூடாக்கும் சுருள் நன்கு மூழ்கும் அளவிற்குக் கலோரி மீட்டரில் நீர் எடுத்துக்கொண்டு, பின்பு கலோரி மீட்டர், நீர் ஆகியவற்றின் எடையைக் காணவேண்டும். இது w_2 கிராம் என்போம். கலோரி மீட்டரை மரப்பெட்டியினுள் வைத்துச் சூடாக்கும் சுருளை நீரில் அமிழ்த்திவைத்துச் சுற்றில் மின்னோட்டத்

தைப் பாய்ச்ச வேண்டும். தடை மாற்றியைச் சீர் செய்து அம் மீட்டரில் C ஆம்பியர் கிடைக்குமாறு செய்துகொள்ள வேண்டும். பின் மின்னேட்டத்தை நிறுத்திவிட்டு, நீரை கலக்கியால் நன்கு கலக்கிவிட்டுப் பின்பு ஆரம்ப வெப்ப நிலையாகிய $\theta_1°C$-ஐக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். பின்பு ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தை வைத்துக்கொண்டு, மின்சுற்றின் செருகு சாவியைச் செருகும் அதே நேரத்தில் கடிகாரத்தையும் ஓடவிடவேண்டும். அடிக்கடி கலோரி மீட்டரில் உள்ள நீரை கலக்கிக்கொண்டே வெப்ப நிலையைக் கவனித்துக்கொண்டுவரவேண்டும். வெப்பநிலை 4 அல்லது 5 டிகிரி உயர்ந்தவுடன், மின்னேட்டம் பாய்ச்சுவதை நிறுத்துகின்ற அதே நேரத்தில் கடிகாரத்தையும் நிறுத்திவிட வேண்டும். நீரை நன்கு கலக்கி இறுதி வெப்பநிலை θ_2-ஐ அறிய வேண்டும். கடிகாரத்திலிருந்து, மின்னேட்டம் பாய்ச்சப்பட்ட கால அளவினை t வினாடிகள் எனக் குறித்துக்கொள்கிறோம். சூடாக்கும் சுருள் அறையின் வெப்பநிலைக்கு மீண்டவுடன், ஓ. பி. பெட்டி அல்லது மீட்டர் இணைப்பின் உதவியால் அதன் மின் தடையாகிய R-ன் மதிப்பு பெறப்படவேண்டும்.

கலோரி மீட்டரின் சமநீர் எடை $= w_1 s$ கிராம். இங்கு s-என்பது கலோரி மீட்டரின் சுய வெப்பமாகும். எடுத்துக் கொண்ட நீரின் நிறை $w_2 - w_1$ கிராம். அவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வு $= \theta_2 - \theta_1$ எனவே கலோரி மீட்டரும் அதிலுள்ள நீரும் அடைந்த வெப்பத்தின் அளவு $= (w_1 s + w_2 - w_1)(\theta_2 - \theta_1)$. இது மின் தடைக்கம்பி வழியே மின்னேட்டம் பாயும்போது நடைபெற்ற வேலையின் காரணமாக அது வெளியிடும் $\frac{Rc^2 t}{J}$ என்ற வெப்பத்திற்குச் சமமாகும்.

$$\therefore \quad \frac{Rc^2 t}{J} = (w_1 s + w_2 - w_1)(\theta_2 - \theta_1)$$

$$\therefore \quad J = \frac{Rc^2 t}{(w_1 s + w_2 - w_1)(\theta_2 - \theta_1)} = 4.18$$

ஆகும்.

மின்னேட்டத்தையும் அது பாய்ச்சப்படும் கால அளவினையும், சூடாக்கும் சுருளின் மின்தடையையும் மாற்றி மீண்டும் சோதனையை நடத்திமறுபடியும் $\frac{Rc^2 t}{(w_1 s + w_2 - w_1)(\theta_2 - \theta_1)}$-ன் மதிப்பினைக் காண அதுவும் 4.18 என்ற மதிப்பினைத் தருவதை அறியலாம். இது ஜூல் விதியை மெய்ப்பிக்கிறது.

வெப்ப-எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்றாகிய J-யினைக் காணல் :

ஒரு ஜூல் கலோரி மீட்டர், மின்கல அடுக்கு, மின் தடை மாற்றி, செருகு சாவி, அம்மீட்டர் ஆகியவை தொடர் இணைப்பில் அமைந்திருக்கின்றன. ஜூல் சுருளின் முனைகளுக்கு இடையில் ஒரு வோல்ட் மீட்டர் இணைச்சுற்றில் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மேலே கூறிய சோதனையில் செய்தது போலவே சூடாக்கும் சுருள் வெளிவிடும் வெப்பத்தின் அளவினைக் $(w_1s+w_2-w_1)\ (\theta_2-\theta_1)$ கணக்கிடவேண்டும். வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் அளவு E என்றும், அம்மீட்டர் காட்டும் அளவு C-என்றும், காலம் t வினாடிகள் என்றும் கொண்டால்,

$$(w_1s+w_2-w_1)\ (\theta_2-\theta_1) = \frac{Ect}{J} \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore J = \frac{Ect}{(w_1s+w_2-w_1)\ (\theta_2-\theta_1)} \text{ ஜூல்/கலோரி.}$$

திரவத்தின் சுயவெப்பம் காணல் :—

கலோரி மீட்டரில் நீருக்குப்பதிலாகக் கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தை எடுத்துக் கொண்டு மேற் கூறிய சோதனையைச் செய்து, $J = 4.18$ ஆகக்கொண்டு திரவத்தின் சுய வெப்பம் x-ஐக் கணக்கிடலாம்.

$$\left[w_1s + (w_2-w_1)\,x \right] (\theta_2-\theta_1) = \frac{Ect}{J}$$

$$x = \frac{Ect}{J\,(w_2-w_1)\ (\theta_2-\theta_1)} - \frac{w_1 s}{w_2-w_1}$$

மின்திறன் (Electric Power)

திறன் என்பது வேலை செய்யப்படும் வீதமாகும். ஒரு மின் சுற்றின் திறன் என்பது அச் சுற்றில் மின்னாற்றல் செலவழியும் வீதமாகும். E என்ற மின்னழுத்த வேறுபாட்டின்கீழ் C என்ற மின்னோட்டம் t வினாடிகள் பாய்ந்தால் நடைபெறும் வேலை $=Ect$ ஜூல்கள் என அறிவோம்.

$$\text{வேலை செய்யப்படும் வீதம்} = \frac{\text{செய்யப்படும் வேலையின் அளவு}}{\text{அதற்கான காலம்}}$$

$$\text{மின் திறன்} = \frac{Ect}{t}$$

$$= Ec \text{ ஜூல்/வினாடி}$$

ஒரு விநாடிக்கு ஒரு ஜூல் வீதம் வேலை நடைபெற்றால் அச் சுற்றின் மின்திறன் ஒரு "வாட்" (watt) ஆகும். ஆனால் இது மிக மிகச் சிறிய அலகு ஆதலால் இதன் மேல் அளவுகளாகிய கிலோவாட், மற்றும் மெகாவாட் போன்ற அலகுகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. இவை நடைமுறை அலகுகள் எனப்படும். வாணிகத் துறையில் பயன்படும் அலகு 'யூனிட்' என்பது ஆகும். இது விநாடிக்கு ஒரு கிலோவாட் வீதம் ஒரு மணி நேரத்தில் செலவழிக்கப்படும் மின் ஆற்றலின் அளவினைக் குறிக்கும். இதனைக் கிலோ வாட் மணி (kilo-watt hour) என்று கூறுவர்.

ஒரு கிலோ வாட் மணி $= 1000 \times 60 \times 60$ ஜூல்கள்

$= 3{\cdot}6 \times 10^6$ ஜூல்கள்

இதனைப் பின்வருமாறு எளிதாக விளக்கலாம். ஒரு 1000 வாட்ஸ் மின் விளக்கு தொடர்ந்து எரிந்தால் செலவிடப்படும் மின் திறன் ஒரு யூனிட் ஆகும்

ஒரு குதிரைத் திறன் $= 746$ வாட்ஸ் ஆகும்.

நடைமுறைப் பயன்கள்

(1) வெண்சுடர் மின்விளக்கு :

உயர்ந்த உருகு நிலையும், அதிக மின்தடையும் கொண்ட, கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது அது வெண் சுடராகி ஒளியை உமிழும். முதலில் பிளாட்டின இழைகள் பொருத்தப்பட்ட மின் விளக்கை அறிமுகப்படுத்திய எடிசன் அதன் குறைந்த உருகுநிலை மற்றும் எளிதில் அறுந்து போகும் தன்மை ஆகியவற்றைக் கண்டு, பின் கார்பன் மின்னிழை விளக்கு களைச் செய்தார். ஆனால் அவ் விளக்குகளில் ஒரு மெழுகு வர்த்தித் திறன் உடைய ஒளிக்கு 4 வாட்ஸ் மின்சாரம் தேவைப்பட்டது. இது மிக மிக அதிகம். மேலும் கார்பன் ஆவியாகிக் கண்ணாடிக் குமிழின் உட்பக்கத்தைக் கருப்பாக்கிவிட்டது. இப்போதுள்ள மின் விளக்குகளில் டங்ஸ்டன் மின்னிழை உள்ளது. வெற்றிடமாக்கப் பட்ட. டங்ஸ்டன் இழை மின் விளக்குகளின் வினைத்திறன் ஒரு வர்த்தித் திறனுக்கு $1{\cdot}5$ வாட்ஸ் ஆகும் டங்ஸ்டன் குறைந்த தடை எண் (sp. resistance) உடையது ஆதலால் மிக மெல்லிய டங்ஸ்டன் இழைகளைப் பயன்படுத்தவேண்டும். அவற்றின் நீளமும் அதிகமாக இருக்கும். எனவே இழை சுருட்டப்பட்ட சுருள் வடிவத்தில் அமைக்கப்படுகிறது. மேலும் மின்விளக்குக் குமிழ் மந்த வாயுக்களால் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது. இதனால்

மின்னிழை ஆவியாவது தடுக்கப்படுவதுடன், வெப்பக்கடத்தலினால் குமிழ் சூடாவதும் இல்லை. இவை ஒரு மெழுவர்த்தித் திறனுக்கு 0·5 வாட்ஸ் என்ற வினைத்திறன் உடையவை.

கார்பன் வில் விளக்கு (Carbon arc lamp)

இதில் இரு கார்பன் தண்டுகள் இருக்கின்றன. அவற்றுக்கிடையே 35—110 வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடுள்ள தோற்றுவாய் ஒன்று இணைக்கப்படுகிறது. தொடக்கத்தில் கார்பன் தண்டுகளின் முனைகள் ஒன்றை ஒன்று தொடும்படி ஒன்று சேர்த்து உடனே பிரித்துவிட வேண்டும். அவை ஒன்றை ஒன்று தொடுகின்ற நேரத்தில் மிக அதிகமான ஒரு மின்னோட்டம் பாய்வதால் முனைகளில் உள்ள கார்பனை ஆவியாக்கி முனைகளுக்கு இடையே ஒரு கார்பன் ஆவி மண்டலத்தை உண்டாக்குகிறது. பின்னர்க் கார்பன் தண்டுகள் பிரிக்கப்பட்டபோதும் கார்பன் ஆவி மண்டலத்தின் வழியே பாய்ந்து செல்லும் மின்னோட்டம், ஒளிமிக்க மின்வில் ஒன்றைத் தோற்றுவிக்கிறது. ஒளியின் 85% நேர்முனையிலிருந்தும், 10% எதிர்முனையிலிருந்தும் 5% வில்லில் இருந்தும் வருகின்றன. இங்கு ஒருதிசை மின்னோட்டம் பாய்வதால் நேர்முனையில் உள்ள கார்பன் துகள்கள் பிய்த்துக்கொண்டு செல்கின்றன. இதனால் நேர்முனையில் ஒரு பள்ளம் தோன்றுகிறது. ஆனால் எதிர்முனையின் மீது தொடர்ந்து கார்பன் துகள்கள் விழுவதால் அது கூர்மையாக இருக்கும். வில்விளக்கு எரிய எரிய நேர்முனை குறைந்து கொண்டேபோகும். ஆதலால் நேர்முனை எதிர்முனையைவிடத் தடிப்பாகவும் நீளமாகவும் இருக்கும். அடிக்கடி சரிசெய்து முனைகளுக்கிடையே உள்ள தூரம் மாறுமல் செய்ய வேண்டும். அப்போதுதான் ஒளியின் செறிவு மாறுமல் இருக்கும்.

7. மின்னோட்டத்தின் இரசாயன விளைவுகள்

மின்னாற் பகுப்பு (Electrolysis)

படிகப் பொருள்களின் கரைசல் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்போது இரசாயன விளைவுகள் உண்டாகின்றன. இத்தகைய திரவக் கடத்திகள் மின்பகு பொருள்கள் அல்லது எலெக்ட்ரோலைட்டுகள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சி இரசாயன மாற்றம் நிகழ்த்தும் முறைக்கு மின்னாற் பகுத்தல் (electrolysis) என்று பெயர். மின்னாற் பகுத்தல் நடைபெறும் கலம் வோல்டா பதகலம் அல்லது வோல்டா மீட்டர் எனப்படும். பகுகலத்தில் மின்னோட்டம் நுழைகின்ற இடம் நேர்மின்வாய் அல்லது ஆனோடு (anode) என்றும், மின்னோட்டம் வெளியேறும் இடம் எதிர்மின்வாய் அல்லது கேதோட் (cathode) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

சோடியம் குளோரைடு அல்லது காப்பர் சல்ஃபேட் போன்ற படிகப் பொருள்களை நீரில் கரைக்கும்போது அப்பொருள்களின் மூலக்கூறுகள் உடைந்து. நேர் மின்னூட்டம் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டம் கொண்ட துகள்களாகப் பிரிகின்றன. இந் நிகழ்ச்சி சேர்மானச் சிதைவு (dissociation) எனப்படும். இவ்வாறு பிரிந்த துகள்கள் அயனிகள் (ions) எனப்படுகின்றன.

$$NaCl \rightleftharpoons Na^{+} + Cl^{-}$$

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{--}$$

மேலே ஒரு சோடியம் குளோரைடு மூலக்கூறு நேர் மின்னூட்டங் கொண்ட சோடியம் அயனி (Na^{+}) யாகவும், எதிர் மின்

னூட்டங் கொண்ட குளோரின் அயனி (Cl^-) யாகவும், சிதைவுறு வதைக் காணலாம். இவ்வாறே காப்பர்சல்ஃபேட் மூலக்கூறு ஒன்று இரு அலகு நேர் மின்னூட்டங் கொண்ட காப்பர் (Cu^{++}) அயனியாகவும், இரு அலகு எதிர் மின்னூட்டங் கொண்ட சல்ஃபேட் (So_4^{--}) அயனியாகவும் சிதைவுறுவதையும் காணலாம்.

பொதுவாக ஹைட்ரஜன், உலோக அணுக்கள் மற்றும் உலோகக் கூட்டணுக்கள் (radicals) ஆகியவை நேர் மின்னூட்டங் கொண்ட அயனிகளாகவும், மற்றப் பொருள்கள் எதிர் மின்னூட் டங்கொண்ட அயனிகளாகவும் பிரிகின்றன. நேர் மின்னூட்ட அயனிகள் எதிர் மின்வாயை நோக்கி நகர்வதால் இவை எதிர் **வாய்ப்படு அயனிகள்** (cations) என்றும், எதிர் மின்னூட்டங் கொண்ட அயனிகள் நேர் மின்வாயை நோக்கி நகர்வதால் **நேர் மின் வாய்ப்படு அயனிகள்** (anions) என்றும் அழைக்கப்படு கின்றன.

செப்புத் தண்டுகளை மின்வாய்களாகக் கொண்ட காப்பர் வோல்டா மீட்டரில் மின்னோட்டம் பாயும்போது, நேர் மின்னூட்ட முடைய காப்பர் அயனிகளும், எதிர் மின்னூட்டமுடைய சல்ஃபேட் அயனிகளும் உண்டாகின்றன. காப்பர் அயனிகள் எதிர் மின் வாயை நோக்கிச் சென்று அங்கு மின்னூட்டமற்ற நிலையை எய்துகின்றன. இவ்வாறு எதிர் மின்வாயை அடையும் காப்பர் அதன்மீது படிகிறது. நேர் மின்வாயை நோக்கிச் செல்லும் சல்ஃபேட் அயனி அங்குள்ள காப்பர்த் தண்டிலிருந்து தேவையான காப்பரைப் பெற்றுக் காப்பர் சல்ஃபேட் ஆக மாறுகிறது. மறுபடியும் சிதைவுற்றுக் காப்பர் அயனியாகவும், சல்ஃபேட் அயனியாகவும் மாறுகிறது. காப்பர் அயனி எதிர் மின்வாயை அடைந்து அதன் மீது படிய, சல்ஃபேட் அயனி மீண்டும் நேர்மின்வாயை அடைந்து அங்குள்ள காப்பர் அணுவுடன் சேர்ந்து மீண்டும் காப்பர் சல்ஃபேட் ஆகிறது. இம் மாற்றம் தொடர்ந்து நடைபெற்றுக்கொண்டே இருக்கிறது.

ஃபாரடே கூறிய மின்னாற் பகுப்பு விதிகள்

(Faraday's laws of electrolysis)

(i) ஒரு மின்னாற் பகுபொருளிலிருந்து விடுவிக்கப்பட்ட பொருளின் நிறை, அதன் வழியே செல்லும் மின்னூட்டத்தின் அளவிற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

(ii) ஒரே அளவுள்ள மின்னூட்டம் பல மின்னாற் பகு பொருள் களின் வழியே செல்வதினால் விடுவிக்கப்படும் வெவ்வேறு பொருள்

களின் நிறைகள் அவ்வப் பொருள்களின் இரசாயன சம எடைகளுக்கு (Chemical equivalent weights) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

Q என்ற அளவுடைய மின்னூட்டம் செல்லும்போது m-என்ற நிறையுடைய பொருள் விடுவிக்கப்பட்டால், முதல் விதியின்படி

$$m \propto Q \text{ ஆனால் } Q = ct$$

இங்கு c-என்பது மின்னோட்டத்தையும் t-என்பது அம் மின்னோட்டம் பாய்கின்ற காலத்தையும் குறிக்கின்றன.

ஆகவே $m \propto ct = ect$. இங்கு e என்பது ஒரு மாறிலி ஆகும். இதற்கு மின் இரசாயன எண் (Electro chemical equivalent) என்று பெயர். இதன் மதிப்பு பொருளின் இயல்பினைப் பொருத்து அமைவதால் இது பொருளுக்குப் பொருள் வேறுபடும்.

மேற் கூறிய சமன்பாட்டில் c = ஒரு ஆம்பியராகவும், t = ஒரு வினாடியாகவும் இருக்கையில் $m = e$ ஆகும் என அறியலாம். எனவே ஒரு மின்னாற் பகு பொருளின் வழியே ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஒரு வினாடி காலத்திற்குப் பாயும்போது (அல்லது ஒரு கூலூம் மின்னூட்டம் செல்லும்போது) விடுவிக்கப் படும் பொருளின் நிறை அப் பொருளின் மின் இரசாயன எண் எனப்படும். இதனைச் சுருக்கமாக *E. C. E.* (electro chemical equivalent) என்று கூறுவர்,

சில முக்கியப் பொருள்களின் மின் இரசாயன எண் பின் வருமாறு :—

(i)	வெள்ளி (Silver)	[*Ag*]	0.0011188 கி / கூலூம்
(ii)	காப்பர் (Copper)	[*Cu*]	0.000329 கி / கூலூம்
(iii)	ஹைட்ரஜன்	[*H*]	0.0000104 கி / கூலூம்
(iv)	ஆக்ஸிஜன்	[*O*]	0.0000829 கி / கூலூம்

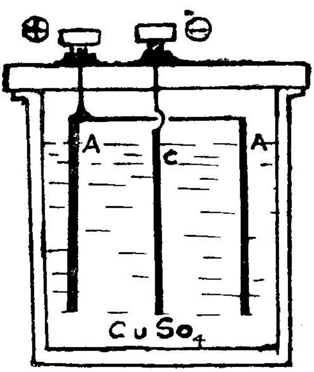
ஒரே அளவுடைய மின்னோட்டம் ஒரே கால அளவிற்குக் காப்பர் சல்ஃபேட் கரைசல், சில்வர் நைட்ரேட் கரைசல் ஆகியவற்றின் வழியே செல்வதாகக்கொள்வோம். இப்போது m_1 கிராம் சில்வரும் (வெள்ளி) m_2 கிராம் காப்பரும் (Copper) விடுவிக்கப் படுவதாகவும், சில்வரின் இரசாயன சம எடை E_1–என்றும் காப்பரின் இரசாயன சம எடை E_2-என்றும் கொள்வோம். ஃபாரடேயின் இரண்டாவது விதிப்படி,

$$\frac{m_1}{E_1} = \frac{m_2}{E_2} \text{ ஆகும்.}$$

மேலும் $m_1 = e_1 \ ct$, $m_2 = e_2 \ ct$ ஆகும். எனவே $\frac{e_1}{E_1} = \frac{e_2}{E_2}$ ஆகும். இங்கு e_1 மற்றும் e_2 என்பன முறையே சில்வர் மற்றும் காப்பர் ஆகியவற்றின் மின் இரசாயன எண்கள் ஆகும். இதிலிருந்து பொருள்களின் மின் இரசாயன எண் அவற்றின் இரசாயனச் சம எடைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும் என அறிகிறோம்.

காப்பர் வோல்டா மீட்டர் அல்லது செப்பு மின் பகுகலம் :

இதில் மூன்று செப்புத் தகடுகள் இருக்கின்றன. மையத்தில் உள்ள தகடு ஒரு திருகு முனையுடனும், மற்ற இரு தகடுகளும் பொதுவான ஒரு திருகு முனையுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. மையத்தில் உள்ள தகடு எதிர்மின் வாயாகவும் மற்ற இரு தகடு



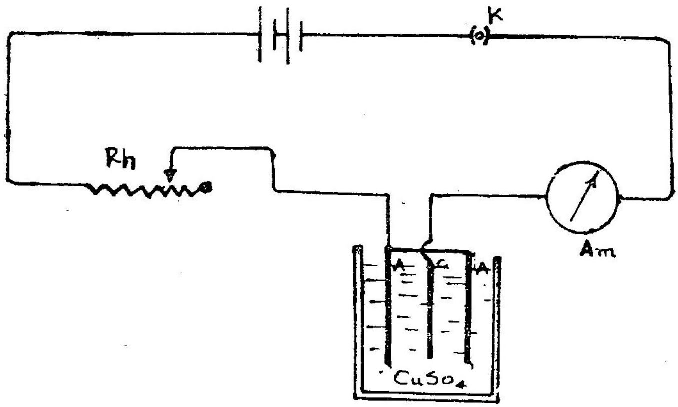
படம் I

களும் நேர்மின் வாயாகவும் செயற்படுகின்றன. மூன்று தகடுகளும் ஒரு கண்ணாடிக் கலத்திலுள்ள தெவிட்டிய காப்பர் சல்ஃபேட் கரைசலில் அமிழுமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

செம்பின் (காப்பர்) E. C. E. காணல் :

படத்தில் காட்டியவாறு ஒரு மின்கல அடுக்கு, மின்தடை மாற்றி, காப்பர் வோல்டா மீட்டர், அம்மீட்டர் மற்றும் செருகு சாவி ஆகியவை தொடர் அமைப்பில் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. மின்தடை மாற்றியைச் சீர் செய்து சுற்றில் ஓர் ஆம்பியர் அளவுக்கு மின்னோட்டம் பாயுமாறு செய்ய வேண்டும். மின்னோட்டத்தை

நிறுத்திவிட்டு எதிர்மின்வாய்த் தகட்டை (மையத் தகடு) எடுத்துக் கழுவி உப்புத்தாள்கொண்டு தேய்த்து சுத்தமாக்கி, உலர்த்திய பின்பு அதன் எடையை மில்லி கிராமிற்குச் சுத்தமாகக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். இது w_1 என்போம். பின்னர் எதிர் மின்வாய்த் தகட்டை அதன் இடத்தில் பொருத்திவிட்டு செருகு சாவியைச் செருகி மின்னோட்டத்தைப் பாயவிடுகின்ற அதே நேரத்தில் ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தையும் ஓடவிடவேண்டும். அம்மீட்டரின் குறிமுள் காட்டும் மின்னோட்ட அளவைச் சரியாகக்



படம் 11

குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். இது C-என்போம். இவ்வாறு தொடர்ந்து 25 அல்லது 30 நிமிடங்களுக்கு மின்னோட்டம் பாய்ந்த பின்பு எதிர்மின் வாய்த் தகட்டை எடுத்து, கைபடாமல் நீரில் கழுவி உலர்த்திய பின்பு மீண்டும் அதன் எடையை (w_2) மில்லிகிராமிற்குச் சுத்தமாகக் காணவேண்டும். மின்னோட்டம் பாய்ந்த காலம் t வினாடிகள் என்றும் $w_2 - w_1 =$ கிராம் என்றும் கொண்டால்,

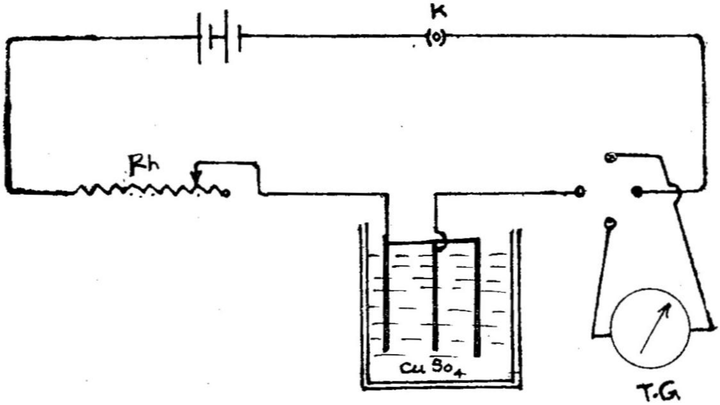
$$m = e\,c\,t$$

$$\therefore e = \frac{m}{c\,t} \text{ ஆகும்.}$$

(ii) காப்பர் வோல்டா மீட்டரைக் கொண்டு டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டரின் சுருக்க எண் (reduction factor) காணல் :—

படத்தில் காட்டியவாறு, மின்கல அடுக்கு மின்தடை மாற்றி, காப்பர் வோல்டா மீட்டர், செருகு சாவி, மற்றும் டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டர் ஆகியவை தொடர் அமைப்பில் இணைக்கப்பட்

டிருக்கின்றன. எப்போதும்போல டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டர் மின்திசை மாற்றி வழியே இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.



படம் : III

டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டரின் திருகுக் கால்களைச் சீர் செய்து அது கிடைமட்டத்தில் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். பின்னர் அதன் கம்பிச்சுருள் புவிகாந்தத் தளத்தின் போக்கில் அமையுமாறு திருப்பி வைக்கவேண்டும். வட்ட அளவுகோலைச் சுழற்றிக் குறிமுள் $O—O$ கோட்டில் நிற்குமாறு செய்ய வேண்டும். காப்பர் வோல்டா மீட்டரின் எதிர்மின்வாய் (மையத்தகடு) மின்கல அடுக்கின் எதிர் முனையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறதா என்று கவனித்த பின்பு மின்தடை மாற்றியைச் சீர் செய்து அலுமினியக் குறிமுள் 45° அளவில் திரும்புமாறு செய்யவேண்டும். மின்னோட்டத்தை நிறுத்திவிட்டு எதிர்மின்வாய்த் தகட்டை எடுத்து, நன்கு கழுவி, உப்புத்தாள் கொண்டு தேய்த்துச் சுத்தம் செய்து உலர்த்திய பின்பு, மில்லிகிராமிற்குச் சுத்தமாக அதன் எடையைக் (w_1) காணவேண்டும். பின்னர் எதிர்மின்வாயை அதன் இடத்தில் பொருத்திய பின்பு மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சுகின்ற அதே நேரத்தில் ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தையும் ஓடவிட வேண்டும். அலுமினியக் குறி முள்ளின் இரு முனைகள் காட்டும் திருப்பங்கள் θ_1, θ_2 ஆகியவற்றைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். மின்னோட்டம் பாய்ந்துகொண்டு இருக்கையில் இடையில் மின் திசை மாற்றியைப் பயன்படுத்திக் கால்வனோ மீட்டரில் மின்னோட்டத் திசையை மாற்றிக் குறிமுள் காட்டும் θ_3, θ_4 ஆகிய திருப்பங்களையும் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். மேற்கூறிய நான்கு திருப்பங்களின் சராசரி θ-என்போம். இவ்வாறு

30 நிமிடங்கள் மின்னோட்டம் பாய்ந்த பின்பு, கடிகாரத்தை நிறுத்திவிட்டு, எதிர்மின்வாய்த் தகட்டை எடுத்து கைப்படாமல் கழுவி, நன்கு உலர்த்திய பின்பு மில்லிகிராமிற்குச் சுத்தமாக அதன் எடையை (w_2) காண வேண்டும். $w_2 - w_1 = m$ கிராம் என்போம்.

$$m = ect \quad \text{ஆனால்} \quad c = k \tan\theta$$

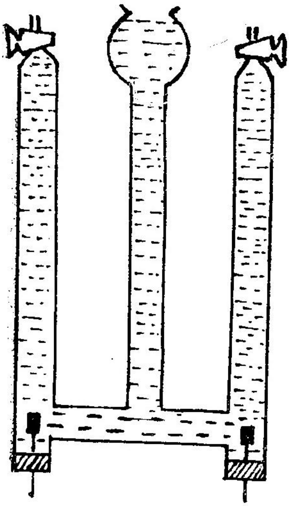
$$\therefore \; m = ek \tan\theta \cdot t$$

$$k = \frac{m}{e \tan\theta \cdot t}$$

இதில் k நீங்கலாக, m, e, θ, t ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் தெரியும். ஆதலால் k-ன் மதிப்பினைக் கணக்கிட்டு அறியலாம்.

நீர் மின்பகுகலன் (Water Voltameter)

இதைப் பயன்படுத்தி ஹைட்ரஜன் அல்லது ஆக்சிஜனின் மின் இரசாயன எண்ணைக் கண்டுபிடிக்கலாம். படத்தில் காட்டிய வாறு ஒரு நீர் மின் பகுகலன், மின்கல அடுக்கு, மின் தடை மாற்றி, அம்மீட்டர், செருகு சாவி ஆகியவற்றைத் தொடர் அமைப்பில் இணைக்கவேண்டும். பகுகலனைச் சிறிது கந்தக அமிலம் (சல்ஃபூரிக் அமிலம்) கலந்த நீரினால் நிரப்ப வேண்டும்.



