தமிழ் வெளியீட்டுக் கழக வரிசை எண்—225

மின்னியல்—காந்தவியல்

(இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்புக்குரியது)

ஆசிரியர்

டி. ஏ. கருப்பண்ணன்,

பேராசிரியர், பௌதிகத்துறை,

பூ·சா·கோ· கலைக்கல்லூரி,

கோவை

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்

தமிழக அரசு

First Edition—April 1970

B T.P. No. 225

© Bureau of Tamil Publications

ELECTRICITY AND MAGNETISM—II For B.Sc

T. A. K[illegible]UPPANNAN

Net Price Rs. 4-50

(No discount)

Printed by

PREMIER ART PRESS,

13, Muthiyalu Chetty Street,

Madras-7.

அணிந்துரை

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

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கி எட்டு ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக 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 மாணவர்களுக்குத் 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 தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான " மின்னியல்-காந்தவியல் — II " என்ற இந் நூல் தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகத்தின் 225ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 260 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

மின்னியல்-காந்தவியல்

(இரண்டாம் புத்தகம்)

உள்ளுறை

III. மின்னோட்ட இயல்

பக்கம்

12. மின்கலங்கள் 1

வோல்ட்டா மின்கலம்—முதன்மை மின்கலங்கள்—டேனியல் மின்கலம்—லெக்லாஞ்சி மின்கலம்—பசை மின்கலம் பைகுரோமேட் மின்கலம்—புன்சென் மின் கலம்—குருவ் மின்கலம்—படித்தர மின்கலம்—மின் கலங்களின் தொகுப்பு—பயிற்சிகள்.

13. ஓமின் விதியும் அதன் பயன்முறைகளும் ... 12

மின்சாரத்தின் அளவு—மின்னழுத்த வேறுபாடு—மின் இயக்குவிசை—மின் கடத்தல்—தடையின் தனி அலகு—மின்தடை வெப்பநிலை எண்—மின்தடைச் சேர்க்கை—தொடர் இணைப்பு மின்தடைகள்—பக்க இணைப்பு மின்தடைகள்—ஓம் விதியை ஒரு முழுச் சுற்றுக்குப் பயன்படுத்தல்—மின்கலங்களின் தொகுப்பு: தொடரிணைத் தொகுப்பு; பக்க இணைத் தொகுப்பு; தொடர்இணை—பக்கஇணைத்தொகுப்பு—ஓமின் விதியை நிரூபித்தல்—கலம் மாற்று முறை—கிரிச்சாஃபின் விதிகள்—வீட்ஸ்டன் வலைக்கு கிரிச்சாஃபின் விதிகளைப் பயன்படுத்தல்—வீட்ஸ்டன் வலையின் உணர்வு நுட்பத்திற்கான நிபந்தனைகள்—மேக்ஸ்வெல்லின் சுழற்சி மின்னோட்டம்—கெல்வின் முறைப்படி ஒரு கால்வனாமீட்டரின் மின்தடையினைக் காணல்—ஒரு மின் கலத்தின் தடை—மென்ஸின் முறை—பயிற்சிகள்: ஓமின் விதியும் பயனும்—கிரிச்சாஃபின் விதிகள்.

பக்கம்

14. மின்னேட்டத்தின் காந்த விளைவு ... 50

அரகோவின் சோதனை காந்தப்புலத்தின் திசை —ஆம்பியரின் நீச்சல் விதி—மேக்ஸ்வெல்லின் தக்கைத் திருகுவிதி—வலக்கை விதி—லேப்லாசின் விதி — மின் காந்த மின்னலகு—நேரான மின்கடத்தி ஒன்றின் சுற்றுப் புறத்தில் ஏதோவொரு புள்ளியில் காந்தப்புலம்—வட்டமான கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் காந்தப்புலம்—டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டர்—உணர்வு நுட்பம்—சைன் கால்வனுமீட்டர்—மின்னேட்டம் உள்ள வட்டமான கம்பிச் சுருளின் அச்சில் காந்தப்புலம்—ஹெல் மால்ட்சு கால்வனுமீட்டர்—மின்னேட்டம் உள்ள ஒரு வரிச் சுருள் அச்சில் காந்தப்புலம்—மின்னேட்டம் உள்ள ஒரு கடத்தியைச் சுற்றி ஓரலகு காந்த வடமுனை ஒன்றை எடுத்துச் செல்கையில் ஆற்றப்படும் வேலை—மின்னேட்டமுள்ள ஓர் உள்ளீடற்ற உருளை வடிவ மின் கடத்தியின் உள்ளும் புறமும் தோன்றும் காந்தப்புலம் —காந்தப் புலத்தில் வைக்கும் ஒரு மின் கடத்தியில் உண்டாகும் விசை—பார்லோ சக்கரம்—அசைவுச் சுருள் கால்வனுமீட்டர்—உணர்வு நுட்பம்—வேறு கால்வனுமீட்டர்கள்—ஒரு கால்வனுமீட்டரின் உணர்வு நுட்பம்—அம்மீட்டரும் வோல்ட்மீட்டரும்—ஓம் மீட்டர், மெக்கர், அவா மீட்டர் முதலியன—ஆம்பியரின் காந்தவியல் கொள்கை—ஆம்பியரின் தேற்றம்—பயன்கள்—காந்தப்புலத்தில் ஒரு மின்னேட்டத்தில் உண்டாகும் விசை—மின்னேட்டத்தினுல் மின்னேட்டத்தின் மீது தோன்றும் விளைவு—இரண்டு நேர்மின்னேட்டங்கள்—ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ள இரு வட்ட மின்னேட்டங்கள்—இரண்டு இணையான வட்டச் சுருள்களுக் கிடையேயுள்ள விசை—கெல்வினுடைய ஆம்பியர் தராசு—மின்டைனமோ மீட்டர்—கெல்வினின் வாட்மீட்டர்—அலைவு காட்டும் கால்வனுமீட்டர்—அசைவுச் சுருள் அலைவு காட்டும் கால்வனுமீட்டர் உணர்வு நுட்பம்—நன்மைகள்—ஒரு கால்வனுமீட்டரில் அலைவு இல்லாததாகவும், அலைவு காட்டுவதாகவும் இருப்பதற்கேற்ற நிபந்தனைகள்—மாறுநிலை தடையூட்டம்—அலைவில்லாமைக்கு நிபந்தனைகள்—அலைவு காட்டுவதற்கு நிபந்தனைகள்—அலைவு காட்டுவதற்கு

நிபந்தனைகள்—அலைவு காட்டும் கால்வனுமீட்டரின் பயன்கள்—தடையுறு திருப்பம்—மின் சாந்தத்தின் பயன் மின் தந்திக் கருவி—தொலைபேசி ஒலிபெருக்கி —மின்காந்த ஒலிப்பதிவும் ஒலி மீட்டலும் அசைவுச் சுருள் மைக்ரோஃபோன்—நாடா மைக்ரோஃபோன்—பயிற்சிகள்.

15. மின் அளவீடுகள் ...

ஒரு கடத்தியின் மின் தடையைக் கண்டு பிடித்தல்—ஒரு கலத்தின் 'அக மின் தடையைக்' காணல்—தடையினை அளத்தல்—வீட்ஸ்டனின் வலை—மீட்டர் வலை—கேரிஃபாஸ்டர் வலை—P.O. பெட்டி—பிளாட்டினத் தடை வெப்பமானி—கேலண்டர் கிரிஃபித் வலை—அனுகூலங்களும் பிரதி கூலங்களும்—இரு மின் கலங்களின் மின்னியக்க விசைகளை டேன்ஜன்ட் கால்வனுமீட்டரைக் கொண்டு ஒப்பிடுதல்—மாருத தடைமுறை—மாருத விலகல் முறை—மொத்த வித்தியாச முறை—மின்னழுத்தமானி—இரண்டு மின்கலங்களின் மின்னியக்க விசைகளை ஒப்பிடுதல்—ஒரு மின்கலத்தின் உள்மின் தடையைக் காணல்—ஒரு சுருளின் மின் தடையைக் காணல்—மின்னோட்டத்தை அளத்தல் —ஒரு டேன்ஜன்ட் கால்வனுமீட்டரின் சுருக்க எண்ணைக் காணல்—வோல்ட்மீட்டரின் அளவு திருத்தல்—உயர்ந்த எல்லை வோல்ட் மீட்டரை அளவு திருத்தல்—மின்னழுத்தமானியின் வேறு வகைகள்—கிராம்டன் மின்னழுத்தமானி—ரர்லே வகை மின்னழுத்தமானி—ஒரு கால்வனுமீட்டரின் உணர்திறன் காணல்—ஒரு கால்வனுமீட்டரின் மின்தடையைக் காணல்—ஒரு கால்வனுமீட்டரின் மின்னூட்ட உணர் நுட்பம்பேலிஸ்டிக்கால்வனுமீட்டரின் மின்னூட்ட உணர் நுட்பம்—உயர்மின் தடையை அளத்தல்—குறைந்த மின்தடைகளை ஒப்பிடுதல்—பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டரைக் கொண்டு ஒரு மின்தேக்கியின் தேக்கு திறனைக் காணல்—தேக்கு திறன்களை ஒப்பிடுதல்—டி சாட்டி (De Sauty's) முறைப்படி தேக்கு திறன்களை ஒப்பிடுதல்—ஒரு மின்கலத்தின் அக மின்தடையினைக் காணல்—குறைந்த மின் தடைகளை ஒப்பிடுதல் —பயிற்சிகள்

பக்கம்

16. மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவுகள் ... 183

ஜூலின் விதி—J ஐக் காணுதல்—கேலண்டர் பார்ன்ஸ் முறைப்படி வெப்ப—எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்றைக் காணல்—அனுகூலங்கள்—மின் திறன்—வாட் மணிக்கும் எர்க்குக்கும் உள்ள சம்பந்தம்—மீச்சிறு வெப்பத்தின் தத்துவம்—ஒரு வெளிச்சுற்றில் மின் திறன்—மின் கல அடுக்கிலிருந்து பெறப்படும் பெரும திறன்—மின் வெப்பப் பயன்கள்—மின்னுருகிகள்—மின் உலை—மின் இழை விளக்குகள்—மின்னிறக்க விளக்குகள்—கரிவில் விளக்கு—பயிற்சிகள்.

17. வெப்ப மின்னியல் ... 200

வெப்ப மின் திறன்—இடைநிலை உலோகங்களின் விதி—இடைநிலை வெப்பநிலைகள் விதி—வெப்ப மின்னியக்க விசையைச் சோதனை முறையில் காணல்—பெல்ட்டியர் (Peltier) விளைவு பெல்ட்டியர் விளைவு, ஜூல் வெப்ப விளைவு வேறுபாடுகள்—பெல்ட்டியர் எண் பெல்ட்டியர் விளைவை மெய்ப்பிக்கும் சோதனைகள்—பெல்ட்டியர் விளைவின் வெப்ப இயக்க இயல்—தாம்ஸன் எண்—மின் வெப்ப எண்—தாம்ஸன் விளைவை மெய்ப்பிக்கும் சோதனைகள்—ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் மொத்த மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடல்—எலெக்ட்ரான் கொள்கையின் அடிப்படையில் சீபெக், பெல்ட்டியர். தாம்ஸன் விளைவுகளுக்கு விளக்கம்—வெப்பமின் வரைபடங்கள்—வெப்பமின் விளைவின் உபயோகங்கள்—வெப்பமின் இரட்டை அடுக்கு—வெப்பமின் பைரோமீட்டர்—ரேடியோ மைக்ரோ மீட்டர்—பயிற்சிகள்.

12. மின்கலங்கள்

வோல்ட்டா மின்கலம் (Voltaic Cell)

இது பாவியா சர்வகலாசாலைப் பேராசிரியராயிருந்த வோல்ட்டா என்பவரால் 1786ஆம் ஆண்டு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அதனால் இது அவருக்கு அஞ்சலி செலுத்தும் வகையில் அவர் பெயராலேயே வழங்கப்படுகிறது.

தனி வோல்ட்டா கலம் (Simple Voltaic Cell) ஒரு நாகத்தகடு, நீர்த்த கந்தக அமிலம், கண்ணாடிப் பாத்திரம் ஆகியவற்றைக் கொண்டது. கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் நீர்த்த கந்தக அமிலம் இருக்கும். அதில் நாகத்தகடும் தாமிரத்தகடும் அமிழ்த்தப் பட்டிருக்கும். நாகத்தகடு அமிலத்தில் அமிழ்த்தப்பட்டதும் அதன் மீது குமிழிகள் தோன்றிக் கிளம்புவதைப் பார்க்கலாம். அவை ஹைடிரஜன் வாயுக் குமிழிகள் ஆகும். இந்த வேதியியல் கிரியை தான் ஹைடிரஜனைத் தயாரிப்பதிலும் உபயோகிக்கப்படுகின்றது. அடுத்துத் தாமிரத் தகட்டை அமிழ்த்தினால், ஒரு கிரியையும் நிகழ்வதாகக் காணப்படுவதில்லை. ஆனால், இந்த இரண்டு தகடுகளையும் ஒரு தாமிரக் கம்பியால் இணைத்தால் தாமிரத் தகட்டிலிருந்தும் ஹைடிரஜன் வாயுக் குமிழிகள் கிளம்புகின்றன. இப்பொழுது கம்பியில் ஒரு மின்னோட்டம் (electric current) ஓடிக்கொண்டிருக்கிறது. கம்பியில் மின்சாரம் ஓடுவதைக் கால்வனாஸ்கோப்பு (galvanascope) என்ற ஒரு மின்னோட்டங்காட்டியுடன் இணைப்பதால் அறியலாம்.

மின்கலத்தின் முனைகளும் மின் ஓட்டத்தின் திசையும்

தாமிரத் தகடு நேர்முனை (positive pole) எனப்படும். நாகத் தகடு எதிர்முனை (negative pole) எனப்படும். மின்கலத்தின் வெளியே நேர்முனையிலிருந்து எதிர் முனைக்கும், மின்கலத்திற்குள் எதிர் முனையிலிருந்து நேர்முனைக்கும் மின்னோட்டம் ஓடுவதாகக் கருதப்படுகிறது.

உள்ளிட நிகழ்ச்சி (Local action)

மின்கலத்துக்கு வெளியே நாகத் தகடும் தாமிரத் தகடும் ஒரு கம்பியால் இணைக்கப்படும்போது தாமிரத் தகட்டின்மீது ஹைடிரஜன் குமிழிகள் தோன்றுகின்றன. ஆனால், கலம் இயங்காதபோது, தாமிரத் தகட்டிலிருந்து ஹைடிரஜன் குமிழிகள் கிளம்புவதில்லை. நாகத் தகட்டிலிருந்து மட்டும் வாயுக் குமிழிகள் உண்டாகிக்கொண்டிருக்கின்றன. இதன் காரணம் உள்ளிட நிகழ்ச்சியாகும். உள்ளிட நிகழ்ச்சி என்பது நாகத் தகட்டிலுள்ள மாசுகளால் உண்டாகிறது.

இவ்வசுத்தம் அல்லது மாசு ஒரு சிறு கரித்துண்டு எனக் கொள்ள, அது நாகத் தகட்டுடன் அமிலத்தில் அமிழ்த்தப்பட்டிருக்கையில் நாகமாகிய மின்கடத்தியால் இணைக்கப்பட்டதாகிறது. இந்த அமைப்பு ஒரு சிறிய வோல்ட்டா கலத்திற்கு ஒப்பாகிறது. இதில் கரித் துண்டின்மீது ஹைடிரஜன் வாயு காணப்படும். இதைப் போலவே ஒவ்வொரு கரித் துண்டின்மீதும் ஹைடிரஜன் தோன்றி, வெகு சீக்கிரத்தில் நாகத் தகடு முழுதும் இவ்வாயுக் குமிழிகள் மூடிக் கொண்டுவிடும். இந்நிகழ்ச்சி நாகத் தகட்டின் பரப்பிற்குள்ளடங்கியே நிகழ்வதால் இஃது உள்ளிட நிகழ்ச்சி என வழங்கப்படுகிறது

நாகத் தகட்டின்மீது உண்டாகும் இந் நிகழ்ச்சியின் காரணமாகத் தோன்றும் உள்ளிட மின் ஓட்டங்கள் (local currents) நாகத் தகட்டிற்கு அப்பால் செல்லுவதில்லையாகையால், மின்கலத்தின் வெளியே தாமிரக் கம்பியில் ஓடும் மின்சாரத்தைக் கூட்ட இவை பயன்படுவதில்லை. இங்ஙனம் துத்தநாகம் பயனின்றி வீணாக அமிலத்தில் கரைகிறது. அதனால், நடைமுறையில் நாகத்தகட்டின் மீது பாதரசம் (mercury) பூசப்படுகிறது. பாதரசம் நாகத்தை மட்டும் அமிலம்மீது படும்படி செய்கிறது. அசுத்தங்கள் பாதரசப் பூச்சிற்குக் கீழ் தங்கிவிடுகின்றன.

தள விளைவு (Polarisation)

ஹைடிரஜன் வாயுக் குமிழிகள் நாகத்தின்மீது சேர்வதால் அமிலத்தில் படும் நாகத்தின் பரப்புக் குறைகிறது. தாமிரத் தகட்டின் மீது சேரும் ஹைடிரஜன் வாயுக் குமிழிகள் அதனிடம் ஹைடிரஜன் எளிதில் வந்து சேராதபடி தடுக்கின்றன. இங்ஙனம் ஒரு முனையின் மீதோ அல்லது இரண்டு முனைகளின்மீதோ ஹைடிரஜன் குமிழிகள் சேருவதன் காரணமாக மின்கலம் தரக்கூடிய பெரும் மின்னோட்டத்தைக் கொடுக்க இயலாதுபோனால், அது தள விளைவுக்குள்ளாகிறது என்று கூறுகிறோம்.

தள விளைவு நீக்கிகள் (Depolarisers)

ஹைடிரஜன் குமிழிகள் சேரச்சேர அவைகளைத் தூரிகை கொண்டு தேய்த்து அகற்றலாம். ஆனால், இது நடைமுறையில் அவ்வளவு எளிதானதன்று. ஆகவே, தள விளைவை அகற்ற வேதியியல் முறை கையாளப்படுகிறது. மின்கலத்தில் ஓர் ஆக்சிகரணி (oxidising agent) சேர்க்கப்படுகிறது. அது ஹைடிரஜனுடன் வேதியியல் கிரியை நடத்தி அதை நீராக மாற்றிவிடுகின்றது. தாமிர சல்பேட்டு (copper sulphate), மாங்கனீச டை-ஆக்சைடு (manganese dioxide), பொட்டாசியம் டைக்ரோமேட்டு (potassium dichromate), நைட்டிரிக அமிலம் ஆகியவைகள் பொதுவாக தள விளைவு நீக்கிகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

முதன்மை மின்கலங்கள் (Primary Cells)

வேதியியல் ஆற்றலை நேரிடையாக மின் ஆற்றலாக மாற்றும் ஒரு சாதனம்தான் முதன்மை மின்கலமாகும். ஒரு கடத்தியில் மின்னோட்டமானது அதிக மின்னழுத்தமுள்ள முனையிலிருந்து குறைந்த மின்னழுத்தமுள்ள முனைக்கு, இரு முனைகளும் ஒரே மின்னழுத்தம் அடையும்வரை பாயும். ஒரு கடத்தியின்மூலம் தொடர்ச்சியாக மின்னோட்டம் பாயவேண்டுமானால், கடத்தியின் இரு முனைகளும் வெவ்வேறு மின்னழுத்தத்தில் நிலையாக இருக்கும்படி செய்யவேண்டும். இதற்கு மின்கலங்களை உபயோகப்படுத்தலாம். இத்தகு முதன்மை மின்கலங்களில் பயன்படுத்தப்பட்டுவிட்ட பொருள்களை எவ்வித முறையிலும் திரும்பப் பெற முடியாது.

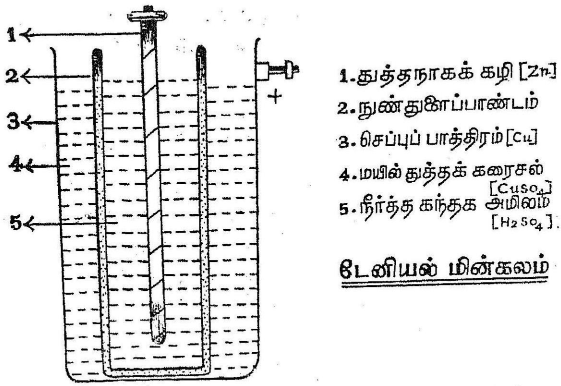
டேனியல் மின்கலம் (The Daniel Cell)

இதில் ஒரு செப்புப் பாத்திரம் இருக்கிறது. அப் பாத்திரத்தின் மேல் பாகத்தில் ஒரு பக்கத்தில் ஓர் இணைப்புத் திருகாணி இருக்கிறது. இப்பாத்திரமே நேர்மின் பொருளாக விளங்கும். இப்பாத்திரத்தினுள் மயில் துத்தம் தெவிட்டுமளவு கரைந்த கரைசல் இருக்கிறது. இது தள விளைவு நீக்கியாகும். பாத்திரத்தினுள் நுண்துளைப் பாண்டம் நீர்த்த கந்தக அமிலத்தைக் கொண்டிருக்கும். மின்பகு பொருளாகிய இக் கந்தக அமிலத்தினுள் இணைப்புத் திருகாணியுடன் கூடிய பாதரச மூலாம் பூசப்பட்ட துத்தநாகக் கழி வைக்கப்பட்டிருக்கும். இது எதிர்மின் முனையாகும். துத்தநாகம், நீர்த்த கந்தக அமிலத்தில் கரையும்போது ஹைட்டிரஜன் வாயு வெளியாகும். ஹைட்டிரஜன் நுண்துளைப் பாண்டத்தில் உள்ள நுண்துளைகளினூடே நுழைந்து, மயில் துத்தக் கரைசல் வழியே செல்லும்போது, அக்கரைசல் அந்த

வாயுவை உடனே ஆக்ஸிகரணிக்கும். இக் கிரியையைக் கீழ்வருமாறு எழுதலாம் :

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$$
$$H_2 + CuSO_4 \longrightarrow H_2SO_4 + Cu$$

துத்தநாகம் ($CuSO_4$, காப்பர் சல்பேட்டு) ஹைட்ரஜனை (H_2) ஆக்ஸிகரணித்து, கந்தக அமிலத்தையும் (H_2SO_4) தாமிரத்தையும் (Cu) ஏற்படுத்துகின்றது. தாமிரம் தாமிரப் பாத்திரத்தின்மேல் படிகிறது. இந்த ஏற்பாட்டினால் சக்தி தளராத மின்னோட்டம்



டேனியல் மின்கலம்

படம் 133

ஏற்படும். இதன் தளரா மின்னியக்கு விசை (electromotive force) 1·09 வோல்ட் ஆகும். மாறாத மின் அழுத்தமுள்ள மின்னோட்டத்தை இது உண்டாக்குவதால் இதை முதன்மை மின்கலம் என்பர். இதன் ஒரு குறை என்னவென்றால், மயில்துத்தம் நுண்துளைப் பாண்டத்தின் வழியாக ஊடுருவிச் சென்று துத்தநாகத்துடன் சேர்ந்து துத்தநாக சல்பேட்டையும் தாமிரத்தையும் உண்டாக்குவதால், தாமிரம் துத்த நாகத்தின்மேல் படிந்து அதனால் உள்ளிட நிகழ்ச்சியை உண்டாக்கும். இதைத் தவிர்க்க மின்கலம் வேலை செய்யாதபோது துத்தநாகக் கழி, நுண்துளைப் பாண்டம் இவற்றை எடுத்துத் தனியாக வைத்துவிட வேண்டும்.

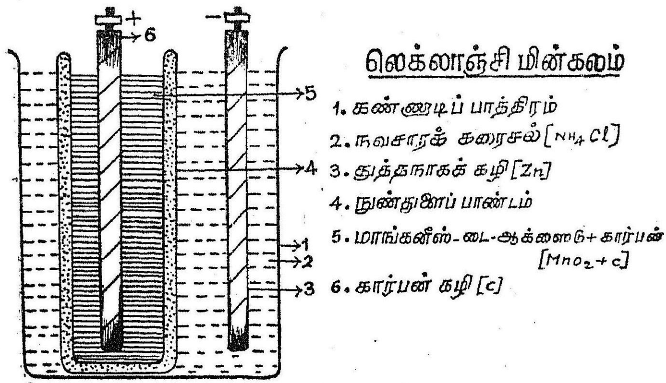
லெக்லாஞ்சி மின்கலம் (The Leclanche Cell)

ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் தெவிட்டுமளவு கரைந்த நவச்சாரக் கரைசல் (solution of ammonium chloride) வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதுவே மின்பகுபொருளாக இதில் விளங்குகிறது. அதனுள் தோய்ந்திருக்கும் பாதரச முலாம் பூசப்பட்ட துத்தநாகக் கழி எதிர்மின் முனையாகும். பாத்திரத்தின் நடுவே ஒரு நுண்துளைப்

பாண்டத்தில் கார்பன் சட்டத்தை வைத்திருப்பர். இது நேர்மின் முனையாகும். கார்பன் சட்டத்தைச் சுற்றி மாங்கனீசு-டை-ஆக்சைடும், கார்பன் பொடியும் கலந்த கலவை வைக்கப்பட்டிருக்கும். மாங்கனீசு-டை-ஆக்சைடு தளவிளைவு நீக்கியாக வேலை செய்கிறது. அது கார்பன் சட்டத்தைச் சூழும் ஹைட்டிரஜன் குமிழ்களை ஆக்ஸிகரணித்துவிடும். இந்த மின்கலத்தில் ஏற்படும் வேதியியல் கிரியைகளைக் கீழ்வருமாறு எழுதலாம் :

$$2NH_4Cl + Zn \longrightarrow ZnCl_2 + 2NH_3 + H_2$$
$$H_2 + 2MnO_2 \longrightarrow Mn_2O_3 + H_2O$$

நவச்சாரக் கரைசலும் (NH_4Cl), துத்தநாகமும் சேர்ந்து துத்தநாகக் குளோரைடையும் ($ZnCl_2$) அம்மோனியாவையும் (NH_3), ஹைடிரஜனையும் உண்டாக்குகின்றன. மாங்கனீசு-டை-ஆக்ஸைடு (MnO_2) ஹைட்டிரஜனை ஆக்ஸிகரணித்து Mn_2O_3 யையும் நீரையும் (H_2O) உண்டாக்குகின்றது.



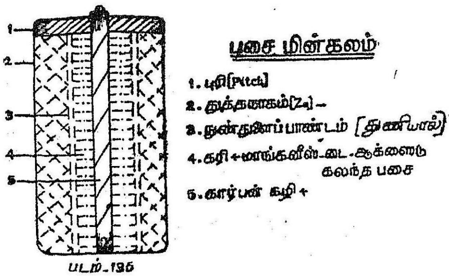
படம் 134

மாங்கனீசு-டை-ஆக்ஸைடு தீவிரமாக ஹைடிரஜன் குமிழ்களை ஆக்ஸிகரணிக்காது. மின்னோட்டத்தின் வலிமை, சிறிது நேரத்திற்குப் பிறகு மேற்கூறிய காரணத்தால் தளவிளைவு ஏற்படுவதால் குறைந்துவிடும். எனவே, தொடர்ந்து மின்னோட்டம் தேவைப்படாத இடங்களில் தான் இதனை உபயோகிப்பர். இம் மின்கலம் 1·45 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையையும், 1 ஓம் அளவு உள்தடையையும் பெற்றிருக்கும். இம் மின்கலனைக் குறைந்த செலவில் தயாரித்துவிடலாம்.

பசை மின்கலம் (The Dry Cell)

இதுவும் லெக்லாஞ்சி மின்கலத்தைப் போன்றதே. இதில் நவச்சாரமும் துத்தநாகக் குளோரைடும், பிளாஸ்டர்-ஆப்-பாரிஸும்

கலந்த ஒரு பசை துத்தநாகப் பாத்திரத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். துத்தநாகப் பாத்திரம் எதிர்மின் முனையாக வேலை செய்கிறது. ஒரு விறைப்பாயிருக்கும் முரட்டுத் துணியால் ஆகிய பை இதனுள் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. இந்தப் பைக்குள் ஒரு கிராப்பைட் கழி, மாங்கனீசு-டை-ஆக்சைடும் கார்பனும் கலந்த பசையினுல் சூழப்பட்டு இருக்கிறது. மின்கலத்தின் மேல்பாகம் ஒரு வகைக்



படம் 135

கரிப் பிசினுல் சூழப்பட்டு மூடப்பட்டிருக்கும். இந்த மின்கலத்திலும் நேர்மின் முனையில் ஹைட்ரஜன் சூழாமல் இருக்கும்படி செய்யப்பட்டு உள்ளதால், மின்னோட்டம் நிலையாக இருக்கும். இதிலுள்ள வேதியியல் பொருள்கள் பசையாக இருப்பதால், இவ்விதமான மின்கலத்தை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு எளிதாக எடுத்துச் செல்லலாம். இதனுடைய மின்னியக்குவிசை லெக்லாஞ்சி மின்கலத்தின் அளவோடு ஒத்திருக்கும். ஆனுல், அதனைவிட இதில் உள்தடை மிகக் குறைவாகும்.

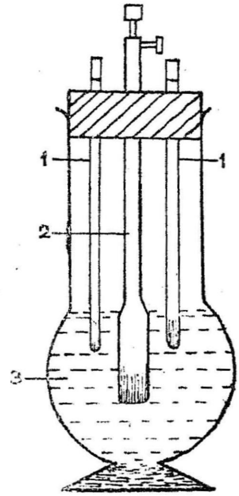
பைகுரோமேட் மின்கலம் (The Bichromate Cell)

இம் மின்கலம் தனியாக ஒரு பாய்பொருளை (fluid) மட்டும் கொண்டிலங்குகிறது. கண்ணுடிப் பாத்திரத்தில் நீர்த்த பொட்டாசியம் டைகுரோமேட், கந்தக அமிலம் கலந்த கரைசல் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இரு கரிக்கழிகளிடையே இருக்கும் பாதரச முலாம் பூசப்பட்ட துத்தநாகத்தகடு பாத்திரத்தின் முனையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். துத்தநாகம் எதிர் முனையாகவும், ஒன்ருக இணைக்கப்பட்ட கார்பன் கழிகள் நேர் முனையாகவும் விளங்கும். துத்தநாகத்தை மின்கலன் பயன்படாதபோது எடுத்துவிடலாம். கம்பிகளினுல் நேர் எதிர் முனைகள் இணைக்கப்படும்போது கார்பனில் இருந்து துத்தநாகத்திற்கு மின்னோட்டம் பாய்ந்து, கீழ்க் கண்டபடி கலத்தினுள் கிரியை ஏற்படுகிறது.

$$3Zn + 3H_2SO_4 \longrightarrow 3ZnSO_4 + 6H$$

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 3O + 6H + 3O \longrightarrow 3H_2O$$

கந்தக அமிலத்தில் துத்தநாகம் கரைந்து துத்தநாக சல்பேட், ஹைடிரஜன் ஆகியவை உண்டாகின்றன. அமிலமாக்கப்பட்ட டைகுரோமேட் (dichromate) கரைசல், கார்பன் கழி, ஆக்ஸி கரணமாக்கப்பட்டு நீராவதை, ஹைடிரஜன் தடுக்கிறது. எனவே, கந்தக அமிலம் மின்பகு பொருளாகவும் டைகுரோமேட் தளவிளை நீக்கியாகவும் (depolariser) செயல்படுகின்றன.



1. கார்பன் கழி
2. துத்தநாகம் [Zn]
3. பொட்டாஸியம்-டை-குரோமேட் + கந்தக அமிலக் கரைசல் [$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$]

பைகுரோமேட் மின்கலம்

படம் 136

இம் மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை 2 வோல்ட் ஆகும். இதுவே உயர்நிலை அளவாகவும் இருக்கும். உள்தடை குறைவாகவு மிருக்கும். நீண்ட நேரத்திற்குத் தொடர்ச்சியாக மின்னோட்டத்தைப் பெற இத்தகு மின்கலன் பயன்படாது. ஆனால், குறுகிய நேரத்தில் நிலையான மின்னோட்டத்தை இதிலிருந்து பெறலாம்.

புன்சென் மின்கலம் (The Bunsen Cell)

இத்தகு மின்கலத்தில் எதிர் முனையான துத்தநாகம் ப வடிவ அமைப்பில் நீர்த்த கந்தக அமிலத்தினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். நுண்துளைப் பாண்டத்தில் நைட்டிரிக் அமிலம் வைக்கப்பட்டு அதில் உயர்மின்னழுத்தத் தகடாக ஒரு கார்பன் கழி வைக்கப்பட்டிருக்கும். இங்கு மின்பகு பொருளாக கந்தக அமிலமும், தளவிளைவு நீக்கியாக அடர்வுமிகு நைட்டிரிக் அமிலமும் விளங்குகிறது. நேர் எதிர் முனைகளை இணைக்கும்போது மின்னோட்டம் கார்பனிலிருந்து துத்தநாகத்திற்குப் பாய்ந்து பின் கண்டபடி கிரியை ஏற்படும்.

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$$
$$H_2 + 2HNO_3 \longrightarrow 2H_2O + NO_2$$

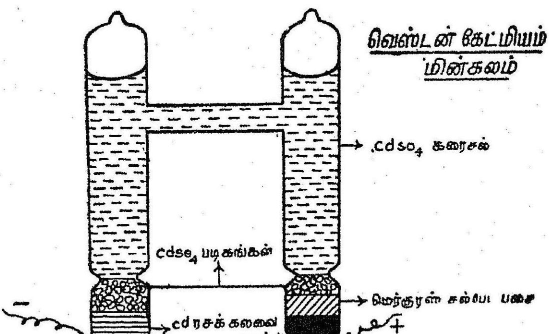
இதன் மின்னியக்கு விசை 1·9 வோல்ட் அளவாகும்.

குரூவ் மின்கலம் (The Grove Cell)

புன்சென் மின்கலத்தின் சீரமைப்பாக இம்மின்கலம் விளங்குகிறது. இதில் நேர்முனைப் பொருளாகக் கார்பனுக்குப் பதில் பிளாட்டினம் கழி பயன்படுத்தப்படுகிறது. நைட்டிரிக் அமிலத்தினால் ஹைடிரஜன் ஆக்ஸிகரணப்படுவதனால் இங்கு தளவிளைவு (polarisation) இல்லை. அடர்வுமிகு நைட்டிரிக் அமிலத்தில் கரைந்து நைட்டிரஜன் பராக்சைடு உண்டாவதனால் பிளாட்டினம் கழியில் ஏடாகப் (layer) படிவது தடுக்கப்படுகிறது. இதன் மின்னியக்குவிசை 1·9 வோல்ட்டுக்கு அதிகமாகவும், உள் மின்தடை புன்சனின் மின்கலத்தைவிடக் குறைவாகவும் இருக்கும். எனவே, நிலையான சக்தி வாய்ந்த மின்னோட்டத்தை உற்பத்தி செய்ய இது பொருத்தமான மின்கலமாக விளங்குகிறது.

படித்தர மின்கலம் (Standard Cell)

மின்னழுத்த வேறுபாட்டை மிகத் துல்லியமாக அளப்பதற்கு மின்கலங்கள் பயன்படுகின்றன. அத்தகு மின்கலங்களில் துல்லியமான மின்னியக்கு விசையும், (நிலையான மின்னோட்டத்துடன்) நிலைத்திருக்கும் தன்மையும் இருத்தல் மிக இன்றியமையாதவைகளாக



படம் 137

விளங்கும். இத்தகு கலங்களே படித்தர மின்கலங்கள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் கிடைக்கும் மூலமாகத் தோற்றுவாயாக, இத்தகு மின்கலங்கள் ஒருபோதும் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. படித்தர மின்கலங்களில் இரு முக்கிய மின்கலங்களாக

வெஸ்ட்டன் கேட்மியம் மின்கலமும் (The Weston Cadmium Cell) லேட்டிமர் கிளார்க் மின்கலமும் விளங்குகின்றன.

இத்தகு மின்கலத்தில் பாதரசம் நேர்முனையாகவும், காட்மியம் ரசக்கலவை (Cadmium amalgam) எதிர் முனையாகவும் அமைந்து, H வடிவ அமைப்புள்ள கண்ணாடிக் குழாயின் நீள்புயத்தில் (limb) அடிப்பகுதியில் வைக்கப்பட்டு இருக்கும். இப் புயங்களில் ஒன்றில் பாதரசத்திற்கு மேல் மெர்க்குரஸ் சல்பேட்டு (Hg_2SO_4) பசை வடிவில் இருக்கும். இது தளவினைவு நீக்கியாகச் செயல்படுகிறது. தெவிட்டிய கேட்மியம் சல்பேட்டுக் கரைசல் மின்பகு பொருளாக அமைகிறது. மின்கலம் பயன்படுத்தப்படும்போது இக்கரைசலின் அடர்த்தியை நிலைநிறுத்தும்பொருட்டு கேட்மியம் சல்பேட்டுப் படிகங்களைத் தளவினைவு நீக்கியின்மேல் ஒரு புறமும், கேட்மியம் ரசக் கலவையின்மேல் மற்றொரு புறமும் H வடிவ புயத்தில் இருக்குமாறு செய்யப்படுகின்றது. இரு புயங்களும் நன்கு சீல் வைக்கப்பட்டு அவைகள் ஒரு தனிப் பெட்டியில் இருக்குமாறு அமைக்கப்படுகின்றன. இதன் மேல்புறத்தில் பிளாட்டினம் கம்பிகளின்மூலம் நேர் எதிர் மின்வாய்கள் ஒரு திருகுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

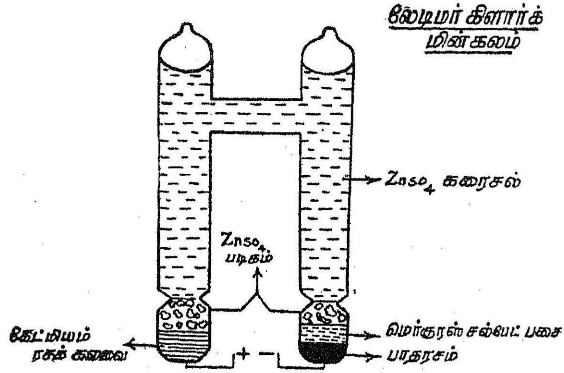
கேட்மியம் மின்கலத்தின் மின்னியக்குவிசை 20°C வெப்ப நிலையில் 1·0183 வோல்ட்டுகள் அளவு இருக்கும். வெப்பநிலை அதிக மாகும்போது மின்னியக்குவிசை மிகக் குறைந்த அளவே குறையும். கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டின்மூலம் 20°C-க்கும் 40°C-க்கும் இடைப் பட்ட எத்தகு வெப்ப நிலையிலும் மின்னியக்கு விசையைக் கணக் கிடலாம்.

$$E_t = 1{\cdot}0183 - 0{\cdot}0000406\,(t-20)$$ (தோராயமாக)

மிகுந்த தனிக் கவனத்துடன் இந்த மின்கலத்தைக் கையாள வேண்டும். எந்தக் காரணத்தைக் கொண்டும் தலைகீழாக இக் கருவியைத் திருப்பவோ குலுக்கவோ கூடாது. ஏனெனில், அத்தகு நிலையில் அதனுள்ளிருக்கும் பொருள்கள் கலந்து மின்கலத்திற்கு இழப்பேற்படும். சில மில்லி ஆம்பியர் அளவுக்குமேல் இதிலிருந்து மின்னோட்டத்தைப் பெற முடியாது.

லேட்டிமர்-கிளார்க் மின்கலத்தில் பாதரசம் நேர்மின்வாயாகவும், துத்தநாக ரசக்கலவை எதிர்மின்வாயாகவும் இருக்கும். இவைகள் H வடிவக் கண்ணாடிக் குழாயின் நீள்புயங்களின் அடிப்பகுதியில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். கேட்மியம் மின்கலத்தைப் போலவே பசை வடிவத்தில் மெர்க்குரஸ் சல்பேட்டு தளவினைவு நீக்கியாகப் பாதரசத் திற்கு மேல்புறம் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனைத் தவிர மீதமுள்ள பகுதிகளில் அடர்வுமிகு துத்தநாக சல்பேட்டு (zinc sulphate) மின்பகு பொருளாக வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் வீரியம் குறை

யாமல் இருக்கும்பொருட்டு துத்தநாக சல்பேட்டு படிக வடிவத்தில் இரு புயங்களிலும் மின்வாய்களுக்கு மேல் வைக்கப்பட்டிருக்கும். கேட்மியம் மின்கலத்தைப் போலவே இதுவும் தனியான ஒரு பெட்டியில் வைக்கப்பட்டு, அதில் பிளாட்டினம் கம்பிகள் மின்வாய்களின் முனைகளாகப் பயன்படுகின்றன.



படம் 138

15°C வெப்ப நிலையில் இதன் மின்னியக்குவிசை 1·433 வோல்ட்டுகளாகும். வெப்பநிலை உயர்வுடன் மின்னியக்குவிசை இலேசாகக் குறையும். 15°C-க்கும் 25°C-க்கும் இடைப்பட்ட எந்த வெப்ப நிலையிலும் மின்னியக்கு விசையைக் கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம்.

$$E_t = 1{\cdot}433 - 0{\cdot}00119\,(t-15)$$ (தோராயமாக)

மின்கலங்களின் தொகுப்பு (Grouping of Cells)

மின்கலங்களின் தொகுப்பு பாட்டரி (Battery) என்று வழங்கப்படுகிறது. மூன்று வித தொகுப்புகளின்மூலம் ஒரு பாட்டரியை உருவாக்கலாம்.

(1) தொடர்த் தொகுப்பு (Series Grouping)

(2) இணைத் தொகுப்பு (Parallel Grouping)

(3) தொடர்-இணைத் தொகுப்பு (Series-parallel Grouping)

ஒரு மின்கலத்தின் நேர்முனையை இரண்டாவது மின்கலத்தின் எதிர்முனையோடும், பின்பு அதனோடு மூன்றாவது மின்கலத்தின் நேர் முனையையும் இப்படியாகப் பல மின்கலங்கள் இணைக்கப்படும் முறை தொடர்த் தொகுப்பு என்று அழைக்கப்படுகிறது.

ஒவ்வொன்றின் மின்னியக்கு விசைகளின் கூட்டுத் தொகையே மொத்த மின்னியக்கு விசையாகும்.

இணைத் தொகுப்பு முறையில் நேர்முனைகள் ஒரு பொதுவான முனையிலும், எதிர்முனைகள் இரண்டாவது பொது முனையிலும் இணைக்கப்படும். எல்லா மின்கலன்களும் சமமான மின்னியக்கு விசையைக் கொண்டனவாகப் பயன்படும்போது, பாட்டரியின் மின்னியக்குவிசை ஒவ்வொரு தனி மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசைக்கும் சமமாக இருக்கும்.

தொடர்-இணைத் தொகுப்பு முறையில் அல்லது கலவை அடுக்கு முறையில் பல மின்கலன்கள் பக்க அடுக்காகப் பல வரிசைகளில் இருக்கும். ஒவ்வொரு வரிசையிலும் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்கலங்கள் தொடரிணையாக வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

பயிற்சிகள்

1. முதன்மை மின்கலங்களுக்கும் (Primary cells) துணை மின் கலங்களுக்கும் (Secondary cells) உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகளை விவரி. நேர் எதிர் (reversible cells) மின்கலத்தின் கிப்-ஹெம் மோல்டஸ் சமன்பாட்டை வருவித்துக் காட்டு (61 ஏப்ரல்).

2, வெஸ்டன் படித்தரக் காட்மியம் (Weston Cadmium Standard Cell) மின்கலத்தின் படம் வரைந்து அதன் அமைப்பை விவரி.

ஓர் ஈய மின் சேமிப்புக் கலத்தின் மின்னேற்றம், மின்னிறக்கம் ஏற்படும்போது (charging and discharging) ஏற்படும் வேதியியல் வினைகளை (chemical actions) விளக்கு. மின்கலச் சேமிப்பை (storage) நல்ல நிலையில் வைத்துக்கொள்ளக் கடைப்பிடிக்க வேண்டிய முன் எச்சரிக்கைகளைச் சுருக்கமாக விவரி (61 செப்டம்பர்).

13. ஓமின் விதியும் அதன் பயன்முறைகளும்

(Ohm's Law and its Applications)

மின்சாரத்தின் அளவு (Quantity of Electr icity)

மின்னூட்டமானது ஒரு கடத்தியின்மூலம் பாய்ந்து செல்வதைத் தான் நாம் மின்சாரம் அல்லது மின்னோட்டம் என்று அழைக்கின்றோம். கடத்தியின் குறுக்குவெட்டுப் பாகத்தின்மூலம் ஒரு விநாடிப் பொழுதில் பாய்ந்து செல்லும் மின்சாரத்தின் அளவையே நாம் மின்சாரத்தின் வலிமை (strength) என்கிறோம். எனவே, கடத்தியின் ஒரு குறிப்பிட்ட குறுக்குவெட்டுப் பாகத்தின்மூலம், ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் கடக்கும் மின்சாரத்தின் மொத்த அளவை, மின் சாரத்தின் வலிமையைக் கால அளவை விநாடிகளில் பெருக்கிவரும் பெருக்குத் தொகையானது கொடுக்கின்றது.

அதாவது $Q = C \times t$.

ஒரு விநாடியில், ஒரு மின்காந்த அலகு மின்சாரம் கொடுக்கும் அளவை, நாம் மின்காந்த அலகு முறையில் ஓர் அலகு மின்சார அளவு (unit quantity of electricity) எனக் கூறுகிறோம்.

மின்சார அளவின், நடைமுறை அலகு கூலம் (coulomb) ஆகும். ஓர் ஆம்பியர் (ampere) வலிமை கொண்ட மின்சாரம் ஒரு விநாடி பாய்வதன்மூலம் கிடைக்கும் மின்சார அளவே ஒரு கூலம் ஆகும்.

எனவே, 1 மி.கா. அலகு முறை அளவு = 10 கூலம்கள்

ஆகவே, Q (கூலம்கள்) = C (ஆம்பியர்கள்) $\times t$ (செகண்டுகள்)

மின்னழுத்த வேறுபாடு (Potential difference)

ஒரு கடத்தியில் A, B என்ற இரு புள்ளிகளை எடுத்துக்கொள்வோம். Aயில் உள்ள மின்னழுத்தமானது Bயிலுள்ளதைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்கட்டும். Aயிலிருந்து B-க்கு, ஓர் அலகு அளவுள்ள மின்சாரத்தை எடுத்துச் செல்லச் செய்யப்படும் வேலையின் அளவு, A-க்கும் B-க்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் கொடுக்கின்றது. ஒரு மின்காந்த அலகு அளவுள்ள மின்சாரத்தை ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு எடுத்துச் செல்லச் செய்யப்படும் வேலை 1 எர்க் ஆனால், அப் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை 1 அலகு மின்காந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு என்கிறோம். இதையே ஓர் அப்வோல்ட் (abvolt) என்றும் அழைக்கின்றோம்.

மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் நடைமுறை அலகை நாம் வோல்ட் (volt) என்கிறோம்.

1 வோல்ட் = 10^8 மின்காந்த அலகுகள் கொண்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு.

ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு, ஒரு மின்காந்த அலகு அளவுள்ள மின்சாரம் பாயும்போது 10^8 எர்க்குகள் அளவுள்ள வேலை செய்யப்படுமேயானால், அப்புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 1 வோல்ட் ஆகும்.

அல்லது ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு 1 கூலம் அளவுள்ள மின்சாரம் பாயும்போது 1 ஜூல் (Joule) அல்லது 10^7 எர்க்குகள் அளவுள்ள வேலை செய்யப்படுமேயானால், அப்புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 1 வோல்ட் ஆகும்.

மின் இயக்கு விசை (Electromotive force)

ஒரு மின்கலமானது ஒரு கடத்தியுடன் வெளி இணைப்புச் செய்யப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். கடத்தியில் எலெக்ட்ரான்கள் அல்லது மின்னூட்டங்கள் தொடர்ந்து பாய்ந்துகொண்டே இருக்க, மின்னழுத்த வேறுபாட்டை மின்கலமானது நிலைநிறுத்த வேண்டும். கடத்தியில் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு மின்னூட்டமானது பாய்ந்து செல்வதற்குச் செய்யப்படும் வேலைக்குத் தேவையான ஆற்றலை மின்கலமானது கொடுக்கின்றது. கடத்தியின் மூலம் நிலையான (steady) மின்சாரம் பாய்ந்துகொண்டிருக்கும்போது எந்தவொரு புள்ளியிலும் மின்னூட்டமானது தேங்குவதில்லை. எனவே, மின்கலத்தின் வெளியில் மின்னூட்டமானது நேர்முனையிலிருந்து எதிர்முனைக்கும், பின்பு மின்கலத்தினுள் எதிர்முனையிலிருந்து நேர்முனைக்கு

மாகப் பாய்ந்து ஒரு பூட்டப்பட்ட (closed) மின் சுற்றை அமைக்கின்றது. இவ்வாறு பூட்டப்பட்ட மின்சுற்று முழுவதிலும் ஓர் அலகு மின்னூட்டத்தை எடுத்துச் செல்லச் செய்யப்படும் வேலை, அம் மின் மூலத்தின் (source) மின் இயக்கு விசையைக் கொடுக்கின்றது. மின் இயக்கு விசையானது, மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான அலகுகளாலேயே அளக்கப்படுகின்றது. ஒரு மின்கலமானது, வெளிச் சுற்றில் மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சாமலிருக்கும்போது அதன் மின் இயக்குவிசையும், அதனது முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும் ஒன்றேயாகும். ஆனால், மின்கலமானது ஒரு வெளிச் சுற்றில் மின்சாரம் செலுத்தும்போது, அதனது முனைகளுக்கிடையே யுள்ள அழுத்த வேறுபாடானது அதனது மின்னியக்கு விசையைவிடக் குறைந்தே இருக்கும். ஏனெனில், மின்னியக்கு விசையின் ஒரு பகுதி, மின்கலத்தினுள் மின்சாரத்தைச் செலுத்துவதற்குப் பயன்படுத்தப் பட்டுவிடுகின்றது.

மின்கடத்தல் (Electrical Conduction)

சில திடப் பொருள்கள், முக்கியமாக உலோகங்கள், தங்கள் அணுக்களில் தன்னிச்சையான (free) எலெக்ட்ரான்களைப் பெற்றிருக்கின்றன. அணுக் கருவினுள் (nucleus) இத் தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்கள் இலேசாகப் பிணைக்கப்பட்டிருப்பதால், இவைகளை எளிதாக அணுக்களிலிருந்து பிரித்துவிடலாம். இத்தகைய தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்களை ஏராளமாகப் பெற்றிருக்கும் பொருள்களை, நல்ல மின்கடத்திகள் எனவும், மிகக் குறைந்த அளவு பெற்றிருக்கும் பொருள்களை அரிதில் கடத்திகள் (bad conductors) என்றும் கூறுகிறோம். ஒரு திட மின்கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கு இடையே மின்புலத்தை உண்டாக்குங்கால், தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்களிலிருந்து பிரிக்கப்பட்டுத் தாழ்ந்த மின்னழுத்த முனையிலிருந்து உயர் மின்னழுத்த முனையை நோக்கி ஓடும். தாழ்ந்த மின்னழுத்த நிலையிலிருந்து உயர் மின்னழுத்த நிலைக்கு இவ்விதமாக எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு கடத்தியின்மூலம் பாய்வதை மின்னோட்டம் (electric current) என்று கூறுகிறோம். மரபுப்படி (conventional) மின்னோட்டம் என்பது நேர் மின்னூட்டங்கள் (positive charges) உயர் மின்னழுத்த முனையிலிருந்து தாழ்ந்த மின்னழுத்த முனையை நோக்கி ஓடுவதையே குறிக்கும். திட மின்கடத்திகளில் மின்னோட்டம் என்பது தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்களின் ஓட்டம் என்பதையும், அவ் வெலெக்ட்ரான்களைத் தரும் அணுக்கள் ஒரே இடத்தில் ஒட்டுவிசைகளால் (cohesive forces) பிணைக்கப்பட்டு நிலையாக இருக்கும் என்பதையும் கவனிக்க வேண்டும்.

வாயுக்களைப் பொறுத்தமட்டில், அணுக்கருவிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் பிரிக்கப்படும்பொழுது அயனியாதல் (ionisation) ஏற்பட்டு எதிர் மின்னூட்டப்பட்ட அயனிகளும் நேர் மின்னூட்டப்பட்ட அயனிகளும் (negatively charged ions and positive ions) உண்டாகி எதிர்த்திசைகளில் நகர, மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது.

உலோகங்களில் மின்சாரம் கடத்தப்படுவதைப் போலவே, வெப்பமும் கடத்தப்படுவதற்குக் காரணமானவை, இத் தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்களே. மின்சாரத்தை நன்கு கடத்தும் பொருள்கள் எல்லாம் வெப்பத்தையும் நன்கு கடத்தும் என்னும் உண்மையே மேற்சொல்லப்பட்ட கருத்தை உறுதிப்படுத்துகிறது.

'a' என்னும் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புள்ள ஒரு திடப் பொருளின் குறுக்கே 't' காலத்தில் கடத்தப்படும் வெப்பத்தின் அளவான 'q'வானது, ஃபூரியர் (Fourier) என்பவரின் கருத்துப்படி $Ka \frac{d\theta}{dx}$. t-க்குச் சமம். அதாவது, $q = Ka \frac{d\theta}{dx}.t$. இங்கு K எனப்படுவது வெப்பங் கடத்து திறன் பெருகெண் (coefficient of thermal conductivity) ; $\frac{d\theta}{dx}$ எனப்படுவது திடப் பொருளின் பகுதிக்குக் குறுக்கே உள்ள வெப்பநிலை வாட்டம் (temperature gradient) ஆகும்.

இதே போன்று, 'a' குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புள்ள ஒரு திட மின் கடத்தியின் குறுக்கே 't' காலத்தில் கடத்தப்படும் மின்னூட்டம்

$$q = \sigma a \frac{dV}{dx} . t$$

இங்கு 'σ' என்பது மின்கடத்துதிறன் பெருகெண் (coefficient of electrical conductivity); $\frac{(\ )}{dx}$ எனப்படுவது கடத்தியின் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வாட்டம் (potential gradient) ஆகும்.

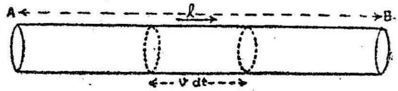
$$\text{ஆகவே, } \frac{q}{t} = \sigma a \frac{dV}{dx}$$

ஆனால், $\frac{q}{t}$ என்பது ஒரு விநாடியில் கடத்தியினூடே பாயும் மின்னூட்டத்தின் அளவு. இதனையே மின்னோட்டம் 'i' என்று குறிக்கிறோம்.

ஆகவே, $i = \sigma x \frac{dV}{dx}$

குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு 'a'உம், நீளம் 'l'ம் உள்ள, ஓர் உலோகக் கம்பி AB யினை எடுத்துக்கொள்வோம். அதனுடைய

முனைகள் A, Bகளில் உள்ள மின்னழுத்தங்களின் மதிப்புகள் V_a, V_b எனக் கொள்வோம். அக் கடத்தியின் முனைகளுக்கு இடையே 'E' செறிவுள்ள மின் புலத்தினை உண்டாக்கியிருக்கும் போது தன்னிச்சை எலெக்ட்ரான்களின் சராசரி திசை வேகம் (velocity) v எனக் கொள்வோம். அலகு கன அளவிற்கான சுதந்திர எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை 'n' என்றால், அக் கடத்தியின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பின் வழியே 'dt' என்னும் குறுகிய காலத்தில் பாயும் எலெக்ட்ரான்களின் மின்னூட்டம் :



V_a படம் 139 V_b

$$dq = ne\, a\, v\, dt$$

இங்கு 'e' எனப்படுவது ஓர் எலெக்ட்ரான் எடுத்துச் செல்லும் மின்னூட்டத்தின் அளவு ஆகும்.

ஆகவே, மின்னோட்ட வலு (Current strength) $i = \dfrac{dq}{dt}$

$$= ne\, a\, v$$

மின்னோட்ட அடர்த்தி (Current density) $= \dfrac{i}{a} = ne\, v$

மின்னோட்ட அடர்த்திக்கும் மின் செறிவுக்கும் (electric intensity) உள்ள விகிதமே அக் கடத்தியின் மின்சாரம் கடத்து திறன் பெருக்கெண் எனப்படும். அதனை 'σ' என்று குறிப்பிடுவோம்.

$$\sigma = \frac{\text{மின்னோட்ட அடர்த்தி}}{\text{மின் செறிவு}} = \frac{\text{Current density}}{\text{Electric intensity}}$$

$$= \frac{i/a}{E}$$

ஆனால், $E = -\dfrac{dV}{dx}$

$$\therefore \sigma = i/a \Big/ -\frac{dV}{dx}$$

அல்லது $idx = -\sigma\, a\, dV$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டினைத் தொகுக்க, கடத்தியின் முழு நீளத்தினூடே பாயும் மின்னோட்டம் கிடைக்கும்.

அதாவது $\displaystyle\int_o^l idx = \int_{V_b}^{V_a} -\sigma a\, dV$

$$i\,l = \sigma\, a\,(V_a - V_b)$$

அல்லது $i = \dfrac{\sigma a}{l}(V_a - V_b)$

இங்கு $\left(\dfrac{\sigma a}{l}\right)$ எனப்படுவது கடத்தியின் உலோகத்தின் மின்கடத்துதிறனையும் ; $\left(\dfrac{l}{\sigma a}\right)$ என்பது கடத்தியின் மின்தடையினையும் குறிப்பிடுவன. $\left(\dfrac{l}{\sigma a}\right)$ வினை 'R' என்று குறித்தால்:

$$i = \frac{V_a - V_b}{R}$$

அல்லது $\dfrac{V_a - V_b}{i} = R =$ மாறிலி.

மேற்கண்ட தொடர்பு அனுபவபூர்வமாக (empirical) ஜெர்மன் விஞ்ஞானி G. S. ஓம் என்பவரால் முதன்முதலாகப் பெறப்பட்டது. அதனை ஓமின் விதி என்று பின்வருமாறு கூறுகிறேம்.

'மாருவெப்ப நிலையிலுள்ள, ஒரு மின்கடத்தியின் இரு முனைகளுக்கிடையேயுள்ள, மின்னழுத்த வேறுபாடு அக் கடத்தியினூடே பாயும் மின்னேட்ட வலுவிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.'

ஒரு மின்கடத்தியின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 'E' என்பது 'i' என்னும் மதிப்புடைய மின்னேட்டத்தினை. அக் கடத்தியினுள் பாய்ச்சுமானல், ஓமின் விதிப்படி,

$$\frac{E}{i} = \text{மாறிலி} = R$$

அல்லது $E = i\,R$

$$i = \frac{E}{R}$$

E-ன் மதிப்பும், i-ன் மதிப்பும் முறையே ஒன்றுக்குச் சமமானல் (அதாவது $E = 1$, $i = 1$ ஆனல்) $R = 1$.

தடையின் தனி அலகு (Absolute Unit of Resistance)

ஒரு கடத்தியின் முனைகளுக்கு இடையே ஓர் அலகு மின்-காந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்கும்போது அதில் பாயும் மின்னேட்டம் ஓர் அலகு மின் காந்த மின்னேட்டம் ஆனல் அதன் தடையின் மதிப்பு தனி அலகு தடையாகும்.

நடைமுறையில் ஓர் அலகு தடையின் மதிப்பு ஓர் ஓம் எனப்படும். ஒரு கடத்தியின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த

வேறுபாடு ஒரு வோல்ட்டாகவும் அப்போது அதன் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு ஓர் ஆம்பியராகவும் இருந்தால் அதன் மின்தடை ஓர் ஓம் ஆகும்.

$$1 \text{ ஓம்} = \frac{1 \text{ வோல்ட்}}{1 \text{ ஆம்பியர்}}$$

$$= \frac{10^8 \text{ மின்காந்த அலகு மின்னழுத்த வேறுபாடு}}{10^{-1} \text{ மின்காந்த அலகு மின்னோட்டம்}}$$

$$= 10^9 \text{ மின்காந்த அலகு தடை}$$

ஒரு மின்கடத்தியின் தடையானது கீழ்க்கண்டவற்றைப் பொறுத்துள்ளது

1. ஒரு கடத்தியின் மின்தடை அதன் பருப்பொருளைப் (material) பொறுத்தது. ஈயம், கரி போன்ற பொருள்களின் தடைகள் தாமிரம், பித்தளை போன்றவைகளைவிட மிகமிக அதிகம். பொதுவில் ஒரு கடத்தியின் மின்தடை அப் பொருளின் தூய்மை அணுக்கூறுகளின் நிலை முதலியவற்றைப் பொறுத்தது.

2. தூய்மையான உலோகங்களைப் பொறுத்தவரை வெப்ப நிலை உயர அதன் தடையின் மதிப்பும் உயருகிறது. வெப்பநிலை மாற்றத்தோடு தொடர்புடைய மின்தடையின் மாற்றம் கீழ்க்கண்ட வாறு தரப்படும்:

$$R_t = R_0 \, (1 + \alpha t + \beta t_2)$$

இங்கு R_t, R_0 என்பன t°C, 0°C வெப்ப நிலைகளில் அக் கடத்தியின் தடை மதிப்புகள். α, β என்பன குறிப்பிட்ட பொருளுக்கான மாறிலிகள். வெப்பநிலை மாற்றம் குறைவாக இருக்கும்போது மின் தடை மாற்றம் பின் கண்டவாறு தரப்படும்:

$$R_t = R_0 \, (1 + \alpha t)$$

இங்கு 'α' என்பது மின்தடை வெப்பநிலை எண் (Temp. Coefficient of Resistance) எனப்படும்.

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

மின்தடை வெப்பநிலை எண் (Temp. Coefft. of Resistance)

ஓர் உலோகத்தின் மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணை, 1°C வெப்ப நிலை உயர்வால் அதிகரிக்கும் மின் தடைக்கும், 0°C வெப்பநிலையில் அதன் மின்தடைக்கும் உள்ள விகிதமாக வரையறுக்கலாம். தூய்மையான உலோகங்களுக்கான α-ன் மதிப்புச் சுமார் 0·0037.

உலோகக் கலவைகளின் மின்தடை வெப்பநிலை எண் மிகக் குறைவு. காட்டாக, மாங்கனின் உலோகக் கலவையின் மின்தடை 0°C-லிருந்து 35°C வரைதான், அதுவும் மிகக் குறைவாக அதிகரிக்கிறது. 35°C-க்கு மேல் அதனுடைய மின்தடை வெப்பநிலை எண் நடைமுறையில் சுழியாகும். இக் காரணத்தினால்தான் மாங்கனின் உலோகத்தால் படித்தர மின்தடைச் சுருள்களைத் தயாரிக்கிருர்கள்.

கரி (carbon) மற்றும் மின்கடத்தாப் பொருள்களான எபொனைட் (ebonite) போன்றவைகளின் மின்தடை, வெப்பநிலை உயர, குறைகிறது. அதாவது, அவைகளின் மின்தடை வெப்பநிலை எண் எதிரானது (negative). திரவ மின்கடத்திகளில் மின்பகு திரவங்களுக்கும் (electrolytes) மின்தடை வெப்பநிலை எண்கள் எதிரானவை.

3. ஒரு குறிப்பிட்ட மின்கடத்தியின் மின்தடையானது குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் அதனுடைய நீளம் 'l'-க்கு, நேர் விகிதத்திலும், அதனுடைய குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு 'a'-க்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கிறது.

$$\text{அதாவது } R \propto \frac{l}{a}$$

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

இங்கு ρ-எனப்படுவது ஒரு குறிப்பிட்ட பொருளுக்கான மாறிலி. அது அக் கடத்தியின் பொருளின் தன்தடை எண் (specific resistance) என்று கூறப்படும். இப்பொழுது $l=1$ செ.மீ., $a=1$ ச.செ.மீ. ஆனல் $\rho=R$. ஆகவே, ஒரு கடத்தியின் தன் தடையினைப் பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம்: 1 செ.மீ. நீளமும் 1 ச.செ.மீ. குறுக்குவெட்டுப் பரப்பும் உள்ள ஒரு கடத்தியின் மின்தடையே அக் கடத்தியின் தன்தடை எனப்படும். அதனை ஓம்கள்/செ.மீ.^{3} என்று குறிப்பிடுகிறோம்.

தன்தடையின் பரஸ்பரத்தை (reciprocal) தன் கடத்துதிறன் (Specific Conductance) என்று கூறுகிறோம். அதனை 'σ'-வால் குறிப்பிடுகிறோம்.

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

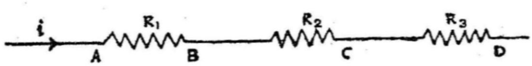
மின்தடைச் சேர்க்கை
(Combination of Resistances)

நடைமுறையில், பல மின்சுற்றுகளில் மின்தடைகளை இணைக்க நேரிடும். அவ்வாறு இணைக்க வேண்டிய மின் தடைகளை இரு வகையாக, (i) தொடர்பு இணைப்பு, (ii) பக்க இணைப்பு என இணைக்கலாம். ஒரு மின்சுற்று இவ்வகையான இரு வகை இணைப்புகளையும் கொண்டிருந்தால் அதனைக் கலப்பினத் தொகுப்பு (Mixed Grouping) என்று கூறுகிறோம்.

தொடர் இணைப்பு மின்தடைகள் (Resistances in Series)

ஓரே மின்னோட்டம் கடத்திகளின்மூலம் பாயும் வண்ணம் அவைகளின் ஒன்றின் முனையோடு மற்றொன்றின் முனை இணைக்கப்பட்டிருக்குமானால், அக் கடத்திகளை 'தொடர் இணைப்பு' மூலம் சேர்த்திருப்பதாகக் கூறுகிறோம்.

மின் தடைகள் R_1, R_2, R_3 அளவுள்ள மூன்று கடத்திகளைத் தொடர் இணைப்பு மூலம் சேர்த்திருப்பதாகக் கொள்வோம். i என்னும்



படம் 140

ஓரே மின்னோட்டம் ஒவ்வொரு கடத்தியின்மூலமும் பாய்வதாகக் கொள்வோம். R_1, R_2, R_3 இவைகளின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் முறையே V_1, V_2, V_3 எனக் கொள்வோம். V என்பது சேர்க்கையின் இரு முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு என்றால்,

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

ஆனால், $V_1 = i\,R_1$, $V_2 = i\,R_2$, $V_3 = i\,R_3$

R என்பது R_1, R_2, R_3-க்கு இணைமாற்றுத் (equivalent) தடை ஆனால், $V = i\,R$

$$i\,R = i\,R_1 + i\,R_2 + i\,R_3$$

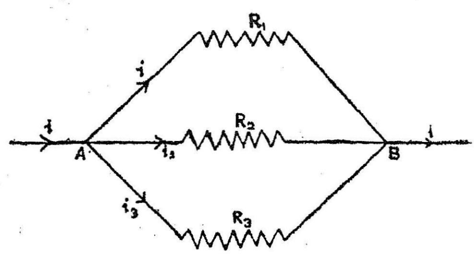
அல்லது $R = R_1 + R_2 + R_3$

அதாவது தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கப்பட்ட தடைகளுக்குச் சமானமான தடையானது தனித்தனித் தடைகள் ஒவ்வொன்றின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும்.

பக்க இணைப்புமின் தடைகள் (Resistances in Parallel)

பல கடத்திகளின் ஒரு பக்க முனைகளை ஒரு புள்ளியிலும், மற்ற முனைகளை மற்றொரு புள்ளியிலும் இருக்குமாறு இணைத்திருந்தால், அக் கடத்திகளைப் பக்க இணைப்பு முறைப்படி இணைத்திருப்பதாகக் கூறுகிறோம். இம்முறையில் ஒவ்வொரு கடத்தியின் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும் ஒரே அளவாக இருக்கும். ஆனால், அவைகளில் பாயும் மின்னோட்டங்களின் அளவு வேறுபட்டிருக்கும்.

A, B என்னும் புள்ளிகளுக்கிடையே இணைக்கப்பட்டிருக்கும் தடைகளை R_1, R_2, R_3 எனக் கொள்வோம். புள்ளி A-ல் புகும் மின்னோட்டம் i மூன்று கிளைகளின் வழியே i_1, i_2, i_3 எனப் பிரிந்து 'B' என்னும் புள்ளியும் மீண்டும் ஒன்று சேர்கின்றன.



படம் 141

ஆகவே $i = i_1 + i_2 + i_3$

ஒவ்வொரு கடத்தியின் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு V என்றால், ஓமின் விதிப்படி,

$$i_1 = \frac{V}{R_1},\ i_2 = \frac{V}{R_2},\ i_3 = \frac{V}{R_3}$$

தடைகளின் சேர்க்கைக்குச் சமானமான மின் தடையின் அளவு R என்றால், $i = \frac{V}{R}$

ஆகவே, $$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

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

இங்ஙனம் பக்க இணைப்பில் பல தடைகளின், செயலுறு தடை (effective) மேற்கண்டவாறு பெறப்படும்.

பக்க இணைப்பில் இரு தடைகள்—இணைத்தட மாற்றி (Two Resistances in Parallel – Shunt)

A, B என்னும் இரு புள்ளிகளுக்கும் இடையே R_1, R_2 என்னும் இரு தடைகளைப் பக்க இணைப்பு முறைப்படி சேர்த்திருப்பதாகக் கொள்வோம். A என்னும் புள்ளியில் புகும் மின்னோட்டம் i, இரண்டு

கிளைகளின் வழியே i_1, i_2 எனப் பிரிந்து 'B' என்னும் புள்ளியில் கூடுவதாகக் கொள்வோம்.

இப்பொழுது $i = i_1 + i_2$

ABயின் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு V என்றால்,

$$V = i_1 R_1 = i_2 R_2$$

அல்லது $$\frac{i_2}{i_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

அதாவது $$\frac{i_2}{i_1+i_2} = \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

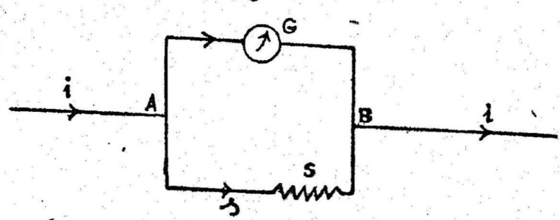
$$\frac{i_2}{i} = \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

இப்பொழுது $\frac{i_2}{i}$ என்பது இரண்டாவது கிளை வழியே பாயும் முழு மின்னோட்டத்தின் ஒரு பகுதியாகும் (fraction).

இதைப்போலவே, $$\frac{i_1}{i} = \frac{R_2}{R_1+R_2}$$

ஆகவே, பொதுவில் இரு மின் கடத்திகளை இணையாகச் சேர்த்திருக்கும்போது, ஏதாவது ஒரு கிளை வழியே பாயும் முழு மின்னோட்டத்தின் பகுதி, மற்றக் கிளையின் மின் தடைக்கும் இரண்டு கிளைகளின் மொத்தத் தடைக்கும் உள்ள விகிதத்திற்குச் சமம் என்றாகிறது.

இந்தத் தத்துவத்தைத்தான் இணைத் தடமாற்றியில் (Shunt) பயன்படுத்துகிறார்கள் தடமாற்றி என்பது குறைந்த அளவு மின்தடையுள்ள ஒரு கடத்தியாகும். இதனை இயங்குசுருள் கால்வனாமீட்டரில் இணையாகச் சேர்ப்பதனால், அதிக மின்னோட்டத்திலிருந்து அதனைக் காப்பாற்றவும், அதனுடைய உணர் நுட்பத்தினைக் குறைக்கவும் உபயோகப்படுகிறது.



படம் 142 அ

மின்தடை G அளவுள்ள கால்வனாமீட்டரின் குறுக்கே இணைக்கப்படும் தடமாற்றியின் மின்தடை அளவு S எனக் கொள்வோம். முழு மின்னோட்டத்தின் அளவு i எனவும், கால்வனாமீட்டர், தடமாற்றி இவைகளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டங்களை g, s எனவும் கொள்வோம்.

இப்பொழுது $i = g + s$

மற்றும் $\frac{g}{i} = \frac{S}{G+S}$

$$\frac{S}{i} = \frac{G}{G+S}$$

மொத்த மின்னேட்டத்தில் $\left(\frac{1}{n}\right)$ பாகம் மட்டும் கால்வனு மீட்டர் வழியே பாயவேண்டியிருப்பதாகக் கொள்வோம்,

ஆகவே; $\frac{g}{i} = \frac{1}{n}$

ஆனல், $\frac{g}{i} = \frac{S}{G+S}$

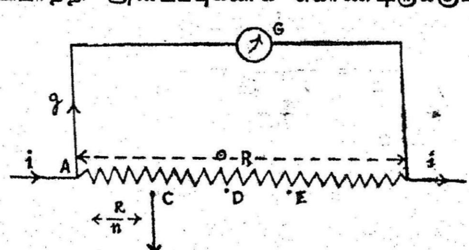
$$\therefore \frac{1}{n} = \frac{S}{G+S}$$

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

இச் சமன்பாடு தடமாற்றியின் தடையின் மதிப்பை, கால்வனு மீட்டரின் மின்தடையின்மூலம் தருகிறது. இதிலிருந்து முழு மின்னேட்டத்தின் $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$ பாகங்களை கால்வனுமீட்டரின் வழியே செலுத்தத் தேவையான தடமாற்றியின் தடைகளின் மதிப்புகள் $\frac{G}{9}$, $\frac{G}{99}$ -க்குச் சமம் என்பது எளிதில் அறியப்படும்.

பொது இணைத் தடமாற்றி (Universal Shunt)

பழைய கால்வனுமீட்டர்களில் ஒவ்வொரு கருவியும் தனித் தனியான தடமாற்றி அமைப்புகளைக் கொண்டிருக்கும், எந்த ஒரு



படம் 142 ஆ

கால்வனுமீட்டரிலும் பொருத்தி, பயன்படுத்தக்கூடிய தடமாற்றியினை அயிர்டனும் (Ayrton) மாத்தரும் (Mather) அமைத்தார்கள். இதனையே பொது இணைத் தடமாற்றி என்று கூறுகிறேம். இது மின்

தடை 'G'யுள்ள கால்வனுமீட்டரின் குறுக்கே A, B புள்ளிகளுக்கு இடையே மிக உயர்ந்த தடை 'R'-ஐக் கொண்டது. படத்தில் காட்டியுள்ளபடி மின்னேட்டம் புள்ளி A வழியே புகுந்து புள்ளி B வழியே மற்ற இடைப்பட்ட புள்ளிகள் C, D வழியாகவும் வெளியேறுகிறது.

முழு மின் தடை 'R', கால்வனுமீட்டரின் குறுக்கே இருக்கும்போது, கால்வனுமீட்டர் வழியே பாயும் மின்னேட்டம் $g = i \dfrac{R}{G+R}$.

A-க்கும் B-க்கும் இடையே உள்ள Cயை இப்பொழுது தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்வோம். அத்துடன் 'AC' என்ற பாகத்தின் மின் தடை $\dfrac{R}{n}$-க்குச் சமம் என்றும் கொள்வோம். A-ல் புகும் மின்சாரம் C-ல் வெளியேறுவதாகக் கொள்வோம். இப்பொழுது இச்சேர்க்கையில் இரண்டு இணை கிளைகளின் மின்தடைகள் முறையே $\dfrac{R}{n}$, $G+R-\dfrac{R}{n}$ ஆகும். ஆகவே, கால்வனுமீட்டரின் வழியே இப்போது பாயும் மின்னேட்டம்:

$$g_1 = i \frac{\frac{R}{n}}{G+R-\frac{R}{n}+\frac{R}{n}} = \frac{i}{n} \cdot \frac{G}{G+R} = \frac{g}{n}$$

இதிலிருந்து மின்சாரம் வெளியேறும் புள்ளி Bயிணை C-க்கு தடமாற்றியில் மாற்றியதால், கால்வனுமீட்டர் வழியே பாயும் மின்னேட்டத்தின் அளவு, முதலில் இருந்த அளவைவிட $\left(\dfrac{1}{n}\right)$ அளவு குறைக்கப்பட்டுவிட்டது. மின்சாரம் வெளியேறும் புள்ளி 'B' ஆக இருக்கும்போது தடமாற்றி, கால்வனுமீட்டர் இவைகளிரண்டின் கூட்டுத் தடையை 'x' என்றால்

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{R} + \frac{1}{G} = \frac{R+G}{RG}$$

$$\therefore x = \frac{RG}{R+G}$$

மின்சாரம் வெளியேறும் புள்ளி B யிலிருந்து C-க்கு மாற்றப்பட்டபோது தடமாற்றி, கால்வனுமீட்டர் இவைகளிரண்டின் கூட்டுத் தடை y எனக் கொள்வோம்.

$$\text{ஆகவே, } \frac{1}{y} = \frac{1}{R/n} + \frac{1}{G+R-R/n}$$

$$= \frac{n(G+R)}{R(G+R-R/n)}$$

$$\therefore\ y = \frac{R(G+R-R/n)}{n(R+G)}$$

மின்சாரம் வெளியேறும் புள்ளி B யிலிருந்து C-க்கு மாற்றப்பட்ட போதும், முதன்மைச் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு மாறாதிருக்குமானால், x-ம் y-ம் ஒன்றுக்கொன்று சமம்.

$$\text{அதாவது, } \frac{RG}{R+G} = \frac{R\left(G+R-\dfrac{R}{n}\right)}{n\,(G+R)}$$

$$\text{அதாவது, } n\,G = G+R\left(1-\frac{1}{n}\right)$$

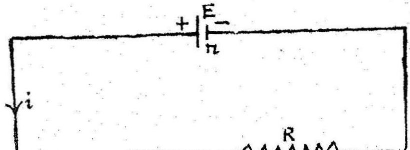
$$\text{அல்லது } G(n-1) = \frac{R}{n}\,(n-1)$$

$$\text{அல்லது } R = nG$$

ஆகவே, தடமாற்றியின் மின்தடை கால்வனுமீட்டரின் மின் தடையினைப்போல 'n' மடங்கு இருத்தல்வேண்டும். அயிர்டன், மாத்தர் பொது இணைத்தடமாற்றியில், மின்சாரம் வெளியேறும் புள்ளிகள் B, C, D, E முதலியனவற்றுக்கு $n=1$, 10, 100, 1000 ஆக இருக்கின்றன.

ஓமின் விதியை ஒரு முழுச்சுற்றுக்குப் பயன்படுத்தல்
(Ohm's law applied to a whole circuit)

மின்னழுத்த விசை E வோல்ட்டுகளுள்ள ஒரு மின் கலத்தை, R மின்தடையுள்ள கடத்தியினுடன் படத்தில் காட்டியவாறு இணைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். மின்கலத்தின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்வதற்குக் கலத்தின் திரவத்தால் அளிக்கப்படும் தடையே மின்கலத்தின் அக மின்தடை (internal resistance) என்று கூறப்படும். இம் மின்கலத்தின் அக மின்தடை r எனக் கொள்வோம் சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் 'i' எனக் கொள்வோம். மின் ஓமின் விதிப்படி :



படம் 143

$$i = \frac{\text{மொத்த மின்னியக்கு விசை}}{\text{மொத்த மின்தடை}}$$

$$i = \frac{E}{R+r}$$

வெளித்தடை 'R'க்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

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

வெளித்தடை வழியே மின்னோட்டத்தை ஓடவைக்கும் மின்னழுத்த வேறுபாடு E_1 ஆகும். அதேபோல் கலத்தினுள் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தவைக்கும் மின்னழுத்த வேறுபாடு $e = \frac{Er}{R+r}$

ஆகவே, $E = E_1 + e$

வெளிச்சுற்றில் கிடைக்கும் மின்னழுத்த வேறுபாடு E_1 மூடிய சுற்றில் (closed circuit) மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை என்று கூறப்படும். ஆகவே, வெளித்தடை வழியாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தக் கிடைக்கும் மின்னழுத்த வேறுபாடு, திறந்த சுற்றில் (open circuit) மின்கலத்தின் மின்னியக்க விசையைவிடக் குறைவு என்பதையும் திறந்த, மூடிய சுற்றுகளில் மின்கலத்தின் மின்னியக்க விசைகளின் வேறுபாடே அக மின்தடையை வெல்வதற்காக விரயம் செய்யப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு என்பதனையும் அறிகிறோம்.

கிடைக்கும் மின்னழுத்த வேறுபாடு $E_1 = \frac{ER}{R+r}$

$$= \frac{E}{1+\frac{r}{R}}$$

$R = a$ என்றால் $\frac{r}{R} = 0$ ஆகவே $E_1 = E$.

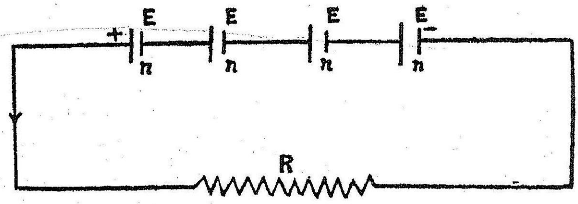
இச்சமயத்தில் மின்கலம் வெளித்தடை வழியே மின்னோட்டதைச் செலுத்தாது.

மின்கலங்களின் தொகுப்பு (Grouping of Cells)

1. தொடரிணைத் தொகுப்பு (Series Grouping)

பல மின்கலங்களைச் சேர்த்து ஒரு மின்கல அடுக்கு (Battery) உண்டாக்கலாம். இவ்வாறு தொடர்ந்து சேர்க்கும் முறையில், முதல் மின்கலத்தின் எதிர்முனையை (negative pole) இரண்டாவது மின்கலத்தின் நேர்முனையுடனும், இரண்டாவது கலத்தின் எதிர்முனையை மூன்றாவது கலத்தின் நேர்முனையுடனும், இவ்வாறாக அடுத்தடுத்து இணைத்து முதல் கலத்தின் தனிச்சையான நேர்முனையும், கடைசி கலத்தின் தனிச்சையான எதிர்முனையும் மின்கல அடுக்கின் இரு முனைகளாகத் திகழ்கின்றன.

படத்தில் காட்டியபடி ஒவ்வொன்றின் மின்னியக்கு விசையும் 'E' யாகவும் உள் மின்தடை 'r' ஆகவும் உள்ள 'n' மின்கலங்களை



படம் 144

ஒரு வெளித்தடை 'R' உடன் தொடர்ந்து இணைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம்.

மின்கல அடுக்கின் மொத்த மின்னியக்கு விசை $= nE$

சுற்றின் மொத்த மின்தடை $= nr + R$

ஆகவே, ஓமின் விதிப்படி சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம்

$$i = \frac{\text{மொத்த மின்னியக்கு விசை}}{\text{மொத்த மின்தடை}}$$

$$= \frac{nE}{nr+R}$$

$r << R$ ஆனால்

$$i = \frac{nE}{R} = ni_1$$

இங்கு i_1 என்பது ஒரு தனி மின்கலத்தின் மின்னோட்டம். அது $\frac{E}{R}$-க்குச் சமம்.

r-ன் மதிப்பு R-க்கு ஒப்பிடும்போது தள்ளிவிடக்கூடிய அளவு சிறியதாக இருந்தால், மின்கல அடுக்கால் கொடுக்கப்படும் மின்னோட்டம், ஒரு மின்கலத்தால் கொடுக்கப்படும் மின்னோட்டத்தினைப் போல் 'n' மடங்கு ஆகும்.

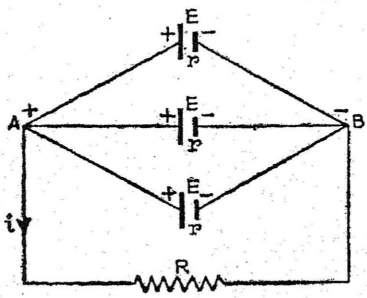
$$r >> R \text{ ஆனால் } i = \frac{nE}{nr} = \frac{E}{r}$$

இது ஒரு தனி மின்கலத்தால் கொடுக்கப்படும் மின்னோட்டம். அதாவது மின்கல அடுக்கு முழுவதனாலும் பெறக்கூடிய மின்னோட்டத்தின் அளவு ஒரு தனி கலத்தினால் பெறக்கூடியதே ஆகும். ஆகவே, இதனால் பயனில்லை. வெளித்தடையின் மதிப்போடு ஒப்பிடும்

போது மின்கலங்களின் கூட்டு அக மின்தடை தள்ளப்படக்கூடிய தாக இருக்குமேயானல், தொடர் இணைப்புமூலம் கலங்களைச் சேர்ப்பதில் பலனுண்டு என்பதை அறிகிறோம்.

2. பக்க இணைத்தொகுப்பு (Parallel grouping)

இவ்வகைச் சேர்ப்பில் எல்லா மின் கலங்களின் நேர்முனைகளை ஒரு புள்ளியிலும், எதிர் முனைகளை ஒரு புள்ளியிலும் இணைத்து இவ்விரண்டு புள்ளிகளை மின் கல அடுக்கின் நேர், எதிர் முனைகளாகக் கொள்கிறோம்.



படம் 145

M எண்ணிக்கையுள்ள மின் கலங்களை A, B என்னும் இரு புள்ளிகளுக்கு இடையே சேர்த்து R என்னும் ஒரு வெளி மின்தடையுடன் இணைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். ஒவ்வொரு மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை E எனவும், அதன் உள் மின்தடை 'r' எனவும் கொள்வோம்.

மின்கல அடுக்கின் விளைவு உள் மின்தடையின் மதிப்பு $\frac{r}{m}$, சுற்றின் மொத்த மின்தடை $R + \frac{r}{m}$ -ம் ஆகும். மொத்த மின்னியக்கு விசை, புள்ளிகள் A, B-க்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும். இது E-க்குச் சமம்.

$$\text{சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் } i = \frac{\text{மொத்த மின்னியக்கு விசை}}{\text{மொத்த மின்தடை}}$$

$$i = \frac{E}{\frac{r}{m} + R}$$

$$= \frac{m\,E}{r + m\,R}$$

$$r >> R \text{ ஆனல்}, \; i = m\frac{E}{r} = m\,i_1$$

இங்கு i_1 என்பது, 'R' தள்ளிவிடப்படக்கூடிய அளவு சிறிய மதிப்பைக் கொண்டிருக்கும்போது, ஒவ்வொரு தனி மின்கலத்திற்கான மின்னோட்டம் ஆகும். அது $\frac{E}{r}$-க்குச் சமம்.

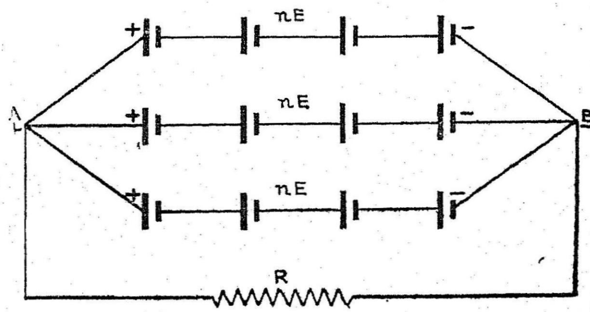
இங்ஙனம் மின்கல அடுக்கிலிருந்து வெளித்தடை வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு ஒரு தனி மின்கலத்திற்குண்டான மின்னோட்டத்தின் அளவினைப்போல் 'm' மடங்காகும்.

$$r << R \text{ ஆனால் } i = \frac{mE}{mR} = \frac{E}{R} = i_1$$

அதாவது, மொத்த மின்கல அடுக்கிற்கான மின்னோட்டம் ஒரு தனி மின்கலத்திற்குண்டான மின்னோட்டத்திற்குச் சமம். கலத்தின் அக மின்தடையினோடு ஒப்பிடும்போது வெளிமின்தடையின் மதிப்புத் தள்ளி விடக்கூடிய அளவு சிறியதாக இருக்குமேயானால், மின்கலங்களை இணையாகச் சேர்ப்பதில் பலனுண்டு என்று அறிகிறோம்.

3. தொடர் இணை-பக்க இணைத் தொகுப்பு (Series-parallel grouping)

சில சமயங்களில் கலங்களில் சிலவற்றைத் தொடர் இணைப்பிலும், வேறு சிலவற்றை இணையாகவும் சேர்க்கவேண்டியிருக்கும். இவ்வகை இணைப்பினைக் கலவைத் தொகுப்பு (mixed grouping) என்று கூறுவர். மின்னியக்கு விசை 'E'யும், அக மின்தடை 'r'ம் உள்ள 'n' மின்கலங்களைத் தொடர்ந்து இணைத்து, அவ்வாறு இணைக்கப்பட்ட 'm' வரிசைகளை இணையாகச் சேர்க்கப்பட்ட ஒரு தொகுப்பைக் கவனிப்போம். இப்பொழுது இங்கு உள்ள மொத்த மின்கலங்களின் எண்ணிக்கை 'mn' ஆகும்.



படம் - 146

ஒவ்வொரு தொடரிலும் n மின்கலங்கள் இருப்பதால், ஒவ்வொரு வரிசையின் கூட்டு மதிப்பான மின்னியக்கு விசை 'nE' க்குச் சமம். இதுவே மின்கல அடுக்கின் மின்னியக்கு விசையும் ஆகும். இவ்வகைச் சேர்க்கையின் மொத்த உள் மின்தடையின் மதிப்பு $\frac{nr}{m}$-க்குச் சமம். 'R' என்பது வெளித் தடையின் மதிப்பாகுமானால்,

சுற்றின் மொத்த மின்தடை $= \frac{nr}{m} + R$. ஓமின் விதிப்படி சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு

$$i = \frac{\text{மொத்த மின்னியக்கு விசை}}{\text{மொத்த மின்தடை}}$$

$$i = \frac{nE}{\frac{nr}{m} + R}$$

$$= \frac{mn\,E}{nr + mR}$$

$$i = \frac{mn\,E}{(\sqrt{} - \sqrt{m\,R}\,)^2 + 2\sqrt{mnr\,R}}$$

இச் சமன்பாட்டில் பகுதியின் (denominator) மதிப்புச் சிறுமமாக (minimum) இருக்க, சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் மதிப்புப் பெருமமாக (maximum) இருக்கும்.

அதாவது $\sqrt{nr} - \sqrt{mR} = 0$ ஆக இருக்கும்போது

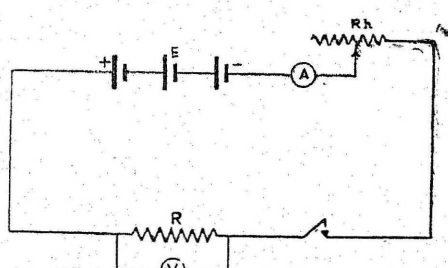
அதாவது $nr = mR$

அல்லது $R = \frac{nr}{m}$

ஓமின் விதியை நிரூபித்தல் (Verification of Ohm's law)

அம்மீட்டர் — வோல்ட்மீட்டர் முறை

படத்தில் காட்டியபடி ஒரு சேமிப்புக்கலன் Eயை ஓர் அம்மீட்டர் A, மின் தடை 'R', தடைமாற்றி (Rh), பொருத்துசாவி K ஆகியவற்றுடன் தொடர்ந்து இணைக்க வேண்டும். பிறகு தடை 'R'-ன் குறுக்கே ஒரு வோல்ட்மீட்டரை (V) இணைக்க வேண்டும்.



படம் . 147

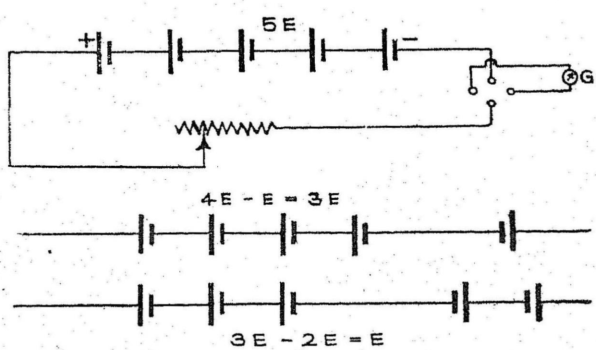
சுற்றைச் சாவி K கொண்டு மூடி, தடைமாற்றி கொண்டு அம்மீட்டர் சுமார் 0·3 ஆம்பியர் காட்டும் வண்ணம் சரி செய்ய வேண்டும்.

அப்பொழுது வோல்ட்மீட்டர் காட்டும் அளவினையும் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். இங்ஙனம் தடைமாற்றியின் உதவியால் அம்மீட்டர் ·5, ·7, ·9 முதலிய அளவு ஆம்பியர்களைக் காட்டும் வண்ணம் சரி செய்து அதற்கான வோல்ட்மீட்டர் அளவுகளையும் குறிக்க வேண்டும். ஒவ்வொரு முறையும் வோல்ட்மீட்டர் அளவிற்கும் அம்மீட்டர் அளவிற்குமான விகிதத்தைக் கணக்கிட அது ஒரு மாறிலியாக இருப்பதனால், நமக்கு ஓம் விதி சரி என்று தெரிகின்றது.

கலம் மாற்று முறை (Cell Reversal Method)

சுமார் 5 டேனியல் மின்கலங்களைக் கொண்ட ஒரு மின்கல அடுக்கு, ஒரு தடைமாற்றி, மின்னோட்ட திசைமாற்றி இவைகளுடன் ஒரு டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டருடன் இணைக்க வேண்டும். ஒவ்வொரு மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையும் E எனக் கொள்வோம்.

தடைமாற்றியின் உதவியால் சுமார் $30°$ விலகல் உண்டாகுமாறு சரி செய்து, நான்கு விலகல்களையும் (மின்னோட்ட திசைமாற்றியினைத் திருப்பி) கண்டு அவைகளின் சராசரியைக் காண வேண்டும். θ_1 என்பது அச்சராசரி எனக் கொள்வோம். சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $K \tan \theta_1$. இங்கு K என்பது டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரின் சுருக்க எண் (reduction factor) ஆகும்.



படம் - 148

இப்போது மொத்த மின்னியக்கு விசை $5E$. ஆகவே, மின்னியக்கு விசைக்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள விகிதம் $\frac{5E}{K \tan \theta_1}$.

சுற்றின் தடையை மாற்றாது, ஒரு டேனியல் கலத்தினை மாற்றி இணைக்க வேண்டும். இப்போது மின்னடுக்கின் மின்னியக்கு விசை $4E - E = 3E$. இப்பொழுது கால்வனாமீட்டரில் கிடைக்கும்

விலகல்களின் சராசரி θ_2 எனக் கொள்வோம். பின், மின்னியக்கு விசைக்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள விகிதம் $\dfrac{3E}{K \tan \theta_2}$.

மின்கல அடுக்கின் விளைவு மின்னியக்க விசை $3E-2E=E$ என்று இருக்குமாறு இரண்டு டேனியல் மின்கலங்களை மாற்றி இணைத்து, சராசரி விலகல் θ_3 யைக் காணவேண்டும். இப்பொழுது சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $K \tan \theta_3$-க்குச் சமம். ஆகவே, மின்னியக்கு விசைக்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள விகிதம் $\dfrac{E}{K \tan \theta_3}$ ஆகும்.

ஓமின் விதி சரியானால் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள விகிதம் ஒரு மாறிலியாக இருக்க வேண்டும்.

அதாவது $\dfrac{5E}{K \tan \theta_1} = \dfrac{3E}{K \tan \theta_2} = \dfrac{E}{K \tan \theta_3}$ = ஒரு மாறிலி.

அதாவது $\dfrac{5}{\tan \theta_1} = \dfrac{3}{\tan \theta_2} = \dfrac{1}{\tan \theta_3}$ = ஒரு மாறிலி.

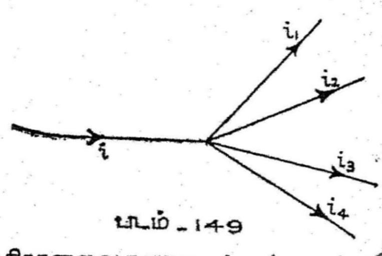
அல்லது $\tan \theta_1 : \tan \theta_2 : \tan \theta_3 = 5 : 3 : 1$ என்று இருக்க வேண்டும்.

கிரிச்சாஃபின் விதிகள் (Kirchhoff's laws)

எளிதான மின்சுற்றுகளில் நாம் ஓமின் விதியைப் பயன்படுத்தலாம். ஆனால், சிக்கலான மின் வலைச் சுற்றுகளில் கிரிச்சாஃபின் விதிகளைத்தான் பயன்படுத்தல் வேண்டும். அவ் விதிகளைப் பின் வருமாறு கூறலாம்.

விதி 1: ஒரு மின்சுற்றின், ஒரு சந்திப்பில் கூடும் மின்னோட்டங்களின் எண்ணியல் தொகை (algebraic sum) சுழியாகும்.

மின்னோட்டங்கள் i, i_1, i_2, i_3, i_4 என்பன O என்னும் சந்திப்பில் குறுக்கிட்டுக் கொள்வனவாக இருக்கட்டும். சந்திப்பை நோக்கிவரும் மின்னோட்டங்களை நேரானவைகளாகவும் (positive) அதனைவிட்டு நீங்கிச் செல்லும் மின்னோட்டங்களை எதிரானவைகளாகவும் (negative) கொள்வோம். ஆகவே, கிரிச்சாஃபின் முதல் விதிப்படி



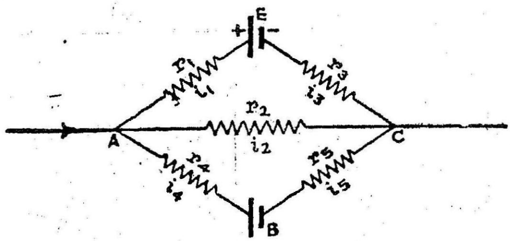
படம் - 149

$$i - i_1 - i_2 - i_3 - i_4 = 0$$

அல்லது $i = i_1 + i_2 + i_3 + i_4$

திட்டப்படி அமைக்கப்பட்ட கடத்திகளின் வழியே பாயும் நிலையான மின்னோட்டத்தின் காரணமாக, கடத்திகளின் எப்புள்ளிகளிலும் மின்னூட்டங்கள் சேமித்து வைக்கப்படுவதில்லை என்பதை இவ் விதி குறிப்பிடுகிறது.

விதி 2: ஒரு மூடிய மின் சுற்றின் ஒவ்வொரு பாகத்திலும் உள்ள மின்னோட்டம், மின்தடை இவைகளின் பெருக்குத் தொகைகளின் எண்ணியல் கூட்டுத் தொகை அச் சுற்றில் கிடைக்கும் மொத்த மின்னியக்கு விசைக்குச் சமம்.



படம் - 150

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது மின் கடத்திகளால் ஆன ஒரு சிக்கலான மின் வலை ஆகும். அதனை *ACE*, *ABC* என்னும் வலைகளாகப் (mesh) பிரிக்கலாம்.

கிரிச்சாஃபின் இரண்டாவது விதியை, மூடிய சுற்று *EACE*-க்குப் பயன்படுத்தும்போது,

$$i_1 r_1 + i_2 r_2 + i_3 r_3 = E$$

அதே போல் மூடிய வலை *ABCA*-க்குப் பயன்படுத்தும்போது,

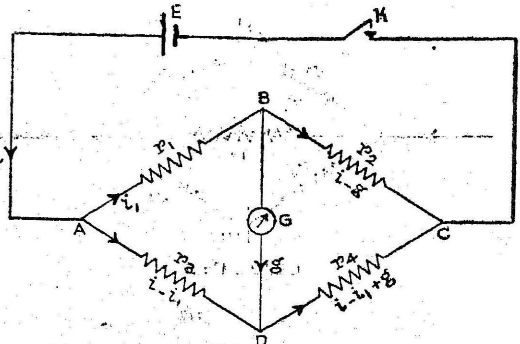
$$i_2 r_2 - i_5 r_5 - i_4 r_4 = O$$

வீட்ஸ்டோன் வலைக்கு கிரிச்சாஃபின் விதிகளைப் பயன்படுத்தல் (Application of Kirchhoff's laws to a Wheatstone's Bridge)

வீட்ஸ்டோன் வலை என்பது நான்கு மின்தடைகள் r_1, r_2, r_3, r_4 இவைகளைப் படத்தில் காட்டியபடி இணைக்கப் பெற்றதாகும். *B*, *D* என்னும் புள்ளிகளுக்கு இடையில் ஒரு கால்வனுமீட்டரையும் *A*, *C* புள்ளிகளுக்கு இடையே ஒரு மின்கலத்தையும் அது கொண்டது. வீட்ஸ்டோன் வலை சரியீட்டிலிருந்து சற்று விலகியிருக்கும் வண்ணம் (just out of balance) அதன் தடைகளின் மதிப்புகள் r_1, r_2, r_3, r_4

இருப்பதாகக் கொள்வோம். இதனுல் கால்வனுமீட்டரின் வழியே சிறிதளவு மின்னேட்டம் பாயும்.

மின்கலத்திலிருந்து சந்திப்பு A-ஐ நோக்கிவரும் மின்னேட்டம் i ஆகவும், AB என்னும் புயத்தின் வழியே பாயும் மின்னேட்டம் i_1 ஆகவும் இருந்தால் புயம் AD வழியே பாயும் மின்னேட்டம் $(i-i_1)$-க்குச் சமம். முதல் விதியை சந்திப்பு 'B'க்குப் பயன்படுத்த புயம் BC வழியே பாயும் மின்னேட்டத்தின் அளவு (i_1-g) ஆகும்.



படம் - 151

இதைப் போலவே முதல் விதியைச் சந்திப்பு D-க்குப் பயன்படுத்த புயம் DC வழியே பாயும் மின்னேட்டத்தின் அளவு $i-i_1+g$ -க்குச் சமம்.

மூடிய வலைக்கண்கள் $ABDA$-க்கும் $BCDB$-க்கும் இரண்டாவது விதியைப் பயன்படுத்த,

$$i_1 r_1 + g G - (i-i_1) r_3 = 0$$

அல்லது $i_1 (r_1 + r_3) + g G - i r_3 = 0$, மற்றும்

$$(i_1-g) r_2 - (i-i_1+g) r_4 - g G = 0$$

அல்லது $i_1 (r_2+r_4) - g (r_2+r_4+G) - i r_4 = 0$

இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளிலிருந்து i-யினைத் தள்ள,

$$g [G (r_1+r_2+r_3+r_4) + (r_2+r_4)(r_1+r_3)] = i (r_3 r_2 - r_1 r_4)$$

ஆகவே,

$$g = \frac{i (r_2 r_3 - r_1 r_4)}{G (r_1+r_2+r_3+r_4) + (r_2+r_4)(r_1+r_3)}$$

வீட்ஸ்டோன் வலை சரியீட்டிலிருந்து சற்று விலகியிருக்கும்போது கால்வனுமீட்டரின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவினை மேற்கூறிய சமன்பாடு தருகிறது.

இங்ஙனம் வீட்ஸ்டோன் வலை, சரியீட்டிலிருந்து சற்று விலகியிருக்கும்போது புள்ளிகள் A, C-க்கு இடையேயுள்ள மின் தடையினை (r_1+r_2), (r_3+r_4) தடைகளின் விளைவுத் தடையெனக் கொள்ளலாம்.

X என்பதனை விளைவுத் தடை எனக் கொண்டால்,

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{r_1+r_2} + \frac{1}{r_3+r_4}$$

$$= \frac{r_1+r_2+r_3+r_4}{(r_1+r_2)(r_3+r_4)}$$

$$\therefore X = \frac{(r_1+r_2)(r_3+r_4)}{r_1+r_2+r_3+r_4}$$

மின்கல அடுக்குச் சுற்று வழியே பாயும் மின்னோட்டம் i,

$$i = \frac{E}{B + \dfrac{(r_1+r_2)(r_3+r_4)}{r_1+r_2+r_3+r_4}}$$

$$= \frac{E(r_1+r_2+r_3+r_4)}{B(r_1+r_2+r_3+r_4)+(r_1+r_2)(r_3+r_4)}$$

இங்கு 'B' என்பது மின்கல அடுக்கின் மின்தடையாகும்.

$$g = \frac{E(r_1+r_2+r_3+r_4)(r_2 r_3 - r_1 r_4)}{[G(r_1+r_2+r_3+r_4)+(r_2+r_4)(r_1+r_3)]} \times \frac{1}{[(r_1+r_2+r_3+r_4)+(r_1+r_2)(r_3+r_4)]}$$

வலை சரியீட்டிலிருக்கும்போது $g=0$; அதாவது, சமன்பாட்டின் தொகுதி (numerator) சுழிக்குச் சமம்.

இஃது $(r_2 r_3 - r_1 r_4)$ என்பது சுழிக்குச் சமம் ஆகும்போது $g=0$

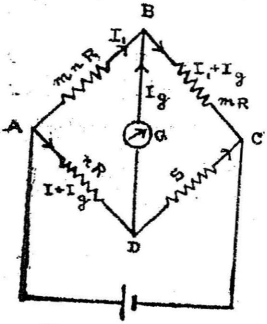
அதாவது, $r_2 r_3 = r_1 r_4$

அல்லது $\dfrac{r_1}{r_2} = \dfrac{r_3}{r_4}$

வீட்ஸ்டோன் வலையின் உணர்வுநுட்பத்திற்கான நிபந்தனைகள் (Sensitiveness of the bridge)

வலையில் உள்ள நான்கு தடைகளின் மதிப்பும், விதியின் முறைப்படி ஓர் ஒழுங்கான விகிதத்தில் இருந்தால்தான் வலையைச் சரியீடு செய்ய இயலும். ஆனால், அவற்றின் அளவுகள் சற்றே

பிறழ்ந்து இருந்து, ஒரு விகிதத்தினுள் அடங்காவிடில், வலை சரியீடு செய்யப்படாமல், சிறிதளவு மின்சாரமாவது எப்படியும் கால்வனாமீட்டரில் பாயும். DC என்ற புயத்தில் S என்ற கண்டுபிடிக்க வேண்டிய தடை இருக்கட்டும். AB என்ற புயத்தில் mnR என்ற தடையும், BC என்ற புயத்தில் mR என்ற தடையும், AD யில் nR என்ற தடையும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. நான்கு புயங்களிலும் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவுகள் படத்தில் காட்டியவாறு உள்ளன. வலையின் அமைப்பு சரியீட்டிலிருந்து சற்றே தள்ளி இருக்கும்போது கால்வனா மீட்டரில் பாயும் மின்னோட்டத்தை I_g என்போம். S-ன் மதிப்பு R-க்குச் சமம் ஆகும்போதுதான் வலையின் அமைப்பு சரியீடு செய்யப்படுகின்றது. ABD, BCD என்ற வலைக்கண்களுக்கு கிர்ச்சாஃபின் இரண்டு விதிகளையும் பயன்படுத்தினால்,



படம் 16 (அ)

$$mnRI_1 - G\,I_g - nR\,(I+I_g) = O$$
$$mR\,(I_1+I_g) - SI + GI_g = O$$

இந்த இரு சமன்பாடுகளையும் வேறு முறையில் எழுத,

$$mnRI_1 - I_g\,(G+nR) - nR\,I = O \;\ldots\ldots\ldots (1)$$

$mR\,I_1 + I_g\,(mR+G) - SI = O \ldots\ldots (2)$ என்று ஆகின்றன. இதில் (2) ஆவது சமன்பாட்டினை n ஆல் பெருக்கிப் பின்பு அதை (1) ஆவது சமன்பாட்டிலிருந்து கழித்துவிட்டால் I_1 ஆனது இரு சமன்பாடுகளிலிருந்தும் தவிர்க்கப்படும். இதனால்

$In\,(S-R) - Ig\;[n\,(mR+G)+(nR+G)] = O$ என்ற சமன்பாடு கிடைக்கின்றது.

$$\therefore \frac{I_g}{I} = \frac{R-S}{R\,(m+1)R + G\,(1+\frac{1}{n})}$$

இதில் $\frac{I_g}{I}$ -ன் மதிப்பை வலையின் உணர்வு நுட்பத்தின் அளவாகக் கொள்ளப்படுகின்றது. $(R-S)$-ன் மதிப்பு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கொள்வோம். இந்த மதிப்பிற்கு $\frac{I_g}{I}$ -ன் மதிப்பு அதிகரிக்க m-ன் மதிப்பு குறைவாகவும், n-ன் மதிப்பு அதிகமாகவும் இருக்க வேண்டும். இவ்வகையான m, n ஆகிய

வற்றின் எல்லை மதிப்பான $m=0$ ஆகவும், n ∞ ஆகவும் இருக்கும் போது $\frac{I_g}{I} = \frac{R-S}{R+G}$. இதுதான் இலட்சிய உணர்வு நுட்பத்தின் மதிப்பாகும். ஆனால், m-ன் மதிப்பைச் சுழியாகவும், n-ன் மதிப்பை ∞ ஆகவும் நடைமுறையில் செய்ய இயலாது. ஏனெனில், இம்முறைப்படி BC புயத்தில் உள்ள தடை சுழியாக மாறி வலையின் அமைப்பைக் குறுக்குச் சுற்றாக (short circuit) ஆக்கிவிடுகின்றது. எனினும், $m = n = 1$ ஆக இருக்கும்போது வலையின் உணர்வு நுட்பம் இலட்சிய (ideal) உணர்வு நுட்பத்திற்கு அருகில் வந்துவிடுகின்றது. இந்த முறைப்படி

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R-S}{2\,(R+G)}$$

ஆனால், இங்கு இவ்வாறு கிடைக்கும் உணர்வு நுட்பத்தின் அளவு இலட்சிய உணர்வு நுட்பத்தின் அளவில் பாதிதான் இருக்கும் என்பதைக் காண்கிறோம்.

என்வே, நடைமுறையில், வலையில் உணர்வு நுட்பத்தின் மதிப்பை அதிகரிக்க n-ன் மதிப்பை ஒன்றுக்கு மேலாகவும், m-ன் மதிப்பை ஒன்றுக்குக் குறைவாகவும் வைத்துக் கொள்ளப்படுகின்றது. பொதுவாக உணர்வு நுட்பத்தை அதிகரிக்க, கண்டு பிடிக்கப்பட வேண்டிய தடையுடன் தொடராக இணைக்கப்படும் வேறு தடையின் அளவு, கண்டுபிடிக்கப்பட வேண்டிய தடையுடன் இணையாக இணைக்கப்பட வேண்டிய தடையின் அளவைவிட அதிகமாக இருக்குமாறு, மின்கல அடுக்கை வலையில் இணைக்க வேண்டும்.

மேக்ஸ்வெல்லின் சுழற்சி மின்னோட்டம் (Maxwell's cyclic current)

கிரிச்சாஃபின் விதிகளைப் பயன்படுத்தி வீட்ஸ்டோன் வலைக்குச் சமன்பாடுகள் காணும் முறை மிகவும் நீளமானதும் கடினமானதும் ஆகும். ஆகவே, மேக்ஸ்வெல் என்பவர் மூடிய வலைகளில் சுழற்சி மின்னோட்டங்கள் (cyclic currents) பாய்வதாகக் கற்பனை செய்யச் சொன்னார். இவைகள் பாய்வது ஒரே திசையாக அல்லது ஒன்று வலஞ்சுழியாகவோ அன்றி இடஞ்சுழியாகவோ இருக்கும்.

$ABDA$, $BCDB$, $EADCE$ என்னும் வலைக்கண்களின் வழியே வலஞ்சுழியாகப் பாயும் கற்பனை, சுழற்சி மின்னோட்டங்களை x, y, z எனக் கொள்வோம். AB, BC, AD, DC என்ற வலையின் புயங்களின் தடைகள் P, Q, R, S எனக் கொள்வோம். கால்வனாமீட்டரின் தடை G எனவும், மின் அடுக்கின் அகத் தடை B எனவும் கொள்வோம்.

கிர்ச்சாஃபின் இரண்டாவது விதியை $ABDA$, $BCDA$, $EADCE$ என்னும் வலைக்கண்களுக்குப் பயன்படுத்த,

$$xP+(x-y)\,G+(x-z)R=0$$
$$yQ+(y-x)\,G+(y-z)S=0$$
$$(z-x)\,R+(z-y)\,S+zB=E$$

முதல் இரண்டு சமன்பாடுகளை மாற்றியமைக்க :

$$x(P+G+R)-y\,G-z\,R=0$$
$$-xG \qquad +y\,(Q+S+G)-zS=0$$

இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளிலிருந்து z-ஐத் தள்ளிவிட,

$$x\,[S(P+G+R)+RG]\;-y\,[GS+R(Q+S+G)]=0$$

அதாவது,

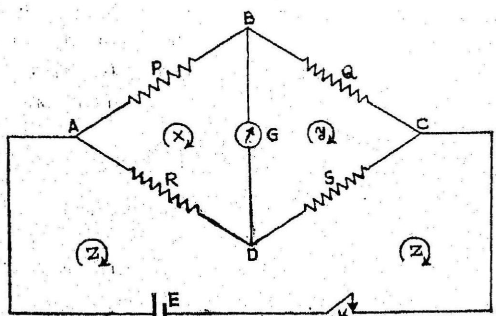
$$x\,[SP+SG+SR+RG]=y\,[GS+RQ+RS+RG]$$

கால்வனுமீட்டரின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $x-y$ வலையைச் சரியீடு செய்யும்போது $x-y=0$. அதாவது $x=y$.

$$\therefore\; SP+SG+SR+RG=GS+RQ+RS+RG$$
$$\therefore\; SP=RQ$$

அல்லது $$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$$

இதுதான் வலையைச் சரியீடு செய்வதற்கான நியதியாகும்.

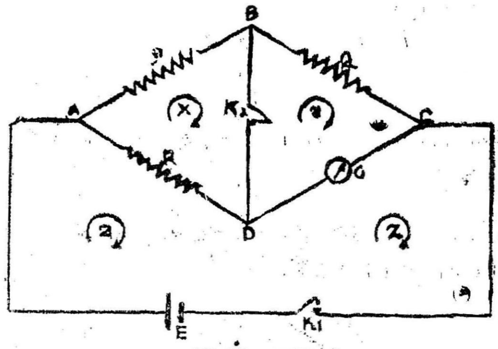


படம் - 152

கெல்வின் முறைப்படி ஒரு கால்வனுமீட்டரின் மின்தடையினைக் காணல் (Resistance of a Galvanometer-Kelvins method)

எந்த கால்வனுமீட்டரின் மின் தடையாகிய 'G' யினைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டுமோ அதனைப் படத்தில் காட்டியபடி, அறியாத தடையினை ஆக்கும் புயத்தில் இணைக்க வேண்டும். கால்வனு

மீட்டரினை இணைக்கும் இடத்தில் ஒரு சாவி K_2 வினையும் இணைக்க வேண்டும். சாவி K_2 வினை மூடும்போதோ அன்றி திறக்கும்போதோ



படம் - 153

கால்வனுமீட்டரில் எவ்வித மாற்றமும் இல்லாதிருக்கும்படி தடை 'R'-ஐச் சரிசெய்ய வேண்டும். இப்பொழுது BD வழியே மின்னோட்டம் இல்லாதிருக்கும். ஆகவே, வலை சரியீடு செய்யப்பட்டதாகிறது.

சாவி, மின் கலம் இவைகளின் தடைகள் முறையே T, B எனக் கொள்வோம். படத்தில் காட்டியவாறு வலஞ்சுழியாக வலைக் கண்கள் $ABDB$, $BCDB$, $ADCEA$ வழியே பாயும் சுழற்சி மின்னோட்டங்களை முறையே x, y, z எனவும் கொள்வோம். ஆகவே, கிரிச்சாஃபின் விதிகளைப் பயன்படுத்த,

$$x P+(x-y) T+(x-z) R=0$$
$$y Q+(y-z) G+(y-x) T=0$$

வலையினைச் சரியீடு செய்திருக்கும்போது புயம் BD வழியே பாயும் மின்னோட்டம் பூச்சியம். அதாவது $x-y=0$. இந் நியதியை மேற்காணும் சமன்பாடுகளில் இட அவைகள் பின்வருமாறு மாறும்:

$$x P+(x-z) R=0$$
$$y Q+(y-z) G=0$$

அதாவது,

$$x (P+R) = z R$$
$$y (Q+G) = z G$$

வகுக்க,

$$\frac{x (P+R)}{y (Q+G)} = \frac{R}{G}$$

$x-y=0$ ஆகவே, $x=y$.

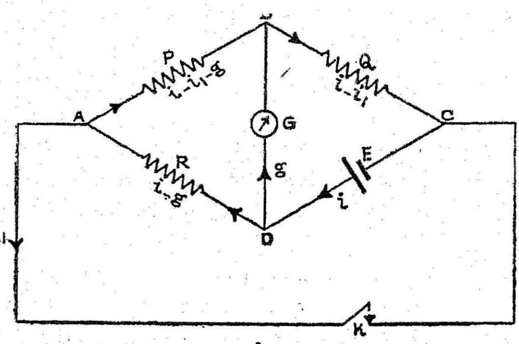
$$\therefore \frac{P+R}{Q+G} = \frac{R}{G}$$

$$\therefore G(P+R) = R(Q+G)$$

$$\therefore G = \frac{QR}{P}$$

P, Q, R இவைகளின் மதிப்பை அறிந்து கால்வனுமீட்டரின் மின் தடை G-யினைக் கணக்கிடலாம்.

ஒரு மின் கலத்தின் தடை — மென்ஸின் முறை (Resistance of a Cell — Mence's method)



படம் - 154

வீட்ஸ்டன் வலையின் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி ஒரு மின் கலத்தில் உள் மின் தடை 'B' யினைக் கண்டுபிடிக்கலாம். கொடுக்கப் பட்ட மின்கலத்தை அறியா மின்தடையினை இணைக்கும் இடத்தில் அதாவது புயம் DC-ல் இணைக்கவேண்டும். அத்துடன் முதன்மைச் சுற்றில் மின் கலத்தின் இடத்தில் ஒரு சாவி K யினையும் இணைக்க வேண்டும். AB, BC, AD புயங்களின் தடைகளின் மதிப்பைச் சரி செய்து சாவி K யினை மூடியிருக்கும்போதும், திறந்திருக்கும்போதும் கால்வனுமீட்டரில் நிலைத்த மாரு விலகல் இருக்கும்படி செய்ய வேண்டும். இந்த நிலை கால்வனுமீட்டரில் மாருத மின்னோட்டம் பாய்வதையும் வலை சரியீடு செய்யப்பட்டிருப்பதையும் குறிக்கிறது. மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை E எனக்கொள்வோம். இப்பொழுது வலைக்கண்கள் $ABDA$, $BCDB$-க்குக் கிரிச்சாஃபின் விதிகளைப் பயன் படுத்த,

$$(i-i_1-g)\,P-g\,G+(i-g)\,R=0$$

மற்றும் $$(i-i_1)\,Q+i\,B+gG=E$$

மேற்கண்ட சமன்பாடுகளை மாற்றியமைக்க,

$$i\,(P+R)-g\,(P+G+R)-i_1\,P=0$$
$$i\,(Q+B)+gG \qquad -i_1\,Q=E$$

மேற்கண்ட சமன்பாடுகளிலிருந்து 'i' யைத் தள்ள,

$$g\,[G(P+R)+(Q+B).\,(P+G+R).]$$
$$i_1\,[P(Q+B)-Q\,(P+R)] \;=\; E(P+R)$$

சாவி K திறந்தோ அன்றி மூடியோ இருக்கும்போது 'g' மாறாதிருக்குமானால் $i_1=0$

ஆகவே $P(Q+B)-Q\,(P+R)=0$

அதாவது $PQ+PB=PQ+QR$

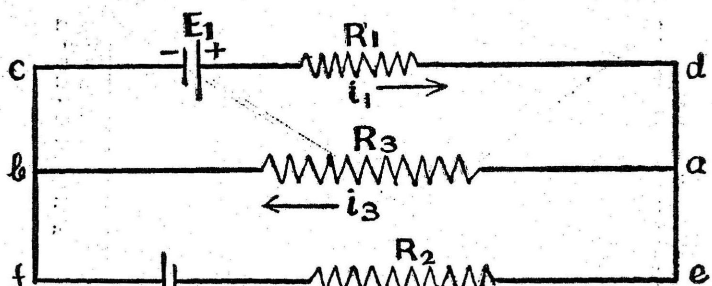
அல்லது $PB=QR$

அல்லது $B=\dfrac{QR}{P}$

பயிற்சிகள்

ஓமின் விதியும் பயனும் (Ohm's law and its application)

(1) படத்தில் உள்ள மின் சுற்றை எடுத்துக் கொள்வோம். இங்கு $E_1=6$ வோல்ட்டு, $E_2=12$ வோல்ட்டு, $R_1=10$ ஓம், $R_2=20$ ஓம், $R_3=80$ ஓம். மின்னோட்ட அளவுகள் i_1, i_2, i_3 இவைகளைக் கணக்கிட வேண்டும். மின்னோட்ட திசைகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. இங்கு இரண்டே சந்திப்புகள் 'a' யும் 'b' யும் மட்டும் இருப்பதனால் ஒரே ஒரு மின்னோட்டச் சமன்பாடுதான் அமைக்க முடியும்.



படம்-13-அ

அதாவது,

$$i_1=i_2+i_3 \qquad (1)$$

நாம் இரண்டு வளைச் சமன்பாடு (loop equation) பெறலாம்.

$cdabc$ என்ற வளைக்கு

$$E_1 + R_1 i_1 + R_3 i_3 = 0 \quad (2)$$

aefba என்ற வழிக்கு

$$R_2 i_2 - E_2 - R_3 i_3 = 0 \quad (3)$$

i_1—ன் அளவை (2) -ல் பிரதியிட்டால்,

$$E_1 + Ri\, i_2 + (R_1 + R_3)\, i_3 = 0$$

எண்ணளவுகளை இந்தச் சமன்பாட்டில் பிரதியிட்டால்,

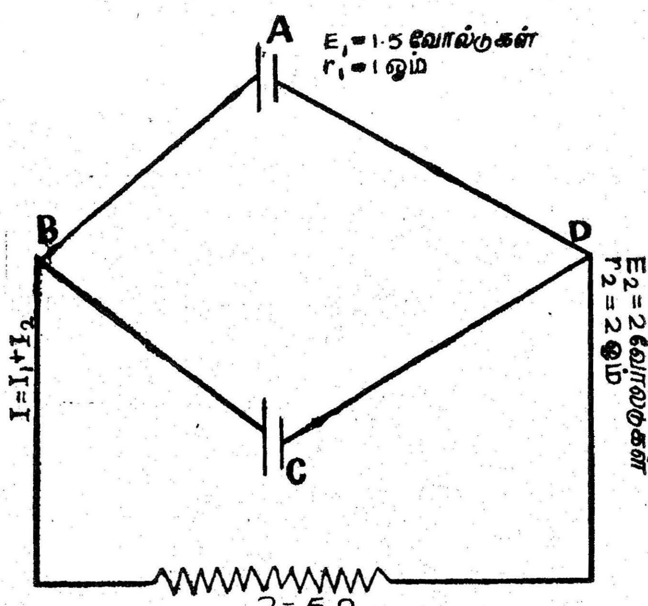
$$10\, i_2 + 18\, i_3 = 6$$
$$20\, i_2 + 8\, i_3 = 12.$$

இச் சமன்பாடுகளில் இருந்து,

$i_3 = 0, i_2 = 0{\cdot}6, i_1 = 0{\cdot}6$ ஆம்பியர்கள் எனக் காணலாம்.

இந்த மின் சுற்றின் P_3-ல் மின்னோட்டம் எதுவும் இல்லை. ($\because i_3 = 0$) aயும் bயும் சம அழுத்தத்தைப் பெற்றுள்ளன ஆகவே, R_3யை வெளியே எடுத்துவிட்டாலோ அல்லது R_3-ன் இரு முனைகளுக்கும் இடையில் ஒரு குறுக்குச் சுற்றை அமைத்தாலோ (short circuit) எவ்வித மாற்றமும் சுற்றில் ஏற்படாது.

(2) முறையே 1·5 வோல்ட், 2 வோல்ட் மின் இயக்க விசையும்,



படம்-13. ஆ

1 ஓம், 2 ஓம் அக மின்தடையும் கொண்ட இரண்டு மின் கலங்கள் 5 ஓம் புற மின்தடையோடு (externalresistance) பக்கவாட்டில்

இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சுற்றின் மூன்று கிளைகளில் ஒவ்வொன்றிலும் உள்ள மின் ஓட்டத்தைக் கணக்கிடு. E_1, E_2 ஆகிய இரண்டு மின் கலங்களின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தை I_1 I_2 என எடுத்துக் கொள்வோம்.

கிர்ச்சாஃபின் முதல் விதிப்படி, BCD-யில் பாயும் மின் ஓட்டம்

$$I = I_1 + I_2.$$

இரண்டாம் விதிப்படி

(a) $BCDAB$ என்ற வளைக்கு

$$r_1 I_1 + RI = E_1$$

$$I \times I_1 + 5(I_1 + I_2) = 1{\cdot}5 \quad \text{(a)}$$

(b) $DE_2 BAD$-க்கு

$$r_2 I_2 - I_1 r_1 = E_2 - E_1$$

இவ்விரண்டு சுற்றுகளிலும் உள்ள மின்னியக்கு விசைகள் எதிர்க்கும் போது,

$$2 I_2 - 1 \times I_1 = 2 - 1{\cdot}5$$

$$2 I_2 - I_1 = 0{\cdot}5 \quad \text{(b)}$$

(a) யையும் (b) யையும் கூட்டி I_1 நீக்கும்போது $17 I_2 = 4{\cdot}5$

$$I_2 = \frac{4{\cdot}5}{17} = 0{\cdot}2645 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

மேலும் $I_1 = 2 I_2 - 0{\cdot}5$

$= 0{\cdot}5294 - 0{\cdot}5$

$= {\cdot}0294$ ஆம்பியர்கள்.

5 Ω மின்தடை வழியாக உள்ள மின் ஓட்டம்

$= I_1 + I_2 = 0{\cdot}2941$ ஆம்பியர்கள்.

விடை: 5 Ω வழியாக ஓடும் மின்னோட்டம் $= 0{\cdot}2941$ ஆம்பியர்கள்

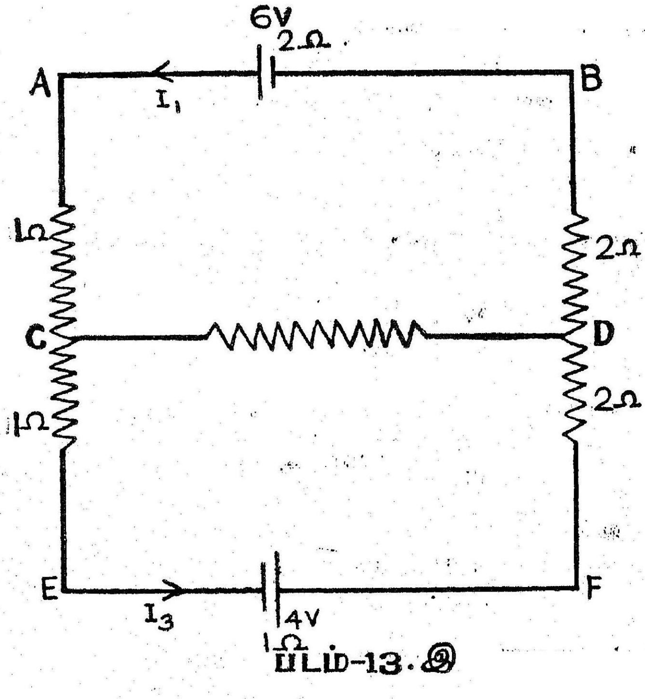
1·5 வோல்ட்டு மின்கலம் வழியாக பாயும் மின்னோட்டம் } $= 0{\cdot}029$ ஆம்பியர்கள்

2 வோல்ட் மின்கலம் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம்

$= 0{\cdot}2650$ ஆம்பியர்கள்.

(3) 6 வோல்ட் மின் இயக்கு விசையும், 2 ஓம் உள் மின் தடையும் கொண்ட ஒரு மின் கலத்தின் நேர்முனை, 2 ஓம் மின் தடை

வழியாக 4 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையும், 1 ஓம் அக மின் தடையும் கொண்ட மின் கலத்தின் எதிர் மின் முனையோடு இணைக்கப் படுகிறது. முதல் மின் கலத்தின் எதிர் மின் முனை 4 ஓம் மின் தடை வழியாக இரண்டாவது மின்கலத்தின் நேர்முனையோடு இணைக்கப் படுகிறது. 2 ஓம், 4 ஓம் மின் தடைகளின் மையப்புள்ளிகள் 5 ஓம் மின் தடையால் இணைக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு மின்தடை வழியாக வும், மின் கலத்தின் வழியாகவும் உள்ள மின்னோட்ட அளவைக் கண்டுபிடி.



படம்-13. இ

$$I_1 = I_3 + I_2 \qquad (1)$$

AEDC என்ற சுற்றுக்கு (வளைக்கு)

$$2\,I_1 + I_1 + 5\,I_2 + 2\,I_1 = 6.$$

$$5\,I_1 + 5\,I_2 = 6. \qquad (2)$$

CDEF என்ற வளைக்கு

$$5\,I_2 - 2\,I_3 - I_3 - I_3 = -4$$

$$5\,I_2 - 4\,I_3 = -4 \qquad (3)$$

(2)-ல் I_1-க்குப் பிரதியிட்டால்,

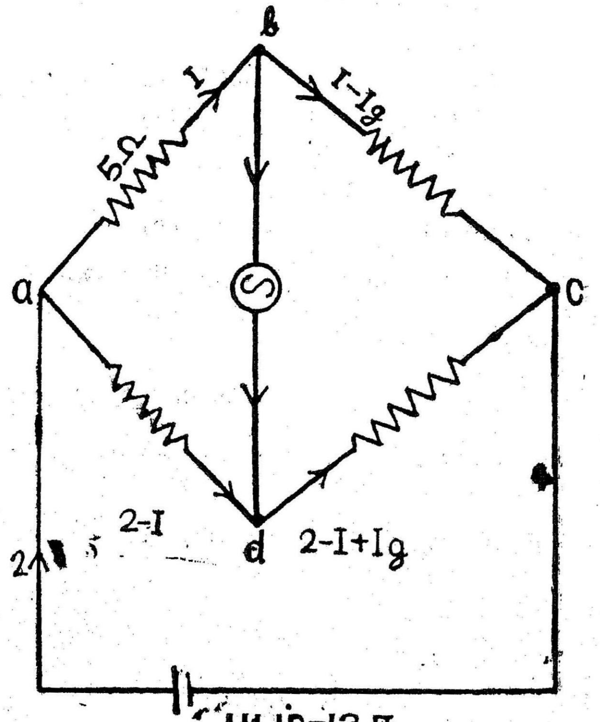
$$5(I_2 + I_3) + 5I_2 = 6.$$

$$10I_2 + 5I_3 = 6 \qquad (4)$$

(3) ஐ 5 ஆல் பெருக்கி, (4) ஐ 4 ஆல் பெருக்கிக் கூட்டினால்

$$65I_2 = 4$$

அதாவது $I_2 = \frac{4}{65}$ ஆம்பியர்கள்.



படம்-13.ஈ

I_2-க்கு (3)-ல் பிரதியிட்டால்,

$$5 \times \frac{4}{65} - 4I_3 = -4$$

$$4I_3 = -4 - \frac{20}{65} = -\frac{280}{65}$$

$$\therefore I_3 = \frac{280}{65 \times 4} = \frac{70}{65} \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

ஆகவே $I_1 = I_2 + I_3 = \frac{4}{65} + \frac{70}{65} = \frac{74}{65}$ ஆம்பியர்கள்.

(4) ஒரு வீட்ஸ்டோன் சுற்றமைப்பின் புயங்கள் முறையே 5, 5, 5, 5·2 ஓம் மின் தடைகளைப் பெற்றுள்ளன. கால்வனோ மீட்டர் 40 ஓம் மின் தடையைப் பெற்றுள்ளது. மின் கலத்தில் இருந்து 0·2 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. கால்வனோ மீட்டர் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடு.

$b\,e\,d$ என்ற வளைக்கு

$$40\,Ig + 5{\cdot}2\,(0{\cdot}2 - I + Ig) - 5\,(I - Ig) = 0$$

$$50{\cdot}2\,Ig - 10{\cdot}2\,I = -1{\cdot}04 \qquad (1)$$

$a\,b\,d$ என்ற வளைக்கு

$$5\,I + 40\,Ig - 5(0{\cdot}2 - I) = 0$$

$$10\,I + 40\,Ig = 1 \qquad (2)$$

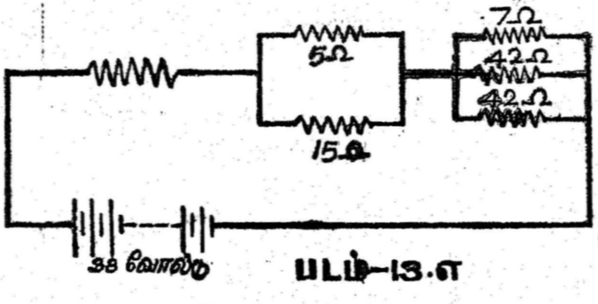
(1) ஐ 10 ஆல் பெருக்கி, (2) ஐ 10·2-ஆல் பெருக்கிக் கூட்டினால்,

$$910\,Ig = -0{\cdot}2.$$

$$Ig = -\frac{0{\cdot}2}{910} = 0{\cdot}0002199 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

இம் மின்னோட்டம் படத்தில் குறிப்பிட்ட திசைக்கு எதிர்த்திசையில் பாயும்.

(5) கீழ்வரும் சுற்றின் ஒவ்வொரு மின் தடை வழியாகவும் பாயும்



படம்–13.எ

மின் ஓட்டத்தைக் கணக்கிடு. பக்கவாட்டில் இணைக்கப்பட்ட 5 ஓம், 15 ஓம் மின் தடைகளின் விளைவு மின்தடை R எனக் கொள்வோம்.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{5} + \frac{1}{15} = \frac{3+1}{15}$$

$$\therefore R = \frac{15}{4} = 3{\cdot}75 \text{ ஓம்கள்}$$

7, 42, 42 ஓம்களின் விளைவு மின்தடையை R_1 எனக் கொள்வோம். ஆகவே,

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{7} + \frac{1}{42} + \frac{1}{42} = \frac{8}{42}$$

$$R_1 = \frac{42}{8} = 5{\cdot}25 \text{ ஓம்கள்.}$$

சுற்றின் மொத்த விளைவு மின்தடை $10 + 3{\cdot}75 + 5{\cdot}25$
$= 19$ ஓம்கள்.

மின்கலத்தால் பாயும் மின் ஓட்டம் $= \frac{38}{19} = 2$ ஆம்பியர்கள்.

ஆகவே, 10 ஓம் மின்தடை வழியாகப் பாயும் மின் ஓட்டம் $= 2$ ஆம்பியர்கள்.

BC-க்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $= 3{\cdot}75 \times 2$ வோல்ட்டு.
5 ஓம் மின்தடை வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம்

$$= \frac{3{\cdot}75 \times 2}{5} = 1{\cdot}5 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

15 ஓம் மின்தடை வழியாகப் பாயும் மின் ஓட்டம்

$$= \frac{3{\cdot}75 \times 2}{15} = 0{\cdot}5 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

CD-க்கு இடையே உள்ள மின் அழுத்த வேறுபாடு
$= 5{\cdot}25 \times 2$ வோல்ட்டு.

ஆகவே, 7 ஓம் மின்தடை வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம்

$$= \frac{5{\cdot}25 \times 2}{7} = 1{\cdot}5 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

42 ஓம் மின்தடை வழியாகப் பாயும் மின் ஓட்டம்

$$= \frac{5{\cdot}25 \times 2}{42} = 0{\cdot}25 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

பயிற்சிகள்

கிரிச்சாஃபின் விதிகள்

(1) மின் சுற்றின் கிரிச்சாஃபின் விதியை எடுத்துக் கூறு. அதனைப் பயன்படுத்தி கால்வனோ மீட்டர் கிளையில் உள்ள மின்னோட்ட அளவைக் கணக்கிடு. வீட்ஸ்டோன் சுற்றமைப்பின் உணர்திறனைக் கண்டுபிடி. (65 ஏப்ரல், 61 செப்டம்பர்.)

(2) கடத்திகளின் வீட்ஸ்டோன் சுற்றமைப்பில் கால்வனோ மீட்டர் வழியாகப் பாயும் மின் ஓட்ட அளவைக் கணக்கிடு. (63 ஏப்ரல்.)

(3) ஒரு கட்டடத்தில் கீழ்க்கண்ட மின் சாதனங்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

40 *W* மின் விளக்குகள் ——→ 10.
10 *W* மின் விளக்குகள் ——→ 6.
1000 *W* மின் வெப்பமாக்கி ——→ 2.
125 *W* மின் விசிறிகள் ——→ 4.

விளக்குகள் ஒரு நாளைக்கு 5 மணி நேரம் எரிவதாலும் வெப்பமாக்கிகள் ஒரு நாளைக்கு 4 மணி நேரமும், விசிறிகள் 6 மணி நேரமும் வேலை செய்வதாலும் ஒரு வாரத்திற்குச் செலவாகும் மின் சக்தியைக் கணக்கிடு. 1 அலகுக்கு 25 பை. வீதம் ஒரு வாரத்திற்கு ஆகும் தொகையைக் கணக்கிடு. மின் மூலத்தின் அழுத்த வேறுபாடு 220 V எனக் கொண்டு அதிலிருந்து எடுக்கப்படும் உச்ச அளவு மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடு.

[112 அலகுகள், 28 ரூபாய்கள், ஏறத்தாழ 15·9 ஆம்பியர்கள்.]

(4) 10, 20 ஓம்கள் மின்தடையுள்ள இரண்டு கடத்திகள் பக்கவாட்டில் இணைக்கப்பட்டு அவைகளின் மூனைகள், 2 வோல்ட்டு மின்னியக்கு விசையும் 1 ஓம் உள் மின்தடையும் கொண்ட ஒரு மின் கலத்தோடு தடித்த செம்புக் கம்பிகளால் இணைக்கப்படுகிறது.

(1) சுற்றில் பாயும் மொத்த மின் ஓட்ட அளவு என்ன ?

(2) ஒவ்வொரு கடத்திகளின் வழியாக மின் ஓட்ட அளவென்ன?

[0·26 ஆம்., (2) ·087 ஆம்., 0·173 ஆம்.]

(5) *R* ஓம் மின் தடையுள்ள 12 சம நீளக் கம்பிகள் ஒரு கன சதுரத்தை உண்டாக்குகின்றன. இந்த அமைப்பின் ஒரு மூலையில் மின்னோட்டம் நுழைந்து, அந்த மூலையை இணைக்கும் மூலை விட்டத்தின்

நேர் எதிர் மூலையின் வழியாக வெளியேறுகிறது. இரண்டு மூலைகளுக்கும் இடையே உள்ள மொத்த மின்தடையைக் கணக்கிடு.

(6) ஒரு வீட்ஸ்டோன் சுற்றமைப்பில் 2 வோல்ட்டும் மின்தடை 2 ஓம் உடைய மின்கலமும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

$$P = 1\,\Omega,\ Q = 2\,\Omega,\ R = 2\,\Omega,\ S = 3\,\Omega$$

$G = 4\ \Omega$ என எடுத்துக்கொண்டு, சரியீடற்ற நிலையில் (unbalanced position) கால்வனோ மீட்டரின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடு.

(7) ஒரு கம்பிச் சுருளின் மின்தடை 30°C-ல் 6·42 ஓம் 100°C-ல் 8·09 ஓம். அம் மின்தடையின் வெப்பநிலை எண்ணைக் (Temperature Coefficient) கணக்கிடு.

(0·0042 ஓம்/1 அலகு மின்தடை/டிகிரி C)

(8) 1·5 மின்னியக்கு விசையும் 2 ஓம் உள் மின்தடையும் கொண்ட 24 மின்கலங்களை எம்முறையில் இணைத்தால், உச்ச அளவு மின்னோட்டத்தைப் பெறுவாய்? மின்னோட்ட அளவைக் கணக்கிடு.

[விடை: 6 மின்கலங்கள் தொடராக இணைக்கப்பட்ட 4 வரிசைகள் பக்கவாட்டில் இணைக்கப்படவேண்டும்; 1·5 ஆம்பியர்கள்.]

(9) உள் மின்தடை 0·5 ஓம் கொண்ட 10 வோல்ட்டு மின் சேமக்கலம் ஒன்று உள் மின்தடை 0·8 ஓம் கொண்ட 12 வோல்ட்டு மின் சேமக்கலத்தோடு பக்கவாட்டில் இணைக்கப்படுகிறது. அவற்றின் முனைகள் 20 ஓம் புற மின் தடையால் (External resistance) இணைக்கப்பட்டால் ஒவ்வொரு கிளையிலும் உள்ள மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடு (ஏப்ரல் 1968).

(10) முறையே e_1, e_2, e_3 மின்னியக்கு விசையும், r_1, r_2, r_3 உள் மின் தடையும் கொண்ட மூன்று மின்கலங்களும் பக்கவாட்டில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றின் பொது முனைகள் புற மின்தடை R வழியாக இணைக்கப்பட்டால் புற மின்தடை வழியாக உள்ள மின் ஓட்டத்தைக் கண்டுபிடி (ஏப்ரல் 65).

(11) ஒரு கம்பிச் சுருளின் மின்தடை 0°C-ல் 2·25 ஓம். 100°C-ல் 3·08 ஓம் என்றால் 70°C-ல் கம்பிச் சுருளின் மின்தடையைக் கணக்கிடு (செப்டம்பர் 67).

14. மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவு

(Magnetic effect of electric current)

ஒரு மின்கடத்தியின் அடியில் ஒரு காந்த ஊசியை வைத்து அக் கடத்தியினூடே மின்சாரத்தைச் செலுத்தினால் காந்த ஊசி திரும்புவதைக் காணலாம். இதிலிருந்து அந்தக் கம்பியைச் சுற்றிக் காந்தப்புலம் (magnetic field) உண்டாகிறது எனத் தெரிகிறது. இந்த உண்மையை ஓர்ஸ்டெட் (Oersted) என்பவர் 1820-ல் முதன் முதலில் கண்டுபிடித்தார்.

அரகோவின் சோதனை (Arago's experiment)

சமதள அட்டை ஒன்றின் மையத்தில் ஒரு துளையிட்டு அதனூடே ஒரு கம்பியைச் செருகுவோம். அட்டையின்மீது இரும்புத் தூளைத் தூவிக் கம்பியின் வழியாக மின்சாரத்தைச் செலுத்துவோம். இப்பொழுது விரலால் அட்டையை மெதுவாகத் தட்டினால், இரும்புத் தூள் கம்பியைப் பொதுமையாகக் கொண்ட வட்ட வடிவங்களில் கம்பியைச் சுற்றி அமைவதைக் காணலாம். இவ்வட்டங்கள் கம்பியின் வழியாகச் செல்லும் மின்சாரத்தால் உண்டான காந்தப் புலத்தின் விசைக்கோடுகள் (lines of force) ஆகும்.

காந்தப் புலத்தின் திசை

மேற்கூறிய அரகோவின் பரிசோதனையிலிருந்து காந்தப் புல விசைக் கோடுகளின் இயல்பை அறிகிறோம். அவைகளின் திசையையும் அறியப் பல விதிகள் உள்ளன. அவையாவன:

ஆம்பியரின் நீச்சல் விதி (Ampere's swimming rule)

ஒரு கம்பியின் வழியே அதில் செல்லும் மின்சாரத்தின் திசையில் ஒரு மனிதன் காந்த ஊசியைப் பார்த்த வண்ணம் நீந்துவதாகக்

கொள்வோம். அப்பொழுது அந்தக் காந்த ஊசியின் வடமுனை (north pole) எப்பொழுதும் அவனது இடப் புறமாகவே திரும்பும்.

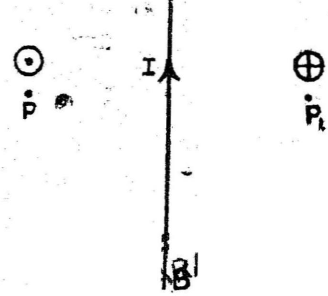
மேக்ஸ்வெல்லின் தக்கைத் திருகு விதி (Maxwell's cork screw rule)

ஒரு வலம்புரித் (right handed) திருகின் நுனி மின்னோட்டத்தின் திசையில் நகருமாறு அதன் தலையைச் சுழற்றுவதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது திருகு தலையைச் சுழற்றும் திசையே கம்பியைச் சூழ்ந்துள்ள காந்தப்புல விசைக் கோடுகளின் திசையாகும்.

வலக் கை விதி (Right hand rule)

மின் சாரம் செல்லும் கம்பியைப் பெருவிரல் மின்னோட்டத் திசையில் அமைந்திருக்குமாறு வலக் கையில் நாம் பிடிப்போம். அப்பொழுது வளைந்து நிற்கும் பிற விரல்கள் காந்தப் புல விசைக் கோடுகளின் திசையைக் குறிக்கும்.

காகிதத்தின் தளத்தில் AB என்ற ஒரு கம்பி இருப்பதாகக் கொள்வோம். அதில் B-யிலிருந்து A-க்கு மின்சாரம் செல்லட்டும். கம்பியின் இரு புறங்களிலும் P_1, P_2 என்ற இரண்டு புள்ளிகளைக் காகிதத்தின் தளத்திலேயே எடுத்துக் கொள்வோம். இப் புள்ளிகளில் மின்னோட்டத்தினால் உண்டாகும் காந்தப்புலத்தின் திசைகள் எவ்வாறு அமையும்? இதற்கு, மேலே இறுதியாகக் கூறிய வலக்கை விதியைப் பயன்படுத்தலாம். இந்தக் காந்தப் புலத்தின் திசையானது, புள்ளிகளும் கம்பியும் அடங்கிய தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். P_1 என்ற புள்ளியில் புலத்தின் திசை இத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக நம்மை நோக்கியவாறு வெளியே இருக்கும். P_2 என்ற புள்ளியில் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக நம்மை விட்டு ஓடும் பாணியில் தளத்தின் உள்ளே இருக்கும்.



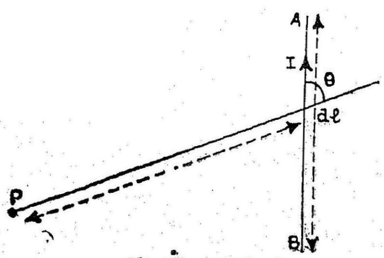
படம் - ௧௩

லேப்லாசின் விதி (Laplace's law)

ஒரு கம்பியில் மின்சாரம் ஓடுவதால் அதைச் சுற்றி உண்டாகும் காந்தப்புல வலிமையை பயாட் (Biot), சாவார்ட் (Savart) ஆகிய இருவரும் அலைவுக் காந்தமானியின் (vibration magnetometer) துணைகொண்டு அளந்தனர். அவர்களுடைய செய்முறைகளிலிருந்து, ஒரு புள்ளியில் உண்டாகும் காந்தப்புல வலிமை கம்பியில் ஓடும் மின்சார வலிமைக்கு நேர் விகிதத்திலும் கம்பியிலிருந்து புள்ளியின் தூரத்திற்கு எதிர் விகிதத்திலும் உள்ளது என நிறுவினர். இந்த முடிவுகளுக்குக் கணித உருக் கொடுத்தவர் லேப்லாஸ் ஆவர். அவரது விதிகளின்படி, AB எனும் சிறிய மின் கம்பியினூடே மின்சாரம் செல்லும்பொழுது P என்ற ஒரு புள்ளியில் உண்டாகும் காந்தப் புல வலிமை,

(a) மின்னோட்ட வலிமைக்கு (I) நேர் விகிதத்தில் உள்ளது.

(b) மின் கம்பியின் நீளத்திற்கு (dl) நேர் விகிதத்தில் உள்ளது.



படம் - 15б

(c) மின்னோட்டத்தின் திசைக்கும், P என்ற புள்ளியையும் மின் கம்பியின் மையப் புள்ளியையும் சேர்க்கும் நேர்கோட்டிற்கும் இடையே உள்ள கோணத்தின் சைனுக்கு ($\sin\theta$) நேர்விகிதத்தில் உள்ளது.

(d) மின் கம்பியிலிருந்து P என்ற புள்ளியின் தூரத்தின் வர்க்கத்திற்கு (r^2) எதிர் விகிதத்தில் உள்ளது.

அதாவது, காந்தப் புல வலிமை

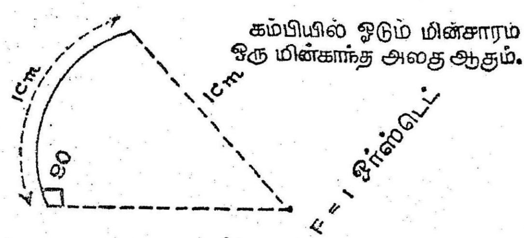
$$F \propto \frac{I\,dl\,\sin\theta}{r^2}$$

அல்லது, $$F = \frac{K\,I\,dl\,\sin\theta}{r^2}$$

இதில் K என்பது மாறிலியாகும். இது மின்சாரத்தை அளக்க நாம் பயன்படுத்தும் மின் அலகைப் (unit of current) பொறுத்தது. இதைத் தக்க முறையில் வரையறுப்பதன் வாயிலாக இந்த மாறிலியை 1 ஆக்கலாம்.

மின்காந்த மின்னலகு (electro magnetic unit of current)

ஒரு செ.மீ. நீளமுள்ள ஒரு மின் கடத்தியை ஒரு செ.மீ. ஆர முள்ள ஒரு வட்டத்தின் வில்லாக வளைத்து அதன் வழியாக எந்த அளவு மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சினால் கம்பியின் வளைவு மையத்தில் ஓர் ஓர்ஸ்டெட் (orsted) காந்தப்புலம் உண்டாகிறதோ அந்த அளவு



படம் - 157

மின்சாரமே மின்காந்த முறையில் ஓரலகு மின்சாரம் (unit current) எனப்படும். இதற்கு மின்காந்த மின்னலகு (e.m u) என்று பெயர்.

இந்த வரையறைப்படி I, dl, $\sin\theta$, r, F ஒவ்வொன்றும் 1 ஆவதால் $K=1$ என ஆகிறது.

அதனால், மின் கடத்தியில் ஓடும் மின்சாரத்தை மின் காந்த அலகில் [அல்லது தனி அலகில் (absolute unit)] அளக்கும்பொழுது காந்தப் புல வலிமை

$$F = \frac{I\,dl\,\sin\theta}{r^2}$$

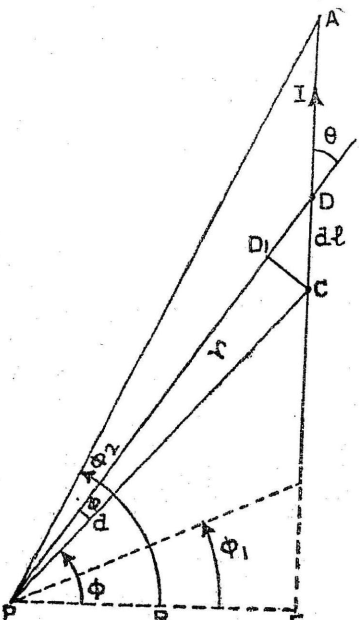
இதற்கு லேப்லாசின் விதி என்று பெயர்.

மின்சாரத்தின் நடைமுறை அலகு (practical unit) ஆம்பியர் (ampere) எனப்படும். இது மின்காந்த அலகை விடப் பத்து மடங்கு சிறியது. அதாவது 1 மின்காந்த அலகு (e.m.u.) அல்லது தனி அலகு = 10 ஆம்பியர்கள் (அல்லது நடைமுறை அலகுகள்)

நேரான மின்கடத்தி ஒன்றின் சுற்றுப்புறத்தில் ஏதோவொரு புள்ளியில் காந்தப் புலம்

AB என்பது நேரான ஒரு மின்கடத்தி. அதன் வழியே 1 தனியலகு மின்சாரம் செல்வதாகக் கொள்வோம். அதனால் கடத்தி

யின் சுற்றுப்புறத்தில் P எனும் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப் புலம் காண வேண்டும். இதற்காக மின் கடத்தியைப் பல சிறு துண்டுகளாகக் (elements) கற்பனை செய்வோம். ஒவ்வொரு துண்டாலும் Pயில் காந்தப் புலம் உண்டாகும். இவ்வாறு எல்லாத் துண்டுகளாலும் அதில் தோன்றும் காந்தப் புலத்தின் கூட்டுப் பலனே அப் புள்ளியில் உண்டாகும் காந்தப் புலம் ஆகும். இதன் திசை Pயில் காகிதத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்.



படம் - 158

Pயிலிருந்து r தொலைவில் dl நீளமுள்ள CD என்னும் கடத்தித் துண்டை எடுத்துக்கொள்வோம். $\angle PDC = \theta$ என இருக்கட்டும். AB-க்குச் செங்குத்தாக PE என்ற கோடு வரைவோம். கோணங்கள் $EPC = \phi$, $CPD = d\phi$, $EPB = \phi_1$, $EPA = \phi_2$ ஆகவும், $PE = R$ ஆகவும் இருக்கட்டும். Pயை மையமாகவும் PCயை ஆரமாகவும் கொண்டு CD_1 எனும் வில் (arc) வரைவோம்.

படத்தில், $CD_1 = dl \sin\theta = r d\phi$

$$r = R/\cos\phi$$

CD என்னும் கடத்தித் துண்டால் P-ல் தோன்றும் புலம்

$$= \frac{I\, dl \sin\theta}{r^2} = \frac{I\, r d\phi}{r^2} = \frac{I \cos\phi\, d\phi}{R}$$

AB என்னும் கடத்தியால் P-ல் தோன்றும் புலம்

$$= \int_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{I\cos\phi\, d\phi}{R} = \frac{I}{R}(\sin\phi_2 - \sin\phi_1)$$

ஈறிலா நீளம் கொண்ட (infinitely long) ஒரு கடத்தியானால் $\phi_2 = \pi/2$; $\phi_1 = -\pi/2$ ஆகையால், ஈறிலா நீளமுள்ள ஒரு கடத்தியின் அருகில் ஒரு புள்ளியில் உண்டாகும் காந்தப்புலம் $= \frac{2I}{R}$ ஓர்ஸ்டெட். இந்தத்

தொடர்பைத்தான் பயாட், சவார்ட் இருவரும் செய்முறையில் கண்டனர். அதனால் இது பொதுவாக, பயாட்-சவார்ட் விதி என்று அழைக்கப்படுகிறது. மின்சாரம் நடைமுறை அலகில் i ஆம்பியரா இருப்பின், அப்பொழுது காந்தப் புலம் $= \frac{2i}{10\,R}$. இது ஈறிலா நீளம் உள்ள ஒரு கடத்திக்குப் பொருந்தும். ஒரு வரம்புக்கு உட்பட்ட நீளம் உள்ள ஒரு கடத்தியானால், அப்பொழுது

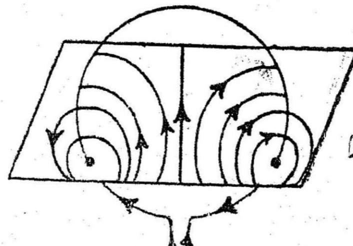
$$\text{காந்தப் புலம்} = \frac{i}{10\,R}\,(\sin\phi_2 - \sin\phi_1)$$

வட்டமான கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் காந்தப்புலம்

dl நீளமுள்ள ஒரு குறுகலான கம்பியை r அளவு ஆரமுள்ள வட்டவில்லாக வளைத்து அதனூடே i தனியலகு மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சினால் வில்லின் மையத்தில் உண்டாகும் காந்தப் புலம்

$$dF = \frac{i\,dl\,\sin\theta}{r^2}$$ என்பதை முன்னரே

கண்டோம். இப்பொழுது n சுற்றுகள் உள்ள ஒரு கம்பிச் சுருளை எடுத்து அதன் மையத்தில் உண்டாகும் காந்தப் புலத்தையும் கண்டுபிடிக்கலாம். இதில், கம்பியின் மொத்த நீளம் $2\pi rn$. அதோடு $\theta = 90°$. ஆகையால், வட்டச் சுருள் மையத்தில் காந்தப் புலம்



டம் . 159

$$F = \frac{i\,.\,2\pi rn\,.\,\sin 90}{r^2}$$

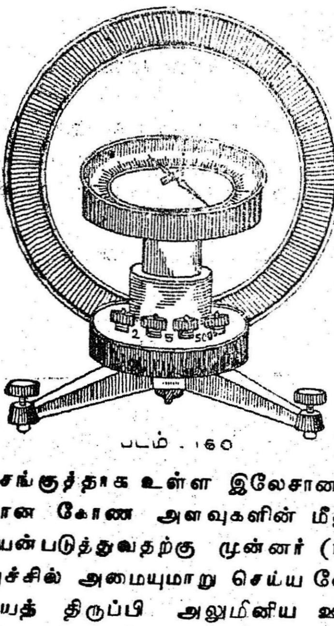
$$\text{i.e } F = \frac{2\pi n i}{r}$$

இதில் i என்பது தனியலகில் (absolute unit) உள்ளது. இதை ஆம்பியரில் எடுத்துக்கொண்டால்,

$$F = \frac{2\pi n i}{10\,r}$$ ஓர்ஸ்டெட் ஆகும்.

டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டர் (Tangent Galvanometer)

டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டர் மின்சாரத்தை அளக்கப் பயன் படும் ஒரு கருவியாகும். இதில் உள்ள வட்டமான மரச் சட்டத்தில் கம்பிச் சுருள்கள் சுற்றப்பட்டுள்ளன. சாதாரணமாக ஒரு டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டரில் 2, 50, 500 சுற்றுகளைக் கொண்ட மூன்று தனிச் சுருள்கள் இருக்கும். இவற்றில் ஏதாவதொன்றைப் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். இந்தக் கம்பிச் சுருளின் தளம் செங்குத்தாக இருக்குமாறு இது ஒரு வட்டமான அடித்தளத்தின் மீது அமைக்கப் பட்டுள்ளது. அடித்தளத்தின் அடியில் உள்ள திருகுகளின் உதவியால் அதைக் கிடைமட்டமாக இருக்கச் செய்யலாம். இந்த அடித்தளத்தில் உள்ள இணைப்பாணிகளில் கம்பிச் சுருள்களின் முனைகள் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் ஒரு காந்த (முள்) பெட்டி (compass box) அமைக்கப் பட்டுள்ளது. இந்தப் பெட்டிக்குள் உள்ள காந்த ஊசி மிகவும் குறுகலானது. கம்பிச் சுருளின் வழியாக மின்சாரம் செல்லும்பொழுது அதன் மையத்தில் உண்டாகும் சீரான காந்தப்புலம் மட்டுமே காந்த ஊசியில் செயல்படுவதற்கு இது துணை செய்கிறது. காந்த ஊசிக்குச் செங்குத்தாக உள்ள இலேசான, நீளமான அலுமினிய ஊசி வட்டமான கோண அளவுகளின் மீது நகர்கிறது. கால்வனு மீட்டரைப் பயன்படுத்துவதற்கு முன்னர் (i) கம்பிச் சுருளின் தளம் பூகாந்த அச்சில் அமையுமாறு செய்ய வேண்டும்; (ii) காந்த ஊசிப் பெட்டியைத் திருப்பி அலுமினிய ஊசி 0-0 வில் இருக்குமாறு செய்ய வேண்டும். இந் நிலையில் காந்த ஊசிப் பெட்டியில் உள்ள காந்த ஊசியின் மீது பூமியின் காந்தப்புலம் H மட்டும் செயல்படுகிறது. இப்பொழுது கம்பிச் சுருளின் வழியாக மின்சாரத்தைச் செலுத்துவதாகக் கொள்வோம். அதனால், கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் ஒரு காந்தப்புலம் உண்டாகும். இது சுருளின் தளத்துக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். இதன் காரணமாகக் காந்த ஊசி இரண்டு செங்குத்துக் காந்தப் புலங்களின் விசைக்கு உள்ளாகிறது. அதனால், அது தன் நிலையிலிருந்து திரும்புகிறது. இத் திருப்பம் θ எனவும், கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் உள்ள காந்தப்புலம் F எனவும் கொண்டால் டேஞ்சன்ட் விதிப்படி,



படம் . 160

$$F = H \tan \theta$$

ஆனால் $F = \frac{2 \pi n i}{10 r}$

$$\therefore \frac{2 \pi n i}{10 r} = H \tan \theta$$

$$\therefore i = \frac{10 H r}{2 \pi n} \tan \theta$$

i.e. $i = K \tan \theta$

K என்பது கால்வனாமீட்டரின் சுருக்கு எண் (reduction factor) எனப்படும். மேற்கண்ட சூத்திரத்தில் $\theta = 45°$. ஆனால், $C = K$. ஆகையால், சுருக்கு எண் என்பது கால்வனாமீட்டரில் 45° திருப்பத்தை உண்டாக்கும் மின்னோட்டம் என்பது புலனாகிறது.

மேலும் டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டர் மிகத் துல்லியமானதாகப் பயன்படவேண்டுமாயின் திருப்பம் 45° ஆக இருக்க வேண்டும்.

$$i = K \tan \theta$$

அல்லது $di = K \sec^2 \theta \, d\theta.$

$$\therefore \frac{di}{i} = \frac{\sec^2 \theta}{\tan \theta} d\theta = \frac{d \theta}{\sin \theta \cos \theta}$$

$$\frac{di}{i} = \frac{2 d\theta}{\sin 2\theta}$$

$\frac{di}{i}$ என்பது i ஐ அளப்பதில் உண்டாகும் பிழையைக் (error) குறிக்கிறது. $\frac{2 \theta}{\sin 2 \theta}$ குறைவானால் இந்தப் பிழையும் குறையும். இதற்கு $\sin 2 \theta$ உச்ச அளவு மதிப்புப் பெற வேண்டும். அதாவது $\sin 2 \theta = 1$ ஆக வேண்டும்.

i.e. $2 \theta = 90°$

அல்லது $\theta = 45°$

ஆகையால், திருப்பம் 45°-ஐ ஒட்டியிருத்தல் அவசியம். நடைமுறையில் இத் திருப்பம் 30°-க்கும் 60°-க்கும் இடையில் அமையுமாறு பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும்.

உணர்வு நுட்பம் (Sensitiveness)

i என்பது நிலையான ஓர் அளவாக இருக்கும்பொழுது, எவ்வளவுக்கெவ்வளவு θ அதிகமாக உள்ளதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு உணர்வு நுட்பம் அதிகமாகும். அல்லது $\frac{\tan\theta}{i}$ என்பது துல்லியத்தைக் குறிக்கும் ஓர் அளவு எனக் கொள்ளலாம். ஆகையால், ஒரு டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டரின்

$$\text{உணர்வு நுட்பம்} = \frac{\tan\theta}{i} = \frac{2\pi n}{10\,Hr}$$

இதிலிருந்து (i) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை (n) அதிகப் படுத்தினால்,

(ii) கம்பிச் சுருளின் ஆரத்தைக் (r) குறைத்தால்,

(iii) பூகாந்தப் புல வலிமையைக் (H) குறைத்தால்,

கால்வனுமீட்டரின் உணர்வு நுட்பம் அதிகரிக்கும் என அறியலாம். ஆயினும், கால்வனுமீட்டரின் உணர்வுநுட்பத்தை அதிகரிக்க மேற் கூறிய காரணங்கள் ஓரளவுக்குத்தான் துணை செய்யமுடியும். ஏனெனில், கம்பிச்சுருளின் எண்ணிக்கையை அதிகரித்தால் மின்தடை அதிகரிப்பதோடு சுருளின் ஆரமும் அதிகரிக்கும். சுருளின் ஆரம் அதிகரிப்பதென்பது இரண்டாவது நிபந்தனை அல்லது விதிக்கு முரணானது. மேலும் ஆரத்தை மிகமிகக் குறைக்க முடியாது. ஏனெனில், அப்பொழுது காந்த ஊசியின்மீது செயல்படும் காந்தப் புலம் சீரானதாக இராது. பூகாந்தப் புல வலிமையின் (H) அளவை கருவியின் கட்டமைப்பை (design) மாற்றாமல் மாற்றமுடியாது.

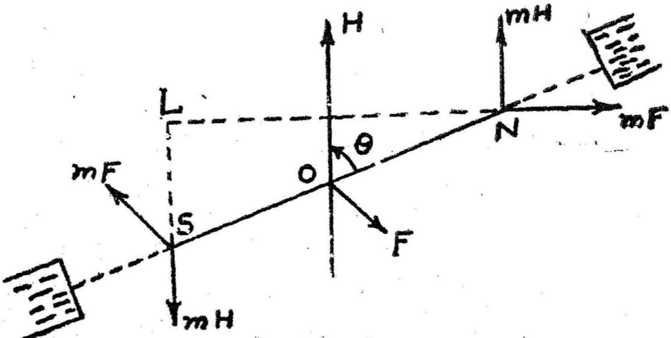
முன்னெச்சரிக்கை

பரிசோதனைகளில் துல்லியமான முடிவுகளைப் பெறவேண்டின் கீழ்க்கண்ட முறைகளைப் பின்பற்ற வேண்டும்:

(i) அலுமினிய ஊசியின் இரு முனைகளும் காட்டும் அளவுகளை எடுக்க வேண்டும். வட்ட அளவுகோலின் மையத்தில் காந்த ஊசியின் சுழல்தானம் (pivot) அமையாதிருக்கும் நிலையில் ஏற்படும் பிழையை இது தவிர்க்கிறது.