படம்: IV

மின்தடை மாற்றியைச் சீர்செய்து ஏறக்குறைய 4 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயுமாறு செய்து கொள்ளவேண்டும். பகுகலனின் பக்கக் குழாய்கள் தலைகீழாக அமைந்த ப்யூரட் வடிவத்தில் இருக்கும். மையக்குழாய் வழியே நீரை ஊற்ற வேண்டும். ப்யூரட் வடிவக் குழாய்களில் உள்ள அடைப்பானைத் திறந்துவிட நீர் பக்கக் குழாய்களில் ஏறி அங்கிருக்கும் காற்றை முற்றிலுமாக வெளியேற்றும். ப்யூரட் வழியே நீர் வெளிவரத் தொடங்கிய பின்பு அடைப்பான்களை மூடிவிட்டு அவற்றில் வாயுக் கசிவு இல்லாதவாறு கிரீஸ் பூச வேண்டும்.

மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த, நீர், ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜன் அயனிகளாகப் பிரிக்கின்றன. நேர் மின்னூட்டங் கொண்ட ஹைட்ரஜன் எதிர்மின் வாயிலும், எதிர்மின்னூட்டங் கொண்ட ஆக்சிஜன் நேர்மின் வாயிலும் தோன்றுகின்றன. மின்னோட்டம் பாயத் தொடங்கும் அதே நேரத்தில் ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தையும் ஓடவிடவேண்டும். எதிர்மின் வாயுடைய ஒரு பக்கக் குழாயில் ஹைட்ரஜனும், நேர்மின் வாயுடைய மற்ற பக்கக் குழாயில் ஆக்சிஜனும் சேரும். இவ்வாறு 30 நிமிட அளவு அல்லது தகுந்தகால அளவு மின்னோட்டம் பாய்ச்சிய பின்பு கடிகாரத்தை நிறுத்திவிட்டு, ப்யூரட் குழாயில் சேர்ந்துள்ள ஹைட்ரஜன் வாயுவின் பருமனை அறையின் வெப்பநிலையிலும், அழுத்தத்திலும் கணக்கிடவேண்டும். இதற்கு ஹைட்ரஜன் வாயு நிரம்பியுள்ள பக்கக் குழாயின் நீர்மட்டமும், திறந்த நடுக் குழாயின் நீர்மட்டமும் சமமாக இருக்குமாறு செய்து ப்யூரட்டில் குறிக்கப்பட்டிருக்கும் அளவுகளைக்கொண்டு ஹைட்ரஜன் வாயுவின் பருமனை அறியலாம். இது V. c. c என்போம். அறையின் வெப்பநிலையில் $t°C$-ல் ஈர நீராவி அழுத்தம் p என்றால் சேகரிக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜனின் அழுத்தம் $(P-p)$ மி. மீ. பாதரசமாகும். இங்கு P என்பது பார்டின் பாரமானியில் எடுக்கப்பட்ட வெளிக் காற்று அழுத்தமாகும். இவ்வாயு $0°C$ வெப்ப நிலையிலும் இயல்பு அழுத்தத்திலும் இருக்கும்போது அதன் பருமன் V_0 என்றால்,

$$\frac{V_0 \times 760}{273} = \frac{(P-p)\,V}{273+t}$$

$$\therefore \quad V_0 = \frac{273}{(273+t)} \times \frac{(P-p)\,V}{760}$$

இயல்பான அழுத்தத்திலும், வெப்பநிலையிலும் (N. T. P.) ஹைட்ரஜன் வாயுவின் அடர்த்தி ρ_0 என்றால் சேகரிக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜன் வாயுவின் நிறை $m = V_0\,\rho_0$ ஆகும்.

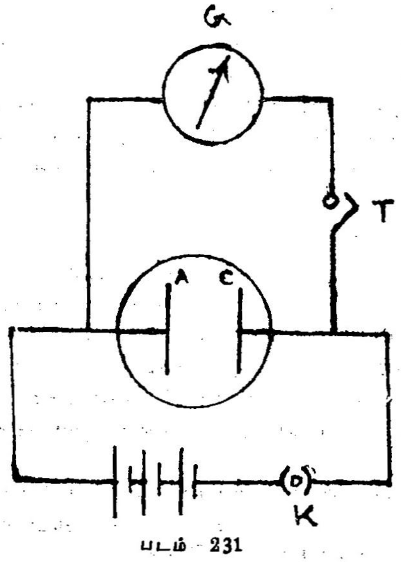
எனவே, $$V_0\,\rho_0 = ect$$

$$e = \frac{V_0\,\rho_0}{ct}$$

இவ்வாறு ஹைட்ரஜனின் மின் இரசாயன எண்ணின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

பின் மின்னியக்கு விசை (Back E. M. F.)

மின்வாய்களில் சேரும் அயனிகள் மின்வாயின் இயல்பினையே மாற்றும் ஆற்றல் உடையன. மின்வாய்களை அடையும் அயனிகள் அவ்வப்போது விடுவிக்கப்படாவிடில் எதிர் மின்வாயில் சேரும் நேர்மின் அயனிக் கூட்டத்திற்கும், நேர்மின் வாயில் சேரும் எதிர் மின் அயனிக் கூட்டத்திற்கும் இடையே ஒரு மின்னியக்கு விசை தோன்றுகிறது. இது மின்னாற்பகுப்பு செய்யும் வெளி மின்னியக்கு விசையின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் அமைகிறது. எனவே இது பின் மின்னியக்கு விசை (back E.M.F.) என்றழைக்கப்படுகிறது. நீர் மின் பகுகலன்களில் உண்டாகும் இந்தப் பின் மின் இயக்கு விசையின் அளவு ஏறக்குறைய 1·47 வோல்ட் இருக்கும். ஆகவே நீரை மின்னாற் பகுக்க வேண்டின் 1·47 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையைவிட அதிக மின்னியக்கு விசையுடைய மின்கல அடுக்கைப் பயன்படுத்த வேண்டும் என உணரலாம்.



படம் 231

காப்பர் வோல்டாமீட்டர் எனப்படும் செப்பு மின்பகுகலனில் மின்வாய்களாகச் செப்புத் தண்டுகள் பயன்படுத்தப்படும்போது பின் மின்னியக்கு விசை ஏற்படுவதில்லை. ஆனால் பிளாட்டின மின்வாய்களைப் பயன்படுத்தினால் 1·17 வோல்ட் அளவுள்ள பின் மின்னியக்கு விசை தோன்றுகிறது. செப்பு மின் வாய்களைப் பயன்படுத்தும்போது மின்வாய்களை அடையும் அயனிகள், அயனி

நிலையைத் துறந்துவிடுகின்றன. ஆனால் பிளாட்டின மின்வாயை அடையும் காப்பர் அயனிகளும். சல்பேட் அயனிகளும் அவை நீக்கப்படும்வரை அயனி நிலையிலேயே இருக்கின்றன என்பதி லிருந்து மேற்கூறிய மாறுதல்களுக்குரிய காரணத்தை அறியலாம்.

படத்தில் உள்ள ஒரு நீர் மின்பகுகலன் வழியே மின்னோட்டம் பாய்ச்சப்பட்டு மின்னாற்பகுப்பு நிகழ்கிறது. மின்வாய்களுக்கு இடையே ஒரு தட்டுசாவி வழியே கால்வனோ மீட்டர் ஒன்று இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

K என்ற செருகு சாவியை உபயோகித்து மின் பகுகலத்தின் வழியே 10 நிமிட நேரம் மின்னோட்டம் பாய்ச்சிய பின்பு செருகு சாவியை எடுத்துவிட்டு, கால்வனோ மீட்டரில் உள்ள தட்டுசாவி T-ஐ அழுத்தினால் கால்வனோ மீட்டர்க் குறிமுள் A-யிலிருந்து C-க்கு மின்னோட்டம் பாய்வதைக் காட்டும், தொடர்ந்து தட்டுசாவியை அழுத்தும்போது கால்வனோ மீட்டர்க் குறிமுள் காட்டிய திருப்பம் குறைந்துகொண்டே வருவதை அறியலாம். இதிலிருந்து, மின் வாய்களில் தங்கிய அயனிகள் கால்வனோ மீட்டர் வழியே மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தி அயனி நிலையிலிருந்து விடுபடுவதை அறியலாம். கால்வனோ மீட்டர் காட்டும் திருப்பம் அப்போதைய பின் மின்னியக்கு விசையின் அளவைக் குறிக்கும்.

அயனிகளின் மின்னூட்டம்

மின்னாற்பகுப்பின் இரண்டாம் விதிப்படி எந்தப்பொரு ளுக்கும் அதன் இரசாயன சம எடை அளவுள்ள பொருளை விடுவிப்பதற்குத் தேவைப்படும் மின்னூட்டத்தின் அளவு ஒன்றே என அறியலாம். இதன்படி 107·88 கிராம் சில்வர் (வெள்ளி) அல்லது 35·46 கிராம் குளோரின் இவற்றை விடு விக்கத் தேவைப்படும் மின்னூட்டத்தின் அளவுகள் சமமாகும்.

0·0011188 கிராம் வெள்ளியை விடுவிடுக்க 1 கூலூம் மின்னூட்டம் தேவைப்படுகிறது என அறிவோம். எனவே 107·88 கிராம் வெள்ளியை விடுவிக்க,

$\frac{107 \cdot 88}{\cdot 0011183}$ கூலூம் மின்னூட்டம் தேவைப்படும். இது

96550 கூலூம் ஆகும். ஆகவே 96550 கூலூம் மின்னூட் டத்தை ஒரு மின்னாற் பகுபொருளின் வழியே செலுத்தி அதன், கிராம் இரசாயன சம எடை அளவுள்ள பொருளை விடுவிக்க லாம்.

ஒற்றைக் கூடுதிறன் (monovalent) கொண்ட தனிமத்தின் கிராம் அணு எடை அதன் கிராம் இரசாயன சமஎடைக்குச் சமம். இரட்டைக் கூடுதிறன் (divalent) கொண்ட தனிமத்தின் கிராம் அணு எடை அதன் கிராம் இரசாயன சம எடையைப் போல் இரு மடங்கு இருக்கும். எனவே இரட்டைக் கூடுதிறன் கொண்ட கிராம் அணு எடுத்துச் செல்லும் மின்னூட்டம், ஒற்றைக் கூடுதிறன் உடைய கிராம் அணு எடுத்துச் செல்லும் மின்னூட்டத்தின் இருமடங்கு ஆகும். ஆனால், எந்தத் தனிமத்தின் கிராம் அணுவிலும் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை சமமாகும் என அறிவோம். எனவே, மின்னாற்பகுப்பில் இரட்டைக் கூடுதிறன் கொண்ட அயனி கடத்தும் மின்னூட்டம் ஒற்றைக் கூடுதிறன் கொண்ட அயனி கடத்தும் மின்னூட்டத்தின் இரு மடங்காகும். இவ்வாறே முக்கூடுதிறன் பெற்ற அயனி ஒற்றைக் கூடுதிறன் அயனியைப்போல் மூன்று மடங்கு மின்னூட்டத்தைக் கடத்தும் என உணரலாம். ரேடிகல்ஸ் என அழைக்கப்படும் கூட்டு அணுக்களுக்கும் இவ்வுண்மை பொருந்தும். இரட்டைக் கூடுதிறன் கொண்ட சல்ஃபேட் கூட்டணு, ஒற்றைக் கூடுதிறன் கொண்ட நைட்ரேட் கூட்டணுவைப்போல் இரு மடங்கு மின்னூட்டத்தைக் கடத்தும்.

ஆரீனியஸ் கூறிய மின்னாற் பகுப்புக் கொள்கை

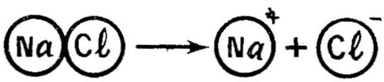
(Arrhenius Theory of electrolysis)

கரைக்கப்படும்போது இயல்புக்குப் புறம்பான சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தையும் (abnormal osmotic pressure) உறைநிலைப் புள்ளியில் இறக்கத்தையும் தருகின்ற ஒரு பொருள் மின்சாரத்தைக் கடத்தும். இதனை ஆரீனியஸ் மின்னாற்பகு பொருளின் சேர்க்கைச் சிதைவு (electrolytic dissociation) என்ற கொள்கையின் மூலம் விளக்கினார்.

அவர் கூறிய கொள்கையின்படி ஒரு மின்னாற் பகுபொருள் நீரில் கரைக்கப்பட்டால் அது நேர் மின்னூட்டம் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டங் கொண்ட அயனிகளாகப் பிரிகின்றன. இதனால் கரைசலில் உள்ள துகள்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்க இஃது இயல்புக்குப் புறம்பான சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்குக் காரணமாகிறது. மின்வாய்களுக்கு இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு செயற்படும்போது நேர் மின்னூட்டங் கொண்ட அயனிகள் எதிர் மின் வாயை நோக்கிச் செல்வதால் எதிர்மின்வாய்ப்படு அயனிகள் அல்லது கேட்டயான் (cation) எனப்படுகின்றன. இதுபோன்றே எதிர் மின்னூட்டங்கொண்ட அயனிகள் நேர் மின்வாயை

நோக்கிச் செல்வதால் அவை நேர் மின்வாய்ப்படு அயனிகள் அல்லது ஆனயான் (anion) எனப்படுகின்றன.

எதிர் மின்வாய்ப்படு அயனி எதிர்மின்வாயை அடைந்தவுடன் அதன் மின்னூட்டம் அகற்றப்பட்டு அது நடுநிலைமை பெறுகிறது. ஆகவே அங்கு அயனி அணுவாக மாறிவிடுகிறது. அவ்வாறே நேர் மின்வாய்ப்படு அயனி நேர் மின்வாயை அடைந்தவுடன் மின்னூட்டத்தை இழந்து அணுவாகிறது; அல்லது அணுக்களின் கூட்டமாகிறது. மின்பகு பொருளின் கரைசல் எப்போதும் மின் நடுநிலையில் இருப்பதால் சேர்க்கைச் சிதைவினால் சம எண்ணிக்கையுடைய நேர் மின்னூட்ட அயனிகளும் எதிர் மின்னூட்ட அயனிகளும் உண்டாகும் என்பது ஆரீணியஸ் கூற்றாகும். சோடியம் குளோரைடு பிரியும் போது,



ஒரு நேர்மின் அயனியும் ஓர் எதிர்மின் அயனியும் தோன்றுவதை இச் சமன்பாடு காட்டுகிறது.

மின்னாற் பகுபொருளின் கடத்து திறன் (Conductivity of electrolytes)

ஒரு மின்னாற்பகு பொருளின் **மின்தடை எண்** (specific resistance) என்பது ஒரு சதுர செ.மீ. குறுக்குப் பரப்பும் ஒரு செ.மீ. நீளமும் உடைய மின்னாற்பகு பொருள் தருகின்ற மின்தடை அப் பொருளின் மின் தடை எண் (specific resistanee) ஆகும். இந்த எண்ணின் தலைப்பு மாற்று பின்னம் (reciprocal) அப் பொருளின் கடத்துத் திறன் (specific conductivity) எனப்படும். இது பொதுவாக k என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடப்படுகிறது. ஒரு பொருளின் மின்தடை எண் s என்றால் $\frac{1}{s}$ என்பது அப் பொருளின் கடத்து திறன் ஆகும். இது மோ / செ.மீ.^{3} என்ற அலகால் குறிக்கப்படும்.

மின்பகுபொருளின் கடத்து திறன் கரைசலின் அடர்த்தியைப்பொருத்து மாறுகிறது. எனவே மின்பகுபொருளின் கடத்து திறனை ஒப்பிட இரசாயன சம எடை கடத்து திறன் (equivalent conductivity) என்ற ஒரு சொல் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு கரைசலின் கடத்து திறனை, ஒரு கிராம் இரசாயன சம எடை (gram equivalent) அளவுடைய பகுபொருளைக் கொண்டிருக்கும் அக் கரைசலின் கன செண்டி மீட்டரில் கூறப்பட்ட பருமனால் பெருக்கினால் அப் பொருளின் இரசாயன சம எடை கடத்து திறன்

கிடைக்கும். இது பொதுவாக Λ என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படு கிறது. ஒரு கரைசலின் v க.செ.மீட்டரில் ஒரு கிராம் இரசாயன சமஎடைப் பொருள் கரைந்திருப்பதாகவும் அக் கரைசலின் கடத்து திறன் k என்றும் கொண்டால்,

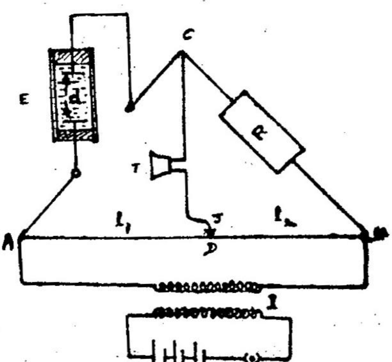
$$\Lambda = kv \text{ ஆகும்.}$$

ஒரு மின்னாற் பகுபொருளின் கடத்து திறன் காணல்

கோல்ராஷ் (Kohlransch bridge) இணைப்பு என்ற ஓர் அமைப்பு மின்னாற் பகுபொருளின் கடத்து திறன் காணப் பயன் படுத்தப்படுகிறது. இஃது அமைப்பிலும், இயங்கும் முறையிலும் மீட்டர் இணைப்பை ஒத்ததே ஆகும். ஒரு மின்னாற் பகுபொருளின் வழியே தொடர்ந்த ஒருதிசை மின்னோட்டம் பாயும்போது

படம் 232

பின் மின்னியக்கு விசை என்ற ஒன்று தோன்றுவதை அறிவோம். எனவே இங்கு ஒரு திசை மின்னோட்டம் தருகின்ற லெக்லான்சி மின் கலத்திற்குப் பதிலாக மாறுதிசை மின்னோட்டம் தருகின்ற



படம் 233

ஒரு தோற்றுவாய் பயன்படுத்தப்படுகிறது. அதே போன்று மையச் சுழி கால்வனோ மீட்டருக்குப் பதிலாக ஒரு தொலை பேசி ஏற்பி (Telephone receiver) இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. நீண்ட

கண்ணாடிக் குழாயின் இரு முனைகளிலும் திரவக் கசிவு இல்லாத வாறு பொருத்தப்பட்டிருக்கும் அடைப்பான்கள் வழியே இரு தடித்த செப்புக் கம்பிகள் செல்கின்றன. செப்புக் கம்பிகளின் உள் முனைகளில் 'a' சதுர செ.மீ. பரப்புடைய வட்டமான செப்புத் தகடுகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. இவை மின் வாய்களாகச் செயற்படுகின்றன. குழாயில் கடத்துதிறன் காணவேண்டிய கரைசல் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது. இவ்வமைப்பு மின்னாற் பகுபொருள் அறை (elctrolytic cell) அல்லது கடத்து திறன் அறை (conductivity cell) எனப்படும்.

இங்கு E என்ற கடத்து திறன் அறை முதல் புயத்திலும் R என்ற மின்தடைப் பெட்டி இரண்டாவது புயத்திலும் இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. AB என்ற சீரான கம்பியின் AD என்ற பகுதி ஒரு புயமாகவும், DB என்ற பகுதி மற்றொரு புயமாகவும் செயற் படுகின்றன. I என்ற தூண்டு சுருளின், துணைச்சுருளிலிருந்து இணைப்புக்குத் தேவையான மாறுதிசை மின்னழுத்தம் தரப்படு கிறது. தொலைபேசி ஏற்பியின் ஒருமுனை C என்ற சந்திப்புடனும் மறுமுனை தொடு சாவி J யுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

கடத்து திறன் அறையிலுள்ள செப்புத் தகடுகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம் d செ.மீ இருக்கும்படி செய்து பின் தொடு சாவியை AB என்ற முனையிலிருந்து தொடங்கி நகர்த்திக் கொண்டே சென்றால், தொலைபேசி ஏற்பியில் கேட்கும் "குர்" என்ற ஒலி ஓரிடத்தில் மிகக் குறைவாக ஒலிக்கும். அந்த இடம் தான் இங்கு நடுநிலைப் புள்ளியாகும். இது D என்போம். மின்னாற் பகுபொருள் தரும் மின்தடை X_1 என்றால்,

$$\frac{X_1}{R} = \frac{AD}{BD} = \frac{l_1}{l_2}$$

$$\therefore \quad X_1 = \frac{Rl_1}{l_2}$$

இவ்வாறு தோராயமாக மின்னாற் பகுபொருளின் மின்தடை யைக் கண்டுபிடித்த பின்பு R என்ற மின்தடைப் பெட்டியில் X_1-க்கு ஏறக்குறைய சமமான மின்தடையை ஏற்படுத்தி மீண்டும் நடுநிலைப் புள்ளியைக் காணவேண்டும். அதிலிருந்து மின்னாற் பகு பொருளின் கரைசலில் d நீளமும் a குறுக்குப் பரப்பும் கொண்ட திரவ உருளை (liquid cylinder) யின் மின்தடையைப் பெறலாம். இது X என்றால்,

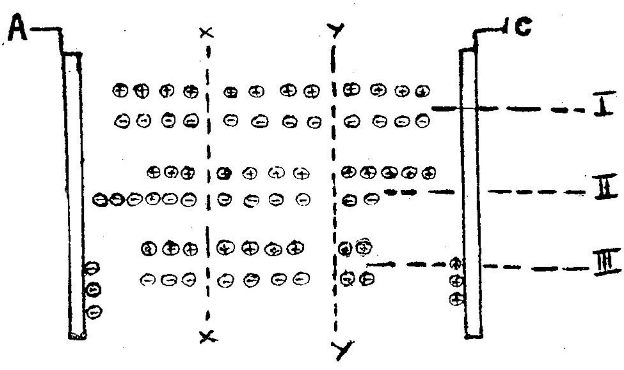
$X = \frac{sa}{d}$ இதிலிருந்து s என்ற மின்தடை எண்ணின் மதிப்பினை அறியலாம்.

$k = \frac{1}{s}$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி k என்னும் மின்கடத்து திறனின் மதிப்பினைக் கணக்கிடலாம்.

இடம்பெயர் விகிதம் அல்லது இடம்பெயர் எண்ணிக்கை (Transport ratio or Tansport number)

மின்னாற் பகுப்பின்போது அயனிகள் வெவ்வேறு வேகங்களுடன் எதிர் எதிர்த் திசைகளில் நகர்வதால், மின்வாய்களைச் சுற்றியுள்ள இடத்தில் செறிவு மாற்றம் உண்டாகிறது. அயனிகளின் இயக்கத்தைப் பின்வரும் படம் விளக்குகிறது,

கரைசல் xx, yy என்ற இரு கற்பனைத் தளங்களினால் மூன்று பகுதிகளாக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். படத்தில் முதல் வரிசை, கரைசலில் மின்புலம் செயற்படுவதற்கு முன்பு அயனிகள் பரவி இருக்கும் நிலையைக் காட்டுகிறது. நேர்வாய்ப்படு அயனிகள் — குறியினாலும், எதிர்வாய்ப்படு அயனிகள் + குறியினாலும் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன. நேர்வாய்ப்படு அயனிகள், எதிர் வாய்ப்படு அயனிகளை விட இருமடங்கு வேகமுடையவை என்று



படம் 234

கொள்வோம். ஆகவே மின்புலம் செயற்படும்போது கற்பனைத் தடுப்புச் சுவரை ஒரு எதிர்வாய்ப்படு அயனி கடந்து செல்லும் அதே நேரத்தில் இரு நேர்வாய்ப்படு அயனிகள் அச்சுவரை எதிர்த் திசையில் கடந்தும் செல்லும். இதனால் அயனிகளின்

பங்கீட்டில் (distribution) படத்தில் காட்டியவாறு மாற்றம் நிகழ்கிறது. இம் மாற்றத்தை இரண்டாம் வரிசை காட்டுகிறது. எதிர் மின்வாயில் மூன்று நேர்மின்னூட்ட அயனிகள் (எதிர்மின் வாய்ப்படு அயனிகள்) தங்கள் மின்னூட்டத்தை இழந்து நடுநிலை அடைகின்றபோது, நேர் மின் வாயிலும் மூன்று எதிர் மின்னூட்ட அயனிகள் (நேர்மின் வாய்ப்படு அயனிகள்) தங்கள் மின்னூட்டத்தை இழந்து நடுநிலை பெறுகின்றன. இதனை மூன்றும் வரிசை காட்டுகிறது. இதனால் மின்வாய்களைச் சுற்றிக் கரைசல் செறிவில் மாற்றம் உண்டாகிறது. முதல் வரிசை ஒவ்வொரு அறையிலும் நான்கு மூலக்கூறுகள் இருப்பதைக் காட்டுகிறது. மின்புலம் செயற்பட, + அயனிகளைவிட இருமடங்கு வேகத்துடன் — அயனிகள் செல்வதால் இடப் பக்க அறையைவிட்டு வலப்பக்க அறைக்கு ஒரு + அயனி செல்கின்ற அதே நேரத்தில் இடப்பக்க அறையை விட்டு இரு அயனிகள் வலப் பக்க அறைக்கு வந்துவிடுகின்றன. நடு அறையில் அயனிகளின் எண்ணிக்கையில் மாறுதல் இல்லை. ஆனால் இடப்பக்க அறையில் மூன்று தனியான — அயனிகளும், வலப்பக்க அறையில் மூன்று தனியான + அயனிகளும் இருப்பதைக் காண்க. இந்த அயனிகள் மின்வாய்களை அடைந்து அங்கு நடுநிலை பெறுகின்றன. இதனை இரண்டாம் வரிசை காட்டுகிறது. இப்போது இடப்பக்க அறையில் அஃதாவது நேர்மின்வாய்க்கு அருகில் பிரிக்கப்படாத மூன்று மூலக்கூறுகளும், வலப்பக்க அறையில் அஃதாவது எதிர்மின்வாய்க்கு அருகில் பிரிக்கப்படாத இரண்டு மூலக்கூறுகளும் இருக்கின்றன. ஆகவே, மின்னாற்பகுப்பு நடைபெறும்போது நேர்மின் வாய்க்கு அருகில் ஒரு மூலக்கூறும், எதிர்மின்வாய்க்கு அருகில் இரு மூலக்கூறுகளும் இழக்கப்படுகின்றன. அஃதாவது இந் நிகழ்ச்சியில் எதிர்மின்வாய் இழப்பு, நேர்மின்வாய் இழப்பினைப்போல இருமடங்காகும்.

$$\frac{\text{நேர்மின்வாய் இழப்பு}}{\text{எதிர்மின்வாய் இழப்பு}} = \frac{1}{2} = \frac{\text{எதிர்வாய்ப்படு அயனிவேகம்}}{\text{நேர்வாய்ப்படு அயனி வேகம்}}$$

ஒரு மின்வாயைச் சுற்றியுள்ள கரைசலின் செறிவில் ஏற்படும் குறைவு அம் மின்வாயை விட்டு நீங்கும் அயனிகளின் வேகத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். எதிர்வாய்ப்படு அயனியின் வேகம் u என்றும் நேர்வாய்ப்படு அயனியின் வேகம் v என்றும் கொண்டால்,

$$\frac{\text{எதிர்மின்வாய் இழப்பு}}{\text{நேர்மின்வாய் இழப்பு}} = \frac{v}{u}$$

$$\frac{\text{எதிர் மின் வாய் இழப்பு}}{\text{இருவாய்களிலும் ஏற்படும் மொத்த இழப்பு}} = \frac{v}{u+v}$$

எதிர் மின்வாயின் இழப்பிற்கும், இருவாய்களிலும் ஏற்படும் மொத்த இழப்பிற்கும் உள்ள இவ்விகிதம் நேர்வாய்ப்படு அயனி யின் இடம்பெயர் விகிதம் (transport ratio) அல்லது இடம் பெயர் எண்ணிக்கை (transport number) என்று அழைக்கப்படும்.

நேர் வாய்ப்படு அயனியின் இடம் பெயர் விகிதம்,

$$= \frac{v}{u+v}$$

$$= \frac{\text{எதிர் மின்வாய் இழப்பு}}{\text{மொத்த இழப்பு}}$$

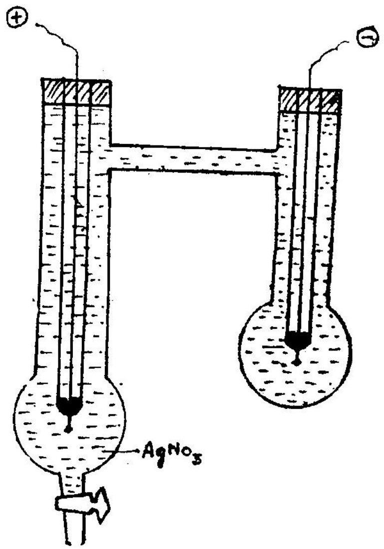
இவ்வாறே எதிர்வாய்ப்படு அயனியின் இடம் பெயர் விகிதம்

$$= \frac{u}{u+v}$$

$$= \frac{\text{நேர் மின்வாய் இழப்பு}}{\text{மொத்த இழப்பு}}$$

இடம் பெயர் விகிதத்தைக் கண்டறிதல் :

இதற்குப் பயன்படும் குழாய் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு அமைந்திருக்கிறது, இதன் மின் வாய்கள் பிளாட்டினத்தால் ஆனவை, எடுத்துக் காட்டாகச் சில்வர் நைட்ரேட் கரைசலை



படம் : 235

எடுத்துக்கொண்டு மின்னாற் பகுப்பு செய்தால், நாம் சில்வர் மற்றும் நைட்ரேட் அயனிகளின் இடம்பெயர் விகிதத்தைக் கணக்கிடலாம்.

தொடக்கத்தில் நேர்மின் வாய்க்கு அருகில் இருக்கும் கரைசலில் குறிப்பிட்ட அளவை எடுத்து இரசாயனப் பகுப்பாய்வின் மூலம் அதில் எவ்வளவு சில்வர் (வெள்ளி) இருக்கிறது எனக் கண்டறியவேண்டும். குறிப்பிட்ட காலத்திற்கு மின்னோட்டம் பாய்ச்சிய பின்பு மீண்டும் நேர்மின் வாய்க்கு அருகில் உள்ள கரைசலிலிருந்து முன்பு எடுத்த அதே அளவு கரைசலை எடுத்து இரசாயனப் பகுப்பாய்வின்மூலம் அதில் எவ்வளவு வெள்ளி இருக்கிறது என அறியலாம். மின்னாற் பகுப்பிற்கு முன்னும் பின்னும் நேர்மின் வாய்க்கு அருகில் உள்ள கரைசலில் வெள்ளியின் நிறை முறையே m_1 மற்றும் m_2 என்றால் நேர்மின் வாய் இழப்பு $= m_1 - m_2$ ஆகும். மின்னாற் பகுப்பு நடைபெற்ற நேரத்தில் எதிர்மின் வாயில் படிந்த வெள்ளியின் நிறையை $M = ect$ என்ற வாய்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடலாம். இது நேர்மின் வாய் மற்றும் எதிர் மின்வாய் ஆகியவற்றிற்கு அருகிலுள்ள கரைசலிலிருந்துதான் நேர் வந்திருக்க வேண்டும். எனவே, இஃது எதிர்மின்வாய் மற்றும் மின்வாய் ஆகிய இரண்டிலும் ஏற்பட்ட மொத்த இழப்பினைக் குறிக்கும்.

எதிர் வாய்ப்படு அயனியின் இடம் பெயர் விகிதம்

$$= \frac{u}{u+v}$$

$$= \frac{\text{நேர் மின்வாய் இழப்பு}}{\text{மொத்த இழப்பு}}$$

$$= \frac{m_1 - m_2}{M}$$

எடுத்துக் காட்டாக நேர்மின் வாய் இழப்பு 0.59 கிராம் என்றும், மொத்த இழப்பு 1.3–என்றும் கொண்டால்

எதிர் வாய்ப்படு அயனியின் இடம் பெயர் விகிதம்

$$= \frac{0.59}{1.3} = .454$$

நேர் வாய்ப்படு அயனியின் இடம் பெயர் விகிதம்

$$= 1 - \cdot 454 = \cdot 546 \text{ ஆகும்.}$$

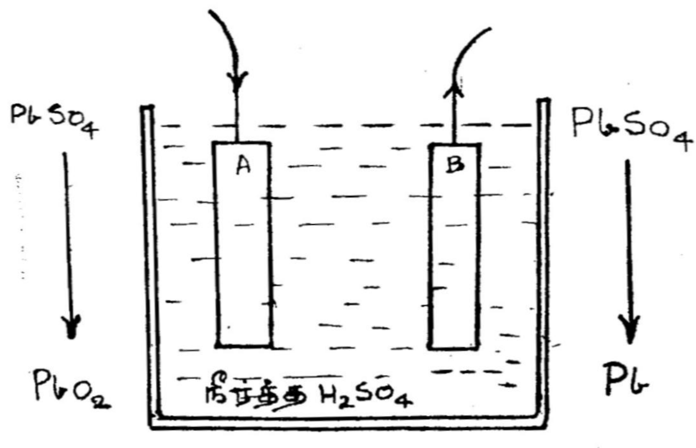
இதிலிருந்து நேர் வாய்ப்படு அயனியாகிய நைட்ரேட் அயனி. இங்கு நடைபெற்ற மின்னாற் பகுப்பில் மிகுதியான அளவு மின்னோட்டத்தைக் கடத்திச் செல்கிறது என்றும் அதன் வேகம் சில்வர் அயனியின் வேகத்தை விட அதிகம் என்றும் அறிகிறோம்.

'அக்கியூமலேட்டர்' அல்லது மின் சேமிப்பு கலம்:

இக்கலத்தின் மின் ஆற்றல் இரசாயன ஆற்றலின் வடிவில் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. மின் ஆற்றல் தேவைப்படும்போது அவ்விரசாயன ஆற்றல் மின் ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது

உறுதியான கண்ணாடிக் கலம் ஒன்றில் நீர்த்த கந்தக அமிலம் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. லெட் சல்பேட் ($Pbso_4$) பொதிக்கப் பட்ட இரு ஈயக்கம்பி வலைகள் (lead grids) அமிலத்தில் அமிழ்ந்த வாறு வைக்கப்பட்டுள்ளன. நேர்மின் கம்பி வலை (Positive plate) செவ்வீயம் என்ற Pb_3O_4 மற்றும் வீரிய கந்தக அமிலம் இவற்றின் பசையால் பொதிக்கப்பட அதனால் அதில் Pbs_{04} உண்டாகிறது. எதிர்மின் கம்பி வலையில் லித்தார்ஜ் எனப்படும் Pbo மற்றும் வீரிய கந்தக அமிலம் கலந்த பசை பொதிக்கப்படுவதால் அதில் $PbSo_4$ உண்டாகிறது.

மின் சேமிப்புக் கலத்தில் மின் சேமிப்பு செய்யும்போது நேர் மின் தகடு மற்றும் எதிர்மின் தகடு ஆகியவற்றிற்கு இடையே ஒரு மின்னியக்கு விசை செலுத்தப்படுகிறது. படத்தில் *A*-என்பது



படம் 236

நேர்மின் முனையையும் *B*-என்பது எதிர்மின் முனையையும் குறிக் கின்றன. வெளிமின்விசை *A*-யிலிருந்து *B*-க்குச் செயல்படு

கிறது. நேர்மின்னூட்டம்கொண்ட ஹைட்ரஜன் எதிர்மின் வாயை நோக்கிச் செல்கிறது. எதிர் மின்னூட்டங் கொண்ட So_4 நேர்மின் வாயை நோக்கிச் செல்கிறது. இதனால் *A*-என்ற நேர் மின் தகட்டில் உள்ள $PbSo_4$ ஆக்சிகரணம் செய்யப்பட்டுப் பின் வருமாறு Pbo_2-ஆக மாறுகிறது,

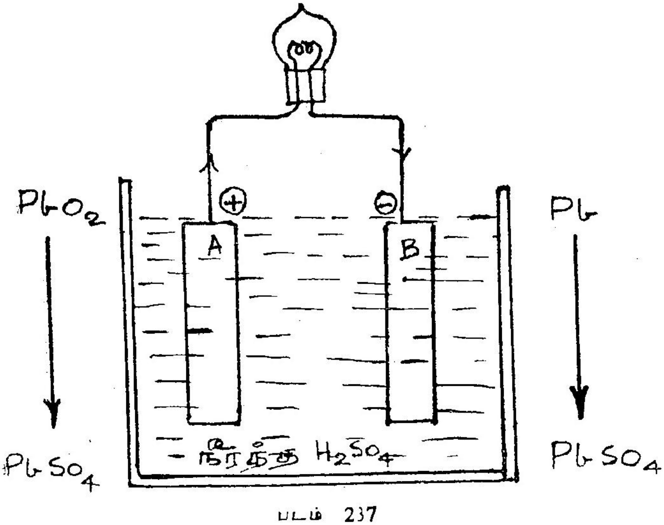
$$PbSo_4 + So_4 + 2H_2o \rightarrow Pbo_2 + 2H_2\ So_4$$

எதிர்மின்வாயை அடைந்த H_2 அங்குள்ள $Pb\ So_4$-ஐ Pb-ஆக. பின்வருமாறு மாற்றுகிறது.

$$Pb\ So_4 + H_2 \rightarrow Pb + H_2\ So_4$$

இவ்வாறு நடைபெறும் இரசாயன மாற்றங்களினால் மின் ஆற்றல் சேமிக்கப்படுகிறது. இம் மாற்றங்கள் கலத்தில் உள்ள கந்தக அமிலத்தின் மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கையை அதிகப் படுத்துவதை நோக்குக. ஆகவே இக்கலங்களில் மின் ஆற்றல் சேமிக்கப்படும்போது கந்தக அமிலத்தின் செறிவு அதிகமாகும் என உணரலாம்.

ஒரு வெளி மின் தடையைச் சேமிப்புக் கலத்தின் முனைகளுடன் இணைக்க, நேர்மின் முனையிலிருந்து, தடை வழியே எதிர் மின் முனைக்கு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இது மின்னிழப்பு (discharge)



படம் 237

எனப்படும். இப்போது இரசாயன மாற்றங்கள் எதிர்த் திசையில் நடைபெறுகின்றன.

நேர்த் தகட்டில் உள்ள Pbo_2-வை அங்குச் செல்லும் H_2, $PbSo_4$ ஆக மாற்றுகிறது, இம் மாற்றம் பின்வருமாறு.

$$Pbo_2 + H_2 \longrightarrow Pbo + H_2o$$

$$Pbo + H_2 So_4 \longrightarrow PbSo_4 + H_2o$$

எதிர்த் தகட்டை அடையும் So_4 அங்குள்ள Pb-ஐ $Pb\ So_4$-ஆக மாற்றுகிறது.

$$Pb + So_4 \longrightarrow PbSo_4$$

எனவே மின்னிழப்பு நடைபெறும்போது H_2O மூலக் கூறுகள் உண்டாகின்றன. இஃது அமிலத்தின் அடர்த்தியைக் குறைக்கிறது.

மின் சேமிப்புக் கலத்தை மீண்டும் மின் சேமிப்பு செய்த பின்பே, மின்னோட்டம் செலுத்தப் பயன்படுத்தலாம். ஒரு சேமிப்புக் கலம் செம்மையாக மின் சேமிப்பு செய்யப்படும்போது அமிலத்தின் ஒப்படர்த்தி 1.205-லிருந்து 1·215-க்குள் இருக்கும். மின்னிழப்பு நடைபெற்றவுடன் அவ்வடர்த்தி 1·17-க்கும் 1·19-க்கும் இடையில் இருக்கும். செம்மையாக மின் சேமிப்பு செய்யப்பட்ட கலத்தின் மின்னியக்கு விசை 2·1 வோல்ட்டுகள் ஆகும். இக் கலத்தின் அகமின் தடை மிகக் குறைவு ஆதலால் இதிலிருந்து மிக அதிக மின்னோட்டத்தைப் பெறலாம். கலத்தின் மின்னியக்கு விசை 1.85 வோல்ட்டாகக் குறையும்போது அல்லது அமிலத்தின் அடர்த்தி 1.18-ஆகக் குறைந்துவிடும்போது சேமிப்புக் கலம் மின்னிழம்பு அடைந்துவிட்டதாகக் கூறுகிறோம். இதற்கு மேலும் இதை மீண்டும் மின்சேமிப்பு செய்யாமல் பயன்படுத்தக் கூடாது. அவ்வாறு பயன்படுத்தினால் மின்கலத்தில் கரையாத $Pb\ So_4$ உண்டாகிக் கலம் பாழாகிவிடும். இச் சேமிப்புக்கலனின் முனைகளை ஒருபோதும் குறுக்கிணைப்பு (Short circuit) செய்யக்கூடாது. அவ்வாறு செய்யும்போது வெளிமின்தடை சுழியாவதால் அளவற்ற மின்னோட்டம் கலத்தின் வழியே பாய்ந்து கரையாத சல்பேட்டுகளை உண்டாக்குவதுடன் மின்கலத்தின் கம்பி வலைத் தகடுகளை நெளித்து ஒன்றை ஒன்று தொடச்செய்து விடுகின்றன.

ஒரு மின் சேமிப்புக் கலனின் செயல் திறம் என்பது அது மின்னிழப்பு செய்யப்படும்போது தருகின்ற வாட்-மணி (Wtat hour)-களுக்கும், அது மின் சேமிப்பு செய்யப்படும்போது செலவாகிற வாட் – மணிகளுக்கும் உள்ள விகிதமாகும்.

ஒரு சேமிப்பு மின்கலத்தின் தேக்குதிறன் ஆம்பியர் - மணிகளில் (ampere – hours) அளவிடப்படுகிறது. ஒரு மின் சேமிப்புக் கலத்தின் தேக்கு திறன் 20 ஆம்பியர் மணி யென்றால் அது வெளிச் சுற்றில் ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை 20 மணி நேரத்திற்குச் செலுத்தக் கூடிய தகுதி உடையது என்று பொருள். அதே மின் கலத்திலிருந்து 5 ஆம்பியர் வீதம் மின்னோட்டம் வெளிச் சுற்றுக்குத் தரப்பட்டால் அது 4 மணி நேரமே அம்மின்னோட்டத்தைத் தரும் தகுதி உடையது என ஊகிக்கலாம். ஒரு மின்சேமிப்புக் கலத்தின் மின்வாய்த் தகடுகளின் பரப்பளவைப் பொருத்து அதன் தேக்குதிறன் அமைகிறது. எனவே பல நேர் மின் தகடுகளைக் கொண்ட ஒரு நேர்மின் முனையும், அவற்றிற்கு இடை இடையே பல எதிர் மின் தகடுகளைக் கொண்ட ஒரு முனையும் வைக்கப்படும்போது நேர்மின் தகட்டின் மொத்த பரப்பும் எதிர்மின் தகட்டின் மொத்தப் பரப்பும் அதிகரிக்க, மின் சேமிப்புக் கலத்தின் தேக்கு திறனும் அதிகரிக்கும்.

எலெக்ட்ரான் இயல்

(ELECTRONICS)

1. எலெக்ட்ரான்

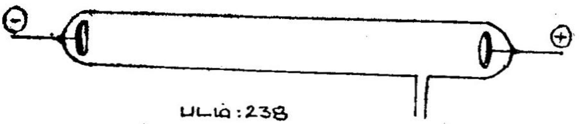
(Electron)

வாயுக்களின் வழியே மின்னிறக்கம் (Discharge of electricity through gases)

வளிமண்டல அழுத்தத்தில் உள்ள காற்று ஒரு மின்கடத்தாப் பொருள் என்பதை நாம் அறிவோம். எனவே மிக அதிக மின்னழுத்தம் ஏற்பட்டாலொழிய இரு மின் முனைகளுக்கிடையே மின்னிறக்கம் ஏற்பட இயலாது. அப்போதுங்கூடத் தடையைத் தகர்த்தெறியும் மின்னிறக்கமே உண்டாகும். இதற்குத் தேவையான மின்னழுத்தம் 30,000 வோல்ட்களுக்கு மேல் அதிகமாகும். அத்தகைய நிலையில் மின்முனைகளுக் கிடையிலுள்ள இடத்தில் மின்புலத்தின் செறிவு மிக அதிகமாவதால் அங்குள்ள காற்று மூலக் கூறுகள் அயனிகளாக்கப்படுகின்றன. இவ்வயனிகள் மின் முனைகளை நோக்கி விரையும் போது மேலும் சில மூலக்கூறுகளுடன் மோதி அவற்றையும் அயனிகளாக்குகின்றன. இவ்வாறு மின் கடத்தாப் பொருளான காற்று அயனிகளாக்கப்பட்டுத் தகர்த் தெறியும் மின்னிறக்கம் (diruptive discharge) நடைபெறுகிறது. ஆனால் மின்முனைகள் பொருத்தப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாயி லுள்ள காற்றை எடுத்துக்கொண்டு, குழாயினுள் நிலவும் அழுத் தத்தைக் குறைத்தால் சீரான மின்னிறக்கம் (steady discharge) நிகழக் காணலாம். கெய்ஸ்லர் (Geissler) என்ற ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி மின்னிறக்கம் பற்றிய ஆய்வினை ஆரம்பித்தார். அவரைத் தொடர்ந்து பௌதிக விஞ்ஞானிகள் பலர் செய்த முயற்சிகளும் ஆராய்ச்சிகளும் அணு விஞ்ஞானமாக வளர்ந்தது.

ஒன்று முதல் இரண்டு மீட்டர் நீளமும், மூன்று முதல் நான்கு செ.மீ. விட்டமும் கொண்ட குழாய் மின்னிறக்கு ஆய்வுக்கு ஏற்றது. அதன் இரு முனைகளிலும் அலுமினிய வட்டுகளை உடைய மின்முனைகள் (electrodes) பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. இம்

முனைகள் தூண்டு சுருள் (induction coil) ஒன்றின் துணைச்சுருள் (secondary) முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டு மிக அதிக மின்னழுத்தம் தரப்படுகின்றன. குழாயில் ஓரிடத்திலுள்ள பக்கக்குழாய்



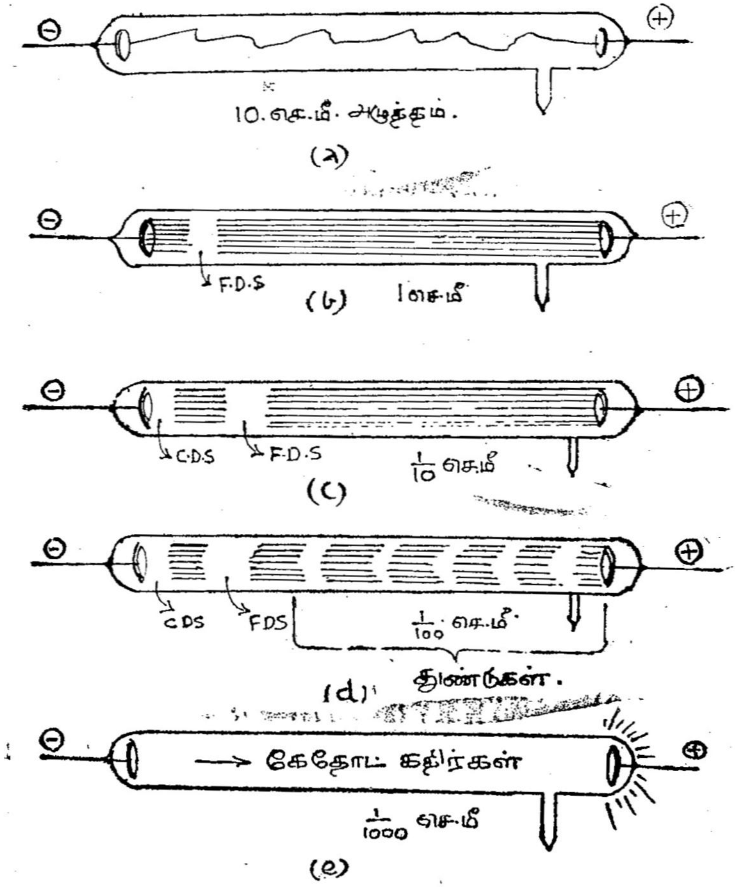
படம்: 238

மின்னிறக்கக் குழாய்

ஒன்று காற்று நீக்கம் செய்யும் பம்பு ஒன்றுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அதனுடன் மின்னிறக்கக் குழாயினுள் நிலவும் அழுத்தத்தை அறிவதற்கு ஒரு மெக்லியாட் அழுத்தமானி (Mcleod gauge) இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

குழாயினுள் நிலவும் அழுத்தம் 10 செ.மீ. பாதரச அழுத்தத்திற்குச் சமமாக இருக்கையில் "படபட" வென்ற சப்தம் கேட்கும். அப்போது மின்முனைகளுக்கிடையே மின்னல் போன்ற ஒளிக்கதிர் பாய்ந்து செல்லும். அழுத்தம் ஒரு செ.மீட்டராகக் குறையும்போது வெளிர் ஊதா நிறத்தில் சீரான மின்னிறக்கம் நடைபெறும். $\frac{1}{10}$ செ.மீ. அழுத்தத்தில் எதிர் மின் முனையில் ஓர் ஒளிவீச்சு (glow) பிறக்கிறது. இஃது எதிர்மின் முனை ஒளிவீச்சு (cathode glow) எனப்படும். அதே போன்று நேர்மின் முனையிலிருந்தும் ஓர் ஒளி வீச்சு உண்டாகும். இது நேர்மின்முனை ஒளி வீச்சு (anode glow) எனப்படும். இவை இரண்டிற்குமிடையே எதிர் மின் முனைக்கு அருகில் ஓர் இருண்ட இடம் காணப்படும். இது ஃபாரடேயின் இருண்ட இடம் (Faraday's dark space) எனப்படும். அழுத்தம் $\frac{1}{10}$ செ.மீட்டரை விடக் குறைவாக இருக்கையில் எதிர் மின் ஒளி வீச்சு எதிர் மின்முனையை விட்டுப் பிரிந்து சற்றுத் தள்ளி காணப்படுகிறது. எதிர் மின்முனைக்கும் எதிர் மின்முனை ஒளி வீச்சிற்குமிடையில் ஓர் இருண்ட இடம் காணப்படுகிறது. இது க்ரூக்கின் இருண்ட இடம் (Crooke's dark space) என்றழைக்கப்படுகிறது. அழுத்தம் மேலும் குறையக் குறைய குரூக்கின் இருண்ட இடம் அகலமாகிறது. எதிர் மின்முனை ஒளி வீச்சும் நேர் மின்முனை எதிர் வீச்சும் மங்கலாகின்றன. அழுத்தம் $\frac{1}{100}$ செ.மீ. ஆகும்போது நேர் மின்முனை ஒளி வீச்சு பல துண்டுகளாகக் குறுக்கு வரிகளால்

பிரிக்கப்படுகிறது. இவை நேர் மின்முனையை நோக்கிக் குழிந்து காணப்படுகின்றன. அழுத்தம் $\frac{1}{1000}$ செ. மீ. ஆகும்போது மேற்கூறிய எல்லாம் மறைந்துபோய் குழாய், முழுவதையும் குரூக்கின் இருண்ட இடம் நிரப்பிவிடுகிறது. கண்ணுக்குத்



படம் : 239

தெரியும்படியான மின்னிறக்கம் காணப்படவில்லை. இந்த நிலையில் எதிர் மின்முனைக்கு எதிர்ப்பக்கத்திலுள்ள குழாயின் சுவர் அது செய்யப்பட்டிருக்கும் கண்ணாடியின் குணத்தைப்பொருத்து இள

நீல அல்லது இளம் பசுமை நிற ஒளியைச் சிந்துகிறது. இவ்வொளி ஒளிர்தல் (fluorescence) என்ற நிகழ்ச்சியால் ஏற்படுகிறது. இதிலிருந்து எதிர் மின்முனையிலிருந்து வெளிவரும் 'ஏதோ ஒன்று' இதற்குக் காரணம் என்று ஊகிக்கப்பட்டது. அந்த ஏதோ ஒன்று எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற துகள் என்றும், அத்தகைய துகள்களைக் கொண்ட, எதிர் மின்முனையிலிருந்து நேர் மின்முனையை நோக்கி விரைந்து செல்கின்ற கதிர்கள் "கேதோட் கதிர்கள்" (cathode rays) என்றும் அறிந்தனர்.

கேதோட் கதிர்களின் பண்புகள்

(1) நேர் மின்முனை எவ்விடத்திலிருப்பினும் கேதோட் கதிர்கள் எதிர் மின்முனையின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவே வெளிவருகின்றன. ஒரு குழிதள (concave) எதிர் மின்முனையைப் பயன்படுத்தினால் இக் கதிர்கள் அக் குழிதளத்தின் வளைவு மையத்தில் குவிகின்றன.

(2) இக் கதிர்கள் பருப்பொருள்களுடன் மோதும்போது வெப்பம் உண்டாகிறது. குழிதள எதிர் மின்வாய் ஒன்றின் வளைவு மையத்தில் வைக்கப்படும் பிளாட்டினத்துண்டு இக் கதிர்கள் உண்டாக்கும் வெப்பத்தினால் சூடாகிப் பழுக்கிறது.

(3) கேதோட் கதிர்கள் நேர்க்கோட்டில் விரைந்து செல்கின்றன. இவற்றின் பாதையில் வைக்கப்படும் திண் பொருள்கள் குழாயின் சுவரில் நிழல் தருகின்றன,

(4) கேதோட் கதிர்கள் மிக அதிகமான திசை வேகமுடையன. அவற்றின் வேகம் வினாடிக்கு 2.2×10^9 செ. மீட்டரிலிருந்து 3.3×10^9 செ.மீ. வரை இருக்கிறது.

(5) கேதோட் கதிர்கள் விசையியல் விளைவுகளை உண்டாக்குகின்றன. இவை செல்லும் பாதையில் தக்கவாறு வைக்கப்பட்ட துடுப்புச் சக்கரம் உருண்டு செல்கிறது. இதிலிருந்து கேதோட் கதிரில் உள்ள துகள்கள் தமக்கென ஒரு நிறை (mass) உடையன என அறிகிறோம்.

(6) கேதோட் கதிர்கள் மின்புலம், காந்தப்புலம் ஆகியவற்றால் பாதிக்கப்படுகின்றன. எதிர் மின்னூட்டங் கொண்ட துகள்கள் மின்புலம், காந்தப்புலம் ஆகியவற்றில் அடையும் திசை மாற்றத்தை இக் கதிர்கள் அடைகின்றன. எனவே கேதோட் கதிர்கள் எதிர் மின்னூட்டமுடைய துகள்களைக் கொண்டிருக்கின்றன என அறிகிறோம்.

(7) இக் கதிர்கள் வாயுக்களில் ''அயனியாக்கம்'' உண்டாக்குகின்றன. மேலும் தக்க இலக்குகளின் (targets) மீது மோதி ''எக்ஸ் கதிர்''களை உண்டாக்குகின்றன.

(8) அவை பல படிகங்களிலும், உப்புக்களின்மீதும் படும் போது ஒளிர்தல் உண்டாகிறது.

(9) இவை ஒளிப்படத் தகடுகளைப் பாதிக்கின்றன.

(10) அலுமினியம் போன்றவற்றின் மென் தகடுகள் வழியே இவை ஊடுருவிச் செல்கின்றன.

(11) *J.J* தாம்சன் என்பார் கேதோட் கதிர் துகள்கள் எதிர் மின்னூட்டங் கொண்டிருக்கின்றன என்றும் அவை தமக்கென ஒரு நிறை கொண்டிருக்கின்றன என்றும் சோதனைகள் மூலம் நிலை நாட்டினூர். கேதோட் கதிர்த் துகளின் நிறை 9.1×10^{-28} கிராம் என்றும், அதன் மின்னூட்டம் $4{\cdot}77 \times 10^{-10}$ நிலை மின்னியல் அலகுகள் (electro static units) என்றும் கண்டறிந்தனர். இதன் நிறை ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறையில் $\frac{1}{1840}$ மடங்கு இருந்தது. பின்னர் இத் துகளுக்கு எலெக்ட்ரான் (electron) என்று பெயரிட்டனர். இது எல்லாப் பொருள்களின் அணுக்களிலும் காணப்படும் அடிப்படைக் கூறுகளின் ஒன்ருகும் என அறிந்தனர்.

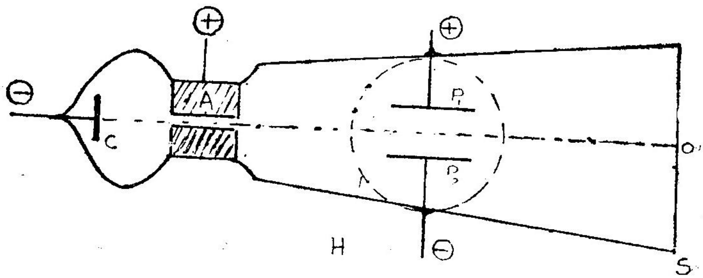
கேதோட் கதிர்களின் $\frac{e}{m}$ மதிப்பு காணல்

தாம்சன் முறை

ஒரு துகளின் மின்னூட்டம் e என்றும் அதன் நிறை m என்றும் கொண்டால் அதன் மின்னூட்ட நிறை தகவு (specific charge) $\frac{e}{m}$ ஆகும். ஒரு துகளின் மின்னூட்டத்திற்கும் அதன் நிறைக்குமுள்ள விகிதம் அத் துகளின் மின்னூட்ட நிறைத்தகவு எனப்படும்.

தாம்சன் பயன்படுத்திய மின்னிறக்கக் குழாய் படத்தில் காட்டியவாறு இருந்தது. அதன் ஒரு முனையில் C என்ற எதிர் மின்முனையும் அதற்கு அருகே மெல்லிய நீண்ட துவாரமுடைய உருளை வடிவ நேர் மின்முனை A-யும் பொருத்தப்பட்டிருந்தன. A-க்கு அப்பால் மின்னிறக்கக் குழாய் நீண்டு சுரைக்காய் வடிவில்

அமைந்திருக்கிறது. குழாயின் மறுமுனையில் S என்ற ஒளிர் திரை (fluorescent screen) ஒன்று அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. குழாயினுள் கேதோட் கதிர் செல்லும் பாதைக்கு மேலும் கீழுமாக இரு உலோகத் தகடுகள் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவற்றிடையே தக்க மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்து மின்புலம் ஒன்றை உண்டாக்கலாம். மின்புலத்தின் திசைக்கு நேர் செங்குத்தான திசையில் அதே இடத்தில் காந்தப் புலம் ஒன்றை உண்டாக்குவதற்கு ஏற்ற மின்காந்த அமைப்புகள் இருக்கின்றன.



படம்: 240.

C: எதிர்மின் முனை. A: நேர்மின் முனை.
S: ஒளிர் திரை. $P_1 P_2$ மின்புலத் தகடுகள்
H: காந்தப் புலம்.

குருக்கின் இருண்ட இடம் மின்னிறக்கக் குழாய் முழுதும் பரவி விடுவதற்கு ஏற்ற குறைந்த அழுத்தம் தரப்படுகிறது. இதனால் குழாயில் சீரான மின்னிறக்கம் உண்டாக, கேதோட் கதிர்கள் C-யிலிருந்து A-ஐ நோக்கி விரைகின்றன. அவ்வாறு செல்லும் கதிர்களில் A-ல் உள்ள துவாரத்தில் விழுகின்ற கதிர்கள் அவற்றிற்கு இருக்கும் மிக அதிக வேகத்தின் காரணமாக A-ஐக் கடந்து மெல்லிய கற்றையாக வெளியே வந்து நேராகச் சென்று ஒளிர் திரையில் O-என்ற புள்ளியில் மோதி, அங்குப் பொலிவு மிக்க ஒரு புள்ளியை (Spot) தோற்றுவிக்கிறது. மின் புலத்தை உண்டாக்கினால் அப் புள்ளி நேர் மின்னழுத்த முடைய P_1-என்ற தகடு இருக்கும் பக்கமாக மேலேறிக் காணப்படுகிறது. படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக அமைந்துள்ள காந்தப்புலத்தை உண்டாக்கினால் அப் புள்ளி காந்தப்புலத்தின் ஆட்சியினால் கீழிறங்கி வரக் காணலாம். காந்தப்புலத்தின் செறிவினைத் தக்கவாறு சீர் செய்து மின்புலம் தந்த இடப் பெயர்ச்சியை ஈடுசெய்து ஒளிப்புள்ளியை மீண்டும் O-வுக்கே கொண்டுவந்துவிடலாம்.

P_1 மற்றும் P_2-என்ற தகடுகளுக்கிடையே நிலவும் மின்புலச் செறிவு X-என்றும், அதற்குச் செங்குத்தாக அமைந்த காந்தப் புலத்தின் செறிவு H-என்றும், துகளின் மின்னூட்டம் e-என்றும் அதன் நிறை m-என்றும். துகளின் வேகம் v-என்றும் கொள்வோம்.

மின் புலம் துகளின் மீது தரும் விசை $= Xe$ ஆகும்

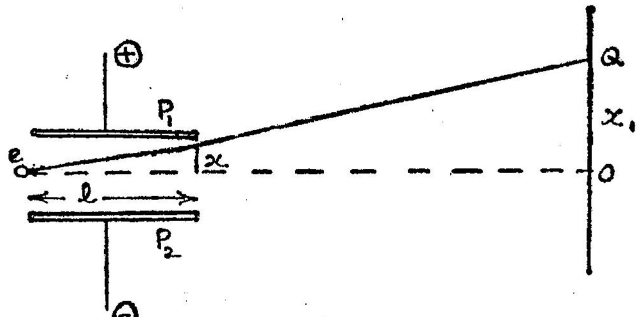
காந்தப்புலம் துகளின் மீது தரும் விசை $= Hev$

மின்புலம் தருகின்ற இடப் பெயர்ச்சியைக் காந்தப்புலம் தரும் இடப்பெயர்ச்சி ஈடுசெய்துவிடுவதால் அவ்விரு விசைகளும் சமமாகவும் எதிராகவும் இருக்கவேண்டும். எனவே,

$$Xe = Hev$$

$$\frac{X}{H} = v$$

இவ்வாறு துகளின் திசை வேகம் v அறியப்படுகிறது. இப்போது மின்புலம் மட்டும் செயற்படுவதாகக் கொள்வோம். மின் புலத்தின் நீளம் l செண்டி மீட்டர் என்போம்.