(ii) டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டரில் மின்னோட்டத் திசையை மாற்றி அளவுகள் எடுக்கவேண்டும். கம்பிச் சுருளின் தளம் பூகாந்த அச்சுக் கோட்டில் சரியாக அமையாதிருப்பதால் உண்டாகும் பிழை இதனால் தவிர்க்கப்படுகிறது.

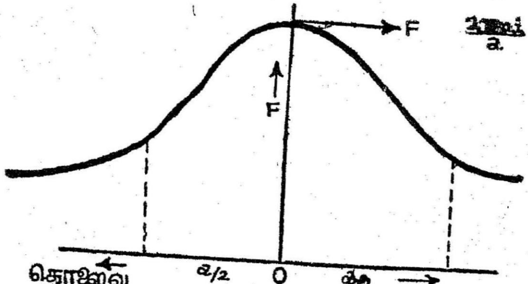
(iii) முடிந்த வரையில் 30°-க்கும் 60°-க்கும் இடையிலேயே விலக்கம் இருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும்.



படம் 161

சைன் கால்வனுமீட்டர் (Sine Galvanometer)

டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டரைப் பயன்படுத்தும் முறையில் மாறுதல் செய்யப்பட்ட ஒன்றுக்கு சைன் கால்வனுமீட்டர் என்று பெயர். அலுமினிய ஊசி திரும்பிய நிலையில் இருக்கும்பொழுது கம்பிச் சுருளின் தளம் காந்த ஊசித் தளத்துடன் இணையப் பொருந்தியிருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. காந்தத்தின் நீளம் $2l$ எனில் காந்த ஊசியின் மீது செயல்படும் விலக்கு இரட்டை (deflecting couple) $mF.2l$ ஆகும். மீட்சி இரட்டை (restoring couple) $mH.NS \sin\theta$. அதாவது $mH.2l \sin\theta$. நடுநிலையில் இந்த இரண்டு இரட்டைகளும் சமம். (படம் காண்க.)



படம் - 162

$$\therefore \quad mH \,.\, 2l \sin\theta = mF \,.\, 2l$$

அல்லது $F = H \sin\theta$

$$\text{i.e.}\quad \frac{2\pi n i}{10 r} = H \sin\theta$$

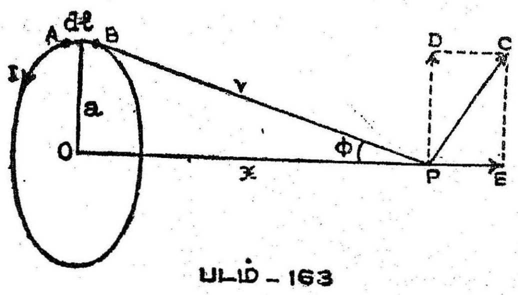
$$\text{அல்லது}\quad i = \frac{10 H r}{2\pi n}\sin\theta$$

$$\text{i.e.}\quad i = K\sin\theta$$

சைன் கால்வனுமீட்டர் டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டரைவிடச் சிறப்பு வாய்ந்தது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின்னேட்டத்தால் சைன் கால்வனுமீட்டரில் உண்டாகும் விலக்கம் (deflection) டேஞ்சன்ட் கால்வனு மீட்டரில் உண்டாகும் திருப்பத்தைவிட அதிகம். அதனுல் சைன் கால்வனுமீட்டர் துல்லியம் மிக்கது. ஆனுல், இதைக்கொண்டு அளக்கக்கூடும் மின்னேட்ட அளவு ஓர் எல்லைக்கு உட்பட்டது. ஏனெனில், sin θ-வின் உச்ச அளவு 1. ஆகையால் $i = K$ அளவு மின்னேட்டம்தான் இந்தக் கால்வனுமீட்டரைக் கொண்டு அளக்கக் கூடிய உச்ச அளவு மின்னேட்டமாகும். மேலும் காந்த ஊசி எப்பொழுதும் கம்பிச் சுருள் தளத்திலேயே இருப்பதால், இதன்மீது செயல்படும் காந்தப்புலத் தன்மை டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டரில் செயல்படும் காந்தப்புலத் தன்மையைவிட நீடித்து நிலைத்த சீருடையதாக உள்ளது. ஆனுல், இதில் உள்ள ஓர் இடர்ப்பாடானது, ஒவ்வொரு முறையும் கம்பிச் சுருளைத் திருப்பிக் காந்த ஊசித் தளத்தில் அமைத்துக் கொண்டே இருக்கவேண்டும்.

மின்னேட்டம் உள்ள வட்டமான கம்பிச்சுருளின் அச்சில் காந்தப்புலம்

'a' என்பது வட்டமான கம்பிச் சுருளின் ஆரமாக இருக்கட்டும். அதன் வழியாக I தனி அலகுகள் உள்ள மின்சாரம் செல்லட்டும்.



படம் – 163

கம்பிச் சுருளின் மையமாகிய 'O' என்ற புள்ளியிலிருந்து அச்சின் மீது x தொலைவில் P என்னும் புள்ளியை எடுத்துக்கொள்வோம். கம்பிச் சுருளின் ஏதாவது ஒரு சுற்றில் A, B என்ற இரண்டு புள்ளிகளுக்

கிடையே dl நீளமுள்ள ஒரு சிறிய கம்பித் துணுக்கை எடுத்துக்கொள்வோம். இந்தத் துணுக்கின் காரணமாக P-ல் உண்டாகும் காந்தப்புலம் $\frac{I\,dl}{r^2}$. ஏனெனில் Pயிலிருந்து ABஎன்னும் துணுக்குக்கு வரையப்படும் நேர்கோடு மின்னோட்டத் திசைக்குச் செங்குத்தாக அமைகிறது. இந்தப் புலம் ABயும் Pயும் அடங்கிய தளத்திற்குச் செங்குத்தாகச் செயல்படுகிறது. இதை PC என்ற கோடு குறிக்கிறது. இந்த விசையை PD, PE என்ற இரண்டு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். PDஎன்பது கம்பிச் சுருளின் அச்சுக்குச் செங்குத்தாகவும், PEஎன்பது இணையாகவும் உள்ளன. கம்பிச் சுருளின் விட்ட எதிர் முனையில் இதே அளவு நீளமுள்ள மற்றொரு துணுக்கை எடுத்துக்கொள்வோம். இந்தத் துணுக்கின் காரணமாக P-ல், கம்பிச் சுருளின் அச்சுக்குச் செங்குத்தாக அமையும் காந்தப்புலக் கூறு PD-க்குச் சமமாகவும் அதற்கு எதிர்த் திசையிலும் அமையும். அதனால் இவ்விரண்டு கூறுகளும் ஒன்றையொன்று எதிர்த்தழித்துக் கொள்ளும். இதே போன்று கம்பிச் சுருள் முழுவதையும் எடுத்துக் கொண்டு பார்த்தால், சுருளின் அச்சுக்குச் செங்குத்தாக எந்தவொரு காந்தப் புலமும் இல்லை என்பதும் அச்சுக்கு இணையாகத்தான் காந்தப்புலம் உள்ளது என்பதும் தெரிகிறது.

AB என்னும் கம்பித் துணுக்கினால் சுருளின் அச்சுக்கு இணையாக உண்டாகும் காந்தப்புலம் $= \frac{I\,dl\sin\phi}{r^2}$

$$= \frac{I\,dl\,a}{r^3}$$

ஏனெனில் $\sin\phi = \frac{a}{r}$

அதாவது காந்தப் புலம் $= \frac{Ia\,dl}{(x^2+a^2)^{3/2}}$

அதனால் முழுச் சுற்று ஒன்றால் P-ல்

உண்டாகும் காந்தப்புலம் $= \int_0^{2\pi a} \frac{Ia\,dl}{(x^2+a^2)^{3/2}}$

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

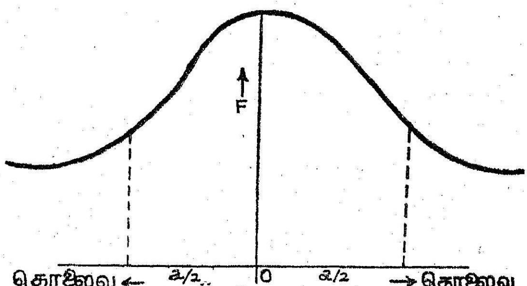
கம்பிச் சுருளில் மொத்தம் N சுற்றுகள் இருந்தால்,

P-ல் உண்டாகும் காந்தப் புலம் $= \frac{2\pi\,Na^2\,I}{(x^2+a^2)^{3/2}}$ ஓர்ஸ்டெட்

கம்பிச் சுருளில் செல்லும் மின்சாரம் i ஆம்பியர் எனில்,

$$\text{காந்தப் புலம் } F = \frac{2\pi Na^2 i}{10\,(x^2+a^2)^{3/2}} \text{ ஓர்ஸ்டெட்}$$

கம்பிச் சுருளின் மையத்திலிருந்து தொலைவைப் பொறுத்துக் காந்தப் புலம் எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதை வரைபடம் விளக்குகிறது.



படம்-164

இந்த மாற்றத்தைக் கணித முறையிலும் கீழ்க் கண்டவாறு விளக்கலாம்.

$$F = \frac{2\pi nia^2}{(x^2+a^2)^{3/2}}$$

$$= 2\pi nia^2\,(x^2+a^2)^{-3/2}$$

$$\therefore \frac{dF}{dx} = 2\pi nia^2\,(-3/2)\,(x^2+a^2)^{-5/2}\,2x=0\,.$$

என்பது F-ன் உச்ச அளவுக்கான நிபந்தனை.

$$\therefore \quad x=0$$

அதாவது, கம்பிச்சுருளின் மையத்தில் காந்தப்புலம் உச்ச அளவு உள்ளது. இதை வரைபடத்திலும் காணலாம்.

$$\frac{dF}{dx} = -6\pi nia^2 x(x^2+a^2)^{-5/2}.$$

இப்பொழுது $\frac{dF}{dx}$ = மாறிலி எனில்

$$\frac{d^2F}{dx^2} = -6\pi nia^2\left[(x^2+a^2)^{-5/2} - \frac{5}{2}\,x(x^2+a^2)^{-7/2}\cdot 2x\right]=0$$

அல்லது $(x^2+a^2)^{-5/2} - 5x^2\,(x^2+a^2)^{-7/2} = 0.$

i.e. $1-5x^2(x^2+a^2)^{-1}=0$

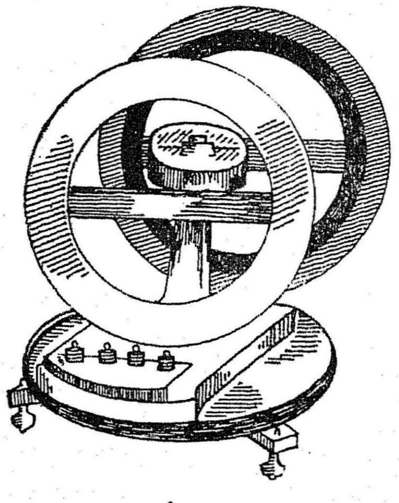
$$x^2+a^2-5x^2=0$$

அல்லது $x = I \pm a/2$

அதாவது, கம்பிச்சுருளின் மையத்திலிருந்து இரு புறங்களிலும் $a/2$ அளவு தொலைவுகளில் $\frac{dF}{dx}$, அதாவது காந்தப்புல மாற்றம், மாறுத நிலையளவாக உள்ளது. இந்த உண்மையே ஹெல்மால்ட்சு கால்வனு மீட்டரில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஹெல்மால்ட்சு கால்வனு மீட்டர் 2H

இது திருத்தியமைக்கப்பட்ட டேஞ்சன்ட் கால்வனு மீட்டர் என்று சொல்லலாம். இதில் ஒரே ஆரமும், ஒரே அளவு சுற்றுகளும் உள்ள இரண்டு கம்பிச் சுருள்கள் அவற்றின் தளங்கள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்குமாறு கிடையான அடித் தளத்தின் மீது செங்குத்தாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டு சுருள்களும் ஒரே திசையில் தொடர்ச்சியாகச் சுற்றப்பட்டுள்ளன. அதனால், ஒரு சுருளின் வட முனைமுகம் (north polar face) மற்றொன்றின் தென் முனை முகத்தை நோக்கியுள்ளது. இரண்டு சுருள்களின் மையங்களுக்கிடையே உள்ள தூரம் அவற்றின் ஆர அளவுக்குச் சமம் ஆகும். இரு சுருள்களுக்கும் நடு மையத்தில், அதாவது ஒவ்வொரு சுருளிலிருந்தும் $a/2$ தொலைவில் ஒரு காந்த ஊசிப்பெட்டி வைக்கப் பட்டுள்ளது. இவ்விடத்தில் $\frac{dF}{dx}$ நிலைத்த தன்மையுடையது



படம் - 165

அதனால், காந்த ஊசியின் மீதுள்ள காந்தப்புலம் குறிப்பிடத்தக்க அளவு தூரத்திற்கு மாறுமல் ஒரே சீராக உள்ளது. காந்த ஊசியை விட்டு நகர்ந்து செல்லும்பொழுது ஒரு சுருளுக்குரிய காந்தப்புலம் அதிகமாகிறது. மற்றொன்றிற்கு உரிய புலம் குறைகிறது. ஒரு புலத்தில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு மற்றொரு புலத்தில் ஏற்படும் குறைவுக்குச் சமமாக இருக்கிறது. ஆகவே, காந்த ஊசியின் சுற்றுப்புறத்தில் காந்தப் புலம் நிலையான அளவு உடையதாக உள்ளது. ஆகவே, காந்த ஊசி

குறுகலானதாக இருக்க வேண்டியதில்லை. இந்த முறையில் இந்த கால்வனுமீட்டர் டேஞ்சனட் கால்வனுமீட்டரைவிடச் சிறப்பு வாய்ந்தது.

காந்த ஊசியின்மீது செயல்படும் புலம், அதாவது கம்பிச் சுருளிலிருந்து $a/2$ தொலைவில் உள்ள காந்தப் புலம்

$$F = \frac{2\pi(2n)ia^2}{[(a/2)^2+a^2]^{3/2}}$$

ஏனெனில், இதில் $x = a/2$ ஆகிறது. மேலும் இரண்டு கம்பிச் சுருள்களிலும் உள்ள சுற்றுகளைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

$$\text{i.e.} \quad F = \frac{32\pi ni}{\sqrt{125}\,.\,a} = H \tan\theta$$

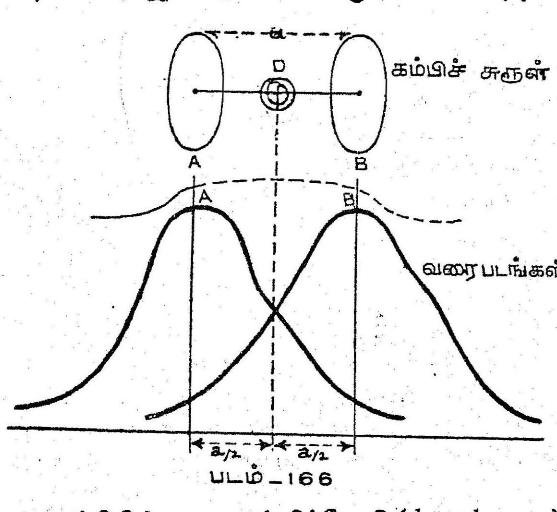
இதில் H என்பது பூ காந்தப் புலத்தின் கிடைக்கூறு. θ என்பது காந்த ஊசியின் திருப்பம்.

$$\therefore i = \frac{5\sqrt{5}}{32} \cdot \frac{aH}{\pi n} \tan\theta$$

i என்பது ஆம்பியரில் இருக்குமாயின்,

$$i = \frac{50\sqrt{5}}{32} \cdot \frac{aH}{\pi n} \tan\theta$$

வரைபடத்தில் காணும் A, B என்ற இரண்டு வளைகோடுகளும் முறையே A, B என்ற இரண்டு கம்பிச் சுருள்களின் காந்தப்புல மாற்ற



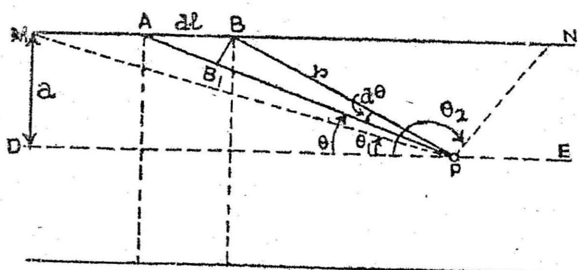
படம்_166

முறையைக் காட்டுகின்றன. புள்ளிக்கோடு (dotted curve) விளைவுக் காந்தப் புலத்தைக் (resultant field) காட்டுகிறது. இதில் கிடையாகக்

காணப்படும் பகுதி சீரான காந்தப்புலத்தைக் குறிக்கிறது. இப் புலத்தில்தான் D என்ற காந்த ஊசி வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த ஹெல்மால்ட்சு கால்வனுமீட்டரிலும், டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டரில் செய்தது போலவே பரிசோதனைக்கு முன்னர் கம்பிச் சுருள்களில் தளங்களைப் பூகாந்த அச்சுக் கோட்டில் அமைக்க வேண்டும். இதே போல வேறு சரிசெய்தல்களையும் (adjustments) செய்ய வேண்டும்.

மின்னோட்டம் உள்ள ஒரு வரிச்சுருள் (solenoid) அச்சில் காந்தப் புலம்

உள்ளீடற்ற உருளை வடிவக் குழாய்மீது நெருக்கமாகச் சுற்றப் பட்ட காப்பிட்ட கம்பிக் குழாய்க்குக் குழற்சுருள் என்று பெயர். MN என்பது ஒரு வரிச்சுருள். அதன் அச்சில் P என்பது ஒரு புள்ளி. சூழற்சுருளின் ஆரம் a. அதில் n சுற்றுகள் உள்ளன. அதன்



படம் - 167

வழியாக I தனி அலகுகள் மின்சாரம் ஓடுகிறது. dl நீளமுள்ள AB என்ற சிறிய கூறு ஒன்றை எடுத்துக் கொள்வோம். இந்தக் கூறு ndl சுற்றுகள் உள்ள ஒரு வட்ட வடிவக் கம்பிச் சுருளுக்கு ஒப்பாகும். இந்தக் கம்பிச்சுருளில் ஓடும் மின்சாரம் காரணமாக P-யில் உண்டாகும் காந்தப்புலம்

$$= \frac{2\pi n dl\, a^2 I}{r^3}$$

$\angle DPA = \theta$, $\angle APB = d\theta$, $\angle DPM = \theta_1$; $\angle DPN = \theta_2$ ஆக இருக்கட்டும். Pயை மையமாகவும் PBயை ஆரமாகவும் கொண்டு APயை B_1ல் வெட்டுமாறு BB_1 என்ற வில்லை வரைவோம்.

$$\angle B_1AB = \theta, \quad BB_1 = dl \sin\theta = r d\theta$$

$$\text{அதோடு } \frac{a}{r} = \sin\theta$$

ABயின் காரணமாக P-ல் தோன்றும் காந்தப்புலம்

$$= \frac{2\pi nI\, v\, d\theta\, a^2}{r^2 \sin\theta} = 2\pi\, nI \sin\theta\, d\theta$$

ஆகையால், வரிச்சுருள் முழுவதாலும் Pயில் உண்டாகும்

$$\text{காந்தப்புலம்} = \int_{\theta_1}^{\theta_2} 2\pi nI \sin\theta\, d\theta$$

$$= 2\pi nI\,(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \text{ ஓர்ஸ்டெட்}$$

ஈறிலாப் பெரு நீளம் உள்ள ஒரு வரிச்சுருள் எனில்,

$$\theta_1 = 0\,; \quad \theta_2 = \pi$$

அதனுல் குழற்சுருளுக்குள் அதன் அச்சின்மீது ஒரு புள்ளியில் உண்டாகும் காந்தப் புலம் $= 2\pi nI\ \{1-(-1)\}$

$$= 2\pi\, nI\,(1+1) = 4\pi nI \text{ ஓர்ஸ்டெட்}$$

வரிச்சுருள் வழிச் செல்லும் மின்சாரம் i ஆம்பியர்கள் எனில், Pயில் உள்ள காந்தப் புலம் $= \dfrac{4\pi ni}{10}$ ஓர்ஸ்டெட்.

இங்கு P என்ற புள்ளியானது வரிச்சுருளின் அச்சின்மேல் நன்ருக உள்ளுக்குள் இருக்கவேண்டும். அதாவது வரிச்சுருளின் இரண்டு முனைகளையும் விட்டு, தொலைவில் உட்பாகத்தில் இப்புள்ளி P அமைந்திருக்கவேண்டும்.

அடுத்து இப்புள்ளி P யானது, வரிச்சுருளின் ஒரு முனையில் அமைந்திருப்பதாகக் கொள்வோம். அப்போது $\theta_1 = 90°$ ஆகவும் $\theta_2 = \pi$ ஆகவும் மதிப்பைப் பெறுகின்றன.

எனவே, Pயில் உள்ள காந்தப்புலம்

$F = 2\pi\ ni\,(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$

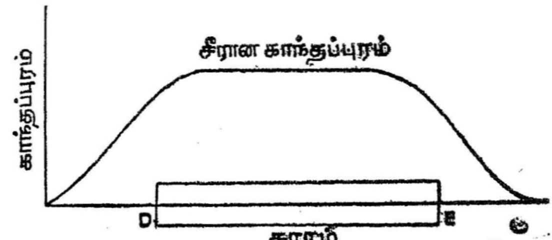
$F = 2\pi\ ni\,(\cos 90° - \cos 180°)$

$= 2\pi\ ni\ \{0-(-1)\}$

$F = 2\pi\ ni$ ஓர்ஸ்டெட்டுகள்.

எனவே, வரிச்சுருளின் முனையிலுள்ள ஒரு புள்ளியில் இருக்கும் காந்தப் புலத்தின் செறிவு, வரிச்சுருளின் உட்பாகத்தில் இருக்கும் புள்ளியிலுள்ள காந்தப்புலச் செறிவில் அரை அளவுதான் உள்ளது என்பது தெளிவாகிறது. இதில் n என்பது குழற்சுருளில் ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளத்தில் உள்ள சுற்றுகள் என்பதையும் குழற்சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையல்ல என்பதையும் நினைவில் கொள்ளவேண்டும். குழற்சுருளில் உள்ள மொத்தச் சுற்று களின் எண்ணிக்கை N எனவும், அதன் நீளம் l செ.மீ. எனவும் கொண்டால் $n = \dfrac{N}{l}$ ஆகும்.

ஒரு வரிச்சுருளின் விட்டம் அதன் நீளத்தோடு ஒப்பிடுங்கால் சிறியதாக இருப்பின், அதனுள் உண்டாகும் காந்தப்புலம் ஒரே

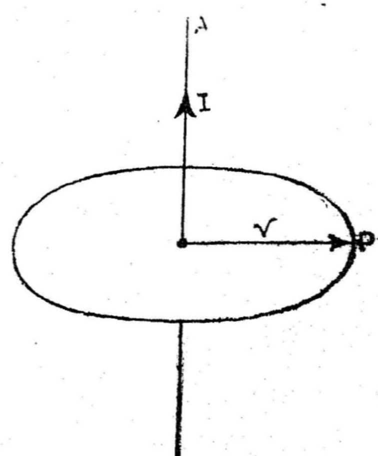


படம் - 168

சீரானதாக இருக்கும். ஆனால், அதன் இரு முனைகளில் மட்டும் புல வலிமை சீரற்றுப் படத்தில் காட்டியதுபோல் இருக்கும்.

மின்னோட்டம் உள்ள ஒரு கடத்தியைச் சுற்றி ஓரலகு காந்த வடமுனை (unit north pole) ஒன்றை எடுத்துச் செல்கையில் ஆற்றப் படும் வேலை

படத்தில் AB என்பது ஒரு மின் கடத்தி. இதன் வழியாக I தனியலகு உள்ள மின்சாரம் ஓடுகிறது. இக் கம்பியில் ஒரு புள்ளியிலிருந்து r அளவு தொலைவில் P என்னும் புள்ளியை எடுத்துக் கொள்வோம். இப்புள்ளியில் ஓரலகு காந்த வடமுனை ஒன்றை வைப்போம். இந்தப் புள்ளியில் உண்டாகும் காந்தப்புலம் $2I/r$ ஆகும். இதுவே ஓரலகு வடமுனை மீது செயல்படும் விசை ஆகும். ஓரலகு வடமுனையைப் படத்தில் காட்டிய வட்டப்பாதையில் ஒரு முறை சுற்றி எடுத்து வருவோம். அப்பொழுது விசை செயல்படும் புள்ளியானது விசையின் திசையிலேயே $2\pi r$ தொலைவு நகர்கிறது. அதனால் இதில் ஆற்றப்படும் வேலை



படம் - 169

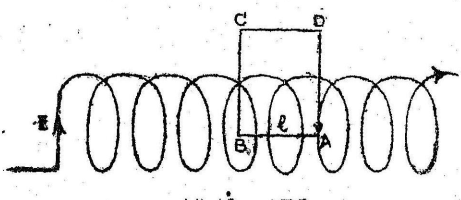
$$= \frac{2I}{r} \cdot 2\pi r = 4\pi I.$$

மின்னோட்டம் உள்ள ஒரு மின் சுற்றைச் சுற்றி ஓரலகு காந்த வடமுனை ஒன்றை எடுத்துச் செல்கையில் ஆற்றப்படும் வேலைக்கு மின் சுற்றைச் சூழ்ந்துள்ள காந்தப்புலத்தின் வரித்தொகை (line Integral) என்று பெயர். இது காந்தப்புலத்தின் கர்ல் (curl) எனவும் குறிக்கப்படும். அதாவது, இதை கர்ல் H (curl H) எனக் குறிப்பதுண்டு. ஆகையால்,

கர்ல் $H = 4\pi I$. இதில் I என்பது மூடிய மின்சுற்றில் பிணைந்துள்ள மின்சாரம் ஆகும். இதற்கு ஆம்பியர் மின்சுற்றுக் கொள்கை (Ampere's Circuital Theorem) என்று பெயர்.

இந்தக் கொள்கையைப் பயன்படுத்தி ஒரு நேரான (straight) வரிச்சுருள் அல்லது வளைய (endless) வரிச்சுருளினுள் உள்ள காந்தப் புலத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

ஒரு நேரான வரிச்சுருளை எடுத்துக் கொள்வோம். அதன் நடுவில் உள்ள காந்தப்புல வலிமை H எனக் கொள்வோம். படத்தில் A, B களுக்கு இடையே உள்ள தூரம் l என இருக்கட்டும். A யிலிருந்து B வரை ஓரலகு காந்த வடமுனை ஒன்றை நகர்த்தும் பொழுது ஆற்றப்படும் வேலையின் அளவு Hl ஆகும். இப்பொழுது காந்தப் புலத்திற்குச் செங்குத்தாக, ஓரலகு வடமுனையை Bயிலிருந்து குழற்சுருளுக்குச் சற்று வெளியே உள்ள C வரை நகர்த்துவோம். இப் பாதையில் வேலை எதுவும் செய்யப் படுவதில்லை. பின்னர் ஓரலகு வடமுனையை Cயிலிருந்து Dக்கு l தொலைவு நகர்த்துவோம். இப்பொழுதும் வேலை எதுவும் செய்யப் படுவதில்லை. ஏனெனில், நீளமான வரிச் சுருளுக்கு வெளியில் காந்தப் புலம் இல்லை. இறுதியாக ஓரலகு வடமுனையை Dயிலிருந்து A-க்குக் கொண்டுவருவோம். இப்பொழுதும் வேலையேதும் செய்யப்படுவதில்லை. ஆகையால், ஓரலகுக் காந்த வடமுனையை $ABCD$ வழியாக ஒரு முறை எடுத்துச் செல்லும்பொழுது ஆற்றப்படும் மொத்த வேலை Hl. வரிச்சுருள் வழியே I தனியலகு மின்சாரம் ஓடுவதாகவும் அதில் ஒரு செ.மீ. நீளத்திற்கு n சுற்றுகள் இருப்பதாகவும் கொள்வோம். அப்பொழுது $ABCD$ என்னும் பாதையில் பிணைந்துள்ள (linked) மின்சாரம் $= nl\,I$.



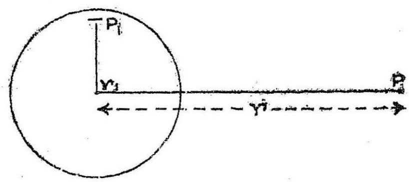
படம் - 170

ஆகையால் $Hl = 4\pi nlI$

i.e. $H = 4\pi nI.$

மின்னோட்டமுள்ள ஓர் உள்ளீடற்ற உருளை வடிவ மின் கடத்தியின் உள்ளும் புறமும் தோன்றும் காந்தப்புலம்

உள்ளீடற்ற ஓர் உருளை வடிவ மின்கடத்தியின் வழியாக I தனியலகு மின்சாரம் செல்வதாகக் கொள்வோம். இந்தக் கடத்தியின் அச்சிலிருந்து r அளவு தொலைவில் கடத்திக்கு வெளியே P எனும் புள்ளியை எடுத்துக் கொள்வோம். இப்புள்ளியில் தோன்றும் காந்தப்புலம் H எனக் கொள்வோம். கடத்தியின் மையத்தைப் பொது மையமாகவும் r-ஐ ஆரமாகவும் கொண்டு P வழியாகச் செல்லும் ஒரு வட்டம் வரைந்தால் இவ்வட்டத்தின் மீது ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் உள்ள காந்தப்புலம் H ஆகும். ஆகையால், ஓரலகு காந்தமுனை ஒன்றை இந்த வட்டத்தின் வழியாகக் கடத்தியைச் சுற்றி ஒரு முறை எடுத்துச் செல்லும்பொழுது செய்யப்படும் வேலை $2\pi rH$. இப் பாதையில் பிணைந்துள்ள மின்னோட்ட வலிமை I ஆகையால்,



படம் - 171

$$2\pi rH = 4\pi I$$

$$\text{அல்லது } H = \frac{2I}{r}$$

அதாவது உள்ளீடற்ற உருளை வடிவக் கடத்தியின் அச்சின் வழியாக மின்னோட்டம் முழுவதும் செல்வதை ஒத்த முறையில் கடத்தியின் புறத்தே ஒரு புள்ளியில் தோன்றும் காந்தப்புலம் அமைகிறது.

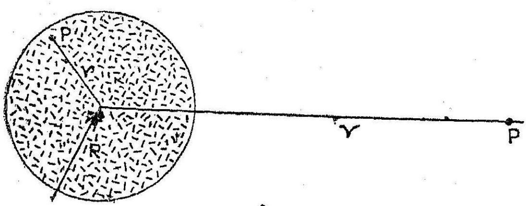
கடத்தியின் உள்ளே அதன் அச்சிலிருந்து r_1 அளவு தொலைவில் P_1 என்ற புள்ளியை எடுத்துக் கொள்வோம். அதில் உள்ள காந்தப் புலம் H_1 ஆக இருக்கட்டும். முன் போலவே கடத்தியின் அச்சில் மையம் அமையுமாறு கொண்டு r_1 அளவு ஆரத்துடன் P_1 வழிச் செல்லும் ஒரு வட்டம் வரைவோம். இந்த வட்டப்பாதை வழியாக ஓரலகுக் காந்தமுனை ஒன்றை ஒரு முறை எடுத்துச் செல்லச் செய்ய வேண்டிய வேலை $2\pi r_1 H_1$ ஆகும். இந்தப் பாதையில் பிணைந்துள்ள மின்னோட்ட வலிமை பூஜ்யம்.

ஆகையால், $2\pi r_1 H_1 = 0$

அல்லது $H_1 = 0.$

இதிலிருந்து உள்ளீடற்ற உட்புறத்தில் காந்தப்புலம் இல்லை என்பது தெரிகிறது.

ஒரு திண்ணிய (solid) கம்பியின் வழியாக I தனியலகு மின்னோட்டம் செல்வதாகக் கொள்வோம். கம்பியின் ஆரம் R எனில் ஓரலகுக் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பின் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவு $I/\pi R^2$ ஆகும். இதற்கு மின்னோட்ட அடர்த்தி (current density) என்று பெயர். இந்தத் திண்ணிய கம்பியை மேற்கூறிய வகையான பல உள்ளீடற்ற உருளைகளால் ஆனதாகக் கொள்ளலாம்.



படம்-172

மின் கடத்திக்கு வெளியிலுள்ள P என்னும் புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலம் $= 2\,I/r$. இதில் r என்பது கடத்தியின் அச்சிலிருந்து P-க்கு உள்ள தொலைவு ஆகும். இப்பொழுது கடத்திக்கு உள்ளே P_1 என்னும் புள்ளியை எடுத்துக் கொள்வோம். இந்தப் புள்ளி கடத்தியின் அச்சிலிருந்து r_1 தொலைவில் இருக்கட்டும். P_1க்கு வெளியில் கடத்தியில் உள்ளதாகக் கொள்ளும் உள்ளீடற்ற உருளைகளால் P_1ல் காந்தப்புலம் ஒன்றும் தோன்றுவதில்லை. P_1க்கு உள்ளே உள்ளவை, அவற்றின் பொது அச்சின் வழியாக மின்னோட்டம் சென்றால் எத்தகைய புலத்தை P_1ல் தோற்றுவிக்குமோ அத்தகைய புலத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

P_1க்கு உட்புறத்தில் ஓடும் மின்னோட்டம்,

$$= \frac{\pi r_1^2 I}{\pi R^2} = \frac{r_1^2 I}{R^2}$$

ஆனால், காந்தப்புலம் $= \dfrac{2}{r_1} \times$ மின்னோட்டம்

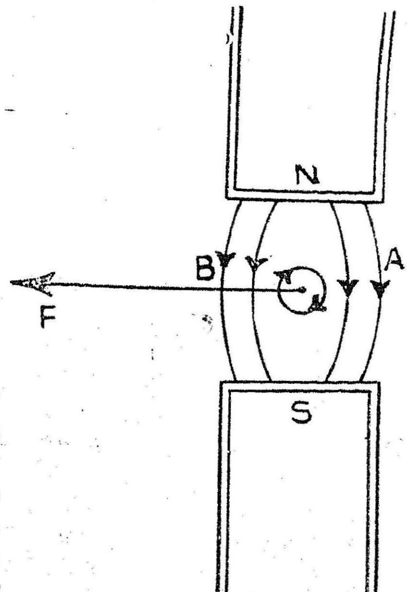
$$= \frac{2}{r_1} \cdot \frac{r_1^2 I}{R^2}$$

$$= \frac{2 I r_1}{R^2}$$

இவ்வாறு கடத்தியின் பரப்பில் காந்தப்புலம் உச்ச அளவு உள்ளது. பரப்பிலிருந்து வெளியே அல்லது உள்ளே செல்லும் பொழுது அது குறைகிறது.

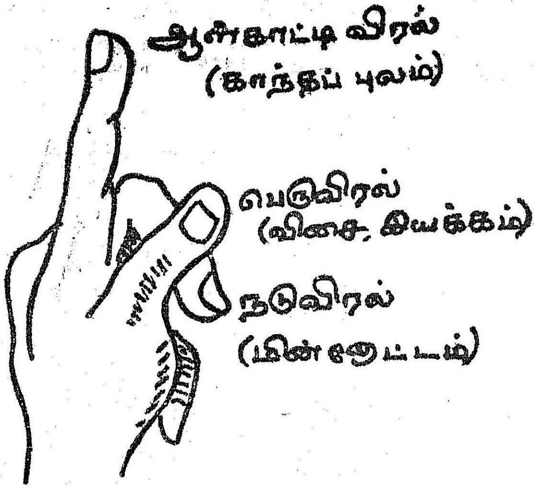
காந்தப் புலத்தில் வைக்கும் ஒரு மின் கடத்தியில் உண்டாகும் விசை

NS என்பது காந்தம். இதன் விசைக் கோடுகள் தாளின் தளத்தில் அமைந்துள்ளன. மின்னோட்டம் உள்ள ஒரு கடத்தியை இந்தக் காந்தப் புலத்தில் வைப்போம். கடத்தியின் திசை காந்தப் புலத்தின் விசைக் கோடுகளுக்குச் செங்குத்தாக இருக்கட்டும். அதாவது கடத்தியானது தாளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக அமைந்து அதன் வழியே தாளின் உள் நோக்கி மின்னோட்டம் செல்வதாகக் கொள்வோம். (இத்திசையானது + என்னும் குறியால் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.) கம்பியின் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டம் காரணமாக உண்டாகும் விசைக் கோடுகள் கம்பியைச் சுற்றிக் கடியாரத் திசையில் அமைந்துள்ளன. காந்தப்புலத்தின் விசைக் கோடுகளின் திசை வட முனையிலிருந்து தென்முனை நோக்கி உள்ளது. படத்தில் A எனக் குறிக்கப்பட்ட வலப் பக்கம் இவ்விரு விசைக் கோடுகளும் ஒரே திசையில் உள்ளன. அதனால் அவை ஒன்றையொன்று எதிர்த்து விலக்குகின்றன. B எனக் குறிக்கப்பட்ட இடப்பக்கம் விசைக்கோடுகளின் திசை எதிர் எதிராக உள்ளது. அதனால் அவை ஒன்றையொன்று அழித்துக் கொள்கின்றன. இவ்வாறு முடிவாக, மின் கடத்தி இடப்புறமாக F என்ற அம்புக்குறித் திசையில் நகர்கிறது.



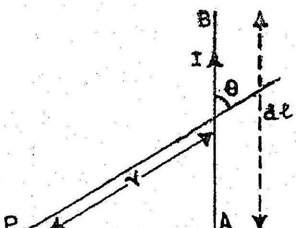
படம் - 173

மின் கடத்தியின் மீது உண்டாகும் விசையின் திசையை ஃபிளமிங்கின் இடது கை விதி (Fleming's left hand rule) மூலம் அறி



படம் 174

யலாம். இடது கையின் பெருவிரல், ஆள்காட்டி விரல், நடுவிரல் மூன்றையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்குமாறு வையுங்கள். ஆள்காட்டி விரல் காந்தப்புலத்தின் திசையையும், நடுவிரல் மின்னோட்டத் திசையையும் காட்டினால் பெருவிரல் விசைத் திசையையும் அதன் மூலம் கடத்தி நகரும் திசையையும் கொடுக்கும். இந்த விசையின் அளவு என்ன என்பதை லாப்லாசின் விதியைக் (Laplace's law) கொண்டு அறியலாம். இதன்படி,



படம்.175

ஒரு கடத்தியின், AB என்னும் ஒரு சிறு கூறின் வழியாக I அலகு மின்சாரம் ஓடினால், கடத்திக் கூறின் மையத்திலிருந்து r தொலைவில் உள்ள P என்னும் புள்ளியில் உண்டாகும் காந்தப்புலம்

$$= \frac{I\,dl \sin\theta}{r^2}$$ (படம் காண்க)

இந்தப் புள்ளியில் m அலகுக் காந்த வடமுனை வைக்கப்பட்டால் அதன் மீது உண்டாகும் விசை $= \dfrac{m.\,I\,dl \sin\theta}{r^2}$

இவ் விசையின் திசை தாளின் வெளிநோக்கி இருக்கும். இந்நிலையில் காந்த வடமுனையும் சமமான அளவு விசையை எதிர்த் திசையில் மின்கடத்தியின் மீது உண்டாக்கும். அதனால் காந்த வடமுனையால்

மின்கடத்தியின் மீது உண்டாகும் விசை $= \frac{mIdl \sin \theta}{r^2}$

இதன் திசை தாளின் உள்நோக்கி இருக்கும்.

ஆனால், $H = \frac{m}{r^2}$ என்பது காற்றிலே வைக்கப்பட்ட மின் கடத்தியைச் சூழ்ந்த இடத்தில் m அலகு வலிமையுள்ள காந்த வட முனையால் தோன்றும் காந்தப்புலமாகும். ஆகையால், மின் கடத்தியில் உண்டாகும் விசை $= H\,I\,dl \sin \theta$ டைன்கள்.

இதில் H என்பது மின்கடத்தி வைக்கப்பட்டுள்ள இடத்தில் உள்ள காந்தப்புலம். I என்பது மின்கடத்தி வழியாக ஓடும் மின்னோட்ட வலிமை தனி அலகில் (absolute unit). dl என்பது கடத்தியின் நீளம். θ என்பது மின்னோட்டத் திசைக்கும் காந்தப்புலத் திசைக்கும் இடையில் உள்ள கோணம்.

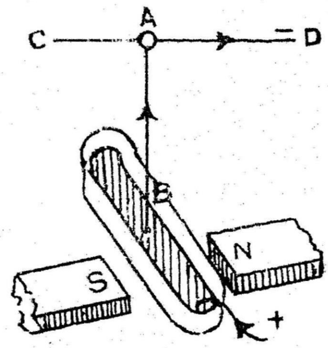
மின் கடத்தியானது உட்புகு திறன் (permiability) μ அளவுள்ள ஓர் ஊடகத்தில் வைக்கப்படுமாயின், P என்னும் புள்ளியில் m அலகுள்ள காந்தமுனை இருக்கும்பொழுது மின் கடத்தியின் மீது உண்டாகும் விசை,

$$\frac{m\,I\,dl \sin \theta}{r^2} = \mu\,\frac{m}{\mu r^2}.\; I\,dl \sin \theta$$

$$\mu\,H\,I\,dl \sin\theta = B\,I\,dl \sin \theta$$

இதில் B என்பது மின் கடத்தி இருக்கும் ஊடகத்தின் காந்தப் பாயச் செறிவைக் (flux density) குறிக்கும். மின்னோட்டம் உள்ள ஒரு கம்பியைக் காந்தப் புலத்தில் வைக்கும்போது அதன்மீது விசை செயல்படுகிறது என்பதை ஓர் எளிய பரிசோதனையால் காட்டலாம்.

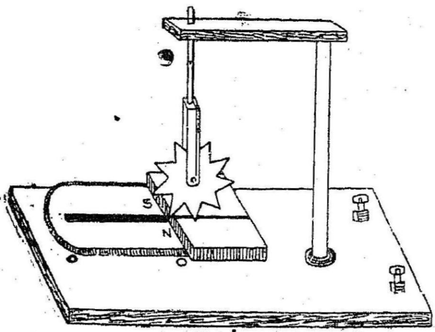
CD என்ற தடித்த தாமிரத் தண்டிலிருந்து ஒரு வளையம் மூலம் AB என்னும் தாமிரக் கம்பி செங்குத்தாகக் கீழ் நோக்கித் தொங்கவிடப் படுகிறது. இக்கம்பியின் கீழ் நுனி B, ஒரு குவளையில் உள்ள பாதரசத்தில் செருகப்படுகிறது. DC என்னும் தாமிரத் தண்டிற்கும் பாதரஸத்திற்கும் இடையில் ஒரு பாட்டரி ஒரு சாவி யோடு (key) சேர்த்து இணைக்கப்படு கிறது. பாதரசம் ஒரு மின் காந்தத் திற்கு இடையில் வைக்கப்பட்டு மின் காந்தம் இயக்கி விடப்படுகிறது. இப் பொழுது AB-க்கு இடையில் பாட்டரி மின்சாரத்தைச் செலுத்தினால், தாமிரக் கம்பி காந்தப் புலத்திற்குச் செங்குத்தாக நகர்வதைக் காணலாம்.



படம் - 176

பார்லோ சக்கரம் (Barlow's Wheel)

இது மேற்கூறிய தத்துவத்தை விளக்கும் ஓர் அறிய அமைப்பாகும். இதில் தாமிரத்தால் ஆன பல் சக்கரம் ஒன்று உண்டு. இது கிடையான ஓர் அச்சைச் சுற்றிச்சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. சக்கரம் சுற்றும்போது கீழே வைக்கப்பட்டிருக்கும் பாதரசத்தை ஒவ்வொரு பல்லும் இலேசாகத் தொட்டுச் செல்லுகிறது.



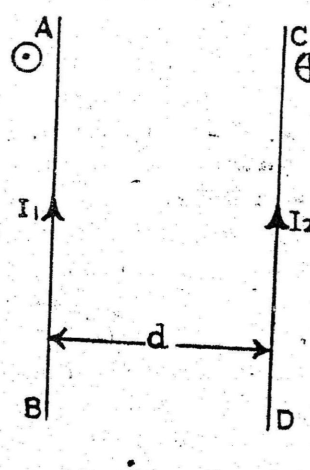
படம் 177

பல் சக்கரம் ஒரு லாட காந்தத்தின் வட தென் முனைகளுக்கிடையே இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இப்பொழுது சக்கரத்தின் அச்சுக்கும் சக்கரத்தின் அடியே உள்ள பாதரசத்திற்கும் இடையில் ஒரு பாட்டரியை இணைத்தால் சக்கரம் தொடர்ந்து சுழலத் தொடங்கும். இது சுற்றும் திசை இடது கை விதிக்கு ஏற்ப அமையும்.

நேர் மின்சார (*DC*) மோட்டார்களும் இதே தத்துவத்தில்தான் செயல்படுகின்றன.

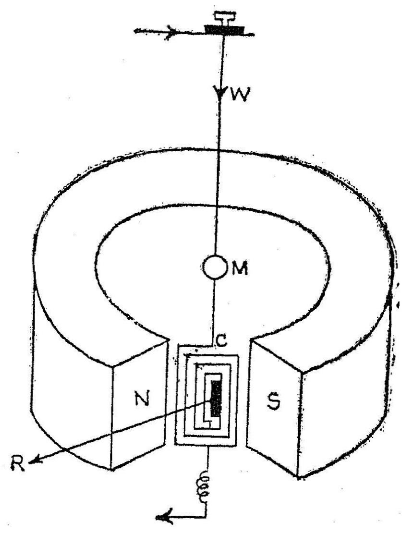
அசைவுச் சுருள் கால்வனுமீட்டர் (Moving coil galvanometer)

இந்தக் கால்வனுமீட்டரில் காந்தம் நிலையாக உள்ளது. இதனிடையே உள்ள கம்பிச்சுருள் சுழல்கிறது. இதை முதன் முதலில் கெல்வின் என்பவர் உருவாக்கினார். பின்னர் ஆர்சன்வால் (D'Arsonval) என்பவர் இதை ஆய்வுக்கூடத்திற்கு ஏற்ற முறையில் திருத்தியமைத்தார். இதன் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் உருளை வடிவக் காந்தம் ஒன்று உள்ளது. இதன் வட தென் முனைகள் உட்குழிந்து ஒன்றையொன்று நோக்கிய வண்ணம் உள்ளன. ஒரு தாமிரக் கம்பிச்சுருள், C, இந்த இரு முனைகளுக்கிடையே ஒரு பாஸ்வர் பிரான்ஸ் உலோகக் கம்பி 'ய'

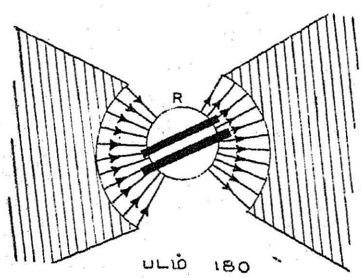


படம் - 178

மூலமாகத் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. கம்பிச் சுருளுக்கு அடியில் பாஸ்வர் பிரான்ஸ் சுருள் வில் (spring) ஒன்று அமைக்கப் பட்டுள்ளது. பாஸ்வர் பிரான்ஸ் கம்பியின் வழியாகத் தாமிரச் சுருளுக்குள் செல்லும் மின்சாரம் இந்தச் சுருள்வில் வழியாக வெளியேறுகிறது. பாஸ்வர் பிரான்ஸ் கம்பிக்குத் தனிச் சிறப்புகள் உண்டு. இது அதிக நீட்சி வலிமை (tensile strength) உடையதாகவும் குறைந்த முறுக்கு இரட்டை (torsile couple) உடையதாக வும் உள்ளது. இது எளிதில் ஆக்சீகரணம் அடைவதில்லை. இதன் வழியாக மின்சாரம் ஓடுவதால் உண்டாகும் வெப்பம், இதன் அதிக அளவுப் புறப் பரப்பு மூலம் கதிர்வீச்சு முறையில் வெளியேற்றப்படுகிறது. கம்பிச் சுருளின் நடுவில் ஒரு தேனிரும்புத் துண்டு R, அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதனால் காந்த முனைகளுக்கு நடுவே காந்தப் புலம் ஒரு புள்ளியில் செறிய வாய்ப்பேற்படுகிறது. இதன் காரணமாகக் காந்த விசைக் கோடுகள் இப் புள்ளியில் தொடங்கி ஆரக்கால் வடிவில் அமைகின்றன. கால்வனா மீட்டரை மேலே இருந்து பார்க்கும்பொழுது கிடைக்கும் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. R-ம் C-ம் முறையே உருளை வடிவத் தேனிரும்பையும் கம்பிச் சுருளையும் குறிக்கின்றன. கம்பிச் சுருளுக்கு ஏற்படும் திருப்பத்தை விளக்கு, அளவுகோல் (lamp and scale) அமைப்பைக் கொண்டு துல்லியமாக அளக்கலாம். அதற்காக பாஸ்வர் பிரான்சுக் கம்பியில் M என்ற சிறிய கண்ணாடி பொருத்தப்பட்டுள்ளது.



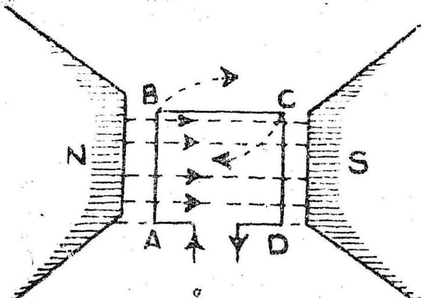
படம் 179



படம் 180

கம்பிச்சுருளின் நீளம் l எனவும் அகலம் b எனவும் கொள்வோம். இதன் வழியாக i தனியலகுள்ள (e.m.u.) மின்சாரம் செல்வதாகக்

கொள்வோம். NS என்னும் நிலையான காந்தத்தின் புல வலிமை H ஓர்ஸ்டெட் எனக் கொள்வோம், கம்பிச் சுருள் வழியாக ஓடும் மின்சாரம் காந்தப் புலத்தை உண்டாக்குகிறது. இந்த இரண்டு காந்தப் புலங்களும் உள்ளெதிர் வினை செய்வதால் AB, CD என்ற செங்குத்துப் பக்கங்களும் எதிர்த் திசைகளில் செயல்படும் இரண்டு சம அளவு விசைகளுக்கு உள்ளாகின்றன. இந்த விசையின் அளவு Hil. இவை AB, CD என்ற புயங்களுக்குச் செங்குத்தாகச் செயல்படுகின்றன. அதோடு நிலைக் காந்தப் புலத் திசைக்கும் இவை செங்குத்தாக உள்ளன. ஆகையால், இந்த இரட்டையின் திருப்புத் திறன் (moment of the couple)



படம் - 181

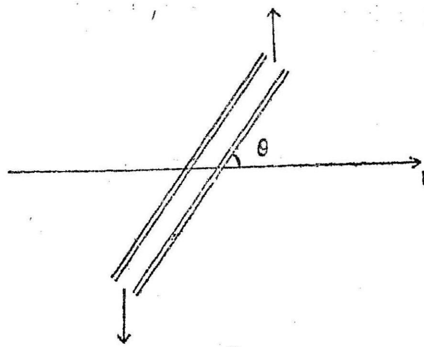
$$= Hil \times b.$$
$$= Hia.$$

இதில் a என்பது கம்பிச் சுருளின் பரப்பாகும். சுருளில் n சுற்றுகள் இருப்பின், இரட்டையும் வலிமையுடையதாக இருக்கும். அப்பொழுது அதன் திருப்புத் திறன் $= Hian$ ஆகும். கம்பிச் சுருளைத் தொங்கவிடப் பயன்படுத்தும் பாஸ்வர் பிரான்ஸ் கம்பியின் ஓரலகுத் திருப்ப இரட்டை (couple per unit twist) C எனவும், மின்சாரம் ஓடும்பொழுது கம்பிச் சுருளில் ஏற்படும் திருப்பம் θ எனவும் கொள்வோம். அப்பொழுது மீட்சி இரட்டை (restoring couple) $= C\theta$. ஆகையால் நடுநிலைக்கு,

$$Hian = C\theta$$
$$\therefore i = \frac{C\theta}{Han}$$

அதாவது, மின்சாரம் திருப்பத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது. மேற்கூறிய அமைப்பில் காந்தமானது உருளை வடிவத்தில் இருந்ததால், அதனால் பெறப்பட்ட காந்தப் புலம் ஆரக்கால் வடிவில் அமைந்திருந்தது. எனவே, இக் காந்தப் புலம் எப்போதும், தொங்கவிடப்பட்ட கம்பிச் சுருளின் தளத்திற்கு இணையாகவே இருந்தது. எனவே, கம்பிச் சுருளின் மேல் செயல்படும் விசைகள் யாவும் அதன் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவே எப்போதும் செயல்பட்டன.

ஆனால், உருளைக் காந்தமானது பயன்படுத்தப்படாமல் சாதாரண நீள்சதுர முனைகளைக்கொண்ட காந்தமானது பயன்படுத்தப்பட்டால், காந்தப் புலமானது ஆரக் கால் வடிவில் அமையாது. எனவே, இக் காந்தப் புலமானது, கம்பிச் சுருள் ஓய்வு நிலையில் இருக்கும் போது மட்டும் அதன் தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும். ஆனால், கம்பிச்சுருள் திருப்பப்பட்ட நிலையில் அதனது தளத்திற்கு இணையாக இருக்காது. இவ்வாறு திருப்பப்பட்ட நிலையிலிருக்கும் கம்பிச் சுருளின் மேல் செயல்படும் விசைகள் அதனது தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இல்லாமல் ஆனால், காந்தப் புலத்திற்குச் செங்குத்தாகத்தான் செயல்படும். இவ்வகை அமைப்பு ஒன்றில் கம்பிச் சுருளில் ஏற்படும் திருப்பத்தை θ எனக் கொள்வோம். இங்கு



படம் 181 (a)

$$\text{திருப்பும் இரட்டை} = Hian\cos\theta$$

$$\text{மீட்சி இரட்டை} = C\theta \text{ என்று ஆகின்றன.}$$

$$\text{எனவே, } Hian\cos\theta = C\theta$$

$$\therefore i = \frac{C}{naH}\cdot\frac{\theta}{\cos\theta} = k.\frac{\theta}{\cos\theta}$$

இங்கு k என்பது ஒரு மாறிலியாகும். எனவே, இவ்வகை அமைப்பில் மின்னோட்டமானது, திருப்பத்திற்குச் சரியான நேர் விகிதத்தில் இல்லை என்பதைக் கவனிக்கவும்.

சிறப்புகள்

(i) பரிசோதனைக்கு முன்னர் இதை பூகாந்த அச்சில் அமைக்க வேண்டியதில்லை. ஏனெனில், நிலை காந்தத்தின் வலிமையோடு ஒப்பிடுங்கால், பூகாந்தப் புல வலிமை தள்ளிவிடும் அளவுக்குக் குறைவு.

(ii) நிலை காந்தத்தின் வலிமையோடு ஒப்பிடுங்கால் உதிரி காந்தப் புலங்களின் (stray magnetic fields) வலிமை மிகவும் குறைவு. ஆகையால், இரும்பு போன்ற காந்த இயல்புடைய உலோகங்கள் உள்ள தொழிற்சாலைகளிலும் இதைப் பயன்படுத்தலாம்.

(iii) இதன் சுருக்கு எண் (reduction factor) நிலையானது. இது புகாந்தப் புலக் கிடைக்கூறைப் (H) பொறுத்ததில்லை.

(iv) இதை 'நிலை இருப்பு' (dead beat) கால்வனு மீட்டராகச் செய்ய இயலும். அதனால் சரியீட்டுப் புள்ளி (balance point) தேவைப் படும் பரிசோதனைகளில் இதைப் பயன்படுத்தலாம்.

(v) இதில் மின்னேட்ட வலிமை θ-வுக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது; tan θ-வுக்கு அன்று.

(vi) எந்தவொரு டேஞ்சன்ட் கால்வனுமீட்டரைக் கொண்டும் 10^{-5} ஆம்பியர் மின்சாரத்திற்குக் குறைந்த மின்சாரத்தை அளக்க முடியாது. ஆனல், அசைவுச் சுருள் கால்வனுமீட்டரைக் கொண்டு 10^{-9} ஆம்பியர் வரை அளக்கலாம்.

மேற்கூறப்பட்ட தனிச் சிறப்புகள் காரணமாக இயங்கு சுருள் கால்வனுமீட்டர் மின்சார அளவீடு முறைகளில் சிறந்தொரு கருவியாகப் பயன்படுகிறது.

இதிலும் சில குறைபாடுகள் உள்ளன. இதில் கால்வனுமீட்டர் நிலை எண் துல்லியமாகத் தெரியாது. இதன் துல்லியத் தன்மையையும் நினைத்தபடி மாற்றிக்கொள்ள முடியாது.

வெஸ்டன் கால்வனுமீட்டரும் இயங்கு சுருள் கால்வனு மீட்டர் வகையைச் சேர்ந்ததே. ஆனல், இதில் உள்ள கம்பிச் சுருள் காந்தப் புலத்தில் தொங்கவிடப்படவில்லை. அதற்குப் பதிலாக அது ஒரு புள்ளியைப் பற்றித் திருப்புமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது (pivoted). சுருள் வில் (spiral spring) ஒன்றின் கட்டுப்பாட்டுக்கு உட்பட்ட முறையில் ஒரு குறி முள் (pointer) அளவீட்டின் மீது இயங்குகிறது. ஆனல், இவை தொங்கு சுருள் கால்வனு மீட்டர்களைப் போன்று அவ்வளவு துல்லியமானவை அல்ல. மாருக, இவை ஓரிடத்திலிருந்து மற்ருேர் இடத்திற்கு எளிதாக எடுத்துச் செல்ல ஏற்றவை.

அசைவுச் சுருள் கால்வனுமீட்டரின் உணர்வு நுட்பம் (Sensitiveness)

அசைவுச் சுருள் கால்வனு மீட்டரின் உணர்வு நுட்பம்,

$$\frac{\theta}{i} = \frac{H\,a\,n}{C}$$

ஆகையால் H, a மற்றும் n இவைகளை அதிகரிப்பதன் மூலமும் Cயைக் குறைப்பதன் மூலமும் கால்வனுமீட்டரின் உணர்வு நுட்பத்தை உயர்த்தலாம். கோபால்ட் உருக்காலான (cobalt steel) நிலைக் காந்தத்தைப் பயன்படுத்தி H-ஐ அதிகரிக்கலாம். a, n இவைகளை

அதிகரித்துத் துல்லியத் தரத்தை அளவின்றி உயர்த்தமுடியாது. ஏனெனில், அப்பொழுது சுருளின் நிலைமத் திருப்புத் திறனும் (moment of inertia) மின் தடையும் அதிகரித்துவிடுகிறது.

வேறு கால்வனாமீட்டர்கள்

இன்தோவன் கால்வனாமீட்டரில் (Einthoven string galvanometer) நிலைகாந்த முனைகளுக்கிடையே ஒரு கம்பி இழுக்கப் பட்டுள்ளது. இக் கம்பியின் வழியாக மின்சாரம் ஓடும்பொழுது கம்பி இயக்கமுறுகிறது. இவ்வியக்கத்தை ஒரு மைக்ராஸ்கோப்பின் உதவி யால் காணலாம். மேலும் இவ்வியக்கத்தை ஒரு திரையின் மீது விழச் செய்து அதைப் படமும் எடுக்கலாம்.

அசைவு இரும்பு கால்வனாமீட்டரில் (moving iron galvanometer) ஒரு பித்தளை உருளையில் கம்பிச் சுருள் சுற்றப்பட்டுள்ளது. பித்தளை உருளைக்குள்ளே இரண்டு இரும்புத் தண்டுகள் வைக்கப் பட்டுள்ளன. கம்பிச் சுருளின் வழியாக மின்சாரத்தைச் செலுத்தும் பொழுது இந்த இரும்புத் துண்டுகள் காந்தமாகி ஒன்றையொன்று விலக்கித் தள்ளுகின்றன. அதனால், கால்வனாமீட்டரில் உள்ள குறி முள் நகர்கிறது. இந்தக் கருவியைக் கொண்டு நேர் மின்சாரம் (DC), மாறு மின்சாரம் (AC) ஆகிய இரண்டையும் அளக்கலாம்.

ஒரு கால்வனாமீட்டரின் உணர்வு நுட்பம்

ஒரு கால்வனாமீட்டரின் உணர்வு நுட்பம் அதாவது, துல்லியத் தரம் அது எத்தகையவொரு மின்னளவை அளக்கப் பயன்படுத்தப் படுகிறது என்பதைப் பொறுத்துப் பல வகைகளில் வரையறுக்கப் படுகிறது. பொதுவாகப் புழக்கத்தில் உள்ள சில வரையறைகள் பின் வருமாறு:

(i) கால்வனாமீட்டர் கண்ணாடியிலிருந்து ஒரு மீட்டர் தொலைவில் வைக்கப்பட்ட அளவு கோலின் மீது 1 மில்லிமீட்டர் விலக்கத்தை உண்டாக்க எவ்வளவு மின்சாரம் தேவையோ அதற்கு அந்தக் கால்வனா மீட்டரின் சிறப்புக் காரணி (figure of merit) என்று பெயர்.

(ii) கால்வனாமீட்டரில் ஒரு மைக்ரோ ஆம்பியர் மின்சாரம் செல்லும் பொழுது கால்வனாமீட்டரிலிருந்து ஒரு மீட்டர் தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஓர் அளவுகோலின் மீது எவ்வளவு விலக்கம் உண்டாகிறதோ அதற்கு மைக்ரோ ஆம்பியர் உணர்வு நுட்பம் (micro-ampere sensitivity) என்று பெயர். இதில் உண்டாகும் விலக்கம் மில்லி மீட்டரில் அளக்கப்படுகிறது.

(iii) கால்வனு மீட்டருக்கு ஒரு மைக்ரோ வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படும்பொழுது கால்வனு மீட்டர் கண்ணாடியிலிருந்து ஒரு மீட்டர் தொலைவில் உள்ள அளவுகோலின் மீது எவ்வளவு விலக்கம் உண்டாகிறதோ அதற்கு மைக்ரோ-வோல்ட் உணர்வு நுட்பம் என்று பெயர். இதிலும் விலக்கம் மில்லி மீட்டரில் அளக்கப்படுகிறது.

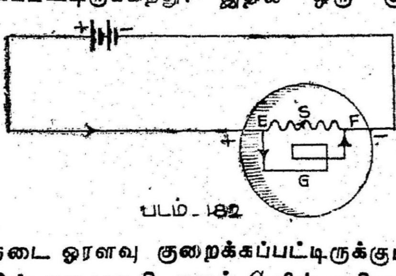
கால்வனுமீட்டர் மின்தடையும் அதன் அலைவு நேரமும் கால்வனு மீட்டரின் உணர்வு நுட்பத்தை நிர்ணயித்தலில் பெரும் பங்கு பெறுகின்றன. எல்லா கால்வனுமீட்டர்களின் துல்லியத் தரங்களையும் ஒப்பிடுவதற்கான, எல்லோராலும் ஒத்துக்கொள்ளப் பட்ட, ஒரு திட்ட வரையறை உண்டு. அதன்படி,

$$\text{உணர்வு நுட்பம்} = \frac{\theta}{T^2 \sqrt{R}}$$

இதில் θ என்பது, ஒரு மைக்ரோ ஆம்பியர் மின்சாரம் செல்லும் பொழுது 1000 *மி.* மீட்டர் தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஓர் அளவு கோலின் மீது உண்டாகும் விலக்கம். இவ் வில்க்கம் *மி.* மீட்டரில் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. R என்பது மின்தடை ; T என்பது கால்வனு மீட்டரின் அலைவு நேரம்.

அம்மீட்டரும் வோல்ட்மீட்டரும் (Ammeters and Voltmeters)

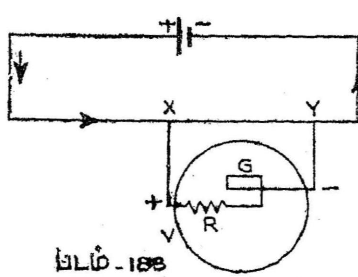
அசைவு மின் சுருளின் ஓர் அமைப்பே அம்மீட்டரிலும் அமைக் கப்பட்டிருக்கிறது. இதில் ஒரு குறிமுள் (pointer) பொருத்தப் பட்டிருக்கும். ஒரு குறைந்த மின்தடையுள்ள சுருள் 'S' கால்வனு மீட்டரின் சுருள் Gக்கு இணையாகப் பொருத் தப் பட்டிருக்கும். இந்த அமைப்பின் காரணமாக அதனுடைய மொத்த மின் தடை ஓரளவு குறைக்கப்பட்டிருக்கும். i அளவுள்ள மின்னோட்டத் தின் ஒரு பகுதி, சுருள் C-யின் வழியாகவும் மற்றொரு பகுதி மின்தடை S-ன் வழியாகவும் செல்கின்றது. அதனுடைய தொகுப்பு (combined) மின்தடை $\frac{SG}{S+G}$ மிகவும் குறைவாக இருக்கும். மேலும் S-ன் மதிப்பு மிகக் குறைவாக இருப்பதால், G-யின் வழியாக மிகக் குறைந்த மின்னோட்டமே செல்லும். கால்வனு மீட்டரில் செல்லும் மின்சாரத் தின் அளவு$\left(\frac{S}{S+G}\right)i$ ஆகும். இந்த மின்னத்தைத் தெரிந்து கொண்டு



படம் - 182

கருவியின் அளவுகோலில் ஏற்ற முறையில் ஆம்பியரில் கணிக்கப் பட்டிருக்கும். இதைக் கொண்டு அதில் செல்லும் மொத்த மின்னோட்டத்தை அறிந்து கொள்ளலாம். மில்லி ஆம்பியரையும், மைக்ரோ ஆம்பியரையும் காட்டும் கால்வனு மீட்டர்களை முறையே மில்லி அம்மீட்டர், மைக்ரோ அம்மீட்டர் என்று அழைக்கின்றோம்.

அசைவுச் சுருள் கால்வனு மீட்டரின் அமைப்பே வோல்ட்டு மீட்டரிலும் (volt meter) அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதில் ஓர் உயர்ந்த மின்தடை (R) கால்வனு மீட்டர் சுருளுடன் தொடர் இணைப்பால் சேர்க்கப் பட்டிருக்கும். சேர்க்கப் பட்டிருக்கும் இரு முனைகளுக் கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ($P D$) இதன் மூலம் அளக்கலாம். மொத்த மின்னோட்டம் X-ஐ அடையும் போது, xy-யின் வழியாகவும், வோல்ட்டு மீட்டர் வழியாகவும், செல்ல அது இரண்டாகப் பிரிகிறது. R-ன் மதிப்பும் G-யின் மதிப்பும் மிக அதிகமாக இருப்பதால், வோல்ட்டு மீட்டரில் செல்லும் மின்னோட்டம் மிகக் குறைவாகவும், Xy யில் செல்லும் மின்னோட்டம் மிக அதிகமாகவும் (அதாவது, கிட்டத்தட்ட மொத்த மின்னோட்டத்திற்குச் சமமாகவும்) இருக்கும். $(R+G)$-யின் மதிப்பு அதிகமாக இருந்தால் அதில் செல்லும் மின்னோட்டம் விட்டுவிடக்கூடிய அளவில் அவ்வளவு மிகக் குறைவாக இருக்கும். ஆகவே, வோல்ட்டு மீட்டரின் மின்தடை மிக அதிகமாக இருத்தல் அவசியம். மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளக்க இதை அந்தக் கடத்தியுடன் இணையாகப் பொருத்துதலும் அவசியமாகும். இக் கருவியானது வோல்ட்டை, நேரடியாகக் கணக்கிடும் வகையில், அதன் அளவுகோலில் கணிக்கப்பட்டிருக்கிறது. xy-யின் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை V ஆகக் கொண்டால் $g\,(R+G) = V$ என்ற சமன்பாடு கிடைக்கும். இதிலிருந்து எந்த அளவு மின்தடை தேவையோ அதை எளிதில் கணக்கிட முடியும்.



படம் - 188

ஓர் இலட்சிய (ideal) வோல்ட்டுமீட்டரில் அளவு கடந்த மின்தடையும், ஓர் இலட்சிய (ideal) அம்மீட்டரில் சுழி மின்தடையும் இருக்கும்.

ஓம் மீட்டர், மெக்கர், அவாமீட்டர் முதலியன (Ohm meter, Megger and Avometer)

நேரடியாக அளவீடுகளை எடுத்துக் கொள்ளும் வகையில் படித்தர (standard) மின் தடைகளைக் கொண்டு கணிக்கப்பட்டிருக்கும் கால்வனு மீட்டரே 'ஓம் மீட்டர்' எனப்படும்.

மின்தடைகளை எளிதாகவும் விரைவிலும் தெரிந்துகொள்ள இது பயன்படுகிறது. காப்பிடல் (insulation) போன்ற உயர்ந்த அளவுள்ள மின் தடைகளை அளக்கப் பயன்படும் கருவியே மெக்கர் (Megger) எனப்படுவது.

அம்மீட்டர், வோல்ட்டு மீட்டர், ஓம் மீட்டர் ஆகியவைகளின் ஒன்று சேர்ந்த அமைப்பே அவாமீட்டர் (Avometer) எனப்படும். இதுவும் அசைவுச் சுருள் கால்வனு மீட்டரின் அமைப்பை ஒத்திருக்கும். இந்தக் கருவியில் பலவகைப்பட்ட மின்தடைகள் ஏற்ற முறையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதைக் கொண்டு மின்னோட்டத்தின் அளவையும், மின்னழுத்த வேறுபாட்டையும், மின்தடையையும் அளக்கலாம்.

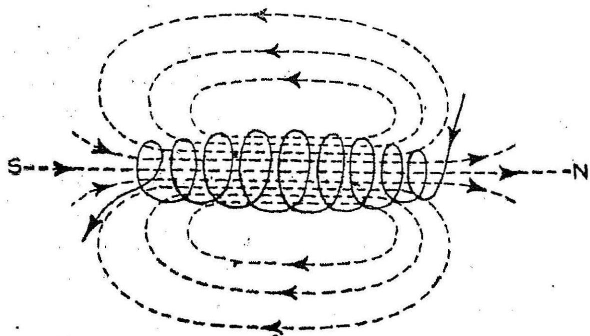
ஆம்பியரின் காந்தவியல் கொள்கை (Ampere's Theory of Magnetism)

பொருள்களின் மூலக்கூறுகள் நிலை காந்தமாக இருக்கும் என்ற கருத்தைக் கொண்டு, வெப்பர் (Weber) என்பவர், காந்தப் பொருள்களின் இயல்பை விவரித்தார். ஆனால், ஆம்பியர் என்பவர் அணுவில் செல்லும் மூடப்பெற்ற மின்னோட்டமே (closed current) இதற்குக் காரணம் என்று விவரித்தார். ஏனெனில், ஒரு வட்ட மின்னோட்டத்தில் காந்த விசை உண்டாவது போலவே, இதுவும் உண்டாகும் என்று அறிவித்தார். தற்கால எலெக்ட்ரான் கொள்கை ஆம்பியரின் கொள்கையை உறுதிப்படுத்துகிறது. எலெக்ட்ரான்கள், அணுக் கருவைச் (nucleus) சுற்றிக் கொண்டிருப்பது, அதில் ஏற்படும் மின்னோட்டத்தை விளக்குகிறது. ஆகவே, அணுவினுள்ளோ அல்லது ஒரு கடத்தியின் வழியாகவோ பாயும் மின்னோட்டங்களினால் தான் பொதுவாகக் காந்தம் உண்டாகிறது என்பதை அறியலாம்.

ஆம்பியரின் தேற்றம் (Ampere's theorem)

பலவித பரிசோதனைகளைச் செய்து ஆம்பியர் என்பவர் 1823-ஆம் ஆண்டில் கீழ்க்கண்டவாறு ஒரு தேற்றத்தை விவரித்தார். 'மின்னோட்டம் பாயும் ஒவ்வொரு நீள் கடத்தியையும் (linear conducter)

ஒரு தனிக் காந்தச் சில்லுக்குச் (simple magnetic shell) சமமாகக் கொள்ளலாம். இவ்வாறான காந்தச் சில்லின் விளிம்பு எல்லை (bounding edge) கடத்தியின் விளிம்புடன் ஒன்றித்து இருக்கும். மேலும், அந்தக் காந்தச் சில்லின் வலிமை மின்னோட்டத்தின் வலிமைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்' என்பதுதான் ஆம்பியரின் தேற்றமாகும்.

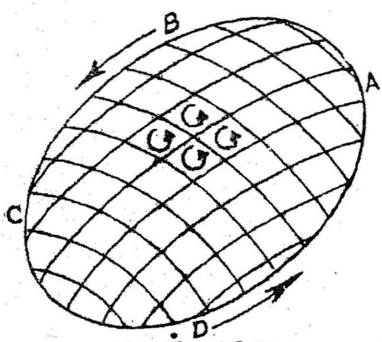


படம் - 184

ஒரு சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் விசைக் கோடுகள் (lines of force) காந்தச் சில்லின் விசைக் கோடுகளை ஒத்திருக்கும். சுருளின் இரு பக்கங்களும் சில்லின் (shell) இரு முனைகளுக்கு ஒப்பாகக் கொள்ளப்படும். சில்லின் எந்தப் பக்கத்தில் மின்னோட்டம் இடஞ்சுழியாக (anti-clock wise) செல்லுமோ அது வடமுனையாகவும் (north pole) எந்தப் பக்கத்தில் மின்னோட்டம் வலஞ்சுழியாக (clock wise direction) செல்லுமோ அது தென் முனையாகவும் (south pole) கொள்ளப்படுகிறது.

அதைப் போலவே வரிச் சுருளின் (Solenoid) காந்தப்புலம் சட்டக் காந்தத்தின் காந்தப் புலத்தை ஒத்து இருக்கும். வரிச் சுருளின் முனைகள் காந்த முனைகளாகவும், அதன் எந்த முனையிலிருந்து விசைக்கோடுகள் புறப்படுகின்றனவோ அந்த முனை காந்த வடமுனை யாகவும் (North), எந்த முனையில் அக்கோடுகள் முடிவுறுகின்றனவோ அந்த முனை காந்தத் தென்முனையாகவும் (South) செயல்படுகின்றன. மின்னோட்டத்தின் திசையைக் கொண்டு காந்த முனைகள் கணிக்கப் படுகின்றன. வரிச் சுருளின் ஒவ்வொரு சுற்றும் ஒரு சில்லாகச் (shell) செயல்படுகிறது. அதனுடைய எதிரெதிர் பக்கங்கள் சில்லின் எதிரெதிர் காந்த முனைகளாகக் கொள்ளப்படுகின்றன. அடுத்தடுத்த இரு சுற்றுகளின் கிடை பக்கங்களில் (adjacent sides) மின்னோட்டம்

எதிர்த்திசைகளில் செல்லும் காரணத்தால் அவைகள் ஒன்றுக்கொன்று எதிர் காந்த முனைகளாக இருக்கும். ஆகவே, வரிச் சுருளின் முனை வளைகளுக்கு (end loops) வெளியிருக்கும் பக்கங்களைத் தவிர ஏனைய பக்கங்களிலுள்ள விசைகள் ஒன்றுக்கொன்று நடுநிலையாகிவிடுகின்றன (neutralise). எனவே, (end loops) வளையின் முனை வெளிப்பக்கங்களில் மின்னோட்டம் எதிர் திசைகளில் செல்லும் காரணத்தால் இவைகள் எதிரெதிர் காந்த முனைகளாக இருக்கும்.



படம் - 185

ஒரு காந்தச்சில்லின் விளிம்பு எல்லை, மின்னோட்டம் செல்லும் ஒரு கடத்தியில் பொருந்துமாறும், அதனுடைய வலிமை மின்காந்த அலகில் உள்ள மின்னோட்ட வலிமைக்குச் சரியாகவும் இருக்குமாறு அந்தக் காந்தச் சில்லை மின்சுற்று இடத்தில் கற்பனை செய்து கொண்டு மூடப்பட்ட மின்னோட்டச் சுற்றின் விளைவை ஆம்பியர் தேற்றம் மூலம் அறியலாம். இது மாதிரி கற்பனை செய்யப்பட்ட சில்லை இணைமாற்றுக் காந்தச் சில் (equivalent magnetic shell) என்று கூறுவர்.

மின்னோட்டத்தை ஆம்பியர் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுத்தார்: ஓர் அலகு வலிமையுள்ள ஒரு காந்தச் சில்லின் விளிம்பு எல்லை, மின்னோட்டம் செல்லும் கடத்தியோடு பொருந்தியிருக்கும்போது, ஒரு குறிப்பிட்ட வெளியிடத்தில் எந்தக் காந்த விளைவை உண்டுபண்ணுமோ அதே அளவு காந்த விளைவை அதே இடத்தில் உண்டுபண்ணும் மின்னோட்டம் ஒரு மின்காந்த அலகு (electro magnetic unit) e.m.u. என்று சொல்லப்படும்.

படம் 185-ல் காட்டியபடி *ABCD* என்ற சுற்றை எடுத்துக் கொள்வோம். அதைப் பல வலைகளாகப் (mesh) பிரித்துக் கொள்வோம். ஒவ்வொரு வலையிலும் செல்லும் மின்சாரம் *ABCD*-யில் செல்லும் மின்சாரத்தின் அளவிற்குச் சமமாகவும் அதே திசையிலும் செல்வதாகக் கொள்வோம். அடுத்தடுத்துள்ள வலைகளின் புயத்தில், மின்னோட்டம் எதிர்த் திசைகளில் செல்லும் காரணத்தால், ஒரு குறிப்பிட்ட வெளியிடத்தில் காந்த விளைவு பட்டுப்போகும் (cancel). ஆனால், மின் கடத்தியினால் விளிம்பில் கொள்ளப்பட்டிருக்கும் வலைகளினால் மட்டும் உண்டாகும் விளைவு இவ்வாறு பட்டுப் போகாமலிருக்கும். இந்த வலைகளுக்கு மற்றப் பக்கத்தில் எந்தவிதமான வலையும் இல்லாத காரணத்

தால் வெளியில் உண்டாகும் மின்னேட்டவிளைவு சரியீடு ஆகுவதில்லை. ஆகவே, எல்லா வலைகளின் மொத்த விளைவு $ABCD$-யில் செல்லும் மின்னேட்டத்தின் விளைவுக்குச் சமமாக இருக்கும்.

இது போன்ற எண்ணற்ற வலைகளை எடுத்துக் கொண்டால், அவைகள் சிறியவையாகவும் வட்டங்களாகவும் கருதப்படும். இப்பொழுது ஆரத்தை (radius) a ஆகக் கொண்டால், அதன் அச்சில் (axis) x தூரத்தில் காந்தப் புலத்தின் செறிவு (intensity),

$$= \frac{2\pi a^2 i}{(a^2+x^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{2\pi a^2 i}{x^3\left(1+\frac{a^2}{x^2}\right)^{3/2}} = \frac{2\pi a^2 i}{x^3} \text{ (தோராயமாக)}$$

இப்பொழுது அதன் இணைமாற்றுக் காந்தச் சில்லின் (equivalent magnetic shell) திருப்புத்திறனை (moment) M ஆகக் கொண்டால், அதனுடைய அச்சில் அதனுடைய காந்தப் புலம் $= \frac{2M}{x^3}$

ஆகவே $\frac{2M}{x^3} = \frac{2\pi a^2 i}{x^3}$

i.e. $M = \pi a^2 i$

அல்லது $i = \frac{M}{\pi a^2}$

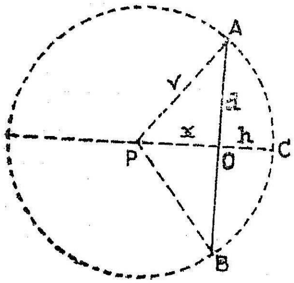
ஆனால்,இதுதான் சில்லின் வலிமையாகும் (strength).

ஆகவே, இதிலிருந்து ஒவ்வொரு வலையும் ஒரு காந்தச்சில்லாகவும் அதனுடைய காந்த வலிமை, மின் காந்த அலகில் மின்னேட்டத்தின் வலிமையாகவும் விளங்குவதை நாம் அறியலாம்.

ஆம்பியர் தேற்றத்தின் பயன்கள்

(i) வட்டவடிவான மின்கடத்தியின் அச்சில் காந்தப் புலமும் அழுத்தமும் (Potential and magnetic shell): O-வை மையமாகக்

கொண்ட ஒரு வட்டவடிவமான கடத்தியின் பக்கத் தோற்றத்தை ABஆகக் கொள்வோம். அதனுடைய அச்சில் காந்தப் புலத்தையும் அழுத்தத்தையும் கணக்கிடுவதற்கு ஒரு புள்ளி P-யை எடுத்துக் கொள்வோம். (படம் 186) ஒரு வட்டவடிவ மின்னோட்டம் ϕ அளவு வலிமையுள்ள வட்டவடிவக் காந்தச் சில்லுக்குச் சமமாகும் மின்னோட்டம் i யை மின்காந்த அலகால் குறிக்கும்போது $\phi = i$.



படம் - 186

Pயில் AB கொள்ளும் திண்மக் கோணத்தை (solid angle) w என கொண்டால்,

$$w = \frac{ACB \text{யின் வட்டப் பகுதிப் பரப்பு}}{r^2}$$

$$= \frac{2\pi rh}{r^2} \qquad \text{இங்கு } OC = h$$

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

$$= \frac{2\pi (r-x)}{r} \qquad \text{இங்கு } Po = x$$

$$= 2\pi \left(1 - \frac{x}{r}\right)$$

P-யில் காந்த அழுத்தம் $V = \phi w$

$$V = i\, w$$

$$= 2\pi\, i \left(1 - \frac{x}{r}\right)$$

இங்கு $r = \sqrt{x^2 + a^2}$

$$\therefore \quad V = 2\pi\, i \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}\right)$$

அச்சிலிருக்கும் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் காந்தப் புலமானது அதனுடைய அச்சுவழியாகவே செயல்படும்.