படம் : 241

துகள் மின்புலப் பாதையைக் கடக்க எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் $= \frac{l}{v}$ வினாடிகள். இந்த இடை நேரத்தில்தான் அஃது அதன் போக்கிற்குச் செங்குத்தான திசையில் செயற்படும் விசை $= Xe$-ஆகும். இவ் விசை துகளுக்குத் தரும் முடுக்கம் $a = \frac{xe}{m}$ ஆகும். இப் முடுக்கம் துகளின் திசைக்குச் செங்குத்துத்

திசையில் செயற்படுகிறது. அந்தத் திசையில் துகளுக்குத் தொடக்க வேகம் சுழியாகும். அது மின் புலத்தைக் கடந்து வெளி வரும் நேரத்தில் அதன் போக்கிற்குச் செங்குத்தான திசையில் பெற்ற இடப் பெயர்ச்சி x-என்றால்

$$x = O + \frac{1}{2}\,\frac{Xe}{m} \times \left(\frac{l}{v}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2}\,\frac{Xe}{m} \times \left(\frac{l}{v}\right)^2$$

இந்த இடப்பெயர்ச்சி திரையில் குழாயின் வடிவ அமைப்பு காரணமாக x_1 என்ற இடப் பெயர்ச்சியாகத் தோன்றும்

$x_1 = k\,x$ ஆகும். இங்கு k என்பது குழாயின் வடிவ அமைப்பு மாறிலி ஆகும்.

$$\therefore \; x_1 = \frac{k\,X\,e}{2\,m}\left(\frac{l}{v}\right)^2$$

ஆனால் $v = \frac{X}{H}$ ஆகும்.

எனவே $$x_1 = \frac{k\,Xe}{2\,m}\cdot\frac{l^2}{X^2}\cdot H^2$$

$$x_1 = \frac{k\,e\,l^2\,H^2}{2\,m\,X}$$

$$\therefore \; \frac{l}{m} = \frac{2\,X\,x_1}{k\,l^2\,H^2}$$ ஆகும்.

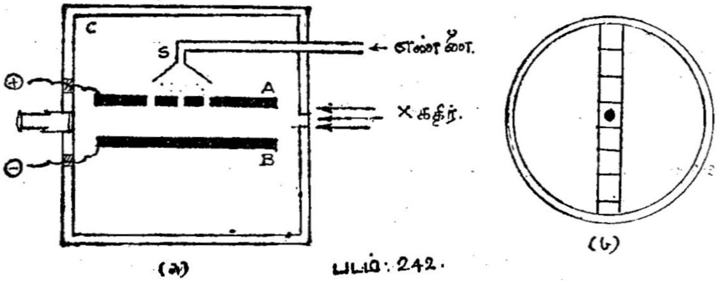
இவ்வாறு கேதோட் கதிர்த் துகளின் மின்னூட்ட நிறைத் தகவினைக் காணலாம்,

எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் காணல்

மில்லிகன் முறை (Millikan's method)

மில்லிகன் பயன்படுத்திய ஆய்கருவியில் 22 சென்டிமீட்டர் விட்டமுடைய, ஒளியளளில் சமதளமான A, B என்ற இரு உலோகத் தட்டுகள் இருந்தன. அவை முற்றிலும் இணையாக இருக்குமாறு 4·5 சென்டிமீட்டர் இடைவெளியில் வைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. A-யின் மையத்தில் ஒரு சிறிய துளை இருக்கிறது.

இத்தகடுகள் C என்ற ஒரு உலோகப் பெட்டிக்குள் வைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. அப்பெட்டி ஒரு மாறு வெப்பநிலைத் தொட்டியினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. S என்பது ஒரு நுண்ணிய தெளிப்பான் (Atomiser). இதன் உதவியால் ஆவியாகாத எண்ணெய் நுண்ணிய திவலைகளாக C என்ற பெட்டியினுள் தெளிக்கப்படு



படம் 242.

அளவு கோலின் பின்னணியில் திவலையின் தோற்றம்

கிறது. A என்ற தகடு நேர் மின்னழுத்த நிலையிலும், B என்ற தகடு எதிர் மின்னழுத்த நிலையிலும் வைக்கப்படுகின்றன. அவற்றிற்கு இடையே 20,000 வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாக்கப்படுகிறது. தகடுகளுக்கு இடையிலுள்ள காற்று X கதிர்களைக் கொண்டு அயனியாக்கம் செய்யப்படுகிறது. தெளிக்கப்பட்ட திவலைகளில் சில A-ல் உள்ள துளை வழியாகக் கீழே இறங்கித் தகடுகளுக்கு இடையே உள்ள இடத்தை அடைகின்றன. அங்கு இத் திவலைகள் அயனிகளைப்பெற்று மின்னூட்டமுறுகின்றன. தகடுகளுக்கு இடையிலுள்ள வெளி ஆற்றல்மிக்க ஒளி மூலங்களின் உதவியால் நன்கு பொலிவூட்டப்படுகிறது. இத் திவலைகள் M என்ற நுண்ணோக்கியின் மூலம் நோக்கப்படுகின்றன. நுண்ணோக்கியில் குறுக்கிணைகளின் இடத்தில் ஒளி புகக்கூடிய ஓர் அளவுகோல் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. நன்கு ஒளியூட்டப் பட்ட சிறு திவலைகள் அளவுகோலின் பின்னணியில் அழகிய சிறு விண்மீன்களைப் போல காட்சியளிக்கின்றன.

திவலையின் ஆரத்தைக் கண்டறிதல் :

எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு திவலையை எடுத்துக்கொள்வோம். மின் புலம் செயற்படத் தொடங்கியவுடன் அது A என்ற தகட்டை நோக்கி எழும்பும். அதன் எடை அதைக் கீழ் நோக்கி அமிழ்த்தும். மின்புலச் செறிவின் அளவினைத் தக்கவாறு சீர் செய்து திவலை சமநிலை பெறுமாறு செய்தால்,

$$Xe = mg \text{ ஆகும்.}$$

இங்கு m என்பது திவலையின் நிறை (mass) ஆகும்.

திவலையின் ஆரம் a என்றால்

$$Xe = \frac{4}{3} \pi a^3 \rho g \text{ ஆகும் } \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

இப்போது மின்புலத்தை முற்றிலும் நீக்கிவிட்டு அதே திவலையைப் புவிஈர்ப்பின்கீழ் இறங்குமாறு செய்தால், அஃது இருக்கும் ஊடகத்தின் பாகுநிலைச் செயல் (Viscons action) காரணமாகச் சீரான திசை வேகத்துடன் இயங்கும். நுண்ணோக்கியிலுள்ள அளவுகோலின் உதவியால் அஃது இறங்கும் திசைவேகம் v-ஐ அளவிடலாம். ஊடகத்தின் பாகுநிலை η என்றால் ஸ்டோக் வாய்பாட்டின்படி (Stoke's formula)

$$mg = 6 \pi \eta a v$$

$$\frac{4}{3} \pi a^3 \rho g = 6 \pi \eta a v$$

$$a^2 = \frac{6 \pi \eta v}{\frac{4}{3} \pi \rho g}$$

$$= \frac{9 \eta v}{2 \rho g}$$

$$a = \left(\frac{9 \eta v}{2 \rho g} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

மேற்கண்ட a-ன் மதிப்பினைச் சமன்பாடு 1-ல் பதிலீடுசெய்ய,

$$Xe = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{9 \eta v}{2 \rho g} \right)^{\frac{3}{2}} \rho g \text{ ஆகும்}$$

$$e = \frac{\frac{4}{3} \pi \left(\frac{9 \eta v}{2 \rho g} \right)^{\frac{3}{2}} \rho g}{X}$$

மில்லிகன், திவலை கீழிறங்கும் வேகத்தினை அது புவிஈர்ப்பின் ஆட்சியில்மட்டும் இருக்கும்போதும், புவி ஈர்ப்பு, மின்புலம் இவற்றின் கூட்டாட்சியின்கீழ் இருக்கும்போதும், கணக்கிட்டார். புவிஈர்ப்பின்கீழ் ஒரு திவலையின் வேகம் v என்றும், புவிஈர்ப்பு, மின்புலம் இவற்றின் கூட்டாட்சியின் கீழ் ஒரு சமயத்தில் திசை வேகம் v_1 என்றும், இன்னொரு சமயத்தில் v_2 என்றும் கொள்வோம்.

(v_1 என்ற வேகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும்திவலை வழியில் இன்னும் சில அயனிகளைப் பிடித்தால் அதன் மீது செயற்படும் மின்புல விசை மாறுவதால் திசை வேகமும் மாறுவதற்கு இடமுண்டு.) அதன் வேகம் v_1 ஆக இருக்கையில் அதன் மின்னூட்டம் e_n என்றும் v_2 ஆக இருக்கையில் e_m என்றும் கொள்வோம்.

$$mg \propto v \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

$$X e_n - mg \propto v_1 \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

$$X e_m - mg \propto v_2 \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

ஆகவே,

சமன்பாடு 4-ஐ 3-ஆல் வகுக்க.

$$\frac{X e_n - mg}{mg} = \frac{v_1}{v}$$

$$\frac{X e_n}{mg} = \frac{v_1 + v}{v}$$

$$\therefore \quad e_n = \frac{mg}{X}\left(\frac{v_1 + v}{v}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad (6)$$

இவ்வாறே,
$$e_m = \frac{mg}{X}\left(\frac{v_2 + v}{v}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

சமன்பாடுகள் (6) மற்றும் (7) இவற்றிலிருந்து,

$$en - em = \frac{mg}{X}\left(\frac{v_1 - v_2}{v}\right)$$

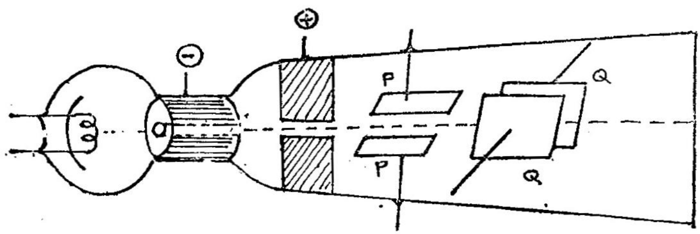
பல்வேறு திவலைகளைக் கொண்டு ஆய்வுகள் நடத்திக் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட ($en - em$) மதிப்புகளில் சிறும மதிப்பினை (minimum) எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டமாகக் கொள்ளவேண்டும்.

இவ்வாறு மில்லிகன் கண்ட e-ன் மதிப்பு $1 \cdot 59 \times 10^{-20}$ மின் காந்த அலகுகள் அல்லது $4 \cdot 77 \times 10^{-10}$ நிலைமின் அலகுகள் ஆகும். $\frac{e}{m}$ -ன் மதிப்பினை $1 \cdot 76 \times 10^{7}$ எனக்கொண்டு கணக்கிடப்பட்டதில் $m = 9 \cdot 1 \times 10^{-28}$ கிராம் என்ற விடை கிடைத்தது.

கேதோடு கதிர் ஆசிலோகிராஃப்

(Cathode ray Oscillograph)

இதில் மிகுதியும் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட சுரைக்காய் வடிவக் கண்ணாடிக் குமிழ் ஒன்று இருக்கிறது. அதன் ஒரு முனையில் *F* என்ற மின்னிழை (filament) பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. மின்னிழை சூடாக்கப்படும்போது அதிலிருந்து ஏராளமான எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவருகின்றன இதுதான் எதிர்மின் முனையாகும். *C* என்பது உலோக உருளை. இஃது எதிர் மின்னழுத்த நிலையில் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. எலெக்ட்ரான்கள் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்றிருப்பதால் அவை அவ்வுருளையின் அச்சை நோக்கி தள்ளப்



படம் : 243

படுகின்றன. *A* என்பது நேர்மின் முனை. இஃது எலெக்ட்ரான்களை ஈர்க்கிறது. அவ்வாறு ஈர்க்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின் முனையை நோக்கி விரைந்து வருகின்றன. அவற்றுள் நேர்மின் முனையிலுள்ள துவாரத்தை அடையும் எலெக்ட்ரான்கள், அவை பெற்ற அளவு கடந்த வேகத்தின் காரணமாகத் துளைவழியே வெளியேறி எதிர்ப்பக்கத்தில் உள்ள ஒளிர்திரையில் மோதி அவ்விடத்தில் ஒளிப்புள்ளியை தோற்றுவிக்கின்றன. எலெக்ட்ரான்களை உமிழும் எதிர்மின் முனையையும், அவற்றை ஈர்க்கும் நேர்மின் முனையையும் கொண்ட அமைப்பு எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி (electron gun) எனப்படுகிறது.

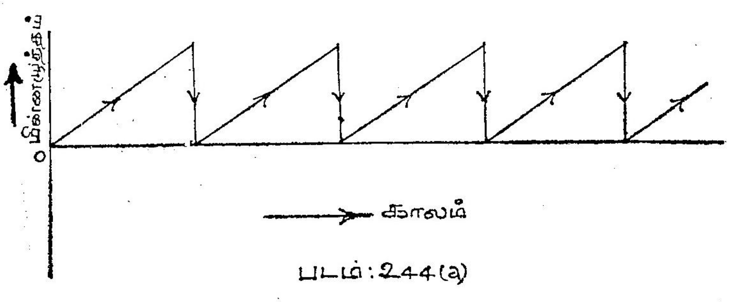
எலெக்ட்ரான் கற்றையின் பாதையில் மேலும் கீழுமாக இரு தகடுகளும், (*P*,*P*) பக்கவாட்டில் பக்கத்திற்கு ஒன்றாக (*Q*,*Q*) இரு தகடுகளும் படத்தில் காட்டியவாறு வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. மேலும் கீழுமாக உள்ள தகடுகள் கிடைமட்டத் தகடுகள் எனப்படும். இவை எலெக்ட்ரான் கற்றையைச் செங்குத்துத் திசையில் மேலுங் கீழுமாகத் திருப்புவதற்குப் பயன்படு

கின்றன. பக்கவாட்டில் அமைந்த தகடுகள் செங்குத்துத் தகடுகள் எனப்படுகின்றன. இவை கற்றையை இடப்பக்கமும் வலப் பக்கமும் அசைப்பதற்குப் பயன்படுகின்றன.

பயன்கள்

(i) மாறுதிசை மின்னோட்டம் (அஃதாவது ஏ. சி.) அல்லது மாறுதிசை மின்னழுத்தம் இவற்றின் வீச்சினை அறிய ஆசிலோ கிராஃப் பயன்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை எடுத்துக் காட்டாகச் செங்குத்துத் தகடுகளின் வழி செலுத்தினால் அத் தகடுகள் அடுத்தடுத்து + ஆகவும் − ஆகவும் மாற்றமடைவதால் எலெக்ட்ரான் கற்றை மேலும் கீழுமாக அசையும் எனவே ஒளிர் திரையில் ஒரு நேர்க்கோடு தோன்றும். அதன் நீளம் மாறு திசை மின்னோட்டத்தின் வீச்சுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

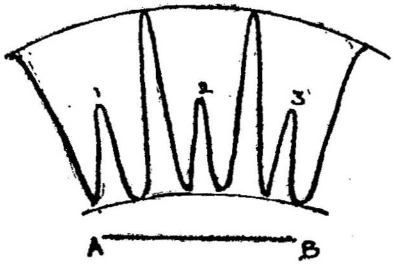
(ii) இதைப் பயன்படுத்தி மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வு எண்ணைக் காணலாம். இதற்குத் தகுந்த ஒரு நேர்க் கோட்டு கால வடி (linear time base) ஒன்று செங்குத்துத் தகடு களுக்கு இடையே செயற்படுமாறு செய்யவேண்டும். இதனால் குறிப்பிட்ட காலத்திற்கு ஒளிப்புள்ளி இடக்கோடியில் தொடங்கி வலக்கோடிக்குச் செல்லும். பின்னர்த் திடீரென்று இடக் கோடிக்கு வந்து மீண்டும் வலக்கோடியை நோக்கி நகரும். இவ்வாறு ஒளிப்புள்ளியை நகர்த்துவதற்குப் பயன்படும் மின்



படம்: 244(a)

னழுத்தம் வாள்பல் மின்னழுத்தம் (Saw tooth potential) எனப் படும். இம் மின்னழுத்தம் குறிப்பிட்ட காலம்வரை சீராக அதிக மாகிக் கொண்டே சென்று திடீரெனச் சுழி நிலைக்கு வந்து மீண்டும் சீராக அதிகரிக்கத் தொடங்கிக் குறிப்பிட்ட காலத்திற்குப் பிறகு முன்போலவே திடீரெனச் சுழி நிலைக்கு வரும். இவ்வாறு எழுந்து விழுந்து செல்லும் மின்னழுத்தம் மேற் கூறியவாறு ஒளிப்புள்ளியை அசைக்க உதவுகிறது.

அதிர்வு எண் காணவேண்டிய மாறுதிசை மின்னோட்டம் கிடைமட்டத் தகடுகளிடையே செயற்படுகிறது. அப்போது படத்திற் காட்டியவாறு குறிப்பிட்ட வகைப்படம் ஒன்று காணப்படும்.



படம்: 244 (b)

இங்கு *AB* என்பது நேர்க்கோட்டுக் காலவடி ஆகும். இப்படத்தில் ஒரேமாதிரியான வரைபடம் *AB* என்ற நீளத்திற்குள் மூன்று முறை திரும்பத் திரும்ப வந்துள்ளது எனவே *AB* திசை மாறுவதைப் போல மூன்று மடங்கு வேகத்தில் மாறுதிசை மின்னோட்டம் திசைமாற்றிக் கொள்கிறது. அஃதாவது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வு எண் நேர்க்கோட்டுக் காலவடியின் அதிர்வு எண்ணைப் போன்று மூன்று மடங்காகும்.

(iii) டெலிவிஷன் கருவியில் டெலிவிஷன் அலைகளை மீண்டும் படமாக மாற்றும் பகுதியில் ஆசிலோகிராஃப் பயன்படுகிறது.

2. வெப்ப அயனி வெளியீடு

(Thermionic emission)

உலோக மின்கடத்தியில் நிறைய கட்டற்ற எலெக்ட்ரான்கள் (free electron) இருக்கின்றன. அவை கடத்தியினுள் எங்கு வேண்டுமானாலும் செல்லக்கூடிய ஆற்றல் உள்ளவை. அவை வாயுவின் மூலக்கூறுகளைப் போல் செயற்படுகின்றன. ஆனால் அவை கடத்தியின் பரப்பினைவிட்டு வெளிவர முடியாதபடி ஒரு ஒரு தடைவிசை (barrier) இருக்கிறது. அத் தடைவிசையைத் தாண்டிவரக்கூடிய அளவு ஆற்றல் பெற்ற எலெக்ட்ரான்கள் மின்கடத்தியின் பரப்பினைவிட்டு வெளிவருகின்றன. ஓர் எலெக்ட்ரான் கடத்தியின் பரப்பினைவிட்டு வெளியேறுவதற்கான சிறும ஆற்றலின் அளவு வெப்ப அயனி வேலைசார்பலன் (Thermionic work function) எனப்படும். சாதாரண வெப்ப நிலையில் கட்டற்ற எலெக்ட்ரான்கள் அவ்வளவு ஆற்றலைப் பெற்றிருப்பதில்லை. கடத்தியின் வெப்பநிலை ஏற ஏற அவற்றின் ஆற்றல் அதிகரிக்கிறது. ஆகவே அவை கடத்தியின் பரப்பைவிட்டு வெளியேறுகின்றன.

வெப்ப அயனிகளை வெளியிடும் கடத்தி அதிக உருகு நிலை (melting point) உடையதாகவும், குறைந்த வெப்பஅயனி வேலை சார் பலன் (Thermionic work function) கொண்டதாகவும் இருக்கவேண்டும். டங்ஸ்டனின் உருகுநிலை 3400°C ஆகும். இதை 2200°C-க்கு மேல் வெப்பப்படுத்த இயலாது. அதற்கு மேல் இது வெற்றிடத்தில் சூடாக்கப்படுவதால் ஆவியாகிப் போகிறது. டங்ஸ்டன் இழையைத் தயாரிக்கும்போது அதனுடன் 1% தோரியம் ஆக்சைட் (Thorium oxide) சேர்த்துச் செய்தால் அது தோரியடங்ஸ்டன் (Thoriated tungston) எனப்படும். இது வெறும் டங்ஸ்டன் இழையைவிடப் பல ஆயிரமடங்கு வெப்ப அயனி வெளியீட்டுத்திறன் கொண்டது, மேலும் இவ்விழையை 1500°—1700° வெப்பப்படுத்தினால் போதும். புவிக்கார தனி

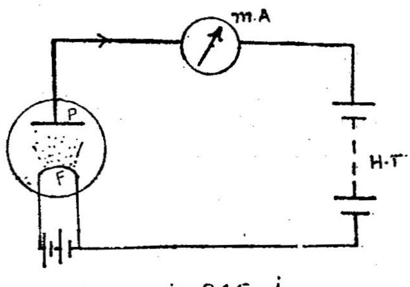
மங்களின் (alkaline earth elements) ஆக்சைடுகள் பூசப்பட்ட நிக்கல் கலப்பு உலோக இழைகள் (800—1000°) ஏராளமான எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றன. இவை தோரிய டங்ஸ்டன் இழைகளை விட ஆற்றல் மிக்கவை.

வெப்ப அயனி வால்வுகள்

(Thermionic Valves)

(i) டையோடு (Diode)

இதனை ஃப்ளமிங் (Fleming) என்பார் உருவாக்கினார். இதில் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குமிழினுள் பொருத்தப்பட்ட எதிர்மின்முனையும் நேர்மின்முனையும் இருக்கின்றன. மின்னோட்டத்தால் சூடுபடுத்தப்படும்போது எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடும் ஒரு தோரியடங்ஸ்டன் இழை இதில் எதிர்மின்முனையாகச் செயற்படுகிறது. பொதுவாக இந்த இழை கொண்டை ஊசி (hair pin) வடிவமுடையதாக இருக்கும். இதைச் சுற்றிச் சூழ்ந்துள்ள உருளை வடிவத் தகடு நேர்மின்வாய் (anode) அல்லது தகடு (plate) என்று அழைக்கப்படுகிறது. தகடு எதிர் மின்முனையைப்பொருத்து நேர்மின்னழுத்த நிலையில் இருக்கும் போது இழை வெளியிடும் எலெக்ட்ரான்கள் தகட்டை நோக்கி விரைந்து தகட்டுச் சுற்றில் (plate circuit) மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குகின்றன. தகடு எதிர்மின்னழுத்த நிலையில் இருப்பின் தகட்டுச் சுற்றில் மின்னோட்டம் ஏற்படுவதில்லை. அஃதாவது இவ்வமைப்பில் மின்னோட்டம் ஒரு திசையில்மட்டுமே ஏற்பட முடியும். எனவேதான் இது வால்வ் (valve) என்றழைக்கப்படுகிறது



படம்: 245 - i

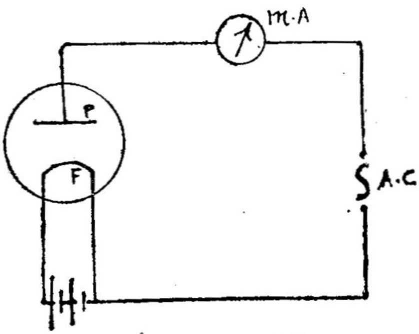
F: வெப்ப அயனி வெளியீட்டு இழை.

P: நேர்மின் முனை அல்லது தகடு.

mA: மில்லி அம்மீட்டர்.

படம் 245-(i)ல் P என்ற தகடு எப்போதும் நேர்மின்னழுத்த நிலையில் இருப்பதால் எலெக்ட்ரான்கள் தொடர்ந்து இழையிலிருந்து தகட்டை நோக்கிச் சென்றுகொண்டிருக்கும். எனவே தகட்டுச் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மில்லி அம்மீட்டர் சீரான மின்னோட்டத்தைக் காட்டும்.

245-(ii)-ல் தகட்டிற்கும் இழைக்குமிடையே மாறுதிசை மின்னழுத்தம் செயற்படுவதால் தகடு மாறி மாறி நேர் மின்னழுத்த நிலையிலும், எதிர் மின்னழுத்த நிலையிலும் இருக்கும். தகடு நேர் மின்னழுத்த நிலையிலிருக்கையில் இழையிலிருந்து தகட்டை நோக்கி எலெக்ட்ரான்கள் ஓடுகின்றன. ஆனால் தகடு எதிர்



படம்: 245-ii

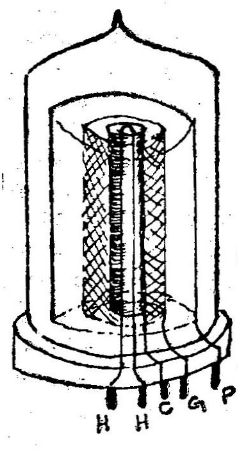
மின்னழுத்த நிலையில் இருக்கையில் எலெக்ட்ரான்கள் தகடு நோக்கி ஓடமாட்டா. எனவே தகட்டுச் சுற்றில் மின்னோட்டம் இருக்காது. மறுபடியும் தகடு நேர் மின்னழுத்த நிலை அடையும் போது மீண்டும் மின்னோட்டம் உண்டாகும். இவ்வாறு தகட்டுச் சுற்றில் விட்டு விட்டு, ஆனால் ஒரே திசையில் மின்னோட்டம் நிகழும். வால்வின் இப் பண்பைப் பயன்படுத்தி மாறுதிசை மின்னழுத்தம் நேர் திசை மின்னழுத்தமாக மாற்றப்படுகிறது.

(ii) ட்ரையோடு (Triode)

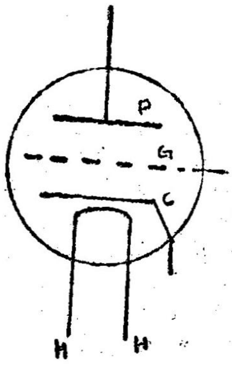
எதிர் மின்முனை அல்லது இழை வெளியிடும் எலெக்ட்ரான்களைக் கட்டுப்படுத்துவதற்காக டி-ஃபாரஸ்ட் (De Forest) என்பார் மூன்றாவது மின்முனை ஒன்றைப் பயன்படுத்தினார். இஃது எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடும் எதிர் மின்முனைக்கும், அவற்றை ஈர்க்கும் நேர் மின்முனைக்கும் இடையில் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதனை கிரிட் (Grid) என்பர்.

மிகுதியும் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாயினுள் மூன்று மின்முனைகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. (படம் 246 (a) எதிர் மின் முனை என்றழைக்கப்படும் தோரியடங்ஸ்டன் இழை மின்னோட்டத்தால் சூடுபடுத்தப்படும்போது ஏராளமான எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகிறது. இது நேராகச் சூடாக்கப்படும் எதிர் மின்வாய் ஆகும். மற்றொருவகை எதிர் மின்வாயும் மிக அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. [இது மறைமுகமாகச் சூடாக்கப்படும் எதிர்மின்வாய் எனப்படும். இது பேரியம் அல்லது ஸ்ட்ரான்ஷியம் ஆக்சைடு பூசப்பட்ட ஓர் உலோக உறை (metal sleeve) ஆகும். இதற்கு உள்ளே மின்னோட்டத்தால் பழுக்கக் காய்ச்சப்படும் டங்ஸ்டன் இழை வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. டங்ஸ்டன் கம்பி தரும் சூட்டினால் உலோக உருளையின் வெப்பநிலை உயர்ந்து அஃது எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடும்.

(ii) எதிர் மின்வாயைச் சூழ்ந்தாற் போல நிக்கல் கம்பி வலை அல்லது நிக்கல் கம்பிச் சுருள் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இது கிரிட் (grid) எனப்படும் இரண்டாவது மின்முனையாகும்.



படம்: 246 (a)



(b)

HH: சூட்டுக் கம்பி.

C: மறைமுகமாகச் சூடாக்கப்படும் எதிர் மின்முனை.

G: கிரிட்.

P: தகடு அல்லது நேர் மின்முனை.

(iii) கிரிட்டைச் சூழ்ந்தாற்போல ஓர் உலோகத் தகட்டு உருளை வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இது நேர்மின்முனை அல்லது தகடு எனப்படும்.

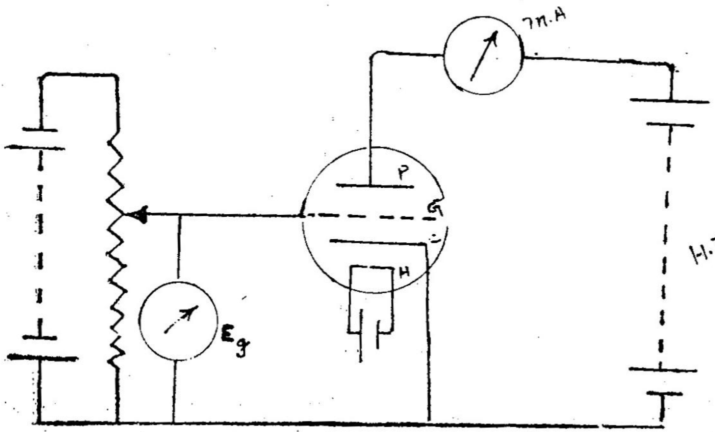
கிரிட் எதிர் மின்முனைக்கு வெகு அருகில் அமைந்திருக்கிறது. தகடு கிரிட்டில் இருந்து சிறிது தள்ளி அமைந்திருக்கிறது. மாறு திசை மின்னோட்டத்தைப் பயன்படுத்திச் சூட்டுக் கம்பி பழுக்கக் காய்ச்சப்படுகிறது. அப்போது மறைமுகமாகச் சூடாக்கப்பட்ட எதிர் மின்முனை எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகிறது. நேர்மின் முனை, எதிர்மின்முனையைப் பொருத்து மிக அதிக நேர் மின்னழுத்த நிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கிரிட் எவ்வித மின்னழுத்தமும் அற்ற நிலையில் இருந்தால், எதிர் மின்முனை வெளியிடும் எலெக்ட்ரான்களில் நேர் மின்முனை தன் மின்னழுத்த நிலைக்கு ஏற்ற எண்ணிக்கையுடைய எலெக்ட்ரான்களைத் தன்னை நோக்கி ஈர்ப்பதை மில்லி அம்மீட்டர் காட்டும்

இந்நிலையில் கிரிட்டின் மின்னழுத்த நிலை எதிர் மின்முனையைப் பொருத்துச் சிறிதளவு நேர் மின்னழுத்தத்தில் இருக்குமாறு செய்தால் மில்லி அம்மீட்டர் காட்டும் மின்னோட்டம் மிகவும் அதிகமாகிறது ஏன்? கிரிட், எதிர்மின்வாய்க்கு மிக அருகில் இருப்பதால் அஃது எலெக்ட்ரான்களை விரைந்து ஈர்க்கிறது. அவ்வாறு ஈர்க்கப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் பெற்ற மிக அதிக வேகத்தினால் அவை கிரிட்டில் உள்ள துளைகளின் வழியாக வெளியேறித் தகட்டை அடைகின்றன. எனவே தகடு ஒரு விநாடியில் பெறுகின்ற எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை முன்னைவிட அதிகமாகி விடுகிறது எனவேதான் மின்னோட்டம் அதிகமாகிறது. இதே போன்று கிரிட் எதிர் மின்முனையைப்பொருத்துச் சிறிதளவு எதிர் மின்னழுத்த நிலையில் வைக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். இப்போது கிரிட் எலெக்ட்ரான்களை எதிர்த்துத் தள்ளுகிறது. எனவே எதிர் மின்முனையை விட்டு வெளிக் கிளம்பும் எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்க்கப்படுகின்றன. இதனால் தகட்டின் ஈர்ப்புத்திறன் குறைந்துவிடுகிறது. இவ்வெதிர்ப்பைத் தாண்டித் தகட்டை அடையும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மிகவும் குறைந்து விடுகிறது. எனவே தகட்டுச் சுற்றில் மின்னோட்டம் குறைகிறது.

மேற்கூறிய நிகழ்ச்சிகளிலிருந்து கிரிட்டில் ஏற்படும் சிறிய மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் (plate current) மிக அதிக மாற்றங்களை விளைவிக்கிறது. இதே அளவு மாற்றங்களைப் பெறுவதற்குத் தகட்டின் மின்னழுத்தத்தை மிகப் பெரிய அளவில் மாறுதல் செய்யவேண்டியிருக்கும்.

ட்ரையோடு பண்பு வரைபடங்கள்
(Triode Characteristic Curves)

ட்ரையோடில் தகட்டு மின்னோட்டத்தின் அளவு, கிரிட் மின்னழுத்தம், மற்றும் தகட்டு மின்னழுத்தம் இவற்றைப் பொருத்தது எனக் கண்டோம். இவற்றிற்கிடையே உள்ள தொடர்புகளை வரைபடங்களின் மூலம் காட்டலாம். இவ் வரைபடங்கள் பண்பு வரைபடங்கள் எனப்படும். கிரிட் மின்னழுத்தத்தை மாருமல் வைத்துத் தகட்டு மின்னழுத்தத்திற்கும் தகட்டு மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தொடர்பினைக் காட்டும் வரைபடம் **நேர்மின் வாய் தனிப் பண்பு வரைபடங்கள்** (Anode characteristic curves) எனப்படும். நேர் மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை மாருமல் வைத்து விட்டுக் கிரிட் மின்னழுத்த நிலைக்கும், தகட்டு மின்னோட்டத்திற்குமிடையே உள்ள தொடர்பினைக் காட்டும் வரைபடங்கள் **பரிமாற்றப் பண்பு வரைபடங்கள்** (Mutual Characteristic curves) எனப்படும். இவ்விருவகை வரைபடங்களுள் பரிமாற்றப் பண்பு வரைபடம் மிகவும் பயன் உள்ளது. அதனைப் பெறும் முறையினைச் சிறிது பார்ப்போம்.



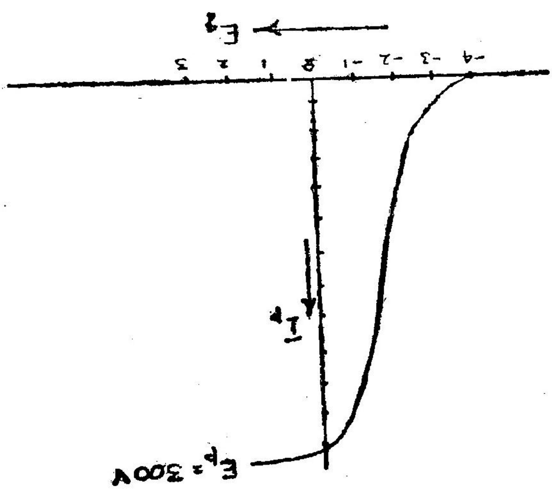
படம்: 247

வால்வின் *D* என்ற எதிர் மின்முனை நேரடியாகச் சூடாக்கட்பட்டு எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடுகிறது. (படம் 247) *H. T* என்ற மிக அதிக மின்னழுத்தந் தரும் மின்கல அடுக்குகளின் உதவியால் தகடு உயர்ந்த நேர் மின்னழுத்த நிலையில் வைக்கட்

பட்டிருக்கிறது. *G. B.* என்ற மற்றொரு மின்கல அடுக்கின் முனைகள். ஒரு மின்தடைமாற்றி (Rheostat)யின் இரு நிலையான முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. தடைமாற்றியின் மாற்றத்தகுமுனை கிரிட்டுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. *V* என்ற வோல்ட் மீட்டர் கிரிட் பெறுகின்ற மின்னழுத்த நிலையைக் காட்டுகிறது. படத்தில் கிரிட் எதிர் மின்னழுத்தம் பெறும் வகையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

தகட்டை 300 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தில் நிலையாக வைத்து விட்டுக் கிரிட்டின் எதிர் மின்னழுத்த நிலையை அதிகமாக்கிக் கொண்டே சென்றால் குறிப்பிட்ட ஒரு கிரிட் மின்னழுத்தத்திற்குத் தகட்டு மின்னோட்டம் சுழியாகிவிடும். இந்நிலை உண்டாக்கும்

படம் 248



கிரிட் மின்னழுத்தம் துண்டிக்கும் மின்னழுத்தம் (Cut off voltage) என்று கூறப்படுகிறது. படம் 248-ல் —4 வோல்ட் என்பது துண்டிக்கும் மின்னழுத்தமாகும்.

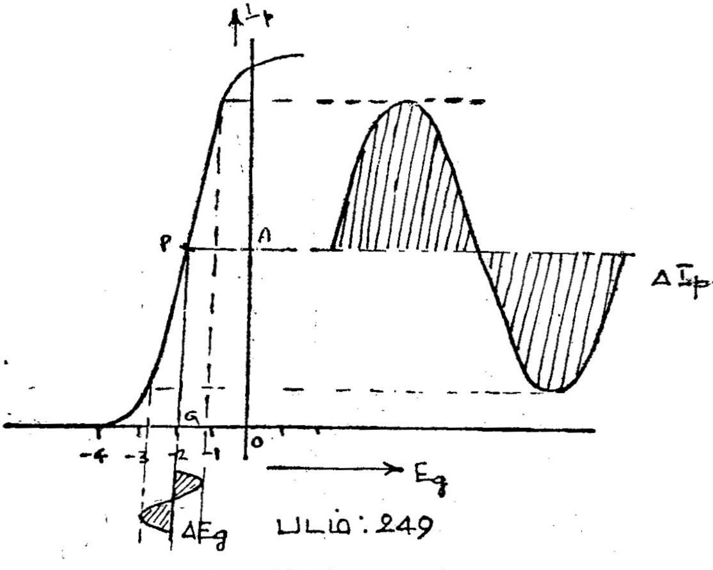
பின்னர் கிரிட் மின்னழுத்தத்தை நேர்த் திசையில் அதிகரித்துக் கொண்டே வந்தால் தகட்டு மின்னோட்டமும் அதிகரிக்கும். கிரிட் மின்னழுத்தத்திற்கும் தகட்டு மின்னோட்டத்திற்குமாக வரையப்படும் வரைபடம், படம் 248ல் காட்டியுள்ளதைப் போல் இருக்கும். இது 300 வோல்ட் தகட்டு மின்னழுத்தத்திற்கு (*Ep*)

உரிய பரிமாற்ற வரைபடம் எனப்படும். இது போன்றே வெவ்வேறு தகட்டு மின்னழுத்தத்திற்குரிய பரிமாற்ற வரைபடங்களைப் பெறலாம். மேலே காணும் வரைபடத்தில் மேலே ஒரு வளைவும், கீழே ஒரு வளைவும் இடையே நேர்க்கோட்டுப் பகுதியும் காணப்படுகின்றன.

ட்ரையோடைப் பெருக்கியாகப் பயன்படுத்தல் (Triode used as an amplifier) :

ட்ரையோடு எவ்வாறு பெருக்கியாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது என்பதைப் பின்வரும் படம் விளக்குகிறது.

பரிமாற்ற இயல்பு வரை படத்தின் நேர்க்கோட்டுப் பகுதியை எடுத்துக் கொள்வோம். *P* என்பது அதன் மையப்புள்ளி. இதைச் செயற் புள்ளி (Working point) என்று கூறுவர். இதற்கு உரிய



படம்: 249

Eg : கிரிட் மின்னழுத்தம்

Ip : தகட்டு மின்னோட்டம்

△*Eg* : கிரிட் மின்னழுத்த மாற்றம்

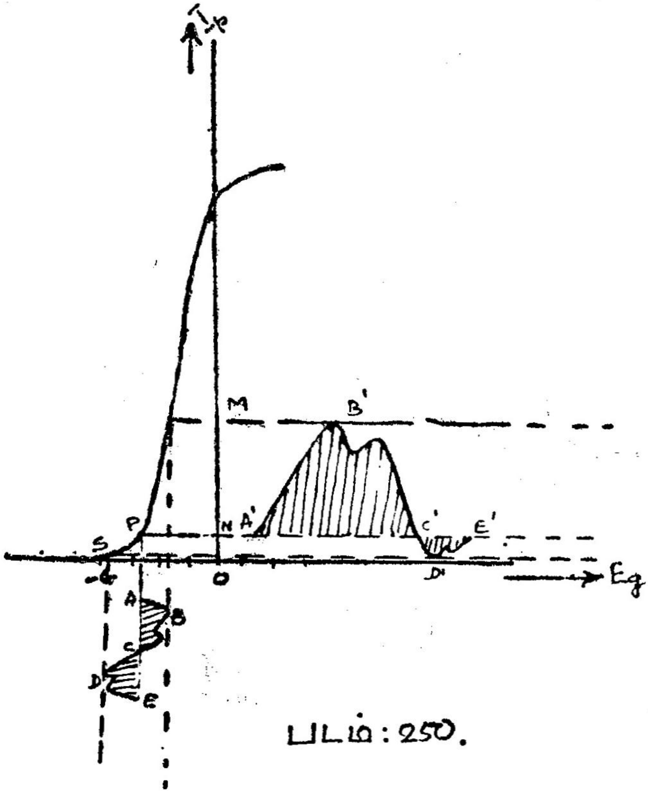
△*Ip* : தகட்டு மின்னோட்ட மாற்றம்

கிரிட் மின்னழுத்தம் *OG* ஆகும். கிரிட்டுக்கும் எதிர்மின்முனைக்கும் இடையில் △Eg என்ற அளவுடைய ஒரு மாறு மின்னழுத்தம்

(Variable potential) தரப்படுவதாக வைத்துக்கொள்வோம். இதனுல் கிரிட்டின் மின்னழுத்தம் $OG-\triangle Eg$ மற்றும் $OG+\triangle Eg$ என்ற மின்னழுத்தங்களிக்கிடையே மாறிக்கொண்டிருக்கிறது. இம் மாற்றம் தகட்டு மின்னேட்டத்தில் பெரிய மாறுதல்களை விளைவிக்கிறது. அங்குத் தகட்டு மின்னேட்டம் $OA+\triangle I\text{p}$ மற்றும் $OA-\triangle I\text{p}$ ஆகிய மின்னேட்டங்களுக்கிடையே மாறுபடுவதைக் காண்கிறேம். கிரிட் மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படுகின்ற சிறிய மாறுதல்கள் தகட்டு மின்னேட்டத்தில் பெரிய மாற்றங்களைத் தருவதால் இவ்வமைப்பு பெருக்கி (amplifier) எனப்படுகிறது.

ட்ரையோடு திருத்தியாகப் பயன்படல் (Triode as a rectifier) :

ட்ரையோடு எவ்வாறு திருத்தியாகப் பயன்படுகிறது என்பதை இங்குள்ள படம் விளக்குகிறது.



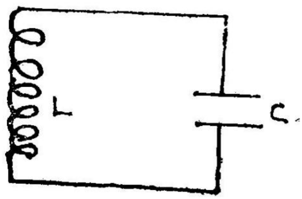
படம்: 250.

பரிமாற்றப் பண்பு வரை படத்தின் கீழ் வளைவினை எடுத்துக் கொள்வோம். இங்குக் கீழ் வளைவின் மையமாகிய P-என்பது செயற் புள்ளியாகும். இதற்குரிய கிரிட் மின்னழுத்தம் OG ஆகும். கிரிட்டுக்கும் எதிர் மின் முனைக்கும் இடையே மாறு மின்னழுத்த முடைய ரேடியோ அலைகளைச் செலுத்துவதாகக் கொள்வோம், அதில் ABC நேர் அரைச் சுற்று (positive half cycle) மற்றும் CDE-என்பது எதிர் அரைச்சுற்று ஆகும். ABC என்ற நேர் அரைச் சுற்றின்போது கிரிட்டின் மின்னழுத்தம் OG-யிலிருந்து OQ-என்ற அளவிற்கு உயர்கிறது. அப்போது தகட்டு மின்னோட்டம் ON-என்ற அளவிலிருந்து OM-என்ற அளவாக உயர்கிறது. CDE-என்ற எதிர் அரைச்சுற்றின்போது கிரிட் மின்னழுத்தம் OG-யிலிருந்து மேலும் OS-க்குக் குறைந்து செல்கிறது இதனால் தகட்டு மின்னோட்டம் ON-லிருந்து சுழியாகக் குறைகிறது. எனவே தகட்டு மின்னோட்டம் சுழிக்கும் OM-க்குமாக ஏறி இறங்கிக் கொண்டிருக்குமே தவிர எதிர்த்திசையில் செல்வதில்லை. இவ்வாறு ஒரு ட்ரையோடு திசைமாறு மின்னழுத்தங்களை ஒரு திசை மின்னழுத்தமாகத் திருத்திவிடுகிறது. இந்நிகழ்ச்சி திருத்தல் (rectification) எனப்படுகிறது.

3. அலைபரப்பியும் ஏற்பியும்

L - C இணைப்பு (L - C circuit)

L-என்ற கம்பிச்சுருள் (inductance) ஒன்றும், C-என்ற மின் தேக்கி (condenser) ஒன்றும் படத்தில் காட்டியவாறு இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. மின் தேக்கி மின்னூட்டம் பெற்றது எனக் கொள்வோம். மின்னூட்டம் சுருள் வழியாகச் செல்லும்போது ஆற்றல் காந்தப்புலத்தின் வடிவில் சுருளில் தேக்கி வைக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு ஆற்றல் முழுதும் காந்தப்புல வடிவில் தேக்கப்பட்ட பின்பு காந்தப்புலம் எதிர்த் திசையில் கம்பிச் சுருள்வழியே மின்னூட்டத்தைச் செலுத்தி மின் தேக்கியை எதிர்த் திசையில் மின்னூட்டம் பெறச் செய்கிறது. அவ்வாறு மின்னூட்டம் பெற்ற மின் தேக்கி கம்பிச் சுருளில் மின்னூட்டத்தைச் செலுத்தி ஆற்றலைக் காந்தப் புல வடிவில் தேக்குகிறது. அவ்வாற்றல் மீண்டும் மின் தேக்கியை மின்னூட்டம் பெறச் செய்கிறது. இவ்வாறே தொடர்ந்து LC இணைப்பில் மின் அலைவுகள் (electrical oscillations) உண்டாக்கப்படுகின்றன. இச் சுற்றில் மின் தடை ஏதும் இல்லையெனில் இவ்வலைவுகள் கால வரம்பின்றி அலைவுறும். ஆனால், மின்தடையில்லாத இணைப்புகளை அமைக்க முடியாது. ஆகையால் இவ்வலைவுகள் சிறிது சிறிதாகப் பலவீன முற்று இறுதியாக நின்றுவிடுகின்றன.



படம் : 251

ஒரு L-C இணைப்பின் அதிர்வு எண் f பின்வரும் சமன்பாட்டிலிருந்து பெறப்படுகிறது.

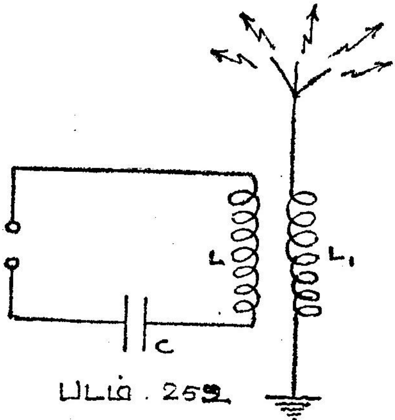
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

இங்கு L என்பது கம்பிச் சுருளின் மின் நிலைமம் (inductance) ஆகும். C-என்பது மின் தேக்கியின் தேக்கு திறன் (Capacity) ஆகும். இவ்வாறு LC இணைப்பில்

அலைவுகள் நிகழும்போது அதைச் சுற்றியுள்ள ஊடகத்தில் மின்காந்த அலைகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. அவ்வலைகள் ஒளியின் திசைவேகத்துடன் எல்லாத் திசைகளிலும் பரவிச் செல்லுகின்றன.

ரேடியோ அலைபரப்பி : (Transmitter)

படத்தில் காட்டியிருப்பது ஓர் எளிய அலை பரப்பியாகும். இதில் மின் அலைவுகளை உண்டாக்கும் LC இணைப்பு இருக்கிறது. LC-இணைப்பு தூண்டு சுருளின் பொறி இடைவெளி (Spark gap) யுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.



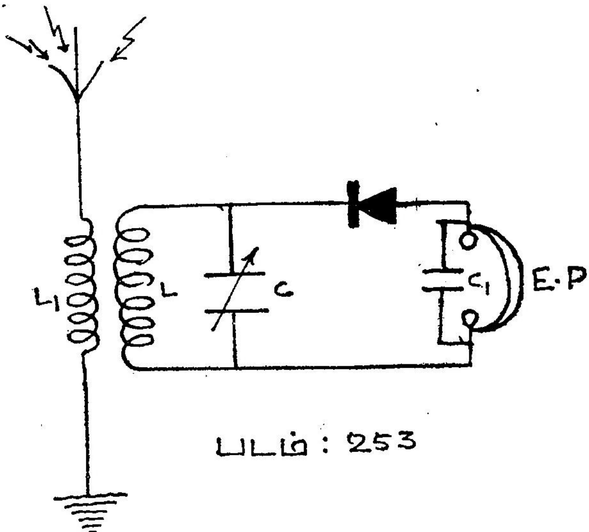
படம் . 252

L-என்ற சுருளுடன் தூண்டல் முறையில் L_1-என்ற மற்றொரு சுருள் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. L_1-என்ற சுருளின் கீழ் நுனி தரையிடப்பட்டு, மேல் நுனி ஏரியல் (aerial) கம்பியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஏரியல் மின்காந்த அலைகளை (electromagnetic waves) பல திசைகளிலும் பரப்புகின்றது.

படிக ஏற்பி : (Crystal receiver)

கலீனா, கார்பொராண்டம், சிலிகான் போன்ற சில படிகங்கள் வால்வுகளைப்போலவே திருத்து பண்பு கொண்டிருக்கின்றன. படிகம் குறிப்பிட்ட திசையில் மின்னோட்டத்திற்கு அதிகத் தடையும் அதற்கு எதிர்த்திசையில் மிகக் குறைந்த தடையும் தருகிறது. இதனால் இப் படிகத்தில் குறிப்பிட்ட ஒரு திசையில் மட்டுமே மின்னோட்டம் செல்ல இயல்கிறது. ஆகவேதான் அது திருத்து பண்பு கொண்டிருக்கிறது.

ரேடியோ நிலையங்களில் ஒலி பரப்பப்படும் நிகழ்ச்சிக் குறிகளை சுமந்து வரும் ரேடியோ அலைகள் L_1-என்ற ஏரியல் கம்பியில் விழுகின்றன. LC இணைப்பிலுள்ள C-என்ற மாறியல் மின் தேக்கியை (variable condenser) தக்கவாறு சீர் செய்து LC இணைப்பின் இயல்பு அதிர்வு, ரேடியோ அலைகளின் அதிர்வு எண்ணுக்குச் சமமாகும்படி செய்தால் ஒத்ததிர்வு ஏற்பட்டு LC இணைப்பில் அதிக மின்னோட்டம் ஏற்படும். இதனால் மின்னேற்பியின் இரு தகடுகளுக்கு மிடையே உண்டாகும் மின்னழுத்தம்



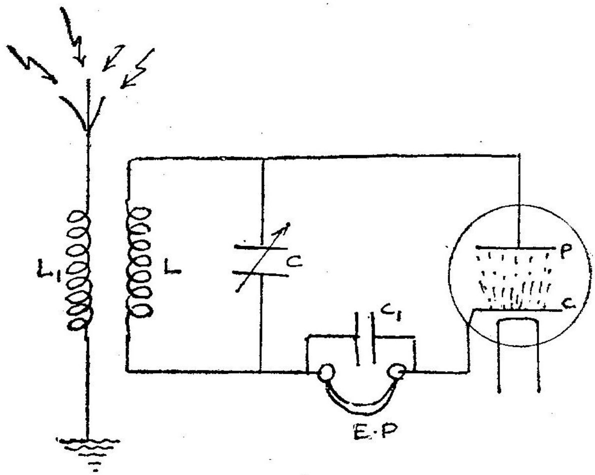
படம் : 253

படிகத்தினால் திருத்தப்பட்டு ஒரு திசை மின்னழுத்தமாகிறது. இதனால் ஏற்படும் மின்னோட்டத்தில் ஒலி அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறுகளும், ரேடியோ அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறுகளும் காணப்படும். ரேடியோ அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறுகள் C_1 என்ற தடம் மாற்று மின்தேக்கியினால் (bypass condenser) தரையிடப்படுகிறது, ஆனால் ஒலி அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறு EP-என்று குறிக்கப் பட்ட காதுகுழல்கள் (ear phones) வழியே சென்று அதிலுள்ள சவ்வை அதிரச் செய்து ஒலிபரப்பப்படும் நிகழ்ச்சியை மீட்டொலிக் கிறது.

டையோடு ஏற்பி (Diode receiver)

டையோடு வால்வு ஏற்பியும் படிகமும் செயல்படும் விதம் ஒரே மாதிரியாகவே இருக்கிறது. ஆனால் இங்கு மின்னோட்டத் திற்குக் காரணமான எலெக்ட்ரான்களை உண்டாக்க H H-என்று

குறிக்கப்பட்ட சூட்டிழைகள் பயன்படுகின்றன. மேலே குறிப்பிட்டது போலவே L_1-என்ற ஏரியல் கம்பி LC இணைப்பில் மின்னோட்டத்தைத் தூண்ட C-ன் தகடுகளுக்கு இடையில் ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாகிறது. இதனால் வால்வில் ஒருதிசை மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. இம் மின்னோட்டத்தில்

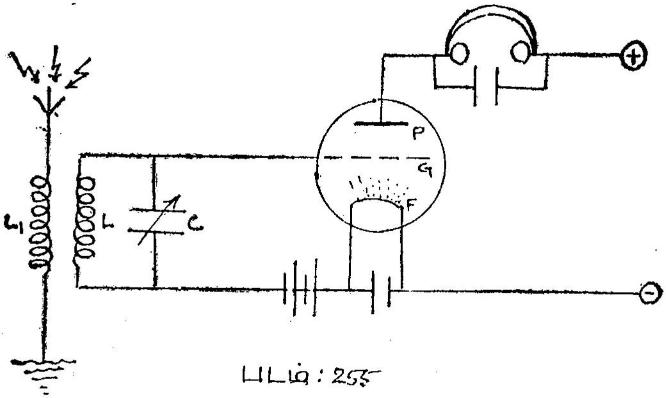


படம் : 254

ஒலி அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறுகளும் ரேடியோ அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறுகளும் இருக்கின்றன. ரேடியோ அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறுககள் C_1-என்ற தடம்மாற்று மின்தேக்கியினால் தடம் மாற்றப்பட்டுத் தரைக்குச் சென்றுவிடுகிறது. ஆனால் ஒலி அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறு காது குழலின் வழியே சென்று அதிலுள்ள சவ்வை அதிர்வுறச்செய்து நிகழ்ச்சியை மீட்டொலிக்கிறது.

ட்ரையோடு ஏற்பி : (Triode receiver)

கிரிட் மின்னழுத்தம், பரிமாற்ற இயல்பு வரைபடத்தின் கீழ்வளைவில் செயற்புள்ளி அமைவதற்கு ஏற்றவாறு தரப்படுகிறது. நிகழ்ச்சிக் குறிகள் (Signals) கிரிட்முனைக்கும் எதிர்மின் முனைக்கும் இடையில் செலுத்தப்படுகின்றன. இதனால் ஏற்பட்ட தகட்டு மின்னோட்டத்தில் ஒலி அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறுகளும், ரேடியோ அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறுகளும் காணப்படுகின்றன. ரேடியோ



படம் : 255

அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறுகள் தடம்மாற்று மின்தேக்கியின் வழியாகத் தரையை அடைகின்றன. ஒலி அதிர்வு மின்னோட்டக் கூறு காது குழலின் வழியே சென்று நிகழ்ச்சியை மீட்டொலிக்கிறது.

4. ஒளிமின் கலங்கள்

(Photo electric cells)

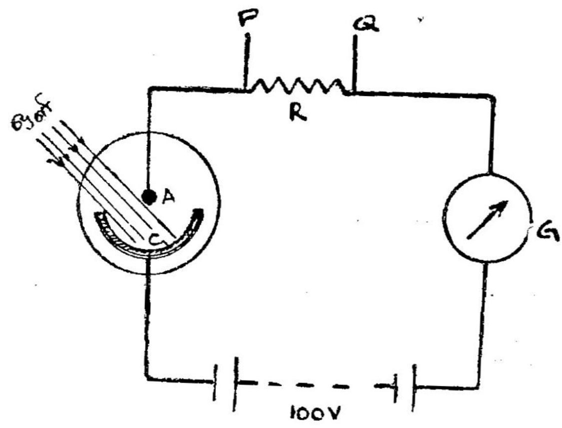
(i) **ஒளிமின் விளைவு** (Photo electric effect)

உலோகப் பரப்புகளின் மீது ஒளி விழும்போது அப் பரப்பு எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடுவது தெரிந்ததே. கார உலோகங்களான பொடாசியம், ருபீடியம், சீஷியம் (caesium), ஸ்ட்ரான்ஷியம், பேரியம் போன்றவை கண்ணுக்குப் புலப்படும் ஒளி அவற்றின் மீது விழும்போது ஏராளமான எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றன. இவற்றுள்ளும் சீஷியம் என்ற உலோகம் மிக்க ஒளியுணர்வு கொண்டது. இவ்வாறு ஒளி ஒரு பரப்பின்மீது விழுவதனுல் அப் பரப்பிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படும் நிகழ்ச்சிக்கு ஒளிமின் நிகழ்ச்சி அல்லது **ஒளிமின் விளைவு** (photo electric effect) என்றும் அவ்வாறு வெளிவரும் எலெக்ட்ரான்களுக்கு ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் (photo electrons) என்றும் பெயர். இவ் விளைவினைப் பயன்படுத்தி ஒளியை மின்னோட்டமாக மாற்றுவதற்காக அமைக்கப்பட்ட சாதனம் ஒளி மின்கலம் (photo electric cell) எனப்படும்.

(ii) **ஒளி மின்கலம்**

குவார்ட்ஸ் அல்லது கண்ணுடியால் செய்யப்பட்ட குமிழ் ஒன்றுக்குள் எதிர்மின் முனை ஒன்றும், நேர்மின் முனை ஒன்றும் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. குமிழினுள் உள்ள காற்று முழுமையாக நீக்கப்பட்டு ஆர்கான் போன்ற ஒரு மந்த வாயு (inert gas) குறைந்த அழுத்தத்தில் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது. எதிர்மின் முனை, அரை உருளை வடிவத்தில், வெள்ளித் தகட்டால் செய்யப்பட்டு, சீஷ்யம் போன்ற ஒளி உணர்வு மிக்க உலோகப் பூச்சு தரப்பட்டிருக்கிறது. நேர்மின் முனை ஒரு குச்சி வடிவுடையதாகவும், எதிர்மின் முனை உருளையின் அச்சுக்கு இணையாகவும் அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. நேர்மின் முனை, எதிர்மின் முனையைப்

பொருத்து 100 வோல்ட் நேர் மின்னழுத்தமுள்ளதாக வைக்கப் பட்டிருக்கிறது. நேர்மின் முனையையும் எதிர்மின் முனையையும் இணைக்கும் சுற்றில் நுட்பமான கால்வனோ மீட்டர் ஒன்றும் R என்ற உயர்மின் தடை ஒன்றும் இருக்கின்றன.



படம் 256

சீஷியப் பூச்சு கொடுக்கப்பட்ட பரப்பின்மீது ஒளி விழும் போது கால்வனோ மீட்டர் அசைந்து அச் சுற்றில் மின்னோட்டம் ஏற்படுவதைக் காட்டுகிறது. அம் மின்னோட்டத்தினால் உயர் மின்தடை R-ன் இரு முனைகளிலும் ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாகிறது. இது சீஷியப் பரப்பின்மீது படுகின்ற ஒளியின் செறிவுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கிறது. அப் பரப்பின்மீது விழும் ஒளிச் செறிவு குறிப்பிட்ட வகையில் மாற்றமடைந்துகொண்டே இருந்தால் R-ன் இரு முனைகளுக்குமிடையே காணப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடும் அதே வகையில் மாற்றமடைந்து கொண்டே இருக்கும். இம் மின்னழுத்த மாறுபாட்டினை வால்வு பெருக்கிகளைக் கொண்டு பெருக்கி ஒலி பெருக்கியினுள் செலுத்தி ஒலியாக மாற்றலாம். இம் முறையில்தான் திரைப்படத் துறையில், மாறும் செறிவு அல்லது மாறும் பரப்பு முறையில் திரைப்படச் சுருளில் பதிவு செய்யப்பட்ட ஒலி மீட்டொலிக்கப்படுகிறது.

5. எக்ஸ் - கதிர்கள்

(X - Rays)

மின்னிறக்கக் குழாயினுள் நிலவும் அழுத்தம் $\frac{1}{1000}$ சென்டி மீட்டர் பாதரச அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும்போது குருக்கின் இருண்ட இடம் குழாய் முழுதும் நிரம்புகிறது என்றும், அப்போது எதிர் மின்முனைக்கு எதிர்ப்பக்கமுள்ள குழாயின் கண்ணாடிச் சுவர் இளம் பச்சை நிறத்துடன் ஒளிர்கிறது என்றும் கண்டோம். 1895 ஆம் ஆண்டில் ராண்ட்ஜன் (Rontgen) என்ற ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி மின்னிறக்கக் குழாயிலிருந்து சிறிது தள்ளியிருந்த பேரியம் பிளாட்டினோசைனட் (Barium platinocynide) பூசப்பட்ட திரை ஒன்று ஒளிர்ந்ததையும், மின்னிறக்கக் குழாயைத் தடிப்பான கருப்புக் காகிதத்தால் மூடியபோதும் திரை ஒளிர்ந்ததையும் கண்டார். தடிப்பு மிக்க பல தடைப் பொருள்களைத் திரைக்கும் மின்னிறக்கக் குழாய்க்கும் இடையில் வைத்தபோது ஒளிர்தல் குறைந்ததே தவிர நின்று போகவில்லை. எனவே மின்னிறக்கக் குழாயிலிருந்து மிகுந்த ஊடுருவும் ஆற்றல் கொண்ட 'ஏதோ ஒரு கதிர்' வெளி வருகிறது என்றுணர்ந்த ராண்ட்ஜன் அக் கதிர் களுக்கு எக்ஸ்-கதிர்கள் எனப் பெயரிட்டார்.