அதனுடைய மதிப்பு $F = -\frac{dv}{dx}$

$$= -2\pi\, i \frac{d}{dx}\left[1 - \frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}\right]$$

$$= -2\pi i \frac{d}{dx}\left[\frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}\right]$$

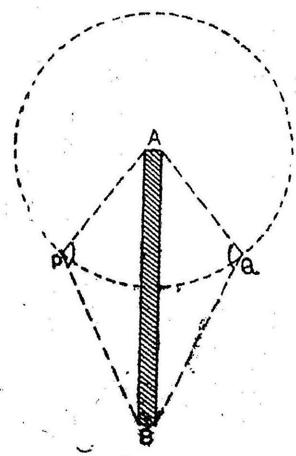
$$= 2\pi i\left[\frac{1}{\sqrt{x^2+a^2}} - \frac{1}{2}x\frac{1}{(x^2+a^2)^{3/2}}\times 2x\right]$$

$$= 2\pi i\frac{a^2}{(x^2+a^2)^{3/2}}$$

கம்பிச்சுருளின் மையத்தில் $x=0$

ஆகவே $F = \frac{2\pi ni}{a}$

(ii) மின்னோட்டத்தைச் சுற்றி ஓர் அலகு காந்த முனையை (magnetic pole) எடுத்துச் செல்லும்போது செய்யப்படும் வேலையின் அளவு: வடமுனை P-யை நோக்கியிருக்கும் ஒரு சில்லின் (படம் 189) பக்கத் தோற்றத்தை AB எனக் கொள்வோம். அதனுடைய தென்முனை Q-வை நோக்கியிருப்பதாகவும் கொள்வோம். பொதுவாக இரண்டு புள்ளிகளுக்கு இடையே உள்ள அழுத்த வேறுபாடானது ஓர் அலகு வடமுனையை (unit north pole) ஒருபுள்ளியிலிருந்து மற்றப் புள்ளிக்குக் கொண்டு செல்லும்போது செய்யப்படும் வேலையின் அளவே ஆகும். மற்றபடி இது எந்த வழியாகக் கொண்டு செல்லப்படுகிறது என்பதைப் பொறுத்திருக்காது. சில்லின் வலிமை ϕ ஆகக் கொண்டால் Pயில் அதன் அழுத்தம்



படம். 189

$V_q = \phi \times APB$யின் திண்மக் கோணம்

இவ்வாறே Q வில் அதன் அழுத்தம்

$V = -\phi \times APB$ யின் திண்மக் கோணம்

$V_p - V_q =$ [$\phi \times APB$யின் திண்மக் கோணம் $-\phi \times AQB$யின் திண்மக் கோணம்]

$= \phi$ [APBயின் திண்மக்கோணம் $+ AQB$யின் திண்மக் கோணம்]

புள்ளிகள் Pயும் Qவும் நெருங்கி வரும்போது ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் திண்மக் கோணம் 2πயை நெருங்கும். ஆகவே, சமன்பாட்டில்

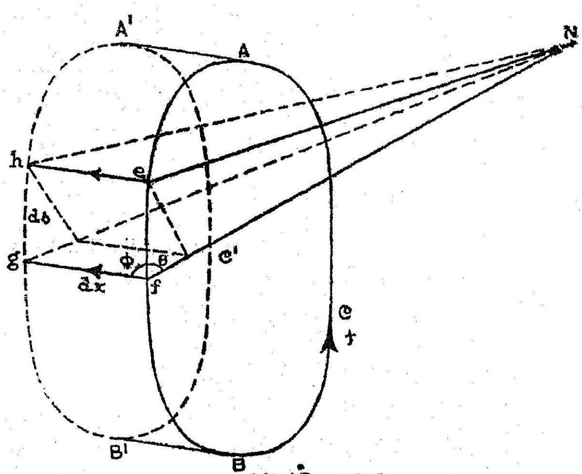
அடைப்புக்குள்ளிருக்கும் மதிப்பு 4π ஆக மாறும். ஆகவே, சில்லுக்கு அருகில் அதன் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள இரண்டு புள்ளி களுக்கிடையேயுள்ள அழுத்த வேறுபாடு $= 4\pi\phi$. சில்லின் வழி யாக ஓர் அலகு வடமுனையை P-க்குக் கொண்டுவரும்போது செய்யப் படும் வேலையின் அளவு சுழியாகும்.

சில்லுக்குப் பதிலாக $i=\phi$ அளவுள்ள மின்னோட்டத்தை எடுத்துக் கொண்டால் ஓர் அலகு வடமுனையை ஒரு பக்கத்திலிருந்து மறு பக்கத்திற்குக் கொண்டு செல்லும்போது செய்யப்படும் வேலையின் அளவு $4\pi\phi=4\pi i$. P-க்கும் Q-க்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தை எந்த அளவுக்கு வேண்டுமானாலும் சுருக்கிக் கொள்ளலாம். ஆகவே, ஓர் அலகு முனையை எடுத்துக்கொண்டு மின்னோட்டத்தைச் சுற்றி ஒரு முறை வரும்போது செய்யப்படும் வேலையின் அளவு $4\pi i$. இதுவே ஓர் அலகு முனையின் பாதை. அது ஒரு மின்னோட்டத்தை உள்ளடக்கு மேயானால், அது மின்னோட்டத்தோடு இணைந்து விடுகின்றது (link).

ஒரு தடவை இவ்வாறு மின்னோட்டத்தோடு ஓர் அலகு பாதை இணையும்பொழுது செய்யப்படும் வேலை $=4\pi i$. அது n தடவைகள் இணைந்தால் செய்யப்படும் வேலை $=4\pi ni$ ஆகும்.

ஒரு மூடப்பட்ட பாதை ஒரு சுற்றுடன் இணையாதபோது செய்யப் படும் வேலை சுழியாகும்,

காந்தப் புலத்தில் ஒரு மின்னோட்டத்தில் உண்டாகும் விசை



படம் - 190

மூடப்பட்ட ஒரு சுற்று, காந்தச் சில்லைப் போன்று செயல்படும் காரணத்தால், காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு மின் சுற்று

ஒருவித விசைக்கு உட்படுகிறது. காந்தப் புலத்தில் வைக்கப் பட்டிருக்கும் மின்சுற்றுகள் அடையும் விசையைக் கொண்டு ஆம்பியர், காந்தச்சில்லுக்கும் மின்சுற்றுக்கும் உள்ள ஒற்றுமையை விளக்கினார்.

i அளவுள்ள மின்காந்த அலகு மின்னோட்டம், ஒரு சுருள் ABCயில் செல்வதாகக் கொள்வோம். m அலகு முனைவலிமை (pole strength) உள்ள ஒரு காந்தப் புலத்தில் அது வைக்கப்பட்டிருப் பதாகவும் கொள்வோம். அந்தச் சுருளை dx தூரம் இணையாக நகர்த்திய பின் அதனுடைய புதிய நிலையை $A'B'C'$ ஆகக் கொள் வோம். அப்பொழுது மிகச் சிறிய பாகமான ef ஆனது, hg என்ற இடத்திற்கு மாறும். ஓர் அலகு நீளமுள்ள கடத்தி F அளவுள்ள விசையைப்பெறுமானால், அந்தச் சிறு பகுதியான ef-ன் மேல் தாக்கப் படும் விசையானது $= Fds$. இங்கு $ef = ds$ என்று குறிக்கப்படு கின்றது. சுருளின் சிறிய பகுதியானது இடப்பெயர்ச்சியடையும் பொழுது செய்யப்படும் வேலையானது $F\ ds\ dx$. முழுச் சுருளையும் எடுத்துக்கொண்டால் வேலையின் மொத்த அளவு $= \Sigma F\ ds\ dx$.

அந்தச் சுருளின் இடப்பெயர்ச்சியின் காரணமாகச் சிறிய பகுதி யான ex ஆனது $efgh$ பரப்புள்ள ஒரு இணைகரத்தை உண்டு பண்ணும். இணைகரத்தின் கோணத்தை ϕ ஆகக் கொள்வோம். இங்கு $efgh$-ன் பரப்பு$=ds\ dx \sin\phi$. அச் சிறிய பாகத்தோடு, N என்ற புள்ளியைச் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும் நேர் கோட்டைப் பொறுத்த மட்டில் கிடைக்கும் நேர்குத்துக் குறுக்குவெட்டின் பரப்பு

$= ds.\ dx.\ \sin\phi \sin\theta$ ஆகும். இங்கு θ என்பது ef-க்கும் gN-க்கும் இடையேயுள்ள கோணமாகும். புள்ளி N-ல் அந்தப் பரப்பு கொண்டிருக்கும் திண்மக் கோணம் (solid angle)

$$= \frac{ds\ dx\ \sin\theta.\ \sin\phi}{r^2}$$

அந்தச் சுருளின் ABC, $A'B'C'$ ஆகிய இரு நிலைகளுக்கிடையே உள்ள முழுப்பரப்பு புள்ளி N-ல் கொண்டிருக்கும் திண்மக் கோணம்

$$= \Sigma \frac{ds\ dx \sin\phi \sin\theta}{r^2}$$

இங்கு வேலை செய்ததின் அளவு அல்லது மின்சாரம் நகர்வதால், ஆம்பியர் தேற்றத்திலிருந்து புள்ளி N-ல் உள்ள அழுத்தத்தின் மாற்றம் $= i \times$ திண்மக் கோணத்தின் மாற்றம்

$$= i \times \Sigma \frac{ds\ dx \sin\phi \sin\theta}{r^2}$$

ஓர் அலகு முனை அந்த Nல் இருப்பதனால் அங்குத் தோன்றும், அழுத்தத்தின் மாற்றத்தை இது குறிக்கிறது. ஆனால், Nல் அந்த முனையின் வலிமை m ஆக இருப்பதால் அந்த அழுத்தத்தின் மாற்றம்

$$= mi \sum \frac{ds\, dx \sin\phi \sin\theta}{r^2}$$

இது சுருளை இடப்பெயர்ச்சி செய்யும்போது செய்யப்படும் வேலைக்குச் சமமாகும். ஆகவே,

$$\sum F\, ds\, dx = mi \sum \frac{ds\, dx \sin\phi \sin\theta}{r^2}$$

$$\text{அல்லது } F = \frac{mi \sin\phi \sin\theta}{r^2}$$

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு θ வின் மதிப்புக்கு, ϕயின் அளவு 90°-க்குச் சமமாக இருக்கும்போது Fன் மதிப்பு பெருமமாக இருக்கும். அதாவது, மின்னோட்டத்திற்குச் செங்குத்துக் கோணத்தில் கடத்தி பெறக்கூடிய விசை மிகவும் அதிகமாகும். அது ஓர் அலகு நீளத்திற்கு $\frac{m\, i \sin\theta}{r^2}$ ஆக இருக்கும். ds நீளமுள்ள ஒரு மிகச்சிறிய பகுதியில் அதனுடைய மதிப்பு

$$F = \frac{mi\, ds \sin\theta}{r^2}$$

மேலும் $\theta = 90$ ஆக இருக்கும்போது எந்தத் திசையிலும் ஒரு குறிப்பிட்ட இடப்பெயர்ச்சிக்கு F-ன் மதிப்பு பெருமமாக இருக்கும். ஆகையால், ஒரு சிறிய பகுதியின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்தின் விசையானது, அந்த மின்னோட்டத்திற்கும் காந்தப் புலத்திற்கும் செங்குத்துத் திசையில் இருக்கும். அதாவது, சிறிய பகுதியைக் கொண்டிருக்கும் தளத்திற்குச், செங்குத்துத் திசையில் இருக்கும். ஓர் அலகு நீளத்திற்கு அதனுடைய

$$\text{மதிப்பு} = \frac{mi}{r^2}$$

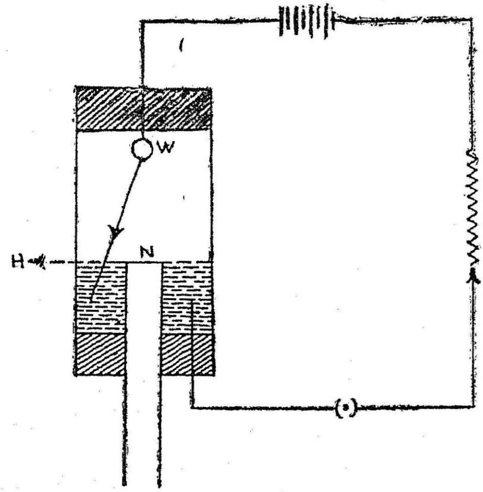
$$= Hi \qquad \text{ஏனெனில் } \frac{m}{r^2} = H$$

l நீளமுள்ள மின்கடத்தியில் உண்டாக்கப்படும் விசை $F = Hil$

மின்னோட்டத்தின் திசை, காந்தப்புலம், கடத்தியின் விளைவு விசை (resultant force) ஆகிய மூன்றும் தனித்தனியே ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும். இதை ஃப்ளமிங்கின் இடக்கை விதி (Fleming's left hand rule) மூலம் நினைவுபடுத்தலாம். அதைக் கீழ்க்கண்டவாறு நிரூபிக்கலாம். இடது கையின் கட்டை விரலும் சுட்டு விரலும் நடு விரலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக நீட்டப்

பட்ட நிலையில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். மின்னோட்டத்தின் திசையை நடுவிரலும், காந்தப் புலத்தின் திசையைச் சுட்டுவிரலும், குறிப்பதாகக் கொண்டால், அதன் இயக்கத்தின் திசையைக் கட்டை விரல் குறிக்கும். விசையின் போக்கில் இயக்கம் இருக்கும் காரணத்தால் விசையின் திசையையும் கட்டைவிரலே குறிக்கும்.

மின்கடத்தி விசையினால் உந்தப்பட்டுப் பின்பு அது விசையின் திசையில் நகர்ந்து செல்லும் இயக்கத்தை ஃபாரடேயின் சுழல் கம்பியும் (Faraday's rotating wire) பார்லோவின் சக்கரமும் (Barlow's wheel) விவரிக்கின்றன. இந்த ஃபாரடேயின் ஏற்பாட்டில் சிறிதளவு பாதரசம் கொண்டிருக்கும் நீள் உருளையில் ஒரு கம்பி மூழ்கப்



படம் - 191

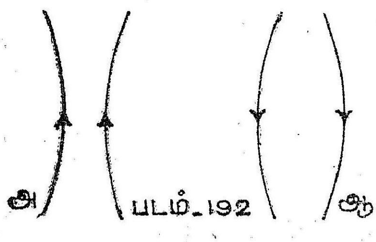
பட்டிருக்கும் (படம் 191). காந்தத்தின் ஒரு முனை பாதரசத்திலிருந்து நீட்டி வைக்கப்பட்டிருக்கும். மின்னோட்டம் கம்பி வழியாகச் செல்லும்பொழுது மேலிருந்து பார்த்தால், அந்தக் கம்பி வலஞ்சுழியாகச் சுழல்வதைப் பார்க்கலாம்.

மின்னோட்டத்தினால் மின்னோட்டத்தின் மீது தோன்றும் விளைவு (Effects of current on current)

ஒரு சுருளில் மின்சாரம் செல்லும்போது, அச் சுருள், காந்தச் சில்லுக்குச் சமமாகிறது எனக் கொண்டால், இரண்டு சுருள்களில் மின்சாரம் செல்லும்போது அவை ஒன்றையொன்று பாதிக்கும்.

இரண்டு நேர் மின்னோட்டங்கள் (Two Straight Currents)

இரண்டு நேர் கம்பிகளின் வழியாக i_1, i_2 மின்காந்த அலகுகள் கொண்ட மின்னோட்டங்கள் செல்வதாகக் கொள்வோம். இரண்டிலும் மின்னோட்டங்கள் ஒரே திசையிலிருந்தால், விசையின் கோடுகள் (liner of force) எதிர் திசையில் உண்டாகும் காரணத்தால், அந்தக்கம்பிகள் ஒன்றையொன்றை ஈர்த்துக்கொள்ளும். படம் (192 அ). ஆனால், மின்னோட்டங்கள் எதிர் திசையில் செல்லுமானால், அவைகளுக்கிடையே விசைக்கோடுகள் ஒரே திசையில் உண்டாகும் காரணத்தால், அந்தக் கம்பிகள் ஒன்றைவிட்டு ஒன்று விலகிச் செல்லும். படம் (192 ஆ.). அவைகளுக்கிடையே ஓர் அலகு நீளத்தில் விசையின் அளவு

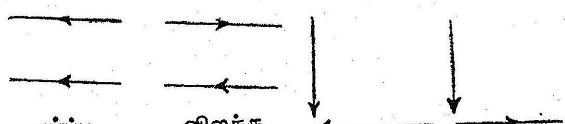


படம்_192

$$= \frac{2\, i_1\, i_2}{r}$$

. இங்கு இரு கம்பிகளுக்குமிடையேயுள்ள தூரத்தை r குறிக்கிறது. வெவ்வேறு நிலையிலிருக்கும் மின்னோட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள விசையை ஆம்பியரின் விதிமூலம் (Ampere laws) கீழ்க் கண்டவாறு விளக்கலாம்.

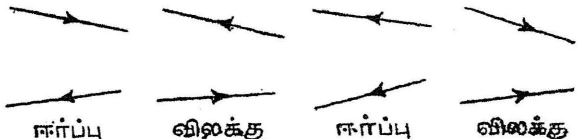
1. இரண்டு இணை மின்னோட்டங்கள் ஒரே திசையில் சென்றால், ஒன்றையொன்று ஈர்த்துக் கொள்ளும் இயல்புடையன. அவை எதிர் திசையில் செல்வதானால், ஒன்றைவிட்டு மற்றொன்று விலகிச் செல்லும் இயல்புடையன.



படம் - 193 அ

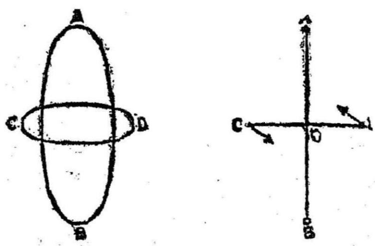
2. இரண்டு இணையில்லா மின்னோட்டங்கள் அவைகள் சேரக் கூடிய இடத்தை நோக்கி வந்தாலும் அல்லது அங்கிருந்து விலகிச் சென்றாலும், அவைகளுக்கிடையே ஈர்ப்புத் தன்மையுண்டு. ஆனால், ஒன்று, சேரும் இடத்தை நோக்கி வருவதாகவும், மற்றொன்று அவ்விடத்திலிருந்து விலகிச் செல்வதாகவும் கொண்டால், அவைகளுக்கிடையே எதிர்த்துத் தள்ளுதல் (repulsion) உண்டாகும். இவைகளை 193 (அ), 193 (ஆ) ஆகிய படங்கள் விளக்குகின்றன.

(a) ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ள இரு வட்ட மின்னோட்டங்கள் (Two circular currents mutually perpendicular)



படம் _193 ஆ

ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும் வகையில் AB, CD ஆகிய இரு வட்டச் சுருள்கள் படம் 194-ல் காட்டியபடி வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. சுருள் CD, சுருள் ABயைக் காட்டிலும் சிறியதாக இருந்தால், அந்தச் சுருள் CDயில் ஓர் இரட்டையை (couple) உண்டாக்கும். CDயின் பரப்பு a ஆகவும், ABயின் ஆரம் a ஆகவும், கொண்டால் அந்த இரட்டையின் மதிப்பு



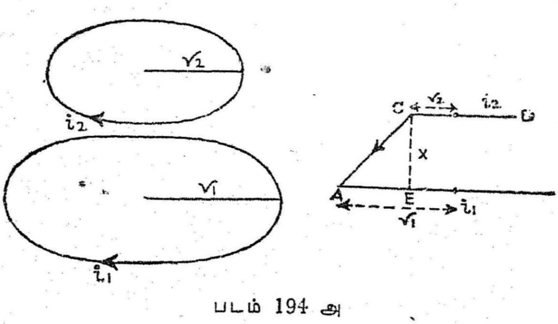
படம் 194

$$= \frac{2\pi i_1 i_2 a}{a}$$

இந்த இரட்டையானது CDயை, ABயின் தளத்தில் சுழல முற்படுகின்றது.

(b) இரண்டு இணையான வட்டச் சுருள்களுக்கிடையேயுள்ள விசை (Force between two circular coils)

r_1, r_2 என்ற ஆரங்களைக் கொண்டவையும், i_1, i_2 ஆகிய



படம் 194 அ

மின்சாரங்கள் பாயும்படியானவையுமான இரண்டு வட்டச்சுருள்களை எடுத்துக் கொள்ளவும். இவைகள் ஒன்றுக்கு மேல் ஒன்றாக வைக்கப்

பட்டிருக்கட்டும். இவைகள் இரண்டிலும் A, C ஆகிய இரண்டு புள்ளிகளில் ஓர் அலகு நீளமுள்ள கடத்தியை எடுக்கவும். இந்த அலகு நீள முள்ள கடத்திகளுக்கிடையேயுள்ள விசை $= \frac{2i_1 i_2}{AC}$. இந்த விசை AC என்ற திசையில் செயல்படுகின்றது. CE என்ற திசையில் இவ் விசையின் கூறு

$$= \frac{2\, i_1 i_2}{AC} \times \frac{CE}{AC} = \frac{2\, i_1 i_2 \cdot x}{AC^2}$$

$$(\because \quad CE = x)$$

எனவே, ABயில் பாயும் மின்னோட்டத்தால் CDன் மேலுள்ள

$$\text{விசை} = \frac{2i_1 i_2 x}{AC^2} \times 2\pi r^2$$

$$= \frac{2i_1 i_2}{x^2 + [r_1 - {}_2]^2} \times x \times 2\pi r_2$$

$$\therefore\ F = \frac{4\pi\, i_1 i_2\, r_2 x}{x^2 + (r_1 - r_2)^2}$$

(a) இச் சமன்பாட்டில் $x = 0$ ஆக இருந்தால் $F = 0$. அதாவது சிறிய சுருள் பெரிய சுருளினுள், இரண்டும் ஒரே தளத்தில் வைக்கப் பட்டிருக்குமேயானால், CD-ன் மேல் ஒரு விசையும் இருக்காது.

(b) இரண்டு சுருள்களுக்குமிடையேயுள்ள விசை பெருமமாக இருக்க $\frac{dF}{dx} = 0$ ஆக இருக்க வேண்டும்.

$$\therefore\ \frac{dF}{dx} = \frac{d}{dx}\left[\frac{4\pi\, i_1 i_2\, r_2 x}{x^2 + (r_1 - r_2)^2}\right] = 0$$

$$= 4\pi\, i_1 i_2 r_2 \frac{d}{dx}\left[x\ \{x^2 + (r_1 - r_2)^2\}^{-1}\right]$$

$$= 4\pi\, i_1 i_2 r_2 \left[\left\{x^2 + (r_1 - r_2)^2\right\}^{-1} - x\left\{x^2 + (r_1 - r_2^2)\right\}^{-2} \times 2x\right]$$

$$= 0.$$

$$\therefore\ \frac{1}{x^2 + (r_1 - r_2)^2} = \frac{2x^2}{[x^2 + (r_1 - r_2)^2]^2}$$

$$\therefore\ 2x^2 = x^2\ (r_1 - r_2)^2$$

$$x^2 = (r_1 - r_2)^2$$

அதாவது $x = r_1 - r_2$.

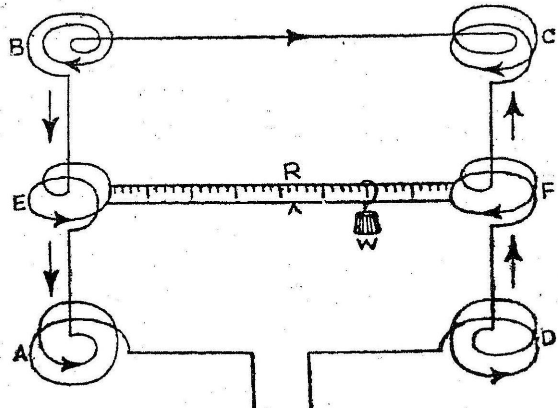
எனவே, சுருள்களுக்கு இடையேயுள்ள விசையானது பெருமமாக இருக்கும்போது,

$$F = \frac{4\pi\, i_1 i_2 r_2 \times x}{x^2 + x^3} = \frac{4\pi\, i_1 i_2 r_2 \times x}{2\, x^2}$$

$$F = \frac{2\pi\, i_1 i_2 r_2}{r_1 - r_2}$$

கெல்வினுடைய ஆம்பியர் தராசு (Kelvin's Ampere Balance)

நேர் மின்னேட்டத்தையும் மாறுதிசை மின்னேட்டத்தையும் (alternating current) அளப்பதற்கு இந்தக் கெல்வினுடைய ஆம்பியர் தராசு உபயோகிக்கப்படுகிறது. படம் 195-ல் அதனுடைய முக்கிய பாகங்கள் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. மின்னேட்டம் செல்லும் ஓரச்சு சுருள்களின் (coaxial coils) குறுக்கீட்டு வினையின் (interaction) காரணமாக உண்டாகும் காந்த விசையின்மூலம் இது செயல்படுகின்றது. ஒரு செவ்வகத்தின் நான்கு மூலைகளிலும் A,B,C,D ஆகிய நான்கு சுருள்கள் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவைகளுக்கு நடுவில் இரண்டும் ஒரே



படம் - 195

மாதிரியான இயங்கும் சுருள்களான Eயும் Fம் ஓர் அளவுகோலின் இரு முனைகளிலும் வைக்கப்பட்டுள்ளன. அளவு கோலானது அதனது மையப்புள்ளியில் தாங்கிப் பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. அந்தச் சுருள்கள் யாவும் தொடர் இணைப்பால் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் காரணத்தால் அவைகளில் மின்னேட்டம் சமமாகவே இருக்கும். படத்தில் காட்டிய படிச்சுற்றப்பட்டிருப்பதால், Eயிலும் Fலும் விசைகள் எதிர்திசைகளில் இருக்கும். மின்னேட்டம் Aயிலும் Eயிலும் ஒரே திசையில் இருப்பதால் அவைகளிடையே ஈர்ப்பும், Bயிலும் Eயிலும் மின்னேட்டம் எதிர்திசைகளில் இருப்பதால், அவைகளிடையே எதிர்த்துத்தள்ளும் பண்பும் (repulsion) இருக்கும். அதனால், சுருள் E கீழ்நோக்கியும் இதே காரணமாகவே சுருள் F மேல்நோக்கியும் நகரும். ஆக இந்த இரு விசைகளும் அந்தத் தண்டை இடஞ்சுழியாகச் சுழலச் செய்கின்றன. அந்தத் தண்டை மீண்டும் கிடையாகக் (horizontal) கொண்டு வருவதற்கு, நகரும் எடை 'W'யின் நிலையைச் சரிசெய்தல் வேண்டும். படித்தரப்படுத்தப்பட்ட வெள்ளி மின்வோல்ட்டா மீட்டர்

(standard silver voltameter) கொண்டு, இந்தத் தராசு முதலிலேயே அளவீடு செய்யப்பட்டிருக்கும் (calibrated). இரு சுருள்களுக் கிடையே உள்ள விசையானது i^2-க்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

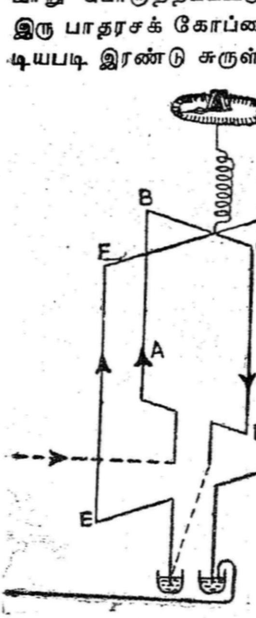
$$\therefore \quad i^2 \propto d$$
$$i^2 = n\, d$$
$$i \propto \sqrt{d}$$

இங்கு d என்பது 'W'க்கும் தாங்கு புள்ளி Rக்கும் (fulcrum) இடையே யுள்ள தூரமாகும். ஆகவே, இருமடி மூல விதியைக் (square root law) கொண்டு, அந்தத் தண்டு முன்பே அளவிடப்பட்டு, அதன் மீது அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

பல்வேறு அளவுகளுக்கு, பல்வேறு எடைகள் உபயோகிக்கப் படுகின்றன. இது நேர் மின்னோட்டத்தையும் மாறுதிசை மின்னோட் டத்தையும் அளக்கப் பயன்படுகிறது. Aக்கும் Bக்கும், அல்லது Cக்கும் Dக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவு, அவற்றின் பொது ஆரத்திற்குச் சமமாக இருந்தால், பெரும உணர்வு நுட்பம் (sensitiveness) கிடைக்கும்.

(a) மின் டைனமோ மீட்டர் (Electro dynamo meter)

இதில் $ABCD$ என்ற நிலையான செவ்வகச் சுருளும், $EFGH$ என்ற அசையும் செவ்வகச் சுருளும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கு மாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளன. $EFGH$ என்பதின் இரு முனைகளும் இரு பாதரசக் கோப்பைகளில் மூழ்கி இருக்கின்றன. படத்தில் காட் டியபடி இரண்டு சுருள்களும் தொடர் இணைப்பு கொண்டவையாகச் செய்யப்பட்டுள்ளன. அசையும் சுருளானது ஒரு ஸ்பிரிங்கின் வழியாக முறுக்குத் தலையுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. முறுக்குத் தலையில் உள்ள குறியீட்டு முள் ஒரு வட்ட அளவுகோலின் மேல் நகருகின்றது. இந்த அமைப்பைக் கொண்டு மின் னோட்ட வலிமையை அளந்து, இதை அம்மீட்டரைப் போன்றே பயன்படுத்தலாம். எந்த மின்சுற்றில் மின்னோட்டத்தை அளக்க வேண்டுமோ அச்சுற்றில் இந்த டைனமோ மீட்டரை இணைக்க வேண்டும். மின் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் i என்றால், இது ABயிலும் EFலும் ஒரே திசையிலும் CDயிலும் GHலும் ஒரே திசையிலும், படத்தில் காட்டியபடிப் பாயும். எனவே, ABயும் EFம் ஒன்றையொன்று



படம் 196. அ

ஈர்த்துக்கொள்ளும். இவ்வாறே CD-யும் GH-ம் ஒன்றையொன்று ஈர்க்கும். எனவே, அசையும் சுருளான $EFGH$ ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் விலகுகின்றது. இப்போது முறுக்குத் தலையை வேண்டிய அளவு திருப்பி, அசையும் சுருளைப் பழையபடி அது முன்பிருந்த நிலைக்கே கொண்டுவர வேண்டும். இவ்வாறு திருப்பப்பட்ட கோணத்தை θ எனக் கொள்வோம்.

இரண்டு சுருள்களுக்கும் இடையேயுள்ள விசை $\alpha\ i^2$

$\therefore\ i^2 \alpha\ \theta$ அல்லது $i = k\sqrt{\theta}$. இங்கு k என்பது மாறிலி. முதலில் படித்தர வெள்ளி வோல்ட்டாமீட்டரைக் கொண்டு, தெரிந்த மின்னோட்டங்களுக்கு ஏற்ற θ-வைக் கண்டு, அதன் மூலம் k-யைக் காண வேண்டும். பின்பு k-ன் மதிப்பைத் தெரிந்து கொண்டு, தெரியாத மின்னோட்டத்தை θ-வைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

(b) கெல்வினின் வாட்மீட்டர் (Kelvin's Wattmeter)

ஒரு சுற்றில் உட்கொண்ட மின்னியக்கு விசையை வாட்டில் கணக்கிட இந்த வாட்மீட்டர் (படம் 196) உபயோகிக்கப்படுகிறது. இதில் முதன்மைச் சுற்றில் இரு சுருள்கள் C_1ம் C_2ம் மின்பளு (load) L-ம் தொடர் இணைப்பால் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த மின்பளுவானது (load) உட்கவரும் ஆற்றலின் அளவைக் கணக்கிட முடியும். அந்த மின்பளுவின் குறுக்கே மற்றொரு சுற்றும் அந்தச் சுற்றில் ஒரு மின்தடையும் (R), ஒரு நகரும் சுருளும் (C) தொடர்இணைப்பால் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. அந்த நகரும் சுருளில் ஒரு காட்டி பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. அதன் முனை ஓர் அளவு கோலில் (S) நகரும் வகையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. C-யில் உண்டாகும் 'முறுக்கு' (torque) C_1, C_2 ஆகிய சுருள்களில் செல்லும் மின்னோட்டங்களுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். அதாவது, மின்னோட்டத்தின் பெருக்கல் பலனுக்கும் (I) மின்னழுத்த வேற்றுமைக்கும் (E) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். ஆகவே, அந்தச் சுருளில் விலகுகோணம் θ-வாகக் கொண்டால் $\theta \alpha Ei$, இங்கு EI என்பது சுற்றில் உட்கொள்ளப்பட்ட வாட்டேஜைக் (wattage) குறிக்கும். நேரடியாக வாட்டின் அளவு தெரியும் வகையில் அந்த அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

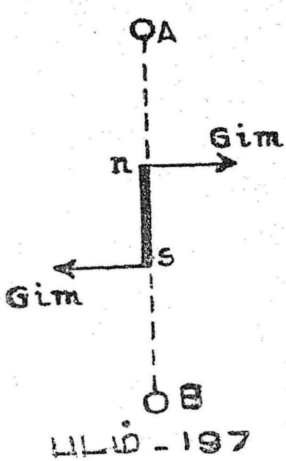
அலைவு காட்டும் கால்வனுமீட்டர் (Ballistic Galvanometer)

இதற்கு முன்னால் விவரிக்கப்பட்ட கால்வனுமீட்டர்கள், தொடர்ந்து சீராக வரும் மின்னோட்டங்களை மட்டும் அளக்கப் பயன்பட்டனவே ஒழிய, மின் காந்தத் தூண்டல் (electro magnetic induction), மின்னேற்பியல் மின்னூட்டம் அல்லது மின்னிறக்கம் செய்யும் போது உண்டாகும் திடீர் மின்னோட்டங்களை அளக்கப் பயன்படாது. மின்னோட்டத்தின் திடீர் மாற்றங்களைக் குறிக்க அந்தக் கருவியின் அமைப்பு பயன்படுவதில்லை. ஆகவே, ஒரு தனிப்பட்ட கருவி இதற்

காகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதற்கு அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டர் (ballistic galvanometer) என்று பெயர். இதன் மூலம் இதன் வழியே செல்லும் மொத்த மின்னோட்டத்தின் அளவைக் கணக்கிட முடியும். இதில் இரு வகைகள் உண்டு. அவைகள் காந்தம் அசையும் (moving magnet) வகையிலும், சுருள் அசையும் (moving coil) வகையிலும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். மின்னோட்டத்தின் துடிப்பை (pulse) அதிலுண்டாகும் வீசல் (kick) மூலம் தெரிந்து கொள்ளலாம். அந்தக் கருவியின் மூலம் செல்லும் மொத்த மின்னூட்டத்தின் அளவு, அந்த வீசல் (kick) அல்லது விலக்கத்திற்கு (deflection) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். வீசலே, மின்னூட்டத்தின் அளவைத் தரும் காரணத்தால், அதனுடைய இயக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்த வேண்டுமென்பது அவசியமில்லை. அசைவு காந்த கால்வனுமீட்டரில் காற்றின் தடை காரணமாகத் தடையுறுதல் (damping) ஏற்படும். ஆனால், அசைவுச் சுருள் கால்வனு மீட்டரில், இது காற்றின் தடை காரணமாகவும், சுழி ஓட்டம் (eddy current) காரணமாகவும் ஏற்படும். ஆகவே, இதைத் தவிர்க்கக் கம்பியை மின்கடத்தாப் பொருள்களின் மேல் சுற்றி வைக்க வேண்டும். சில சமயங்களில் இதன் அலைவு நேரமானது (period of oscillation) 10 வினாடிகளுக்கும் அதிகமாக இருக்குமாறுகூட இக் கருவி அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

அசைவு காந்த அலைவு காட்டும் கால்வனுமீட்டர் (Moving magnet ballistic galvanometer)

காந்தத் துருவத் தளத்தில் (magnetic meridian) வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு கம்பிச் சுருள் AB-யை எடுத்துக்கொள்வோம். i என்ற மின்காந்த அலகுகள் கொண்ட மின்னோட்டம் அதில் செல்வதாகக் கொள்வோம். m அளவு முனை வலிமையுள்ள (pole strength) ஒரு காந்தம் 'ns'-ஐச் சுருளின் மையத்தில் தொங்கவிட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம் (படம் 197). அதன் மையத்தில் ஓர் அலகு மின்னோட்டத்திற்கு, புலத்தின் வலிமை G ஆகக்கொண்டால் மையத்தில் அதனுடைய புலவிசை Gi ஆகவும் காந்த முனையில் அதனுடைய விசை Gim ஆகவும் இருக்கும். dt அளவு ஒரு குறைந்த நேரத்தில் இந்த விசை தாக்குவதாகக் கொண்டால், அந்த விசையின் கணத்தாக்கு (impulse) $Gim\ dt$ ஆகும். இப்பொழுது t நேரம் மின்



படம் - 197

னோட்டம் செல்வதாகக் கொண்டால், கணத்தாக்கின் மதிப்பு

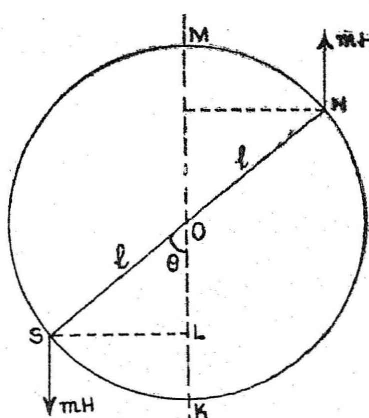
$$= \int_o^t Gim\ dt$$

ஆனால், $\int_o^t i\ dt = Q$ இது சுருள் வழியே கடந்து சென்ற மொத்த மின்னூட்டத்தையும் குறிக்கும். ஆகவே, மொத்த கணத்தாக்கு $= GmQ$ காந்தத்தின் நீளத்தை $2l$ ஆகக்கொண்டால், அதனுடைய ஒவ்வொரு முனைக்கும் சுருளின் நடுவில் உண்டாகும் கணத்தாக்கின் திருப்புதிறன் (moment) $GmQl$ ஆகும். இரு முனைகளுக்கும் சேர்த்து அந்தத் திருப்புதிறன் $2\ GmQl$ ஆக இருக்கும். ஆனால், காந்தத்தின் திருப்புதிறன் $M = 2\ lm$. ஆகவே, கணத்தாக்கின் திருப்புதிறன் $= MGQ$ உந்தகத்தின்மாற்றமே (change of momentum) சுருள் கணத்தாக்காகும். ஆகவே, கணத்தாக்கின் திருப்புதிறனானது உந்தகத்தின் திருப்புதிறன் அல்லது கோண உந்தகத்திற்குச் சமமாக இருக்கும்.

இந்தக் கணத்தாக்கின் காரணமாகக் காந்தம் ω கோணத்திசை வேகத்தில் (angular velocity) சுழல்வதாகக் கொள்வோம். காந்தத்தின் நிலைமத் திருப்புதிறன் (moment of inertia) I ஆகக் கொண்டால் அந்தக் காந்தத்தின் கோண உந்தகம் $I\ \omega$ ஆக இருக்கும். ஆகவே,

$$MG\ Q = I\ \omega \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

காந்தம் திரும்பும்போது புவிப்புலம் H-ன் காரணமாக, ஓர் இரட்டை (couple) உண்டாகும். காந்தத்தின் விலகுகோணம் அதிகமாகும்போது இந்த இரட்டையின் (couple) மதிப்பும் அதிகமாகும். வீசல் (kick) மூலம் பெற்றிருக்கும் இயக்க ஆற்றல் (kinetic energy) தீரும் வரை காந்தத்தின் விலகல் தொடர்ந்திருக்கும். எல்லா இயங்கு ஆற்றலும் தீர்ந்த பிறகு காந்தமானது மறு பக்கத்தில் திரும்பி விலகிச் செல்லும். இரண்டு பக்கத்திலும் ஏற்படும் இந்த விலகலானது சீர்இசை இயக்கத்தை (simple harmonic motion) ஒத்திருக்கும்.



படம் - 198

எல்லா இயங்கு ஆற்றலும் தீர்ந்த பிறகு அது திரும்பும் நிலையில் அதனுடைய கோணத்தை θ ஆகக் கொள்வோம். படத்தில் (படம் 198) NS காந்தத்தின் நிலையையும், புள்ளிக்கோடு காந்தத் துருவத் தளத்தையும் (magnetic meridian) குறிக்கின்றன. mH விசையின் திசையிலேயே நகர்ந்திருக்கும் தூரமானது KL ஆகும். ஆகவே, செய்த வேலையின் அளவு

$$= m\,H \times KL = m\,H\,(OK - OL)$$
$$= m\,H\,(l - OS\cos\theta)$$
$$= m\,H\,(l - l\cos\theta)$$
$$= m\,H\,l\,(1 - \cos\theta)$$

வடமுனையின் மீது உண்டாகும் விசையையும் கருதும்போது மொத்தமாகச் செய்யும் வேலையின் அளவு $= 2\,ml\,H\,(1 - \cos\theta)$

$$= M\,H\,(1 - \cos\theta) \quad \because 2\,ml = M$$

ஒரு வீசலுக்கு இயக்க ஆற்றல் $= \frac{1}{2}\,I\,\omega^2$

$$\therefore \frac{1}{2}\,I\,\omega^2 = M\,H\,(1 - \cos) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

சமன்பாடு (1-ல்) இருக்கும் ω-வின் மதிப்பை இங்கு உபயோகிக்கும் போது

$$\frac{1}{2}\,I\left(\frac{MGQ}{I}\right)^2 M\,H\,(1 - \cos\theta)$$

$$\frac{M^2G^2Q^2}{2\,I} = MH\,(1 - \cos\theta)$$

$$Q^2 = \frac{2IH\,(1 - \cos\theta)}{MG^2}$$

$$= \frac{2IH}{MG^2}\cdot 2\sin^2\theta/2$$

$$(\because \cos\theta = 1 - 2\sin^2\theta/2)$$

$$= \frac{4IH}{MG^2}\sin^2\theta/2$$

ஆனால், அலைவு நேரம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{G}{MH}}$

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

$$\frac{I}{M} = \frac{I^2H}{4\pi^2}$$

$$Q^2 = \frac{4H}{G^2}\,\frac{T^2H}{4\pi^2}\,\sin^2\frac{\theta}{2}$$

அல்லது

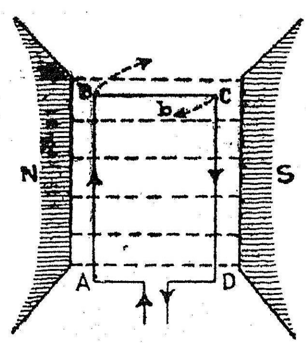
$$Q = \frac{HT}{\pi G} \sin \frac{\theta}{2}$$

H, T, G ஆகியவைகளின் மதிப்பைத் தெரிந்துகொண்டும், பரிசோதனையிலிருந்து θ-வின் மதிப்பைத் தெரிந்து கொண்டும் Q-வின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். தடையுறு திருத்தத்தையும் (damping correction) இங்கு எடுத்துக் கொண்டால் விலகுகோணம் $\theta \left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$ ஆக மாறும். (விரிவாக இதைப் பற்றிப் பின்னால் விளக்கப்பட்டிருக்கிறது.)

அசைவுச் சுருள் அலைவு காட்டும் கால்வனாமீட்டர் (Moving coil ballistic galvanometer)

இதனுடைய அமைப்பும் அசைவுச் சுருள் அலைவு காட்டா நுட்ப கால்வனா மீட்டரின் (moving coil sensitive aperiodic galvanometer) அமைப்பும் ஒன்றாகும். ஆனால், அலைவுகாட்டா மீட்டரில் அதனுடைய சுருள் கம்பியானது உலோக உருளைமேல் சுற்றப்பட்டுள்ளது. அலைவு காட்டும் கால்வனாமீட்டரில் இது ஒரு மின்கடத்தாப் பொருளின் மீது சுற்றப்பட்டுள்ளது. தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும் இழையின் (suspension fibre) முறுக்கு இரட்டை விசையின் (torsional couple) மூலம் இந்த அலைவு காட்டும் கால்வனாமீட்டரில் உண்டாகும் தாக்கு விசை கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

படம் 199-ல் n சுற்றுகள் உள்ள $ABCD$ என்ற சுருள், நிலைக் காந்தத்தின் இரு முனைகளுக்கிடையே வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அந்தச் சுருளின் வழியே i என்ற மின்காந்த அலகுள்ள மின்னோட்டம் பாய்ச்சப் படுகிறது. அந்தக் காந்தம் உண்டு பண்ணும் காந்தப் புலத்தை H ஆகக் கொள்வோம். செங்குத்துப் புயங்களான AB, CD ஆகிய ஒவ்வொன்றிலும் உண்டாகும் விசை 'Hil' ஆகும். மிகக் குறைந்த dt நேரத்தில் உண்டாகும் கணத்தாக்கு $= nHil\,dt$ ஆகும்.



படம் 199

ஆகவே, மொத்தக் கணத்தாக்கு

$$= \int_0^t nHil\,dt$$

$$= nHlQ$$

சுழலப்படும் அச்சில் கணத்தாக்கின் திருப்புதிறன் அ
கோணஉந்தம் (angular momentum) $= n\,H\,l\,Q\,B\,c$

$$= n\,H\,l\,Q\,b$$
$$= H\,A\,Q$$

இங்கு $A = nlb$, அதாவது சுருளின் விளைவுப் பரப்பாகும் (effectiv area). சுருளின் நிலைமத் திருப்புதிறனை I ஆகவும், கோணத்திசை வகத்தை (angular velocity) ω ஆகவும் கொண்டால், சுருளின் கோண உந்தம் $= I\omega$

$$\text{ஆகவே, } H\,A\,Q = I\omega$$

$$\omega = \frac{HAQ}{I} \qquad \ldots\ldots\ldots (3)$$

தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும் இழையை முறுக்கும் வகையில் அந்தச் சுருளின் இயங்கு ஆற்றல் $\frac{1}{2}I\omega^2$ இங்குப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. ஓர் அலகு முறுக்கில் (twist) உண்டாகும் இரட்டை விசை C ஆகவும் முறுக்கில் உண்டாகும் கோணம் θ-வாகவும் கொண்டால் அதில் செய்யப்பட்ட வேலையின் அளவு $\frac{1}{2}\theta\omega^2$

$$\therefore \quad \frac{1}{2}C\theta^2 = \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$\text{அல்லது } \omega^2 = \frac{C}{I}\theta^2 \qquad \ldots\ldots\ldots (4)$$

சமன்பாடு (3) -லிருந்து கிடைப்பது

$$\frac{H^2A^2Q^2}{I^2} = \omega^2$$

$$\text{ஆகவே, } \frac{H^2A^2Q^2}{I^2} = \frac{C}{I}\theta^2$$

அல்லது

$$Q^2 = \frac{CI}{H^2A^2}\theta^2 \qquad \ldots\ldots\ldots (5$$

ஆனால், அதனுடைய அலைவின் நேரம்

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

$$\text{அல்லது } T^2 = 4\pi^2\frac{I}{C}$$

$$\text{அதாவது } = I\,\frac{T^2C}{4\pi^2}$$

இதன் மதிப்பை (5)ஆவது சமன்பாட்டில் இடும்போது

$$Q^2 = \frac{C}{H^2A^2} \frac{T^2C}{4\pi^2} \theta^2$$

$$Q = \frac{T}{2\pi} \frac{C}{AH} \theta$$

உணர்வு நுட்பம் (Sensitivity)

அசைவுச் சுருள் கால்வனுமீட்டரில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவு

$$i = \frac{C}{HA} . \theta$$

$$\text{மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பம்} = \frac{\text{மின்னோட்டம்}}{\text{விலகு கோணம்}}$$

$$= \frac{i}{\theta} = \frac{C}{HA} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

அசைவுச் சுருள் அலைவு காட்டும் கால்வனுமீட்டரில் மின்னூட்ட உணர்வு நுட்பம் (charge sensitivity)

$$= \frac{\text{மின்னூட்டம்}}{\text{விலகு கோணம்}} = \frac{Q}{\theta}$$

$$= \frac{T}{2\pi} . \frac{C}{HA} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

(6), (7) ஆகிய சமன்பாடுகளிலிருந்து மின்னூட்ட உணர்வு நுட்பம் $\frac{T}{2\pi}$ தடவை மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பத்திற்குச் சமமாகும் என்பது தெரிகிறது.

அசைவுச் சுருள் கால்வனுமீட்டரின் நன்மைகள்

(1) அசைவு காந்த அமைப்பில் மின்னூட்டம் Q ஆனது, sin θ/2-க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கிறது. ஆனால், அசைவுச் சுருள் அமைப்பில் இது θ-க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கிறது. ஆகவே, இது முன்னதைக் காட்டிலும் கணக்கிடுவதற்கு எளியதாக இருக்கிறது.

(ii) அசைவு காந்தக் கருவியை எப்போதும் காந்தத் துருவத் தளத்திலிருக்குமாறு அமைத்தல் அவசியமாகும். ஆனால், இந்த அசைவுச் சுருள் கருவியை எந்த நிலையில் வேண்டுமானாலும் வைத்துக் கொள்ளலாம்.

(iii) புவியின் காந்தவிசை H, இடத்திற்கு இடம் மாறுகின்றது. எனினும் அதனால் உண்டாகும் காந்தப்புலத்தின் மாற்றம் அசைவுச் சுருள் கால்வனு மீட்டரைப் பாதிக்காது.

(iv) அசைவு காந்த கால்வனுமீட்டரில் உண்டாகும் விலகு கோணத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் புவியின் காந்தவிசை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுதான் இருக்கும் (fixed). ஆனல், அசைவுச் சுருள் கருவியின் தொங்குசுருளை (suspension) கட்டுப்படுத்தும் இரட்டைவிசை மாறுபடும் தன்மை உடையதால் அதனுடைய உணர்வு நுட்பத்தை அதிகப்படுத்தலாம்.

அசைவு காந்த கால்வனுமீட்டரில் H ஆனது பகுதியிலும் (numerator), அசைவுச் சுருள் கால்வனுமீட்டரில் அது தொகுதியிலும் (denominator) வருகின்றது. இதற்குக் காரணம் முதல் வகையில் காந்தப்புலம் கட்டுப்படுத்தும் புலமாகவும், இரண்டாவது வகையில் காந்தப்புலம் விலக்கும் புலமாகவும் (deflecting field) செயல்படுகின்றன.

ஒரு கால்வனுமீட்டரில் அலைவு இல்லாததாகவும் (dead beat), அலைவு காட்டுவதாகவும் (ballistic) இருப்பதற்கேற்ற நிபந்தனைகள்

எந்தவிதமான அலைவும் இன்றி விலகலை (deflection) மட்டும் காண்பிக்கும் அசைவுச் சுருள் கால்வனுமீட்டருக்கு அலைவிலா (dead beat) கால்வனு மீட்டர் என்று பெயர். விரைவாக மின்னோட்டத்தை அளக்க இந்த கால்வனு மீட்டர்கள் பயன்படுகின்றன. இரண்டு பக்கங்களிலும் அலைவுகளைக் கொண்டிருக்கும் கால்வனு மீட்டருக்கு அலைவு காட்டும் (ballistic) கால்வனு மீட்டர் என்று பெயர். மின்னூட்டத்தை அளப்பதற்கு ஏற்றவகையில் இதனுடைய அலைவு நேரம் அதிகமாக இருக்கும். ஒரு கால்வனுமீட்டர் அலைவிலாமலும், அலைவுடனும் இருப்பதற்கு ஏற்ற நிபந்தனைகளைக் கீழே காணலாம்.

ஒரு நகரும் கால்வனுமீட்டரில் சுருளின் இயக்கத்திற்கு, காற்றின் உராய்வு தொங்கும் இழையின் பாகுநிலை (viscosity of suspension fibre), அருகிருக்கும் உலோகங்களில் உண்டாகும் தூண்டப்படும் மின்னோட்டம் (induced current) ஆகியவைகள் தடைகளாக அமைகின்றன. இயந்திரத் தடையுறவுக்கு (mechanical damping) முதலிரண்டும், மின்காந்தத் தடையுறவுக்கு மூன்ருவதும், காரணமாக அமைகின்றன. அவைகளின் ஒன்று சேர்ந்த விளைவு, கோணத்திசை வேகத்திற்கு (angular velocity) நேர்விகிதத்தில் இருக்கும் ஓர் இரட்டை விசையை (couple) உண்டு பண்ணுகிறது. இது சுருளின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும் வகையில் இருக்கும். P-யைத் தடை எண்ணுகக் (coefficient of damping) கொண்டால் அதைக் கீழ்க்

கண்டவாறு எழுதலாம்: $P\frac{d\theta}{dt}$ மின்சுருள் மூடப்பட்டிருக்கும் நிலையில் நிலைக்காந்தத்தின் காந்தப்புலப் பாயம் (flux) சுருளுடன் வெட்டும் போது, தூண்டும் மின்னோட்டம் உண்டாகும் (induced current). இந்த மின்னோட்டம் கோணத்திசை வேகமான $\frac{d\theta}{dt}$-க்கு நேர்விகிதத்திலும், சுருளில் உள்ள மின்தடை R-க்கு எதிர்விகிதத்திலும் இருக்கும். இந்த மின்னோட்டத்திற்கும், நிலைக்காந்தப் புலத்திற்கு மிடையே ஒரு தடுப்பு இரட்டை விசை (retarding couple) உண்டாகும். காந்தத்தின் காரணமாகவும், சுருளின் பரப்பின் காரணமாகவும் இருக்கும் ஒரு மாறிலியாக (constant) m-ஐ எடுத்துக் கொண்டால், அந்த விசையை $\frac{m}{R} - \frac{d\theta}{dt}$ என்று எழுதலாம். நிலைமத் திருப்பு திறனை (moment of inertia) I-யையும், ஓர் அலகு முறுக்குக்குக் கட்டுப்படுத்தும் இரட்டை விசையாக (controlling couple per unit twist) C-யையும் கொண்டால், அவ்வியக்கத்தின் சமன்பாடு

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} + \left(\frac{m}{R} + P\right)\frac{d\theta}{dt} + C\theta = 0$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{1}{I}\left(\frac{m}{R} + P\right)\frac{d\theta}{dt} + \frac{C}{I}\theta = 0$$

$\frac{1}{I}\left(\frac{m}{R} + P\right) = 2b$ ஆகவும்

$\frac{C}{I} = k^2$ ஆகவும் கொள்வோம்.

ஆகவே,

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2b\frac{d\theta}{dt} + k^2\theta = 0 \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

அந்தச் சமன்பாட்டின் தீர்வு (solution)

$\theta = A e^{at}$ ஆகக் கொண்டால்

$$\frac{d\theta}{dt} = A a e^{at}$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = A a^2 \cdot e^{at}$$

இதன் மதிப்புகளைச் சமன்பாடு (1)-ல் பயன்படுத்தும்போது

$$Aa^2 e^{at} + 2b\, Aa\, e^{at} + k^2 Ae^{at} = 0$$

$$a^2+2b\,a + k^2 = 0$$

$$a = \frac{-2b \pm \sqrt{4b^2-4k^2}}{2}$$

$$= -b \pm \sqrt{b^2-k^2}$$

மாறுநிலை தடையூட்டம் (Critical damping)

$b=k$ ஆக இருக்கும்பொழுது கால்வனுமீட்டரில் மாறுநிலை தடையூட்டம் நடைபெறும். இடப்பெயர்ச்சி அடைந்த பிறகு கொஞ்ச நேரத்தில், அந்தச் சுருளானது தன்னுடைய பழைய நிலைக்கு வரும். ஆகவே, மிகக் குறைந்த நேரத்தில் அந்தச் சுருளில் ஒரே ஒரு வீசல் உண்டாகும்.

அலைவில்லாமைக்கு நிபந்தனைகள் (Conditions to be dead beat)

$b>k$ ஆக இருக்கும் பொழுது a-வின் மதிப்புகள் உண்மையாக (real) இருக்கும் அந்தச் சுருளின் இயக்கம் அலைவில்லாததாக இருக்கும். இதை மாறுநிலை தடையூட்டத்திற்கு (critical damping) ஒப்பிடும் போது, இது அதிக தடையுறுவாக (over damping) இருக்கும். இவ்வகையில்

$b > k$ ஆக இருக்கும்போது

$$\frac{1}{2I}\left(\frac{m}{R} + P\right) > \sqrt{\frac{C}{I}} > \frac{2\pi}{T} \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

ஆக இருக்கும்.

இங்கு T என்பது சுருளின் அலைவு நேரமாகும்

அதாவது, $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{I}{C}}$

மேலே கூறிய சமன்பாடு உண்மையாவதற்கு (i) கருவியின் மின் தடை R குறைவாக இருக்கவேண்டும்; (ii) தாமிரம் போன்ற மின் கடத்தும் உலோகத்தின் மீது அந்தச் சுருளானது சுற்றப்பட்டு அதன் காரணமாக m-ன் மதிப்பு அதிகமாக இருக்கவேண்டும்; (iii) நிலைமத் திருப்புதிறன் குறைவாகவும், தொங்கும் இழை (fibre) தடிமமாகவும் இருந்து அதன் காரணமாக C-யின் மதிப்பு அதிகமாகவும் அலைவு நேரம் குறைவாகவும் இருக்கவேண்டும்.

கால்வனுமீட்டர் அலைவிலாமலிருப்பதற்கு இவைகளே நிபந்தனை களாகின்றன.

அலைவு காட்டுவதற்கு நிபந்தனைகள் (Conditions to be ballistic)

$b < k$ இருந்தால் a-வின் மதிப்புகள் கற்பனையாகி (imaginary) விடுகின்றன. ஆகவே, அதனுடைய இயக்கம் அலைவுள்ளதாக இருக்கும். அதனுடைய அலைவு நேரம்

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{k^2 - b^2}}$$

ஒரு கருவி அலைவு காட்டுவதாக இருப்பதற்கு முக்கியமான நிபந்தனை $b<k$ ஆகும் அதாவது

$$\frac{1}{2I}\left(\frac{m}{R} + P\right) < \sqrt{\frac{C}{I}}$$

$$< \frac{2\pi}{T} \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2) ஆகியவைகளை ஒப்பிடும்போது நிபந்தனைகள் ஒன்றுக்கொன்று எதிராக இருப்பதை அறியலாம். ஆகவே, கால்வனு மீட்டர் அலைவு காட்டுவதாக (ballistic) இருக்கும்.

(i) நிலைமத் திருப்புதிறன் ($M.I$) அதிகமாகவும், இழை (fibre) மெல்லியதாகவும், அதன் காரணமாக C குறைவாகவும், T அதிகமாக வும் இருத்தல் வேண்டும். சுருள் தன்னுடைய சாதாரண நிலையிலிருந்து மாறுவதற்கு முன்பு எல்லா மின்னோட்டமும் சுருளின் வழியாகச் செல்லும் என்பதைக் குறிக்கிறது.

(ii) காகிதம் அல்லது மூங்கில் போன்ற மின் கடத்தாப் பொருள்களின் மீது சுருளானது சுற்றப்பட்டு அதன் காரணமாக m-ன் மதிப்பு குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

(iii) காற்றின் தடையைக் குறைக்க, அதாவது P-யின் மதிப் பைக் குறைக்க இழையை மெல்லியதாக வைத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

நகரும் சுருள் கால்வனுமீட்டர் அலைவிலாததாகவும் பயன்படும் வகையில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அதிக அளவுள்ள மின்தடையை இந்தச் சுருளுடன் தொடர்இணைப்பாகச் சேர்த்து அதை அலைவு

காட்டுவதாகவும் செய்யலாம். அந்த மின்தடையைக் குறுக்குச்சுற்று (short circuit) செய்து, அதை அலைவு இல்லாததாகவும் செய்து கொள்ளலாம்.

அலைவு காட்டும் கால்வனுமீட்டரின் பயன்கள்

இவை பல வகைகளில் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. மின் இயக்கு விசைகளையும் (*E.M.Fs.*) மின் தேக்குதிறன்களையும் (capacities) மின் நிலைமங்களையும் (inductance) ஒப்புமைப்படுத்த (comparison) இது பயன்படுகிறது. இதன் மூலம் சரிவு (dip) அதிக மின்தடை (high resistance), லாகரிதமிக் குறைவு எண் (logarithamic decrement) போன்றவைகளைக் கண்டுபிடிக்க முடியும். மேலும் அதிக அளவுள்ள காந்தப் புலத்தை இதனால் அளக்க இயலும்.

தடையுறு திருத்தம் (Damping correction)

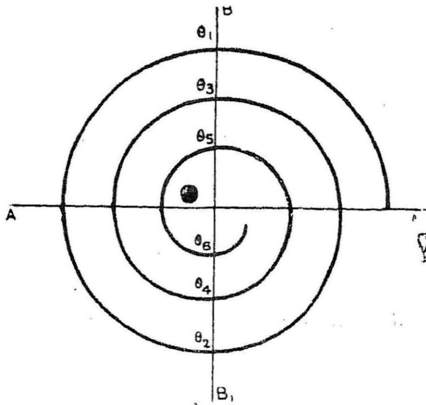
மேற் கூறப்பட்ட கணித முறையில் சுருளின் அசைவு, சீரிசை இயக்கத்தை (simple harmonic motion) ஒத்திருக்கும். ஆனால், செயல் முறையில் அது முற்றிலும் சீரிசை இயக்கமாக இருக்காது. அதனுடைய வீச்சு படிப்படியாகக் குறைந்து கொண்டே வரும். ஆகவே, அதனுடைய அலைவில் தடையூறு ஏற்படுவதால் அதனுடைய வீச்சு, தடையூறு ஏற்படாமலிருந்தால் எவ்வளவு அளவு இருக்குமோ அதைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

எந்த இரு அடுத்தடுத்த வீசல்களின் (throw) விகிதம் மாறிலியாக இருக்கும் என்பதைச் சோதனை மூலம் தெரியலாம். இதிலிருந்து விலகலின் (deflection) வீழும் வீதம் (rate of fall) ஒரு மாறிலி என்று அறியலாம். இடமும் வலமும் அடுத்தடுத்து ஏற்படும் வீசல்களை (throws) θ_1, θ_2, θ_3, θ_4 ஆகக் கொண்டால்,

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{\theta_2}{\theta_3} = \frac{\theta_3}{\theta_4} = d$$

இங்கு d என்பது குறைவெண் (decrement) ஆகும். $\log_e d = \lambda$ இது லாக்ரிதமிக் குறைவெண் (logarithamic decrement) என்று பெயர் பெறும். இதை $e^{\lambda} = d$ என்று குறிக்கலாம்.

இந்த அலைவுகள் சீரிசை இயக்கத்தை ஒத்திருந்தால், அவைகளை BOB^1 என்ற நிலையான நேர்கோட்டின் மேலுள்ள OA என்ற சுழலும் வெக்டரின் (rotating vector) எறிதலால் (projection) குறிக்கலாம். அதனுடைய வீச்சு, படத்தில் (200-ல்) காட்டப்பட்டிருக்கும் சுருளைப் போன்று குறைந்து கொண்டேவரும். ஆகவே,



படம் 200

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{\theta_2}{\theta_3} = \ldots = d = e^{\lambda}$$

θ_1, θ_2 ஆகியவைகளின் மதிப்புகள் அரை அலைவினால் (half oscillation) பிரிக்கப்படுகின்றன. மேலும்

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = e^{\lambda}$$

θ_1, θ_3 ஆகியவைகளின் மதிப்புகள் ஒரு முழு அலைவினால் அதாவது இரு அரை அலைவுகளினால் பிரிக்கப்படுகின்றன.

ஆகவே,

$$\frac{\theta_1}{\theta_3} = \frac{\theta_1}{\theta_2} \times \frac{\theta_2}{\theta_3}$$

$$= e^{\lambda} . e^{\lambda} = e^{2\lambda}$$

அதே போன்று θ_1, θ_4 ஆகியவைகள் மூன்று அரை அலைவுகளால் பிரிக்கப்படும் காரணத்தால்

$$\frac{\theta_1}{\theta_4} = \frac{\theta_1}{\theta_2} \cdot \frac{\theta_2}{\theta_3} \, \frac{\theta_3}{\theta_4}$$

$$= e^{\lambda} . e^{\lambda} . e^{\lambda}$$

$$= e^{3\lambda}$$

தடையூறு இல்லாதபோது முதல் வீசலின் விலகல் θ_0 ஆகவும், ஒரு 'கால் அலைவு'க்குப் பிறகு அதனுடைய மதிப்பை θ_1 ஆகவும்

கொண்டால், மேற்கூறிய சமன்பாடுகளின் பகுப்பாய்வுகளிலிருந்து அவைகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்:

$$\frac{\theta_0}{\theta_1} = e^{\lambda/2}$$

அல்லது $\theta_0 = \theta_1 e^{\lambda/2}$

அல்லது $\theta_0 = \theta_1 \left(1 + \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda^2}{4^2} + \dots\right)$

இது $e^{\lambda/2}$-ஐ விரிவுபடுத்தும்போது கிடைக்கும் மதிப்பாகும்.

λ-வின் மதிப்பு மிகக் குறைவாக இருந்தால் λ-வின் உயர்ந்த படிகளை (higher powers) விட்டுவிடலாம்.

அதனால், $\theta_0 = \theta_1 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$ .... (3)

தடையுறு திருத்தம் தந்த பிறகு (damping corrections) அலைவு காட்டும் கால்வனுமீட்டர்களின் சமன்பாடுகள் கீழ்வருமாறு: அசைவு காந்த வகைக்கு,

$$Q = \frac{H\,T}{\pi\,G} \sin\frac{\theta}{2}\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$ ஆக இருக்கும்.

அசைவுச் சுருள் வகைக்கு,

$$Q = \frac{C\,T}{2\,\pi\,H\,A}\,\theta\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$ ஆக இருக்கும்.

துல்லியமான மதிப்பு தேவையில்லாதபோது முதல் வீசல் θ_1-ஐக் கொண்டு தடையில்லாத வீசலைக் கணக்கிடலாம்.

$$\frac{\theta_0}{\theta_1} = e^{\lambda/2}$$

அல்லது $\left(\frac{\theta_0}{\theta_1}\right)^2 = e^{\lambda} = d$

ஆகவே $\theta_0 = \theta_1 \sqrt{d}$

அல்லது $\frac{\theta_0}{\theta_1} = e^{\lambda/2}$

அல்லது $\theta_0 = \theta_1 e^{\lambda/2}$

$$= \theta_1 (e^{2\lambda})^{\frac{1}{4}}$$

$$\theta_0 = \theta_1 \left(\frac{\theta_1}{\theta_s}\right)^{\frac{1}{4}}$$

ஏனெனில் $e^{2\lambda} = \frac{\theta_1}{\theta_s}$

அதிக எண்ணிக்கைகளுடைய வீசல்களைத் தெரிந்து கொண்டு λ-வின் மதிப்பைத் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம். பத்து அரை அலைவுகளில் θ_1-ம் θ_{11}-ம் இருப்பதாகக் கொண்டால்

$$\frac{\theta_1}{\theta_{11}} = e^{10\lambda}$$

அல்லது $\log_e \frac{\theta_1}{\theta_{11}} = 10\lambda$

அல்லது $\lambda = \frac{1}{10} \log_e \frac{\theta_1}{\theta_{11}}$ .... (4)

இந்தப் பரிசோதனையில் கால்வனாமீட்டரில் மின்னிறக்கம் செல்லும் பொழுது, அதனுடைய கம்பிச் சுருள் அதிரும் வகையில் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இடமும் வலமுமாக அடுத்தடுத்து வரும் 11 வீசல்களைத் தெரிந்துகொண்டு சமன்பாடு (4)-ஐ உபயோகித்து λ-வின் மதிப்பைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். λ-வின் மதிப்பைத் தெரிந்து கொண்டு சமன்பாடு (3)-ஐ உபயோகித்து θ_0-வின் மதிப்பைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

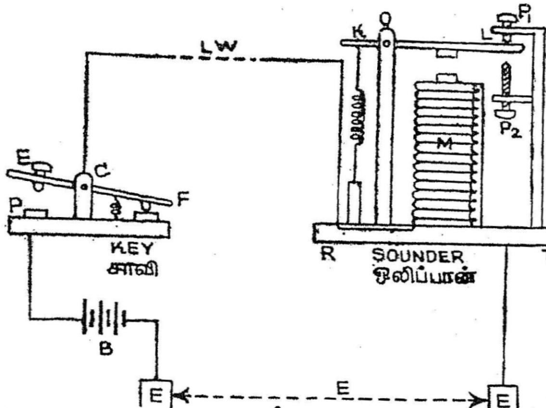
மின்காந்தத்தின் பயன்

(Application of Electro magnetism)

மின்தந்திக் கருவி (Electric Telegraphy)

மின்காந்தக் கொள்கை பல்வேறு கருவிகளில் பயன்படுத்தப் படுகிறது. அவைகளில் சிலவற்றைக் கீழ்வரும் பகுதிகளில் காணலாம். மின்தந்தியின் வாயிலாக ஓரிடத்தில் இருந்து அனுப்பப்பட்ட செய்திகளையும், குறிகளையும் வேறு ஓர் இடத்தில் பெறலாம். மோர்ஸ் மின்தந்தி அமைப்பின் முக்கிய பாகங்கள் மோர்ஸ் சாவி (Morse key), ஒலி தாங்கிச் செல்லும் கம்பி (line wire), மோர்ஸ் ஒலி எழுப்பி (Morse sounder) ஆகும்.

மோர்ஸ் சாவி, மின் கடத்தாப் பலகை ஒன்றின்மேல் பொருத்தப் பட்ட EF என்ற உலோகக் கோலைப் பெற்றுள்ளது. E-க்கும் F-க்கும் அடியில் இரண்டு உலோகக் குமிழ்கள் (studs) அமைந்துள்ளன. அதிக எண்ணிக்கை கொண்ட லெக்லான்ஞ் மின்கலங்களாலோ அல்லது சேமக்கலங்களாலோ (storage cells) அமைக்கப்பட்ட மின் சேமக் கலத்தின் ஒரு முனையை P-யோடு இணைக்க வேண்டும். மற்ற முனையை நிலத்தில் ஆழப் புதைக்கப்பட்ட ஓர் உலோகத் தகட்டோடு



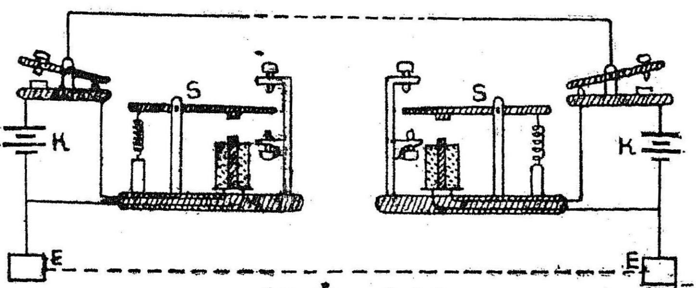
படம் - 201

இணைத்து நில இணைப்புண்டாக்க வேண்டும் (earthing). ஒலி தாங்கிச் செல்லும் கம்பி LW (line wire) உலோகக் கோலின் தாங்குபுள்ளி (fulcrum) 'e'யுடன் இணைக்கப்படுகிறது. இந்தக் கம்பி ஒலிஎழுப்பி (sounder) அமைக்கப்பட்ட, ஒலி வாங்கும் நிலையத் தோடு (receiving station) இணைக்கப்படுகிறது. ஒலி தாங்கிச் செல்லும் இக்கம்பியின் ஒரு முனை, மின்காந்தத்தின்மேல் உள்ள கம்பிச் சுருளோடு (M) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சுருளின் மறுமுனை நில இணைப்பூட்டப்பட்டுள்ளது.

K என்ற நெம்பு கோல் (lever) ஒரு மின் கடத்தாத் தாங்கியோடு (support) O என்ற புள்ளியில் நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டு "ஆர்மேச் சூர்" (armature) என்றழைக்கப்படும் மென்மையான இரும்புத் துண்டு A-யைப் பெற்றுள்ளது. இக்கோலின் நுனி K ஒரு கம்பிவில்லோடு (spring) இணைக்கப்பட்டுக் கீழே இழுக்கப்படுவதால் கோலின் மறு முனை P_1 என்ற திருகைத் (screw) தொட்டுக் கொண்டுள்ளது.

செயல்முறை (Action): ஒலி பரப்பப்படும் நிலையத்தில் உள்ள E என்ற சாவி அழுத்தப்படும்போது P என்ற குமிழியோடு இணைப்பு ஏற்பட்டு நிலத்தின் வழியாகச் சுற்று பூர்த்தி அடைகிறது (closed).

ஆகவே, இவ்வமைப்பு ஒலி தாங்கிச் செல்லுவதற்கு ஒரே ஒரு கம்பி போதுமானதாக உள்ளது. சுற்று பூர்த்தி அடைவதால், மின்காந்தத்தைச் சுற்றி மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. இதனால், காந்தமூட்டப்பட்ட மின்காந்தம் ஆர்மெச்சூரை (A) தன்பால் இழுக்கிறது. A இணைக்கப்பட்ட கோல் கீழே இழுக்கப்பட்டு P_2 என்ற திருகின்மேல் மோதி 'டிக்' என்ற ஒலியை எழுப்புகிறது. E-ல் சாவியை விட்டுவிடும்போது சுற்றின் இணைப்பறுக்கப்பட்டு, ஆர்மெச்சூர் விடுபடுகிறது. வில்லின் செயலால் கோல் மீண்டும் பின்பக்கம் இழுக்கப்பட்டு P_1 என்ற திருகின் மீது மோதி 'டிக்' (click) என்ற மற்றொரு ஒலியை எழுப்புகிறது. இவ்விரண்டு 'டிக்' 'டிக்' என்ற ஒலிகளின் இடைவெளி 'E' சாவியை அழுத்திப்பிடித்துக் கொண்டிருக்கும் நேரத்தைப் பொறுத்தது. ஆகவே, சாவியின் குறுகிய அல்லது நீண்ட இணைப்பால், 'டிக்'



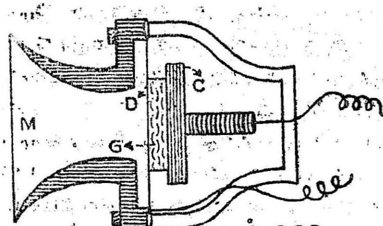
படம் - 202

'டிக்' ஒலிகளின் இடைவெளியைக் குறுகியதாகவோ நீண்டதாகவோ ஆக்கலாம். ஒரு குறுகிய இடைவெளியைப் புள்ளி (dot) எனவும், ஒரு நீண்ட இடைவெளியைக் கோடு (dash) எனவும் அழைக்கிறோம். ஆகவே, ஆங்கில எழுத்துகளும் எண்களும், பொதுவாக அறிவிக்கப்பட்ட மோரிஸ் அமைப்புப்படி (morse code) வெவ்வேறு புள்ளி—கோடு இணை அமைப்பால் எடுத்தாளப்பட்டுச் செய்திகள் அனுப்பப்படுகின்றன.

செய்திகளை அனுப்பவும் வாங்கவும் ஒவ்வொரு நிலையமும், சாவியையும் ஒலி எழுப்பியையும் பெற்றுள்ளது. இவ்வமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இம்முறையில் ஒரே நேரத்தில், ஒன்று செய்திகள் அனுப்பவோ அல்லது பெறவோதான் முடியும். ஆனால், தற்பொழுது உபயோகத்தில் உள்ள மிகவும் திருத்தப்பட்ட அமைப்புகளில் செய்திகளை ஒரே நேரத்தில் அனுப்பவும் பெறவும் முடியும்.

தொலைபேசி

ஒரு தொலைபேசியின் முக்கிய பாகங்கள் பரப்பி (transmitter) ஏற்பி (receiver) ஆகும். இதை 1876-ல் அலெக்ஸாண்டர் கிரஹாம் பெல் கண்டுபிடித்தார். தற்போது அவருடைய கருவி ஏற்பியாக மட்டும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. தற்காலக் கருவியான ஒரு மைக்ரோஃபோன் செலுத்தியாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

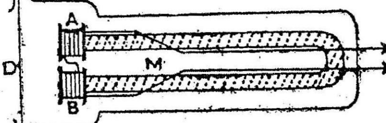


படம்-203

பரப்பி (Transmitter): பரப்பியின் தற்கால அமைப்பான மைக்ரோஃபோனை ஹீகஸ் 1878-ல் கண்டுபிடித்தார். நுண்ணிய கரித்துகள்கள் (granules) இளக்கமாக (loosely) அமைக்கப்பட்ட '*G*' என்ற அறையை இது பெற்றுள்ளது.

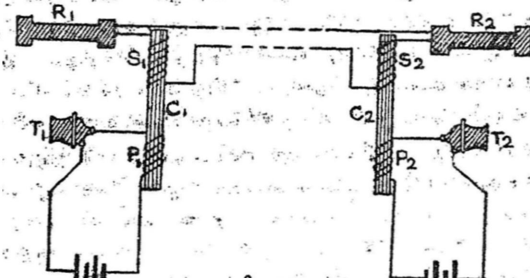
இந்த அறையின் முகப்பு (front) ஒரு மெல்லிய கரிமூடியால் (carbon lid) அடைக்கப்படுகிறது. இது இடைத்திரை (diaphram) என அழைக்கப்படுகிறது. அறையின் பின்புறம் ஒரு தடித்த கரித்துண்டால் அடைக்கப்படுகிறது. இடைத்திரையும் தடித்த கரித்துண்டும் சுற்றோடு இணைக்கப்படுகின்றன. செய்திகளைப் பேசுவதற்காக, இடைத்திரையின் முன்னால் ஒரு கூம்பிய வாயிடம் (mouth piece) *M* அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒலி அலைகளை அகன்ற பரப்பிலிருந்து சேகரித்து இடைத்திரையின் மேல் குவிப்பதற்கு இந்தக் கூம்பு அமைப்புப் பயன்படுகிறது.

ஏற்பி (Receiver): ஒரு நிலையான காந்தத்தையும் (*M*), அதன் முனைகள்மேல் சுற்றப்பட்ட முழுவதும் காப்பிடப்பட்ட *A*, *B* என்ற இரண்டு கம்பிச் சுருள்களையும் ஏற்பி பெற்றுள்ளது. காந்த முனைகளுக்கு முன்பக்கம், இடைத்திரையாக அமைக்கப்படும். ஒரு மெல்லிய இரும்புத் தட்டு '*D*' முனைகளுக்கு அருகில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இவ்வமைப்பு முழுவதும் மின் கடத்தாப் பொருளால் செய்யப்பட்ட உறைக்குள் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இது 'பெல்—ஏற்பி' (Bell receiver) என்று, கண்டுபிடித்தவர் பெயரால் அழைக்கப்படுகிறது.



படம்-204

தொலை பேசிச் சுற்று (Telephone circuit). இரு நிலையங்களுக்கு இடையே உள்ள தொலை பேசிச் சுற்று படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் - 205

இதில் R_1, R_2வும் இரு நிலையங்களின் ஏற்பிகள்; T_1, T_2 செலுத்திகள்; P_1, P_2 தூண்டு மின் சுருள்களான C_1, C_2 வின் முதன்மைச் சுருள்கள் (primary coils); S_1, S_2 துணைச் சுருள்கள் செலுத்திக்கு முன்னால் (secondary coils). ஒலி எழுப்பும்போது, இடைத்திரை அதிர்வடைகிறது. ஓர் ஒலி இறுக்கம் (compression) இடைத்திரையைத் தாக்கும் போது கரித்துகள்கள் மிகவும் இறுகி நெருக்கமாக அமைக்கப்படுகின்றன. இதனால் அவைகளின் மின்தடை குறைந்து மின்னோட்டம் அதிகமாகிறது. ஒலி அடர் குறைப்பு (rarefaction) ஏற்படும் போது இடைத்திரை விரிந்து, கரித்துகள்களை மேலும் இளக்கமாக்குகிறது. ஆகவே, கரித்துகள்களின் மின்தடை அதிகரித்து மின்னோட்டம் குறைகிறது. ஆகவே, இடைத்திரை ஒலி அலைகளால் தாக்கப்படும் போது முதன்மைச் சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம் மாறுபடுகிறது. முதன்மைச் சுருளில் மாறுபடும் இம் மின்னோட்டம், துணைச்சுருளில் ஒரு மாறுபடும் மின்னோட்டத்தைத் தூண்டுகிறது. இத் தூண்டு மின்னோட்டம் ஏற்பிக்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டு, அதில் உள்ள காந்தத்தைத் தூண்டுகிறது. வலிமை நிறைந்த மின்னோட்டம் பாயும் போது காந்தம் இடைத்திரையை ஈர்க்கிறது.

மின்னோட்ட வலிமை குறையும்போது இடைத்திரை விடுபடுகிறது. இதனால் இடைத்திரையும், அதற்கு முன்பக்கமுள்ள காற்றும் அதிர்வடைகின்றன. காற்றின் இவ்வதிர்வு செலுத்தியில் ஏற்படுத்தப்படும் ஒலி அலைகளைப் பொறுத்திருக்கும்.

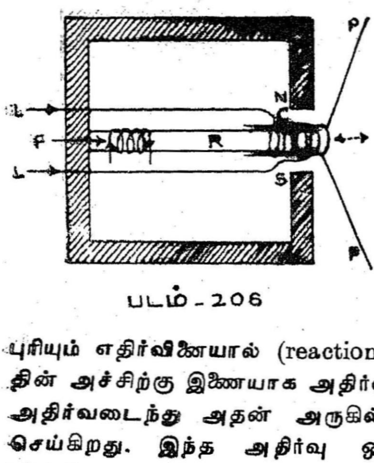
ஆனால், உண்மையான அமைப்பில் ஒரு மின்சார மணி சுற்றில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ஆகவே, நாம் பேச நினைக்கும் பொழுது மணியின் மூலம் ஒலி எழுப்பி, வேற்று நிலையத்தாரை அழைக்கலாம்.

ஒலி பெருக்கி (The loud speaker)

ஒரு மைக்ரோஃபோன் முன் எழுப்பப்பட்ட ஒலிக்கு உருப் பெருக்கமூட்டி (magnified) தொலைவிற்கும் கேட்குமாறு செய்யும் சாதனம் ஒலி பெருக்கியாகும். இது பொதுக் கூட்டங்களிலும், திரை அரங்கங்களிலும் (theatres) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவைகளில் எண்ணற்ற வகை உண்டு. ஆனால், கீழே கொடுக்கப்பட்ட அமைப்பு மின்னியக்க (electrodynamic) ஒலிபெருக்கி அமைப்பைச் சாரும்.

அது *NS* என்ற சக்திவாய்ந்த காந்தத்தைப் பெற்றுள்ளது. இது நிலையான காந்தமாகவோ அல்லது புலச்சுருள் *F*-ன் வழியாகப் பாயும் நேர் திசை மின்னோட்டத்தால் தூண்டப்படும் காந்தமாகவோ இருக்கலாம். காந்தத்தின் முனைகள் வட்ட வடிவ குறுக்கமைப்புக் கொண்ட நீள் உருளை வடிவில் அமைந்துள்ளன.

காந்தத்தின் முனைகளுக்கு இடையில் *R* என்ற இரும்பு உள்ளகம் (iron cone) செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. உள்ளகத்தின் நுனியோடு இணைக்கப்பட்ட காகிதக் கூம்பின் (paper cone) மேல் பேச்சுச் சுருள் '*C*' (speech coil) சுற்றப்பட்டுள்ளது. மைக்ரோஃபோனில் உள்ள மின் *LL* என்ற கம்பிகள் மூலம் பேச்சுச் சுருளில் பாய்ந்து பின் வெளியேறுகிறது. மைக்ரோஃபோனில் பாயும் மாறுபடும் மின்னோட்டம் '*NS*' காந்தத்தின் ஆரக்கால் காந்தப்புலத்தோடு (radial field) புரியும் எதிர்வினையால் (reaction), பேச்சுச்சுருள் இரும்பு உள்ளகத்தின் அச்சிற்கு இணையாக அதிர்வடைகிறது. இதனால் காகிதக் கூம்பு அதிர்வடைந்து அதன் அருகில் உள்ள காற்றை அதிர்வடையச் செய்கிறது. இந்த அதிர்வு ஒலிபெருக்கியில் பாயும் மாறுபடும் மின்னோட்டத்தைப் பொறுத்திருக்கும்; ஆகவே, தொடக்கத்தில் மைக்ரோஃபோனில் ஏற்படுத்தப்பட்ட ஒலி அலைகள், மின் ஏற்படுத்தும்.

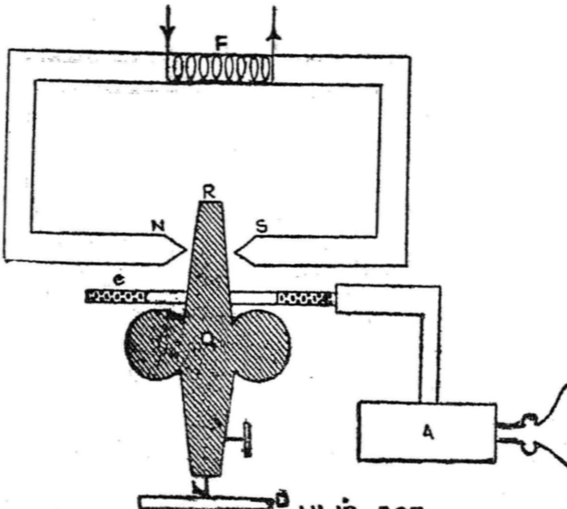


படம் - 206

மின்காந்த ஒலிப்பதிவும் ஒலி மீட்டலும் (Electro magnetic recording and reproduction of sound)

கடந்த காலத்தில் நிகழ்ந்த உரைகளையும், இசை வெள்ளத்தையும் நாம் கிராமஃபோன் இசைத்தட்டுகள் மூலம் இன்றும் கேட்கிறோம். அவைகளில் ஒலியைப் பதிக்கும் முறையைக் காண்போம்.

மைக்ரோஃபோன் 'M' முன் ஏற்படுத்தப்பட்ட ஒலி அலைகள் மாறுபடும் மின்னோட்டமாக மாற்றப்பட்டு, ஒரு பெருக்க அமைப்பால் (amplifying arrangement) பெருக்கப்பட்டு ஆர்மெச்சூர் Rஐச் சுற்றியுள்ள சுருள் C-க்கு ஊட்டப்படுகிறது. ஆர்மெச்சூரின் மேல்முனை



படம் - 207

சக்தி வாய்ந்த மின்காந்தம் N, S ஏற்படுத்தும் புலத்தில் நீட்டிக் கொண்டிருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு சஃபையர் முள்ளைப் (sapphire needle) பெற்ற ஆர்மெச்சூரின் கீழ் முனை மெழுகுத்தட்டு D-யின் மேல் செதுக்கப்பட்ட கருப்புப்புரிகளின் மேல் (black grooves) நகரும். சுருள் C-ல் மின்னோட்டம் மாறுபடும்போது ஆர்மெச்சூரின் காந்த ஊட்டத்திறன் (magnetisation) மாறுபடும். இது R-ன் இயக்கத்தை மாற்றி அமைக்கும். இதனால் சுற்றிக் கொண்டிருக்கும் மெழுகுத் தட்டின் மேல் சஃபையர் முள் சீராக நகரும். கருப்புப் புரிகளின் மேல் முள் வரையும் குறிகள் மாறுபடும் மின்னோட்டத்தைப் பொறுத்துள்ளது. அதாவது, மைக்ரோஃபோன் முன் ஏற்படுத்தும் ஒலி அலைகளைப் பொறுத்து இம் முள் தட்டின் மீது நகரும். இந்த மெழுகுத் தட்டிலிருந்து நிலையான ஷெல்லாக் பதிவுத் தட்டுகளை (shellac records) நாம் செய்யலாம்.

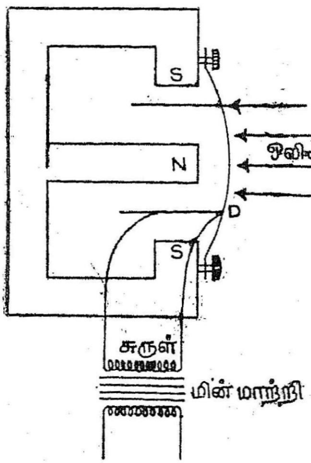
ஒலி பதிக்கப்பட்ட தட்டுகள் கீழ்க்கண்ட முறையில் இயங்கி, ஒலி மீட்கப்பட்டு இசைக்கப்படுகிறது.

ஒலி பதிக்கப்பட்ட தட்டின் மேல் நகரும் முள் சுருள் 'C'-யில் மாறுபடும் மின்னோட்டத்தைத் தூண்டும். இம் மாறுபடும் மின்னோட்டம்

ஒலி பெருக்கிக்குச் செலுத்தப்பட்டுத் தேவையான அளவு பெருக்கப் படுகிறது (amplified). இதனால் ஒலிபெருக்கியில் அதிர்வு ஏற்பட்டு மீண்டும் ஒலியை மீட்டுக் கொடுக்கிறது.

அசைவுச் சுருள் மைக்ரோஃபோன் (Moving coil microphone)

இது நீள் உருளை வடிவ வடமுனை N-யும், வட்ட வடிவ தென்முனை S-யும் கொண்ட ஒரு குடவடிவ காந்தத்தைப் (pot magnet) பெற்றுள்ளது. விறைப்பான காகிதத் தாளினால் மூடி வடிவில் (dome shape) செய்யப்பட்ட D என்ற இடைத்திரை காந்தத்தின் தென் முனையோடு இணைக்கப்பட்டு, அதன் மையத்தில் அதிர்வு ஏற்படுமாறு அமைந்துள்ளது. அட்டையால் செய்யப்பட்ட C என்ற குழாய் இடைத் திரையோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இக் குழாயின் மேல் ஒரு கம்பிச் சுருள் சுற்றப்பட்டுள்ளது. இக் கம்பிச் சுருளும் அட்டைக் குழாயும் காந்தத்தின் முனைகளைத் தொடாதவண்ணம் அதனுடைய வலிமை வாய்ந்த காந்தப் புலத்தில் அமைக்கப் பட்டுள்ளன.



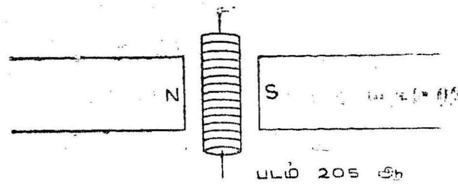
படம் - 205 அ

ஒலி அலைகள் இடைத்திரையைத் தாக்கும்போது அதிர்வடைவதால், அட்டைக்குழாய் காந்தப்புலத்தில் முன்னும் பின்னும் நகர்கிறது. இதனால் சுருளில் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. இத் தூண்டு மின்னோட்டம் ஒலி அலைகளின் செறிவைப் பொறுத்து மாறு படுகிறது. இம் மாறு மின்னோட்டம், மைக்ரோஃபோன் மின் மாற்றியால் (microphone transformer) பெருக்கப்பட்டு, பெருக்கிக்குப் பாய்ச்சப்படுகிறது.

நாடா மைக்ரோஃபோன் (Ribbon microphone)

இது மெல்லிய விறைப்பான அலுமினியத் தகட்டைப் பெற்றுள்ளது. வலிமையான புலத்தை ஏற்படுத்தும் காந்தத்தின் முனைகளுக்கு இடையில் இத் தகடு தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. ஒலி அலைகள்

தகட்டின் மீது மோதும்போது தகடு அதிர்வடைகிறது. வலிமையான காந்தப்புலத்தில் ஏற்படும் இவ்வதிர்விஞல், தகட்டில் ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. இத் தூண்டு மின்னோட்டம் ஒலி அலைகளின் செறிவைப் பொறுத்து மாறுபடும் என அறிவோம். இம் மாறுபடும் தூண்டு மின்னோட்டம், மைக்ரோஃபோன் மின் மாற்றியால் பெருக்கப்படுகிறது.

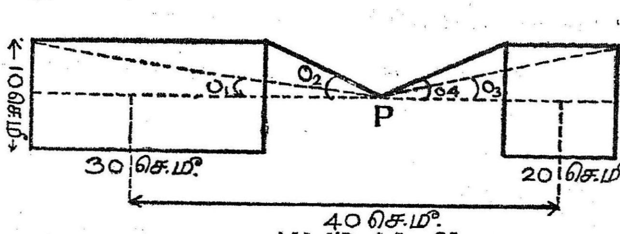


படம் 205 இ

அலுமினியத் தகட்டின் அதிர்வு, அதைத் தாக்கும் காற்று மூலக்கூறுகளின் திசை வேகத்தைப் பொறுத்துள்ளமையால் இம் மைக்ரோஃபோன் திசை வேக மைக்ரோஃபோன் (velocity mirophone) எனவும் அழைக்கப்படும்.

பயிற்சிகள்

1. 30 செ.மீ., 20 செ.மீ. நீளமுள்ள இரண்டு வரிச் சுற்றுகளின் மேல் 300 சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிகள் சுற்றப்பட்டுள்ளன. அவைகள் தொடராக இணைக்கப்பட்டு, அவைகளின் மையங்கள் 40 செ.மீ. தூரத்தில் இருக்குமாறு பொது அச்சில் அமைக்கப்படுகின்றன. அவைகளின் ஆரம் 5 செ.மீ. என எடுத்துக் கொண்டு அவைகளின் மையப் புள்ளியில் இருந்து சமதூரத்தில் உள்ள P என்ற புள்ளியில் 1 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் புல வலிமையைக் கணக்கிடு.



படம்-14. அ

30 செ.மீ. நீளமுள்ள வரிச் சுற்றினுல் P-ல்

$$\text{ஏற்படும் புலம்} = \frac{1}{10}(2\pi\, ni)(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

$$= \frac{2\pi \times 300}{10 \times 30} \times 1 \left[\frac{35}{\sqrt{(35^2+5^2)}} - \frac{4}{\sqrt{(5^2+5^2)}}\right]$$

$$= 2\pi\left(\frac{35}{\sqrt{1250}} - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$
$$= 2\pi \times 0{\cdot}283$$
$$= 1{\cdot}778 \text{ ஓயர்ஸ்டட்.}$$

20 செ.மீ. நீளமுள்ள வரிச் சுற்றினால் P-ல் ஏற்படும் புலம்

$$= \frac{1}{10}(2\pi ni)(\cos\theta_3 - \cos\theta_4)$$
$$= \frac{2\pi \times 300}{10 \times 20} \times 1\left[\frac{30}{\sqrt{30^2+5^2)}} - \frac{10}{\sqrt{(10^2+5^2)}}\right]$$
$$= 3\pi\,(0{\cdot}9863 - 0{\cdot}8943)$$
$$= 3\pi \times 0{\cdot}092 = 0{\cdot}867$$

ஆகவே, இரண்டு வரிச் சுற்றுகளால் P-ல் ஏற்படும் புலம்

$$1{\cdot}778 \pm 0{\cdot}867 \qquad (A)$$

இரண்டு புலங்களும் ஒரே திசையில் செயல்படும்போது (A-ன் அளவு $2{\cdot}645$ ஓயர்ஸ்டட். இரண்டும் எதிர்த் திசையில் செயல்படும்போது $0{\cdot}911$ ஓயர்ஸ்டட்.

2. 2 வோல்ட்டு மின் ஊட்டப்பட்ட ஒரு மின் தேக்கி ஒரு பேலஸ்டிக் கால்வனோ மீட்டர் வழியாக மின்னிறக்கும்போது, (சரி செய்யப்பட்ட) விலகல் 9·6 செ.மீ. கால்வனோ மீட்டரின் மின் உணர்வுத் திறன் $2{\cdot}2 \times 10^{-8}$ ஆம்பியர்/செ. மீ. அதனுடைய அலைவு நேரம் 12 விநாடிகள் எனக் கொண்டு, மின் தேக்கியின் மின் தேக்கு திறனைக் கண்டுபிடி.

மின்னூட்ட உணர்வுத் திறன் (charge sensitiveness)

$$= \frac{T}{2\pi} \times \text{மின் உணர்வுத்திறன் (current sensitiveness)}$$
$$= \frac{12}{2 \times 3{\cdot}1416} \times 2{\cdot}2 \times 10^{-8}$$
$$= 4{\cdot}203 \times 10^{-8} \text{ கூலூம்/செ.மீ.}$$

$$\text{மேலும் மின் ஊட்ட உணர்வுத்திறன்} = \frac{\text{மின் ஊட்டம்}}{\text{விலகல்}} = \frac{q}{9{\cdot}6}$$

$$\text{ஆகவே } \frac{q}{9{\cdot}6} = 4{\cdot}203 \times 10^{-8}$$

$$q = 4{\cdot}203 \times 10^{-8} \times 9{\cdot}6 \text{ கூலூம்}$$

மின் தேக்கியின் தேக்குதிறனை C எனக் கொண்டு, மின்தேக்கியின் மின் அழுத்த வேறுபாடு V வோல்ட்டுகள் எனக் கொண்டால்,

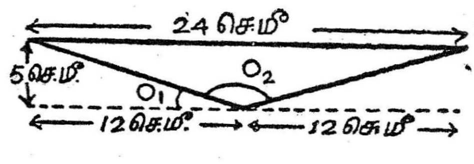
$$q = C \times V = C \times 2.$$
$$2C = 4{\cdot}203 \times 10^{-8} \times 9{\cdot}6$$
$$C = \frac{4{\cdot}203 \times 9{\cdot}6 \times 10^{-8}}{2}$$
$$= 0{\cdot}2015 \times 10^{-6} \text{ ஃபாரடுகள்}$$
$$= 0{\cdot}2015 \text{ ஃபாரடுகள்.}$$

3. 1200 சுற்றுகள் கொண்ட ஒரு வரிச்சுற்று ஒரு கண்ணாடிக் குழாயின்மேல் ஒற்றை வரியில் சீராகச் சுற்றப்பட்டுள்ளது (uniformly wound in single layer). அதன் நீளம் 24 செ.மீ., அதன் விட்டம் 10 செ.மீ., 0·1 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் அந்தக் கம்பி வழியாகப் பாயும் போது ஏற்படும் புலத்தின் வலிமையைக் கீழ்க்கண்ட புள்ளிகளில் கண்டுபிடி.

(a) வரிச் சுற்றின் மையப் புள்ளி.

(b) வரிச் சுற்றின் முடிவுப் புள்ளி.

வரிச் சுற்றின் உட்பக்கத்தின் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் புல வலிமை $F = 2\pi ni(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$. இங்கு 1 செ.மீ. உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $= n$. பாயும் மின் ஓட்டம் $= i$



படம்-14-ஆ

(a) மையப் புள்ளியில் புலம் :

$$\cos\theta_1 = \frac{12}{\sqrt{12^2+5^2}} = \frac{12}{13}$$

$$\cos\theta_2 = \cos(180 - \theta_1) = -\frac{12}{13}$$

$$\text{ஆகவே } F = 2\pi \times \frac{1200}{24} \times 0{\cdot}1 \times \frac{24}{13}$$

$$= 57{\cdot}97 \text{ ஒயர்ஸ்டட்.}$$

(b) $$\cos\theta_1 = \frac{24}{\sqrt{24^2+5^2}} = \frac{24}{\sqrt{601}}$$

$$\cos\theta_2 = \cos 90^\circ = 0$$

வரிச் சுருளின் முடிவுப் புள்ளியில் உள்ள புலத்தின் வலிமை

$$= 2\pi \times \frac{1200}{24} \times 0{\cdot}1 \left(\frac{24}{\sqrt{601}} - 0 \right)$$

$$= 2\pi \times \frac{1200}{24} \times 0{\cdot}1 \times \frac{24}{\sqrt{601}}$$

$= 31{\cdot}27$ ஓயர்ஸ்டட்.

4. 10 செ.மீ. நீளமுள்ள இரண்டு நேரான கம்பிகள் 1 செ.மீ. இடைவெளியில் ஒன்றிற்கு இணையாக மற்றொன்று அமைக்கப் பட்டுள்ளது. அவைகளில் முறையே 30 ஆம்பியர், 40 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்ந்தால், ஒவ்வொன்றின் மீதும் செயல்படும் மொத்த விசையைக் கணக்கிடு.

ஒவ்வொரு கம்பியின் விசை/1 அலகு நீளம்

$$= \frac{2\, i_1\, i_2}{d} \text{ டைன்கள்.}$$

இங்கு i_1, i_2 மின் காந்த அலகுகளில் உள்ளன.

$i_1 = 30$ ஆம்பியர் $= 3$ e.m. அலகுகள்.

$i_2 = 40$ ஆம்பியர் $= 4$ e.m. அலகுகள்.

$d = 2$ செ.மீ.

ஒவ்வொரு கம்பியின் விசை/1 அலகு நீளம்

$$= \frac{2 \times 3 \times 4}{2} = 12 \text{ டைன்கள்}$$

ஒவ்வொன்றும் 10 செ.மீ. நீளம் கொண்டமையால், ஒவ்வொரு கம்பியின் மொத்த விசை $12 \times 10 = 120$ டைன்கள்.

பயிற்சி

1. காந்தத் துருவத் தளத்தில் தன் தளம் அமையப் பெற்ற ஒரு சுருளின் வழியாக i ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. சுருளின் மையத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு காந்த ஊசி ஒரு குறிப்பிட்ட விலகலை ஏற்படுத்துகிறது. மின்னோட்ட அளவு $\sqrt{8}\, i$ ஆம்பியருக்கு உயர்த்தப்பட்டால், அதே அளவு விலகல் கிடைப்பதற்கு காந்த முள்ளை மையத்திலிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் வைக்க வேண்டும்?

2. ஒரு கம்பிச் சுருளின் அச்சு காந்தத் துருவத் தளத்தில் அமையுமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் மையத்தில் தொங்கவிடப் பட்டிருக்கும் காந்த ஊசி நிமிடத்திற்கு 5 அலைவுகள் செய்கின்றது. புவிகாந்தப் புலத்தின் கிடைச் செறிவு 0.2 காஸ் எனக் கொண்டு

மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் காந்தப் புலத்தின் அளவைக் கண்டுபிடி.
[விடை : 0·6 அல்லது 1 காஸ்.]

3. டேன்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டரின் கம்பிச் சுருளைப் போன்ற 12 செ.மீ. ஆரமும், 40 சுற்றுகளும் கொண்ட ஒரு சுருளில் 10 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. சுருளின் மையப் புள்ளியில் இருந்து 50 செ.மீ. தூரத்தில் அச்சின்மேல் உள்ள ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் புலத்தின் செறிவை *C.G.S.* அலகுகளில் கணக்கிடு. [B.Sc. Hons.]

4. 10 செ.மீ. ஆரமும், 25 சுற்றுகளும் கொண்ட இரண்டு சுருள்களைக் கொண்ட ஒரு ஹெம் மோல்ட்ஸ் கால்வனு மீட்டர் 45° விலகல் ஏற்படுத்துகிறது. அதில் பாயும் மின்னோட்ட அளவைக் கண்டுபிடி. ($H=0·3$ ஒயர்ஸ்டட்.) (விடை $=0·1335$ ஆம்பியர்கள்.)

4. ஒரு ஹெம் மோல்ட்ஸ் கால்வனு மீட்டரின் இரண்டு சுருள் களில் ஒவ்வொன்றும் 16 செ.மீ. ஆரமும் 50 சுற்றுகளும் கொண்டுள்ளது. 0·1 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும்போது 45° விலகல் ஏற்படுகிறது. புவிப் புலத்தின் கிடைச் செறிவைக் கணக்கிடு.

5. ஒரு கம்பிச் சுருளின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தால் அச்சின்மேல் உள்ள ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப் புலத்தினைக் கண்டுபிடி.

ஹெம் மோல்ட்ஸ் கால்வனோ மீட்டரின் கொள்கையை விளக்கு. எந்த வழியில் அது டேன்ஜன்ட் கால்வனு மீட்டரைவிட மிகுந்த பயனுறு திறமுடையது (efficient)? [61 ஏப்ரல்.]

6. ஒரு வரிச் சுற்றின் அச்சின்மேல் உள்ள ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் புலத்தின் செறிவைக் கண்டுபிடி.

d செ.மீ. தூரம் பிரிக்கப்பட்ட, கிட்டத்தட்ட சமமான ஆர முள்ள இரண்டு மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிச்சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள விசையைக் கணக்கிடு.

கீழ் வரும் நிபந்தனைகளில் பிரிக்கப்பட்ட வேண்டிய தூரத்தைக் கண்டுபிடி.

(a) விசை உச்ச அளவை அடைவதற்கு,

(b) விசை ஏதும் இல்லாமல் இருப்பதற்கு. (62 செப்டம்பர்.)

7. இடையே உள்ள விசையைக் கணக்கிடு.

(a) இரண்டு முடிவிலா நீண்ட இணைகடத்திகளுக்கு;

(b) சம விட்டங்கள் உள்ள நெருக்கி வைக்கப்பட்ட இரண்டு பொது அச்சுச் சுருள்களுக்கு.

ஒரு மின் டைனமோ மீட்டரின் (electro dynamometer) படம் வரைந்து, அதன் அமைப்பு, கொள்கை, பயன் இவைகளை விளக்கு. (63 ஏப்ரல்.)

8. ஒரு வரிச்சுருள் மின் நிறுத்தியின் (solenoidal inductor) கொள்கையையும் பயனையும் விவரி. (63 செப்டம்பர்.)

9. ஒரு கம்பிச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தால் சுருளின் அச்சின்மேல் உள்ள ஒரு புள்ளியில் உண்டாகும் புலத்தினைக் கணக்கிடு.

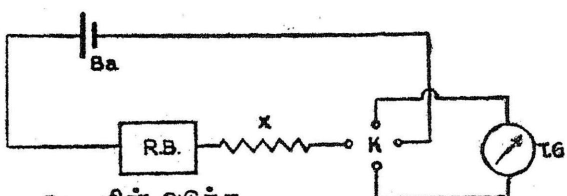
15. மின் அளவீடுகள்

(Electrical Measurements)

ஒரு கடத்தியின் மின் தடையைக் கண்டுபிடித்தல்

(a) பிரதியீட்டு முறை (Method of substitution)

படத்தில் காட்டியபடி ஒரு டேனியல் மின்கலம், மின் தடைப் பெட்டி (*R.B*), கொடுக்கப்பட்ட கடத்தி, மின்திசை மாற்றி இவைகளை ஒரு டேன்ஜன்ட் கால்வனா மீட்டருடன் தொடர் இணைப்பின்படி



Ba. மின் அடுக்கு
R.B. தடைப் பெட்டி
X கம்பிச் சுருள்
K திசை மாற்றி
T.G. டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டர்

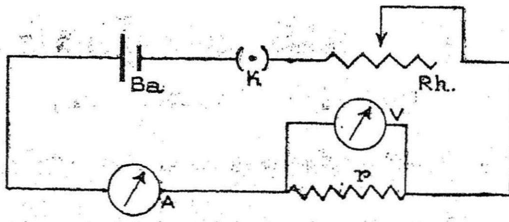
படம்-208

இணைக்கவும். எப்பொழுதும் செய்ய வேண்டிய முறைகளுடன் டேன்ஜன்ட் கால்வனா மீட்டர் வைக்கப்பட வேண்டும். சுற்றை, *K*-யை ஒரு புறமாகத் திருப்பி மூடி, டேன்ஜன்ட் கால்வனா மீட்டரில் விலகல் 45° வரும்படி மின்தடைப் பெட்டியில் தடையை எடுக்கவும். இப்பொழுது தடைப் பெட்டியில் எடுத்த தடையின் அளவு r_1 என்று கொள்வோம். அடுத்து கடத்தி X-ஐ எடுத்துவிட்டு, அதே அளவு விலகல் டேன்ஜன்ட் கால்வனா மீட்டரில் காட்டும்படி, அதற்கேற்ப மின் தடைப் பெட்டியில் வேண்டிய அளவு தடையை எடுக்கவும்.

அதன் மதிப்பு r_2 என்று கொள்வோம். இப்பொழுது கடத்தி X-ன் மின் தடைக்குச் (r_2-r_1) சமம்.

(b) ஓம் விதியின் வாயிலாக

கொடுக்கப்பட்ட கடத்தியைப் படத்தில் காட்டியபடி மின்கல அடுக்கு, தடைமாற்றி, அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர், சாவி இவைகளுடன் இணைக்கவும். தடைமாற்றியின் உதவியால் தகுந்த அளவு



Ba. மின் அடுக்கு
K செருகு சாவி
Rh. மின்தடை மாற்றி
A அம்மீட்டர்
V வோல்ட் மீட்டர்
r கம்பிச் சுருள்

படம் - 209

மின்னோட்டம் பாயும் வண்ணம் அமைத்து அக் கடத்தியினூடே பாயும் மின்னோட்டத்தினை C ஆம்பியராக அம்மீட்டரின் உதவியால் அளக்கவும். அதே சமயத்தில் அக் கடத்தியின் முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை $(P.D.)$ வோல்ட் மீட்டர் மூலம் E வோல்ட் என்றும் அளக்கவும். இப்பொழுது ஓமின் விதிப்படி அக் கடத்தியின் தடை 'R' $= \frac{E}{C}$ ஓம்கள்.

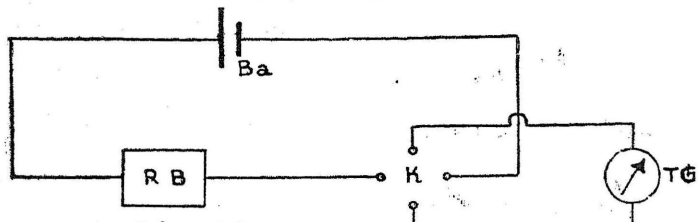
இச் சோதனையை, தடைமாற்றியின் உதவியால் மின்னோட்டத்தை மாற்றி (current) பல முறை திருப்பிச் செய்யலாம். கடைசியாக 'R'-ன் சராசரி மதிப்பு கடத்தியின் தடையைக் கொடுக்கின்றது.

ஒரு கலத்தின் 'அக மின்தடை'யைக் காணல் (Internal resistance)

டேன்ஜன்ட் கால்வனுமீட்டரைப் பயன்படுத்தி : மாறு மின்னியக்க விசை கொண்ட மின்கலத்தைப் படத்தில் காட்டியபடி ஒரு

தடைப்பெட்டி, மின் திசைமாற்றி (commutator) இவைகளுடன் டேஞ்ஜன்ட் கால்வனு மீட்டருடன் இணைக்கவும்.

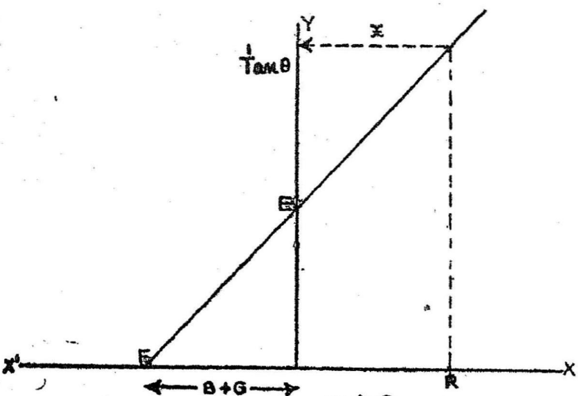
டேன்ஜன்ட் கால்வனு மீட்டரை எப்பொழுதும், எப்படி வைக்க வேண்டுமோ அவ்வாறு வைத்து, அதில் விலக்கல் 30° இருக்கும்படித் தடைப் பெட்டியில் தடையை எடுக்கவும். பின்பு மின் திசை மாற்றியின் உதவியால், மின்னோட்டம் எதிர்த்திசையில் கால்வனு மீட்டரின்



Ba மின் அடுக்கு
R B தடைப் பெட்டி
K திசை மாற்றி
T G டான்ஜன்ட் கால்வனோ மீட்டர்

படம் - 210

சுருளில் பாயும் வண்ணம் மாற்றவும். இங்ஙனம் செய்து இரு முறைகளிலும் கண்ட நான்கு விலகல்களின் சராசரியை 'θ' எனக் கொள்ளவும்.



படம் - 211

அடுத்ததாகத் தடைப் பெட்டியில் தகுந்த தடையை எடுத்து முன்னைவிட 5° அதிகமாக விலகல் வரும்படிச் செய்ய வேண்டும்.

இப்போதுள்ள விலகல்கள் நான்கின் சராசரியைக் காண்க. இங்ஙனம் விலகல் படிப்படியாக 60° வரும்வரை தடைப் பெட்டியில் தடையை மாற்றிக் கொண்டே போகவேண்டும். இப்பொழுது E, B, G,R முறையே மின்கலத்தின் மின் இயக்கு விசை, மின்கலத்தின் உள் தடை, டேன்ஜன்ட் கால்வனு மீட்டரின் தடை, தடைப் பெட்டியில் எடுத்த தடையின் அளவு ஆனால், அச் சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் i பின்கண்டவாறு பெறப்படும்.

$$i = \frac{E}{R+B+G}$$

ஆனால் $i = K \tan \theta$.

$$\therefore \quad \frac{E}{R+B+G} = K \tan \theta.$$

$$\therefore \; R+B+G = \frac{E}{K \tan \theta}$$

E, K மாறிலிகள் ஆதலால்,

$$R+B+G \propto \frac{1}{\tan \theta}$$

தடை 'R'-ன் அளவுகளை X அச்சிலும் அதனைத்த $\frac{1}{\tan \theta}$ அளவுகளை Y அச்சிலும் குறித்து ஒரு வரைபடம் வரைய வேண்டும். அது X அச்சினை எதிர்ப் பக்கத்தில் (negative side) படத்தில் காட்டியபடி வெட்டும் ஒரு நேர் கோடாக அமையும்.

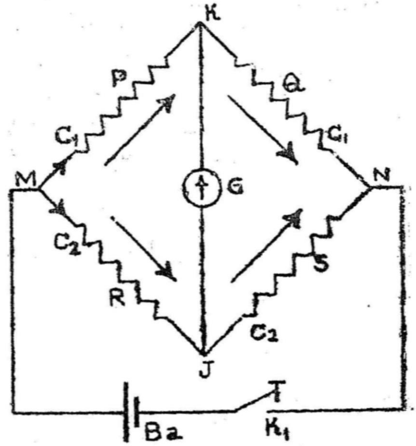
'F' என்னும் புள்ளியில் $\frac{1}{\tan \theta} = O$

$$\therefore \; R+B+G=O$$

$$\therefore \; B+G=-R$$

அதாவது, எதிர்ப்பக்கத்தில் OF-க்குச் சமமான R-ன் தடை $(B+G)$-ன் மதிப்பைத் தருகிறது. நாம் 'G'-ன் மதிப்பை அறிந்திருந்தோமானால் கலத்தின் உள் தடையைப் பெறலாம். மேலும் வரைபடத்தின் நேர்கோட்டுத் தன்மையும் '$(R+B+G) \tan \theta$'வின் மாறாத் தன்மையும் ஓமின் விதியைச் சரி என விளக்குகிறது.

மேற்கண்ட முறையால் கொடுக்கப்பட்ட எந்தக் கடத்தியின் தடையையும் கூடக் கணக்கிடலாம். அதற்கு மேற்கூறிய வாறே தடைப் பெட்டியில், தடைகளின் மதிப்பை மாற்றி மாற்றி அவைகளுக்கு விலகல்களைக் கண்டுபிடித்து ஒரு வரைபடம் வரைதல் வேண்டும். பின்பு தடைப் பெட்டியை மாற்றி, அவ்விடத்தில் தடை மதிப்பு தெரியாத கடத்தியை இணைத்து விலகலைக் காணுதல் வேண்டும். அவ்வாறு காணப்பட்ட சராசரி விலகலை a எனக் கொண்டால், X அச்சில் அக் கடத்தியின் தடையான 'R' என்பது Y அச்சில் $\frac{1}{\tan a}$ வின் மதிப்புக்கு ஏற்பக் கிடைக்கும்.



படம் - 212

தடையினை அளத்தல்

வீட்ஸ்டனின் வலை (Wheatstone's Bridge)

தடைகளை ஒப்பிடுவதற்குப் பயன்படும் மிகச் சிறந்த முறைகளில் ஒன்று வீட்ஸ்டனின் வலை முறை. இச் சுற்றில் P,Q,R,S என்னும் தடைகள், ஒரு நாற்கரத்தின் நான்கு பக்கங்களைப் போல் இணைக்கப் பட்டுள்ளன.

P,R ஆகிய தடைகளின் சந்திப்பு M; Q,S ஆகிய தடைகளின் சந்திப்பு N. இவைகளுக்கு இடையே ஒரு மின்கலம் B, ஒரு பொருத்துசாவியுடன் (plug key) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்கலத்தின் மின்னோட்டம் C, கிளைகள் MKN, MJK வழியே C_1, C_2 என முறையே பிரிந்து பின் 'N'-ல் கூடுகின்றன. அதைப்போல தடைகள் P, Q-ன் சந்திப்பு K; தடைகள் R,S-ன் சந்திப்பு J. இவைகளுக்கு இடையே ஒரு விலகும் சுருள் கால்வனாமீட்டர் (moving coil galvanometer) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கால்வனாமீட்டரின் வழியே, மின்னோட்டம் பாயாதவாறு தடைகள் P,Q,R,S இவைகளின் மதிப்புகளைச் சரி செய்திருக்கும்போது, K-யும் J-யும் சம மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும்.

அதாவது,

M-க்கும் K-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு } = { M-க்கும் J-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

அத்துடன்,

K-க்கும் N-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு } = { J-க்கும் N-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

அதாவது, $C_1 P = C_2 R$ ...... (i)

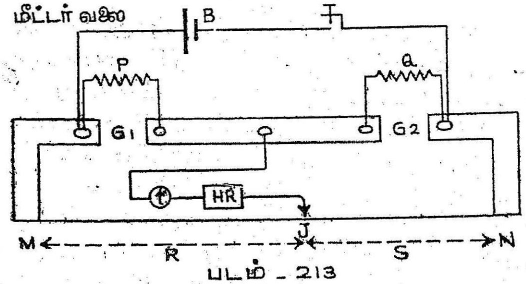
$C_1 Q = C_2 S$ ...... (ii)

$(i)/(ii)$ $P/Q = R/S$

மேற்கண்ட நான்கு தடைகளில் இரண்டு அறிந்தவைகளானல், மற்ற இரண்டினை ஒப்பிடலாம். அல்லது மூன்று தெரிந்தவைகளானல், நான்காவதைக் கணக்கிடலாம்.

மீட்டர் வலை (Metre Bridge)

வீட்ஸ்டன் வலையின் ஒரு பொதுமாதிரி, மீட்டர் வலை ஆகும். இதனைக் கொண்டு இரு மின் தடைகளை ஒப்பிடலாம். இதில் ஒரு மீட்டர் மேங்கனின் கம்பி, M, N என்னும் இரண்டு தாமிரத் தகடுகளுக்கு இடையே நீட்டப் பெற்றிருக்கும். இத் தாமிரத் தகடுகள் விட்டுவிடக் கூடிய அளவு மின்தடைகளைக் கொண்டதாகும். இத் தாமிரத் தகடுகளுக்கு இடையே மற்றொரு நீண்ட தாமிரத் தகடு 'K' பொருத்தப்பட்டு G_1; G_2 எனும் இரண்டு இடைவெளிகளைக் கொண்டிருக்கும். இணைப்புகளைச் செய்யும் பொருட்டு இத்தாமிரத் தகடுகளின்மேல் பொருத்து திருகுகள் (binding screws) அமைக்கப்பட்டு இருக்கும். மில்லி மீட்டர்களாக அளவிடப்பட்டுள்ள ஒரு மீட்டர்



படம் - 213

அளவுகோல் ஒரு மரச்சட்டத்தின் மேல், இக்கம்பிக்குக் கீழே பொருத்தப்பட்டு இருக்கும். ஒரு தொடுகோலின் (jockey) உதவியால் இக்

கம்பியின் மேல் எவ்விடத்திலும் நகர்த்தித் தொடர்பு ஏற்படுத்த முடியும். தொடுகோல் எவ்விடத்தில் தொடர்பை ஏற்படுத்துகிறதோ அதனைச் சரியாக மீட்டர் அளவுகோலின் உதவியால் கணக்கிடலாம். G_1 G_2 ஆகிய இடைவெளிகளுக்கு இடையே ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டிய இருதடைகள் P,Q-வை இணைக்கவேண்டும். கம்பியின் முனைகள் M, N-க்கு இடையே ஒரு தொடு சாவியுடன் ஒரு லெக்லான்சி மின்கலத்தை இணைக்க வேண்டும். தொடுகோலுக்கும், மையத் தாமிரத் துண்டிலுள்ள முனை K-க்கும் இடையே ஒரு விலகு சுருள் கால்வனுமீட்டரை இணைக்க வேண்டும். அதிக மின்னோட்டம் பாய்வதால் கால்வனுமீட்டர் பழுது அடையாதிருக்கும்பொருட்டு, பொதுவாக, ஓர் உயர் தடையை (high resistance), அதாவது தடை 10,000 ஓம்கள் உள்ளதை, இச் சுற்றுடன் இணைப்பது வழக்கம். கம்பியின் மீது தொடுகோலால் ஏதாவது ஒரு புள்ளி J-ல் தொடர்பு ஏற்படுத்தும்போது இவ்வமைப்புகள் வீட்ஸ்டன் வலையைச் சரியாக ஒத்திருக்கும். P-யும் Q-வும் வீட்ஸ்டன் வலையின் இருபுயங்களையும், மீட்டர் வலைக்கம்பியின் பாகங்கள் MJ, JN ஆகியவற்றின் தடைகள் வீட்ஸ்டன் வலையின் R, S புயங்களையும் குறிக்கும்.

இரு கம்பிச் சுருள்கள் P,Q ஆகியவைகளின் மின் தடைகளை ஒப்பிட்டுப் பார்க்க மின்கலச் சாவியினை மூடிவிட்டு, மீட்டர் வலையின் கம்பி மீது தொடுகோலைத் தொட்டுப் பார்த்துக்கொண்டேவந்து கால்வனுமீட்டரில் விலகல் இல்லாதிருக்கும் புள்ளி J-ஐக் காண வேண்டும். இப் புள்ளியே சரியீட்டுப் புள்ளி (balancing point) என்று அழைக்கப்படும். இப்பொழுது புள்ளிகள் K,J இரண்டும் சம மின்னழுத்தங்களுடையவை. சரியீட்டுப் புள்ளியினைக் காணும்பொழுது முதலில் மின்கலத்துச் சாவியை மூடிவிட்டுப் பிறகுதான் ஜாக்கியைக் கம்பிமீது தொட்டுப் பார்க்க வேண்டும். இல்லையெனில், மின்தூண்டல் விளைவால் ஏற்படும் மின்னோட்டத்தின் காரணமாக கால்வனுமீட்டரில் திடீர் விலகல் உண்டாகும். சரியீட்டுப்புள்ளியை முதலில் சுமாராகக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். பின்பு கால்வனுமீட்டர் சுற்றிலிருந்து உயர் மின்தடையினை விலக்கிவிட்டு, சரியீட்டுப்புள்ளியைத் துல்லியமாகக் காணலாம். மீட்டர் வலைக்கம்பியில் MJ, JN நீளங்களை அளவிட வேண்டும். அவைகள் முறையே l_1, l_2 செ.மீ. எனக் கொள்வோம்.

மீட்டர் வலைக் கம்பியின் ஒரு செ.மீ. நீளத்திற்குண்டான மின் தடையின் மதிப்பு ρ எனக் கொண்டால் l_1, l_2 செ.மீ. நீளக் கம்பிகளின் மின்தடைகளின் மதிப்புகள் முறையே ρl_1, ρl_2 ஆகும்.

வீட்ஸ்டனின் தத்துவப்படி

$$\frac{P}{Q} = \frac{\rho l_1}{\rho l_2} = \frac{l_1}{l_2} \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

l_1, l_2 இவைகள் தெரியுமாதலால் கம்பிச்சுருள்கள் P, Q இவற்றின் தடைகளை ஒப்பிட்டறியலாம். இப்பொழுது P-யின் மதிப்பு தெரியுமானால் Q-வின் மதிப்பைக்கூடக் கணக்கிடலாம்.

கம்பிச்சுருள் Q செய்விக்கப்பட்ட பொருளின் தன்மின்தடையைக் (specific resistance) காண அதன் ஆரத்தைத் துல்லியமாக ஒரு திருகுமானி கொண்டு அளந்தும் அதனை வளைவில்லாமல் நீட்டி அதன் நீளத்தைக் கண்டும், பின்வரும் சமன்பாட்டால் பெறலாம்.

கம்பியின் ஆக்கப் பொருளின் தன்தடை

$$= \frac{\text{அதன் மின்தடை} \times \text{அதன் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு}}{\text{அதன் நீளம்}}$$

$$= \frac{Q \times \pi r^2}{l}$$

இங்கு r என்பது அக்கம்பியின் ஆரத்தையும், l என்பது அதன் நீளத்தையும் குறிக்கின்றன.

மீட்டர்வலை முறைப்படி மின்தடையினைக் கண்டுபிடிப்பதில் ஏற்படும் பிழைகளும் அவைகளை நீக்கும் முறைகளும்

(1) மீட்டர் வலைக்கம்பி ஒரே சீரானது அன்று. இதனால் உண்டாகும் தவற்றை நீக்க அதனை அளவு திருத்தம் செய்தல் வேண்டும்.

(2) கம்பியின் முனைகளைத் தாமிரத் தகடுகளோடு பற்றவைத்திருப்பதால், சரியான தொடுகையின்மையால் (imperfect contact) சுற்றில் மின்தடை சற்றுக் கூடுதலாக ஏதுவாகிறது. இவைகளை நாம் முனை மின்தடைகள் (end resistances) என்று கூறுகிறோம். கம்பிச் சுருள்கள் P, Q-வினை மாற்றி இடைவெளிகளில் இணைத்து, மீண்டும் சரியீட்டுப் புள்ளியைக் கண்டு அவைகளின் மதிப்பைக் காணலாம். கால்வனுமீட்டரில் விலகல் இல்லாதிருக்கும்போது முதன் முறையில் கிடைத்த சரியீட்டுப் புள்ளியின்படி MJ, JN இவைகளின் நீளங்கள் முறையே l_1, $(100-l_1)$ செ.மீ. ஆனால்,

$$\frac{P}{Q} = \frac{l_1+\alpha}{(100-l_1)+\beta}$$

இங்கு α, β என்பன முனைமின் தடைகளாம். P-யையும் Q-வையும் மாற்றி இணைக்கும்போது MJ, JN இவைகளின் நீளங்கள் முறையே l_2, $(100-l_2)$ செ.மீ. ஆனால்,

$$\frac{Q}{P} = \frac{l_2+\alpha}{(100-l_2)+\beta}$$

மேற்கண்ட இருபடிச் சமன்பாடுகளைத் தீர்க்க,

$$\alpha = \frac{Ql_1 - Pl_2}{P-Q} \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

$$\beta = \frac{Pl_1 - Ql_2}{P-Q}$$

α, β இவைகளைக் காண P, Q இவைகளுக்குத் தகுந்த மதிப்புகளைக் கொடுத்து இச் சோதனையைச் செய்யலாம். P, Q-வின் மதிப்புகள் சமமாக இல்லாதிருக்க வேண்டும். ஏனெனில், அவைகளை மாற்றி இடைவெளிகளில் இணைக்கும்போது சரியீட்டுப் புள்ளிகள் வேறுவேறு இடங்களில் கிடைக்க வேண்டும்.

(3) தொடுகோலின் முனை அளவுகோல் காட்டும் அளவோடு சரியாக ஒன்றித்து இராது. ஆகவே P, Q இவைகளை மாற்றி மாற்றி இணைத்து இதனால் ஏற்படும் தவற்றைத் திருத்தலாம்.

(4) தொடர்ந்து மின்னோட்டம் பாய்வதால் கம்பி சூடாக ஏதுவாகும். இதனைத் தவிர்க்க மேங்கனின் கம்பிச் சுருளையும், மின்னோட்டத்தை அவ்வப்போது செலுத்தியும் சோதனையைச் செய்யலாம்.

(5) வேறுபட்ட உலோகங்களின் சந்திப்புகளின் காரணமாக வெப்ப-மின் (thermo electric) விளைவுகள் ஏற்படும். இவற்றின் காரணமாக ஏற்படும் தவறுகளைப் போக்க மின்கலச்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தின், மின்னோட்டத் திசையை மாற்றிக் கொண்டு சோதனையைச் செய்ய வேண்டும்.

(6) சரியீட்டுப் புள்ளி மீட்டர் வலைக் கம்பியின் மையப் புள்ளிக்கு அருகே இருக்கும்போதுதான், இரு மின்தடைகளை ஒப்பிடும் சோதனையானது துல்லியமானதாகிறது. ஆகவே, ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவேண்டிய மின்தடைகளின் மதிப்புகள் ஏறக்குறைய சமமானவைகளாக இருக்க வேண்டும்.

G_1, G_2 இடைவெளிகளில் P, Q மின் தடைகளிரண்டும் முறையே இணைக்கப்பட்டிருக்கும்போது கம்பியின் துவக்கத்திலிருந்து சரியீட்டுப் புள்ளி l செ.மீ. தூரத்தில் இருப்பதாகக் கொள்வோம்.

இப்பொழுது $$\frac{P}{Q} = \frac{l}{100-l}$$

அல்லது $$Q = P\frac{(100-l)}{l}$$

$$Q = P\left(\frac{100}{l} - 1\right)$$

பகுக்க:

$$dQ = P\left(-\frac{100}{l^2}\cdot dl\right)$$

ஆனால், $P = \dfrac{Ql}{100-l}$

ஆகவே, $dQ = \dfrac{-Ql}{100-l} \times \dfrac{100\ dl}{l^2}$

$$= \frac{-100\ Q\cdot dl}{l(100-l)}$$

$$\therefore \quad \frac{dQ}{Q} = -\frac{100\ dl}{l(100-l)} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

நீளம் l-ஐ அளப்பதில் ஏற்படும் குறைந்த தவறு dl-க்குண்டான, மின் தடை Q-வினை அளப்பதில் ஏற்படும் பின்னப் பிழை (fractional error) $\dfrac{dQ}{Q}$ ஆகும். சமன்பாட்டில் பகுதியான (denominator), $l(100-l)$ பெரும அளவாக இருக்கும்பொழுது பின்னத் தவறு சிறும அளவாகிறது.

அதாவது $\dfrac{d}{dl}(100-l)l = 0$ ஆக இருக்கும்போது $\left(\dfrac{dQ}{Q}\right)$-வின் மதிப்பு சிறுமமாகிறது.

அதாவது $100-2l=0$

அல்லது $l=50$.

ஆகவே, பெரும அளவு துல்லியத்திற்குச் சரியீட்டுப்புள்ளி மீட்டர் வலைக்கம்பியின் மையப் புள்ளிக்கருகே அமைய வேண்டும். P, Q-வின் மதிப்புகள் கிட்டத்தட்ட சமமானால்தான் இவ்வாறு அமையும்.

வீட்ஸ்டன் வலையின் நான்கு புயங்களின் தடைகளும் ஏறக் குறைய சமமாக இருக்கும் சமயத்தில் மிகமிகத் துல்லியமான அளவீடு கிடைக்கும். அதாவது, இந்த மாதிரி அமைப்பில் அறியாத மின் தடையின் மதிப்பு, மீட்டர் வலைக்கம்பியின் தடையின் மதிப்பில் பாதி யாக இருக்கும்.

கேரிஃபாஸ்டர் வலை

கே∴ரிபாஸ்டர் வலையானது மீட்டர் வலையில் முன்னேற்றங் கண்டு திருத்தியமைக்கப்பட்ட ஒரு வலையாகும். ஏறக்குறைய ஒரே அளவுடைய இருதடைகளை ஒப்பிடுவதற்கு இது மிகவும் பயனுள்ளது. முனைத்தடைகள் (end resistances) இருப்பதாலும், கம்பியை அளவு

திருத்தம் (calibration) செய்வதாலும், ஒரே சீராக இல்லாக் கம்பியின் பிழைகள் கழிந்துவிடுவதாலும், இது மீட்டர் வலையைவிட மிகச் சிறந்ததாகும்.

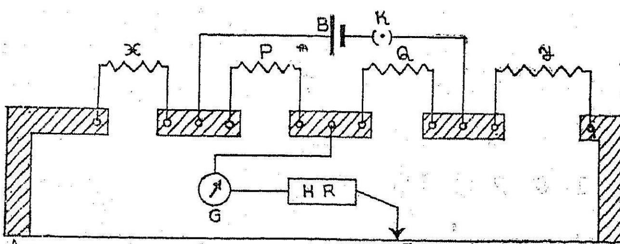
இதில் கெட்டியான தாமிரத் தகடுகளுக்கு இடையே நான்கு இடைவெளிகள் உள்ளன. கிட்டத்தட்ட சமமான P, Q என்னும் தடைகள் உள் இடைவெளிகளிலும், x, y என்னும் ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டிய தடைகள் வெளி இடைவெளிகளிலும் இணைக்கப்படுகின்றன.

α, β என்பவைகளை A, B அருகே உள்ள முனைத்தடைகளின் மதிப்பெனக் கொள்க. இப்பொழுது x, y இவைகளை வெளி இடைவெளிகளில் படத்தில் காட்டியபடி இணைத்தபொழுது A எனும் புள்ளியிலிருந்து சரியீட்டுப் புள்ளி l_1 செ.மீ. நீளத்தில் இருந்தால்,

$$\frac{P}{Q} = \frac{x + l_1\rho + \alpha}{y + (100 - l_1)\rho + \beta} \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

இங்கு ρ எனப்படுவது ஒரு செ.மீ. நீளக் கம்பியின் தடையின் மதிப்பு ஆகும்.

x, y இவைகளை ஒன்றையொன்று மாற்றி இணைக்கும் பொழுது



படம் – 2.14

A-யிலிருந்து சமநிலைப் புள்ளி l_2 செ.மீ. தூரத்தில் இருப்பதாகக் கொண்டால்,

$$\frac{P}{Q} = \frac{y + l_2\rho + \alpha}{x + (100 - l_2)\rho + \beta} \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2) இவைகளிலிருந்து

$$\frac{x + l_1\rho + \alpha}{y + (100 - l_1)\,\rho + \beta} = \frac{y + l_2\rho + \alpha}{x + (100 - l_2)\,\rho + \beta} \qquad \ldots\ldots \quad (3)$$

சமன்பாடு (3)-ன் இரண்டு பக்கங்களிலும் 1-ஐக் கூட்ட,

$$\frac{x+l_1\rho+\alpha+y+(100-l_1)\rho+\beta}{y+(100-l_1)\rho+\beta} = \frac{y+l_2\rho+\alpha+x+(100-l_2)\rho+\beta}{x+(100-l_2)\rho+\beta}$$

$$\therefore \quad y+(100-l_1)\rho+\beta = x+(100-l_2)\rho+\beta$$

அல்லது $x-y = \rho(l_2-l_1)$ ...... (4)

அதாவது, கிட்டத்தட்ட சமமான இரு தடைகளின் வித்தியாசம் இரு சரியீட்டுப் புள்ளிகளுக்கும் இடையே உள்ள கம்பியின் நீளத்தின் தடைக்குச் சமமாகிறது. இங்கு முனைத் தடைகள் α, β இவைகளின் மதிப்பு, 'வலை'க் கம்பி ஒரேசீராக இல்லாமை, ஆகியவை மேலே பெறப் பட்ட விளைவை (result) மாற்றுது.

'வலை'க் கம்பியின் 1 செ.மீ. நீளத்திற்குண்டான தடையின் மதிப்பு ρ-வைக் கண்டுபிடிக்க : தடை Y-க்குப் பதிலாக ஒரு கெட்டி யான தாமிரத் தகட்டையும் தடை X-க்குப் பதிலாக ஓர் ஓம் (1 ohms) தடையுடைய படித்தரச் சுருளையும் (standard coil) வெளி இடை வெளிகளில் இணைத்துச் சோதனையைச் செய்ய வேண்டும். இப்போது A-யிலிருந்து சரியீட்டுப் புள்ளியின் தூரத்தை l_1' என அளப்பதாகக் கொள்வோம். அடுத்து ஓர் ஓம் சுருளையும் கெட்டியான தாமிரத் தகட்டையும், ஒன்றை ஒன்று இடம் மாற்றி இணைத்துச் சரியீட்டுப் புள்ளியின் தூரத்தை 'A'-யிலிருந்து l_2' என அளப்பதாகக் கொள்வோம்.

இப்பொழுது சமன்பாடு (4)-ன்படி

$$1-0=\rho\,(l_2'-l_1')$$

$$\therefore \quad \rho = \frac{1}{l_2'-l_1'}$$

இவ்வாறு கிடைக்கும் ρ-க்கான மதிப்பைச் சமன்பாடு (4)-ல் இட்டால்,

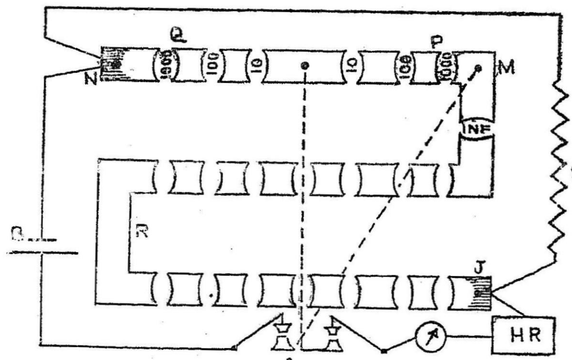
$$x-y = \frac{l_2-l_1}{l_2'-l_1'}$$

y என்பது ஒரு படித்தரத் (standard) தடையாகவும் x-க்கு ஏறக் குறைய சமமானதாகவும் இருந்தால்,

$$x=y+\left(\frac{l_2-l_1}{l_2'-l_2'}\right) \qquad \text{......} \quad (5)$$

சமன்பாடு (5)-லிருந்து x-ன் தடைமதிப்பைப் பெறலாம். x-ம் y-ம் ஏறக் குறைய சமமானவைகள். ஆதலால் $(x-y)$ மிகவும் சிறியது. ஆதலால்

கெட்டியான, குறுகிய தாமிரத் துண்டுகளையே இணைப்புகள் செய்யும் போது பயன்படுத்த வேண்டும். சமன்பாடு (4)-லிருந்து x, y இவை

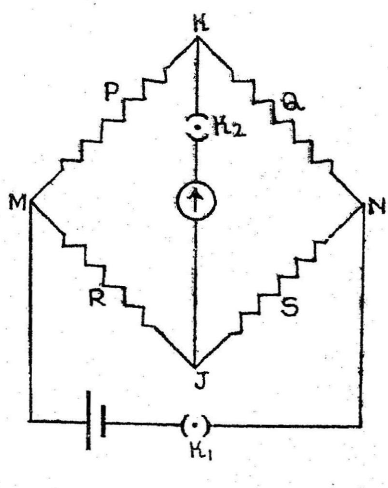


படம் - 215

களின் வித்தியாசம் 'வலை'க் கம்பியின் மொத்தத் தடைக்கும் அதிகமாக இருக்குமேயானல், கேரிஃபாஸ்டர் முறையானது பயனற்றதாகும் என்பது தெளிவாகிறது.

P.O. பெட்டி (Post office Box)

(1) ஒரு சுருளின் தடையைக் கணக்கிடல்



படம் - 216

தந்திக் கம்பிகளில் ஏற்படும் குறைகளைக் (faults) கண்டுபிடிப்பதற்காக அஞ்சலகங்களில் பயன்படுத்தப்படுவதால், இப் பெயரைப்

பெற்ற இக் கருவி, வீட்ஸ்டனின் வலையில் ஓர் அடக்கமான மாதிரி (portable model) ஆகும்.

இப் பெட்டியில் P, Q, R எனும் மூன்று புயங்கள் உள்ளன. நான்காவது புயம் S என்னும் மதிப்புத் தெரியாத தடையினைக் கொண்டது. P-யும் Q-வும் 'விகிதபுயங்கள்' (ratio arms) எனப்படும். இவை ஒவ்வொன்றும் 10, 100, 1000 ஓம்கள் தடைகளுள்ள மூன்று சுருள்களைக் கொண்டவை. மூன்றாவது புயமான R தடைமாற்றிப் புயம் (Rhoestat arm) என்று அழைக்கப்படும். இப் புயத்தில் 1ஓம் முதல் 5000 ஓம்கள் வரை தடையுள்ள சுருள்கள் தொடர்ந்து அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இப் புயத்தில் மொத்தம் 11,110ஓம்கள் வரை சேர்க்கலாம். மின்கலம், கால்வமீனுட்டர் இவைகளை இணைப்பதற்கான திருகுகள் இப்பெட்டியிலேயே உள்ளன.

இணைப்புகளைச் செய்யும்பொழுது 'வீட்ஸ்டனின் வலை'யைக் கருத்தில் கொண்டு செய்தல் வேண்டும். ஒத்திருக்கும் புள்ளிகள் இரண்டு படங்களிலும் ஒரே எழுத்துகளால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. சாவி K_1 மூலம் மின்கலமானது M, N ஆகிய முனைகளுக்கு இடையே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மதிப்புத் தெரியாத தடையான 'S' ஆனது Q, R ஆகிய புயங்களின் முனைகளான N, J-க்கு இடையே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கால்வனுமீட்டரின் ஒரு முனை J-ல் உள்ள திருகினுடனும், மற்ற முனை சாவி K_2 மூலம் K-ன் திருகினுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கால்வனுமீட்டர் அதிக மின்னோட்டத்தால் பாதிக்கப்படாதிருக்கும் பொருட்டு 10,000 ஓம்கள் தடையுள்ள ஓர் உயர் தடையுடன் அது இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

மதிப்புத் தெரியாத தடையின் அளவைக் காண பின்கண்ட முறையினைக் கையாளுதல் வேண்டும்: P, Q இவைகளின் தடை மதிப்பை முறையே 10, 10 ஓம்களாக வைக்கவேண்டும். தடைமாற்றிப் புயத்தில் 'சுழி' தடையையும் கால்வனுமீட்டர் சுற்றில் உயர்தடையையும் இட்டு மின்கலச் சாவி K_1-ஐ முதலில் இட்டுப் பின்பு கால்வனுமீட்டர் சாவி K_2-ஐ இடல் வேண்டும். அப்பொழுது கால்வனுமீட்டரில் காணும் விலகலின் திசையைக் கவனிக்க வேண்டும். பிறகு ஈறிலாத் தடையை (infinite resistance) புயம் R-ல் புகுத்தி பின்பு முறையே சாவிகள் K_1, K_2-இவைகளை மூடவேண்டும். இப்பொழுது கால்வனுமீட்டரில் விலகலின் திசையைக் கவனிக்க வேண்டும். இவ் விலகல் முதல் விலகலுக்கு எதிர்த் திசையினதாயின் மின் இணைப்புகள் சரியெனக் கொள்ளலாம். பின்பு ஈறிலாத் தடையை எடுத்துவிடல் வேண்டும். சோதனை மூலம், கால்வனுமீட்டரில் விலகல்கள் எதிர்த் திசைகளில் ஏற்படுமாறு, ஓர் ஓம் வித்தியாசமுள்ள, இரு தடைகளைப்

புயம் 'R'-ல் காணல் வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு சோதனை யின்போது 5, 6 ஓம்களைப் புயம் 'R'-ல் ஒன்றன்பின் ஒன்ருக இடும் போது விலகல்கள் எதிர்த்திசைகளில் ஏற்படுகின்றன எனக் கொள் வோம். இப்பொழுது $P=Q=10$ ஓம்கள், எனவே, சரியீட்டுநிலை ஏற்படும்போது $R=S$. ஆகவே, மதிப்புத் தெரியாத தடை 'R'-ன் அளவு 5 ஓம்களுக்கும் 6 ஓம்களுக்கும் இடையே இருக்கும்.

இப்பொழுது புயம் Q-வில் 10 ஓம்களை இட்டு, புயம் P-ல் 100 ஓம்களை இடவும். அப்பொழுது $P=10Q$ ஆகிறது. இப்பொழுது சரியீட்டு நிலைக்கு $R=10\ S$. ஆதலால், புயம் 'R'-ல் 50 ஓம்களுக்கும் 60 ஓம் களுக்கும் இடையே மட்டும் சோதனை செய்தால் போதும். மீண்டும் சோதனை மூலம் கால்வனுமீட்டரில் விலகல்கள் எதிர்த்திசைகளில் ஏற்படுமாறு ஓர் ஓம் வித்தியாசமுள்ள இரு தடைகளைப் புயம் R-ல் காணல் வேண்டும். இப்பொழுது 54, 55 ஓம்களுக்கு எதிர்த்திசை களில் விலகல்கள் உண்டாயின என்று கொள்வோமானுல் 'S'-ன் மதிப்பு 5·4 ஓம்களுக்கும் 5·5 ஓம்களுக்கும் இடையே இருக்கும்.

'Q'-ன் மதிப்பை மாற்ருது, $P=1000$ ஓம்களாக்க வேண்டும். அப்பொழுது $P=100Q$ ஆகும். இப்பொழுது சரியீட்டு நிலைக்கு $R=100\ S$. ஆதலால், புயம் R-ல் 540 முதல் 550 ஓம்களுக்கிடையே சோதனை நடத்திஞல் போதும். புயம் 'R'-ல் 546 ஓம்கள் இடும் பொழுது, ஈறிலாத் தடையை கால்வனுமீட்டர் சுற்றிலிருந்து விலக்கி விட்டாலும், விலகல் ஏற்படவில்லை எனக் கொள்வோம். அப்பொழுது S-ன் மதிப்பு 5·46 ஓம்கள் ஆகும்.

இச் சோதனையில் தோன்றும் பிழைகளும் அவற்றினைத் தவிர்க்கக் கையாளப்பட வேண்டிய முன் எச்சரிக்கைகளும்

(1) முளைகளின் (plugs) தளர்ந்த தொடர்புகள் (loose contact) தவிர்க்கப்படல் வேண்டும். ஆதலால், சோதனையை ஆரம்பிக்குமுன் முளைகள் இடைவெளிகளில் இறுக்கமாக உள்ளபடிச் செருகப்பட வேண்டும்.

(2) சரியீட்டுநிலையைக் காணும்பொழுது எவ்வளவு குறைந்த காலத்திற்கு மின்னேட்டத்தைச் செலுத்துகிருேமோ அவ்வளவிற்கு உத்தமம்.

(3) மின்கலம், கால்வனுமீட்டர் ஆகியவற்றின் சுற்றுகளிலுள்ள சாவிகளை ஒன்றன்பின் ஒன்ருகத்தான் இடல் வேண்டும். இல்லை யெனில், தூண்டு மின்னியக்கு விசை காரணமாக கால்வனுமீட்டரில் திடீர் வீச்சு (kick) ஏற்படும்.

(4) எப்பொழுதும் உயர்தடையை (high resistance) கால்வனு மீட்டர் சுற்றில் கால்வனுமீட்டரைக் காக்கும் பொருட்டுப் பயன்படுத்த வேண்டும். தோராயமான சரியீட்டுநிலையைக் கண்ட பின்பு, உயர் தடையை அகற்றிவிட்டுத் துல்லியமான (exact) சரியீட்டுநிலையைக் கணக்கிடலாம்.

அஞ்சலகப் பெட்டி மூலம் அளவிட இயலும் தடையின் எல்லைகள்

வீட்ஸ்டனின் தத்துவப்படி $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ அல்லது $S = \frac{QR}{P}$

R-ம், $\frac{Q}{P}$-யும் மிகக் குறைவாக உள்ளபொழுது S-ம் மிகக் குறைவாக இருக்கும்.

R, $\frac{Q}{P}$ இவைகளின் சிறும அளவு மதிப்பு முறையே 1 ஓம், $\frac{1}{100}$ ஆகும். ஆகவே, அளவு தெரியாத கடத்தி 'S'-ன் மிகக் குறைந்த மதிப்பு $= 1 \times \frac{1}{100} = 0{\cdot}01$ ஓம். அதேபோல் R-ம், $\frac{Q}{P}$-யும் மிக அதிகமானல் 'S'-ன் மதிப்பும் அதிகமாக இருக்கும். R-ன் அதிக மதிப்பு 11,110 ஓம்கள். விகிதம் $\frac{Q}{P}$-ன் அதிக மதிப்பு $\frac{1000}{10} = 100$. ஆகவே, அஞ்சலகப் பெட்டி மூலம் அளவிடக்கூடிய மிக அதிகத் தடை $S = 11{,}110 \times 100 = 11{,}11{,}000$ ஓம்கள்

$= 1.11 \times 10^6$ ஓம்கள்.

ஒரு கம்பியின் ஆக்கப் பொருளின் தன்தடையை P. O. பெட்டி கொண்டு காணல் :

ஒரு கம்பியின் ஆக்கப் பொருளின் தன்தடையைக் காண முதலில் அதன் தடையின் மதிப்பை அஞ்சலகப் பெட்டி மூலம் அளவிட வேண்டும். பிறகு கம்பிச் சுருளைப் பிரித்து அதன் நீளம் l, அதன் ஆரம் r ஆகியவற்றைத் துல்லியமாக அளவிட வேண்டும். பிறகு தன்தடை ρ-வைப் பின்காணும் சமன்பாட்டின்படி அளவிட முடியும்.

$$\rho = \frac{\text{தடை} \times \text{குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு}}{\text{நீளம்}} = \frac{S \times \pi r^2}{l}$$

ஓம்கள்/க.செ.மீ.

மின் தடை வெப்பநிலை எண்ணைக் காணல் (Temperature tcoefficienc of resistance)

எக் கம்பியின் மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணைக் காண வேண்டுமோ, அதனைத் தூண்டல் விளைவு ஏற்படாதவாறு ஒரு சிறு மரச் சட்டத்தின் மீது சுற்றி, அதன் இரு முனைகளையும், இரு பொருத்து திருகுகளுடன் இணைக்கவேண்டும். இவ்வாறு சுற்றப்பட்ட சுருள் முழுதும், 0°C-ல் இருக்கும் பனிக்கட்டிக் குவியலைக் கொண்ட பீக்கரில் நன்றாக மூழ்குமாறு வைக்கவேண்டும். அஞ்சலகப் பெட்டி மூலம் அதன் தடையின் அளவு R_0–வை 0°C வெப்பநிலையில் காணல் வேண்டும். பிறகு பீக்கரைச் சூடாக்கி அதிலுள்ள நீர் 100°C வெப்ப நிலையை அடைந்தவுடன் அதனுடைய தடையின் அளவை R_{100} என அளத்தல் வேண்டும். இப்பொழுது அக் கடத்தியின் மூலப் பொருளின் மின்தடை வெப்பநிலை எண் 'a' என்பது கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டினால் தரப்படுகிறது.

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

இதுவன்றி, கீழ்க்கண்டவாறும் இச்சோதனையைச் செய்யலாம். தடைச்சுருளைப் பீக்கரிலுள்ள நீரில் மூழ்க வைத்து, அதன் வெப்ப நிலையை t_1°C எனத் துல்லியமாக ஒரு வெப்பமானி கொண்டு அளந்து, பின் அதன் தடை R_1-ஐக் காண வேண்டும். பிறகு நீரைச் சூடாக்கிப் படிப்படியாக 10°C வெப்ப நிலைக்கு, ஒவ்வொரு முறையும் அதன் தடைகளை R_2, R_3, R_4...... எனக் காண வேண்டும். பின்பு வெப்ப நிலையை X அச்சிலும், தடையின் அளவை Y அச்சிலும் எடுத்துக் கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைய வேண்டும். அது ஒரு நேர் கோடாக அமையும். இவ் வரைபடத்திலிருந்து R_1, R_2 என்னும் தடைகளை t_1°C, t_2°C வெப்ப நிலைகளுக்கு எடுத்துக் கொண்டோமானால்,

$$R_1 = R_0 (1 + a\, i_1)$$

$$R_2 = R_0 (1 + a\, t_2)$$

$$\therefore \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1 + a\, t_1}{1 + a\, t_2}$$

அல்லது $$a = \frac{R_1 - R_2}{R_2 t_1 - R_1 t_2}$$

மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணைக் காணும் எல்லா முறைகளிலும் சாலச் சிறந்தது, 'கேலண்டர் கிரிஃபித் வலை'யைப் பயன்படுத்தி, பிளாட்டினம் தடை வெப்பமானியால் (platinum resistance thermometer) அளவிடும் முறையேயாகும்.

பிளாட்டினத் தடை வெப்பமானி—கேலண்டர்-கிரிஃபித் வலை (Calender and Griffith's Bridge)

கேலண்டரும் கிரிஃபித்தும் வீட்ஸ்டனின் வலையில் சிறு மாற்றம் செய்து, ஓர் உலோகத்தின் மின்தடை வெப்ப எண்ணைத் துல்லியமாக அளந்தனர். இக் கேலண்டர்-கிரிஃபித் வலையானது வெப்பநிலைகளை அளவிட, பொதுவாகப் பிளாட்டினம் தடை வெப்பமானிகளில் பயன் படுத்தப்பட்டு வருகின்றது. மாறாக வெப்பநிலைகளை அறிந்திருந்தால் தடைகளைக் கண்டு பின்பு அதன் மூலம் மின்தடை வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடலாம்.

பொதுவாக எல்லா உலோகங்களின் தடைகளின் அளவு, வெப்ப நிலை உயர உயர ஓரளவு சீராகவே அதிகரிக்கின்றது. வெப்ப நிலையின் எல்லை மிக அதிகமாக இல்லாதபோது, வெப்ப நிலையின் மாற்றத்திற்கு ஒப்பத் தோன்றும் தடையின் மாற்றம், கேலண்டரால் பின்வருமாறு காணப்பட்டது:

$$R_t = R_0\,(1+at_p)$$

$$\text{அல்லது } t = \frac{R_t - R_0}{R_0\, a}$$

இங்கு, t_p என்பது பிளாட்டினம் தடை வெப்பமானியால் பதிவாக்கப் பட்ட வெப்பநிலை ; a என்பது 0°C, 100°C-க்கு இடையே உள்ள சராசரி மின்தடை வெப்ப எண் ஆகும். இப்பொழுது

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

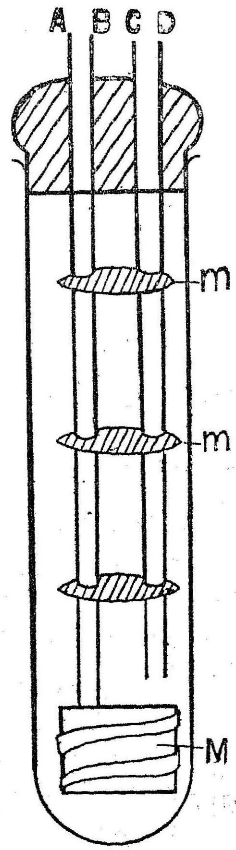
$$\therefore\ t_p = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} \times 100 \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

பிளாட்டினம் வெப்பநிலை t_p, படித்தர வாயு வெப்பமானியால் (standard gas thermometer) காட்டப்படும் வெப்பநிலை t-க்கு மிக அருகே சமமாக உள்ளது. t_p-க்கும் t-க்கும் உள்ள வேறுபாடு கேலண்டர் அறிவித்தபடிக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டினால் தரப்பட்டுள்ளது.

$$t - t_p = \delta \left\{ \left(\frac{t}{100}\right) - \frac{t}{10} \right\} \quad \ldots\ldots \ (2)$$

இங்கு δ என்பது ஒரு மாறிலி. அதன் மதிப்பு, மாதிரியின் தூய்மை யைப் பொறுத்தது. தூய்மை அதிகரிக்க அதன் மதிப்பும் அதிகரிக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, கந்தகத்தின் கொதிநிலை 't'-க்குச் சரியான t_p-யைக் கண்டு δ-வின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். பிறகு δ-வின் மதிப்பைக் கொண்டு எந்த ஒரு பொருளின் வெப்ப நிலையான 't'-யையும் கணக்கிடலாம்.

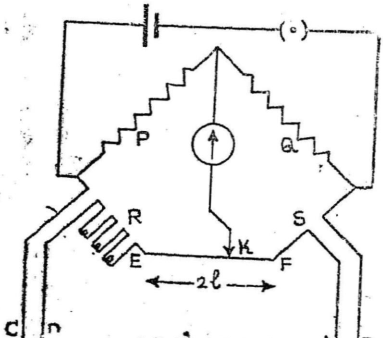
பிளாட்டினத் தடை R_t-யை, தெரியாத ஒரு வெப்பநிலைக்குக் கீழ்க்கண்டவாறு அளவெடுத்து சமன்பாடு (1)-ன் உதவியால் t_p-யைக் கணக்கிடலாம். பிறகு t_p-ன் மதிப்பைச் சமன்பாடு (2)-ஐக் கொண்டு 't'ன் மதிப்பை அறியலாம். சமன்பாடு (2)-ன் வலது பக்கத்திலும் 't' இருப்பதைக் கவனிக்க வேண்டும். துல்லியமில்லா அளவுகளுக்கு 't_p'-யின் மதிப்பையே 't'-க்காக, அச் சமன் பாட்டில் போடலாம். சமன்பாடு (2)-ன் வலது பக்கத்தில் 't'-க்குப் பல் வேறு மதிப்புகளைக் கொடுத்து $(t—t_p)$-க்கு ஓர் அட்டவணை தயாரித்து அதிலிருந்து துல்லியமாகக் கணக் கிடலாம். இவ் வட்டவணையிலிருந்து சோதனை மூலம் கண்ட 't_p' மதிப்பிற்கு 't'-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.



படம்-217

நுட்பமான வேலைகளுக்காக கிரிஃபித்தால் அமைக்கப்பட்ட பிளாட்டினத் தடை வெப்ப மானி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. 700°C வரை பயன்படுத்தக் கெட்டியான கண்ணாடிக் குழாய், அதனைவிட அதிக வெப்ப நிலைகளை அளக்கப் பளபளப்பாக்கப்பட்ட பீங்கான் குழாய் T-ஐக் கொண்டது இக் கருவியாகும். இக்குழாய் வெற்றிடமாக்கப்பட்டு நன்றாக மூடப் பட்டு இருக்கும். இங்ஙனம் செய்வது ஆக்ஸி கரணம் முதலியவற்றைத் தடுப்பதற்கு ஆகும். ஒரு தூய பிளாட்டினக் கம்பியானது இரட்டிப் பாக மடிக்கப்பட்டு மெல்லிய மைக்காத் தகடு M-ன் மீது நன்றாகக் காப்பிடப்பட்டதாகச் சுற்றப்பட்டிருக்கும். குழாயில் பொருத்தப் பட்ட வட்டமான மைக்காத் தட்டுகள் மூலம் செல்லும்படியான A,B என்னும் பிளாட்டின முனைகளுக்கு, கம்பியின் நுனிகள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். A, B என்ற முனைகளின் நுனிகள் மின் சுற்றில் இணைக்கப்படுகின்றன. A, B யைப் போன்று அதே மாதிரியான $C. D$ என்ற இரண்டு முனைகள் A, B-க்கு அருகே அமைக்கப்பட்டிருக்கும். A,B முனைகளின் தடையை, C,D என்ற முனைகள், R புயத்தில் ஈடு செய்வதால், அவைகளை ஈடு செய்யும் (compensating) முனைகள் என்று அழைக்கின்றோம். P-யும் Q-வும் சம மதிப்புள்ள விகிதங்கள். A,B முனைகளின் மூலமாகப் பிளாட்டினத் தடை வெப்பமானி S புயத்தில் இணைக்கப்படுகிறது

1,2, 3, 4......8 முதலிய ஓம்கள் தடைகளைக் கொண்ட R புயத்தில் ஈடு செய்யும் முனைகளான C,D தொடர் இணைப்பின்படிச் சேர்க்கப்படுகின்றன. $2l$ நீளமுள்ள EF என்னும் கம்பி S,R புயங்களுக்கு இடையே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தொடுகோல் K என்னும் புள்ளியில் படும்பொழுது சரியீட்டுப் புள்ளி பெறப்படுவதாகக் கொள்வோம். சரியீட்டுப்புள்ளி அக் கம்பியின் மையப் புள்ளியிலிருந்து, S புயத்தின் பக்கம் 'x' தூரத்தில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். அக் கம்பியின் அலகு நீளத்தின் தடையை 'r' எனவும் கொள்க. $P=Q$ ஆக இருப்பதால், முறையே R,S புயங்களிலுள்ள மொத்தத் தடைகளின் மதிப்பு ஒன்றுக்கொன்று சமம். ஆகவே,



படம் - 218

$$S + (l-x)r = R + (l+x)r$$

அல்லது $S + lr - xr = R + lr + xr$

அல்லது $S = R + 2xr$

சரியீட்டுப் புள்ளி K, புயம் R-ன் பக்கமிருந்தால் $S = R - 2xr$

ஆகவே, பொதுவாகச், சரியீட்டுப் புள்ளி S அல்லது R-ன் பக்கமிருந்தால்,

$S = R = 2xr$ என எழுதலாம்.

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் வலது பக்கமுள்ளவைகள் எல்லாம் தெரியுமாதலால் S-ஐக் காணலாம். மேலும் துல்லியமான அளவீடுதலுக்குக் கீழ்க்கண்டவைகளையும் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

(1) R-ல் உள்ள சுருள்களின் தடைகளின் மதிப்பு வெப்பநிலையைப் பொறுத்து மாறும்.

(2) வெப்ப மின்விளைவுகள் ஏற்படும். அதனால் தவறுகள் விளையும்.

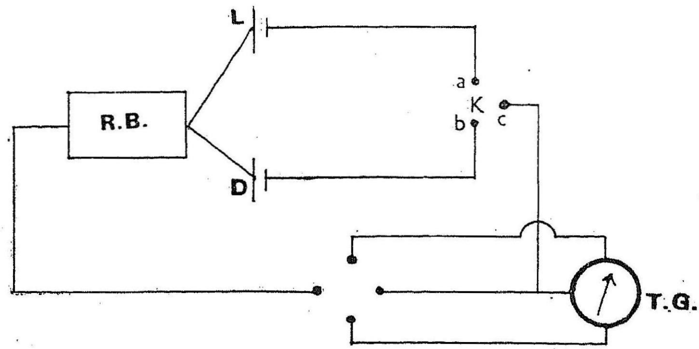
(3) A,B ; C,D ஆகிய முனைகளின் வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் நுனிகளின் நீளம் ஒப்புமை அற்று இருக்கலாம்.

(4) கம்பி EF-ஐ அளவு திருத்தம் செய்தல் வேண்டும்.

பிளாட்டினத் தடை வெப்பமானியின் அனுகூலங்களும் பிரதிகூலங்களும் (advantages and disadvantages)

இவ் வெப்பமானியின் முக்கிய பயன் அதற்குள்ள பரந்த வெப்பநிலை எல்லையாகும். இப் பரந்த வெப்பநிலை எல்லை —200°C-லிருந்து

$1200°C$ ஆக இருக்கின்றது. எனினும், காப்புப் பொருள்கள் கேடுறுவதால் இவ் வெப்பமானியை $1000°C$-க்கு மேல் பயன்படுத்துவது சிறந்ததன்று. இக் கருவியை ஒரு மாரு பருமன் அளவு ஹைட்ரஜன் (constant volume hydrogen) வெப்பமானியுடன் ஒப்பிட்டுப் படித்தரமாக்கி, பின்பு இதையே ஒரு படித்தர (standard) வெப்பமானியாகப் பயன்படுத்தலாம்.



படம் 219.

இருந்தபோதிலும், இதனைப் பயன்படுத்துவதில் சில குறைபாடுகள் உள்ளன. (1) வேகமாக மாறும் வெப்பநிலைகளைப் பதிவிக்கும் உணர்திறனை (sensitiveness) இது பெறவில்லை. (2) பிளாட்டினம் கம்பியிலுள்ள அசுத்தங்கள் துல்லியமாக அளவெடுப்பதைத் தடுக்கின்றன.

இரு மின்கலங்களின் மின் இயக்க விசைகளை டேன்ஜண்ட் கால்வனுமீட்டரைக் கொண்டு ஒப்பிடுதல்

(i) மாறுத தடைமுறை (Constant resistance method)

லெக்லான்சி கலம் L, டேனியல் கலம் D இவைகளின் மின்னியக்க விசைகளை ஒப்பிட வேண்டியுள்ளது எனக் கொள்வோம். படத்தில் காட்டியபடி ஓர் இருவழிச் சாவி K மூலம் தடைப்பெட்டி R,B-ன் மின்கலங்கள் L,D டேன்ஜண்ட் கால்வனுமீட்டர் ஆகியவற்றை ஒரு மின்னோட்ட திசைமாற்றி மூலம் இணைக்கவும். தடைப்பெட்டிக்குப் பதிலாக ஒரு தடைமாற்றியைக் (rheostat) கூட உபயோகிக்கலாம். தடைப்பெட்டியில் தடை R-ஐ டேன்ஜண்ட் கால்வனுமீட்டரின் விலகல் $30°$-லிருந்து $60°$-க்குள் இருக்கும்படி சரிப்படுத்தல் வேண்டும். பெட்டியில் எடுத்த தடையின் அளவு கலங்களின் உள் தடைகளைவிட அதிகமாக இருத்தல் அவசியம். a-யையும்

c-யையும் சேர்க்கும்போது சுற்றில் லெக்லான்சி கலம் இணைக்கப்படுகிறது. டேன்ஜன்ட் கால்வனு மீட்டரில் கண்ட விலகல்களின் சராசரி அளவு θ_1 எனக் கொள்க. அதைப் போலவே b-யையும் c-யையும் சேர்த்து டேனியல் கலத்தைச் சுற்றில் இணைத்துச் சராசரி விலகல் θ_2 வை, 'R'-ன் மதிப்பை மாற்றுமல் காணல் வேண்டும். இப்பொழுது E_1, E_2 என்பன லெக்லான்சி, டேனியல் கலங்களின் மின்னியக்க விசைகள் எனக் கொண்டால் ஓமின் விதிப்படி,

$$E_1 = K \tan \theta_1 \times R \quad \ldots\ldots (1)$$

மற்றும் $$E_2 = K \tan \theta_2 \times R \quad \ldots\ldots (2)$$

ஆகவே, $$\frac{(1)}{(2)},\ \frac{E_1}{E_2},\ \frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2}$$

(ii) மாருத விலகல் முறை (Constant Deflection Method)

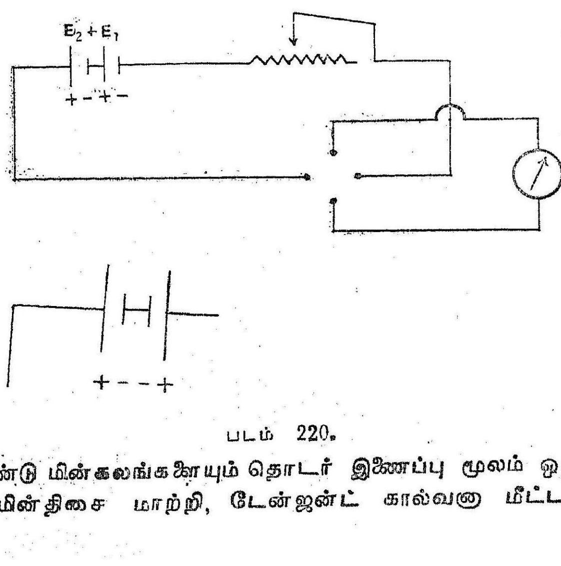
மேற்கண்ட சுற்றினையே பயன்படுத்தித் தடைப் பெட்டியில் R_1, R_2 தடைகளை முறையே லெக்லான்சி, டேனியல் கலங்களைச் சுற்றில் தனித்தனியே சம்பந்தப்படுத்தி மாரு விலகல் θ (காட்டாக 45°) கிடைக்கும்படி செய்தல் வேண்டும். பிறகு,

$$E_1 = K \tan \theta \times R_1$$

$$E_2 = K \tan \theta \times R_2$$

ஆகவே, $$\frac{E_1}{E_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

(iii) மொத்த வித்தியாச முறை (Sum and difference method)



படம் 220.