நேர் மின்முனையை நோக்கி விரைந்து செல்கின்ற எலெக்ட் ரான்கள் ஏதாவது ஒரு பொருளால் திடீரென நிறுத்தப்படும்போது X கதிர்கள் உண்டாகின்றன. ஒரு வாயுவின் வழியாக மின் னிறக்கம் நடைபெறும்போதோ அல்லது வெப்ப அயனி வெளியீடு நடைபெறும்போதோ எலெக்ட்ரான்கள் கிடைக்கின்றன. இவ்வாறு இரு வகையில் பெறும் எலெக்ட்ரான்களைக்கொண்டு இரு வேறுவகையில் X கதிர்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன.

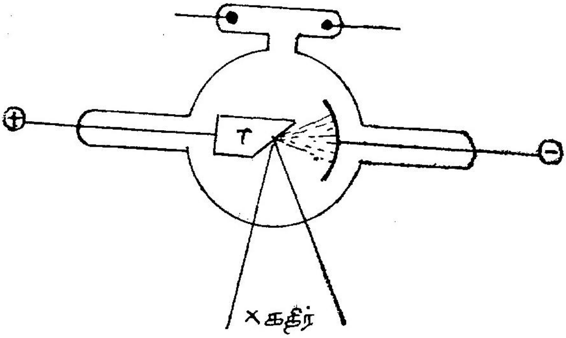
(i) வாயுக் குழாய் (Gas tube)

இதில் அலுமினியத்தால் செய்யப்பட்ட குழிந்த *C* என்ற எதிர் மின்முனையும், அதற்கு எதிரே டங்ஸ்டன் அல்லது மாலுபிடீனம்

உலோகத்தால் செய்யப்பட்ட இலக்கு (target) பொருத்தப்பட்ட எதிர் எதிர் முனை (anti cathode)யும் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. (படம் 257) இலக்கின் முகம் குழாயின் அச்சுக்கு 45° சரித்து வெட்டப்பட்டிருக்கிறது.

A என்ற நேர் மின்முனை பக்கவாட்டில் இருக்கும் குழாய் ஒன்றுக்குள் வைக்கப்பட்டு வெளிப்பக்கமாக எதிர் எதிர் மின் முனையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இவ்வமைப்பினால் மின்னிறக்கம் சீராக நடைபெறுகிறது. குழாயினுள் $\frac{1}{1000}$ மி. மீ. பாதரச அழுத்தம் நிலவுகிறது. எதிர்மின் முனையும் நேர்மின் முனையும் ஏறக் குறைய 30,000 வோல்ட் மின்னழுத்தம் தரும் துணைச் சுருளுடன் இணைக்கப்படுகின்றன.

எதிர் மின்முனையின் பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக அதை விட்டுக் கிளம்பும் எலெக்ட்ரான்கள், மின்முனை குழிவாக இருப்பதால் அதன் வளைவு மையத்தில் குவிக்கப்படுகின்றன. இலக்கின் சரிந்த முகம் வளைவு மையத்தில் இருப்பதால் விரைந்து வரும் எலெக்ட்ரான்கள் இலக்கினால் தடுத்து நிறுத்தப்படுகின்றன. இதனால் *T* என்ற இலக்கிலிருந்து X கதிர்கள் வெளிவருகின்றன.



படம் : 257

இக் குழாய் நீண்ட நேரம் வேலை செய்தால் இதனுள்ளிருக்கும் வாயு அழுத்தம் மிகவும் குறைந்துவிடுகிறது. எனவே தரப்பட்ட மின்னழுத்தத்தில் மின்னிறக்கம் நடைபெறுவது கடினமாகி விடுகிறது. இப்போது குழாய் கடினமடைந்து விட்டது என்று கூறுகிறோம். குழாயிலுள்ள வாயு அழுத்தத்தை அதிகப்படுத்தினால்தான் குழாய் மீண்டும் இயங்கும். குழாயின் மேற்புறத்தில்

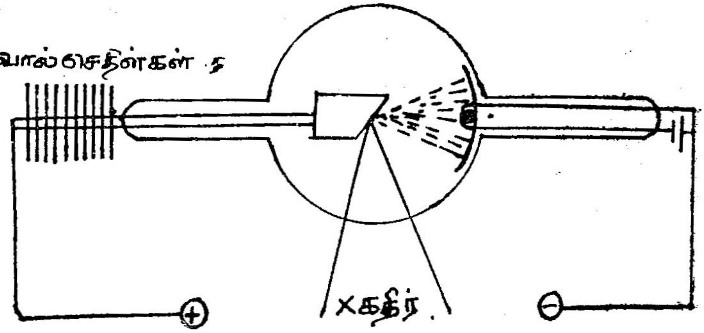
இரு மின்முனைகள் இருப்பதைக் கவனியுங்கள். அவை வாயுக்களை விழுங்கி வைத்திருக்கும் முனைகள். அவை வெப்பப்படுத்தப் பட்டால் அவை விழுங்கி இருக்கும் வாயுக்களை வெளியே விட்டு விடும். எனவே அவ்விரு மின்முனைகளையும் A-மற்றும் C-யுடன் இணைக்க அவற்றிடையே மின்னிறக்கம் உண்டாகி அவை வாயுக் களை வெளிவிடுகின்றன. இதனால் குழாயினுள் அழுத்தம் அதிக மாகி மீண்டும் X கதிர்கள் வெளிவரத் தொடங்குகின்றன. இப்போது குழாய் மிருதுவாகிவிட்டது என்கிறோம். வெளி வருகின்ற X கதிர்களின் அளவும், ஊடுருவும் திறனும் குழாயி னுள் நிலவும் அழுத்தத்தைப் பொருத்திருக்கின்றன. எனவே இவற்றைச் சீராக இருக்கும்படி செய்யவேண்டுமானால் அழுத்தம் சீராக இருக்கும்படி பார்த்துக்கொள்ளவேண்டும். இது முடியாத செயல். எனவே வாயுக் குழாயிலிருந்து வெளிவரும் X கதிர் களின் அளவையும் ஊடுருவு திறனையும் கட்டுப்படுத்த இயலாது.

கூலிட்ஜ் குழாய் (Coolidge tube)

இதனை டாக்டர் கூலிட்ஜ் என்பார் 1915 ஆம் ஆண்டில் உருவாக்கினார். இதில் எலெக்ட்ரான்கள் வெப்ப அயனி வெளி யீட்டு முறையில் வெளிவிடப்படுகின்றன. எனவே குழாயினுள் இருக்கும் வாயு முழுவதையும் வெளியேற்றிவிடலாம். மேலும் வெளியிடப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையையும், அதன் மூலம் உண்டாக்கப்படும் X கதிர்களின் அளவையும் எளிதில் கட்டுப்படுத்தலாம். X கதிர்களின் ஊடுருவு திறன், எதிர் மின்முனை மற்றும் நேர் மின்முனை இவற்றிடையே நிலவும் மின்னழுத்த நிலையைப் பொருத்திருப்பதால் அதையும் எளிதில் கட்டுப் படுத்தலாம்.

கூலிட்ஜ் குழாயில் ஒரு கோளவடிவ மையப்பகுதியும் அதன் இரு பக்கத்திலும் இரு ஓரச்சுக் குழாய்களும் இருக்கின்றன. (படம் 258) அக் குழாய்களில் ஒன்றினுள் மின்னோட்டத்தால் சூடாக்கப்படும் தோரிய டங்ஸ்டன் இழை ஒன்று வைக்கப்பட் டிருக்கிறது. இவ்விழை ஒரு குழிந்த உலோகக் கிண்ணத்திற்குள் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதனால் இழையிலிருந்து வெளிவரும் எலெக்ட்ரான்கள் அக் கிண்ணத்தின் வளைவு மையத்தில் குவிக்கப் படுகின்றன. எதிர்ப்பக்கமுள்ள குழாயினுள் தடித்த செப்புத் தண்டும், அதன் முனையில் டங்ஸ்டன் இலக்கும் பொருத்தப் பட்டிருக்கின்றன. இலக்கின் முகம் முன்போலவே 45° சாய்த்து வெட்டப்பட்டுக் கிண்ணத்தின் வளைவு மையத்தில் வைக்கப் பட்டுள்ளது. செப்புத் தண்டு நேர் மின்முனையாகும். குழாய்க்கு வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் செப்புத் தண்டில் பல இணைத்

தகடுகள் பொருத்தப்பட்டுக் கருப்பு நிறம் பூசப்பட்டிருக்கின்றன. இவை வால் செதில்கள் (fins) எனப்படுகின்றன. நேர் மின்முனை மற்றும் எதிர் மின்முனை இவற்றிற்கு இடையே 50,000—200,000 வோல்ட் மின்னழுத்தம் தரப்படுகிறது. டங்ஸ்டன் இழையைச் சூடுபடுத்துவதற்குத் தனியாக மின்கல அடுக்கு பயன் படுத்தப்படுகிறது.



படம்: 258

கூலிட்ஜ் குழாய்

டங்ஸ்டன் இழை சூடுபடுத்தப்பட்டவுடன் அஃது எலெக்ட் ரான்களை வெளியிடுகிறது. வெளியிடப்பட்ட எலெக்ட்ரான்களை மிக உயர்ந்த நேர் அழுத்த நிலையிலுள்ள எதிர் மின்முனை விரைந்து இழுக்கின்றது. குழிவுக் கிண்ணம் எலெக்ட்ரான்களை அதன் வளைவு மையத்தில் குவிக்கிறது. அவ்வாறு விரைந்து செல்லும் எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் இலக்கின்மீதுள்ள ஒரு புள்ளியில் மோதி நிற்கின்றன. இதனால் X கதிர்கள் உண்டாகின்றன. டங்ஸ்டன் இழையில் செல்லும் மின்னோட்டத்தை அதிகரித்தால் அதன் வெப்பநிலை உயரும். இதனால் வெளிவரும் எலெக்ட்ரான் களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகும். அதிக எண்ணிக்கையுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் மோதுவதால் அதிக அளவு X கதிர்கள் கிடைக்கும். இழையில் செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் குறைத்தால் X கதிர்களின் அளவும் குறையும். நேர் மின்முனை, மற்றும் எதிர் மின்முனை இவற்றிடை நிலவும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அதிகரித்தால் அதிக ஊடுருவு திறன் கொண்ட X கதிர்களும், குறைத்தால் குறைந்த ஊடுருவு திறன் கொண்ட X கதிர்களும் கிடைக்கின்றன.

X கதிர்களின் பண்புகள் :

(i) இவைகள் மிகக் குறைந்த அலை நீளமுடைய மின்காந்த அலைகளே ஆகும். இவை எல்லா வகையிலும் ஒளியைப் போன்றவையே ஆகும். ஆனால் மிகக் குறைந்த அலை நீளமுடைய இவை அதிக ஊடுருவு திறன் கொண்டவை. இவற்றின் அலை நீளம் 100 ஆ. அ. முதல் ·001 ஆ. அ வரை இருக்கின்றன.

(ii) பருப்பொருளின் வழியே செல்லும்போது இவை உட்கவரப்பட்டு, செறிவில் குறைகின்றன. பொருளின் அணு எடை அதிகரிக்க அதிகரிக்க உட்கவரப்படும் X கதிரின் அளவும் அதிகமாகிறது.

(iii) குறைந்த அலை நீளமுடைய X கதிர்கள் அதிக ஊடுருவு திறனும், அதிக அலை நீளமுடையவை குறைந்த ஊடுருவு திறனும் கொண்டிருக்கின்றன.

(iv) இவை வாயுவின் வழியே சென்றால் அவ் வாயுவில் அயனியாக்கம் செய்கின்றன.

(v) இவை சில பொருள்களில் ஒளிர்தலும் (fluorescence), நின்றொளிர்தலும் (Phosphorescence) செய்கின்றன.

(vi) இவை மின்புலம் மற்றும் காந்தப் புலம் இவற்றால் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

(vii) இவை ஒளிப்படத் தகடுகளைப் பாதித்து அவற்றில் பிம்பங்களை உண்டாக்குகின்றன.

(viii) ஒளியைப் போலவே இவை, பிரதிபலித்தல், விலகல், குறுக்கீடு, விளிம்புவிளைவு, தளவிளைவு, சிதறல் போன்ற நிகழ்ச்சிகளை உண்டாக்குகின்றன.

X கதிர்களின் பயன்கள் (Uses of X-rays)

(i) X கதிர்களின் விளிம்புவிளைவு நிகழ்ச்சியைப் பெறச் சாதாரண கோடுகள் வரையப்பட்ட கீற்றணி பயன்படாது. அதில் உள்ள இடைவெளி X கதிர்களின் அலை நீளத்தைவிடப் பல ஆயிரம் மடங்கு பெரியது. எனவே சாதாரண கீற்றணியின் வழியாக X கதிர்கள் எளிதில் சென்றுவிடுகின்றன. படிகங்களில் உள்ள அணுக்கள் ஒழுங்கான இடைவெளியில் அமைந்து கீற்றணி போலக் காணப்படுகின்றன. எனவே X கதிர்களைப் படிகங்களின் வழியே செலுத்தி விளிம்பு விளைவு உண்டாக்கி, அதன்

மூலம் கிடைக்கின்ற விளிம்பு விளைவுப் பாங்கினை (diffraction pattern) படம் எடுத்தால் படிகங்களின் அமைப்புபற்றித் தெளிவாக அறியலாம்.

(ii) நம் உடம்பிலுள்ள எலும்பில் தசையில் இருப்பதைவிட, கனமான தனிமங்களாகிய கால்ஷியம். பாஸ்பரஸ் போன்றவை இருக்கின்றன. எனவே X கதிர்களைக்கொண்டு நம் உடலைப் படம் எடுத்தால் X கதிர்களைப் புகவிடாத எலும்புப் பகுதிகள் ஒரு விதமாகவும், X கதிர்களைப் பெருமளவு புகவிடும் தசைப் பகுதிகள் வேறுவிதமாகவும் தோற்றமளிக்கும். இதனால் எலும்பு முறிவு, கீறல் போன்ற குறையுள்ள பகுதிகளையும், அவற்றின் இயல்புகளையும் படம் எடுத்துப் பார்த்து அறிந்து தக்க சிகிச்சை அளிக்க X கதிர் படங்கள் பயன்படுகின்றன குழந்தைகள் விழுங்கிவிடுகின்ற ஊசி, இரும்புத் துண்டுகள் போன்றவை உணவுப் பாதையில் இருக்குமிடத்தை அறிந்து அவற்றை எடுப்பதற்கு X கதிர்ப் படங்கள் உதவுகின்றன. எலும்புருக்கி நோய் இருந்தால் அதை உணரவும், குணப்படுத்தவும் X கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. உணவுக்குழல், குடல் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் புற்றுநோய் பற்றிய விவரங்களை அறியவும், குறுக்குச் சூடு (cross fire) முறையில் அவற்றைச் சுட்டு அழிக்கவும் X கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. இன்று மருத்துவத் துறையில் X கதிர்களின் பயன் எண்ணில் அடங்காத அளவு பெருகியுள்ளது.

(iii) தொழில் துறையில் X கதிர்களின் ஊடுருவு திறன் பயன்படுத்தப்படுகிறது. வார்ப்புகள், மற்றும் பெரிய பொறிகள், அவற்றின் பகுதிகள் ஆகியவற்றில் உள்ள, காற்றுக் குமிழ், கீறல்கள், வெடிப்புகள் போன்ற குறைகளைக் கண்டறிய X கதிர்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. உலோகங்கள், கலப்பு உலோகங்கள் ஆகியவற்றின் படிக அமைப்பினை அறிந்து அவற்றின் உறுதி, மற்றும் தரம் இவற்றைக் கட்டுப்படுத்த X கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. இது போன்றே கைரேகை மற்றும் திருடர்கள் விட்டுச் செல்லும் அடையாளங்கள் ஆகியவற்றை X கதிர்களைக் கொண்டு படம் எடுத்துத் திருட்டைக் கண்டுபிடிப்பதிலும் இதுபோன்ற பல வகைகளிலும் X கதிர்கள் பயன்படுகின்றன.

6. கதிரியக்கம்

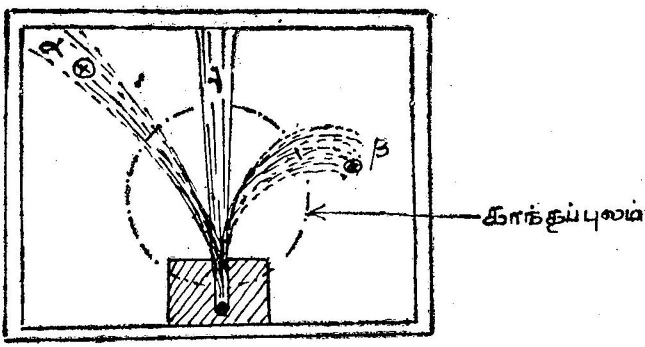
(Radio Activity)

ஹென்றிபெக்கரல் (Henry Becquerel) என்ற ஃபிரஞ்சு விஞ்ஞானி ஒளிரும் உப்புக்கள் (Fluorescent salts) பற்றிய ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டிருந்தபோது தற்செயலாக இந் நிகழ்ச்சியினைக் கண்டுபிடித்தார். பொடாசியம் மற்றும் யுரேனியம் இவற்றின் இரட்டைச் சல்பேட்டைக்கொண்டு ஆராய்ச்சிகள் நடத்திக் கொண்டிருந்தபோது மப்பும் மந்தாரமாக இருக்கவே அவ்வுப்பை ஒரு காகிதத்தில் பொட்டலமாகக் கட்டி தன் மேசையின் இழுப் பறையினுள் வைத்துவிட்டு வேறு வேலையில் ஈடுபட்டார். தற் செயலாக அதே இழுப்பறையில் அவர் உபயோகப்படுத்தாத சில ஒளிப்படத் தகடுகளையும் வைத்திருந்தார். சில நாட்களுக்குப் பின்பு, ஒளிப்படம் எடுக்க நினைத்து அவ்வொளிப்படத் தகடுகளை எடுத்துப் பயன்படுத்திய பெக்கரல், அதற்கு முன்பே அத் தகடுகள் ஏதோ ஒரு காரணத்தால் பாழ்பட்டுப் போயிருப்பதைக் கண்டார். அவ்வொளிப்படத் தகடுகள் கருப்புக் காகிதத்தில் நன்கு சுற்றப்பட்டு ஒளி புகாதவாறு வைக்கப்பட்டிருந்தன. அந்த இழுப்பறையில் அந்த உப்புப் பொட்டலத்தைத் தவிர வேறு ஒரு பொருளும் இல்லை. எனவே அந்த இரட்டை உப்பு ஒளிப்படத் தகட்டைப் பாதிக்கக்கூடிய ஏதோ ஒருவகைக் கதிர்களை வெளியிட்டிருக்கவேண்டும் என ஊகித்தார். பின்பு நன்கு கருப்புக் காகிதத்தில் சுற்றப்பட்ட புதிய ஒளிப்படத் தகடு ஒன்றை எடுத்து, அதன்மீது ஒரு இரும்புச் சாவியை வைத்து அதன்மீது பொட்டாசியம், யுரேனியம் இரட்டைச் சல்பேட் கொண்ட பொட்டலத்தை வைத்தார். சில மணி நேரங் கழித்து அவ்வொளிப்படத் தகட்டைக் கழுவிப் பார்த்தபோது அதில் சாவியின் பிம்பம் தோன்றக் கண்ட பெக்கரல் அவ்வுப்பு ஏதோ ஒரு புதுவகைக் கதிர்களை வீசுகிறது என்றுணர்ந்தார். தொடர்ந்து செய்த ஆராய்ச்சிகள் யுரேனியம் உள்ள எல்லா உப்புகளுமே

இத்தகைய கதிர்கள் வீசுவதைக் காட்டின. இந் நிகழ்ச்சி கதிரியக்கம் (Radio activity) எனப்பட்டது.

பிட்ச் பிளண்டி (Pitch blende) என்ற யுரேனியத்தைக் கொண்ட இயற்கைக் கனிப்பொருள் அதிக கதிரியக்க ஆற்றல் பெற்றது. இரசாயன முறையில் இக் கனிப் பொருளை ஆராய்ந்த பியரி (Pierre) மற்றும் மேடம் க்யூரி (Madam Curie) ஆகியோர் அதில் ரேடியம் மற்றும் பொலோனியம் ஆகிய தனிமங்கள் இருப்பதைக் கண்டனர். பொலோனியம், யுரேனியத்தைப் போல ஆயிரம் மடங்கு கதிர் வீச்சு ஆற்றலும் ரேடியம் நூறு ஆயிரம் மடங்கு ஆற்றலும் உடையன.

கதிரியக்கப் பொருளை எவ்வித பௌதிக அல்லது இரசாயன மாற்றங்களுக்கு உட்படுத்திய போதும் அதன் கதிரியக்க ஆற்றல் எவ்வித மாற்றமும் அடைவதில்லை. இவ்வுண்மை கதிரியக்க ஆற்றலின் மூலம்பற்றிய உண்மைக்கு வித்திட்டது. ஓர் அணுவின் பௌதிக, இரசாயனப் பண்புகள் அதன் கட்டமைப்பில் வெளி வீதியில் சுற்றிக்கொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரான்களைப் பொருத்தது என அறிவோம். இக் கதிரியக்க விளைவு பௌதிக இரசாயன மாற்றங்களால் பாதிக்கப்படாததால் இஃது அணுவின் உள்ளே இருக்கின்ற அணுக்கரு சம்பந்தப்பட்ட நிகழ்ச்சியாக இருக்கவேண்டும் என்றறிகிறோம்.



படம்: 259

ஒரு கதிரியக்கப் பொருளிலிருந்து வெளிவருகின்ற கதிர் வீச்சுக்களின் இயல்பினைப் பின்வருமாறு அறியலாம். ஒரு பெரிய ஈயக்கட்டியின் மையத்தில் மெல்லிய ஆழமான துளை ஒன்று செய்து, அத் துளையின் அடியில் ரேடியம் போன்ற கதிரியக்கப்

பொருளின் சிறு துணுக்கு ஒன்றை வைக்கிறோம். ஈயக்கட்டியை முற்றிலும் காற்று நீக்கம் செய்யப்பட்ட ஒரு அறையினுள் வைத்துப் படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக உட்புறமாக காந்தப்புலம் ஒன்றைச் செயற்படுத்துகிறோம்.

ரேடியத்திலிருந்து வெளிவரும் கதிர்வீச்சு மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிகிறது. ஒன்று வலப்பக்கமாக அதிகத் திருப்பமுறும் பகுதி. மற்றது இடப்பக்கமாகச் சிறிது திருப்பமுறும் பகுதி. மூன்ருவது திருப்பமுருமல் நேராகச் செல்லும் பகுதி.

இடப்பக்கமாகத் திருப்பமுறும் பகுதியில் நேர் மின்னூட்டங் கொண்ட துகள்கள் இருக்கவேண்டும். இவை α துகள்கள் அல்லது α கதிர்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன, வலப்பக்கமாகத் திருப்பமுறும் பகுதி எதிர் மின்னூட்டமுடைய துகள்களைக் கொண்டிருக்கவேண்டும். அவை β துகள்கள் அல்லது β கதிர்கள் எனப்படுகின்றன. திருப்பமுருமல் நேர் மேலே செல்லும் பகுதி மின்னூட்டமற்றது. அஃது ஒளிக்கதிர்களை ஒத்தது. அது γ கதிர்கள் எனப்படுகின்றது. மேலே கூறிய மூவகைக் கதிர்களுள் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட கதிர்களை வீசும் நிகழ்ச்சி கதிரியக்கம் எனப்படும்.

α கதிர்கள் (α Rays) :

α துகள் நான்கு நிறை அலகுகளும், இரு அலகு நேர்மின்னூட்டமும் கொண்டது. ஹீலியம் அணுக்கருவும், நான்கு நிறை அலகுகளும் இரு அலகு நேர் மின்னூட்டமும் கொண்டிருக்கிறது. எனவே α துகள் என்பது சுற்றிவரும் எலெக்ட்ரான்கள் நீக்கப்பட்ட ஹீலியம் அணுவே என்று கூறலாம். α துகள்களைத் தக்க ஒரு கலத்தில் சேமித்தால் ஹீலியம் வாயு கிடைக்கும். ஆல்ஃபா துகள்களை ஒரு மின்னிறக்கக் குழாயில் சேமித்து அதன் வழியே மின்னிறக்கம் நிகழச் செய்தால் அஃது ஒளியைச் சிந்துகிறது. அவ்வொளியின் நிறமாலை ஹீலியம் நிறமாலையுடன் முற்றிலும் ஒத்திருக்கிறது. எனவே α துகள் என்பது ஹீலியம் அணுக்கருவே என்ற முடிவுக்கு வருகிறோம். α துகள்கள் மிக அதிக திசை வேகம் உடையன. அவை அதிக அயனியாக்கத் திறன் (ionising power) உடையவை. இவை ஒளிப்படத் தகட்டைப் பாதிக்கின்றன.

β கதிர்கள் (β Rays) :

இவை எதிர்மின்னூட்டமுடைய துகள்களை உடையவை. இத்துகளின் $\frac{e}{m}$ மதிப்பு இவைகள் விரைந்து செல்லும் எலெக்ட்

ரான்களே என்ற உண்மையை வெளிப்படுத்தியது. இவை மிக மிக அதிக திசை வேகம் உடையவை. இவற்றில் ஒளியின் வேகத்திற்கு ஓரளவு சமமான வேகமுடைய துகள்களும் உண்டு. இத்தகைய வேகத்துடன் செல்வதால் ஈன்ஸ்டீன் கூறிய சார்பு நிலைக் கொள்கைக்கு ஏற்ப இவற்றின் நிறையில் கூடுதல் ஏற்படுவதுகூடக் கண்டறியப்பட்டது. β துகள்கள் குறைந்த அயனியாக்கத் திறன் உடையவை.

γ கதிர்கள் (γ Rays)

இவை X கதிர்களைப் போன்றே மிக அதிக ஊடுருவு திறன் கொண்ட கதிர்கள் ஆகும். இவற்றின் அலை நீளம் X கதிர்களின் அலை நீளத்தைவிடக் குறைவு. இவை மின்புலம் அல்லது காந்தப் புலத்தில் திருப்ப முறுவது இல்லை. எனவே γ கதிர்கள் ஈயத்தகடுகளையும் ஊடுருவிச் செல்ல வல்லன. ஆனால் இவற்றின் அயனியாக்கத் திறன் β கதிர்களின் அயனியாக்கத்திறனைவிடக் குறைவு.

இடப்பெயர்ச்சி விதி (Displacement law)

ஓர் அணுவின் கருவில் நடைபெறும் மாற்றங்கள் காரணமாகக் கதிரியக்க நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறது. கதிரியக்க அணு ஒன்று ஒரு α துகளை வெளியிட்டால் அதன் அணு எண்ணில் (atomic number) இரண்டும் நிறை எண்ணில் (mass number) நான்கும் குறைந்துவிடும். அவ்வணுவின் கருவில் ஏற்படும் இம் மாற்றத்தினால் அவ்வணு வேறு தனிமத்தின் அணுவாக மாறிவிடுகிறது. இப் புதிய அணு எண், முன்பிருந்த அணு எண்ணைவிட இரண்டு எண் குறைவாக இருக்கும். அஃதாவது தனிம அட்டவணையில் (Periodic table) அஃது இரண்டு இடம் பின்னேக்கிச் செல்லும். கதிரியக்க அணு ஒரு β துகளை வெளியிடும்போது அதன் நிறை எண்ணில் மாற்றம் ஏற்படுவது இல்லை. அணு ஒரு எதிர் மின்னூட்டத்தை இழக்கிறது. அதுவும் அணுவின் கருவிலிருந்ததாகையால் அங்கு ஒரு நேர்மின்னூட்டம் அதிகரித்து இருக்க வேண்டும். (அணுக்கருவில் உள்ள நியூட்ரான் என்ற துகளை ஒரு புரோட்டானும் எலெக்ட்ரானும் இரண்டறக் கலந்த அமைப்பாகக் கொள்ளலாம்.) எனவே β துகளை வெளியிட்ட அணுவின் அணு எண்ணில் ஒன்று அதிகமாகிறது. எனவே அது தனிம அட்டவணையில் ஓரிடம் மேலே செல்கிறது. இவ்வாறு கதிர்வீச்சின் காரணமாக ஏற்படும் அணு மாற்றம் தனிம அட்டவணையில் அணுக்களை இடப்பெயர்ச்சியுறச் செய்கின்றன. எடுத்துக் காட்டாக யுரேனியம் அணு ஒரு α துகளை வீசிவிட்டு ஐயோனியம் என்ற தனிமமாக மாறுகிறது. இதனால் தனிம அட்டவணையில் இரண்டு இடங்கள் பின்னேக்கிச் செல்கிறது.

மீண்டும் α துகளை வீசி ரேடியமாகிறது. மறுபடியும் α துகளை வெளியிட்டு ரேடானாகிறது. இவ்வாறே ஒரு சமயத்தில் α அல்லது β துகளை வீசி, வேறு தனிமமாக மாறிக்கொண்டே வந்து இறுதியில் நிலையான ஈயம் ஆகிவிடுகிறது. யுரேனியத்தில் தொடங்கிப் பல தனிமங்களாக மாறிக்கொண்டே வந்து இறுதியில் நிலையான ஈயமாக மாறுகின்ற இத் தனிம வரிசை யுரேனியத் தொடர் (Uranium series) எனப்படும். இவ்வாறே தோரியம் தொடர், ஆக்டினியம் தொடர் என்ற வேறு இரு கதிரியக் கத் தொடர்களும் உள்ளன.

அணுச் சிதைவு விதி (Law of disintegration)

ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் தொடர்ந்து சிதைவுற்றுக் கொண்டே இருக்கிறது என்று கண்டோம். ஒரு தனிமம் சிதைவுறும் வேக விகிதம் அத் தருணத்தில் அத் தனிமத்தில் எத்தனை கதிரியக்க அணுக்கள் இருக்கின்றனவோ அதற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். தொடக்கத்தில் ஒரு கட்டியில் உள்ள கதிரியக்க அணுக்களின் எண்ணிக்கை N_0-என்றும் t-என்னும் கால அளவிற்குப்பின் அதில் உள்ள கதிரியக்க அணுக்களின் எண்ணிக்கை N-என்றும் கொள் வோம். மேற்கூறிய விதியின்படி,

$$-\frac{dN}{dt} \propto N$$

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

இங்கு λ என்பது சிதைவு மாறிலி (dccay constant)

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

$\log N = -\lambda t + C$. C-என்பது குழுநி ஆக்க மாறிலி (Integration Constant) $t = o$ ஆக இருக்கையில் $N = N_0$ ஆகும்.