இரண்டு மின்கலங்களையும் தொடர் இணைப்பு மூலம் ஒரு தடை மாற்றி, மின்திசை மாற்றி, டேன்ஜன்ட் கால்வனு மீட்டர் இவை

களுடன் படத்தில் காட்டியபடி இணைக்க வேண்டும். தடைமாற்றியை கால்வனு மீட்டர் சுமார் 65° விலகல் காட்டும் வண்ணம் வைத்துச் சராசரி விலகல் θ_1-ஐக் காண வேண்டும். பின்பு இரு மின்கலங்களையும் அவைகளின் மின்னியக்கு விசைகள் எதிர்த்துக் கொள்ளும் வண்ணம் இணைத்து, தடைமாற்றியில் தடையை மாற்றுமல் வைத்துக் கொண்டு இப்போது சராசரி விலகல் θ_2-ஐப் பெற வேண்டும்.

கலங்களின் மின்னியக்க விசைகள் ஒரே திசையில் பாயும் பொழுது மொத்த மின்னியக்க விசை E_1+E_2

ஆகவே, $E_1+E_2 = K \tan\theta_1 \times R_2$ ...... (1)

அவைகளின் விசைகள் எதிர்த் திசைகளில் பாயும் பொழுது மின் இயக்க விசைகளின் பலன் E_1-E_2.

$$\therefore\ E_1-E_2 = K\tan\theta_2 \times R \qquad \text{...... (2)}$$

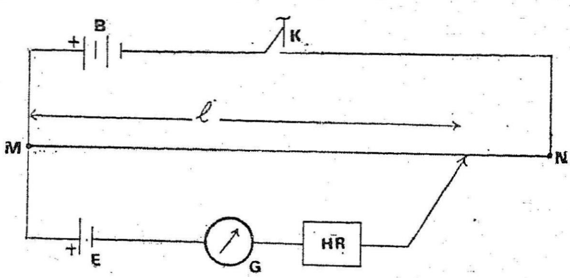
சமன்பாடு (1)-ஐ சமன்பாடு (2) ஆல் வகுக்க,

$$\frac{E_1+E_2}{E_1-E_2} = \frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2}$$

$$\text{ஆகவே}\ \frac{E_1}{E_2} = \frac{\tan\theta_1+\tan\theta_2}{\tan\theta_1-\tan\theta_2}$$

மின்னழுத்தமானி (Potentiometer)

மின்னழுத்த வேறுபாடுகளைத் துல்லியமாக அளவிடப் பயன்படும் கருவியே மின்னழுத்தமானி ஆகும். ஒரே சீரான 10 மீட்டர் நீளமுள்ள மேங்கனின் (manganin) அல்லது கான்ஸ்டன்டன் (canstantan) கம்பியானது, இணையாக ஒவ்வொன்றும் ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ளவையாகப் பத்து வரிசையில் ஒரு மரச் சட்டத்தின்மீது கம்பியின் இரண்டு நுனிகளும் ஒரே பக்கத்தில் இருக்கும் வண்ணம் அமைக்கப்



படம் 221.

பட்டிருக்கும். அக் கம்பியின் இரு முனைகளும் இரு பிணைப்புத் திருகுகளுடன் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். கம்பியின்மீது தொடர்பு ஏற்படுத்த ஒரு வழுக்கிச் செல்லும் அமைப்புச் (sliding arrangement) கொடுக்

கப்பட்டுள்ளது. அது இல்லையெனில், ஒரு தொடுகோலைப் பயன் படுத்தலாம். ஓர் ஈய அடுக்கு மின்கலம் 'B' மூலம், அக் கம்பியின் முனைகள் M, N-க்கு இடையே நிலைத்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை, நிலையான மின்னோட்டத்தினால் உண்டாக்கலாம். ஈய அடுக்கு மின் கலத்தில் உள்தடை மிகக் குறைவாதலால், M-க்கும் N-க்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைக் கலத்தின் மின்னியக்க விசைக்குச் சமமாகக் கொள்ளலாம். ρ என்பதை மின்னழுத்தமானி யின் ஒரு செ. மீ. நீளக் கம்பியின் தடையாகவும், i என்பதை அதில் பாயும் மின்னோட்டமாகவும் கொள்க. அப்படியானால், M-க்கும் N-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $i\rho \times MN$ ஆகும். M-க்கும் N-க்கும் இடையே J என்ற புள்ளியை எடுத்துக்கொண்டால் M-க்கும் J-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $i\rho \times MJ$-க்குச் சமம்.

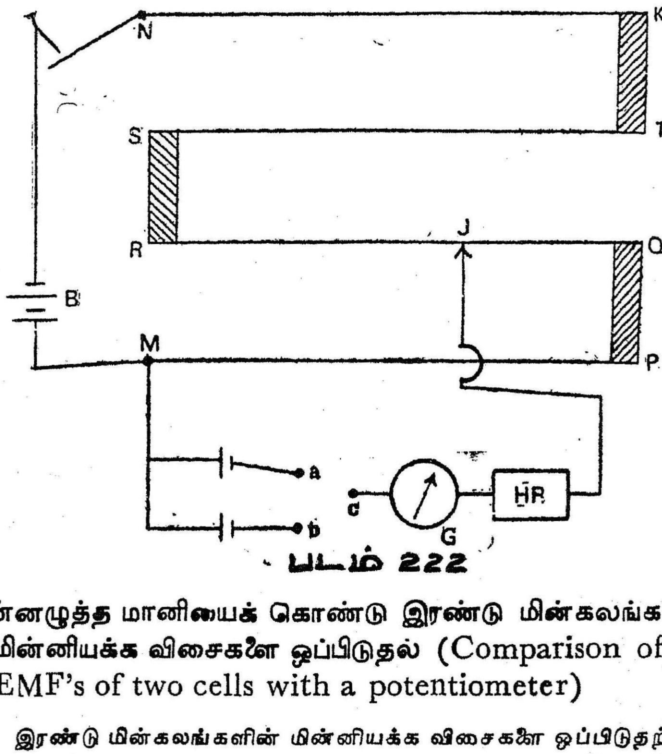
$$\frac{M\text{-க்கும் } J\text{-க்கும் இடையே உள்ள மி.வே.}}{M\text{-க்கும் } N\text{-க்கும் இடையே உள்ள மி.வே.}} = \frac{i\rho MJ}{i\rho MN} = \frac{MJ}{MN}$$

மின்னியக்க விசை E உள்ள ஒரு முதன்மைக் கலத்தின் (primary cell) நேர்முனையை M-ன் நுனிக்கும், எதிர் முனையை ஓர் உணர் திறனுள்ள கால்வனா மீட்டரின் மூலம், ஒரு தொடுகோல், அடுத்து ஓர் உயர்தடை ஆகியவற்றுடன் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருப்பதாக வைத்துக் கொள்ளுவோம். அளவுக்கதிகமான மின்னோட்டத்தினால் கால்வனா மீட்டர் பழுதடையாதிருக்கவே அதனுடன் உயர்தடை இணைக்கப்படுகிறது. கம்பியின் மீது ஏதோ ஒரு J என்னும் புள்ளியில் தொடுகோல் மூலம் தொடர்பு ஏற்படுத்தப்பட்டதாகக் கொள்வோம். இப்பொழுது MJ-க்கு இடையே உள்ள மி. வே.யும் (P.D.) கலம் E-ன் மின்னியக்கவிசையும் எதிர்த்திசைகளில் தங்களது மின்னோட்டங்களை கால்வனா மீட்டரில் செலுத்தும். MJ-க்கு இடையே உள்ள மி. வே.-ம் கலம் E-ன் மின்னியக்கவிசையும் சமமாக இருந்தால் கால்வனாமீட்டரில் மின்னோட்டம் இருக்காது. ஆகவே, அதில் விலகல் இருக்காது. தொடுகோலை கம்பியின் மீது வழுக்கச் செய்து சரியீட்டுப் புள்ளி J-வைக் கண்டுபிடித்தல் வேண்டும். சரியீட்டு நீளம் $MJ = l$ என்றால் MJ-க்கு இடையே உள்ள மி. வே. (P.D) $il\rho$-க்குச் சமம்.

ஆகவே $E = i\,\rho l$ ...... (1)

MN-க்கு இடையே உள்ள கம்பியின் முழு நீளத்திற்கும் இடையே உள்ள மி. வே. ($P.D.$), கலம் E-ன் மின்னியக்கு விசையை விட அதிகமாக இருந்தால்தான் சரியீட்டுப் புள்ளி கிடைக்கும். M-க்கும் J-க்கும் இடையே தொடுகோலால் கம்பியின்மீது தொடப்பட்டால், கால்வனாமீட்டரின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்ந்து ஒரு பக்கம் விலகலைக் காண்பிக்கும். அவ்வாறின்றி J-க்கும் N-க்கும் இடையே

தொடுகோலால் தொடர்பேற்படுத்தினால் கால்வனாமீட்டரில் முன்னைக்கு எதிர்த் திசையில் மின்னோட்டம் பாய்வதால், முன்னைய திசைக்கு எதிர்த் திசையில் விலகல் உண்டாகும். கால்வனா மீட்டரில் எதிரும் புதிருமாக, MJ-க்கு இடையே உள்ள மி. வே. ($P.D.$)-ம் கலம் E-ன் மின்னியக்க விசையும் மின்னோட்டங்களைப் பாய்ச்சுவதால்தான் சரியீட்டுப் புள்ளி பெறப்படுகிறது. ஆகவே, மின்கல அடுக்கு B, மின்கலம் E இவைகளின் நேர்முனைகளை மின்னழுத்தமானியின் கம்பியின் முனையான M-ல் இணைக்க வேண்டியுள்ளது.



படம் 222

மின்னழுத்த மானியைக் கொண்டு இரண்டு மின்கலங்களின் மின்னியக்க விசைகளை ஒப்பிடுதல் (Comparison of the EMF's of two cells with a potentiometer)

இரண்டு மின்கலங்களின் மின்னியக்க விசைகளை ஒப்பிடுதற்கான மின்சுற்று படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு மின் அடுக்கு B-யின் நேர், எதிர்முனைகளை மின்னழுத்த மானியின் கம்பியின் இருமுனைகள் M, N-க்கு ஒரு சாவியுடன் இணைக்கவேண்டும். இது முதன்மைச் சுற்று ஆகும். ஓர் இரு வழிச் சாவியின் உதவியால் ஒப்பிட வேண்டிய மி. இ. வி. ($EMF's$)-யுடைய மின்கலங்கள் E_1, E_2 இவைகளை அடுத்தடுத்து சுற்றில் இணைக்கும்படியாக இணைச்சுற்று அமைக்கப்பட்டிருக்கும். கலன்கள் E_1, E_2 இவைகளின் நேர் முனைகளும் மின்

அடுக்கு B-ன் நேர்முனையும் கம்பியின் ஒரே முனை M-முடன் இணைக்கப்படவேண்டும். இரு வழிச் சாவியினுல் ac-இடைவெளியை மூடி, கலம் E_1-ஐச் சுற்றில் இணைக்கவேண்டும். கால்வனுமீட்டர் சுற்றில் உயர் தடையோடு தோராயமான சரியீட்டுப் புள்ளியை முதலில் காண வேண்டும். பிறகு உயர்தடையை அகற்றிச் சரியான சரியீட்டுப் புள்ளி J-ஐக் காணல் வேண்டும். M–ல் இருந்து சரியீட்டுப் புள்ளியின் தொலைவு l_1 எனக் கொள்க. அடுத்து b-யையும் c-யையும் இணைத்து கலம் E_2-ஐச் சுற்றில் இணைக்கச் செய்து மேற்கூறியவாறு சரியீட்டுப் புள்ளியைக் காணல்வேண்டும். அதன் தொலைவை l_2 எனக் கொள்க. மின்னழுத்த மானியின் முதன்மைச் சுற்று வழியே பாயும் மின்னேட்டம் I எனவும், கம்பியின் அலகு நீளத்தின் தடை ρ எனவும் கொண்டால், முறையே

$$E_1 = i\,\rho\,l_1$$

$$E_2 = i\,\rho\,l_2$$

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

ஒரு தடை மாற்றியை முதன்மைச் சுற்றில் இணைத்து வெவ்வேறு மின்னேட்டங்களை முதன்மைச் சுற்று மூலம் பாயவைத்துச் சோதனையைப் பலமுறை செய்யலாம்.

அனுகூலங்கள்

(1) இது ஒரு துல்லியமான முறையாகும். 1000 செ.மீ. நீளமுள்ள மின்னழுத்த மானியின் கம்பி கொண்டு சரியீட்டு நீளத்தை ஒரு மில்லி மீட்டருக்குத் திருத்தமாகக் கண்டுபிடிக்கலாம். 10 மீட்டர் கம்பியின் இடையே உள்ள மின் அழுத்த வேறுபாடு 1 வோல்ட்டாக இருக்கும் போது மில்லிமீட்டர் நீளத்திற்கு $\frac{1}{10,000}$ வோல்ட் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம்.

(2) இது ஒரு சுழி விலகல் (null deflection) முறையாதலால், இதனுல் பெற்ற முடிவுகள் துல்லியமானது ஆகும்.

(3) சரியீட்டு நீளங்களை எடுக்கும் பொழுது கலங்களின் வழியே மின்னேட்டம் பாய்வதில்லையாதலால், அவைகளுடைய உள் தடைகளைக் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டியதில்லை. ஆகவே, நாம் அவைகளின் மின் இயக்க விசைகளைத்தான் ஒப்பிடுகிருேமே ஒழிய அவைகளின் முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகளை ஒப்பிடுவதில்லை. அப்படியிருந்தும் மின்னழுத்தமானியில் தொடக்கப் பிழை உள்ளது. இதன் காரணம் கம்பியின் முனைகளை ஈயம் கொண்டு கெட்டித்தகடுகளுடன் ஒட்டவைத்திருப்பதுதான். இதனுல் தோன்றும் பிழையைத் தவிர்க்கும் முறை பின்வருமாறு :

முதலில் கூறியவாறு கலங்கள் E_1, E_2 இவற்றின் தனித்தனியான சரியீட்டு நீளங்களை l_1, l_2 எனக் கொள்க. பிறகு துணைச் சுற்றில் இரண்டு கலங்கள் E_1, E_2 ஆகியவற்றைத் தொடர் இணைப்பின் மூலம் மொத்த மின்னியக்க விசை (E_1+E_2) உள்ளவாறு இணைத்து, அதனுடைய சரியீட்டு நீளம் l_3-ஐக் காணவேண்டும். இப்பொழுது 'e' என்பதைத் தொடக்கப்பிழையாகக் கொண்டால்,

$$E_1=(l_1+e)\, i\, \rho \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

இங்கு i என்பது முதன்மைச் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம். ρ என்பது கம்பியின் அலகு நீளத்தின் தடை. இதைப்போலவே

$$E_2=(l_2+e)\, i\, \rho \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1) ஐயும் (2) ஐயும் கூட்ட

$$E_1+E_2=i\, \rho\, (l_1+l_2+2e) \qquad \ldots\ldots \quad (3)$$

ஆனால், $E_1+E_2=(l_3+e)\, i\, \rho$ ...... (4)

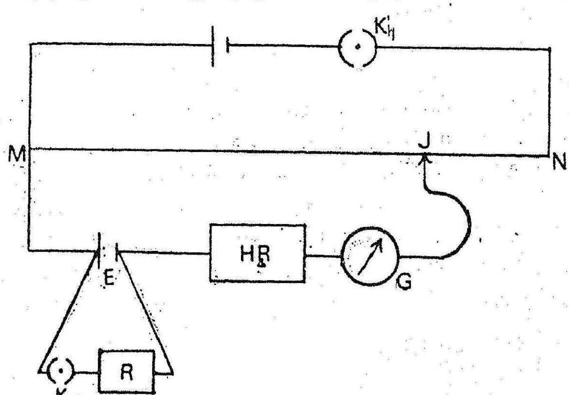
ஆகவே, சமன்பாடுகள் (3), (4) மூலம்

$$(l_3+e)\, i\, \rho=(l_1+l_2+2e)\, i\, \rho$$

அல்லது $e=l_3-l_1-l_2$ ...... (5)

மின்னழுத்தமானியைக் கொண்டு ஒரு மின்கலத்தின் உள் மின்தடையைக் காணல்

ஒரு சேமிப்பு மின்கலன் 'B'யின் நேர்முனையை மின்னழுத்த மானியின் கம்பியின் ஒரு முனையான M-உடன் இணைக்கவும். அக் கம்பியின் மற்ற முனை N-ஐ ஒரு சாவி K_1 மூலம் 'B'யின் எதிர்முனை



படம் 223.

யுடன் இணைக்கவும். எதனுடைய உள் தடையினைக் காண வேண்டுமோ அந்த மின்கலன் Eயின் நேர்முனையை M-உடன் இணைத்து

எதிர்முனையுடன் உயர்தடையுடன் கால்வனு மீட்டருடன் இணைத்து முடிவில் தொடுகோல் J உடன் இணைக்க வேண்டும். மின்கலன் E-க்கு இணையாக ஒரு தடைப் பெட்டி R, ஒரு சாவி K_2 இவைகளை இணைக்க வேண்டும். சாவி K_2ஐத் திறந்து வைத்து, சரியீட்டு நீளம் l_1ஐ முதலில் கண்டு பிடிக்க வேண்டும். மின்கலம் E_1 திறந்த சுற்றில் (open circuit) இருப்பதால், அதனுடைய மின்னியக்க விசை

$$E \propto l_1 \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

ஒரு தகுந்த அளவு தடை R (உதாரணமாக 15 ஓம்கள்) தடைப் பெட்டியில் உண்டாக்கி, சாவி K_2ஐ மூட வேண்டும். இப்பொழுது 'r' என்பது கலத்தின் உள்தடையானல், கலம், தடை R ஆகியவற்றின் மூலம் பாயும் மின்னோட்டம்,

$$i = \frac{E}{R+r}$$

ஆகவே, R-ன் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $= \frac{\quad}{R+r}$

$$\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

இம் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை, மின்னழுத்த மானியின் கம்பி சரியீட்டு நிலையில் நிறுத்தும்போது கிடைக்கும் சரியீட்டு நீளம் l_2 என்றால்,

$$\frac{E\,R}{R+r} \propto l_2 \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

அதாவது $\dfrac{R+r}{R} = \dfrac{l_1}{l_2}$ சமன்பாடுகள் (1), (3)-லிருந்து

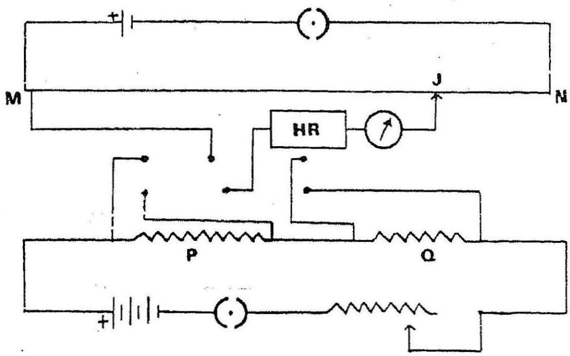
$$\therefore\ r = R\left(\frac{l_1 - l_2}{l_2}\right)$$

மேற்காணும் சமன்பாட்டில் R, l_1, l_2 இவைகளின் மதிப்புகளை பிரதியிட்டுக் கலத்தின் உள் தடையைக் கணக்கிடலாம். தடைப் பெட்டியில் வெவ்வேறு மதிப்புடைய தடைகளையுண்டாக்கி (காட்டாக 10, 8, 7, 6, 5, 3, 2, 1 ஓம்கள்) ஒவ்வொரு முறையும் அக மின்தடையைக் காணலாம். கலத்தின் அக மின்தடை மாறிலியாக இல்லாமல், கலனின் குறுக்கே இணைக்கப்படும் தடை அதிகரிக்க அதன் உள் மின் தடையும் அதிகரிப்பதைக் காணலாம்.

ஒரு சுருளின் மின்தடையை மின்னழுத்தமானி கொண்டு காணல்

ஒரு சாவியுடன், சேமிப்புக் கலனின் முறையே நேர், எதிர் முனைகளை மின்னழுத்தமானியின் கம்பியின் முனைகளான M, N

ஆகியவற்றுடன் இணைக்க வேண்டும். ஒப்பிட்டுக் காண வேண்டிய இரு மின் தடைகள் P,Q வை மற்றொரு மின்கல அடுக்குடன், தடை மாற்றி, சாவி முதலியவற்றுடன் இணைக்க வேண்டும். இரட்டை வீச்சு ஸ்விட்சின் (switch) மூலம் P,Q தடைகளை கால்வனு மீட்டர் சுற்றில் அடுத்தடுத்து தொடர்பேற்படும்படி இணைக்க வேண்டும். தடைகள் P,Q-வின் உயர் மின்னழுத்த முனைகள் மின்னழுத்தமானி



படம் 224.

யின் கம்பியின் உயர் மின்னழுத்த முனையான M முடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கிறதா என கவனிக்க வேண்டும். தடை Pயின் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை மின்னழுத்த மானியில் சரியீட்டு நிலையில் நிறுத்திச் சரியீட்டு நீளம் l_1ஐக் காண வேண்டும். P,Q வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவை மாற்ருது Qவின் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை மின்னழுத்தமானியில் சரியீட்டு நிலையில் நிறுத்திச், சரியீட்டு நீளம் l_2-வைக் காண வேண்டும். P-யையும் Q-வையும் கொண்ட சுற்று வழியே பாயும் மின்னோட்ட அளவு i எனில் P-க்கும் Q-க்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறு பாடுகள் முறையே iP, iQ ஆகும்.

இப்பொழுது $iP \propto l_1$

$$iQ \propto l_2$$

வகுக்க, $P/Q = l_1/l_2$

தடைமாற்றியின் உதவியால் P,Q மூலம் பாயும் மின்னோட்டத்தை மாற்றி சோதனையைத் திரும்பச் செய்யலாம். இம்முறையில் மின் தடையை $\frac{1}{10}$ ஒமுக்குத் துல்லியமாக ஒப்பிட முடியும். இரண்டு மின் தடைகளில் ஒன்றின் மதிப்பு தெரியுமானல், மற்றதன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

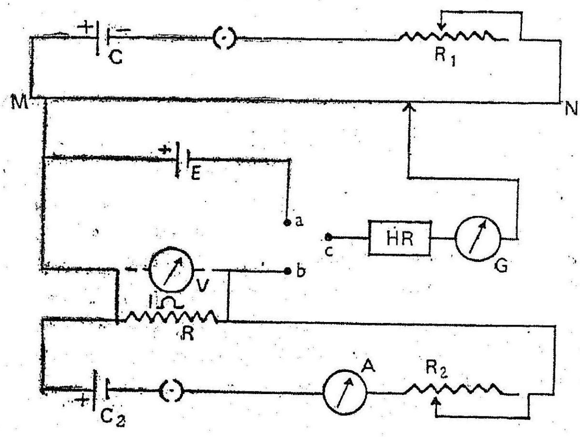
மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணைக் கணக்கிட, மின்னழுத்தமானி மூலம் மின்தடையைக் கண்டுபிடிக்கும் முறையைப் பயன்படுத்தலாம். இம்முறையில், சுருளின் மின் தடைகள் R_0, R_{100} இவைகளை $0°C$-ல் உருகும் பனிக்கட்டி, $100°C$-ல் கொதிக்கும் நீர் இவைகளில் கம்பிச் சுருளை மூழ்க வைத்துக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். பின் மின்தடை வெப்ப நிலை எண்ணை a வைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் பெறலாம்.

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

மின்னழுத்தமானி கொண்டு மின்னோட்டத்தை அளத்தல் (Measurement of current by the potentiometer)

அம்மீட்டரின் அளவுத் திருத்தம் (Calibration of ammeter)

ஒரு மின் தடைமாற்றி R_1, சாவி இவைகளுடன் சேமிப்புக் கலன் C_1-ன் நேர், எதிர் முனைகளை முறையே மின்னழுத்த மானியின் முனை களான M, N ஆகியவற்றுடன் இணைக்க வேண்டும். டேனியல் மின்



படம் 225.

கலம் E (1·08 வோல்ட்)-ன் நேர்முனையை M முடனும், எதிர்முனையை இரு வழிச் சாவியின் முனை 'a'யுடனும் அச்சாவியின் முனை 'c' மூலம் உயர் மின்தடை (HR) உணர்திறனுள்ள கால்வனா மீட்டர் G ஆகிய வற்றுடன் இணைக்க வேண்டும். 1 ஓம் மின்தடையுள்ள படித்தர R உடன், மின்தடை மாற்றி R_2, அம்மீட்டர் A, சாவி இவற்றுடன் மற்றொரு சேமிப்புக் கலன் C_2-உடன் கூடிய தனிச் சுற்று ஒன்றை ஏற்படுத்த வேண்டும். படித்தரத் தடை R-ன் நேர்முனையை M முடனும் அதன் எதிர் முனையை இருவழிச் சாவியின் முனையான bயுடனும் இணைக்க வேண்டும். முதலில் இருவழிச் சாவியின் a, c-க்கு,

இடையே உள்ள வெளியை மூடி டேனியல் கலம் F-ஐச் சுற்றில் சேர்க்க வேண்டும். தேவைப்பட்டால் தடைமாற்றி R_1ஐப் பயன்படுத்தி டேனியல் கலத்தின் மின்னியக்க விசையை, மின்னழுத்தமானியின் மீது சரியீடு செய்து சரியீட்டு நீளமான l_0 வை அளவீடு செய்யவேண்டும். இதிலிருந்து மின்னழுத்தமானியின் கம்பியின் 1 செ.மீ. நீளத்திற்கு இடையே உள்ள மின்னியக்க வேறுபாடு $\frac{E}{l_0}$ வோல்ட்களுக்குச் சமம் என்றாகிறது. இங்ஙனம் முதலில் மின்னழுத்தமானி அளவு திருத்தப் படுகிறது (calibrated).

படித்தர மின்தடை மூலம் பாயும் மின்னோட்டம் i_1 (0·5 ஆம்பியர்) என அம்மீட்டர் காட்டும் வண்ணம் சுற்றிலுள்ள தடைமாற்றியால் (R_2) சரி செய்யவேண்டும். தடை 'R'-ன் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னழுத்த மானியின் இணைச்சுற்றில் சேரும்படி, இருவழிச் சாவியின் இடைவெளி 'ac'-யைத் திறந்துவிட்டு, இப்போது இடைவெளி bc-யை மூடும்படிச் செய்ய வேண்டும். இப்போதுள்ள சரியீட்டு நீளமான l என்பதை அளக்கவேண்டும். எனவே, R-க்குக் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $\frac{El}{l_0}$ வோல்ட்டுகளுக்குச் சமம். R மூலம் பாயும் மின்னோட்டம் $\frac{El}{l_0R}$ ஆம்பியர்களுக்குச் சமம். $R=1$ ஓம் ஆதலால், படித்தர மின்தடைச் சுற்று வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $\frac{El}{l_0}$ ஆம்பியர்கள் ஆகும். ஆகவே, அம்மீட்டர் காட்டிய அளவின் திருத்தம் $\frac{El}{l_0}-i$. தடைமாற்றி R_2 வின் உதவியால் அம்மீட்டரில் வெவ்வேறு அளவு மின்னோட்டங்களைச் செலுத்தி ஒவ்வொரு முறையும் சரியீட்டு நீளங்களைக் கண்டு திருத்தங்களைக் கணக்கிடலாம்.

ஒரு டேன்ஜன்ட் கால்வனுமீட்டரின் சுருக்க எண்ணை (Reduction factor) மின்னழுத்த மானி கொண்டு காணல்

அம்மீட்டர் இருக்கும் இடத்தில் ஒரு டேன்ஜன்ட் கால்வனுமீட்டரை மேற்கண்ட சுற்றில் இணைத்து, அதன் சுருக்க எண்ணைக் கணக்கிடலாம். துணைச்சுற்று வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு i-க்குக் கிடைக்கும் விலகல்களின் சராசரி மதிப்பு θ என்று கொண்டால், சுற்றுவழியே பாயும் மின்னோட்டம் $i = K\tan\theta$. படித்தர மின்தடை R-ன் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு, சரியீட்டு நீளம் 'l'-ஐ மின்னழுத்தமானி தருகிறது என்றால், அச்சுற்று வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு $i = \frac{El}{l_0R}$

$$\therefore \quad \frac{El}{l_0 R} = K \tan \theta$$

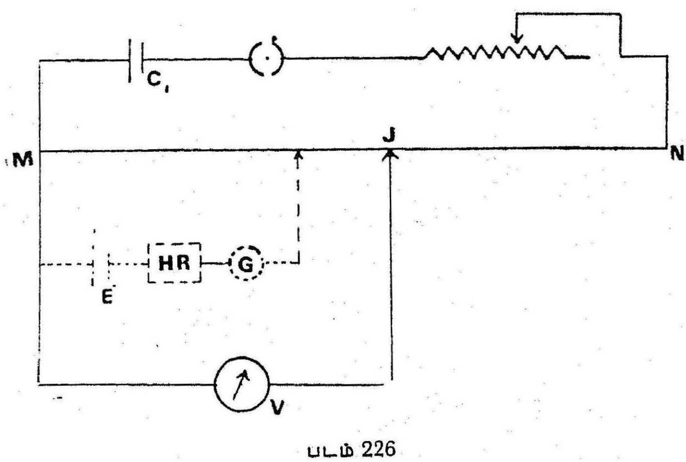
$$\therefore \quad K = \frac{El}{l_0 R \tan \theta}$$

ஆகவே, K-ன் மதிப்பு அறியப்படுகின்றது.

மின்னழுத்தமானி கொண்டு வோல்ட் மீட்டரின் அளவு திருத்தல் (Calibration of a Voltmeter by a Potentiometer)

குறைந்த எல்லை வோல்ட் மீட்டர் (Low range voltmeter)

மேற்கண்ட அதே சுற்றைக் கொண்டு ஒரு 'குறைந்த எல்லை' வோல்ட் மீட்டரை அளவு திருத்தம் செய்யலாம். எந்த வோல்ட் மீட்டர் V-ஐ அளவு திருத்தம் செய்ய வேண்டுமோ அதைப் படித்தர மின்தடை 'R'-க்குக் குறுக்கே (across) இணைக்க வேண்டும். முன்னைப் போலவே டேனியல் கலத்தின் மின்னியக்க விசைக்கு மின்னழுத்தமானியின் கம்பியின்மீது சரியீடு செய்து சரியீட்டு நீளமான l_0-வைக் காண வேண்டும். ஆகவே, மின்னழுத்தமானி



படம் 226

யின் கம்பியின் அலகு நீளத்திற்கு (1 செ.மீ.) இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $\frac{E}{l_0}$ ஆகும். இருவழிச் சாவியின் bc இடைவெளியை மூடியிருக்கும்போது வோல்ட்மீட்டர் காட்டும் அளவை V எனக் கொள்வோம். R-க்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறு

பாடு $\frac{El}{R}$-க்குச் சமம். ஆகவே, அந்த வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் அளவின் திருத்தம் $\frac{El}{R}-V$ ஆகும்.

மின்தடை மாற்றி R_2 மூலம் வோல்ட் மீட்டரில் அளவுகளை மாற்றி மாற்றி அமைத்து அவற்றிற்கான சரியீட்டு நீளங்களைக் கணக்கிடலாம். அவைகளைக் கொண்டு வோல்ட்மீட்டர் காட்டிய அளவுகளின் திருத்தங்களைக் கணக்கிடலாம். இம்முறை மின்னழுத்த மானியின் முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைக் காட்டிலும், குறைந்த அளவு மின்னழுத்தங்களைக் (voltages) காணத் தான் பயன்படும்.

மற்றொரு முறை

மின்னழுத்தமானியை அளவு திருத்தல் செய்தவுடன், வோல்ட் மீட்டரை நேராக அதன் நேர் முனையை M-க்கும், எதிர் முனையைத் தொடுகோலுக்கும் இணைக்கவேண்டும். M-லிருந்து l தொலைவில் தொடுகோலை J என்னும் புள்ளியில், வோல்ட்மீட்டர் 'V' என்னும் அளவினைக் காட்டும் வண்ணம் மின்னழுத்தமானியின் கம்பிமீது தொடல் வேண்டும். அப்போது M-க்கும் J-க்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $\frac{El}{l_0}$-க்குச் சமம். இங்கு l_0 எனப்படுவது படித்தர மின்கலத்திற்குண்டான சரியீட்டு நீளம் ஆகும். ஆகவே, வோல்ட் மீட்டரில் கண்ட அளவின் திருத்தம்

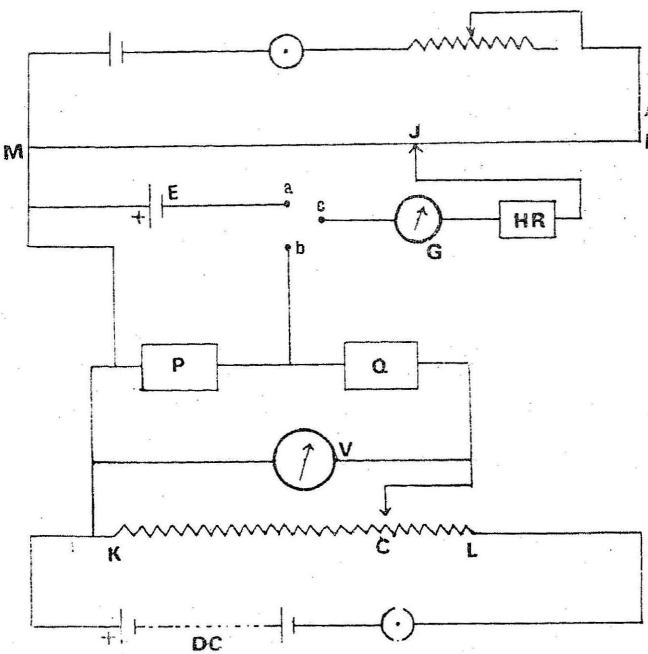
$$\frac{El}{l_0}-V$$

ஆகும். இம்முறையைப் பின்பற்றுவதால் விளையும் கேடு யாதெனில், வோல்ட்மீட்டரை மின்னழுத்த மானிக்கு இணையாக (parallel) இணைப்பதால் அதனுடைய மின்தடை, மின்னழுத்தமானியின் கம்பி யின் 1 செ.மீ. நீளத்திற்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறு பாட்டினை மாற்றிக்கொண்டே இருக்கும்.

உயர்ந்த எல்லை வோல்ட் மீட்டரை அளவு திருத்தல் (Calibralion of high range voltmeter)

இதற்கான மின்சுற்று படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்னழுத்த மானியை அளவுதிருத்தஞ் செய்ய உபயோகிக்கப்படும் படித்தர மின் கலம் E ஆகும். P, Q என்பவையிரண்டும் 0 முதல் 1000 ஓம்கள் வரை தடை அளவுகளுள்ள மின் தடைப் பெட்டிகள். ஓர் உயர்ந்த

நேர் மின்னோட்ட மின்னழுத்தத்தைப் பங்கிடும் அமைப்பான KL (potential divider arrangement) உடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வமைப்பின்படி தடை மாற்றியில் புள்ளி 'c'-ன் இடத்தைப்



படம் 227

பொறுத்து K-க்கும் C-க்கும் இடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்கும். அவ்வாறு பிரிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு எந்த வோல்ட் மீட்டரை அளவு திருத்தம் செய்ய வேண்டுமோ அதன் மூலம் அறியப்படும். மின்தடைப் பெட்டிகள் P, Q ஆகியவற்றை அந்த வோல்ட் மீட்டருக்கு இணையாக அதன் முனைகளில் இணைக்க வேண்டும். P-ன் நேர், எதிர்முனைகளை முறையே மின்னழுத்த மானியின் நேர் முனை M-க்கும், இருவழிச் சாவியின் b முனைக்கும் இணைக்க வேண்டும். P-க்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்னழுத்த மானியின் முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைக் காட்டிலும் குறைவாக இருக்கும் வண்ணம் P, Q மின்தடைப் பெட்டிகளில் தடைகளைப் பொதுவாக அதிகமாக இருக்கும்படி செய்ய வேண்டும். P, Q வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு குறைவாக இருக்க வேண்டுமானால் $(P+Q)$-ன் மதிப்பு தேவையான அளவிற்கு அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

ஆரம்பத்தில் ac இடைவெளியை இருவழிச் சாவி மூலம் அடைத்து விட்டு படித்தர மின்கலம் E-ஐ மின்சுற்றில் தொடர்பேற்படுத்த வேண்டும். அதன் பிறகு அதன் மின்னியக்க விசையை மின்னழுத்த மானியில் சரியீடு செய்து சரியீட்டு நீளம் l_0-வைக் காண வேண்டும். இதனால் மின்னழுத்த மானிக் கம்பியின் 1 செ.மீ. நீளத்திற்கு இடையே யுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $\frac{E}{l_0}$-க்குச் சமம் என ஆகிறது.

பிறகு இடைவெளி ac-ஐத் திறந்துவிட்டு, இடைவெளி bc-ஐ அடைத்து, P-யை மின்சுற்றில் இணைக்கச்செய்து, மின்னழுத்தமானியில் P-யின் முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான சரியீட்டு நீளம் 'l'-ஐக் காணவேண்டும்.

$$\left.\begin{array}{l} P\text{-ன் முனைகளுக்கு இடையேயுள்ள} \\ \text{மின்னழுத்த வேறுபாடு} \end{array}\right\} = \frac{El}{l_0}$$

$$\therefore \left.\begin{array}{l} P, Q \text{ இரண்டுக்கும் இடையே உள்ள} \\ \text{மின்னழுத்த வேறுபாடு} \end{array}\right\} = \frac{El}{l_0} \cdot \left(\frac{P+Q}{P}\right)$$

ஆனால், இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் அளவு V_1-க்குச் சமம்ஆகும். ஆகவே, வோல்ட்மீட்டர் காட்டும் அளவிற்குத் திருத்தம்

$$= \frac{El}{l_0}\left(\frac{P+Q}{P}\right) - V_1$$

தடைமாற்றியிலுள்ள மின்னழுத்தத்தைப் பிரிக்கும் புள்ளி C-யின் இடத்தை மாற்றி மாற்றி அமைத்து வோல்ட் மீட்டர் 10, 20, 30, 40, 50......வோல்ட்கள் காட்டும் வண்ணம் செய்து சரியீட்டு நீளங்களை அளந்து, சரியான மின்னழுத்தங்களின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

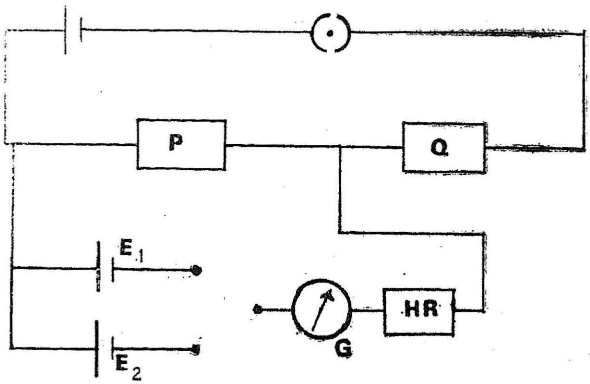
மின்னழுத்தமானியின் வேறு வகைகள்

(1) கிராம்டன் மின்னழுத்தமானி (Crompton Potentiometer)

இந்த வகை மின்னழுத்தமானியில், பல துணைச் சுருள்கள் அதன் கம்பியுடன் தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் பலனுள்ள நீளம் (effective length) அதிகரிக்க அக் கருவியின் உணர் திறனும் அதிகரிக்கிறது.

(2) ராலே வகை மின்னழுத்தமானி (Raleigh's form of Potentiometer)

இவ்வகை மின்னழுத்தமானி, 0 முதல் 5000 ஓம்கள் வரை தடை அளவுகளுள்ள இரண்டு மின்தடைப் பெட்டிகள் P,Q-வினை ஒரு



படம் 228.

சேமிப்புக் கலத்தினுடன் (E) ஒரு சாவி வழியாகத் தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இரு தடைகளில் ஒன்றின் மதிப்பை (காட்டாக P-ன் மதிப்பை), $(P+Q)$வின் கூட்டுத் தொகை எப்போதும் மாறுமல் 10,000 ஓம்களாகவே இருக்குமாறு மாற்றி சோதனையைச் செய்தல் வேண்டும். இவ்வாறு செய்வதால் P-க்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு சேமிப்புக் கலத்தின் மின்னியக்க விசையில் $\left(\dfrac{P}{P+Q}\right)$ பாகமாக இருக்கும். இவ் விகிதத்தை நம் விருப்பம் போல் மாற்றியமைத்துக் கொள்ளலாம்.

இரண்டு முதன்மைக் கலங்களின் மின்னியக்க விசைகள் E_1, E_2 வை ஒப்பிட அக்கலங்களைப் படத்தில் காட்டியபடி ஓர் இருவழிச் சாவி மூலம் இணைக்க வேண்டும். E_1, E_2 இவைகளின் நேர்முனைகளை P-ன் நேர் முனைக்கும், எதிர் முனைகளை Pயின் எதிர் முனைக்கும் இருவழிச் சாவி மூலம் ஒரு கால்வனு மீட்டர், உயர் மின்தடை ஆகியவற்றுடன் இணைக்க வேண்டும்.

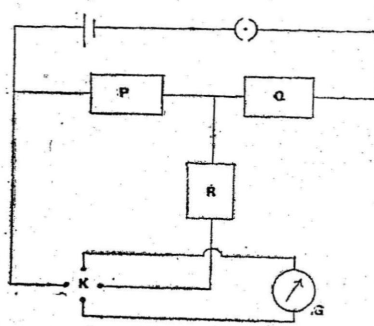
இப்பொழுது கால்வனு மீட்டரில் விலகல் ஏற்படாதவாறும், $(P+Q)$ மாறுமல் (10,000 ஓம்கள்) இருக்கும்படியாகவும் உள்ள P-ன் மதிப்பைக் காணல் வேண்டும். சரியீட்டு நிலை ஏற்படும்போது பெட்டி P-ல் உள்ள தடையின் மதிப்பு P_1 எனக் கொள்வோம். பிறகு

$E_1 = \frac{E\ P_1}{P+Q}$ இப்போது கலன் E_2-வைச் சுற்றில் தொடர்பு ஏற்படுத்திச் சரியீட்டு நிலைக்கான தடையின் மதிப்பு P_2-வைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். பிறகு $E_2 = \frac{E\ P_2}{P+Q}$

$$\text{ஆகவே, } \frac{E_1}{E_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

ஒரு கால்வனுமீட்டரின் உணர்திறன் காணல் (Sensitiveness of a galvanometer)

தகுதி இலக்கம் (figure of merit) **அல்லது மின் உணர்வுநுட்பம்** (current sensitiveness): ஓர் அசைவுச் சுருள் கால்வனுமீட்டரின் தகுதி இலக்கம் அல்லது மின் உணர் நுட்பம் என்பது, கால்வனுமீட்டரின் முன்னிலையில் ஒரு மீட்டர் தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள அளவுகோலில் 1 மில்லி மீட்டர் விலகல் ஏற்படுத்தத் தேவையான மின்னோட்டத்தின் வலுவைக் குறிக்கும். குறிமுள் (pointer) உள்ள கால்வனுமீட்டரில் இது அதனுடைய அளவுகோலில் ஒருபிரிவுக்கு (division) விலகல் உண்டாக்கத் தேவையான மின்னோட்டத்தின் வலுவைக் குறிக்கும்.



படம் 229.

தகுதி இலக்கத்தைக் காண்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் மின் சுற்றின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்தில் B என்பது ஒரு சேமிப்புக்கலம்; G என்பது ஓர் அசைவுச் சுருள் கால்வனுமீட்டர்; P, Q, R என்பன 0 முதல் 5000 ஓம்கள் வரை தடைகளைத் தரவல்ல மின்தடைப் பெட்டிகள். E என்பது சேமிப்புக் கலத்தின் மின்னியக்கு விசையென்றால், தடை P-க்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $\frac{EP}{P+Q}$ ஆகும். இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு கால்வனுமீட்டர் சுற்றில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. G என்பது கால்வனுமீட்டரின் தடையளவு ஆனால், கால்வனுமீட்டர் சுற்றில் உள்ள மொத்த மின்தடையின் அளவு $(R+G)$ ஆகும். ஆகவே, கால்வனுமீட்டரின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு

$$g = \frac{EP}{(P+Q)\ (R+G)}$$

இப்பொழுது 'd' மில்லி மீட்டர், கால்வனுமீட்டரின் கண்ணுடிக்கு எதிரே ஒரு மீட்டர் தூரத்தில் உள்ள அளவுகோலில் காட்டப்பட்ட விலகல் என்ருல், 1 மில்லி மீட்டர் விலகல் ஏற்பட, அல்லது தகுதி இலக்கம், கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் கிடைக்கும்.

$$\frac{g}{d} = \frac{EP}{(P+Q)\,(R+G)d}$$

ஒரு குறிப்பிட்ட மாருத 'R'-ன் மதிப்பிற்கு, $(P+Q)$-ன் மதிப்பை மாற்ருமலிருந்து ஆனுல், 'P'ன் மதிப்பை மட்டும் மாற்றி மாற்றி, P-ன் ஒவ்வொரு மதிப்பிற்கும் அதற்கேற்ற 'd'-ஐக் கண்டுபிடித்துத் தகுதி இலக்கத்தைக் கணக்கிடலாம். அவ்வாறு கணக்கிட கால்வனு மீட்டரின் தடை அளவு தெரிதல் வேண்டும்.

d, g இவைகளின் மதிப்பை X, Y அச்சுகளில் குறித்து ஒரு வரைபடம் வரைந்தால் அது அச்சுகளின் ஆரம்பத்தின் (origin) வழியே செல்லும் ஒரு நேர்கோடாக அமையும்.

ஒரு கால்வனுமீட்டரின் மின்தடையைக் காணல்

(i) பாதி விலகல் முறை (**Resistance of a galvanometer half deflection method**): மின் உணர்வு திறனைக் காண எடுத்துக் கொண்ட மின் சுற்றையே இங்கும் பயன்படுத்த வேண்டும் தடைப் பெட்டி P-ல் 1 ஓம் தடையும் எப்போதும் $(P+Q) = 10,000$ ஓம்கள் என்றும் இருக்குமாறு தடைகளிட்டு, அளவுகோலின் மேல், $R=0$ இருக்கும்போது விலகல் 'd'ஐக் காணவேண்டும். இப்பொழுது கால்வனுமீட்டரின் வழியே பாயும் மின்னேட்டம் $g' = \dfrac{EP}{(P+Q)G}$

இதில் 'G' என்பது கால்வனுமீட்டரின் தடையாகும். இந்த மின்னேட்டம் 'd' எனும் விலகலை உண்டாக்குவதால்,

$$\frac{EP}{(P+Q)G} \propto d \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

இப்பொழுது P, $(P+Q)$ இவைகளின் மதிப்பை மாற்ருமல் தடைப் பெட்டி 'R'-ல் ஏற்ற தடைகளை உண்டாக்கி கால்வனுமீட்டரின் விலகல் சரி பாதியாகக் குறையும்படி செய்ய வேண்டும்; அதாவது $d/2$ ஆகக் குறையும்படி செய்ய வேண்டும். தடைப் பெட்டி 'R'-ல் உண்டாக்கிய தடையின் மதிப்பு 'R' என்ருல்,

$$g' = \frac{EP}{(P+Q)\,(R+G)}$$

இந்த மின்னேட்டம் '$d/2$' விலகலை உண்டாக்குவதால்,

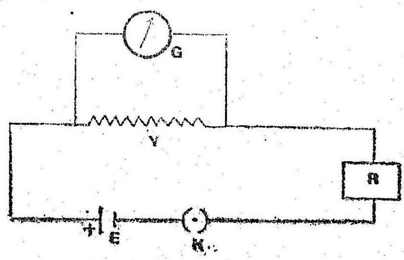
$$\frac{EP}{(P+Q)\,(R+G)} \propto \frac{d}{2} \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

சமன்பாடு (1) ஐச் சமன்பாடு (2) ஆல் வகுக்க,

$$\frac{R+G}{G} = 2$$

அல்லது $G=R$.

இணைத் தடமாற்றி முறை (Shunt method) : மிக அதிக உணர் திறனுள்ள கால்வனுமீட்டரின் தடையைக் காண, இந்த இணைத் தடமாற்றிமுறை சிறந்தது. படத்தில் காட்டியவாறு கால்வனுமீட்டர் G, தடைப் பெட்டி R, சேமிப்பு மின்கலம் E, சாவி K இவைகளுடன் ஒரு குறைந்த மின்தடையினைத்தரும் தடைப் பெட்டியான r இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒரு தகுந்த அளவு விலகல் கால்வனுமீட்டரில் கிடைக்கும் வண்ணம் இரண்டு தடைப் பெட்டிகளிலும் தடைகளை உண்டாக்க வேண்டும். d எனும் விலகலுக்கு r_1, R_1 என்னும் தடைகளைத் தடைப் பெட்டிகள் r, R-ல் உண்டாக்கியிருப்பதாகக் கொள்வோம்.



படம் 230.

சுற்றின் விளைவு மின்தடையானது $R_1 + \frac{r_1 G}{r_1+G}$-க்குச் சமம். எனவே, முதன்மைச் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு

$$i_1 = \frac{E}{R_1 + \frac{r_1 G}{r_1+G}}$$

ஆகவே, கால்வனுமீட்டரின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$g = i_1 \frac{r_1}{r_1+G}$$

$$= \frac{E\,(r_1+G)}{R_1\,(r_1+G)+r_1G} \times \frac{r_1}{r_1+G} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

முன் கிடைத்த அதே அளவு விலகல் கிடைக்கும் வண்ணம் r, R தடைப் பெட்டிகளில் தடைகள் r_2, R_2-களை உண்டாக்க வேண்டும். இப்பொழுது கால்வனுமீட்டரின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு,

$$g = \frac{E\,(r_2+G)}{R_2\,(r_2+G)+r_2G} \times \frac{r_2}{r_2+G} \quad \ldots \quad (2$$

கால்வனுமீட்டரில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவு இரண்டு முறைகளிலும் சமமாகவே இருக்கின்றன. எனவே, (1) = (2),

அதாவது,

$$\frac{E\,(r_1+G)}{R_1\,(r_1+G)+r_1G} \times \frac{r_1}{(r_1+G)} = \frac{E\,(r_2+G)}{R_2(r_2+G)+r_2G} \times \frac{r_2}{(r_2+G)}$$

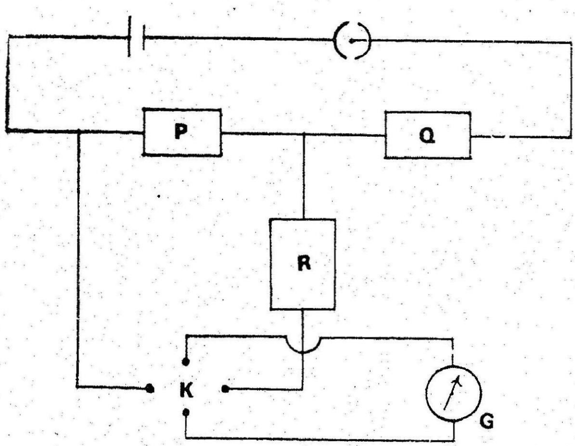
$$\text{அல்லது}\quad \frac{r_1}{R_1\,(r_1+G)+r_1G} = \frac{r_2}{R_2\,(r_2+G)+r_2G}$$

$$\text{அல்லது}\quad G = \frac{r_1r_2\,(R_1-R_2)}{r_1R_2 - r_2R_1}$$

ஒரு கால்வனுமீட்டரின் மின்னழுத்த உணர்நுட்பம்

(Voltage sensitiveness of a galvanometer)

கால்வனுமீட்டரின் கண்ணுடிக்கு முன்பாக, ஒரு மீட்டர் தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள அளவுகோலின் மீது 1 மில்லி மீட்டர் அளவு விலகலை உண்டாக்கத் தேவையான மின்னழுத்த வேறுபாடே ஓர் ஆடி கால்வனுமீட்டரின் மின்னழுத்த உணர்நுட்பம் என்று கூறப்படும். படத்தில் காட்டிய சுற்றின்படி, $(P+Q)$-வை ஒரு மாறுத



படம் 31.

மதிப்புடையதாக வைத்து, தடைப் பெட்டி P-ல் சுமார் P_1 தடையினை உண்டாக்கித் தடைப் பெட்டி R-ல் தடையில்லாமல் $(R=0)$ கால்வனு

மீட்டரின் முன் இருக்கும் அளவுகோலின் மீது விலகலை உண்டாக்க வேண்டும். இப்பொழுது P_1-க்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $= \frac{EP_1}{(P+Q)}$. இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு அளவுகோலின் மீது 'd' விலகலை ஏற்படுத்தினால், அளவுகோலின் ஒரு பிரிவு விலகலுக்குத் தேவையான மின்னழுத்த வேறுபாடே மின்னழுத்த உணர்நுட்பம் ஆகும். ஆகவே, மின்னழுத்த உணர்நுட்பம் $= \frac{E\,P_1}{(P+Q)d}$

பேலிஸ்டிக் காலவனுமீட்டரின் மின்னூட்ட உணர்நுட்பம் (Charge Sensitivity of a Ballistic Galvanometer)

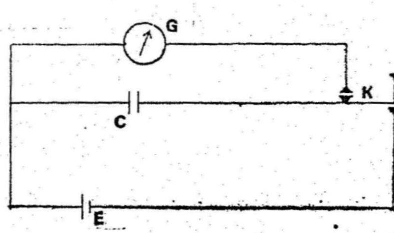
ஆடி கால்வனுமீட்டரின் ஒரு மீட்டர் தொலைவில் இருக்கும் அளவுகோலின்மீது 1 மில்லி மீட்டர் வீசல் (kick) கிடைப்பதற்குத் தேவையான மின்னூட்டத்தை (charge), பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டரின் மின்னூட்ட உணர்நுட்பம் அல்லது அளவு உணர்நுட்பம் என்று கூறுகிறோம்.

$$\text{மின்னூட்ட உணர்நுட்பம்} = \frac{T}{2\pi} \times \text{மின்னோட்ட உணர்நுட்பம்}$$

$$= \frac{T}{2\pi} \times \frac{EP}{(P+Q)(R+G)d}$$

பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டரின் அளவு உணர்நுட்பத்தை கால்வனுமீட்டருடைய அலைவு நேரம் T-ஐக் கண்டுபிடித்துக் கணக்கிடலாம்.

படத்தில் காட்டியுள்ள மின் சுற்றினைக் கொண்டும் பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டரின் அளவு உணர்நுட்பத்தைக் கணக்கிடலாம். E என்பது ஒரு சேமிப்பு மின் கலம். அதன் மின்னியக்க விசை நமக்குத் தெரியும் C என்பது ஒரு மின்தேக்கி (condenser). சாவி K-ன் உதவியால் மின்தேக்கியில் மின்னூட்டம்செய்து உடனடியாக பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் வழியே மின்னிறக்கம் (discharge) செய்து, முதல் வீசல் θ_1 ஐப் பெறல் வேண்டும். இப்பொழுது பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் வழியே பாய்ந்த மின்னூட்டமான Q என்பது பின்வருமாறு தரப்படும் :



படம் 232.

$$Q = EC = K\,\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

இங்கு K என்பது கால்வனுமீட்டரின் சுருக்க எண், λ என்பது லாகிரிதமிக் தேய்வு ஆகும். லாகிரிதமிக் தேய்வு λ-வை, முதல் வீசல் θ_1 ஐயும் அதற்கடுத்து அதே பக்கத்தில் கிடைக்கும் வீசல் θ_3 ஐயும் கொண்டு பெறலாம். ஆகவே,

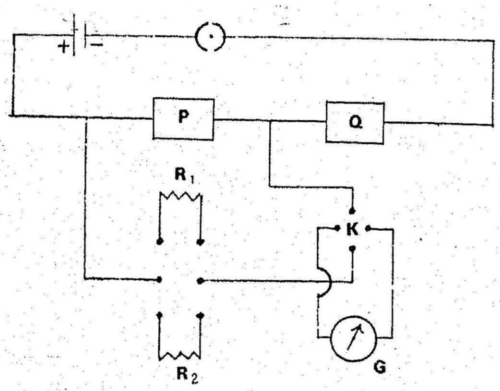
$$K = \frac{EC}{\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)}$$

உயர் மின்தடையை அளத்தல்

(Measurement of high Resistance)

(1) நேர் விலகல் முறை (Direct deflection method)

இரண்டு உயர் மின்தடைகளைப் படத்தில் காட்டியுள்ள சுற்றைக் கொண்டு ஒப்பிடலாம். 'சுழி' முதல் 10,000 ஓம்கள் வரை தடைகளைத் தரத்தக்க P, Q எனும் இரண்டு மின்தடைப் பெட்டிகளைச் சாவிமூலம் ஒரு சேமிப்புக் கலனுடன் தொடர்ந்து இணைக்கவேண்டும்.



படம் 233.

P-ன் குறுக்கே ஒரு குறைந்த மின்தடையுள்ள கால்வனுமீட்டரை, ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவேண்டிய மின்தடைகள் R_1, R_2 ஆகியவைகளுடன் படத்தில் காட்டியபடி, ஒரு போலின் (Pohl's) மின்திசை மாற்றி K யின் (குறுக்குத் தொடர்பில்லாதது) வழியாக இணைக்கவேண்டும். கால்வனுமீட்டருடன் ஒரு மின் திசைமாற்றியையும் இணைக்கவேண்டும். போலின் மின்திசை மாற்றியைப் பயன்படுத்தி R_1 ஐச் சுற்றில்

தொடர்பு கொண்டதாக்க வேண்டும். பிறகு தகுந்த அளவு விலகல் கால்வனுமீட்டரில் கிடைக்கும் வண்ணம் $(P+Q)$-ன் மதிப்பைச் சில ஆயிரம் ஓம்களுக்குச் சமமாக மாருது வைத்து, P-ன் மதிப்பைச் சரி செய்யவேண்டும். மின்திசை மாற்றியினுல் G-ன் மூலம் மின்ஞேட்டத்தின் திசையை மாற்றி இப்போது உண்டாகும் புதிய விலகலைக் காண வேண்டும். இவ் விலகல்களின் சராசரி மதிப்பு θ_1 எனவும், மின் தடைப் பெட்டி P-ல் இட்ட தடையின் மதிப்பை P_1 எனவும் கொள்க. போலின் மின்திசை மாற்றியினுல் இப்பொழுது R_2-வினைச் சுற்றில் இணைக்கச்செய்து, முன் வைத்த அதே மதிப்பில் $(P+Q)$ ஐ வைத்துத் தகுந்த விலகலைப் பெறும்பொருட்டு, தடைப் பெட்டி P-யில் தடையுண்டாக்க வேண்டும். இப்பொழுது பெற்ற விலகலின் சராசரி மதிப்பு θ_2 எனவும், அதற்கு வேண்டிய தடையின் மதிப்பு, பெட்டி P-ல், P_2 எனவும் கொள்க. $(P+Q)$-ன் மதிப்பு மாருதிருப்பதால், மின்தடைகள் P, Q-களின் வழியே பாயும் மின்ஞேட்டம் i மாருது. ஆகவே, R_1 ஆனது சுற்றில் இணைக்கப்பட்டபோது P_1-ன் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $= iP_1$. இச் சமயத்தில் கால்வனுமீட்டரின் வழியே பாயும் மின்ஞேட்டத்தின் அளவு $= \dfrac{i\,P_1}{R_1+G} = \dfrac{i\,P_1}{R_1}$. R_1ஐவிட G-ன் மதிப்பு மிகக்குறைவாதலால் அதனை விட்டுவிடலாம்.

K என்பது கால்வனுமீட்டரின் தகுதி இலக்கம் (figure of merit) அல்லது மின் உணர் நுட்பம் என்ருல்,

$$\frac{i\,P_1}{R_1} = K\,\theta_1 \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

தடை R_2-வினைச் சுற்றில் இணைக்கும்போது தடைப்பெட்டி P-ல் எடுத்த தடையின் மதிப்பு P_2 என்ருல்

$$\frac{i\,P_2}{R_2} = K\,\theta_2 \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2)-லிருந்து

$$\frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{P_2}{P_1} = \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

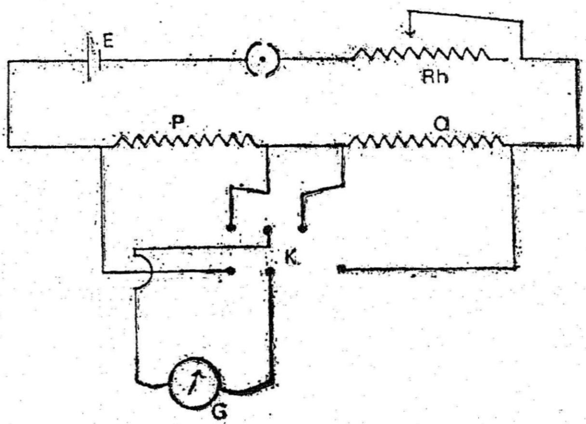
அல்லது $$\frac{R_1}{R_2} = \frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

R_2-வின் மதிப்பை அறிந்திருந்தோமானுல் அறியாத உயர்மின்தடை R_1-ஐக் கணக்கிடலாம்.

உணர்நுட்பம் உள்ள கால்வனுமீட்டரைக் கொண்டு குறைந்த மின்தடைகளை ஒப்பிடுதல்

நேர் விலகல் முறை (direct deflection method)

ஒரு சாவி, ஒரு சேமிப்புக் கலன் இவைகளுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டிய இரு குறை மின்தடைகள் P, Q-வினைத் தொடர்ந்து இணைக்கவேண்டும். அச் சுற்றில் ஒரு தடை மாற்றியையும் தொடர்ந்து இணைக்கவேண்டும். போலின் மின்திசை மாற்றி K-ன் மூலம் P, Q



படம் 234

ஆகிய குறை மின்தடைகளை ஓர் அசையும் சுருள் கால்வனுமீட்டருடன் படத்தில் காட்டியபடி இணைக்கவேண்டும். போலின் மின் திசை மாற்றியின் மூலம் P, Q இவைகளை அடுத்தடுத்து கால்வனுமீட்டர் சுற்றில் இணைத்து θ_1, θ_2 ஆகிய விலகல்களைக் கவனிக்க வேண்டும். P, Q-வின் மூலம் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு i ஆனால், P-க்கும் Q-க்கும் குறுக்கே இருக்கும் மின்னியக்க விசை வேறுபாடுகள் முறையே iP, iQ என்று ஆகும். கால்வனுமீட்டரில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவுகள், இவ் விருமுறைகளிலும் $\frac{iP}{G}$ என்றும் $\frac{iQ}{G}$ என்றும் ஆகும். இங்கு G என்பது கால்வனுமீட்டரின் மின் தடையாகும்.

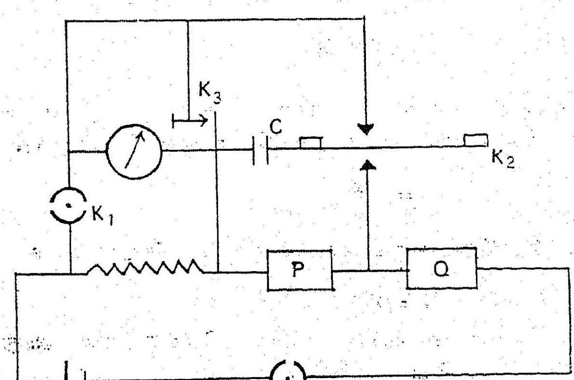
இப்பொழுது
$$\frac{iP}{G} \propto \theta_1$$
$$\frac{iQ}{G} \propto \theta_2$$

வகுக்க,
$$\frac{P}{Q} = \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

தடைமாற்றியின் உதவியால் முதன்மைச் சுற்றில் மின்னோட்டத்தை மாற்றி மாற்றிச் சோதனையைத் திருப்பிச் செய்யலாம். இரு தடைகளில் ஒன்றினை அறிந்திருப்போமானால், மற்றதைக் கண்டுபிடிக்க முடியும்.

பேலிஸ்டிக் கால்வனாமீட்டரைக் கொண்டு ஒரு மின் தேக்கியின் தேக்குதிறனைக் காணல் (Determination of the capacity of a condenser with a Ballistic Galvanometer)

ஒரு மின் தேக்கியின் இடையே, அளவு தெரிந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைக் கொடுத்து, பின்பு தொங்கும் சுருளையுடைய கால்வனாமீட்டரின் வழியே, மின்தேக்கியை மின்னிறக்கம் செய்யச்செய்து, அதன் மூலம் மின்னூட்டத்தை அளக்கும் முறையே, இங்குப் பயன்படுத்தப்படும் தத்துவம் ஆகும். மின்னூட்டத்திற்கும் மின்தேக்கியின் இடையே கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் உள்ள விகிதமே மின் தேக்கியின் தேக்குதிறன் ஆகும். படத்தில் காட்டிய



படம் 235

வாறு மின் இணைப்புகளைச் செய்யவேண்டும். மாறா மின்னியக்கு விசை தரும் E என்னும் சேமிப்புக் கலனை அதிக அளவு மின் தடைகளுள்ள தடைப் பெட்டிகள் P, Q உடன், தசம அளவு மின் தடைகளுள்ள தடைப் பெட்டியான r உடன் தொடர்ந்து இணைக்க வேண்டும். P, Q தடைப் பெட்டிகளில் இடும் தடைகளின் கூட்டு மதிப்பு ஒரு சில ஆயிரம் ஓம்கள் என மாறாமலிருக்குமாறு வைக்க

வேண்டும். 'P'-யின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை, மின்னிறக்கம் செய்யும் சாவி K_2-ஐ அமுங்கச் செய்து, மின்தேக்கியில் மின்னூட்டப் பயன்படுத்தலாம். சாவி K_2-வினை விடுவிக்கும்போது, மின்தேக்கி பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் வழியே, மின்னிறக்கம் செய்யும். அளவு கோலின் சுழியின் ஒரேபக்கவில் வரும் ஒளிப்புள்ளியின் (spot of light) முதலாவது, பதினோராவது வீச்சுகளை (throws) முறையே θ_1, θ_2 என்றால், திருத்தப்பட்ட முதல் வீசலின் மதிப்பு $\theta_1 (1+\lambda/2)$-க்குச் சமமாகிறது. இங்கு

$$\lambda = \frac{1}{10} \log e \frac{\theta_1}{\theta_{11}}$$

பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டரின் வழியே மின்னிறக்கம் செய்யப்பட்ட மின் அளவான Q, பின் வருமாறு தரப்படும்.

$$Q = \frac{T}{2\pi} \cdot \frac{e}{AH} \cdot \theta_1 \left(1+ \frac{\lambda}{2}\right) \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

இங்கு T என்பது கால்வனுமீட்டர் சுருளின் அலைவு நேரத்தையும், $\frac{e}{AH}$ என்பது கால்வனுமீட்டரின் நேரத் தொடர்பற்ற மாறிலியையும் (aperiodic constant) குறிக்கும்.

P-யையும் Q-வையும் கொண்ட சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் i என்றால், P-யின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு:

$$V = i\,P$$

எனவே, மின்தேக்கிக்குக் கொடுக்கப்பட்ட மின்னூட்டம்

$$Q = V \times C = i\,PC \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

இங்கு 'C' என்பது மின்தேக்கியின் தேக்குதிறன் ஆகும். சமன்பாடுகள் (1), (2) இவைகளிலிருந்து

$$i\,P\,C = \frac{T}{2\pi} \cdot \frac{e}{AH} \cdot \theta_1 (1+\lambda/2) \qquad \ldots\ldots \quad (3)$$

நேரத்தொடர்பற்ற மாறிலியைக் காண, குறைந்த மின்தடை 'r'-ன் குறுக்கே உள்ள நிலைத்த (steady) மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைச் சாவி K_1-ஐ மூடி நிலைத்த விலகல் 'a'-வினைக் குறிக்கவேண்டும். இப்பொழுது, கால்வனுமீட்டரின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு 'g' $= \frac{i\,r}{G}$. இங்கு 'G' என்பது கால்வனுமீட்டரின் மின்தடையாகும்.

ஆனல் $g = \frac{e}{AH} . a$,

ஆகவே, $\frac{ir}{G} = \frac{e}{AH} a$ ...... (4)

சமன்பாடு (2)ஐச் சமன்பாடு (4) ஆல் வகுத்து மாற்றியமைக்க,

$$C = \frac{T}{2\pi} . \frac{r}{a} . \frac{\theta}{P} (1 + \lambda/2) \quad ...... (5)$$

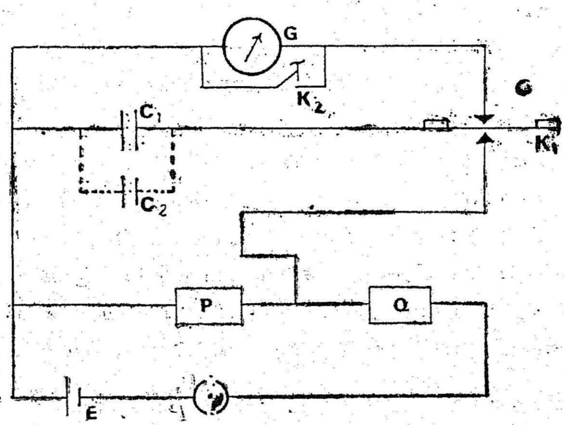
சோதனையைச் செய்யும்பொழுது, P-யும் Q-வும் தனித்தனியே 5000 ஓம்களாகவும், r-ன் மதிப்பு ஓர் ஓம் ஆகவும் இருக்கும்படி செய்ய வேண்டும். பிறகு சாவி K_1ஐத் திறந்து விட்டு, மின்கல அடுக்குச் சாவி K-யை மூடவேண்டும். மின்னிறக்கம் செய்யும் சாவி K_1-ஐ அமுங்கச் செய்து P-ன் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினுல் மின்னூட்டச் செய்யவேண்டும். பிறகு K_2-ஐ விடுவித்து, பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் வழியே மின்னிறக்கம் செய்து, முதல் வீசல் θ_1-ஐக் குறிக்க வேண்டும். P-யின் மதிப்பை 10,000 ஓம்களாகவும் மாற்றுது வைத்து, P-க்குக் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைக் கொண்டு மின்தேக்கியை மின்னூட்டி, பிறகு பேலிஸ்டிக் கால்வனு மீட்டர் வழியே மின்னிறக்கம் செய்ய வேண்டும். இவ்வாறு P-யின் மதிப்பை ஆறுமுறை மாற்றி [$(P+Q)$-ன் ஆட்டு மதிப்பை மாற்றுது], சோதனையைத் திருப்பிச் செய்து ஒவ்வொரு முறையும் θ_1-ன் மதிப்பைக் குறிக்க வேண்டும். பிறகு $\frac{\theta_1}{P}$-ன் சராசரி மதிப்பைக் காணவேண்டும்.

சாவி K_1-ஐ மூட வேண்டும். பிறகு மின்கல அடுக்குச் சாவி K-யினை மூடி, 'r'-க்குக் குறுக்கேயுள்ள, நிலைத்த மின்னழுத்த வேறு பாட்டினைக் கொண்டு கால்வனுமீட்டரில் நிலைத்த விலகல் 'a'-வைக் குறிக்க வேண்டும். 'r'-ன் மதிப்பை 0·2, 0·3, 0·4, 0·5 ஓம்களாக வைத்துச் சோதனையைத் திருப்பிச் செய்து அவைகளுக்கொத்த நிலைத்த விலகல்களைக் குறிக்க வேண்டும். பிறகு $\left(\frac{r}{a}\right)$-வின் சராசரி மதிப்பைக் காண வேண்டும்

பிறகு கால்வனுமீட்டர் சுருளை அசையவிட்டு 20 அலைவுகளுக் குண்டான நேரத்தைக் கண்டு அதிலிருந்து அலைவு நேரம் T-யைக் கணக்கிட வேண்டும். பின்பு பாதி விலகல் (Half deflections) முறைப்படி கால்வனுமீட்டரின் மின்தடை G-யைக் காண வேண்டும் T, G இவைகளின் மதிப்புகளையும், $\left(\frac{r}{a}\right)$, $\left(\frac{\theta_1}{P}\right)$ இவைகளின் சராசரி மதிப்புகளையும் சமன்பாட்டில் இட்டு, மின் தேக்கியின் 'தனித் தேக்குதிறனை'க் (absolute capacity) கணக்கிடலாம்.

பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டரைக் கொண்டு தேக்குதிறன்களை ஒப்பிடுதல்

எந்த மின் தேக்கிகளிரண்டினுடைய தேக்குதிறன்களை ஒப்பிட் டுப் பார்க்க வேண்டுமோ அவைகளைப் படத்தில் காட்டியவாறு



படம் 236.

இணைக்க வேண்டும். இங்கு மின்னிறக்கம் செய்யும் சாவி K_1-னைக் கொண்டு, P-யின் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைக் கொண்டு அடுத்தடுத்து இரண்டு மின் தேக்கிகளையும் மின்னூட்ட வேண்டும். இங்கு $(P+Q)$-வின் கூட்டுத்தொகை எப்போதுமே மாறுமலிருக்குமாறு வைத்துக் கொள்ள வேண்டும். பின்பு கால்வனு மீட்டர் வழியே மின்னிறக்கம் செய்து அவற்றின் முதல் விலகல்களை முறையே காண வேண்டும்.

θ_1, θ_2 என்பன முறையே தேக்குதிறன்கள் C_1, C_2 உள்ள மின் தேக்கிகளுக் குண்டான, முதல் வீசல்கள் எனக் கொண்டால்,

$$C_1 = \frac{Q_1}{V}$$

$$C_2 = \frac{Q_2}{V}$$

இங்கு Q_1, Q_2 என்பன அவ்விரண்டு மின் தேக்கிகளால் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்ட மின்னூட்டங்கள். V என்பது P-யின் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு.

E என்பது சேமிப்புக் கலத்தின் மின்னியக்க விசையானால்,

$$V = \frac{EP}{P+Q}$$

λ எனப்படுவது லாகிரிதமிக் தேய்வு (logarithimic decrement) ஆனால்

$$Q_1 = K\,\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

$$Q_2 = K\,\theta_2\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

இங்கு K எனப்படுவது கால்வனாமீட்டரின் பேலிஸ்டிக் சுருக்க எண்ணாகும் (ballistic reduction factor).

$$\therefore\ \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{K\,\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)}{K\,\theta_2\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)} = \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

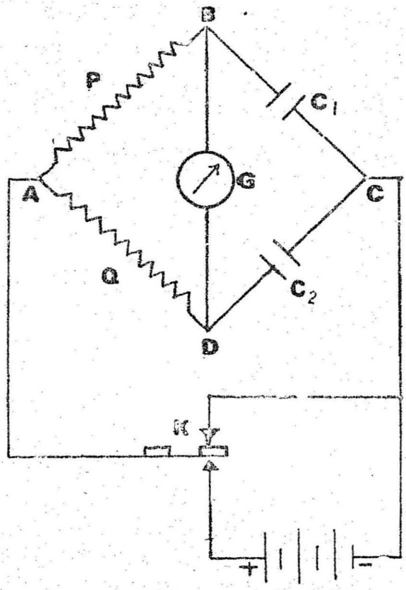
இப்பொழுது $\frac{C_1}{C_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$

ஆகவே, $\frac{C_1}{C_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2}$

$(P+Q)$- வின் மொத்த மதிப்பை மாற்றாது, 'P'-யின் மதிப்பை மட்டும் பலமுறை மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பிச் செய்து, மின்தேக்கிகளின் தேக்குதிறன்களின் விகிதத்தைக் காணலாம்.

டி சாட்டி (De Sauty's) முறைப்படி தேக்குதிறன்களை ஒப்பிடுதல்

ஒரு வீட்ஸ்டன் சுற்று $ABCD$-ன் புயங்கள் BC, DC-ல் எவ்விரண்டு மின்தேக்கிகள் C_1, C_2-ன் தேக்கு திறன்களை ஒப்பிட வேண்டுமோ அவைகளையும், புயங்கள் AB, AD-ல் இரண்டு மின் தடைப்பெட்டிகள் P, Q-வினையும் இணைக்க வேண்டும். மின்னியக்க விசை E உள்ள மின்கல அடுக்கை A-க்கும், C-க்கும் இடையே ஒரு மின்னிறக்கம் செய்யும் சாவி K மூலம் இணைக்க வேண்டும். உயர்மின் தடையுள்ள ஒரு பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் 'G'-யினை B-க்கும் D-க்கும் இடையே இணைக்கவேண்டும். சாவி K-யினை அமுக்கும் போது மின் தேக்கிகள் மின்கல அடுக்கால் மின்னூட்டப் படுகின்றன. அதனை விடுவிக்கும்போது மின்கல அடுக்கு, சுற்றிலிருந்து பிரிக்கப் படுகிறது. மின்னூட்டப்பட்ட மின் தேக்கிகள் இப்பொழுது பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் வழியே எதிர்த் திசைகளில் மின்னிறக்கம் செய்யும். மின்தேக்கிகளை மின்னூட்டி, கால்வனுமீட்டர் வழியே மின்னிறக்கம் செய்யும் பொழுது, பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டரில் வீசல் (kick) இல்லாதவாறு தடைப்பெட்டிகள் P, Q-வில் உள்ள தடைகளின் மதிப்பைச் சரி செய்ய வேண்டும்.



படம் 237.

இந் நிலையைப் பெறும்பொழுது கால்வனுமீட்டர் வழியே பாயும் மின்னூட்டங்களின் மதிப்புச் சமமாகவும் அதே சமயத்தில் ஒன்றுக் கொன்று எதிராகவும் இருக்கும்.

மின்கல அடுக்கின் மின்னியக்கவிசை 'E' ஆகவும், மின் தேக்கிகளிலுள்ள மின்னூட்டங்களின் மதிப்பு Q_1, Q_2 ஆகவும் இருந்தால்,

$$Q_1 = E\,C_1$$
$$Q_2 = E\,C_2$$

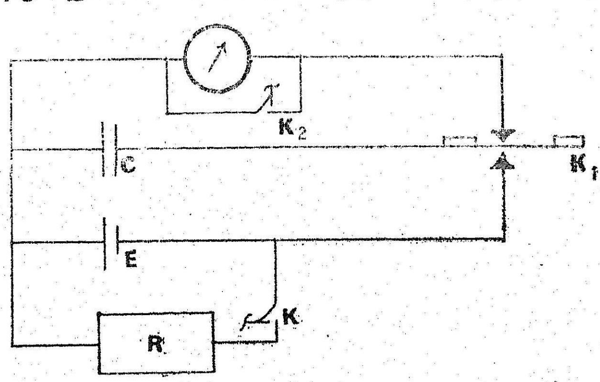
K-யினை விடுவிக்கும் பொழுது பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் வழியே எதிர்த்திசைகளில் பாயும் மின்னூட்டங்கள் முறையே $\left(\frac{EC_1 \times P}{P+Q+G}\right)$-யும், $\left(\frac{EC_2 \times E}{P+Q+G}\right)$-யும் ஆகும். இங்கு '$G$' என்பது கால்வனுமீட்டரின் தடையாகும். விளைவு வீசல் (resultant throw) சுழியாதலால்,

$$\frac{EC_1 \times P}{P+Q+G} = \frac{EC_2 \times Q}{P+Q+G}$$

அல்லது $$\frac{C_1}{C_2} = \frac{Q}{P}$$

பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டரைக் கொண்டு ஒரு மின் கலத்தின் அக மின்தடையினைக் காணல் :- (Internal resistance of a cell by a Ballistic galvanometer)

எம் மின்கலத்தின் அக மின் தடையினைக் காண வேண்டுமோ, அதனைத் தடைப்பெட்டி 'R', தட்டுச்சாவி K ஆகியவற்றுடன் தொடர்ந்து இணைக்க வேண்டும். ஒரு மின் தேக்கி 'C'-யினை,



படம் 238.

கலத்தின் முனைகளுக்கு இடையே, ஒரு மின்னிறக்கம் செய்யும் சாவி K_1 மூலம் ஒரு பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டருடன் இணைக்க வேண்டும். Kஐத் திறந்துவிட்டு, சாவி K_1-னை அமுக்கிக் கலத்தின் மின்னியக்க விசை E-யால் மின் தேக்கியில் மின்னூட்ட வேண்டும். சாவியை விடுவித்து மின்னூட்டத்தை பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் வழியே பாயச் செய்து முதல் வீசல் (first throw) θ_1-னைக் காண வேண்டும். அடுத்துத் தடைப்பெட்டி 'R'-ல் 15 ஓம்கள் மின் தடையினை உண்டாக்கி சாவி K-யினை மூட வேண்டும். மூடிய சுற்றில் கலத்தின் முடிவு (terminal e.m.f.) மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்டு, மின்

தேக்கியில் மின்னூட்டி, பிறகு கால்வனுமீட்டர் மூலம் மின்னிறக்கம் செய்ய வேண்டும். இம் முறையின்போது முதல் வீசல் θ_2 எனக் கொள்வோம்.

முதல் முறையின் போது மின்னூட்டம் :

$$Q_1 = EC = K\theta_1 (1+\lambda/2) \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

இங்கு 'K' எனப்படுவது கால்வனுமீட்டரின் பேலிஸ்டிக் சுருக்க எண்.

இரண்டாம் முறையின் போது, கலம், மூடிய சுற்றில் இருந்த பொழுது, மின் தேக்கியை மின்னூட்டப் பயன்படுத்தப்பட்ட முடிவு (terminal) மின்னழுத்த வேறுபாடு $= \dfrac{ER}{R+r}$. இங்கு 'r' என்பது கலத்தின் அக மின்தடையாகும். ஆகவே, மின்தேக்கியில் இருந்த மின்னூட்டம் $= Q_2 = \dfrac{ER}{R+r} . C = K\theta_2 \left(1+ \dfrac{\lambda}{2}\right) \ldots\ldots (2)$

சமன்பாடு (1)-ஐச் சமன்பாடு (2) ஆல் வகுக்க :

$$\frac{R+r}{R} = \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

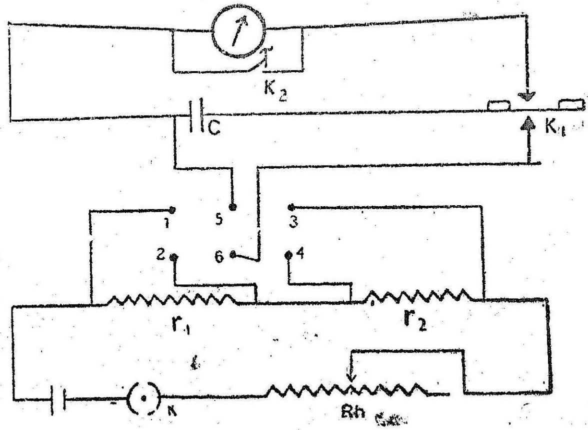
$$\therefore r = R\left(\frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_2}\right)$$

R-ன் மதிப்பை 10, 8, 5, 4, 3, 2, 1 ஓம்களாகமாற்றிச் சோதனையைத் திருப்பிச் செய்து ஒவ்வொரு முறையும் வீசல் θ_2-வினைக் குறிக்கவேண்டும்.

குறைந்த மின்தடைகளை பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் கொண்டு ஒப்பிடுதல் (Comparison of low resistances by a Ballistic galvanometer)

மின்னியக்க விசை E வோல்ட்டுகள் உள்ள ஒரு சேமிப்புக் கலனுடன் தொடர்ந்து, ஒப்பிடப்படவேண்டிய இரு குறைந்த மின் தடைகளை, உயர்மின் தடையுள்ள தடைமாற்றியுடன் (Rh), ஒரு பொருத்து சாவி K-யோடு இணைக்க வேண்டும். மற்றும் ஒரு மின் தேக்கி 'C'-யைப் படத்தில் காட்டியவாறு, தடைகள் r_1, r_2 இவற்றினுடன் கால்வனுமீட்டரோடு, ஓர் இரட்டை வீசல் சாவியையும் (Double throw switch), ஒரு மின்னிறக்கம் செய்யும் சாவி K_1-ஐயும் இணைக்க வேண்டும். மின்னிறக்கம் செய்யும் சாவி, இரட்டை வீச்சுச் சாவி, இவற்றின் உதவியால் தடை r_1 அல்லது தடை r_2-க்குக் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகளைக் கொண்டு மின்தேக்கியை

மின்னூட்டலாம். தடை r_1-க்குக் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறு பாட்டைக் கொண்டு, மின்தேக்கியை மின்னூட்டி, கால்வனுமீட்டர்



படம் 239.

வழியே மின்னிறக்கம் செய்யும்போது கிடைக்கும் முதல் வீசலை θ_1 எனக் கொள்வோம். r_1, r_2 தடைகளுள்ள சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தை 'i' என்றால் மின் தேக்கியில் உள்ள மின்னூட்டம்

$$Q_1 = i\, r_1 \times C = K\, \theta_1 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

அதாவது, $Q_1 = ir_1 \times C = K\, \theta_1 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$ .... (1)

இவ்வாறே தடை r_2-க்குக் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்த வேறு பாட்டைக் கொண்டு, மின் தேக்கியை மின்னூட்டி, கால்வனுமீட்டர் வழியே மின்னிறக்கம் செய்யும்போது கிடைக்கும் முதல் வீசலை θ_2 எனக் கொண்டால், மின் தேக்கியிலுள்ள மின்னூட்டம்

$$Q_2 = i\, r_2 \times C = K\, \theta_2 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \text{.........} \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1)-ஐ, (2)-ஆல் வகுக்க,

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

மின் தடைமாற்றி Rh-ன் உதவியால், சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவினை மாற்றிச் சோதனையைத் திருப்பிச் செய்யலாம்.

பயிற்சிகள்

(1) ஒரு ஹெம்-மோல்ட்ஸ் கால்வனுமீட்டரின் கம்பிச் சுருள்கள் ஒவ்வொன்றும் 10 சுற்றுகளும், விட்டம் 20 செ.மீ. கொண்டுள்ளது. புவிகாந்தப்புலம் 0·38 காஸ் ஆகக் கொண்டு 45° விலகல் ஏற்படுத்தத் தேவையான மின் ஓட்ட அளவு என்ன? இரண்டு கம்பிச் சுருள்களுக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தைப் பாதி அளவுக்குக் குறைத்துவிட்டால் காந்தப் பெட்டியில் (compass box) உள்ள விலகல் எவ்வளவு?

$$i = \frac{50\sqrt{5} \times a \times H}{32\,\pi n} \tan\theta.$$

$$= \frac{50 \times \sqrt{5} \times 10 \times 0{\cdot}38}{32\,\pi n} = 0{\cdot}4228 \text{ (ஆம்பியர்கள்)}$$

கம்பிச் சுருள்களின் இடைத் தூரத்தைப் பாதியாகக் குறைத்து விட்டால் அவைகளுக்குச் சம தூரத்தில் உள்ள புலம்

$$= \frac{2\times 2\pi \times 10 \times 10^2 \times 0{\cdot}4228}{10\,(2{\cdot}5 + 10^2)^3/^2}$$

$= 0{\cdot}4849$ ஓயர்ஸ்ட்டு.
$= 0{\cdot}4849 = 0{\cdot}38 \tan\theta.$

$$\tan\theta = \frac{0{\cdot}4849}{0{\cdot}38} = 1{\cdot}276$$

ஆகவே, $\theta = 51^\circ 55'$

(2) 10. செ.மீ. பரப்பும் 500 ஒரு செவ்வகக் கால்வனுமீட்டர் சுற்று 500 ஓயர்ஸ்ட்டு உள்ள காந்தப் புலத்தில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. தொங்கவிடப் பயன்படும் கம்பி 20 டைன்/செ.மீ. முறுக்குச் சுழல் இரட்டையைப் (torsion couple) பெற்றுள்ளது. சுருளின் நிலைமத் திருப்புதிறன் 5 கிராம்/செ.மீ.^{2}. ஒரு மீட்டர் தூரத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஓர் அளவுகோலில் (scale) 1 செ.மீ. வீச்சு (kick) ஏற்படுத்தத் தேவையான மின் ஓட்ட அளவைக் (Quantity of electricity) கண்டுபிடி.

$$\theta = \tfrac{1}{2} \times \frac{1}{100}$$

$$I = \frac{C}{nAH}\ \theta = \frac{20}{500\times 10\times 500} \times \frac{1}{200}$$

$= 4 \times 10^{-8}$ தனி அலகுகள்

$= 4 \times 10^{-7}$ ஆம்பியர்கள்.

சுருளின் அலைவு நேரம் $= 2\pi\sqrt{5/20} = 3{\cdot}14$ விநாடிகள்

1. செ.மீ. வீச்சை உண்டாக்கத் தேவையான மின் ஓட்ட அளவு $= \frac{I}{2\pi} \cdot \frac{C}{nAH} \times \theta$ $\left[\text{இங்கு } \theta = \frac{1}{2} \times \frac{1}{100}\right]$

$= \frac{3{\cdot}14}{2\pi} \times \frac{20}{500 \times 10 \times 500} \times \frac{1}{100}$ தனி அலகுகள்.

$= 2 \times 10^{-8}$ தனி அலகுகள்.

$= 2 \times 10^{-7}$ கூலூம்கள்.

(3) ஒரு மின்னழுத்தமானியில் (Poteniometer) டேனியல் மின்கலத்தின் சரியீட்டு நீளம் (Balancing length) 510 செ.மீ. தொடராக இணைக்கப்பட்ட 2 ஓம், 3 ஓம் கொண்ட இரு மின் தடைகள் மின்கலத்திற்கு இடையே இணைக்கப்படுகிறது. 2 ஓமுக்கு இடையே உள்ள மின் அழுத்தம் 160 செ.மீ. நீளத்தில் சரியீட்டப்படுகிறது. ஆகவே, மின் கலத்தின் உள் மின் தடையைக் கணக்கிடு.

மின் கலத்திற்கு இடையில் இணைக்கப்பட்ட மொத்த மின்தடை $=5$ ஓம்கள்.

5 ஓமுக்கு இடையில் உள்ள மின் அழுத்தத்தைச் சரியீடு செய்யத் தேவையான நீளம் $= \frac{1}{2}\ (5 \times 160) = 400$ செ.மீ. Sஐ உள் மின் தடை எனவும் Eஐ மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையாகவும் கொள்ளலாம்.

இப்பொழுது $E \propto 510$

$5 \times \frac{E}{5+S} \propto 400.$

அதாவது $\frac{5+S}{5} = \frac{510}{400}$

ஆகவே, $400\,S = 550$

$S = \frac{550}{400} = 1{\cdot}375$ ஓம்கள்.

(4) 900 ச.செ.மீ. பரப்புக் கொண்ட இரண்டு தகரத் தகடு களுக்கு இடையில் 1. மி.மீ. தடிமன் கொண்ட கடத்தாப் பொருளை அமைத்து இணை தகட்டு மின்தேக்கி செய்யப்படுகிறது. அது 20 வோல்ட்டுக்கு மின் ஊட்டப்பட்டு ஒரு பேலிஸ்டிக் கால்வனாமீட்டர் வழியாக மின் இறக்கம் செய்யும்போது ஏற்படும் வீச்சு 24 செ.மீ.

கால்வனுமீட்டரின் அலைவு நேரம் 2 வினாடிகள். அதன் இரு முனைகளும் 0·1 மில்லி வோல்ட்டு மின்னழுத்தத்திற்கு உள்ளாக்கப்பட்டால் ஏற்படும் விலகல் (deflection) = 20 செ.மீ. கால்வனுமீட்டரின் மின் தடை 500 ஓம் எனக் கொண்டு, மின் தேக்கியின் மின் தேக்குதிறனையும் கடத்தாப் பொருளின் மாறிலியையும் கண்டுபிடி.

கால்வனுமீட்டரின் மின் உணர்திறன் $= \frac{1}{10000} \times \frac{1}{500} \times \frac{1}{20}$

$= 10^{-8}$ ஆம்./செ.மீ.

மின் அளவு உணர்திறன் (Quantity sensitiveness)

$$= \frac{\mathcal{F}K}{2\pi} = \frac{2}{2\pi} \times 10^{-8}$$

$$= \frac{10^{-8}}{\pi} \text{ கூலூம்/செ.மீ.}$$

C-யை மின் தேக்குதிறன் எனக் கொண்டால்,

$$20\,C = \frac{10^{-8}}{\pi} \times 24$$

$$C = \frac{10^{-8} \times 24}{20 \times \pi}$$

$= 3{\cdot}82 \times 10^{-9}$ பாரடு.

$= 0{\cdot}00382$ மைக்ரோ பாரடு.

மேலும், $\frac{KA}{4\pi d \times 9 \times 10^{11}} = C_1$

அதாவது, $\frac{K \times 900}{4\pi \times 0{\cdot}1 \times 9 \times 10^{11}} = \frac{10^{-8} \times 24}{20 \times \pi}$

ஆகவே, $K = \frac{10^{-8} \times 24 \times 4\pi \times 0{\cdot}1 \times 9 \times 100^{11}}{900 \times \pi \times 20}$

$= 4{\cdot}8$

பயிற்சி

1. ஒரு பிளாட்டினம் மின் தடை வெப்பமானியின் அமைப்பை விளக்கு. காலண்டர்—கிரிப்ஸ் சுற்றமைப்போடு வெப்பத்தை அளக்க இதை எவ்வாறு பயன்படுத்துவாய்? இவற்றின் நன்மை தீமைகளை விவரி. [62, 63 செப்டம்பர்.]

2. ஒரு இயங்கு சுருள் பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டரின் கொள்கையை விளக்கு.

நிலையான விலகல் முறையில் அதனுடைய மின்உணர்திறனை எவ்வாறு கண்டுபிடிப்பாய்?

தடைத்திருத்தத்தை (Damping Correction) எவ்வாறு பயன்படுத்துவாய் என்பதை விளக்கு. [64 ஏப்ரல், 66 செப்டம்பர்]

3. இணைத் தடத்தின் (Shunt) கொள்கையை விளக்கு. ஒரு தொங்குசுருள் ஆடி கால்வனுமீட்டரின் (Suspended coil mirror galvanometer) கொள்கையை விளக்கிக் கூறு.

கீழ்க் கண்டவைகளின் கொள்கையையும் அமைப்பையும் கூறி வேலை செய்யும் விதத்தை விளக்கு.

1. சுட்டுமுள் கால்வனுமீட்டர் (pointed galvanometer)

2. அம்மீட்டர்.

3. வோல்ட்டு மீட்டர்.

அவை ஒவ்வொன்றும் எவ்விதங்களில் மாறுபடுகின்றன [65 ஏப்ரல்]

4. ஒரு கேரி-ஃபாஸ்டர் சுற்றமைப்பின் கொள்கையைக் கொடுத்து அதைப் பயன்படுத்தி ஒரு கம்பிச் சுருளின் மின்தடையின் வெப்பநிலை எண்ணை (Temperature Coefficient) எவ்வாறு கண்டு பிடிப்பாய்?

5. 2 வோல்ட்டுக்கு மின் ஊட்டப்பட்ட ஒரு மின் தேக்கி ஒரு பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டர் வழியாக மின்னிறக்கம் செய்யும்போது ஏற்படும் சரியான விலகல் 9·6 செ·மீ. கால்வனுமீட்டரின் மின் உணர் திறன் $2{\cdot}2\times10^{-8}$ ஆம்பியர்/விநாடி. அதனுடைய அலைவு நேரம் 12 விநாடி. எனவே மின்தேக்கியின் தேக்குதிறனைக் கண்டுபிடி.

[$2{\cdot}015\times10^{-7}$ பாரடுகள்]

6. 100 சுற்றுகள் கொண்ட ஒரு கால்வனுமீட்டர், சுருள் 2 ச.செ·மீ· பரப்பும், 2 கிராம்/செ·மீ. திருப்புதிறனும் கொண்டுள்ளது. அதனுடைய அலைவு நேரம் 20 விநாடிகள். கால்வனுமீட்டரின் மின் உணர்திறனை, 1 மீட்டர் தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள அளவுகோலில் ஏற்படும் விலகலைக் கொண்டு எவ்வாறு கண்டுபிடிப்பாய்? காந்தப் புலத்தின் செறிவு 2000 ஓயர்ஸ்ட்டுகள்.

[விடை 5 செ·மீ·/மைக்ரோ ஆம்பியர்.]

7. ஒரு பேலிஸ்டிக் கால்வனுமீட்டரின் தடை 125Ω· ·0003 வோல்ட்டு மின்னழுத்த வேறுபாடு 16 செ·மீ. விலகலை ஏற்படுத்துகிறது. தடையில்லா இந்த அமைப்பின் அலைவு நேரம் 10 விநாடிகள்.

ஒரு மின்தேக்கி இதன் வழியாக மின்னிறக்கும்போது ஏற்படும் வீச்சு 5 செ.மீ. எனவே, கால்வனுமீட்டர் வழியாகப் பாயும் மின்னளவைக் கணக்கிடு. [$1 \cdot 19 + 10^6$ [கூலும்].

8. 50 பிரிவுகள் கொண்ட ஒரு கால்வனுமீட்டர் அளவுகோலில் 1 அலகு விலகலுக்கு 20 மைக்ரோ ஆம்பியர்கள் தேவைப்படுகிறது. கால்வனுமீட்டரின் மின் தடை 50 ஓம் எனக் கொண்டு.

(1) 5 ஆம்பியர் அளப்பதற்குத் தேவையான அம்மீட்டராக அதை மாற்றுவதற்குத் தேவையான இணைதடத்தின் (shunt) அளவு.

2. 250 வோல்ட்டு அளப்பதற்குத் தேவையான வோல்ட்டு மீட்டராக அதை மாற்றத் தேவையான தொடர் மின்தடையின் அளவு இவைகளைக் கணக்கிடு.

[1. ஏறத்தாழ 0·01 ஓம்கள். (2) 249,950 ஓம்கள்]

16. மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவுகள்

(Heating effects of electric currents)

ஒரு மின் கடத்தியின் வழியாக மின்சாரம் பாயும்பொழுது, அக் கடத்தியில் வெப்பமுண்டாவதை உணரலாம். இவ் வெப்ப ஆற்றல் மின்சார ஆற்றலிலிருந்து தோன்றுகிறது. இவ்விதம் மின்சாரம் மின் கடத்தியின் வழியாகப், பாயும் பொழுது வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப் படுவதை மின் வெப்ப விளைவு என்று கூறுகிறோம்.

E வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைத் தம் முனைகளுக் கிடையேயுள்ள, ஒரு மின் கடத்தியின் வழியாக C ஆம்பியர் மின்னோட்டம் t விநாடிகள் காலத்திற்குப் பாய்வதாகக் கொள்வோம். அக் கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்சாரத்தின் அளவு $Q=Ct$ கூலூம்கள் ஆகும்.

மின்னோட்டத்தால் செய்யப்பட்ட வேலை $W = EQ$

$= Ect$

$= C^2 Rt$ ஜூல்கள்

இதில் R என்பது அக் கடத்தியின் மின் தடையைக் குறிக்கின்றது. இவ்விதம் மின்னோட்டத்தினால் செய்யப்பட்ட வேலை, அக் கடத்தியில் வெப்பமாகத் தோன்றுகிறது. J என்பது வெப்ப எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று (Mechanical equivalent of heat) என்றால், அக் கடத்தியில் உற்பத்தியான வெப்பத்தின் அளவு $H = \frac{W}{J}$

$$= \frac{ECt}{J}$$

$$= \frac{C^2Rt}{J}$$ கலோரிகள்

ஜூலின் விதி (Joule's Laws)

ஒரு மின் கடத்தியின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்வதால் ஏற்படும் வெப்பத்தின் அளவானது, கீழ்வருவனவற்றிற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது.

(1) அம் மின்கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் இருமடி (C^2)
(2) அக் கடத்தியின் மின் தடை (R)
(3) அக் கடத்தியில் மின்னோட்டம் பாயும் நேரம் (t)

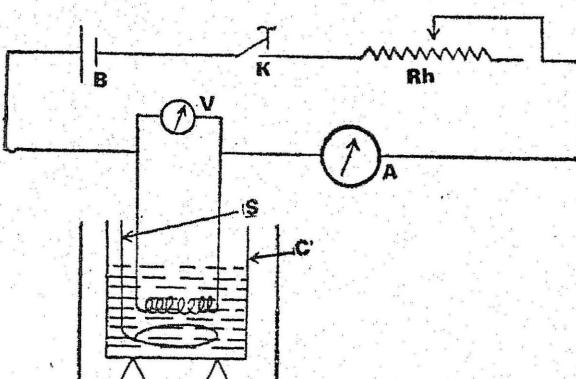
C ஆம்பியர் மின்னோட்டம், t விநாடிகளுக்கு R ஓம் தடையுள்ள மின் கடத்தியின் மூலம் பாய்ந்தால், தோன்றும் வெப்பத்தின் அளவு: $H \propto C^2 Rt$

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

இதில் J என்பது ஒரு மாறிலி. இது ஜூலின் மாறிலி (Joule's constant) என்று சொல்லப்படுகிறது. இதன் மதிப்பு 4·18 ஜூல்கள்/கலோரி.

ஜூலின் கலோரி மீட்டர் கொண்டு Jஐக் காணுதல்

ஜூலின் கலோரி மீட்டர் ஒரு சூடுபடுத்தும் கம்பிச் சுருளைக் (heating coil) கொண்ட சாதாரண, ஒரு கலோரி மீட்டராகும். இக் கம்பிச் சுருளின் முனைகள், கலோரி மீட்டரின் எபொனைட்டு மூடி மீதுள்ள, இரண்டு திருகுகளுடன், கெட்டியான செப்புக் கம்பிகளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. வெப்பநிலைமானி, கலக்கி (stirrer) இவைகளை நுழைக்கும் வண்ணம் மூடியில் துளைகள் உள்ளன.



படம் 240.

சூடுபடுத்தும் கம்பிச்சுருளானது, தொடர் அடுக்கு இணைப்பில் மின் கல அடுக்கு, தட்டுச்சாவி, மின்தடை மாற்றி, அம்மீட்டர்

இவைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு வோல்ட் மீட்டர், சூடு படுத்தும் கம்பிச் சுருளின் குறுக்கே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கலோரி மீட்டரின் வெற்று நிறையை முதலில் எடுக்க வேண்டும். கம்பிச் சுருள் முழுதும் மூழ்கும் வண்ணம் கலோரி மீட்டரில் நீரை நிரப்பி, மீண்டும் கலோரி மீட்டரின் நிறையை எடுக்க வேண்டும். பின்பு கலோரி மீட்டரை மின் சுற்றில் பழையபடி அதன் இடத்திலேயே வைக்க வேண்டும். தட்டுச் சாவியை மூடி அம்மீட்டர் 1 ஆம்பியர் காட்டும் வண்ணம், மின் தடை மாற்றிச் சீராக்கப்படவேண்டும்.

பிறகு மின்சாரம் செலுத்துவதை நிறுத்திவிட்டு, நீரை நன்றாகக் கலக்கி, நீரின் தொடக்க வெப்ப நிலையைக் குறிக்கவேண்டும். ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தை ஓடவிட்டு, உடனுக்குடன் மின்சாரத்தையும் பாய்ச்ச வேண்டும். அம்மீட்டர், வோல்ட்மீட்டர் காண்பிக்கும் அளவுகளைக் குறிக்கவும். கலோரி மீட்டரில் இருக்கும் நீரைத் தொடர்ந்து கலக்கிக் கொண்டே இருக்கவேண்டும். தொடக்க வெப்ப நிலைக்குமேல் 5°C வெப்பநிலை உயர்ந்தவுடன் மின்னோட்டத்தைநிறுத்தி விட்டு மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரத்தைக் குறிக்கவும். நீரைக் கலக்கு தலைத் தொடர்ந்து செய்து, இறுதியில் கிடைக்கும் பெரும வெப்ப நிலையைக் குறிக்கவும்.

வெற்றுக் கலோரி மீட்டரின் நிறை	$= W_1$ கிராம்
கலோரி மீட்டரும் நீரும் சேர்ந்த நிறை	$= W_2$,,
தொடக்க வெப்ப நிலை	$= \theta_1$°C
இறுதிப் பெரும வெப்பநிலை	$= \theta_2$°C
அம்மீட்டர் காட்டிய அளவு	$= C$ ஆம்பியர்
வோல்ட் மீட்டர் காட்டிய அளவு	$= E$ வோல்ட்
மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரம்	$= t$ விநாடிகள்

கலோரி மீட்டரில் உலோகத்தின் தன் வெப்பத்தை S என்றால், கலோரி மீட்டரில் சம நீர் எடை (water equivalent) $X = W_1 S_1$ கிராம்கள்.

கலோரி மீட்டரில் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட நீரின் நிறை $\} = W_2 - W_1 = m$ கிராம்

உண்டாக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவு கலோரிகள். $\} H = (X+m)(\theta_2 - \theta_1)$

மின்சாரத்தால் செய்யப்பட்ட வேலை $W = Ect$ ஜூல்கள்

$$\therefore J = \frac{W}{H} = \frac{Ect}{(X+m)(\theta_2 - \theta_1)}$$ ஜூல்கள் /கலோரி

இவ்வாறு 'J'-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

குறிப்பு

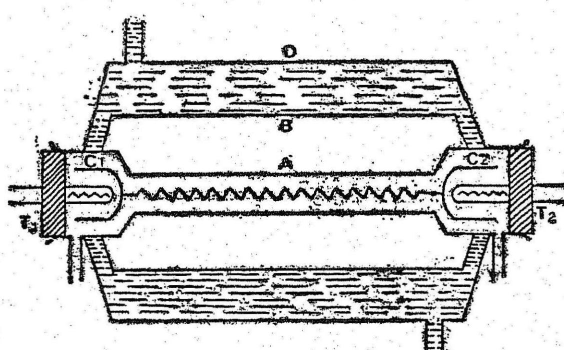
ஒரு திரவத்தின் தன் வெப்பத்தைக் காண, கலோரி மீட்டரில் அத் திர வத்தை எடுத்துக் கொண்டு மேற்சொன்ன பரிசோதனையைச் செய்யலாம். இங்கு J-ன் மதிப்பை எடுத்துக் கொண்டு, திரவத்தின் தன் வெப்பத்தைக் கணக்கிடலாம். திரவத்தின் நிறை m ஆகவும், அதன் தன்வெப்பம் S ஆகவும் இருந்தால்,

$$S = \frac{1}{m}\left[\frac{Ect}{J(\theta_2-\theta_1)} - X\right]$$

கேலண்டர் பார்ன்ஸ் முறைப்படி வெப்ப–எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்றைக் காணல்

(Callendar and Barnes method of Determination of the Mechanical Equivalent of heat)

'வெப்ப – எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்றைத் துல்லியமாகக் கண்டு பிடிக்கும் ஒரு முறையை, கேலண்டர், பார்ன்ஸ் ஆகியவர்கள் கையாண்டனர். இம் முறையில், சுமார் 2 மி·மீ. விட்டமுள்ள ஒரு நுண்ணிய கண்ணாடிக் குழல் 'A' வழியே, நிலையான நீரோட்டம்



படம் 241.

பாய்ச்சப்படுகிறது. கண்ணாடிக் குழாயின் ஊடே அமைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பிளாட்டினக் கம்பிச் சுருளால் இந்நீர் சூடுபடுத்தப்படுகிறது. இரண்டு கெட்டியான தாமிரக் குழாய்கள் C_1, C_2 இவைகளுடன் இச் சுருளின் முனைகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இத் தாமிரக் குழாய்களில் வைக்கப்பட்டுள்ள T_1, T_2 எனும் இரண்டு பிளாட்டினத் தடை

வெப்பமானிகளால் கண்ணாடிக் குழாய் வழியே உட்புகும், வெளிவரும் நீரின் வெப்ப நிலைகளை அளவிடலாம். வெப்பச் சலனம், வெப்பக் கடத்தல் இவைகளால் இழக்கும் வெப்பத்தின் அளவைக் குறைக்கும் பொருட்டு, கண்ணாடிக் குழாய் 'A' ஒரு வெற்றிட உறை B-யினூடே பொருத்தப்பட்டுள்ளது. தொடர்ந்து குளிர்ந்த நீரைப் பாய்ச்சும் வண்ணம் அமைந்த ஒரு தாமிரப் பாத்திரம் 'D'-யினுள் இவ் வெற்றிட உறை அமைக்கப்பட்டுள்ளது. பிளாட்டினக் கம்பிச் சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் வலுவை அளக்க அதனுடன் தொடர்ந்து ஒரு அம் மீட்டர் இணைக்கப்படுகிறது. ஒரு வோல்ட் மீட்டர் V-யினை அக் கம்பியின் முனைகளுக்கு இடையே இணையாக இணைத்து முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைக் குறிக்கலாம்.

கண்ணாடிக் குழாயின் வழியே ஒரே சீராக நீர் பாயும் வண்ணம் மாரு அழுத்த நிலையின் (constant pressure head) உதவியால் நீரைப் பாய்ச்சி அதே சமயத்தில் கம்பிச் சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவினையும், நீர் உட்புகும், வெளிவரும் இடங்களில் உள்ள வெப்பநிலை வித்தியாசம் சுமார் 10°C உள்ளவாறு சரி செய்ய வேண்டும். குழாயின் வழியே ஒரு விநாடியில் பாயும் நீரின் நிறை 'm', எனவும், உட்புகும், வெளிவரும் நீரின் வெப்ப நிலைகள் θ_1°C, θ_2°C எனவும் குறிக்கப்பட வேண்டும். மின்னோட்டத்தின் வலுவினை i_1 ஆம்பியர்கள் எனவும், கம்பியின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு E_1 வோல்ட்டுகள் எனவும் கொள்க.

செலவழிக்கப்பட்ட மின்னாற்றல் $E_1 i_1$ ஜூல்கள்/விநாடி

ஒரு விநாடியில் தோன்றிய வெப்பம், $H_1 = m_1(\theta_2 - \theta_1) + \phi$. இங்கு ϕ எனப்படுவது வீச்சு முறைப்படி (radiation) இழக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவாகும். இப்பொழுது $\frac{E_1 i_1}{J} = m_1(\theta_2 - \theta_1) + \phi$ ...(1)

வெப்ப வீச்சால் இழக்கும் வெப்பத்தினை ஒதுக்கிவிட, சோதனையைப் பின்வருமாறு செய்தல் வேண்டும். உட்புகும், வெளிவரும் நீரின் வெப்ப நிலைகள் முந்திய சோதனையைப் போலவே இருக்குமாறு கம்பியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தினையும், கண்ணாடிக்குழாய் வழியே பாயும் நீர்ப்பாய்ச்சலையும் சரி செய்யவேண்டும். அவ்வாறு இருக்கும்போது பாயும் மின்னோட்டத்தின் வலு 'i_2' ஆம்பியர் எனவும், ஒரு விநாடியில் குழாய் வழியே பாயும் நீரின் நிறை 'm_2' எனவும் கொள்வோம். இப்பொழுது கம்பிச்சுருளின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 'E_2' வோல்ட் எனவும் கொள்க. இதனால்

$$\frac{E_2 i_2}{J} = m_2(\theta_2 - \theta_1) + \phi \qquad \ldots\ldots(2)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2) ஆகியவற்றைக் கழிக்க :

$$\frac{E_2 i_2 - E_1 i_1}{J} = (m_2 - m_1)(\theta_2 - \theta_1)$$

$$\therefore J = \frac{E_2 i_2 - E_1 i_1}{(m_2 - m_1)(\theta_2 - \theta_1)}$$

கேலண்டர்-பார்ன்ஸ் முறையின் அனுகூலங்கள்

(1) நீரின் வெப்ப நிலைகள், நிலையாக (steady) இருக்கும்போது குறிக்கப்படுவதால் கலோரிமீட்டரின் சமநீர் எடை சேர்த்துக் கொள்ளப்படுவதில்லை.

(2) சோதனையைத் திருப்பிச்செய்து இரண்டு முறை அளவுகளைக் குறிப்பதனால் வெப்ப வீச்சால் இழக்கப்படும் ஆற்றல் முழுமையாகக் கணக்கிலிருந்து தள்ளப்படுகிறது.

(3) சோதனையின் போது நீரைக் கலக்க (stir) வேண்டிய அவசியம் இல்லை.

(4) பிளாட்டினத்தடை வெப்பமானியைக்கொண்டு மிகத்துல்லியமாகக் குழாயில் உட்புகும், வெளிவரும் நீரின் வெப்பநிலைகளை அளக்கலாம்.

(5) மின் அளவுகளை மிகத் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம்.

மின்திறன் (Electric Power) :

மின்னோட்டத்தினால் ஒரு வினாடியில் செய்யப்படும் வேலையின் அளவு அல்லது ஒரு வினாடியில் எடுத்துக்கொள்ளப்படும் மின் ஆற்றலின் அளவு மின்திறன் எனப்படும்.

'E' வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைத் தன் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள, ஒரு மின் கடத்தியின் வழியாக C ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்ந்தால், மின்திறன் EC ஜூல்கள் /வினாடி அல்லது EC வாட்கள் (watts) ஆகும். மின்னோட்டம் ஒரு மணி நேரம் செலுத்தப்பட்டால் எடுத்துக்கொள்ளும் ஆற்றல் EC வாட் மணிகள் அல்லது $\frac{EC}{1000}$ கிலோ வாட் மணிகள் ஆகும். மின் ஆற்றல் செலவிடப்படுவதைக் கிலோ வாட் மணிகளால் அளக்கின்றோம்.

கிலோவாட் மணி அல்லது வணிகச் சங்க அலகு (Board of Trade Unit) என்பது வினாடிக்கு 1000 ஜூல்கள் வீதம் ஒரு மணி நேரத்தில் செலவிடப்படும் மின் ஆற்றலின் அளவு ஆகும்.

வாட் மணிக்கும் எர்க்குக்கும் உள்ள சம்பந்தம் :

1 வாட் மணி = 1 வாட் × 1 மணி

$= 10^7$ எர்க்குகள்/வினாடி × 3600 வினாடிகள்

$= 36 \times 10^9$ எர்க்குகள்.

கிலோவாட்மணிக்கும் ஜூலுக்கும் உள்ள சம்பந்தம் :

1 கிலோவாட்மணி = 1000 × கிலோ வாட் × 1 மணி

= 1000 வாட்கள் × 1 மணி

$= 1000 \times 10^7$ எர்க்குகள்/வினாடி × 3600 வினாடிகள்

$= 36 \times 10^{12}$ எர்க்குகள்

$= 36 \times 10^5$ ஜூல்கள்.

சில சமயங்களில் குதிரைத்திறனையுங் (Horse Power) கூட மின்னாற்றலின் அலகாகப் பயன்படுத்துவது உண்டு.

1 குதிரைத்திறன் = 550 அடி பவுண்டுகள்/வினாடி

1 குதிரைத்திறன் = 550 × 30·5 × 454 × 980 எர்க்குகள்/வினாடி.

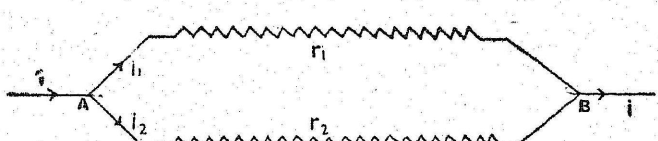
$= 746 \times 10^7$ எர்க்குகள்/வினாடி

= 746 வாட்கள்

1 கிலோவாட் = 1000 வாட்கள் = 1·341 குதிரைத்திறன்.

மீச்சிறு வெப்பத்தின் தத்துவம் (Principle of least heat)

இரு, இணையாகப் பிரியும் கடத்திகளின் வழியே பிரியும் மின்னோட்டம் மீச்சிறு அளவு வெப்பத்தினையுண்டாக்கும் வண்ணம் பிரிந்து செல்லுகிறது. இணையாக இணைக்கப்பட்டுள்ள இரு கடத்திகளின் மின் தடைகளை முறையே r_1, r_2 எனக்கொள்வோம்.



படம் 242

அக் கடத்திகளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டங்கள் முறையே i_1, i_2 என்றால்,

கிரிச்சோவின் முதல் விதிப்படி (Kirchoff's first Law)

மொத்த மின்னோட்டம் $i = i_1 + i_2$

$$\therefore i_2 = i - i_1$$

இப்பொழுது $J H = i_1^2 r_1 + (i_2^2 r_2)$

$$= i_1^2 r_1 + (i - i_1)^2 r_2$$

அல்லது $$H = \frac{I}{J}\left[i_1^2 r_1 + (i - i_1)^2 r_2\right] \quad ......(1)$$

இங்கு H எனப்படுவது ஒரு விநாடியில் உண்டாக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவாகும்.

'H' மீச்சிறு அளவாக இருக்க $\frac{dH}{di_1} = 0$

சமன்பாடு (1)-ஐப் பகுக்க

$$\frac{dH}{di_1} = \frac{I}{J}\left[2i_1 r_1 - 2(i - i_1) r_2\right]$$

$$\frac{dH}{di_1} = 0 \text{ ஆனால்}$$

$$2 i_1 r_1 = 2 (i - i_1) r_2$$

அதாவது $$\frac{i_1}{i - i_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\therefore \frac{i_1}{i_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

ஆகவே வெப்ப உற்பத்தி மிகச் சிறு அளவாக இருக்க மின்னோட்டம் இரண்டு கிளைகளின் வழியே, அவைகளின் தடைகளின் எதிர் விகிதத்தில் பிரிந்து பாயவேண்டும்.

ஒரு வெளிச் சுற்றில் மின்திறன் (Power in an external circuit)

R ஓம்கள் மின்தடையுள்ள ஒரு வெளிச்சுற்றில் அக மின்தடை r ஓம்களும் மின்னியக்கவிசை 'E' வோல்ட்டுகளும் உள்ள ஒரு மின்கலனை இணைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். வெளிச்சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு i ஆம்பியர்கள் எனவும் கொள்வோம். மின் ஆற்றலை எந்திர ஆற்றலாகவோ, வேதியியல் ஆற்றலாகவோ மாற்றும் ஒரு கருவியை (device) வெளிச்சுற்று கொண்டிராதிருக்கும் பட்சத்தில், அதில் பாயும் மின்னாற்றல் முழுதும் வெப்பமாக மாற்றப்படும்.

ஒரு விநாடியில் மின்கலத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஆற்றலின் அளவு $= E\,i$ வாட்கள்

ஒரு விநாடியில் முழு மின் சுற்றினால் உட்கவரப்படும் ஆற்றலின் அளவு $= i^2 (R + r)$ வாட்கள்.

முழு மின்னாற்றலும் வெப்பமாக மாற்றப்படும்போது,

$$E\,i = i^2 (R + r)$$

$$i = \frac{E}{R + r}$$

ஆனால், வெளிச்சுற்றில் ஒரு விநாடியில் பாயும் மின்னாற்றலின் ஒரு பகுதி எந்திர ஆற்றலாகவோ, வேதியியல் ஆற்றலாகவோ மாற்றப்படுகிறது. இதன் மதிப்பை விநாடிக்கு W வாட்கள் எனக்கொள்வோம்.

ஆகவே $E\,i = i^2 (R + r) + W$ ......(1)

அல்லது $E = i\,(R + r) + \frac{W}{i}$ ......(2)

சுற்றில் உள்ள விளைவு (effective) மின்னியக்குவிசையின் அளவு $i\,(R + r)$-க்குச் சமம். இதனை E_1 என்று நாம் குறிப்பிட்டால்,

$E = E_1 + \frac{W}{i}$ ......(3)

$\therefore E = E_1 + e$

இங்கு $e = \frac{W}{i}$

அல்லது $E_1 = E - e$

ஆகவே $i = \frac{E - e}{R + r}$ ......(4)

இவ்வாறு பயன்படுத்தப்பட்ட மின்னியக்கு விசை E-க்கும் விளைவு மின்னியக்க விசை E_1-க்கும் உள்ள வேறுபாடான 'e' எனப்படுவது, மின் சுற்றிலுள்ள பின் மின்னியக்குவிசை (back e.m.f.) என்று அழைக்கப்படும்.

சமன்பாடு (2)ஐ மாற்றியமைக்க :

$i^2 (R + r) - i\,E + W = 0$

$$i = \frac{E}{2(R+r)} \pm \sqrt{\frac{E^2 - 4\,(R+r)\,W}{4\,(R + r)^2}} \quad ......(5)$$

i - யின் உண்மையான (real) மதிப்புகளுக்கு

$E^2 > 4\,(R + r)\,W$

அல்லது $W < \frac{E^2}{4\,(R + r)}$ ......(6)

இதிலிருந்து W-வின் பெரும மதிப்பு $\frac{E^2}{4\,(R + r)}$-க்குச் சமம் என்று தெரிகிறது.

W-வின் மதிப்பு பெருமமாக இருக்கும்போது சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு $i = \frac{E}{2\,(R + r)}$. W-வின் மதிப்பு

பெருமமாக இருக்கும்போது சுற்றில் தோன்றும் வெப்பத்தின் அளவும் வீதம் $i^2\ (R+r)$

$$= \left[\frac{E}{2\ (R+r)}\right]^2 (R+r)$$

$$= \frac{E^2}{4\ (R+r)} \qquad \ldots\ldots(7)$$

மின்கலத்தின் அக மின் தடை $r = 0$ ஆனால், சுற்றில் தோன்றும் வெப்பத்தின் அளவு வீதம் $\frac{E^2}{4R}$-க்குச் சமம்.

மின்கல அடுக்கிலிருந்து பெறப்படும் பெருமதிறன் (Maximum Power From a Battery):

உள் மின்தடை r ஓம்களும், மின்னியக்கவிசை E வோல்ட்டுகளும் உள்ள மின்கல அடுக்கினை, R ஓம்கள் தடையுள்ள ஒரு வெளிச்சுற்றில் இணைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு $i = \frac{E}{R+r}$

சுற்றில் வெப்பமாக மாற்றப்படும் ஆற்றலின் அளவு $P = i^2 R$

$$= \frac{E^2 R}{(R+r)^2} \qquad \ldots\ldots(1)$$

மாற்றப்படும் ஆற்றலின் அளவு பெருமமாக இருக்கும்போது,

$$\frac{dP}{dR} = 0.$$

சமன்பாடு (1)-ஐப் பகுக்க.

$$\frac{dP}{dR} = \frac{E^2 (R+r)^2 - E^2 R.\ 2\ (R+r)}{(R+r)^2}$$

$\frac{dP}{dR} =$ ஆக இருக்கும்போது

$$E^2 (R+r)^2 - 2E^2 R\ (R+r) = 0$$

$$\therefore\ E^2 (R+r)^2 = 2\ E^2 R\ (R+r)$$

$$(R+r) = 2\ R$$

$$R = r$$

வெளிச்சுற்றின் மின்தடை, ஆற்றலைத் தரும் மின்கல அடுக்கின் அக மின் தடைக்குச் சமமாக இருக்கும்போது, வெளிச்சுற்றில் வெப்பமாக மாற்றப்படும் ஆற்றலின் அளவு பெருமமாகும்.

மின்வெப்பப் பயன்கள் :

மின்னோட்ட வெப்ப விளைவுகளின் நடைமுறைப் பயன்கள் : மின் வெப்பக் கருவிகள் (Electric heaters).

மின்னோட்ட வெப்ப விளைவைக் கொண்டு செயல்படும் வீட்டு உபயோகத்திற்கேற்ற கருவிகளில் சில மின் வால் பாத்திரம் (Electro Kettle), மின் அடுப்பு (Electric Oven), மின்சார இஸ்திரிப்பெட்டி ஆகியவைகளாகும். இந்தக் கருவிகளில் நைக்ரோம் என்னும் விசேடத் தன்மை கொண்ட உலோகக் கலவையாலான வெப்பமுண்டாக்கும் சுருள்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த உலோகக் கலவை உயர்ந்த தன் மின்தடை கொண்டது. எனவே, இதன் மூலக்கூறு ஆக்ஸிகரணமடையாமல் மிக உயர்ந்த வெப்ப நிலைக்கு இதனை உயர்த்தலாம். இச் சுருள்கள் கல்நார், தீக் களிமண் (Fire Clay), சீனக் களிமண், மைக்கா போன்ற மின் கடத்தாப் பொருள்கள் மீது சுற்றப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு கருவியும் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தைக் கொண்டு இயங்குமாறும் ஒரு குறிப்பிட்ட ஆற்றலைச் செலவழிக்குமாறும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, 220 வோல்ட் மின் அழுத்தமும் 750 வாட் ஆற்றலும் கொண்ட ஒரு இஸ்திரிப்பெட்டியை 220 வோல்ட் மின் அழுத்தத்தில் உபயோகிக்க வேண்டும். அவ்வாறு அந்த மின்னழுத்தத்தில் பயன்படுத்தும் போது ஆற்றல் செலவு 750 வாட்களாக இருக்கும்.

மின்னுருகிகள் (Electric Fuses)

மின் நிறுவனங்களில் குறுக்குச் சுற்று (short circuit) காரணமாக அதிக மின்னோட்டம் பாய்வதனால் உண்டாக்கப்படும் வெப்பத்தினின்றும் மின் இயந்திரங்களையும் விளக்குகளையும் காக்க மின்னுருகிகள் எனப்படும் கருவிகள் மின்சுற்றில் இணைக்கப்படுகின்றன. ஒரு மின்னுருகி எனப்படுவது தாழ்ந்த உருகுநிலை கொண்ட உலோகத்தினாலான ஒரு குறுகிய நீளமுடைய தொடர்பிணைப்பாக இணைக்கப்பட்ட கம்பியாகும். இக் கம்பியின் பருமன் இதில் பாயும் மின்னோட்டம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவை மிஞ்சும்போது உருகி, மின் சுற்றைத் துண்டிக்கத் தக்கதாய் அமையவேண்டும். இக் கம்பி ஒரு சீனக் களிமண் பொருத்தியில் அமைந்துள்ள இருமுனைத் திருகுகளின் நடுவே நீட்சியாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அதிக மின்னோட்டம் குறைவாக உபயோகப்படுத்தப்படும் வீட்டு மின் இணைப்புகளில் ஒரு குறுகிய நீளமுள்ள [(SWG 24), (M.P. 230°C] ஈயக்கம்பி உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. மின்னோட்டம் 5 ஆம்பியருக்கு மேல் உயரும் போது இக் கம்பி உருகிவிடும். உயர்ந்த மின்னோட்டங்களுக்கு ஒரு

துண்டு தாமிரக் கம்பியை உபயோகப்படுத்தலாம். தாமிரக் கம்பி (SWG 24), மின்னோட்டம் 35 ஆம்பியரைக் கடக்கும்பொழுது உருகி வெந்துவிடுகிறது.

மின் உலை (Electric Furnace)

எஃகு, சிலிகன் கார்பைடு, கால்ஸியம் கார்பைடு, கார்பன்-டை-சல்பைடு முதலியவற்றை உற்பத்தி செய்யும் தொழிற்சாலைகளில் மின் உலைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஏறத்தாழ 1500°C வெப்பநிலை உண்டாக்கத் தேவைப்படும் சிறிய மின் உலைகளில் சிலிகா குழாய்களின் மேற்பரப்பில் சுருளாகச் சுற்றப்பட்ட மாலிப்டினம்-நைக்ரோம் கம்பி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இக் கம்பி தீக் களிமண் சிமென்டினால் பூசப்பட்டிருக்கும். இது ஒரு வெளிக்குழாய்க்குள் அமைந்திருக்கும். இவ் விரண்டின் வளைய இடைவெளியில் (annular space) வெப்ப இழப்பையும் குழாய்ச் சேதத்தையும் தடுப்பதற்கு மக்னீசியம் ஆக்ஸைடு நிரப்பப்பட்டிருக்கும். சூடாக்கப்படவேண்டிய பொருள் உட்குழாயில் வைக்கப்பட்டு மின்னோட்டம் செலுத்துவதன் மூலம் சூடாக்கப்படும். தொழிற்சாலைகளில் பயன்படும் சில மின் உலைகளில் சூடாக்கப்படும் பொருள் சிலிகன்-கார்பைடு தண்டுகளின் நடுவே வைக்கப்பட்டு மின்னோட்டம் பாய்ச்சுவதன் மூலம் சூடாக்கப்படும். 3000°C முதலான வெப்பநிலையை உண்டாக்க வில் மின் உலை (Arc furnace) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ் வகையான உலைகளில் உயர்ந்த மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும் இரண்டு கரி மின்வாய்களுக்கு (carbon electrodes) இடையே சூடாக்கப்படும் பொருள் வைக்கப்பட்டு வெப்பமேற்றப்படுகிறது. இதனால் உண்டாக்கப்படும் வெப்பம் அப் பொருளை உருக்கப்போதுமானது.

மின் இழை விளக்குகள் (Electric Filament lamps)

மின்னிழை அல்லது ஒளிரும் விளக்கு, கண்ணாடிக் குப்பியில் வைக்கப்பட்ட மின்னோட்டத்தினால் வெண்சுடர் (incandescence) அளவிற்கு வெப்பநிலை உயர்த்தப்படும் நேர்த்தியான பிளாட்டினம் இழை கொண்டது. தாழ்ந்த உருகுநிலையும், நொறுங்கிவிடும் தன்மையும் கொண்ட காரணத்தால் பிளாட்டின இழைக்குப்பதிலாகக் கரி இழைகள் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன. கரி இழை விளக்கு ஏறத்தாழ ஒரே சமயத்தில் அமெரிக்காவில் எடிசனாலும், இங்கிலாந்தில் சுவானாலும் (Swan) கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. கரி இழைகள், துத்தநாகக்குளோரைடு கரைசலில் செல்லுலோசைக் கரைத்த அடர்திரவத்தை நேர்த்தியான துளைகளின் வழியாகச் செலுத்தி இழுப்பதன் மூலம் செய்யப்படுகின்றன. இழை எரிந்து போவதைத் தடுக்க அது வெற்றிடமாக்கப்பட்ட

கண்ணாடிக் குப்பியினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கரியின் உருகு நிலை 4000°C ஆக இருந்தபோதிலும், 1850°C-க்கு மேல் வெப்பப்படுத்தக் கூடாது. ஏனெனில், 1850°C வெப்ப நிலைக்குமேல் கரி ஆவியாகி விடும் தன்மைகொண்டது. மேலும் கரியாவி கண்ணாடிக் குப்பியின் சுவரில் படிந்து விளக்கை மங்கலாக்கும் தன்மையுடையது. மேலும் கரி இழையினால் உமிழப்படும் ஒளி வெண்மையாகவல்லாமல் மஞ்சளாக இருக்கும். கரியிழை விளக்குகளில், ஆற்றல் செலவு ஒரு மெழுகுவர்த்தித் திறனுக்கு இரண்டு முதல் நான்கு 'வாட்கள்' அதிகமாக உள்ளது.

தற்காலத்தில் செய்யப்படும் மின்விளக்குகளில் கரியிழைக்குப் பதிலாக ஆஸ்மியம், டேன்டனம், டங்ஸ்டன் இழைகள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. ஆஸ்மியத்தின் உருகுநிலை 2500°C., அதன் தாங்கும் வெப்பநிலை (running temp.) ஏறத்தாழ 2000°C. டேன்டனத்தின் உருகுநிலை 2940°C., தாங்கும் வெப்பநிலை 1980°C. டங்ஸ்டனின் உருகுநிலை 3400°C., தாங்கும் வெப்பநிலை 2100°C.

டங்ஸ்டன் இழை விளக்குகள் இரு வகைப்படும். வெற்றிட வகை எனப்படும் ஒரு வகையில் டங்ஸ்டன் இழை ஒழுங்கற்ற வடிவத்தில் (zig zag) ஒரு வெற்றிடக் கண்ணாடிக்குப்பியில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அது ஒரு மெழுகுவர்த்தித் திறனுக்குச் சுமார் 1·5 வாட் ஆற்றலைச் செலவழிக்கும். இவை தாங்கும் வெப்ப நிலைக்கு மேல் டங்ஸ்டன், ஆவியால் கறுத்து விடுவதன் காரணமாக அவ்வெப்ப நிலைக்குமேல் உபயோகிக்கத் தகுதியற்றவை. இக் குறை நைட்டிரஜன் அல்லது ஆர்கன் போன்ற மந்த வாயுக்களைக் (inert gas) குப்பியில் நிரப்புவதன் மூலம் நீக்கப்படுகிறது. வாயு நிரப்பப்பெற்ற விளக்குகளில் உள்ள இழைகள் பதங்கமாகாமல் சுமார் 2500°C வரை வெப்பப்படுத்தப்படலாம். இழையில் சுருள்மேல் சுருளாகச் (coiled coil) சுற்றுவதன் மூலம் நிரப்பப்பட்ட மந்த வாயுவில் தகைப்பு ஓட்டம் (convection current) ஏற்படுவது குறைக்கப்படுகிறது. சுருள் மேல் சுருள் வாயு நிரப்பிய விளக்குகள் ஒரு மெழுகுவர்த்தித் திறனுக்குச் சுமார் 0·5-லிருந்து ஒரு வாட் வரை ஆற்றலைச் செலவழிக்கும். இழை விளக்குகளுக்குக் கண்ணாடியின் விரிவுப்பெருக்கவெண்ணை (coefft. of expansion) கொண்ட நிக்கல் இரும்புக்கலவை இணைப்புக் கம்பிகளாக (leads) உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இவ் விணைப்புக் கம்பிகள் கண்ணாடியில் முத்திரை (seal) இடப்படும்பொழுது விரிசல்களோ தளர் இணைப்போ ஏற்படாமல் முக்கியமாகக் கவனிக்கவேண்டும். பொதுவாக விளக்கு இயக்கப்பட வேண்டிய வாட்டேஜின் மின்னழுத்தமும் விளக்கின் மேற்புறத்தில் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். நடைமுறை உபயோகத்தில் ஒளிரும் மின்னிழை விளக்குகளில் ஏறத்தாழ 5% மின்சக்தி ஒளியாகவும் மீதம் வெப்பமாகவும் மாற்றப்படுகிறது.

மின்னிறக்க விளக்குகள் (Electric discharge lamps)

சில குறிப்பிட்ட வாயுக்களும் உலோக ஆவிகளும் அடர்த்தி குறைந்த நிலையில் அவற்றுள் வைக்கப்பட்ட இரண்டு மின் வாய்களுக்கு உயர்ந்த மின் அழுத்தம் கொடுக்கும்பொழுது பிரகாசமான ஒளியை உமிழுகின்றன. இந்தத் தத்துவத்தில் இவ் விளக்குகள் இயங்குகின்றன. ஒளியின் வண்ணம் அந்த வாயுவின் தன்மையைப் பொறுத்தது. மாறுகிடை மின்னழுத்தத்தில் (alternating voltages) இயங்கும்பொழுது மிகச் சக்திகொண்டவையாக இருக்கும். பாதரச ஆவி விளக்குகள் வெளிர் நீலப்பச்சை ஒளிகளையும், சோடியம் ஆவி விளக்குகள் மஞ்சள் ஒளியையும் உமிழ்கின்றன. ஒளிரும் பொடியை (florescent powder) உபயோகிப்பதன் மூலம் ஒளியின் வண்ணம் மாற்றப்படுகிறது.

கரி வில் விளக்கு (Carbon arc lamp)

மிகவும் பிரகாசமான ஒளியை வழங்கும் 'மூலமாக'க் (source) கரி வில் விளக்குகள் விளங்குகின்றன. இது முதலில் சர் அம்பிரி டேவி (Sir Humprey Davy) அவர்களால் அமைக்கப்பட்டது. இது மின்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டதும், இதன் முனைகள் இரண்டும் தொடுமாறு வைக்கப்பட்டதுமான (end to end) இரண்டு கனமான கரித் துண்டுகளைக் கொண்டது. முதலில் துண்டுகள் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு வைக்கப்பட்டு மின்னோட்டம் பாய்ச்சப்படுகிறது. மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது சுமார் $\frac{1}{4}$ அங்குலம் இடைவெளியுண்டாகுமாறு துண்டுகள் பிரிக்கப்படுகின்றன. அப்பொழுது ஒரு பிரகாசமான ஒளி விளக்கமுள்ள (luminous)வில் துண்டுகளிடையே தோன்றுகிறது. ஒரு கரித்துண்டிலிருந்து மற்றதற்கு மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும் பாதையாக அச் சுவாலை அமைகிறது. வில் தோன்றிய சிறிது நேரத்தில் கரித் துண்டுகளின் முனைகள் கரி வில்லைவிட ஒளி விளக்கம் பெறுகின்றன. நேர் மின் துண்டின் வெப்பநிலை சுமார் 4000°C ஆகும். அது உண்டாகும் ஒளியில் 85% கொடுக்கிறது.

கரித்துண்டின் நுனிக்குழியில் கால்சியம் உப்பைச் சேர்ப்பதன் மூலம் வெள்ளொளி என்னும் மிகப்பிரகாசமான ஒளி உண்டாக்கலாம். இழைவிளக்கின் திறனைவிடக் கரிவில்விளக்கின் திறன் இரு மடங்காகும். கரித் துண்டுகள் படிப்படியாகத் தேய்ந்துவிடுவதால் அவைகளின் முனைகள் அருகருகே இருக்குமாறு அடிக்கடி சரி செய்தல் வேண்டும். மேலும், கரித் துண்டுகளின் முனைகளுக்கிடையே நிலையான சப்தமற்ற வில்லொளியை உண்டாக்குவது கடினம். இது படம் காட்டும் எரியும்

விளக்குகளில் (projection lantern) அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படு கிறது. வில் உலை (arc furnace), ஒட்டுதல் (welding) ஆகியவை களில் கரி வில்லின் அதிக வெப்பம் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

பயிற்சிகள்

(1) 2 லிட்டர் நீரை 4 நிமிடத்தில் கொதிநிலைக்குக் கொண்டு வரத் தேவையான வெப்பத்தைக் கொடுக்கக்கூடிய 240 வோல்ட்டு மின் அடுப்பின் (electric heater) மின் தடையைக் கண்டுபிடி. தொடக்கத்தில் நீரின் வெப்பம் 16°C.

வெப்ப நிலை உயர்வு $= 100 - 16 = 84°C$.

4 நிமிடங்களில் செலவழிக்கப்பட்ட வெப்பம்,

$= 2000 \times 84$ கலோரிகள்.

4 நிமிடங்களில் செலவழிக்கப்பட்ட மின் சக்தி

$= 2000 \times 84 \times 4{\cdot}2$ ஜூல்கள்.

ஒரு வினாடியில் செலவழிக்கப்பட்ட மின் சக்தி

$$= \frac{2000 \times 84 \times 4{\cdot}2}{240} \text{ ஜூல்கள்.}$$

$$\text{ஆகவே, திறன்} = \frac{2000 \times 84 \times 4{\cdot}2}{240} \text{ வாட்டுகள்.}$$

$$\text{ஆனால், திறன்} = \frac{V^2}{R} \text{ வாட்டுகள்.}$$

$$\text{ஆகவே, } \frac{V^2}{\text{திறன்}} = \frac{240 \times 240 \times 240}{2000 \times 84 \times 4{\cdot}2}$$

$$= 19{\cdot}6 \text{ ஓம்கள்.}$$

(2) ஒரு கலோரி மீட்டரின் மொத்த இணைமாற்று எடை (நிறை) (equivalent weight) 200 கிராம். அதனுள் மூழ்கி வைக்கப்பட்ட ஒரு வெப்பச் சுருளில் 5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 10 நிமிடத்திற்குப் பாய்கிறது. இதனால் ஏற்படும் வெப்ப உயர்வு 10·7°C. வெப்பச் சுருளின் இடையில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு 3 வோல்ட்டு எனக் கொண்டு வெப்ப எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்றைக் (mechanical equivalent of heat) கண்டுபிடி.

ஏற்படுத்தப்பட்ட வெப்பம் $= 200 \times 10{\cdot}7$

$= 2140$ கலோரிகள்.

செலவழிக்கப்பட்ட மின்சக்தி $= 5 \times 3 \times 10 \times 60$

$= 9000$ ஜூல்கள்.

ஆகவே, வெப்ப எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று

$$= \frac{9000}{2140} = 4{\cdot}206 \text{ ஜூல்/கலோரி.}$$

(3) 220 வோல்ட்டு 500W கொண்ட ஒரு மின் அடுப்பு 15 நிமிடங்களில் 1 கிலோ கிராம் நீரை 20°C-ல் இருந்து கொதி நிலைக்கு உயர்த்துகிறது. சூடாக்கப் பயன்படுத்தப்பட்ட சக்தியின் சதவிகிதத்தைக் கணக்கிடு.

$$\text{நீரில் ஏற்படும் வெப்பம்} = 1000\,(100-20) = 1000 \times 80$$
$$= 80{,}000 \text{ கலோரிகள்.}$$

இவ்வளவு வெப்பத்தை ஏற்படுத்தத் தேவையான மின்திறன்

$$= \frac{80{,}000 \times 4{\cdot}18}{15 \times 60} = 371{\cdot}6.$$

வெப்பமாக்கப் பயன்பட்ட சக்தியின் சதவிகிதம்

$$= \frac{371{\cdot}6}{500} = 74{\cdot}3.$$

(4) ஒரு மின் வீசுகதிர் மூலம் (electrical radiator) 220 V மூலத்தோடு இணைக்கும்போது 1 $K.W.$ திறன் வீணுகிறது. அதன் கம்பிச் சுருள் 0·5 மி.மீ. விட்டமும் தன்தடை எண் (Specific resistance) 90 மைக்ரோ ஓம்/செ.மீ.³ கொண்டுள்ளது. சுருளின் நீளத்தைக் கணக்கிடு.

கம்பிச் சுருளின் மின்தடை R எனக் கொள்க.

$$\text{எனவே,} \frac{220^2}{R} = 1000$$

$$R = \frac{220^2}{1000} = 48{\cdot}4 \text{ ஓம்கள்}$$

சுருளின் நீளம் l எனக் கொண்டால்,

$$48{\cdot}4 = \frac{90 \times 10^{-6}\, l}{\pi \times 0{\cdot}025^2}$$

$$\text{ஆகவே } l = \frac{48{\cdot}4\, \pi \times 0{\cdot}025^2}{90 \times 10^{-6}}$$

$$= 1055 \text{ செ.மீ.}$$

பயிற்சி

(1) 1·5 வோல்ட்டு மின்னியக்க விசையும் 0·5 ஓம் உள்மின் தடையும் கொண்ட மூன்று மின்கலங்கள் தொடராக இணைக்கப்பட்ட ஒரு மின் சேமிப்புக் கலம் ஒரு மின் விளக்கின் இழை வழியாக 0·25 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்ச்சுகிறது என்றால்,

(a) மின் இழையின் (filament) மின் தடையைக் கண்டுபிடி.

(b) இரு முனைகளுக்கு மிடையே உள்ள அழுத்த வேறுபாடு.

(c) ஒரு நிமிடத்திற்கு இழையில் ஒளிச் சக்தி (light energy) வெப்பச் சக்தி (heat energy) இவைகளைக் கண்டுபிடி.

[(a) 16·5 ஓம் (b) 4·125 வோல்ட்டு (c) 61·875 ஜூல்கள்]

(2) ஓர் அறை, 230 வோல்ட்டு மூலத்தோடு இணைக்கப்பட்ட 6, $30W$ விளக்குகளால் வெளிச்சமூட்டப்படுகிறது. எல்லா விளக்குகளும் எரிவதால் செலவாகும் மின் ஓட்டத்தைக் கணக்கிடு. 1 கிலோவாட்டு மணிக்கு 25 பை. வீதம் 5 மணி நேரம் இவ் விளக்குகளை எரிப்பதற்கு என்ன செலவாகும்?

(3) 1·2 வோல்ட்டு மின்னியக்க விசையும் 0·4 ஓம் உள்மின் தடையும் கொண்ட ஒரு மின்கலத்தின் முனைகள் 10 மீட்டர் நீளமும் 1 ச.மி.மீ. குறுக்கு வெட்டும் கொண்ட கம்பியால் இணைக்கப்படுகிறது. 1 நிமிடத்திற்கு ஏற்படும் வெப்பத்தைக் கணக்கிடு. தாமிரத்தின் தன் தடை எண் $1 \cdot 6 \times 10^{-6}$ ஓம்/செ.மீ.^{3}

(4) ஒவ்வொன்றும் 2 வோல்ட்டு மின்னியக்க விசையும் 0·03 ஓம் மின்னியக்க விசையும் கொண்ட 5 மின்கலங்களைக் கொண்ட ஒரு மின் சேமக் கலம்,

(a) தொடராக இணைக்கப்படும்போதும்,

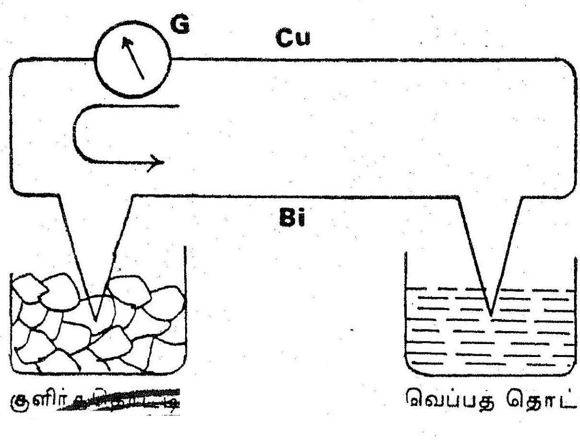
(b) பக்கவாட்டில் இணைக்கப்படும்போதும்

மின்னோட்டம் 0·1 ஓம் தடை வழியாகப் பாய்கிறது.

17. வெப்ப மின்னியல்

(Thermo Electricity)

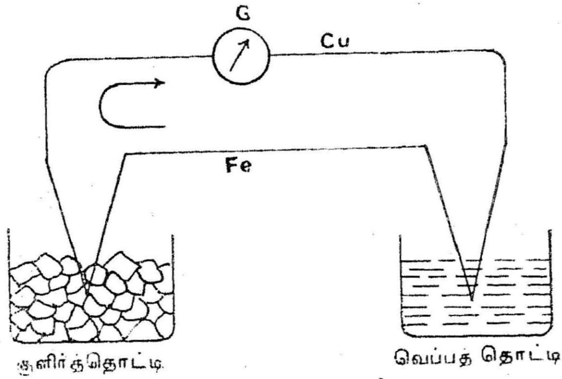
1826ஆம் ஆண்டு சீபெக் (Seebeck) என்ற விஞ்ஞானி, இரு வேறு உலோக மின்கம்பிகளைச் சேர்ந்த சந்திகளை, வெவ்வேறு வெப்ப நிலைத் தொட்டிகளில் வைத்தால், சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது என்பதைக் கண்டுபிடித்தார். இம் மின்னோட்டம், வெப்ப மின்னோட்டம் (thermo electric current) எனவும், இம் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும் மின்னியக்குவிசை, வெப்ப மின்னியக்குவிசை (thermo electric e.m.f.) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இவ் விளைவு சீபெக் விளைவு (Seebech effect) என அழைக்கப்படுகிறது.



இருவேறு உலோகக் கம்பிகளின் நுனிகளைச் சேர்த்துண்டாக்கப் பட்ட, இரு சந்திகளை உடைய கொண்ட சுற்றிற்கு, வெப்ப மின் னிரட்டை (thermo couple) எனப் பெயர். வெப்ப மின்னிரட்டையின்

இரு சந்திகளை (junctions) வெவ்வேறு வெப்ப நிலைகளில் வைத்து, மின் சுற்றில் கால்வனுமீட்டரை இணைத்தால், கால்வனுமீட்டரில் விலகல் (deflection) ஏற்படுகிறது. இது சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழ்வதைக் காட்டுகிறது.

தாமிரம், இரும்பு, (Cu, Fe) வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்பச் சந்தியில், மின்னோட்டம் தாமிரத்திலிருந்து இரும்பை நோக்கி நிகழ்



படம் 244

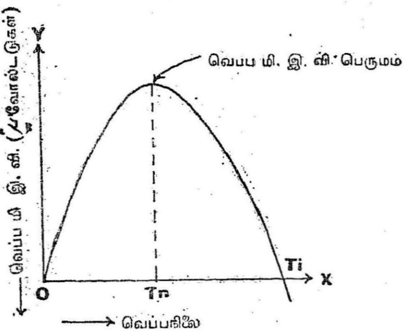
கிறது. தாமிரம், பிஸ்மத்து (Cu, Bi) வெப்ப மின்னிரட்டையில், அதி வெப்பச் சந்தியில் (hot junction) மின்னோட்டம், பிஸ்மத்தி லிருந்து (Bismuth) தாமிரத்தை நோக்கி நிகழுகிறது.

வெப்ப மின்னிரட்டைகளைச் செய்யப் பயன்படும், உலோகங் களைச் சீபெக் கீழ்க்கண்டவாறு வரிசைப்படுத்தியுள்ளார்.

Bi, Ni, Co, Pt, Cu, Mn, Hg, Pb, Sn
Cr, Mo, Au, Ag, Zn, Fe, As, Sb, Te.

மேல் வரிசையிலுள்ள இருவேறு உலோகங்களைக் கொண்டு வெப்ப மின்னிரட்டை செய்யும்பொழுது, வெப்பச் சந்தியில் மின்னோட்டம், இவ்விரண்டு வரிசையில் முன்னேயுள்ளதிலிருந்து பின்னேயுள்ளதை நோக்கி நிகழுகிறது. வரிசையில் இருவேறு உலோகங்களின் இடை வெளித் தூரம் அதிகமாகும்பொழுது, அவ்விரு உலோக வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்னியக்கு விசையும் அதிகமாகிறது. Bi—Te வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்னியக்கு விசை, மற்ற எந்த இரு வேறு உலோக வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்னியக்கு விசையைக் காட்டிலும் அதிகம்.

எந்தவொரு வெப்ப மின்னிரட்டையில் வெளிப்படும் வெப்ப மின்னியக்கு விசையும், அதன் இரு சந்திகளின் வெப்பநிலை வித்தியாசத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் மாறுகிறது. Cu—Fe வெப்ப மின்னிரட்டையின் ஒரு சந்தியை 0·C வெப்ப நிலையில் மாருமல் வைத்துக் கொண்டு, மற்ஒரு சந்தியை வெப்பப்படுத்திளுல், வெளிப்படும் மின்னியக்கு விசை மாற்றம், வளை கோட்டால் வரைபடத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அவ்வளைகோட்டு அமைப்புப் பரவளையமாகும் (parabola).



படம் 245.

வெப்பநிலை வித்தியாசம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, வெப்ப மின்னியக்கு விசையும் அதிகரிக்கின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை வித்தியாசத்தால், வெப்ப மின்னியக்கு விசை, பெருமத்தை (maximum) அடைகிறது. மின்னியக்குவிசை பெருமத்திலுள்ள பொழுது, வெப்பச் சந்தியின் வெப்பநிலை, திருப்பு வெப்பநிலை (neutral temperature) என அழைக்கப்படுகிறது. திருப்பு வெப்பநிலை, குறிப்பிட்ட அவ்விரு உலோக வெப்ப மின்னிரட்டைக்கு மாறிலியாகும். வெப்ப மின்னிரட்டையின் இருவேறு உலோகங்கள் மாறும்பொழுது, திருப்பு வெப்பநிலையும் மாறுகிறது. திருப்பு வெப்பநிலை குளிர்ச் சந்தியின் வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததன்று.

சந்திகளின் வெப்பநிலை வித்தியாசம் திருப்பு வெப்பநிலைக்குமேல் அதிகரிக்கும் பொழுது, மின்னியக்குவிசை குறைகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை வித்தியாசம் Ti-யில் சுழியாகிறது; பிறகு நேர் எதிராகிறது. மின்னியக்குவிசை நேர் எதிராகும் வெப்பநிலையே, அக்குறிப்பிட்ட வெப்ப மின்னிரட்டையின் புரட்டு வெப்பநிலை (temperature of inversion) என அழைக்கப்படுகிறது. புரட்டு வெப்பநிலை வெப்ப மின்னிரட்டையின் இருவேறு உலோகங்களைப் பொறுத்தலலாது மாறுபடுகிறது. குளிர்ச்சந்தி, திருப்பு வெப்பநிலைக்குக் கீழே, எவ்வளவு குறைவாக உள்ளதோ, அவ்வளவு மேலே, அதிக வெப்பநிலையில், புரட்டு வெப்பநிலை அமைந்துள்ளது. Cu-Fe வெப்பமின்னிரட்டையின் குளிர்ச்சந்தி, 0·C வெப்பநிலையிலிருக்கும் பொழுது, திருப்பு வெப்பநிலை 285°C-ம், புரட்டு வெப்பநிலை 570°C-ம் ஆகும். குளிர்ச் சந்தி 0°C-ல் இருக்கும்பொழுது, திருப்பு வெப்பநிலை 280°C-ம், புரட்டு வெப்பநிலை 560°C-ம் ஆகும்.

காரீயம் வெப்ப மின்னிரட்டைகளில் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப் படுகிறது. வெவ்வேறு வெப்ப மின்னிரட்டைகளில் வெளிப்படும் மின்னியக்கு விசை, கிட்டத்தட்ட கீழ்க்கொடுக்கப்பட்டுள்ள அளவில் அமைந்துள்ளது.

குளிர்ச்சந்தியின் வெப்பநிலை = 0°C

வெப்ப மின்னிரட்டை	வெப்ப மின்னியக்கு விசை	
Sb-Pb	31	(மைக்ரோ வோல்ட்டுகள் பெர் டிகிரி)
Fe-Pb	14	,,
Pt-Rhodium-Pb	— 2	,,
Pb-Pt	— 4	,,
Pb-Cu	— 3	,,
Pb-Ni	— 18	,,
Pb-கான்ஸ்டன்டன்	— 39	,,
Pb-Bi	— 69	,,

Sb-Bi வெப்ப மின்னிரட்டையின் குளிர்ச்சந்தி 0°C வெப்பநிலையிலும், வெப்பச்சந்தி 10°C வெப்ப நிலையிலும் இருக்கும்பொழுது, வெளிப் படும் வெப்ப மின்னியக்குவிசை $= 31 - (-69) = 100$ மைக்ரோ வோல்ட்டுகள்/டிகிரி.

வெப்ப மின் திறன் (Ther mo electric power)

ஏதாவதொரு வெப்ப நிலையில், மின்னியக்கு விசை மாறு வீதம், அவ்வெப்ப நிலையின் வெப்ப மின்திறன் (thermo elecric power) என அழைக்கப்படுகிறது.

ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் குளிர்ச்சந்தி T°A வெப்ப நிலையி லும், வெப்பச்சந்தி $(T + dT)$°A வெப்ப நிலையிலும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். வெப்பநிலை வித்தியாசம் dT, மிகக் குறைவானது. இப்பொழுது வெளிப்படும் மின்னியக்குவிசை dE ஆனால், காரணி $\frac{dE}{dT}$ யானது, வெப்பநிலை T°யில், அவ் வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்திறன் என அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு வெப்ப மின்னிரட் டையின் வெப்ப மின்திறன், வெப்பச்சந்தியின் வெப்பநிலையோடு மாறு கிறது. ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்பச்சந்தி வெப்பநிலை, அதன் திருப்பு வெப்பநிலையாக அமையும் பொழுது, வெளிப்படும் மின் னியக்குவிசை, பெருமமாக இருப்பதால், வெப்ப மின்திறன் சுழியாகும்.

$$i.e.\ \frac{dE}{dT} = 0.$$

குளிர்ச்சந்தி 0° வெப்பநிலையிலும் வெப்பச்சந்தி $T°$ வெப்ப நிலையிலும் உள்ள ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையில் வெளிப்படும் மின்னியக்கு விசை, $E = aT + bT^2$ ......(1)

a, b என்பவை பொதுவாக எடுத்துக்கொண்ட (arbitrary) மாறிலிகள். இவைகள் இரட்டைகளை ஏற்படுத்தும் உலோகங்களின் தன்மைகளைச் சார்ந்துள்ளன.

சமன்பாடு (1)ஐப் பகுக்கின்,

$$\frac{dE}{dT} = a + 2bT \quad ...... \quad (2)$$

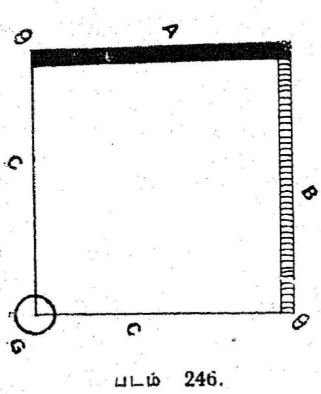
வெப்ப மின்திறன், வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்பச்சந்தி, குளிர்ச் சந்தி இவைகளின் வெப்பநிலை வித்தியாசத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் மாறுகிறது என்பதை அறிகிறோம். வெப்ப மின்திறன், சந்திகளின் வெப்பநிலை வித்தியாசம் இவைகளைத் தொடர்புபடுத்தும் வரைபடம், ஒரு நேர்கோடாக அமையும். அந் நேர்கோட்டின் சரிவு (slope) $2b$ ஆகவும், குறுக்கு வெட்டு (intercept) a ஆகவும் உள்ளது. இரட்டையின் வெப்பச்சந்தி, திருப்பு வெப்பநிலையிலிருக்கும்பொழுது, $\frac{Ed}{dT} = 0.$

எனவே, $a + 2bTn = 0$, அல்லது

$Tn = \frac{-a}{2b}$. a,b இவைகளின் மதிப்புகளைத் தெரிந்து கொண்டு, அவ் வெப்ப மின்னிரட்டையின் திருப்பு வெப்பநிலையைக் கணக்கிடலாம்.

இடைநிலை உலோகங்களின் விதி (Law of Intermediate metals)

வெப்ப மின்சுற்றில் கூடுதலாகச் சேர்க்கப்படும் உலோகத்தின் வெப்பநிலை, அது சேர்க்கப்பட்ட இடத்தின் வெப்ப நிலையையே கொண்டிருக்குமானால், அம் மின் சுற்றின் மின்னியக்கு விசை, அதன் சேர்க்கையினால் மாறுபடுவதில்லை.



படம் 246.

A,B என்னும் இரு வெப்பத் தனிமங்களால் (thermo elements) செய்யப்பட்ட ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின், ஒரு சந்தியின் வெப்பநிலை θ°Cஇல் இருப்பதாகக் கொள்வோம். அச் சந்தியைத் திறந்து, மூன்றாவது உலோகத் துண்டு C-ஐ இணை. C-யின் வெப்பநிலை θ°C-யிலேயே இருக்கு

மாறுல், வெப்பச் சுற்றின் வெப்ப மின்னியக்கு விசை மாறுபடுவதில்லை. அதாவது, $A-B$ வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகளில் ஒன்றைத் திறந்து, மூன்ருவது உலோகத் துண்டு C-யை நுழைக்கும்பொழுது, திறந்த நுனிகளும் C-யும், ஒரே வெப்ப நிலையில் இருந்தால், அம் மின் சுற்றின் மின்னியக்கு விசையானது $A-C$-யின் வெப்ப மின்னியக்கு விசை, B-C-யின் வெப்ப மின்னியக்குவிசை ஆகிய இவைகளின் கூடுதலுக்குச் சமம்.

அதாவது, $E_{AB} = E_{AC} + E_{CB}$ ...... (1)

$$E_{AB} = E_{AC} - E_{BC} \qquad \text{...... (2)}$$

சமன்பாடு (1)-லிருந்து,

$$E_{AC} = E_{AB} - E_{CB} \qquad \text{...... (3)}$$

சமன்பாடு (2)-லிருந்து, E_{AC}, E_{BC} இவைகளின் மதிப்புகள் தெரியு மாறுல், E_{AB}-ஐக் கணக்கிடலாம்.

மேற் கூறப்பட்ட, இடைநிலை உலோக விதியானது, எத்தனை இடைநிலை உலோகங்களை எடுத்துக் கொண்டாலும் பொருந்தும். முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டியது, சேர்க்கப்படும் உலோகங்கள், சேரும் நுனிகளின் வெப்ப நிலையிலேயே இருக்க வேண்டும்.

A-B, வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகளில் ஒன்றைத் திறந்து, C, D, E ...M, உலோகங்களைச் சேர்க்கும பொழுது, சேர்க்கப்படும் உலோகங்கள், சேரும் நுனிகளின் வெப்ப நிலையிலேயே இருக்கு மாறுல், பிறகு,

$$E_{AB} = E_{AC} + E_{CD} + \text{......} + E_{MB}.$$

இடைநிலை வெப்ப நிலைகள் விதி (Law of Intermediate Temperatures)

ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகள், இருவேறு வெப்ப நிலைகளிலிருக்கும்பொழுது, அவ்விரு வெப்ப நிலைகளுக்கிடையே, பலதரப்பட்ட வெப்ப நிலைகளை உண்டாக்கிறுல், அவ் விரட்டையின் மொத்த மின்னியக்குவிசை, அடுத்தடுத்த வெப்ப நிலைகளின் மின்னியக்கு விசையின் கூடுதலுக்குச் சமம்.

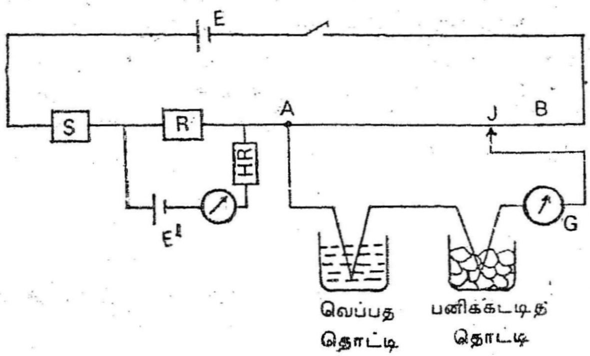
ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகளின் வெப்பநிலை θ°C-யிலும் θ_n-லும் இருக்கும் பொழுது, அவ்விரு வெப்ப நிலைகளுக்கிடையே, θ_1, θ_2, θ_3 ...... θ_{n-1} என்ற வெப்பச் சந்திகளை ஏற்படுத்திறுல், பிறகு

$$E_0\theta^n = E_0\theta^1 + E\theta_1\theta^2 + E\theta_2\theta^3 \text{ ...... } + E\theta^n\theta_{n-1}$$

வெப்ப மின்னியக்கு விசையைச் சோதனை முறையில் காணல் (Experimental determination of Thermo e.m.f.)

ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையில், அதன் ஏதாவதிரு, சந்தி வெப்ப மின்னியக்கு விசை, மின்னழுத்தமானியைக் (potentiometer),

கொண்டு துல்லியமாக அளக்கலாம். மின்னிணைப்புகளைப் படத்தில் காட்டியபடி செய்ய வேண்டும். AB என்பது மின்னழுத்தமானிக் கம்பி



படம் 247

யின் இரு முனைகள் மின் சேமக் கலம் E-யின் நேர்முனையோடு, A முனையை S, R என்ற இரு மின் தடைப் பெட்டிகளின் வழியாக இணைக்கவும். மின் சேமக்கலம் E-யின் எதிர்முனையோடு B முனையை ஒரு முளைச்சாவி (plug key) K வழியாக இணைக்கவும். மின்னழுத்தமானி AB-க்கு இடையில் மின்னழுத்த வேறுபாடு 10 மில்லி வோல்ட்டுகள் (10 milli volts) இருக்குமாறு, மின்னழுத்தமானியின் மின் சுற்றை அமைத்து அதைப் படித்தரமாக்க வேண்டும். அதற்கு, ஒரு டேனியல் மின் கலத்தின் நேர்முனையை மின்தடைப் பெட்டி, R-ன் நேர்முனையோடு இணைக்கவும். மின்கலத்தின் எதிர் முனையை மின்தடைப் பெட்டியின் எதிர் முனையோடு, ஒரு கால்வனுமீட்டர், ஓர் உயர்தடை (High resistance) வழியாக இணைக்கவும். மின்னழுத்தமானியின் மொத்த மின்தடை r ஓம்களாக இருக்கட்டும்.