எனவே

$$\log N_0 = O + C \text{ அல்லது } C = \log N_0$$

எனவே $\log N = -\lambda t + \log N_0$

$$\log N - \log N_0 = -\lambda t$$

$$\log \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$ ஆகும்.

இச் சமன்பாட்டின்படி $N = O$ ஆகக் கணக்கிலடங்காத காலமாகும். எனவே ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்திலிருந்து மற்றொரு கதிரியக்கத் தனிமத்தை வேறுபடுத்தி அறியப் பின்வரும் முறை கையாளப்படுகிறது. இதற்கு அரை வாழ்வு காலம் (Half life period) என்ற சொல் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எடுத்துக்கொண்ட ஒரு கதிரியக்கத் தனிமக் கட்டியிலுள்ள கதிரியக்க அணுக்களின் எண்ணிக்கை, தொடக்கத்தில் அதிலிருந்த கதிரியக்க அணுக்களின் எண்ணிக்கையில் பாதி ஆவதற்கு ஆகும் காலம் அத் தனிமத்தின் அரை வாழ்வுக் காலம் எனப்படும். மேற்கூறிய சமன் பாட்டில் $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2}$ ஆகும் போது t-ன் மதிப்பு என்னவோ அஃது அத்தனிமத்தின் அரை ஆயுட் காலம் எனப்படும்.

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{e^{\lambda t}} = \frac{1}{2} \quad \therefore e^{\lambda t} = 2$$

$$\lambda t = \log_e 2$$

$$t = \frac{\log_e 2}{\lambda}$$

$$= \frac{2.303 \times \log_{10} 2}{\lambda}$$ ஆகும்.

யுரேனியத்தின் அரை வாழ்வுக் காலம் 4500 மிலியன் ஆண்டுகள் என்றும், தோரியத்தின் அரை ஆயுட் காலம் 14,000 மிலியன் ஆண்டுகள் என்றும் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். சில நாட்கள், சில மணிகள், சில விநாடிகள், விநாடியின் சிறு பகுதி இவற்றை அரை வாழ்வுக்காலமாகக் கொண்டுள்ள கதிரியக்கப் பொருள்களும் உண்டு.

செயற்கை அணு மாற்றம்
(Artificial Transmutation)

ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் α அல்லது β துகளை வெளியிட்டு இயற்கையில் நிகழும் இவ் வினையினால் வேறொரு தனிமமாக மாறுவதைக் கண்ட மனிதன், செயற்கை முறைகள் மூலம் ஒரு தனிமத்தை மற்றொரு தனிமமாக மாற்றும் முயற்சியில் ஈடுபட்டு வெற்றியும் கண்டான். இது செயற்கை அணு மாற்றம் எனப்படும். ருதர் ஃபோர்ட் என்ற மேதை அதிக ஆற்றல் கொண்ட α துகள் களைக் கொண்டு நைட்ரஜன் அணுக்கருவை உடைத்து ஆக்சி ஜன் அணுவைப் பெற்றார். அவர் செய்த வினைவினைப் பின் வரும் சமன்பாட்டால் விளக்கலாம்

$$\underbrace{{}^{2}He_{4}}_{\alpha\ \text{துகள்}} + \underbrace{{}^{7}N_{14}}_{\text{நைட்ரஜன்}} \longrightarrow \underbrace{{}^{8}O_{17}}_{\text{அரிய ஆக்சிஜன் ஐசோடோப்}} + \underbrace{{}^{1}H_{1}}_{\text{புரோட்டான்}}$$

தனிமக் குறியீடுகளுக்கு இடப்பக்கம் மேலே எழுதப்படும் எண்கள் அத் தனிமத்தின் அணு எண்ணையும், வலப்பக்கம் கீழே எழுதப்படும் எண்கள் நிறை எண்ணையும் குறிக்கும்.

செயற்கைக் கதிரியக்கம்
(Artificial radioactivity)

இது வரை ஆராய்ந்தறிந்த உண்மைகளில் மனித சமுதாயத் திற்கு அதிக நன்மை தருவது செயற்கைக் கதிரியக்கம் ஆகும். இது மேடம் க்யூரியின் மகள் இரேன் க்யூரி மற்றும் அவ்வம் மையாரின் கணவர் F. ஜோலியட் ஆகியோரால் கண்டுபிடிக் கப்பட்டது.

அணுக்கரு உடைக்கப்பட்டவுடன் அஃது ஒரு நிலையற்ற அணுக் கருவாகிறது. அது கதிரியக்கத் தன்மை உடையதாகவும் இருக்கிறது. இவ்வாறு கதிரியக்க மற்ற ஒரு அணுக் கருவினை செயற்கை முறைகள் மூலம் கதிரியக்கமுள்ள அணுவாக மாற்று கின்ற புதுமை செயற்கைக் கதிரியக்கம் எனப்படும். செயற்கைக் கதிரியக்கப் பொருள்கள் குறைந்த விலையிலும், தேவையான அரை வாழ்வுக் காலம் உடையனவாகவும் கிடைக்கின்றன.

செயற்கைக் கதிரியக்கப் பொருள்கள், பாசிட்ரான்கள் மற்றும் எலெக்ட்ரான்களை மட்டுமே வெளியிடுகின்றன. இயற்கைக் கதிரியக்கப் பொருள்களைப் போன்று அவை ∝ துகள்களை வெளியிடுவது இல்லை.

நடைமுறைப் பயன்கள்

(i) மருத்துவத்தில்

பாஸ்வரம் 32 என்ற கதிரியக்க ஐசோடோப் வயிற்றிலும், உணவுக் குழலிலும் உண்டாகும் புற்று நோயைக் கண்டறிய உதவுகிறது. விழுங்கக்கூடிய அளவு சிறிய கைகர் எண்ணி (Geiger Counter) யுடன் கதிரியக்கப் பாஸ்வரத்தை நோயாளி விழுங்கவேண்டும். புற்றுநோய் இருந்தால் கைகர் எண்ணி அதிகத் துடிப்புகளைக் காட்டும்.

கதிரியக்க மாங்கனீஸ் பிராணிகளின் கல்லீரலில் உண்டாகும் புற்று நோயைக் குணப்படுத்தக்கூடியது. இஃது ஓர் அரிய கண்டுபிடிப்பாகும். ஏனெனில் கல்லீரலில் உள்ள புற்றுநோயை அறுவைச் சிகிச்சை மூலம் குணமாக்க இயலாது.

கதிரியக்க அயோடின் தைராய்ட் நோய்களைக் குணமாக்குகிறது. சிலருக்கு நாடித்துடிப்பு திடீரென அதிகமாகித் தாங்க முடியாத வலி ஏற்படுத்துவதுடன் இருதயத்தையும் சேதப்படுத்தும். அத்தகைய நோய் உள்ளவர்களுக்குக் கதிரியக்க அயோடின் பானமாக உள்ளே தரப்படுகிறது. இதனால் அந்நோய் குணமாகிறது.

விவசாயத்தில்

செடி கொடிகளுக்குக் கதிர்வீச்சு ஊட்டி, அவற்றிற்குப் பூஞ்சாணம் போன்ற வியாதிகளைத் தாங்கி வளரும் வீரியம் தரப்படுகிறது.

பயிர்களையும், கால்நடைகளையும் அழிக்கின்ற பல பூச்சிகளைக் கோபால்ட் 60 என்ற கதிர்வீச்சின் மூலம் மலடாக்கி அதன் மூலம் அப் பூச்சியினமே இல்லாமல் செய்யலாம்

தரையின் அடியில் ஓடுகின்ற நதிகளின் போக்கினைக் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளின் உதவியால் கண்டுபிடித்துத் தரை நீரை வெளியே எடுத்துப் பசுமைப்புரட்சி உண்டாக்கலாம்.

உணவுப் பொருள்களைக் கெடுக்கும் பாக்டீரியாக்களிடமிருந்து காப்பாற்றி நீண்ட காலத்திற்குச் சேமித்துவைக்கக் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுகின்றன. அதுபோன்றே மாமிசங்களை யும் கதிர்வீச்சுக்கு உட்படுத்திப் பல நாட்களுக்குக் கெடாமல் பாது காக்கலாம்.

தானிய வகைகளுக்குச் சிறிய அளவு கதிர்வீச்சு தந்து நீண்ட காலத்திற்குச் சேமித்து வைக்கலாம்.

தொல்பொருள் துறையில்

கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைக் கொண்டு பூமியின் வய தினையும், ஆதிகால மனிதனின் அமைப்பு, இன்று அற்றுப்போன பழைய பிராணிகளின் இனம் பற்றிய விவரங்கள் முதலியன மிகத் துல்லியமாக அறியப்படுகின்றன.

7. காஸ்மிக் கதிர்கள்

(Cosmic Rays)

நாம் வாழும் பூமி, உயிர் வாழ்க்கைக்குக் கேடு விளைவிக்கும் கண்ணுக்குப் புலனாகாத பல கதிர்களினால் எப்போதும் தாக்கப் பட்டுக் கொண்டிருக்கிறது என்றும், பூமியைச் சுற்றிப் பரவியுள்ள காற்று மண்டலத்தினால் அத் தீய விளைவுகளினின்றும் உயிரினங் கள் காப்பாற்றப்படுகின்றன என்றும் அறிவோம். இவ்வாறு விண் வெளி மண்டலத்திலிருந்து பூமியைத் தாக்குகின்ற கதிர்களில் காஸ் மிக் கதிரும் ஒன்று. Cosmic என்பதற்கு 'விண்வெளியின் ஆழத்தி லிருந்து' என்று பொருள். இக் கதிர்கள் பூமிக்கு வெளியிலிருந்து வருகின்றன என்று அறிய முடிகிறதே தவிர எங்கிருந்து வரு கின்றன, எதிலிருந்து வருகின்றன என்ற உண்மை இன்றுவரை புலப்படாத ஒன்று.

இக் கதிர்கள் நாம் இதுவரை அறிந்த கதிர்களுக்குள் மிக மிகக் குறைந்த அலை நீளமுடையவை. (·001 ஆ. அலகு களுக்கும் குறைவு.) இவற்றின் ஆற்றல் மிக மிக அதிகம். கடின மான பாறைகளுக்குள்ளும் நூற்றுக்கணக்கான அடி தூரம் ஊடுருவிச் செல்லும் ஆற்றல் இவற்றிற்கு உண்டு.

காஸ்மிக் கதிர்களில் இருவகைகள் உண்டு. (1) நாம் அறியாத, அண்ட வெளியின் எங்கோ ஓரிடத்திலிருந்து வியக்கத் தக்க பேராற்றலுடன் பூமிக்குப் பாய்ந்து வரும் முதன்மைக் காஸ்மிக் கதிர்கள் (Primary Cosmic rays). இவற்றின் ஆற்றல் பல ஆயிரங்கோடி எலெக்ட்ரான் வோல்டிலிருந்து கோடி கோடி எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகள் வரை இருக்கின்றது. ஓர் எலெக்ட் ரான் ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்தப் புலத்தில் செல்லும்போது பெறு கின்ற ஆற்றல் ஓர் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் எனப்படும்.

(2) மேற்கூறிய முதன்மைக் காஸ்மிக் கதிர்கள் நம் காற்று மண்டல மேற்பரப்பில் இருக்கின்ற ஆக்சிஜன், நைட்டிரஜன் போன்ற வாயு அணுக்களை மோதி உடைத்துத் தூள் தூளாக்கு கின்றன. இதனால் ஆற்றல் மிக்க "துணைக் காஸ்மிக் கதிர்கள்" (Secondary Cosmic rays) உண்டாகின்றன. இவற்றில் எலெக்ட் ரான்களும், மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்களுமே (அயனிகள்) இருக் கின்றன. இவை மேலும் அங்குள்ள அணுக்களுடன் மோதி மேலும் பல அயனிகளையும் γ கதிர்களையும் தோற்றுவிக்கின்றன.

இவை பூமியை நோக்கி வரவர, காற்று மண்டலத்தின் செறிவு அதிகமாவதால் இவைகளுக்கிடையே ஏற்படும் மோதல்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகி இவற்றின் ஆற்றல் குறைந்து விடுகிறது. பூமிக்கு வந்து சேரும் துணை காஸ்மிக் கதிர்களில் நேர்மின்னூட்டம் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டங் கொண்ட அயனிகளும், γ கதிர்களும், நியூட்ரான்களும், பாசிட்ரான் (positron)களும் காணப்படுகின்றன. பூமியிலிருந்து மேலே போகப் போகக் காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு அதிகமாகிக் கொண்டே போகிறது. ஸ்டிராடோஸ்ஃபியர் (Stratosphere) எனப்படும் அடுக்கு மண்டலத்தில் காணப்படும் காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு பூமியின் பரப்பில் காணப்படும் செறிவினைப்போல் நூறு மடங்கு அதிகமிருக்கிறது.

பூமியின் காந்தப் பண்பு காரணமாகக் காஸ்மிக் கதிர்கள் பூமியின் துருவ மண்டலங்களில் அதிகமாகவும், பூமத்தியரேகைப் பகுதிகளில் குறைவாகவும் இறங்குகின்றன. அவ்வாறு இறங்கும் முதன்மைக் கதிர்களில் ஏறத்தாழ 85% நேர்மின்னூட்டமுடைய புரோட்டான்களே ஆகும். இவை காற்று மண்டல, ஆக்சிஜன் மற்றும் நைட்ரஜன் அணுக்களுடன் மோதும்போது குறைந்த ஆயுள் உடைய நிலையற்ற மீசான் (Meson) என்ற ஒரு துகள் தோன்றுகிறது. அது வெகு விரைவில் அழிந்து பலவிதமான மின்னூட்டமுடைய துகள்களாக மாறிவிடுகின்றது.

காஸ்மிக் கதிர்ப் பொழிவு (Cosmic ray showers)

காஸ்மிக் கதிர்களை ஈயத் தகடுகள் போன்ற சில பொருள்களின் வழியே செலுத்தினால் ஏராளமான எலெக்ட்ரான்களும் பாசிட்ரான்களும் உண்டாகின்றன. இவ்வாறு திடீரென ஈயத் தகட்டிலிருந்து ஏராளமான துகள்கள் பொழியப்படுவதால் இந் நிகழ்ச்சி காஸ்மிக் கதிர்ப் பொழிவு எனப்படுகிறது.

காஸ்மிக் கதிரில் உள்ள ஒரு γ கதிர் ஈயம் போன்ற கனமான அணுவின் எலெக்ட்ரான் கட்டமைப்புடன் பின்னிச் செயல்படும் போது அது (γ கதிர்) "எலெக்ட்ரான் பாசிட்ரான் இணை" (Electron positron pair)யாக மாற்றப்படுகிறது (அஃதாவது ஆற்றல் பொருளாக மாற்றப்படுகிறது). இவ்வாறு உண்டான எலெக்ட்ரான்களும் பாசிட்ரான்களும் அணுக்கருவின் மின்புலத்தினால் முடுக்கந்தரப்படும்போது அவை மீண்டும் γ கதிர்களாக மாறுகின்றன. (பொருள் இங்கு ஆற்றலாக மாறுகிறது.) இக் காமா கதிர்கள் மீண்டும் எலெக்ட்ரான் பாசிட்ரான் இணைகளை உண்டாக்குகின்றன. இவ் விளைவு மாறி மாறி நிகழ ஈயத் தகட்டை விட்டு வெளிவரும்போது நிறைய பாசிட்ரான்களும் எலெக்ட்ரான்களும் காணப்படுகின்றன.

8. அணுவின் கட்டமைப்பு

(Atomic Structure)

'உடைக்க முடியாத ஒன்று' என்று பொருள் தரும் கிரேக்கச் சொல்லிலிருந்து உருவானதுதான் 'ஆட்டம்' (atom) எனப் படும் **அணு.** 1808 ஆம் ஆண்டில் டால்டன் என்ற விஞ்ஞான மேதை, அன்று அவர் அறிந்திருந்த உண்மைகளைக் கொண்டு அணுவைப்பற்றிய பின்வரும் கொள்கைகளைக் கூறினர். அவருடைய கூற்றுப்படி 1) எல்லாப் பொருள்களும் அணு என்ற மிகச் சிறிய துகளால் ஆனவை. (2) ஒரு தனிமத்தின் அணுக்கள் எல்லாவகையிலும் (எடையிலும்) முற்றிலும் ஒத்திருக்கின்றன. ஆனல் வேறு தனிமத்தின் அணுக்களிலிருந்து மற்றொரு தனிமத்தின் அணு வேறுபடுகிறது. (3) அணுவை ஆக்கவோ அழிக்கவோ இயலாது. மேலும் அவர் கூறிய சில விதிகள் அணுவின் கட்டமைப்புபற்றிய நமது ஆய்வுக்குத் தேவையற்றன.

மைக்கேல் ஃபாரடேயின் மின்ருற் பகுப்புமுறைச் சோதனைகள் அணுவினுள் நேர்மின்னூட்டமும் எதிர்மின்னூட்டமும் இருக்கின்றன என்ற உண்மையைத் தெளிவுபடுத்தின. சாதாரண நிலையில், அணு மின்னூட்ட மற்ற நிலையிலிருப்பதற்குக் காரணம் அதில் சம அளவுடைய நேர் மின்னூட்டமும் எதிர் மின்னூட்டமும் இருப்பதே, என்ற கருத்தும் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது.

1897 ஆம் ஆண்டில் J. J. தாம்சன் என்பார் ஹைட்ரஜன் அணுவின் எடையில் $\frac{1}{1840}$ மடங்கு எடையும் ஓர் அலகு எதிர் மின்னூட்டமும் கொண்ட எலெக்ட்ரான் என்ற துகளைக் கண்டு பிடித்தார். பின்னர் லார்ட் ரூதர்ஃபோர்ட் என்ற விஞ்ஞானி ஹைட்ரஜன் அணுவின் எடையும், எலெக்ட்ரானின் எதிர் மின்னூட்ட அளவுக்குச் சமமான ஆனல் நேர் மின்னூட்டமுமுடைய புரோட்டான் (Proton) என்ற ஒரு துகளைக் கண்டுபிடித்தார். இவ்வாறு அணு என்பது ஒரு அடிப்படைத்துகள் அன்று

எனவும், அதில் எலெக்ட்ரான் என்ற எடையற்ற. (மிக மிகக் குறைந்த எடையுள்ள) ஓர் அலகு எதிர் மின்னூட்ட முள்ள துகளும். புரோட்டான் என்ற ஓர் அலகு நிறையும், ஓர் அலகு நேர் மின்னூட்டமுடைய மற்றொருவகைத்துகளும் இருக்கின்றன எனவும் கண்ட விஞ்ஞானிகள் அணுவின் கட்டமைப்பு பற்றிய கருத்துக்களைக் கூறினார்கள்.

ருதர்ஃபோர்ட்-அணு மாதிரியமைப்பு :

புரோட்டான்களைக் கொண்ட அணுக் கருவை (Nucleus) மையமாகக் கொண்டு வட்டமான பாதையில் எலெக்ட்ரான்கள் சுற்றி வருகின்றன. சுற்றி வருகின்ற எலெக்ட்ரான்களின் மொத்த எதிர் மின்னூட்டத்தின் அளவும், அணுக் கருவிலமைந்த புரோட்டான்களின் மொத்த மின்னூட்டத்தின் அளவும் சமமாகும். அணுக் கருவுக்கும் எலெக்ட்ரான்களுக்குமிடையே ஏற்படுகின்ற ஈர்ப்பு விசையை எலெக்ட்ரான்கள் சுற்றி வருகின்ற காரணத்தால் உண்டாகும் மைய விலகு விசை (Centrifugal force) சமன் செய்து விடுவதால் அணு கட்டுக்குலையாமல் இருக்கிறது. ஆனால் மின்காந்தக் கொள்கைப்படி ஒரு மின்னூட்டம் அசைந்தால் அஃது ஆற்றலை வெளிவிடவேண்டும். அவ்வாறாயின் தொடர்ந்து சுற்றிக் கொண்டிருப்பதாக ருதர்ஃபோர்டு கூறிய எலெக்ட்ரான்களும் ஆற்றலைத் தொடர்ந்து வெளியிட்டுக்கொண்டிருக்க வேண்டும். இவ்வாறு தொடர்ந்து ஆற்றலை இழந்து கொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு சுழிப் பாதை (Spiral path) வழியே அணுக் கருவை அடைந்து அதில் மோதி அணுவின் கட்டமைப்பைக் குலைத்துவிடும். இவ்வாறு அணுவின் கட்டமைப்புக்காகக் கற்பித்த ஒரு கூற்று அதன் கட்டமைப்பினையே குலைத்து விடுவதைக் கண்ட விஞ்ஞானிகள் இருவகை முடிவுகளுக்கு வந்தனர். (1) மையத்தில் அணுக் கருவையும் அதைச் சுற்றி வட்டப்பாதைகளில் சுழன்றுவரும் எலெக்ட்ரான்களையும் கொண்ட ருதர்ஃபோர்டின் அணுமாதிரி பிழையாக இருக்கவேண்டும். அல்லது (2) அணுவைப் பொருத்தவரையில் அசையும் மின்னூட்டம் ஆற்றலை வெளியிடும் என்ற மின்காந்தக் கொள்கை ஒத்து வருவதில்லை. இந்தக் குழப்பத்தை நீல் போர் (Niels Bohr) என்ற மேதை தீர்த்து வைத்தார்.

போரின் அணுமாதிரி அமைப்பு (Bohr's atom model)

அணுவைப் பொருத்தவரையில் மின்காந்தக் கொள்கை தோற்றது என்று ஒப்புக்கொண்ட போர், ருதர்ஃபோர்டின் அணுக்கரு அணுமாதிரியை ஏற்றுக்கொண்டு அதன் ஆற்றல் வெளியிடும் இயல்பினை, குவாண்டம் கொள்கை (Quantum

Theory) என்ற பிளாங்-கொள்கைப் (Planck's Theory) படி விளக்கினார். அவருடைய கொள்கையின்படி ஒவ்வொரு எலெக்ட்ரான்களுக்கும் ஒரு நிலையான, அசையாத, குறிப்பிட்ட ஆற்றல் அளவுடைய கூடுகள் உண்டு. எலெக்ட்ரான்கள் தங்கள் விருப்பப்படி எல்லாக் கூடுகளிலும் சுற்றிவந்து கொண்டிருக்க முடியாது. இவ் வெலெக்ட்ரான்கள் விசையியல் மற்றும் நிலை மின்னியல் விதிகளுக்குக் கட்டுப்பட்டிருக்கின்றன என்றாலும், மின்காந்தக் கொள்கைக்குக் கட்டுப்பட்டவை அல்ல. இவ் வெலெக்ட்ரான்கள் ஒரு கூட்டிலிருந்து மற்றொரு கூட்டுக்குத் தாவும்போது அவ்விரு கூடுகளுக்கும் இடையில் உள்ள ஆற்றல் வேறுபாட்டிற்கு ஏற்ப ஆற்றலை வெளியிடவோ அல்லது உள்ளே ஏற்றுக்கொள்ளவோ செய்கின்றன. வெளியிடப்படும் ஆற்றல் ஒளி வடிவில் வெளிவருகின்றது. இதனால்தான் ஒவ்வொரு அணுவும் அதன் கட்டமைப்பிற்கு ஏற்றவாறு நிறமாலை வரிசையைத் தருகின்றது.

அணுக்களில் மிகவும் இலேசானது ஹைட்ரஜன் அணு ஆகும். அதன் அணுக்கருவில் ஒரே ஒரு புரோட்டான் மட்டுமே இருக்கிறது. அணுக்கருவை மையமாக வைத்து ஒரே ஒரு எலெக்ட்ரான் சுற்றி வருகிறது. ஹைட்ரஜனுக்கு அடுத்தபடியாக உள்ள ஹீலியம் (Helium) என்ற அணுவில் இரண்டு புரோட்டான்களும் இரண்டு எலெக்ட்ரான்களும் இருக்கின்றன. ஆனால் ஹீலியம் அணுவின் எடை நான்கு ஆகும். அணுக்கருவில் இரண்டு புரோட்டான்கள் மட்டுமே இருக்கின்றன. அவ்வாறாயின் அணுக்கருவில், மின்னூட்டமற்ற ஆனால் இரு அலகு எடைக்குரிய துகள்கள் இருக்கவேண்டும் என்ற கருத்தினைச் சாட்விக் (chad wick) என்பவர் வெளியிட்டார். அவர் ஹீலியம் அணுவின் கருவில் மின்னூட்டமற்ற ஆனால் புரோட்டானின் எடையளவே எடையுடைய நியூட்ரான் (Neutron) என்ற இரு துகள்கள் இருக்கின்றன என்று கூறினார். இது போன்றே யுரேனிய அணுவில் 92 எலெக்ட்ரான்கள் இருப்பதால் அதில் 92 புரோட்டான்கள் இருக்கவேண்டும். ஆனால் அதன் எடை 238 ஆகும். அவ்வாறாயின் அதில் (238 − 92 = 146) 146 நியூட்ரான்கள் இருக்கவேண்டும் என அறிகிறோம்.

அணு எண்ணும் நிறை எண்ணும் (Atomic number & Mass number)

ஓர் அணுவின் அணுக்கருவைச் சுற்றிவரும் எலெக்ட்ரான்கள் அல்லது அணுக்கருவில் உள்ள நேர்மின்னூட்டமுடைய புரோட்டான்கள் ஆகியவற்றின் எண்ணிக்கை அவ்வணுவின் அணு எண் (atomic number) எனப்படும். இதன்படி ஹைட்ரஜனின் அணு

எண் ஒன்று, ஹீலியத்தின் அணு எண் இரண்டு.........யுரேனியத்தின் அணு எண் தொண்ணூற்று இரண்டு என்று அறிகிறோம்.

ஓர் அணுவுக்கு நிறையைத் தருகின்ற அதன் அணுக்கருவில் உள்ள புரோட்டான்கள் மற்றும் நியூட்ரான்கள் ஆகியவற்றின் மொத்த எண்ணிக்கை அதன் நிறை எண் (Mass number) எனப்படும். இதன்படி ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறை எண் ஒன்று. (அதன் அணுக்கருவில் ஒரே ஒரு புரோட்டான் மட்டுமே உண்டு.) ஹீலியத்தின் அணுக்கருவில் இரு புரோட்டான்களும் இரு நியூட்ரான்களும் இருக்கின்றன. எனவே ஹீலியத்தின் நிறை எண் 4 ஆகும். இவ்வாறே யுரேனிய அணுக்கருவில் 92 புரோட்டான்களும் 146 நியூட்ரான்களும் இருப்பதால் அதன் நிறை எண் $92+146=238$ ஆகும். ஓர் அணுவின் அணு எண் Z என்ற எழுத்தாலும் அதன் நிறை எண் A என்ற எழுத்தாலும் குறிக்கப்படுகின்றன. அணுவின் குறியீட்டிற்கு முன்னால் கீழ்ப்பகுதியில் அணு எண்ணும், பின்னால் மேற்பகுதியில் நிறை எண்ணும் எழுதப்படுவது வழக்கம். இதன்படி ஹைட்ரஜன் ${}_1H^1$ என்றும், ஹீலியம் ${}_2He^4$ என்றும், யுரேனியம் ${}_{92}U^{238}$ என்றும் குறிக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறே ஒவ்வோர் அணுவையும் குறிப்பிடலாம்.

கதிர்வீச்சு என்ற தலைப்பில் ஓர் அணுவின் அணுக்கரு மாறும்போது மட்டுமே அணுவின் தனித்தன்மை (individuality) மாறுகிறது எனக் கண்டோம். ஒரு தனிமத்தின் அணுக்கள் எல்லாம் முற்றிலும் ஒற்றுமையுடையன என்று டால்டன் கூறியதையும் பார்த்தோம். ஆனால் ஒரே தனிமத்தின் அணுக்கள் வெவ்வேறு நிறைகள் கொண்டிருப்பதையும், ஆனால் அவற்றின் இரசாயன இயல்புகள் ஒரேமாதிரியாக இருப்பதையும் இங்குக் காண்போம். குளோரின் என்ற வாயுத்தனிமத்தில் 35 மற்றும் 37 என்ற நிறை எண்களைக் கொண்ட இருவகை அணுக்கள் உள்ளன. இவை இரண்டும் ஒரே இரசாயனப் பண்புகள் உடையவை. ஆகவே இவற்றிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை சமமாகும். எனவே இவற்றின் அணுக்கருவில் உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையும் சமமாகும். குளோரினின் அணு எண் 17 ஆகும். எனவே அணுக்கருவில் 17 புரோட்டான்கள் இருக்கவேண்டும். மீதியுள்ளவை நியூட்ரான்கள் ஆகும். எனவே ஒருவகைக் குளோரினில் $35-17=18$ நியூட்ரான்களும் மற்றதில் $37-17=20$ நியூட்ரான்களும் இருக்கவேண்டும். ஆகவே ஒரே தனிமம் பலவகை நிறை எண்களைக் கொண்டிப்பதற்கு அவற்றின் அணுக்கருவில் உள்ள நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மாறு

படுவதே காரணம் என அறிகிறோம். ஒரே அணு எண்ணும் ஆனால் வெவ்வேறு நிறை எண்களும் கொண்ட அணுக்களை ஒரு தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகள் (isotopes) என்று கூறுகிறோம். ஐசோடோப்புகளின் அணு எண் சமமாக இருப்பதால் அவற்றி லுள்ள எலெக்டிரான்களின் எண்ணிக்கையும் அமைப்பும் சமம் என்பதையும். அதன் காரணமாக நிர்ணயிக்கப்படும் இரசாயனப் பண்புகளும் ஒரே மாதிரியாக இருக்கும் என்பதையும் அறிகிறோம். எனவே ஐசோடோப்புகளை இரசாயன முறையில் பிரித்து எடுக்க இயலாது. அவற்றின் நிறை மாற்ற இயல்பினை வைத்து நிறை நிறமாலை வரைவி (Mass Spectrograph) என்ற கருவிகளாலும் மற்ற ஆவியாதல், விரவிப் பரவல் (diffusion) போன்ற பௌதிக முறைகளாலும் மட்டுமே பிரித்தறிய முடியும்.

தனிம அட்டவணை (Periodic Table)

இயற்கையில் உள்ள தனிமங்களை எல்லாம் குறிப்பிட்ட முறையில் வரிசைப்படுத்தி அட்டவணையிட்ட இரசாயன மேதைகள், குறிப்பிட்ட இயல்புகளைக்கொண்ட தனிமங்கள் எல்லாம் ஒரு தொகுப்பில் (group) வருவதைக் கண்டனர். இதனைத் தனிம அட்டவணை (Periodic Table of elements) என்பர், இவ் வட்டவணையில் பல கிடைமட்ட வரிசைகளும் செங்குத்து வரிசைகளும் உண்டு. கிடைமட்ட வரிசைகளை மடக்குகள் (peirods) என்றும் செங்குத்து வரிசைகளைத் தொகுப்புகள் (groups) என்றும் கூறுகிறோம். முதல் தொகுப்பில் ஹைட்ரஜனுடன் காரத்தனிமங்கள் என்று அழைக்கப்படும் லித்தியம், சோடியம், பொட்டாசியம் போன்றவைகளும் இருக்கின்றன. ஒரு தொகுப்பில் உள்ள தனிமங்களின் பண்புகள் ஒன்றுபோல் இருக்கின்றன. தனிமங்களை அவற்றின் அணு எடைப்படி ஏறு வரிசையில் அமைத்து எளிய முறையில் வரிசைப்படுத்தியபோது, ஒரே பண்பைக் கொண்ட தனிமங்கள் ஒரு தொகுப்பில் அமைவதைக் கண்ட விஞ்ஞானிகள் அவற்றின் அணு அமைப்பை ஆராய்ந்தனர்.

தனிமங்களை அவற்றின் எடைப்படி ஏறுவரிசையில் அமைப் பதற்குப் பதிலாக அவற்றின் அணுஎண்படி ஏறு வரிசையில் அமைத்தபோது முன்னர்க் கூறிய தனிம அட்டவணையில் சில இடங்களில் காணப்பட்ட குறைகள் நீங்கி முற்றிலும் சரியான ஒரு அட்டவணை கிடைத்தது. இப் புதிய அட்டவணையிலுள்ள ஒரு மடக்கில் (period) ஒரு தனிமத்திற்கும் அதற்கு அடுத்த தனிமத் திற்குமுள்ள அணு எண் வேறுபாடு ஒன்று ஆகும். ஆகவே வெளிச்சுற்றுப் பாதையில் ஒரே எண்ணிக்கையுடைய எலெக்ட்ரான் களைக் கொண்ட அணுக்கள் ஒரு தொகுதியில் வருகின்றன என்றும்

அதனுல் அவற்றின் இரசாயானப் பண்புகள் ஒத்திருக்கின்றன என்றும் அறிகிரேம்.

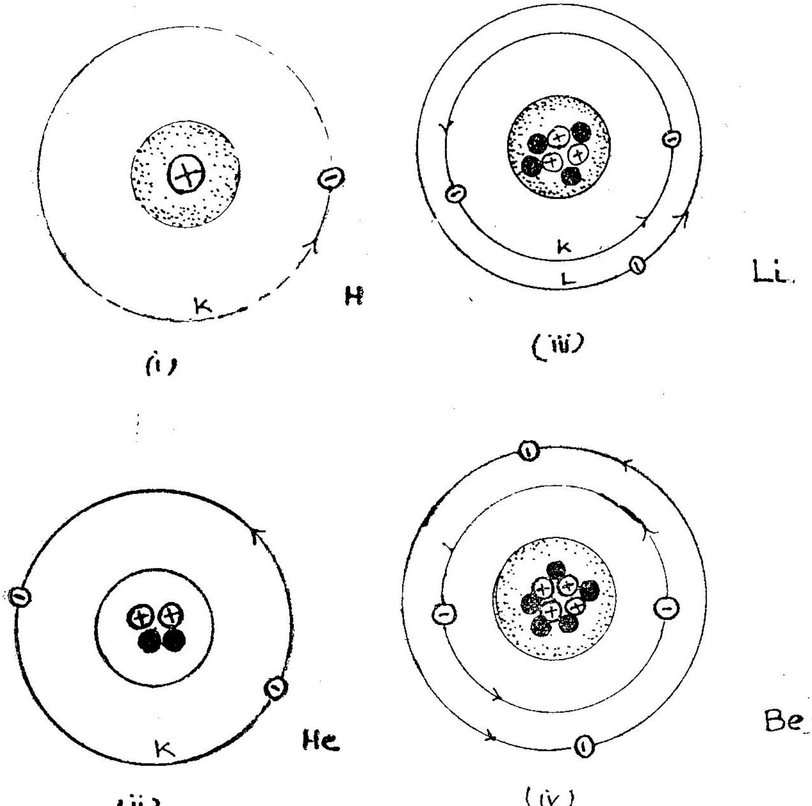
ஓர் அணுவில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் வரையறுக்கப்பட்ட ஆற்றலுடைய வெவ்வேறு கூடுகளில் (shells) சுற்றி வருகின்றன என்பது குவாண்டம் கொள்கை (quantam theory) யின்படி கூறப் படும் விளக்கமாகும். அணுவுக்கு மிக அருகில் உள்ள சுற்றுப் பாதை, K சுற்றுப்பாதை எனப்படுகிறது. அதில் உயர்ந்த அளவு இரு எலெக்ட்ரான்களே இருக்க இயலும். அவற்றில் ஒன்று முதற் கூட்டிலும் மற்றது இரண்டாவது கூட்டிலும் சுற்றி வரும்.

எடுத்துக்காட்டாக ஹைட்ரஜன் அணுவில் உள்ள ஒரே ஒரு எலெக்ட்ரான் K சுற்றுப்பாதையின் முதல் கூட்டில் சுற்றி வரு கிறது. ஹீலியம் அணுவில் இரு எலெக்டிரான்கள் இருக்கின்றன. அவை இரண்டும் K சுற்றுப் பாதையிலுள்ள முதல், இரண்டாவது கூடுகளில் சுற்றி வருகின்றன. ஆகவே K சுற்றுப்பாதை முற்றிலும் நிறைந்து காணப்படுகிறது.

K சுற்றுப் பாதைக்கு அடுத்தபடியாக 'L' சுற்றுப்பாதையும் அதை அடுத்து M, N .. ...போன்ற சுற்றுப் பாதைகளும் இருக் கின்றன. இவற்றில் இருக்கக்கூடிய உயர்ந்த அளவு எலெக்ட்ரான் களின் எண்ணிக்கை 8, 18,.........போன்றவையாகும். பொது வாகச் சுற்றுப்பாதையின் எண் N என்ருல் அதில் இருக்கக்கூடிய உயர்ந்த அளவு எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை $2N^2$ ஆகும். லித்தியம் அணுவில் 3 எலெக்ட்ரான்கள் இருக்கின்றன. அவற்றில் இரு எலெக்ட்ரான்கள் K சுற்றுப்பாதையின் இரு துணைக் கூடு களிலும் மூன்ருவது எலெக்ட்ரான் L பாதையின் முதல் துணைக் கூட்டிலும் இருக்கின்றன. இதே போன்று நியான் என்ற அணுவில் உள்ள 10 எலெக்ட்ரான்களில் K பாதையில் 2-ம் L பாதையில் 8-ம் இருக்கின்றன. இங்கு வெளிச் சுற்றுப்பாதை யாகிய L முற்றிலும் நிறைந்து காணப்படுகிறது. 11 எலெக்ட் ரான்களைக் கொண்ட சோடியம் அணுவில் K சுற்றுப்பாதையில் 2-ம், L சுற்றுப்பாதையில் 8-ம், M சுற்றுப் பாதையில் ஒன்றே ஒன்றும் இருக்கின்றன.

மேற்கூறிய எலெக்ட்ரான்களின் சுற்றுப்பாதை அமைப்பு முறையில், ஹைட்ரஜன், லித்தியம், சோடியம் ஆகியவற்றின் வெளிச் சுற்றுப் பாதையில் (outer most orbit) ஒரே ஒரு எலெக்ட் ரான்மட்டுமே இருப்பதைக் காணலாம். எனவே இவையும் இவற் றைப் போன்ற அமைப்புடைய அணுக்களும் ஒரே இரசாயனப் பண்புடையவைகளாக இருக்கின்றன.

ஹீலியம், நியான் போன்ற அணுக்களின் வெளிச்சுற்றுப் பாதை முற்றிலும் நிறைந்து விட்டன. எனவே இவையும், இவற்றைப் போன்று வெளிச் சுற்றுப்பாதை முற்றிலும் நிறைந்துவிட்ட மற்ற அணுக்களும் ஒரே பண்பு கொண்டு விளங்குகின்றன.



படம் : 260

(i) ஹைட்ரஜன் அணு (H)
(ii) ஹீலியம் அணு (Hc)

படம் : 260

(iii) லித்தியம் அணு (Li)
(iv) பெரிலியம் அணு (Be)

இதே போன்று இரண்டாவது தொகுப்பில் உள்ள அணுக்களின் வெளிச் சுற்றுப்பாதையில் இரண்டு எலெக்ட்ரான்களும், மூன்ருவது தொகுப்பிலுள்ள அணுக்களின் வெளிச்சுற்றுப்பாதையில் மூன்று எலெக்ட்ரான்களும், இவ்வாறே மற்ற மற்றத் தொகுப்பிலுள்ள அணுக்களும் அமைந்து இருப்பதால், ஒரே தொகுப்பில் உள்ள

அணுக்களின் பண்புகள் ஒரே மாதிரியாக இருக்கின்றன. எனவே ஓர் அணுவின் இரசாயன, பௌதிகப் பண்புகளை அவ் வணுவின் வெளிச் சுற்றுப்பாதையில் இருக்கின்ற எலெக்ட்ரான்களே தீர் மானிக்கின்றன என்ற உண்மையை அறிகிறோம். இவ் வெளிச் சுற்றுப்பாதை எலெக்ட்ரான்களைக் கூடுதிறன் எலெக்ட்ரான் (Valence electrons) அல்லது ஒளியியல் எலெக்ட்ரான்கள் (optical electrons) என்றழைக்கிறோம். ஏனெனில் இவற்றின் எண்ணிக் கையைப்பொருத்துதான். இவ்வணுக்கள் இரசாயனச் சேர்க் கையின்போது மற்றொரு தனிமத்தின் அணுவுடன் கூடும் திறன் அமைகிறது. இதே போன்று இவ்வணுவின் வெளிச் சுற்றுப் பாதையில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் உள் சுற்றுப்பாதைகளுக்குத் தாவும்போதுதான் ஆற்றல் நிறமாலை வரிகளாக வெளியிடப் படுகிறது.

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம், சென்னை

1970 ஜனவரிவரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

எண்	நூல்	ஆசிரியர்	ரூ.	பை.
*1.	பொருளாதாரம்—I	சி. வேலாயுதம்	6	50
*1-A	,, II	,,	9	00
*2.	சோவியத் பொருளாதார வளர்ச்சி	டாக்டர் எம். ஜே. கே. தவராஜ்	4	25
*3.	அமெரிக்கப் பொருளாதாரம்	,,	4	50
*4.	பொருளாதாரச் சிந்தனை வரலாறு	சோணாசலம்	7	00
*5.	பன்னாட்டு வாணிபம்	மு. ஆரோக்கியசாமி	6	00
6.	புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள்	திருமதி ஆர். தாமரஜாட்சி	12	00
7.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்—I	தி. சி. மோகன்	12	00
8.	,, II	எம். ஏ. அபூர்வசாமி, பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	10	75
9.	பொருளாதாரக் கோட்பாடு வளர்ந்த வரலாறு	க. முத்தையன்	7	00
10.	பணவியலும் பாங்கியலும்—I	சி. வேலாயுதம்	6	75
*11.	,, II	,,	11	50
*12.	நவீன பாங்கு இயல்	க. வெற்றிவேல்	7	50
*13.	இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும்	பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	5	50
*14.	அரசாங்க நிதி இயல்	அர. சேஷாசலம்	4	75
15.	இந்தியப் பொருளியல்—I	எம். பாலசுப்பிரமணியன்	10	00
16.	,, II	எம். லூர்துநாதன்	4	25

*மூலநூல் (Original Book)

பொருளாதாரம்—(தொடர்ச்சி)

			ரூ.	பை.
17.	நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை—I	சி. சுந்தரராஜன்	10	75
18.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	10	50
19.	இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு—I	கீ. சீ. இராமசாமி	6	00
20.	,, II	,,	6	00
21.	அமெரிக்காவின் நவீன பொருளாதார வளர்ச்சி	தி. சி. மோகன்	5	00
22.	அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு—I	மு. க. சுப்பிரமணியம்	11	00
23.	,, II	பி. வி. சீனிவாசன்	6	00
24.	,, III	,,	6	50
25.	அரசாங்க நிதியியலின் பொருளாதாரம்—I	மா. குமாரசாமி	10	00
26.	,, II	அர. சேஷாசலம்	9	50
27.	இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி—I	தே. வேலப்பன்	10	00
28.	,, II	ஜி. சிதம்பரம்	8	00
29.	பணம்—சிறு விளக்கம்	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	10	00
30.	வணிக இயலின் தத்துவங்கள்	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	9	50
31.	பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில்-வாணிகப் புரட்சி	சூ. ரா. கருப்பண்ணன்	11	00
32.	பென்ஹாம் பொருளாதாரம்—I	ஏ. குழந்தை	11	00
33.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	7	00
34.	வரவு செலவுத் திட்டம்	ஆர். ரங்காச்சாரி	6	00
35.	பன்னாட்டுப் பொருளாதாரம்—I	ஏ. குழந்தை	7	50
36.	,, II	கே. எஸ். இராமசாமி	9	00
37.	பொருளாதார ஆய்வு நூல்—I	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	7	75
38.	,, II	,,	7	00
39.	வளர்ச்சியுருத நாடுகளின் அரசாங்க நிதியியல்	க. வெற்றிவேல்	4	25
40.	வளர்ச்சி குறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம் பற்றிய சிக்கல்கள்	மா. குமாரசாமி	5	50
41.	1939 முதல் இந்தியாவில் பணவீக்க விலைப் போக்குகள்	சி. சுந்தரராஜன்	7	50

			ரூ.	பை.
42.	பொருளாதார வளர்ச்சிபற்றிய கட்டுரைகள்	எம். கே. சுப்பிரமணியம்	7	75
43	இந்தியப் பொருளாதார வரலாறு (1857-1956)—I	ம. திருநாவுக்கரசு	7	00
44.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்	பு. வி. சீனிவாசன்	6	25

வரலாறு

*45.	பிரிட்டன் வரலாறு—I	கி. ர. அனுமந்தன்	4	50
*46.	,, II	,,	3	50
*47.	,, III	,,	7	25
*48.	ஐரோப்பிய வரலாறு—I	டி. வி. சொக்கப்பா	4	50
49.	ஐரோப்பா—கடந்த ஐந்து நூற்றுண்டுகாலச் சரித்திரம்	வை. விருத்தகிரீசன்	15	00
50	இங்கிலாந்து வரலாறு—I	இரா. அண்ணுமலை	13	00
51.	,, II	பா. மாணிக்கவேலு	13	00
52.	,, III	என். ஜே. ராஜகோபால்	8	00
53.	,, IV	,,	8	00
54.	இங்கிலாந்தின் வரலாறு—I	க. த. திருநாவுக்கரசு	15	00
55.	,, II	எம். எக்ஸ். மிராண்டா	8	00
56.	,, III	,,	5	00
57.	இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு—I	தி. வெ. குப்புசாமி	7	50
58.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	9	00
59.	,, III	அ. பாண்டுரங்கன்	11	00
60.	கிரேக்கநாட்டு வரலாறு—I	சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன்	7	50
61.	,, II	,,	7	00
62.	,, III	பி. இராமாநுஜம் தேவதாஸ்	7	75
63.	ஆக்ஸ்ஃபோர்டின் இந்திய வரலாறு—I	தி. வெ. குப்புசாமி	8	25
64.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	7	50
65.	,, III	க. த. திருநாவுக்கரசு	10	50

*மூலநூல் (Original Book)

வரலாறு—(தொடர்ச்சி)

			ரூ.	பை.
66.	முகலாயப் பேரரசு—I	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப், எம். எக்ஸ். மிராண்டா	7	50
67.	,, II	எம். எக்ஸ். மிராண்டா, பா. மாணிக்கவேலு	7	75
68.	ஆங்கில அரசியலமைப்பின் வரலாறு—I	வை. விருத்தகிரீசன்,	7	50
69.	,, II	வை விருத்தகிரீசன், இரா. அண்ணாமலை	6	75
70.	,, III	இரா. அண்ணாமலை, பா. மாணிக்கவேலு	6	50
71.	,, IV	பா. மாணிக்கவேலு	7	00
72.	ஆங்கிலேயரின் சமுதாய வரலாறு—I	சி. ஈ. இராமச்சந்திரன்	6	50
73.	,, II	சி. ஈ. இராமச்சந்திரன், இர. ஆலாலசுந்தரம்	6	75
74.	,, III	ஆர். ஆலாலசுந்தரம்	6	50
75.	இந்தியாவில் முகலாயரின் ஆட்சி—I	பா. மாணிக்கவேலு	5	00
76.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	6	00

அரசியல்

*77.	அரசியல் அமைப்புகள்	ஜே. இராமச்சந்திரன்	4	62
78.	அரசாங்கத்தின் வரலாறு	மோ. கிளாரன்சு, டி. டி. பெலிக்ஸ்	7	50
79.	இந்திய அரசியலமைப்பு	வீ. கண்ணையா	4	75
80.	அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	டி. செல்லப்பா	8	50
81.	தற்கால அரசியல் அமைப்புகள்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	8	50
82.	பன்னாட்டு அரசியல்—I	திருமதி நூர்ஜஹான் பாவா	16	00
83.	,, II	,,	13	25
84.	பொதுத்துறை ஆட்சி இயல்—I	வீ. கண்ணையா	9	00
85.	,, II	இ. ஜெகதீசன்	7	25
86.	பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	வீ. கண்ணையா	7	50
87.	,, II	டி. செல்லப்பா	7	50

			ரூ.	ைப.
88.	இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம் ...	தி. வெ. குப்புசாமி, எஸ். சுப்பிரமணியன்	9	25
89.	இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி—I ...	வீ. கண்ணையா ...	6	25
90.	,, II ...	வீ. கண்ணையா, கி. ர. அனுமந்தன் ...	5	75
91.	,, III ...	கி. ர. அனுமந்தன் ...		
*92.	மக்கள் ஆட்சி ...	க. சந்தானம் ...	4	25
93.	1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும் ...	என். ஜே. ராஜகோபால் ...	7	75
94.	சமூக, அரசியல் கொள்கையின் அடிப்படைகள் ...	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு ...	7	00
95.	அரசியலமைப்புச் சட்ட ஆய்வுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I...	பா. சூரியநாராயணன் ...	5	75
96.	,, II...	பா. சூரியநாராயணன், கி. ர. அனுமந்தன்	6	00
97.	,, III...	கி. ர. அனுமந்தன் ...	5	75

உளவியல்

98.	குழந்தை உளவியல்—I ...	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி ...	8	00
99.	,, II ...	,, ...	7	00
100.	உட்கவர் மனம் ...	சி. ந. வைத்தீஸ்வரன் ...	7	00
101.	இளையோர் உளவியல்—I ...	தி. இரா. அரங்கராசன் ...	12	00
102.	,, II ...	,, ...	9	00
103.	சமூக உளவியல் ...	என். வேதமணி மானுவேல் ...	9	25
104.	பிறழ்நிலை உளவியல் ...	அ. பெசன்ட் கிரீப்பர்ராஜ் ...	11	00
105.	பித்தரின் உள்ளம் ...	,, ...	3	00
*106.	குமர உள்ளம் ...	டாக்டர் மு. அறம் ...	6	25

*மூலநூல் (Original Book)

தத்துவம்

			ரூ.	பை.
107.	இந்து சமயத் தத்துவம்	ஞா. ராஜாபகதூர்	5	50
*108.	அறிவு ஆராய்ச்சி இயல்	ஆர். ராமானுஜாச்சாரி	3	50
*109.	மேலைநாட்டுத் தத்துவம்	ஆர். எஸ். தேசிகன்	3	50
110.	அத்துவித தத்துவம்	கோ. மோ. காந்தி	6	50
111.	ஆங்கிலேயப் பயன்வழிக் கொள்கையினர்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	5	50
112.	இந்தியத் தத்துவம்—I	வ. அ. தேவசேனுபதி, பா. நா. சண்முகசுந்தரம்	3	50
113.	,, II	,,	6	00
114.	மெய்ப்பொருளியல்—ஓர் அறிமுகம்—I	சி. இராமலிங்கம்	6	00

அறவியல்

115.	அறவியல்—ஓர் அறிமுகம்	கோ. மோ. காந்தி	8	50

அளவையியல்

116.	அளவையியல்—தொடக்க நூல்	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	2	50

மானிடவியல்

117.	மானிடவியல்	ம. சு. கோபாலகிருஷ்ணன்	4	75
118.	பண்பாட்டுக் கோலங்கள்	கி. பூ. சுப்பிரமணியம்	5	50
*119.	இந்தியாவில் குடியானவர் வாழ்க்கை	எஸ். இலட்சுமி	3	50

சமூகவியல்

120.	சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள்	ஜே. நாராயணன்	10	50

புவியியல்

			ரூ.	பை.
121.	ஆசியா—I	கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	9	50
122.	,, II	,,	8	75
123.	ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல்	ஏ. எஸ். நாராயணன்	8	50
*124.	தென்கிழக்கு ஆசியா	ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி	8	50
*125.	வட அமெரிக்கா	குமாரி இரா. அலமேலு	8	25
*126	தென் அமெரிக்கா	எம். என். பத்மநாபன்	9	00
*127.	தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா	திருமதி எச். நியூமன்	4	00
*128.	,, —ஆஃப்ரிக்கா	எஸ். முத்துகிருஷ்ணக் கரையாளர்	3	25
*129.	புவிப்பிறவியல்—II	நா. அனந்தபத்மநாபன்	6	00
*130.	செய்முறைப் புவியியல்	சு. ஜெயசந்திரன்	9	00
*131.	மக்கட்பரப்பியல்	வி. எஸ். அனந்தபத்மநாபன்	6	25
*132.	சமுத்திரவியல்	கோ. இராமசாமி	6	50
133.	காலநிலை இயல்—I	கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	10	00
134.	,, II	,,	5	00
135.	காலநிலை இயல்	திருமதி இராதா	10	00
136.	வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	கோ. இராமசாமி	11	00
137.	புவி அமைப்பு இயல்	சி. விஸ்வநாதன்	4	75
138.	பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும்	கோ. இராமசாமி	6	00
139.	சிஷோரின் வாணிகப் புவியியல்—I	எஸ். மாணிக்கம்	9	50
140.	,, II	எம். கார்த்திகேயன்	12	00
141.	,, III	சி. எஸ். நரசிம்மன்	5	75

*மூலநூல் (Original Book)

			ரூ.	பை.
புள்ளியியல்				
*142.	புள்ளியியல்—அறிமுகம்	... சு. வைத்தியநாதன்	... 10	00
143.	புள்ளியியல் முறைகள்—I	... கோ. சண்முகசுந்தரம்	... 10	00
144.	,, II	... இராஜகோபாலன்	... 14	00
145.	நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம்	... தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்	... 6	50
உயர்கணிதம்				
*146.	ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்	... டி. கே. மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை	... 12	50
*147.	வகை நுண்கணிதம்	... ,,	... 8	00
*148.	தொகை நுண்கணிதம்	... தி. கோவிந்தராசன்	... 9	00
விலங்கியல்				
*149.	விலங்கியல்	... பெ. மா. அண்ணாமலை, இரா. முருகேசன்	... 12	00
பௌதிகவியல்				
150.	ஒளி நூல்	... ச. சம்பத்து	... 10	00
விஞ்ஞானம்				
*151.	வானவெளி வெற்றி	... டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	... 6	00
*152.	ரேடியோ	... டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம்	... 4	75
*153.	எக்ஸ்-கதிர்கள்	... பெ. நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம்	... 4	50
*154.	பாம்புகள்	... பெ. மா. அண்ணாமலை	... 3	50
*155.	தாவரம்—வாழ்வும் வரலாறும்	... டாக்டர் கு. சீனிவாசன்	... 8	00
*156.	கரும்பு	... கு. பெரியசாமி	... 4	00
*157.	தாவரங்களின் வாழ்வியல்	... எஸ். சுந்தரம்	... 6	50

			ரூ.	பை.
மருத்துவம்				
*158.	நீரிழிவு – க்ஷயரோகம்	டாக்டர் ஜி. வேங்கடசாமி, டாக்டர் ஏ. கதிரேசன்	2	50
159.	மகப்பேறும் மாதர்நோயும்	டாக்டர் (குமாரி) மணிமேகலை	8	25
*160.	பாக்டீரியா	சு. சுந்தரம்	2	50
161.	புற்றுநோய்	அ. கதிரேசன்	3	50
162.	உடலியங்கியல்—I	டாக்டர்கள் ஜி. வேங்கடசாமி, டி. சரோஜினி, எஸ். கே. துரைராஜ், ஆர். சேது	6	75
163.	,, II	,,	5	50
164.	என்புருக்கி நோய்	டாக்டர் அ. கதிரேசன்	7	25
பொறியியல்				
165.	நீங்களே உங்கள் வீட்டைக் கட்டலாம்	கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், சி. ஆர். சுப்பிரமணியம், ஆர். இராமசாமி, கே. வேணுகோபால்	8	50
கூட்டுறவு				
166.	உலகக் கூட்டுறவு இயக்கம்	அ. வேல்மணி	5	50
சட்டம்				
*167.	குற்றவியல் சட்டம்	எம். சண்முகசுப்பிரமணியம்	10	00

*மூலநூல் (Original Book)

No.	பொது நூல்கள்		ரூ.	பை.
168.	மகாத்மா காந்தி	சரஸ்வதி தங்கையன்	3	25
169.	விவசாயப் புரட்சி	வி. கார்த்திகேயன்	8	00
*170.	சேமக் கை-நூல்	ஆ. சுப்பிரமணியம்	2	50
*171.	முற்காலச் சோழர் கலையும் சிற்பமும்	எஸ். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்	9	00
*172.	உணவும் ஊட்டமும்	தி. வேங்கட கிருஷ்ணய்யங்கார்	4	50
	புகுமுக (P.U.C.) வகுப்புகளுக்குரியவை			
*173.	உலக வரலாறு	டி. ஆர். இராமச்சந்திரன்	4	00
*174.	பொருளாதாரம்	ஜி. சிதம்பரம்	2	75
*175.	வணிகவியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	2	50
*176.	,, II	,,	2	25
*177.	பௌதிகம்	டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம், ஆர். நாகராஜன்	7	50
*178.	புகுமுக பௌதிகம்	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	5	75
*179.	புகுமுக வகுப்புக் கணிதம்—I	கே. ராஜகோபாலன்	7	00
*180.	,, II	,,	3	00
*181.	புகுமுக வகுப்புக் கணித நூல்—I	டி. கோவிந்தராஜன், முத்துசாமி	7	00
*182.	,, II	,,	4	50
*183.	கணிதம்—ஓர் அறிமுகம்—I	ஆர். மகாதேவன்	4	75
*184.	,, II	,,	3	25
*185.	வேதியியல்	பி. டி. முனியப்பா, ஆர். முத்துலட்சுமி	7	00
*186.	புகுமுக வேதியியல்	சி. ஏ. பத்மநாபன்	5	50
*187.	விலங்கியல்	எஸ். ஆப்ரகாம்	4	00
*188.	புகுமுக விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணாமலை	7	25
*189.	புகுமுக வகுப்புத் தாவரவியல்	எஸ். சுந்தரம்	4	50

பட்டப்படிப்பிற்குரிய (B.Sc.) நூல்கள்

பௌதிகம் (Physics)

				ரூ.	பை.
*190.	எந்திரவியல் – சிறப்புப் பாடம் (Book I)	...	ஆர். நாகராசன்	... 6	25
*191.	வெப்பவியல் - சிறப்புப் பாடம்	...	கே. நாச்சிமுத்து	... 5	25
*192.	செய்முறை பௌதிகம்—சிறப்புப் பாடம் (Book I) ...		டி. கமலக்கண்ணன், எஸ். கிருட்டிணசாமி	... 4	50
*193.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம்-I (Book I)	...	பி. தங்கராஜன்	... 4	00
*194.	,, (Book II)	...	,,	... 3	00
*195	செய்முறை பௌதிகம்—துணைப்பாடம்	...	கே. பாசுகரன், இரா. செயராம்.	... 4	50
*196.	மின்னியல் காந்தவியல் (Book I)	...	டி. ஏ. கருப்பண்ணன்	... 4	75
*197.	ஒளியியல்—சிறப்புப் பாடம்	...	டாக்டர் வி. சண்முகசுந்தரம், டாக்டர் ஆர். சபேசன்	... 7	75

வேதியியல் (Chemistry)

*198.	செய்முறைக் கனிம வேதியியல் —சிறப்புப் பாடம் ...		டி. இராமலிங்கம்	... 2	25
*199.	பௌதிக வேதியியல் (Book I)	...	டி. சக்திவேலு	... 4	00
*200.	கனிம வேதியியல் – துணைப்பாடம்	...	சி. ஏ. பத்மநாபன்	... 6	50
*201.	கனிம வேதியியல் (Book I)	...	பி. டி. முனியப்பா	... 4	00
*202.	பொது பௌதிக வேதியியல் —துணைப்பாடம்	...	ஆர். துளசிதாஸ்	... 4	75

கணிதம் (Mathematics)

*203.	இயற்கணிதம்—சிறப்புப் பாடம் (Book I)	...	டி. கோவிந்தராஜன், கே. முத்துசாமி	... 4	25
*204.	தொகுமுறை வரைகணிதம்—சிறப்புப் பாடம்	...	ஆர். மகாதேவன்	... 2	00

*மூலநூல் (Original Book)

கணிதம் – (தொடர்ச்சி)

			ரூ.	பை.
*205.	எண்சார் கணிதம்—சிறப்புப்பாடம்	எம். எம். இராமசாமி	5	50
*206.	திரிகோண கணிதம்—சிறப்புப்பாடம்	வி. அரங்கநாதன்	3	25
*207.	கணிதம்—துணைப்பாடம்	ஆர். அனுமந்தராவ்	6	00
*208.	நிலையியல்—சிறப்புப்பாடம்	கே. இராஜகோபாலன்	5	00

புள்ளியியல் (Statistics)

*209.	புள்ளியியல்—துணைப்பாடம்	எஸ். கருப்பையா	3	50

விலங்கியல் (Zoology)

*210.	முதுகெலும்பற்றவை I—சிறப்புப்பாடம்	ஆர். முருகேசன்	11	50
*211.	,, II—சிறப்புப்பாடம்	திருமதி எஸ். கே. வள்ளி	11	25
*212.	முதுகுநாணுள்ளவை I—சிறப்புப்பாடம் (Book I)	திருமதி ராணி கந்தசுவாமி	8	00
*213.	,, (Book II)	,,	9	75
*214.	முதுகுத்தண்டுள்ளவை—II—சிறப்புப்பாடம்	திருமதி கிருஷ்ணவேணி நாராயணன்	11	75
*215.	முதுகெலும்பற்றவை — துணைப்பாடம்	என். இராமலிங்கம்	9	00
*216.	முதுகுநாணுள்ளவை — துணைப்பாடம்	வி. சேது	10	00

தாவரவியல் (Botany)

*217.	தாவர வெளி உள்ளமைப்பியல்களும் வகைப்பாட்டியலும்—சிறப்புப்பாடம்	கே. ராஜசேகரன்	11	00
*218.	தாவரப் புற அமைப்பியல்	கே. பாலச்சந்திரகணேசன்	9	25
*219.	தாவர உள்ளமைப்பியல்	டாக்டர் ஏ. கோவிந்தராஜுலு	7	25

*மூலநூல் (Original Book)