மின்னழுத்தமானியின் முழு நீளத்திற்கும் குறுக்கே ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்குமாறு, மின்னழுத்தமானியைப் படித்தரமாக்கக் கீழ்க்கண்ட முறையைப் பின்பற்றுவோம். மின்னழுத்தமானியின் குறுக்கே காட்டாக 10 மில்லி வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்க வேண்டியதாகக் கொள்வோம்.

டேனியல் கலத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாடான 1·08 வோல்ட்டுகளை R என்ற தடைக்குக் குறுக்கே இருக்கச் செய்ய வேண்டும். அதாவது R-ல் குறிப்பிட்ட தடை இருக்கும்போது கால்வனுமீட்டரில் விலகல் இருக்கலாகாது. இந்தச் சமயத்தில் இச் சுற்றில் செல்லும் மின்சாரமானது $= \dfrac{1{\cdot}08}{R}$ ஆம்பியர் ஆகும்.

மின்னழுத்தமானியின் கம்பிகள் இந்த R என்ற தடையுடன் தொடர்

இணைப்பில் இருப்பதால், கம்பிகள் மூலம் பாயும் மின்சாரத்தின் அளவும் மேற் கூறியதாகவே அமைகிறது. எனவே, மின்னழுத்த மானியில் செல்லும் மின்சாரம் $= \frac{1 \cdot 08}{R}$ ஆம்பியர்.

∴ மின்னழுத்தமானி முழுவதன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு } = மின்சாரம் × மின்தடை

$$= \frac{1 \cdot 08}{R} \times r \text{ வோல்ட்டுகள்}$$

ஆனால், நாம் இவ்வாறு மின்னழுத்தமானியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பு, அதாவது 10 மில்லி வோல்ட்டுகளாக இருக்க வேண்டும் எனக் கொண்டுள்ளோம்.

$$\therefore \frac{1 \cdot 08}{R} \times r = 10 \text{ மில்லி வோல்ட்டுகள்}$$

$$\frac{1 \cdot 08}{R} = \frac{10}{1000} \text{ வோல்ட்டுகள்}$$

$$\therefore \frac{1 \cdot 08 \times r}{R} = \frac{1}{100}$$

அதாவது $R = 100 \times 1 \cdot 08 \times r = 108 + r$ என ஆகிறது. எனவே, மின்னழுத்தமானியின் குறுக்கே 10 மில்லி வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்க, R என்ற மின் தடைப் பெட்டியில் $108r$ என்ற அளவு மின் தடையை இட வேண்டும். பின்பு S என்ற மின் தடைப் பெட்டியிலுள்ள தடையை ஏற்றவாறு மாற்றி, முதலில் உயர் தடையை கால்வனுமீட்டருடன் பயன்படுத்தியும், பின்பு அதை விலக்கியும் கால்வனுமீட்டரில் விலக்கம் இல்லாது செய்ய வேண்டும்.

இவ்வாறே மின்னழுத்த மானியின் குறுக்கே 10 மில்லி வோல்ட்டுகள் அன்றி வேறு எந்தக் குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு இருக்க வேண்டுமோ அதற்கேற்ப R-ன் மதிப்பை மேற்கூறியவாறு கணக்கிட்டுப் பின்பு S-ன் மதிப்பையும் ஏற்றவாறு மாற்றி, கால்வனு மீட்டரில் விலகல் இல்லாமல் செய்து கொள்ள வேண்டும்.

மின்தடை R-ன் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு } = 1·08 வோல்ட்டுகள்,

ஆனால் $R = 108 \times r$ ஓம்கள்

$$\text{சுற்றின் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டம்} = \frac{1 \cdot 08}{108r} \text{ ஆம்பியர்}$$

$$= \frac{1}{100r} \text{ ஆம்பியர்}$$

∴ மின்னழுத்தமானிக் கம்பி முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்த

வேறுபாடு $= \frac{r}{100r}$ வோல்ட்டுகள்

$= \frac{1}{100}$ வோல்ட்டுகள்

$= 10$ மில்லி வோல்ட்டுகள்

பிறகு, டேனியல் மின்கலச் சுற்றை அகற்றிவிடு. மின்தடைப் பெட்டிகள் R,S இவைகளின் மின்தடைகளை மாற்றாமல், ஒரு தாமிரம் கான்ஸ்டன்டன் வெப்ப மின்னிரட்டையின் நேர்முனையை, மின்னழுத்தமானி A முனையுடனும், எதிர் முனையை கால்வனுமீட்டர், ஓர் உயர்மின்தடை வழியாகத் தொடுகோல் (jockey) J-யுடனும் இணைக்கவும். வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகளில் ஒன்றை, உருகும் பனிக்கட்டித் தொட்டியினுள்ளும், மற்றென்றைத் தண்ணீர்த் தொட்டியிலும் மூழ்க வை. (குளிர்ச் சந்தியின் வெப்பநிலை 30°C ஆம். இருக்கட்டும்.) வெப்ப மின்னிரட்டையின், வெப்ப மின்னியக்கு விசையை, மின்னழுத்தமானியின் மின்னியக்கு விசைக் கெதிராகச் சரியீடு (balanced) கட்டி, சரியீட்டுப் புள்ளியைக் (balancing point) காண்க. சரியீட்டு நீளம் (balancing length) l செ.மீ. ஆக இருந்தால் சந்திகளின், அவ் வெப்ப நிலைகளில் வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்னியக்கு விசை கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடப்படுகின்றது.

1000 செ.மீ. நீளமுள்ள மின்னழுத்தமானியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு = 10 மி.வோ.

எனவே l செ.மீ. நீளமுள்ள மின்னழுத்தமானியின் கம்பியின்

குறுக்கே உள்ள மி.அ.வே. $= \frac{10}{1000} \times l$ மி.வோ,

$= \frac{l}{100}$ மி.வோ.

ஆகவே; வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்னியக்கு விசை $= \frac{l}{100}$ மில்லி வோல்ட்டுகளாகும்.

குளிர்ச் சந்தியை 0°C வெப்ப நிலையில் நிலையாக வைத்துக் கொண்டு, வெப்பச் சந்தியின் வெப்ப நிலையை 40°C, 50°C, 60°C, 70°C 80°C, 90°C, 100°C களுக்கு உயர்த்தி, ஒவ்வொரு வெப்ப நிலையிலும் சரியீட்டு நீளத்தைக் காண்க. வெப்பச் சந்தியின் வெவ்வேறு வெப்ப நிலைகளில், வெப்ப மின்னிரட்டையின் மின்னியக்கு விசையைக் காணலாம்.

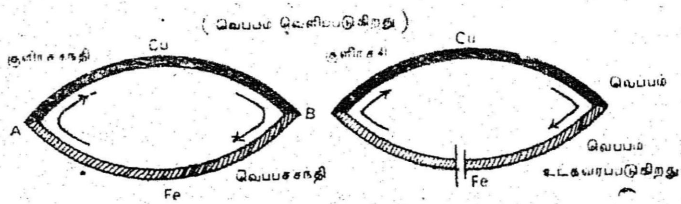
வரைபடம்: வெப்பச் சந்தியின் வெப்ப நிலையை X அச்சிலும், வெப்ப மின்னியக்குவிசையை Y அச்சிலும் எடுத்துக்கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைந்தால், அவ் வரைபடம் ஒரு நேர் கோடாக அமையும்.

குறிப்பு: வெப்ப மின்னியக்கு விசை 100°C வெப்ப நிலைக்கு மேலே காண, வெப்பச் சந்தியில் கொதிநிலை 100°C வெப்ப நிலைக்கு மேலே கொண்ட திரவத்தை உபயோகிக்க வேண்டும்.

பெல்ட்டியர் விளைவு (Peltier effect)

'இருவேறு உலோகங்களைச் சேர்ந்த சந்தியின் வழியாக மின்சாரம் பாயும்பொழுது, மின்னோட்டத்தின் திசையைப் பொறுத்து அச் சந்தியில் ஆற்றல் வெப்பமாக வெளிப்படுகிறது அல்லது உட்கவரப் படுகிறது.' இவ் விளைவை 1834 ஆம் ஆண்டு பெல்ட்டியர் என்பவர் கண்டறிந்தார். எனவே, அவரின் நினைவாக இவ் விளைவு பெல்ட்டியர் விளைவு என அழைக்கப்படுகிறது.

Fe – Cu சந்தியை வெப்பப்படுத்தும் பொழுது, மின்சாரம் தாமிரத்திலிருந்து இரும்பை நோக்கி வெப்பச் சந்தியின் குறுக்கே பாய்கிறது (சீபெக் விளைவு) என்பதைக் கண்டோம். ஆனால், முதலில் *Fe – Cu* வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகளை ஒரே வெப்ப நிலைகளில் வைத்துக் கொண்டு, படத்தில் காட்டிய திசையில் மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சினால், எந்தச் சந்தியை வெப்பப்படுத்தினால், மின்னோட்டம் அதே திசையில் பாயுமோ, அச் சந்தியில் வெப்பம் உட்கவரப்படுகிறது (absorbes). எந்தச் சந்தியைக் குளிரச் செய்தால்,



படம் 248. படம் 249.

அச் சந்தியில் மின்னோட்டம் அதே திசையில் பாயுமோ, அச் சந்தியில் வெப்பம் வெளிப்படுகிறது (liberated). தாமிரத்திலிருந்து, இரும்புக்கு மின்னோட்டம் பாயும் சந்தியில் வெப்பம் உட்கவரப்படுகிறது. எனவே, அச் சந்தி வெப்பப்படுத்தப்படுகிறது. இரும்பிலிருந்து தாமிரத்தை நோக்கி மின்னோட்டம் பாயும் சந்தியில், வெப்பம் வெளிப்படுகிறது. எனவே, அச் சந்தி குளிர்ச்சியடைகிறது. மேற்கூறப்பட்ட சுற்றில் மின்னோட்டத்தின் திசையைத் திருப்பினால், சந்திகளில் ஏற்படும் விளைவுகள் நேர் எதிராகின்றன.

பெல்ட்டியர் விளைவு, ஜூல் வெப்ப விளைவு வேறுபாடுகள்

ஒரு சந்தியில், பெல்ட்டியர் விளைவை, அச் சந்தியில் ஜூல் வெப்ப விளையோடு (Joule heating effect) ஒப்பிடும்பொழுது பெல்ட்டியர் விளைவு மிகக் குறைவாக ஏற்படுவதால், அது ஜூல் வெப்ப விளைவினால் மறைக்கப்படுகிறது. கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள முடிவுகளிலிருந்து பெல்ட்டியர் விளைவை, ஜூல் வெப்ப விளைவிலிருந்து வேறுபடுத்திக் காட்டலாம்.

(1) பெல்ட்டியர் விளைவை நேர் எதிராக்கலாம். ஆனால், ஜூல் வெப்ப விளைவை நேர் எதிராக்க முடியாது (irreversible).

(2) பெல்ட்டியர் விளைவைச் சந்திகளில்தான் காண முடியும். ஆனால், ஜூல் வெப்ப விளைவை மின்சுற்று முழுவதிலும் காண முடியும்.

(3) பெல்ட்டியர் விளைவு, மின்னோட்ட வலிமைக்குத் தக்கவாறு மாறுபடுகிறது. ஆனால், ஜூல் வெப்ப விளைவு மின்னோட்ட வர்க்கத்தில் மாறுபடுகிறது.

பெல்ட்டியர் எண் (Peltier Coefficient)

இரு வேறு உலோகங்களைச் சேர்த்த சந்தியின் வழியாக ஒரு கூலம் (Coulomb) மின்சாரம் பாயும்பொழுது, சந்தியில் உட்கவரப் படும் அல்லது வெளிப்படும் வெப்பத்தின் அளவே (ஜூல்களில்) பெல்ட்டியர் எண் என அழைக்கப்படுகிறது.

பெல்ட்டியர் எண் π என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. $-\pi$ எனக் குறிக்கும் பொழுது, எதிர்க்குறி அடையாளம், சந்தியில் வெப்பம் வெளிப்படுவதைக் காட்டுகிறது. பெல்ட்டியர் எண்ணின் அளவெண் (magnitude) சந்திகளை உண்டாக்கும் உலோகங்களின் தன்மையைச் சார்ந்து மாறுகிறது. மேலும் அது குறிப்பிட்ட, இரு உலோகங்களுக்குச் சந்தியின் தனி வெப்ப நிலையைப் (absolute temperature) பொறுத்து மாறுபடுகிறது.

பெல்ட்டியர் எண் π யைக் கொண்ட, ஒரு சந்தியின் வழியாக q கூலம்கள், மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது, சந்தியில் உட்கவரப்படும் அல்லது வெளிப்படும் மின் ஆற்றல் πq ஜூல்களாகும்.

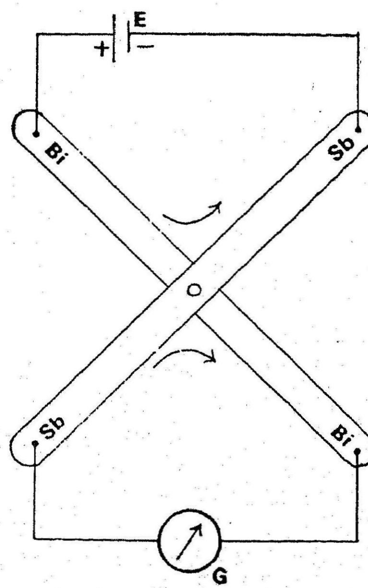
மின் ஆற்றல் ஜூல்களிலும், மின்னோட்டம் ஆம்பியர்களிலும், காலம் நொடிகளிலும் அளக்கப்படும் பொழுது, பெல்ட்டியர் எண் ஜூல்கள்/கூலம், அல்லது ஜூல்கள்/வோல்ட்டுகள் என அளக்கப் படுகிறது.

இரு சந்திகளின் வெப்பநிலைகள் ஒன்றாக இருக்குமானால், சந்திகள் ஒவ்வொன்றின் பெல்ட்டியர் எண் ஒன்றேயாகும். படத்தில் A, B சந்திகள் ஒரே வெப்பநிலை T_1யைக் கொண்டிருக்கும்பொழுது, அதன் பெல்ட்டியர் எண் π_1 ஆக இருக்கட்டும். இரு பெல்ட்டியர் எண்களும் Aயிலிருந்து Bயை நோக்கி நெறிப்படுத்தப்படுவதாக வைத்துக்

கொள்வோம். எனவே, மொத்த மின்னியக்கு விசை சுழியாகும். Bயின் வெப்பநிலை T_2-க்கு உயர்த்தப்படும்பொழுது, அதன் பெல்ட்டியர் எண் Π_2 வாக மாறுகிறது. இது பயன்படுத்தப்படும் உலோகங்களைப் பொறுத்து அதிகமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ காணப்படுகிறது. சந்தியின் குறுக்கே இது விளைவிக்கும் மொத்த மின்னியக்கு விசை $= \Pi_2 - \Pi_1$.

பெல்ட்டியர் விளைவை மெய்ப்பிக்கும் சோதனைகள் (Demonstration of Peltier effect)

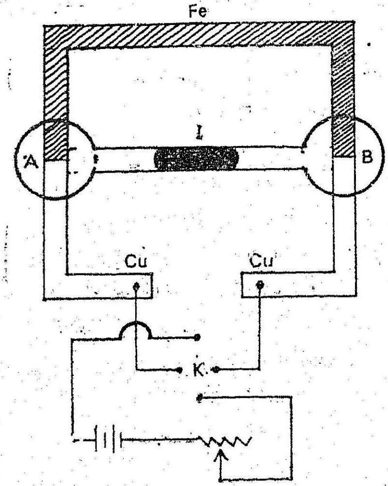
சோதனை 1 : ஆண்டிமனி (antimony), பிஸ்மத் கோல்களை (rods) உபயோகப்படுத்தி, பெல்ட்டியர் தனது விளைவை நிரூபித்தார். படத்தில் அவரது சோதனை முறை காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆண்டிமனி, பிஸ்மத் கோல்களின் நடுப் பகுதியைப் பற்றவைத்து, ஒரு சந்தியைக் கொண்ட ஒரு சிலுவையை உண்டாக்கு. ஒரு மின்கல அடுக்கையும் ஒரு கால்வனு மீட்டரையும் படத்தில் காட்டியபடி இணை. பிஸ்மத்தி லிருந்து, ஆண்டிமனியை நோக்கிச் சிறிது நேரம் மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சு. பிறகு மின்கல அடுக்கு மின் சுற்றைத் திறந்து, கால்வனுமீட்டர் மின் சுற்றை மூடு. கால்வனுமீட்டரில் விலகல் ஏற்படுகிறது. இது கால்வனு மீட்டர் சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழுவதைக் காட்டுகிறது. பின்னச் சந்தியைக் குளிரச் செய்து, கால்வனு மீட்டர் மின் சுற்றை மூடினால், கால்வனு மீட்டரில் விலகல் அதே திசையில் உண்டாகிறது. பிஸ்மத்திலிருந்து ஆண்டிமனிக்கு, மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, சந்தியில் வெப்பம் வெளிப்பட்டு, சந்தி குளிர்ச்சியடைவதைச் சோதனை காட்டுகிறது.



படம் 250.

சோதனை 2 : தடித்த கோல்களாலாகிய *Fe-Cu* வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகள் A, B கண்ணாடி பல்புகளில், படத்தில் காட்டியபடி முத்திரையிடப்பட்டு மூடப்பட்டுள்ளது. பல்புகள் இரண்டும் ஒரு கிடைமட்டக் குழாயால் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. அக் குழாயில் நிறங்கொண்ட, இழைபோன்ற சிறிதளவு திரவம் வைக்கப்

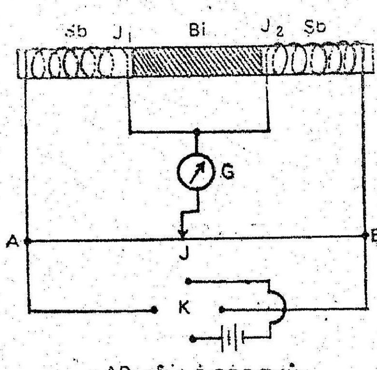
பட்டுள்ளது. படத்தில் காட்டியபடி ஒரு மின்கல அடுக்கு, ஒரு தடை மாற்றி, ஒரு திசைமாற்றி இவைகளைக் கொண்ட மின்சுற்றை மின்னிரட்டையுடன் இணைக்கவும். சந்தி A-யின் வழியாக தாமிரத்திலிருந்து இரும்புக்கும், சந்தி B-யின் வழியாக இரும்பிலிருந்து தாமிரத்திற்கும் தகுந்த மின்னோட்டத்தை வெப்ப மின்னிரட்டையில் பாய்ச்சினால், காட்டி I ஆனது (index), A-யை நோக்கி நகருகிறது. இது A-யில் குளிர்விளைவும், B-யில் வெப்ப விளைவும் ஏற்படுவதைக் காட்டுகிறது. வெப்ப மின்னிரட்டையில் மின்னோட்டத்தின் திசையைத் திருப்பினால், காட்டி B-யை நோக்கி நகர்ந்து, A-யில் வெப்ப விளைவும், B-யில் குளிர் விளைவும் நிகழுவதைக்காட்டுகிறது ஜூல் வெப்ப விளைவு சந்திகள் இரண்டிலும் ஒன்றேதான். மேலும் அவ் விளைவு மின்னோட்டத்தின் திசையைச் சார்ந்ததன்று.



படம் 251

எனவே, மேலே காட்டப்பட்ட சோதனை, ஒரு சந்தியில் பெல்ட்டியர் விளைவு ஏற்படுவதையும், அவ் விளைவு நேர் எதிராகக்கூடியது என்பதையும் மெய்ப்பிக்கிறது.

சோதனை 3 : ஸ்டார்லிங் (Starling) என்பவர் மற்றொரு சோதனை மூலம் பெல்ட்டியர் விளைவை மெய்ப்பித்துக் காட்டினார். ஆன்டிமனி, பிஸ்மத் இவைகளின் தடித்த கோல்களைக் கொண்டு J_1, J_2 என்ற சந்திகளை உண்டாக்கவேண்டும். சமசுற்றுகளைக்கொண்ட காப்பிட்ட இரு தாமிரச் சுருள்களைச் சந்திகளில் சுற்றி, சுருள்களின் நுனிகளை மீட்டர் சுற்றமைப்பின் (meter bridge), இரு இடைவெளிகளில் (gaps) இணைக்கவும். ஒற்றமைப்பைச் சரியீடுகட்டிச், சரியீட்டுப் புள்ளியைக் காண்க. பிறகு ஒரு சந்தியின் வழியாக அதிக மின்



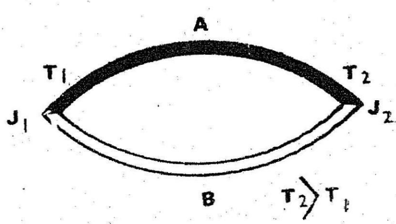
AB—மீட்டர் ஒற்றமைப்பு
J_1 J_2 இரு சந்திகள்

படம் 252

னோட்டத்தைச் செலுத்தவும். ஒரு சந்தி வெப்பமும், மற்றொரு சந்தி குளிர்ச்சியும் அடைகிறது. வெப்பமடைந்த சந்தியில் சுற்றப்பட்ட சுருளின் மின்தடை மாறுகிறது. இப்பொழுது ஒற்றமைப்பைச் சரியீடு கட்டி, சரியீட்டுப் புள்ளியைக் காண்க. சரியீட்டுப்புள்ளி ஒரு திசையில் நகருகிறது. மின்னோட்டத்தின் திசையைத் திருப்பினால், சரியீட்டுப் புள்ளி எதிர்த் திசையில் நகருகிறது. இது முதற்கண் வெப்பமடைந்த சந்தி குளிர்ச்சியடைவதையும், குளிர்ச்சியடைந்த சந்தி வெப்பமடைவதையும் காட்டுகிறது. ஒரு சந்தியில் பெல்ட்டியர் விளைவு நிகழுவதையும் அது நேர் எதிராகக்கூடிய தென்பதையும் (reversible) இச் சோதனை மெய்ப்பிக்கின்றது.

பெல்ட்டியர் விளைவின் வெப்பவியக்கவியல்
(Thermodynamics of the Peltier Effect)

ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகளில் நிகழும் பெல்ட்டியர் விளைவு நேர் எதிராகத்தக்கது. எனவே, ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையை ஒரு நேர்எதிராக்கத்தக்க வெப்ப யந்திரமாகக் (reversible heat engine) கருதலாம். அதன் வெப்ப சந்தியில் வெப்பம் உட்கவரப்பட்டும், குளிர்ச் சந்தியில் வெப்பம் வெளிப்பட்டும், அவை இரண்டுக்குமுள்ள வெப்ப வித்தியாசம் மின் ஆற்றலாக மாற்றப்பட்டும், அது ஒரு நேர் எதிராக்கத்தக்கவெப்ப யந்திரமாக வேலை செய்கிறது. எனவே, ஓர் வெப்ப மின்னிரட்டைக்கு, வெப்ப வியக்கவியலின் இரண்டாவது விதியைப் (Second Law of Thermodynamics) பயன்படுத்தி வெப்ப மின்னியக்கு விசைக்கு ஒரு விளக்கத்தைக் காணலாம். A, B என்ற இருவேறு உலோகங்களால் செய்யப்பட்ட ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையை எடுத்துக் கொள்வோம். அதன் சந்திகள் J_1, J_2 களாக இருக்கட்டும். அச்சந்திகளின் வெப்ப நிலைகள் முறையே, $T_1{}^0$A, $T_2{}^0$A களாகவும் ($T_2 > T_1$), அந்த வெப்ப நிலைகளில் சந்திகளின் பெல்ட்டியர் எண்கள் π_1, π_2 களாகவும் இருக்கட்டும். மின்சுற்றைச் சுற்றிலும் q மின்னளவை (quantity of electricity) ஒரு தடவை எடுத்துச் செல்வதாகக் கொள்வோம்.



படம் 253

குளிர்சந்தி J_1-ல் வெளிப்படும் ஆற்றல் $= \pi_1 q$

வெப்பச் சந்தி J_2-ல் உட்கவரப்படும் ஆற்றல் $= \pi_2 q$

வெப்பமின்னிரட்டையின் இரு உலோகங்கள் ஒதுக்கிவிடத் தக்க மின்தடையைக் கொண்ட, தடித்த கோல்களால் செய்யப்பட்டிருந்

தால், ஜூல் வெப்பவிளைவு, வெப்ப மின்னிரட்டையில் நிகழுவதில்லை. எனவே, q மின்னளவு, ஒரு தடவை மின்சுற்றில் எடுத்துச் செல்லப்படும்பொழுது, உட்கவரப்படும் மொத்த ஆற்றல் $= (\Pi_2 - \Pi_1)q$. மின்சுற்றில் வெப்பமின்னியக்கு விசை E, ஆனால், பிறகு

$$Eq = (\Pi_2 - \Pi_1)\, q$$

$$\therefore \quad E = \Pi_2 - \Pi_1$$

வெப்பவியக்கவியலின் இரண்டாவது விதிப்படி,

$$\frac{H_1}{T_1} = \frac{H_2}{T_2}$$

$$\frac{\Pi_1 q}{T_1} = \frac{\Pi_2 q}{T_2}$$

அல்லது

$$\frac{\Pi_2}{\Pi_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{\Pi_2 - \Pi_1}{\Pi_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

$$\therefore \quad \Pi_2 - \Pi_1 = \frac{\Pi_1}{T_1}(T_2 - T_1)$$

குளிர்ச் சந்தியின் வெப்பநிலை $T_1{}^\circ$A-ஐ மாறிலியாக வைத்திருந்தால், Π_1-ம் மாறிலியாகும்.

எனவே, $\Pi_2 - \Pi_1 \propto T_2 - T_1$

i.e. $E \propto T_2 - T_1$

i.e. வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்னியக்கு விசை, சந்திகளின் வெப்பநிலை வித்தியாசத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் மாறுகிறது. எனவே, வெப்ப மின்னியக்கு விசையையும், சந்திகளின் வெப்பநிலை வித்தியாசத்தையும் தொடர்புபடுத்தும் வரைபடம் ஒரு நேர்கோடாக அமைய வேண்டும். ஆனால் சோதனை மூலம், வரையப்படும் வரைபடம் நேர்கோடாக அமையாமல் பரவளையமாக (parabola) அமைகிறது. முதற்கண், வெப்பச் சந்தியின் வெப்பநிலை அதிகரிக்க அதிகரிக்க மின்னியக்கு விசையும் அதிகமாகிறது. திருப்பு வெப்பநிலையில் மின்னியக்கு விசை பெரும மதிப்பை (maximum value) அடைகிறது. பின்னர் குறைந்துகொண்டே வந்து, புரட்டு வெப்பநிலையில் அதன் திசையில் திருப்பமுண்டாகிறது.

தாம்ஸன் விளைவு (Thompson effect)

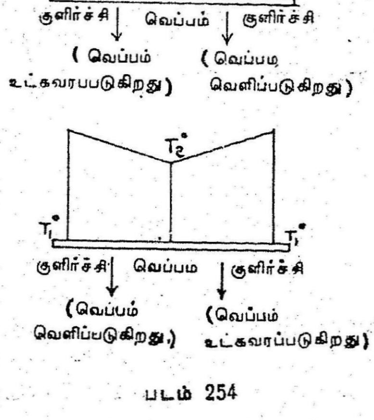
எனவே, சோதனை முறை முடிவிற்கும், வெப்பவியக்கவியலைப் பயன்படுத்திக் கிடைக்கும் கொள்கை முடிவிற்கும் முரண்பாடு இருப்பதை அறிகிறோம். இம் முரண்பாடே தாம்ஸன் விளைவிற்கு ஒரு வித்தாக அமைந்தது. ஒரு சந்தியில் பெல்ட்டியர் எண், அந்தச் சந்தியின் வெப்பநிலையில் வெப்ப மின் திறனுக்கு $\left(\frac{dE}{dT}\right)$ நேர் விகிதத்

தில் அமைந்துள்ளது என்பதைத் தாம்ஸன் காட்டினார். ஒரு சந்தியின் வெப்பநிலை, அதன் திருப்பு வெப்ப நிலையாக இருந்தால், அதன் பெல்ட்டியர் எண் சுழியாகும். அச்சந்தியே வெப்பச் சந்தியாக அமையுமானால், அதில் வெப்பம் உட்கவரப்படுவதில்லை. இருந்த போதிலும், மின் சுற்றில் மின்னியக்கு விசை இருக்கிறது. குளிர்ச் சந்தியில் வெப்பம் வெளிப்படுகிறது. எனவே, சுற்றில் மின்னியக்கு விசையை ஏற்படுத்துவதற்கும், குளிர்ச் சந்தியில் வெப்பம் வெளிப்படுவதற்கும், சந்திகளைத் தவிர, சுற்றின் மற்ற பகுதிகளில் வெப்பம் உட்கவரப்படல் வேண்டும். உலோகங்களின் நுனிகள் வெப்பநிலை வித்தியாசத்திலிருப்பதால், ஓர் உலோகத்திலோ அல்லது இரு உலோகங்களிலுமோ ஆற்றல் உட்கவரப்படல் வேண்டும் என தாம்ஸன் கூறினார். ஆற்றல் ஓர் உலோகத்திலோ அல்லது இரு உலோகங்களிலுமோ உட்கவரப்படலாம். அல்லது ஓர் உலோகத்தில் உட்கவரப்படலாம்; மற்றோர் உலோகத்தில் வெளிப்படலாம். ஆனால், சுற்றில் மொத்தம் உட்கவரப்பட்ட ஆற்றல், வெளிப்படும் ஆற்றலைவிட அதிகமாக இருக்கவேண்டும். இவ்வாற்றல் வித்தியாசமே வெப்ப மின்னோட்டத்தின் தோற்றமாக அமைகிறது.

‘சமமற்று வெப்பப்படுத்தப்பட்ட ஒரு கடத்தியின் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, அதன் திசையைச் சார்ந்து கடத்தியில் வெப்பம் உட்கவரப்படுகிறது அல்லது வெளிப்படுகிறது’.

இதுவே தாம்ஸன் விளைவு என அழைக்கப்படுகிறது. பெல்ட்டியர் விளைவைப்போல் தாம்ஸன் விளைவும் நேர் எதிராகத் தக்கது.

தாமிரம், வெள்ளி, ஆன்டிமனி போன்ற உலோகங்களில் மின்னோட்டம் குளிர்பாகத்திலிருந்து வெப்ப பாகத்தை நோக்கிப்பாயும் பொழுது, அவ்வுலோகங்களில் ஆற்றல் வெப்பமாக உட்கவரப்படுகிறது. வெப்ப பாகத்திலிருந்து குளிர் பாகத்தை நோக்கி மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, அவ்வுலோகங்களில், ஆற்றல் வெப்பமாக வெளிப்படுகிறது. இவ்வுலோகங்களில் ஏற்படும் தாம்ஸன் விளைவு நேர் தாம்ஸன் விளைவு (Positive Thampson effect) என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 254

இரும்பு, நிக்கல், பிஸ்மத் போன்ற உலோகங்களில், மின்னோட்டம் குளிர்பாகத்திலிருந்து வெப்ப பாகத்தை நோக்கிப் பாயும்பொழுது அவ்வுலோகங்களில் ஆற்றல், வெப்பமாக வெளிப்படுகிறது. எதிர்த் திசையில் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது அவ்வுலோகங்களில் ஆற்றல் வெப்பமாக உட்கவரப்படுகிறது. இவ்வுலோகங்களில் ஏற்படும் தாம்ஸன் விளைவு, எதிர் தாம்ஸன் விளைவு (Negative Thampson effect) என அழைக்கப்படுகிறது.

ஆனால், காரீய உலோகத்தின் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது, ஆற்றல் வெப்பமாக உட்கவரப்படுவதோ அல்லது வெளிப் படுவதோ இல்லை. எனவே, காரீய உலோகத்திற்குத் தாம்ஸன் விளைவு சுழியாகும். காரீயத்தின் இக் குணத்தைப் பயன்படுத்தி, அது ஒரு படித்தர (standard) உலோகமாக எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டு, மற்ற உலோகங்களோடு இணைக்கப்பட்டு அவ் வுலோகங்களின் வெப்ப மின் பண்புகளைக் காணப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

தாம்ஸன் எண் (Thompson Coefficient)

சமமற்று வெப்பப்படுத்தப்பட்ட, ஓர் உலோகத்தின், வெப்பநிலை வித்தியாசம் 1°C கொண்ட இரு புள்ளிகள் வழியாக, ஒரு கூலம் மின்சாரம் பாயும் பொழுது, வெளிப்படும் அல்லது உட்கவரப்படும் ஆற்றல் (ஜூல்களில்) அளவெண், அவ்வுலோகத்தின் தாம்ஸன் எண் என அழைக்கப்படுகிறது.

தாம்ஸன் எண்ணை 'σ' என்ற எழுத்தால் குறிப்பிடுவது வழக்கம். இது எர்க்குகள்/மி.கா.அ /டிகிரி அல்லது ஜூல்கள்/கூலம்/டிகிரி என அளக்கப்படுகிறது.

$T°$ வெப்ப நிலையிலுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து $(T+dT)$ வெப்ப நிலையிலுள்ள மற்றொரு புள்ளிக்கு, ஒரு கூலம் மின்னோட்டம் எடுத்துச் செல்லப்படும் பொழுது, அவ்வுலோகத்தில் வெளிப்படும் அல்லது உட்கவரப்படும ஆற்றல் $= \sigma dT$

$T_1°$, $T_2°$ வெப்ப நிலைகளிலுள்ள இரு புள்ளிகளின் வழியாக ஒரு கூலம் மின்சாரம் எடுத்துச் செல்லப்படும்பொழுது, அவ்வுலோகத்தில் வெளிப்படும் அல்லது உட்கவரப்படும் மொத்த ஆற்றல்

$$= \int_{T_2}^{T_1} \sigma dT; \; (T_1 > T_2)$$

மின் வெப்ப எண் (Specific heat of electricity)

தாமிரம் போன்ற உலோகங்களில், மின்னோட்டம் குறைந்த வெப்ப நிலையிலிருந்து அதிக வெப்ப நிலைக்குப் பாயும் பொழுது ஆற்றல் உட்கவரப்படுகிறது. அதிக வெப்ப நிலை பாகத்திலிருந்து, குறைந்த வெப்ப நிலை பாகத்திற்கு மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது, ஆற்றல்

வெளிப்படுகிறது. இது போன்ற உலோகங்களில், வெப்ப நிலை அதிகரிக்கும் பொழுது, மின்னழுத்தம் அதிகரிப்பதாக எடுத்துக் கொண்டு, மேலே கூறப்பட்ட விளைவை விளக்க முடியும். பின்வரும் ஒப்புமையைச் சிறிது நோக்குவோம். ஒரு குழாயின் இரு நுனிகளான A, B ஆனவை இரு வேறு வெப்ப நிலைகள் $T_1°, T_2°$ $(T_1 < T_2)$ களில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். குழாயில் திரவம் A நுனியிலிருந்து, B நுனிக்குப் பாயும் பொழுது, திரவம் குழாயிலிருந்து ஆற்றலை உட்கவர்ந்து கொள்கிறது. அதே திரவம் Bயிலிருந்து, A-க்குச் செல்லும் பொழுது ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகிறது.

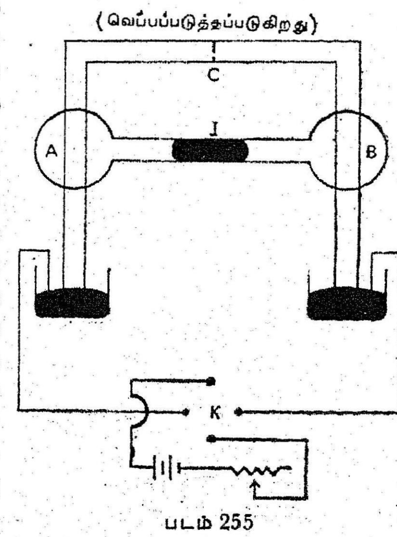
உட்கவரப்படும் அல்லது வெளிப்படும் ஆற்றல் ஒரு நொடிக்கு,

$$= mS\,(T_2 - T_1)$$

m என்பது, ஒரு நொடியில் பாயும் திரவத்தின் நிறையாகும். S என்பது திரவத்தின் வெப்ப எண். திரவம் நேர் வெப்ப எண் உடையதாக இருப்பதால், திரவம் Aயிலிருந்து Bக்குப் பாயும் பொழுது, ஆற்றல் உட்கவரப்படுகிறது. இதே போன்று, தாமிரத்தின் குளிர் நுனியிலிருந்து வெப்ப நுனிக்கு மின்சாரம் பாயும் பொழுது, ஆற்றல் உட்கவரப் படுகிறது. எனவே, தாமிரத்தில் மின்சாரம் நேர் வெப்ப எண் (positive specific heat of electricity) கொண்டுள்ளதாகக் கொள்ள லாம். தாம்ஸன் எண் என்பது மின் வெப்ப எண்ணேயாகும். இரும்பு போன்ற உலோகத்தில், மின்சாரம், எதிர் வெப்ப எண்ணை (negative specific heat of electricity) கொண்டுள்ளதாகக் கொள்ளலாம்.

"ஒரு கூலம் மின்சாரத்தின் வெப்ப நிலையை 1°C மாற்றத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவெண்ணே அவ்வுலோகத்தின் மின் வெப்ப எண் (specific heat of electricity) என அழைக்கப்படுகிறது.

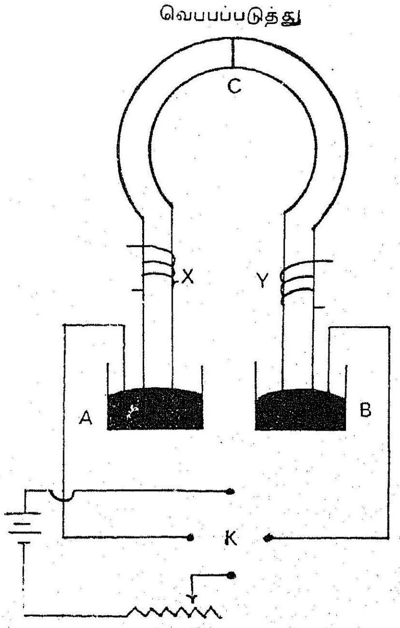
மேலே கூறப்பட்ட ஒப்புமை முற்றிலும்பொருந்துவதில்லை. காரணம் தாம்ஸன் σ எண், நேராகவும் (positive) எதிராகவும் (negative) இருக்கலாம். ஆனால், ஒரு பொருளின் வெப்ப எண், எப்பொழுதும் நேராகவே இருக்கும். மின்னோட்டம் வெப்ப பாகத்திலிருந்து, குளிர்பாகத்திற்குப் பாயும்பொழுது, வெப்பம் வெளிப்பட்டால், அவ்வுலோகத்திற்கு σ நேராகும். வெப்பம் உட்கவரப்பட்டால், அவ்வுலோகத்திற்கு σ எதிராகும். காரியத்திற்கு, மின் வெப்ப எண் அல்லது தாம்ஸன் எண் சுழியாகும்.



படம் 255

தாம்ஸன் விளைவை மெய்ப்பிக்கும் சோதனைகள் (Demonstration of Thomson effect)

சோதனை 1 : ஒரு தடித்த இரும்புக்கோல் ACBயை, படத்தில் காட்டியபடி வளைக்கவும். வளைத்த நுனிகளை தனித்தனி தட்டுகளிலுள்ள பாதரசத்தினுள் நுழைக்கவும். வளைத்த கோலின் புள்ளிகள், A, B களை இரு கண்ணாடி பல்புகளால் மூடி, அந்த பல்புகளை ஒரு கிடைமட்டக் குழாயால் இணைக்கவும். அந்தக் குழாயில், நிறமற்ற, இழைபோன்ற திரவம் Iயை வைக்கவும். இரும்புக்கோலை தொடர் இணை முறையில், ஒரு மின்கல அடுக்கு, ஒரு திசை மாற்றியுடன் இணைக்கவும். பிறகு கோலின் வழியாக ACB திசையில், மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சவேண்டும். கோலின் மையப்புள்ளி C ஆனது மிக உயர்ந்த வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கப்படுகின்றது. காட்டி I யானது Bயை நோக்கி நகருகிறது. இது Aயில் வெப்பம் வெளிப்படுவதையும், B யில் வெப்பம் உட்கவரப்படுவதையும் காட்டுகிறது. மின்னோட்டத்தின் திசையைத் திருப்பினால் காட்டி I, Aயை நோக்கி நகருகிறது. இது Bயில் வெப்பம் வெளிப்படுவதையும், Aயில் வெப்பம் உட்கவரப்படுவதையும் காட்டுகிறது. இச்சோதனை, சமமற்று வெப்பப்படுத்தப்பட்ட; ஓர் உலோகத்தில் தாம்ஸன் விளைவு நிகழுவதையும் அது நேர் எதிராகத்தக்கது என்பதையும் காட்டுகிறது.



படம் 256.

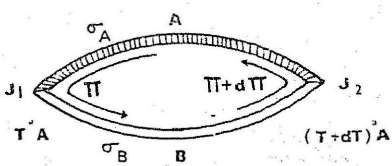
சோதனை 2 : ஸ்டார்லிங் (Starling), தாம்ஸன் விளைவை மெய்ப்பிக்கும் மற்றொரு சோதனையைக் கண்டறிந்தார். ஒரு தடித்த இரும்புக் கோலைப் படத்தில் காட்டியபடி ACB அமைப்பில் வளைக்கவேண்டும். வளைத்த நுனிகளைத் தனித்தனி தட்டுகளிலுள்ள பாதரசத்தினுள் நுழைக்கவும். வளைத்த செங்குத்துத் தண்டுகளின் மத்திய பாகங்களில், சம மின்தடைகளைக்கொண்ட X, Y என்ற இரு சுருள்களைச் சுற்றவும். இரு சுருள்களின் நுனிகளையும் ஒரு மீட்டர் சுற்றமைப்பின் (Meter

Bridge) இரு இடைவெளிகளிலும் இணைக்கவும். கோலின் வழியாக மின்னோட்டம் பாயாதபொழுது, சுற்றமைப்புக் கம்பியின் சரியீட்டுப் புள்ளியைக் காண்க. பிறகு வளைத்த கோல்வழியாக ACB திசையில் மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சவேண்டும். அதே சமயத்தில் புள்ளி C-ஐ அதிகமாக வெப்பப்படுத்தவேண்டும். சுருள் X-ன் மின்தடை Y-ன் மின்தடையைக் காட்டிலும், அதிகமாவதைக் காட்டும் முறையில் சரியீட்டுப் புள்ளி நகர்கிறது. கோலின் மின்தடை, ஒதுக்கும் அளவு மிகச்சிறியதாக இருப்பதால், வெளிப்படும் ஜூல் வெப்ப விளைவை விட்டுவிடலாம்.

ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் மொத்த மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடல்

(Total e.m.f. in a Thermo couple)

A, B என்ற இரு வேறு உலோகங்களால் செய்யப்பட்ட ஒரு வெப்பமின்னிரட்டையை எடுத்துக்கொள்வோம். சந்தி J_1-ன் வெப்பநிலை $T°A$ ஆகவும், சந்தி J_2 வின் வெப்பநிலை $(T + dT)°A$ ஆகவும் இருக்கட்டும். சந்திகள் J_1, J_2 களின் பெல்ட்டியர் எண், அவ் வெப்பநிலைகளில் முறையே π, $(\pi + d\pi)$ களாக இருக்கட்டும். உலோகங்கள், A, B களின் தாம்ஸன் எண்கள் முறையே σA, σB களாக இருக்கட்டும். எளிமைக்காக, σA, σB இவ்விரண்டையும் நேரானவைகளாக (positive) எடுத்துக் கொள்வோம். குறியிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ள திசையில் q கூலம்கள் மின்சாரத்தை, மின் சுற்றைச் சுற்றிலும் ஒரு தடவை எடுத்துச் செல்வதாகக் கொள்வோம்.



படம் 257.

பெல்ட்டியர் விளைவால், சந்தி J_1-ல் வெளிப்படும் ஆற்றல் $= \pi_1 q$ ஜூல்கள் பெல்ட்டியர் விளைவால், சந்தி J_2வில் உட்கவரப்படும் ஆற்றல் $=(\pi + d\pi)\, q$ ஜூல்கள் தாம்ஸன் விளைவால், உலோகம் Aயில் வெளிப்படும் ஆற்றல் $= q\, \sigma A\, dT$ ஜூல்கள்.

தாம்ஸன் விளைவால் உலோகம் Bயில் உட்கவரப்படும் ஆற்றல் $= q\sigma B\, dT$ ஜூல்கள். ∴ உட்கவரப்படும் மொத்த ஆற்றல்,

$$= (\pi + d\pi)\, q + q\, \sigma B\, dT - \pi q - q\, \sigma A\, dT$$

$$= q\, [\, d\pi + (\sigma A - \sigma B)\, dT\,]$$

வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்னியக்கு விசை dE, ஆனால் $dE \cdot q = q\, [\, d\pi + (\sigma A - \sigma B)\, dT\,]$

$$\therefore dE = d\pi + (\sigma B - \sigma A)\, dT.$$

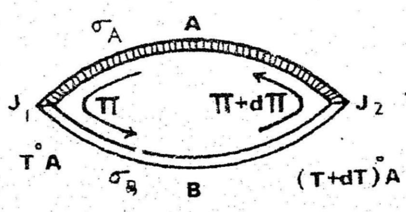
சந்திகள் T_1, T_2 வெப்பநிலைகளில் $(T_2 > T_1)$ இருந்தால், விளைவு வெப்ப மின்னியக்கு விசை,

$$E = \Pi_2 - \Pi_1 + \int_{T_1}^{T_2} (\sigma B - \sigma A)\, dT.$$

Π_1, Π_2 என்பவை, சந்திகளின் வெப்ப நிலைகள் $T_1°$, $T_2°$ களில் வெப்ப மின்னிரட்டையின் இரு வேறு உலோகங்களுக்கிடையேயுள்ள பெல்ட்டியர் எண்களாகும்.

ஒரு வெப்பமின்னிரட்டைக்கு வெப்பவியக்க இயலைப் பயன் படுத்தல்

A, B என்ற இரு வேறு உலோகங்களால் செய்யப்பட்ட ஓர் வெப்ப மின்னிரட்டையை எடுத்துக்கொள்வோம். சந்தி J_1-ன் வெப்ப நிலை $T°A$ ஆகவும், சந்தி J_2வின் வெப்பநிலை $(T + dT)°A$ ஆகவும் இருக்கட்டும் அவ் வெப்ப நிலைகளில் சந்திகளின் பெல்ட்டியர் எண்கள் முறையே Π, $(\Pi + d\Pi)$ களாக இருக்கட்டும். உலோகங்கள் A, B களின் தாம்ஸன் எண்கள் முறையே σA, σB களாக இருக்கட்டும் எளிமைக்காக σA, σB இரண்டையும் நேரானவைகளாக (positive) எடுத்துக் கொள்வோம். குறியிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ள திசையில் q கூலம்கள் மின்சாரத்தை மின் சுற்றைச்சுற்றிலும் ஒரு தடவை எடுத்துக்கொள்வதாகக் கொள் வோம்.



படம் 258.

பெல்ட்டியர் விளைவால் சந்தி J_1-ல் வெளிப்படும் ஆற்றல் $= \Pi q$ ஜூல்கள். பெல்ட்டியர் விளைவால் சந்தி J_2-வில் உட்கவரப்படும் ஆற்றல் $= (\Pi + d\Pi) q$ ஜூல்கள்.

தாம்ஸன் விளைவால் உலோகம் Aயில் வெளிப்படும் ஆற்றல் $= q\sigma A\ d\sigma$ ஜூல்கள்.

தாம்ஸன் விளைவால் உலோகம் Bயில் உட்கவரப்படும் ஆற்றல் $= q\sigma B\ d\sigma$ ஜூல்கள்.

உட்கவரப்படும் மொத்த ஆற்றல்,

$$= (\Pi + d\Pi)q + q\sigma B dT - \Pi q - q\sigma A\ dT$$
$$= q\,[d\Pi + (\sigma B - \sigma A)\, dT]$$

வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்னியக்கு விசை dE, ஆனால்

$$dE \cdot q = q\,[d\pi + (\sigma B - \sigma A)\,dT]$$

$$\therefore dE = d\pi + (\sigma B - \sigma A)\,dT$$

$$(\sigma A - \sigma B)\,dT = d\pi - dE$$

$$\sigma A - \sigma B = \frac{d\pi}{dT} = \frac{dE}{dT} \qquad \ldots\ldots (1)$$

பெல்ட்டியர், தாம்ஸன் விளைவுகள் இரண்டுமே நேர் எதிராக்கத் தக்கவை. எனவே, சுற்றில் என்ட்ரபியில் (entropy) மொத்த மாற்றம் ? ய ாகும்.

$$i.e. \quad \frac{q(\pi + d\pi)}{(T + dT)} - \frac{q\pi}{T} - \frac{q(\sigma A - \sigma B)dT}{T + \frac{dT}{2}} = 0$$

$$\frac{\pi + d\pi}{(T + dT)} - \frac{\pi}{T} = \frac{(\sigma A - \sigma B)\,dT}{T + \frac{dT}{2}}$$

$$\frac{T(\pi + d\pi) - \pi(T + dT)}{T(T + dT)} = \frac{(A\sigma - \sigma B)\,dT}{T + \frac{dT}{2}}$$

$$\frac{T\,d\pi - \pi\,dT}{T\,(T + dT)} = \frac{(\sigma A - \sigma B)dT}{T + \frac{dT}{2}}$$

சமன்பாட்டின் இருபக்கங்களையும் dT ஆல் வகுத்தால்,

$$\frac{Td\pi - \pi dT}{T\,(T + dT)\,dT} = \frac{(\sigma A - \sigma B)dT}{\left(T + \frac{dT}{2}\right)dT}$$

(dT) மிகச் சிறியது. எனவே, $(dT)^2$ மிகமிகச் சிறியது. $(dT)^2$ கொண்டவற்றை ஒதுக்கிவிடலாம்.

$$\frac{Td\pi - \pi dT}{T^2 dT} = \frac{(\sigma A - \sigma B)dT}{TdT}$$

$$\frac{Td\pi - \pi dT}{TdT} = \sigma A - \sigma B$$

$$\frac{d\pi}{dT} - \frac{\pi}{T} = \sigma A - \sigma B \qquad \ldots\ldots (2)$$

(1), (2) சமன்பாடுகளிலிருந்து,

$$\frac{d\pi}{dT} - \frac{\pi}{T} = \frac{d\pi}{dT} - \frac{dE}{dT}$$

$$\therefore \frac{\pi}{T} = \frac{dE}{dT}$$

அல்லது $\pi = \frac{TdE}{dT}$

ஏதாவதிருவேறு உலோகங்களைக் கொண்டு செய்யப்பட்ட, வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்தியில், ஏதாவதொரு வெப்ப நிலையில் பெல்ட்டியர் எண், அந்தச் சந்தியின் தனி வெப்ப நிலை, அந்த வெப்ப நிலையில் வெப்ப மின்திறன் இவைகளின் பெருக்கட் பலனுக்குச் சமம்.

$$\frac{d\pi}{dT} = \frac{Td^2E}{dT^2} + \frac{dE}{dT}$$

$$\frac{d\pi}{dT} - \frac{dE}{dT} = \frac{Td^2E}{dT^2} \qquad \text{...... (3)}$$

(1), (3) சமன்பாடுகளிலிருந்து,

$$\sigma A - \sigma B = \frac{Td^2E}{dT^2}$$

உலோகம் B காரீயமாக இருந்தால், $\sigma B = 0$

$$\therefore \sigma A = \frac{Td^2E}{dT^2} \qquad \text{...... (4)}$$

தாம்ஸன் எண் காணல்

ஓர் உலோகம் காரீயத்தாலும், மற்றொன்று வேறு உலோகத்தாலும் செய்யப்பட்ட ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் குளிர்ச்சந்தி 0° வெப்ப நிலையிலும் வெப்பச்சந்தி T° வெப்ப நிலையிலும் வைக்கப்பட்டிருந்தால், வெளிப்படும் மின்னியக்குவிசை,

$$E = aT^2 + bT \qquad \text{...... (5)}$$

வெப்பநிலை T°யின் இருவேறு மதிப்புகளில் மின்னியக்கு விசை E-யின் மதிப்புகளைக் கண்டு, மாறிலிகள் a, bகளின் மதிப்பைக் காண்க. சமன்பாடு (5)ஐப் பகுக்கின்,

$$\frac{dE}{dT} = 2aT + b \qquad \text{...... (6)}$$

$$\pi = \frac{TdE}{dT} = T\,(2aT + b)$$

$i.e.\ \pi = 2\,aT^2 + bT$

a, b, T இவைகளின் மதிப்புகளை அறிந்து, பெல்ட்டியர் எண் π யின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

சமன்பாடு (6) ஐ மீண்டும் பகுக்கின்,

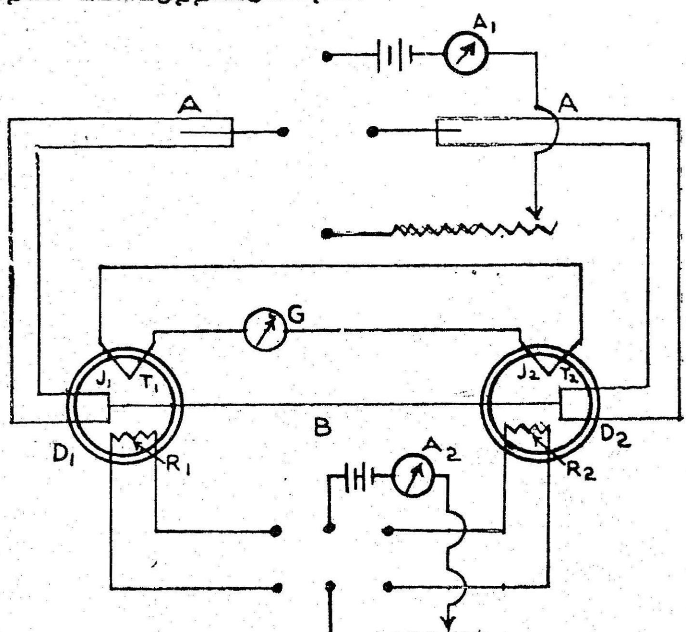
$$\frac{d^2E}{dT^2} = 2a$$

$$\sigma = \frac{T\sigma^2 E}{dT^2} = 2\,a\,T$$

a, T இவைகளின் மதிப்புகளை அறிந்துகொண்டு தாம்ஸன் எண் 'σ'-ன் மதிப்பைக் காணலாம்.

பெல்ட்டியர் எண்ணை அளக்கும் சோதனை

பெல்ட்டியர், தாம்ஸன் விளைவுகளினால் உட்கவரப்படும் அல்லது வெளிப்படும் வெப்ப அளவு மிகச் சிறியதாக இருப்பதால், சாதாரண கலோரி மீட்டர் முறைகள் அவ்வெண்களைக் காணத் தகுதியற்றவைகளாக உள்ளன. இவைகளை அளக்க, வேறு உணர்நுட்பம் மிகு முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.



படம் 259

இரு உலோகங்களுக்கிடையேயுள்ள பெல்ட்டியர் எண்ணை அளக்க காஸ்வெல் (Caswell) பயன்படுத்தியமுறை படத்தில் காட்டப்

பட்டுள்ளது. D_1, D_2 என்பவை டீவார் குடுவைகள் (Dewar flasks) வடிவம் கொண்ட இரு கலோரி மீட்டர்கள். இரு கலோரி மீட்டர் களிலும் மண்ணெண்ணெய் போன்ற மின்சுடத்தா எண்ணெய் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இரு கலோரி மீட்டர்களின் வெப்ப ஏற்புத் திறன் களும் (thermal capacities) சமமாக்கப்பட்டுள்ளன. மிகக் குறைந்த மின்தடை கொண்ட, தடித்த உலோகக் கம்பிகள் A, B களுக்கிடையே யுள்ள சந்திகள் $J_1\ J_2$ களாகும். ஒரு மின்கல அடுக்கை ஒரு தடை மாற்றி, அம்மீட்டர் A_1, ஒரு திசைமாற்றி இவைகளுடன் தொடர் இணை முறையில் சேர்த்து, உலோகக் கம்பிகள் வழியாக மின்னோட்டத் தைப் பாய்ச்ச முடியும். D_1, D_2 கலோரி மீட்டர்களினுள் தெரிந்த, குறை மின்தடைகள் R_1, R_2 வைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு மின்கல அடுக்கு, ஒரு மாற்றுச்சாவி (change over key) இவைகளைப் பயன் படுத்தி, ஏதாவதொரு மின்தடையின் வழியாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த முடியும். அம்மீட்டர் A_2வினால், அம் மின்னோட்டத்தை அளக்கலாம். ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் இரு சந்திகளாகிய T_1, T_2 இரு கலோரி மீட்டர்களினுள்ளும் வைக்கப்பட்டு, கால்வனோ மீட்டர் G கொண்ட ஒரு மின்சுற்றோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கால்வனோ மீட்டரில் சுழி விலகல் கிடைப்பது, கலோரி மீட்டர்களின் வெப்ப நிலைகள் சமமாக இருப்பதைக் காட்டுகிறது. இரு கலோரி மீட்டர்களிலும் ஒரே மாதிரியான இரு கலக்கிகள், ஒரே வேகத்தில் சுழலும்படி வைக்கப்பட்டுள்ளன. இதனால் இரு கலோரி மீட்டர் களிலும், கலக்குவதால் வெளிப்படும் வெப்பம் சமமாக்கப்படுகிறது. சந்திகள் J_1, J_2 வழியாக மின்னோட்டம் I-ஐச் செலுத்தவும். இரு கலோரி மீட்டர்களிலுமுள்ள சந்தி கம்பிகளின் (junction leads), விளைவு மின்தடைகள் (effective resistances) r_1, r_2 களாகவும், சந்தி J_1-ல் வெப்பம் வெளிப்பட்டும், சந்தி J_2-ல் வெப்பம் உட்கவரப்பட்டால் D_1, D_2களில் வெப்ப லாபவீதம் முறையே $r_1 I^2 + \pi I + a;\ r_2 I^2 - \pi I + a$ களாகும். இங்கு π என்பது பெல்ட்டியர் எண். a என்பது கலக்கி களினால் வெப்பப்படுத்தப்படும் வெப்ப வீதம். கால்வனோமீட்டரில் விலகல்இல்லாதவாறு தகுந்த மின்னோட்டம் I_2-வை R_2-வின் வழி யாகச்செலுத்தவும். இப்பொழுது $r_1 I^2 + \pi I + a = r_2 I^2 - \pi I + a + R_2 I_2^2$

$$I^2 (r_1 - r_2) + 2\pi I = R_2\, I_2^2 \qquad \ldots\ldots (1)$$

சந்திகள், J_1, J_2 வழியாகப் பாயும், மின்னோட்டம் Iயின் திசையைத் திருப்பி, கால்வனோ மீட்டரில் விலகல் இல்லாதவாறு, தகுந்த மின்னோட்டம் I_1ஐ, R_1 வழியாகச் செலுத்த வேண்டும். இப்பொழுது

$$I^2 (r_1 - r_2) - 2\pi I = -R_1\, I_1^2 \qquad \ldots\ldots (2)$$

சமன்பாடு (1)-லிருந்து சமன்பாடு (2)ஐக் கழித்தால்,

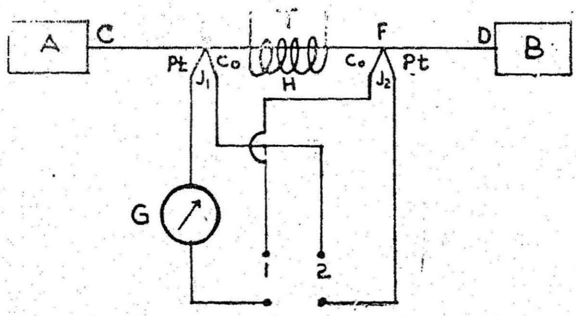
$$4\pi I = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2$$

$$\therefore \pi = \frac{R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2}{4I}$$

இம்முறை, அதிக உணர்திறனுடையது. வெப்பநிலை 18°C-ல் தாமிரம், வெள்ளி உலோகங்களுக்கிடையேயுள்ள பெல்ட்டியர் மின்னியக்கு விசை 0·00003 V என இம் முறையில் அளக்கப்பட்டது. கலோரி மீட்டர்களிலுள்ள திரவத்தை, வேண்டிய ஏதாவதொரு வெப்ப நிலையில் வைத்துக் கொண்டு, வெவ்வேறு வெப்ப நிலைகள் வித்தியாசத்தில் பெல்ட்டியர் எண்ணை அளக்கலாம்.

தாம்ஸன் எண்ணைச் சோதனை முறையில் காணல்

கீழ்க்காணும் முறையில், குறைந்த வெப்ப நிலைகளில் தாம்ஸன் எண் நேரடியாக அளக்கப்படுகிறது. A, B என்பவை இரு தடித்த ஒரே மாறு வெப்ப நிலையில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் உலோகத் துண்டுகள். எந்த உலோகத்தின் தாம்ஸன் எண்ணைக் காண வேண்டுமோ, அவ் வுலோகத்தின் கம்பி CD ஆகும். அது A, Bகளுக்



படம் 260

கிடையே விறைப்பாக இழுத்துக் கட்டப்பட்டுள்ளது. CD-யின் வழியாக மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும் பொழுது, ஜூல் வெப்ப விளைவால் வெப்பம் வெளிப்படுகிறது. அவ் வெப்பம், A அல்லது B-க்குக் கம்பியால் கடத்தப்படுகிறது. இதைத் தொடர்ந்து கம்பியின் மையப்புள்ளி H-ல் வெப்பநிலை அதிகமாகவும், HC, HD பகுதியை நோக்கிக் குறைந்து கொண்டும் செல்கின்றது. E, F என்னும் இரு புள்ளிகள் H-ன் இரு பக்கங்களிலும், H-லிருந்து சமதூரம் b-யில் அமைந்துள்ளன. பிளாட்டினம், கான்ஸ்ட்டன்டன், வெப்ப மின்னிரட்டையின் ,இரு சந்திகளாகிய J_1, J_2 புள்ளிகள் E, F களுக்கு வெகு அருகில் கம்பியி

லிருந்து காப்பிட்டு வைக்கப்பட்டுள்ளன. சந்திகளைத் தொடர் இணைப்பு அல்லது எதிர் முறையில் (in opposition) ஒரு திசைமாற்றியின் வழியாக இணைக்கலாம். தாம்ஸன் விளைவு சுழியாக இருக்கும்பொழுது, E,F புள்ளிகளில் வெப்பநிலை ஒன்றேயாகும்; அதனால் கால்வனுமீட்டர் G-யில் விலகல் ஏற்படுவதில்லை. மின்னோட்டம் A-யிலிருந்து B-க்குச் செலுத்தப்படுவதாக வைத்துக் கொள்வோம். நேர் தாம்ஸன் விளைவைக் கொண்ட உலோகங்களில், தாம்ஸன் விளைவினால் CD வழியாக வெப்பம் உட்கவரப்படுகிறது; HD வழியாக வெப்பம் வெளிப்படுகிறது. E,F-களின் வெப்ப நிலைகள் இப்பொழுது ஒன்றேயாக இருக்காது. வெப்பமின் இரட்டைகள், தொடர் இணைப்பு முறையிலிருக்கும்பொழுது, கால்வனுமீட்டர் G-யில் ஏற்படும் விலகல், E,F இவைகளின் சராசரி வெப்ப நிலையின் ஓர் அளவையாகும். வெப்ப மின்னிரட்டையின் எதிரில் அமையும்பொழுது, கால்வனுமீட்டர் G-யில் ஏற்படும் விலகல், E,F இவைகளின் வெப்பநிலை வித்தியாசத்தின் ஓர் அளவையாகும்.

கம்பியின் வெப்பநிலை பிளாட்டினம் வெப்பமானி Tஐக் கொண்டு அளக்கப்படுகிறது. சோதனையைத் தொடங்கும் பொழுது, முதலில் A-யிலிருந்து B-க்கு மின்னோட்டம் I-யைச் செலுத்த வேண்டும். வெப்ப மின்னிரட்டைகள் தொடர் இணைப்பிலும், எதிரிலும் இருக்கும்பொழுது, நிலையான நிபந்தனைகளுக் கிடையில், கால்வனுமீட்டரின் விலகல்கள் θ_1,θ_2 இவைகளைக் காண்க.

மின்னோட்டத்தின் திசையைத் திருப்ப வேண்டும். வெப்ப மின்னிரட்டைகள் தொடர் இணைப்பிலும் எதிரிலும் அமையும்பொழுது கால்வனுமீட்டரின் விலகல்களை, θ_3,θ_4 எனக் கண்டுபிடிக்கவும். மின்னோட்டம் I ஆக இருக்கட்டும். $\frac{\theta_1+\theta_3}{2}$ விலகலுக்கு ஒத்த வெப்பநிலை $T_1°$ ஆகவும், $\frac{\theta_2+\theta_4}{2}$ விலகலுக்கு ஒத்த வெப்பநிலை $T_2°$ ஆகவும் இருக்கட்டும். உலோகத்தின் வெப்பக் கடத்துதிறன் (coefficient of thermal conductivity) K ஆகவும், கம்பியின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு, A ஆகவும் இருந்தால்,

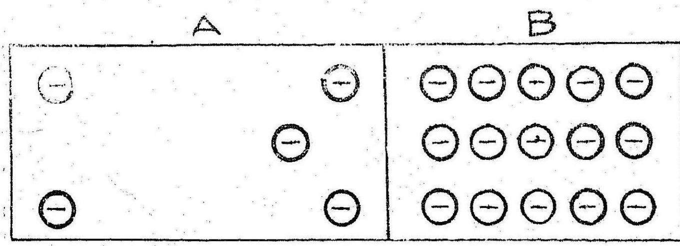
தாம்ஸன் எண்,

$$\sigma = \frac{3\,T_2\,KA}{T_1\,Ib}$$ எனக் காட்டலாம்.

கம்பியின் வெப்பநிலை $T°$-யில் தாம்ஸன் எண் σ ஆகும். 'A,B-யின் வெப்பநிலைகள் T-யிலிருந்து மிக மாறுபட்டவை அல்ல' என அநுமானிக்கப்பட்டு (assumption) T_1 ஆல் அது அளக்கப்படுகிறது.

எலெக்ட்ரான் கொள்கையின் அடிப்படையில், சீபெக், பெல்ட்டியர், தாம்ஸன் விளைவுகளுக்கு விளக்கம்

சீபெக் விளைவு: எலெக்ட்ரான் கொள்கையின்படி, ஒவ்வோர் உலோகத்தின் உட்பகுதியிலும், தனி எலெக்ட்ரான்கள் (free electrons) வாயுக்களின் மூலக் கூறுகளைப் போன்று நகர்ந்து கொண்டிருக்கின்றன. குறிப்பிட்ட அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் இவ் வழுத்தம், உலோகத்துக்கு உலோகம் மாறுபடுகிறது. ஒரே வெப்பநிலையில், இரு வேறு உலோகங்களுக்கு எலெக்ட்ரான் அடர்த்தி (electron density) வேறுபடுகிறது. இருவேறு உலோகங்களைச் சேர்த்து சந்தியை உண்டாக்கும்பொழுது, எலெக்ட்ரான் அழுத்தம் அதிகம்கொண்ட உலோகத்திலிருந்து, எலெக்ட்ரான் அழுத்தம் குறைவாயுடைய உலோகத்திற்கு, எலெக்ட்ரான்கள் பாய்கின்றன. இவ்வாறு எலெக்ட்ரான் பாய்வது, எலெக்ட்ரானை இழக்கும் உலோகம், எலெக்ட்ரானைப் பெறும் உலோகத்தைவிட, ஒரு நேர் மின்னழுத்தம் (positive potential) பெறும்வரை நடைபெறுகின்றது. இந்த நேர் மின்னழுத்தம், அது இழக்கும் எலெக்ட்ரான்களை சந்தியில் தடை செய்கிறது. எனவே சந்தியில் ஒரு நிலையான, இயக்கச் சமநிலை (Dynamical equilibrium) ஏற்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு Fe-Cu இரட்டை



A-யில் எலெக்டரான அடர்த்தி B-யை விடக் குறைவு
எனவே B-யைக் காட்டிலும் A அதிக +ve ஆகும்.

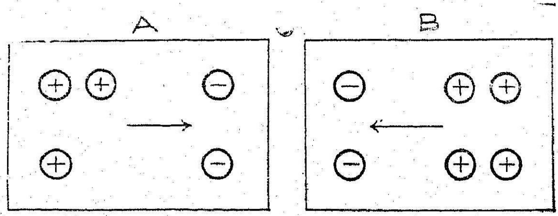
படம் 261 (அ)

யில் இந்தச் சமநிலை ஏற்படும்பொழுது, இரும்பைத் தாமிரத்தோடு ஒப்பிடும்பொழுது, இரும்பு நேர் மின்னழுத்தம் உடையதாயிருக்கின்றது. ஒரு சந்தியில் ஏதாவது இருவேறு உலோகங்களுக்கிடையேயுள்ள இந்தத் தொடு மின்னழுத்த வேறுபாடு (contact potential difference) அளவெண் (magnitude) அந்தச் சந்தியின் வெப்பநிலையைச் சார்ந்துள்ளது. ஒரு Fe-Cu வெப்ப மின்னிரட்டையின், வெப்ப, குளிர்ச்சந்திகளில், தொடு மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் முறையே Va, Vb-களாக இருக்கட்டும். இரு சந்திகளும் ஒரே வெப்ப நிலையிலிருக்கும்பொழுது,

$Va = Vb$. எனவே, விளைவு மின்னழுத்த வேறுபாடு (resultant P.D). மின்சுற்றில் சுழியாகும். எனவே, வெப்ப மின்னிரட்டையில் மின்னோட்டம் ஏற்படுவதில்லை. ஒரு சந்தியின் வெப்பநிலை, மற்றதைவிட அதிகமாக இருக்கும்பொழுது, வெப்ப மின்னிரட்டையில் விளைவு மின்னழுத்த வேறுபாடு $= Va - Vb$. இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடே, வெப்பச் சந்தியில் தாமிரத்திலிருந்து இரும்பிற்கும், குளிர்ச்சந்தியில் இரும்பிலிருந்து தாமிரத்திற்கும் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துகின்றது. இங்ஙனம் எலெக்ட்ரான் கொள்கையின் அடிப்படையில், சீபெக் விளைவு விளக்கப்படுகிறது.

பெல்ட்டியர் விளைவு விளக்கம் : இரு சந்திகளும் ஒரே வெப்ப நிலையிலுள்ள, ஒரு Fe-Cu வெப்ப மின்னிரட்டையின் ஒரு சந்தியில், தாமிரத்திலிருந்து இரும்பிற்கும், மற்றொரு சந்தியில் இரும்பிலிருந்து தாமிரத்திற்கும், ஒரு மின்கல அடுக்கிலிருந்து மின்னோட்டம் பாய்ச்சுவதாகக் கொள்வோம்.

Cu-Fe சந்தியில், மின்னோட்டம், மின்னழுத்த வாட்டத்திற்கு மேல்நோக்கிச் செல்வதால், அச் சந்தியில் வெப்பம் உட்கவரப்



படம் 261 (ஆ)

அம்புக்குறியின் தலைப்பாகங்கள், மின்வலிமையின் திசையைக் காட்டுகின்றன. இரு முனைகளுக்கிடையே வெப்ப நிலை வித்தியாசம் இருப்பதால் சில உலோகங்களில், மின்வலிமை வெப்ப முனையிலிருந்து, குளிர்முனைக்குத் திசைப்படுத்தப்படுகிறது. வேறு சில உலோகங்களில், குளிர் முனையிலிருந்து வெப்பமுனைக்குத் திசைப்படுத்தப்படுகிறது.

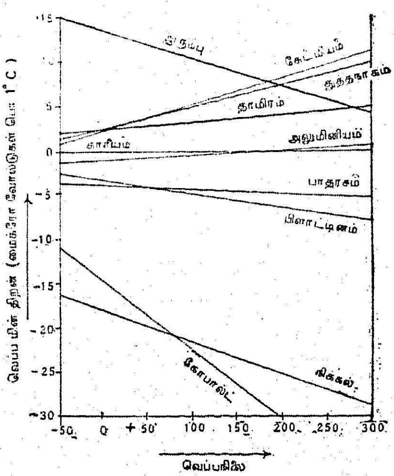
படுகிறது. Fe-Cu சந்தியில், மின்னோட்டம், மின்னழுத்த வாட்டத்தின் கீழ்நோக்கிச் செல்வதால், அச் சந்தியில் வெப்பம் வெளிப்படுகிறது. இங்ஙனம் சந்திகளில் பெல்ட்டியர் விளைவு விளக்கப்படுகிறது.

தாம்ஸன் விளைவு விளக்கம் : சமமற்று வெப்பப்படுத்தப்பட்ட, தாமிரம் போன்ற உலோகத்தில் எலெக்ட்ரான் அடர்த்தி (எலெக்ட்ரான் செறிவு/அலகு கன அளவு) வேறுபடுவதால், குறைந்த வெப்ப நிலையிலுள்ள புள்ளிகள், அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள புள்ளிகளைவிடக்

குறைந்த மின்னழுத்தம் கொண்டதாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது (assumed). எனவே, தாமிரத்தில் குளிர்ப்பாகத்திலிருந்து வெப்பப் பாகத்திற்கு, மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும்பொழுது, அம்மின்னோட்டம் மின்னழுத்த வாட்டத்தின் மேல்நோக்கிப் பாயவேண்டியிருக்கின்றது. எனவே, உலோகத்திலிருந்து ஆற்றல் வெப்பமாக உட்கவரப்படுகிறது. இதேபோல், மின்னோட்டம் வெப்பப் பாகத்திலிருந்து, குளிர்ப்பாகத்தில் பாயும்பொழுது மின்னழுத்த வாட்டத்தின் (gradiant of potential) கீழ்நோக்கிப் பாய்வதால், ஆற்றல் வெப்பமாக வெளிப்படுகிறது. இங்ஙனம் நேர் தாம்ஸன் விளைவிற்கு, எலெக்ட்ரான் கொள்கை ஓர் எளிமையான விளக்கத்தைக் கொடுக்கின்றது. ஆனால், எலெக்ட்ரான் கொள்கை, இரும்பில் எதிர்த் தாம்ஸன் விளைவிற்கும், காரீயத்தில் சுழி தாம்ஸன் விளைவிற்கும், ஓர் ஏற்றுக்கொள்ளக்கூடிய விளக்கத்தைக் கொடுக்க முடியவில்லை.

வெப்பமின் வரைபடங்கள் (Thermo electric Diagrams)

ஒரு வெப்பமின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்திறன் $\frac{dE}{dT}$, அதன் சந்திகளின் வெப்ப நிலை வித்தியாசத்தைச் சார்ந்திருப்பதால், சந்திகளின் வெப்ப நிலை வித்தியாசத்தை X அச்சிலும், ஒத்த வெப்ப மின்திறன்களை Y அச்சிலும் எடுத்துக் கொண்டு, ஒரு வரைபடம் வரையலாம். அவ்வாறு வரையப்பட்ட வரைபடம் ஒரு நேர் கோடாக அமையும். அந் நேர் கோட்டு வரைபடம், அவ் வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின்திறன் கோடு (thermo electric power line) அல்லது வெப்ப மின்கோடு (Thermo electric line) என அழைக்கப்படுகிறது. ஒவ்வோர் உலோகத்தையும், காரீயத்தோடு இணைக்கும்பொழுது, கிடைக்கும் அவ் வுலோகங்களின் வெப்ப மின்திறன் கோடுகளை ஒரே வரைபடத்தில் வரைந்தால், அவ் வரைபடம், வெப்பமின் வரைபடம் (Thermo electric diagram) என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 262

பல்வேறு உலோகங்களின் வெப்பமின் இயல்புகளைப் (Thermo electric behaviour) பற்றி, வெப்பமின் வரைபடத்திலிருந்து அறிய முடியுமென, டெய்ட் (Tait) என்பவர் காட்டினார். காரீயத்திற்குத்

தாம்ஸன் எண் சுழியாதலால், அதற்கு $T\ \frac{d^2E}{dT^2} = 0$ அல்லது $\frac{dE}{dT} =$ ஒரு மாறிலி. வெப்பமின் கோடு வெப்ப நிலை அச்சுக்கு இணையாகக் காரீயத்திற்கு அமைந்துள்ளது. பல்வேறு உலோகங்களின் வெப்ப மின் கோடுகள் வரையும் பொழுது, காரீயத்தின் வெப்பமின் கோட்டை X-அச்சாக எடுத்துக்கொண்டு, மற்ற உலோகங்களின் வெப்பமின் கோடுகளை வரைவது மரபு. வரைபடத்திலிருந்து பல்வேறு, வெப்ப மின் அளவுகளைக் கணக்கிடும் பொருட்டு, வெப்பநிலை அச்சின் தோற்றத்தை 0°A என எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். டெய்ட், வெப்ப மின் வளைகோடுகள் (Thermo electric curves), பரவளைவுகளாக இருப்பதைக் கண்டார். எனவே, வெப்ப மின்னியக்கு விசையை, கீழ்க் காணும் சமன்பாட்டினால் விளக்கலாம்.

$$E = aT + bT^2$$

$$\text{அல்லது}\quad \frac{dE}{dT} = a + 2bT$$

இங்ஙனம், எல்லா உலோகங்களுக்கும் வெப்ப மின் கோடுகள், நேர்கோடுகளாகும். டெய்ட் வரைபடம்,படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. நேர் தாம்ஸன் விளைவைக் கொண்ட தாமிரம் போன்ற உலோகங் களின் வெப்பமின் கோடுகள் மேல்நோக்கிச் சாய்வுடையதாகவும், எதிர் தாம்ஸன் விளைவைக் கொண்ட இரும்பு போன்ற, உலோகங் களின் வெப்ப மின்திறன் கோடுகள், கீழ்நோக்கிச் சாய்வுடைய தாகவும் உள்ளன.

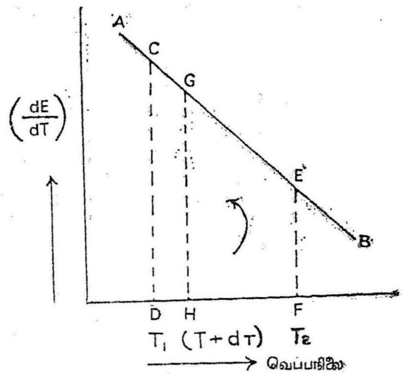
வெப்பமின் வரைபடத்தின் உபயோகங்கள் (Uses of thermo electric diagrams)

1. தாம்ஸன் எண்ணை நேராகக் கொண்ட தாமிரம் போன்ற உலோகத்தின் வெப்பமின் கோட்டின் சாய்வு (slope) நேரானதாகவும், தாம்ஸன் எண்ணை எதிராகக் கொண்ட இரும்பு போன்ற உலோகத் தின் வெப்பமின் கோட்டின் சாய்வு எதிராகவும் இருக்கின்றது. எனவே, வெப்பமின் வரைபடத்திலிருந்து, ஓர் உலோகம் வெப்பமின் முறையில், நேரானதா அல்லது எதிரானதா எனக் காண முடியும்.

ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் மின்னியக்கு விசையை வெப்பநிலை, வெப்பத்திறன் மூலம் காணல் (E.M.F. for a Thermo Couple in terms of Temperature and Thermo Powers)

படத்தில், AB, காரீயம்—இரும்பு வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்பமின் கோடாகும். வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகளின்

வெப்பநிலைகள் T_1, T_2-களாக இருக்கும் பொழுது, வெப்பமின்னிரட்டையின் மொத்த மின்னியக்கு விசையைக் காண்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். CD என்பது வெப்பநிலை $T_1°$-யில் வெப்பத்திறனையும், EF என்பது வெப்பநிலை $T_2°$-யில் வெப்பத் திறனையும் குறிப்பதாகக் கொள்வோம். வெப்பமின்னிரட்டையின் குளிர்ச்சந்தியில் மின்னோட்டம், இரும்பிலிருந்து காரீயத்தை நோக்கிப் பாய்கிறது. இதைப் படத்தில் காட்டியபடி வலஞ்சுழியாகக் குறிப்பது வழக்கம். GH என்பது வெப்பநிலை $(T+dT)°$-யில் வெப்பத்திறனைக் குறிக்கட்டும்.



காரீயம் – இரும்பு இவைகளுக்கிடையே வெப்பமின் கோடுகள்

படம் 263

வெப்பநிலைகள் $T_1°$, $(T+dT)°$ களுக்கிடையே மின்னியக்கு விசை, $dE = \frac{dE}{dT} \times dT$

$$= \text{பரப்பளவு } CGHD$$

வெப்ப நிலைகள் $T_1°$, $T_2°$ களுக்கிடையே, மொத்த

மின்னியக்கு விசை $E_{T_1}^{T_2} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dE}{dT} \cdot dT$

$$= \text{பரப்பளவு } CEFD$$

$$= DF \times \frac{(CD+EF)}{2}$$

$$= (T_2 - T_1) \frac{\left[\left(\frac{dE}{dT}\right)_{T_1} + \left(\frac{dE}{dT}\right)_{T_2}\right]}{2}$$

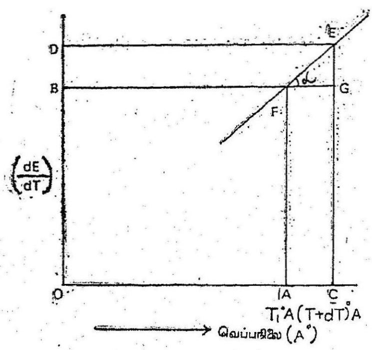
$\left(\frac{dE}{dT}\right)_{T_1}$, $\left(\frac{dE}{dT}\right)_{T_2}$ என்பவை வெப்பநிலைகள் $T_1°$, $T_2°$ களில் உள்ள வெப்பத் திறன்கள்.

$$\therefore \; E_{T_1}^{T_2} = \text{வெப்பநிலை வித்தியாசம்} \times \text{சராசரி வெப்பநிலையில் வெப்ப மின்திறன்.}$$

பெல்ட்டியர் எண்

படம் 264-ல் Cu — Pb வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்ப மின் கோடு காட்டப்பட்டுள்ளது.

வெப்பநிலை $(T+dT)^\circ$ அல்லது T_2°-யில் பெல்ட்டியர் மின்னியக்கு விசை,



படம் 264

$$\pi_2 = T_2 \left(\frac{dE}{dT_2}\right)$$

= பரப்பளவு $OCDEO$

வெப்பநிலை T_1°-யில்,

பெல்ட்டியர் மின்னியக்கு விசை

$$\pi_1 = T_1 \left(\frac{dE}{dT_1}\right)$$

= பரப்பளவு $OAFBO$

$\pi_2 - \pi_1$ = பரப்பளவு $OCDEO$ — பரப்பளவு $OAFBO$.

தாம்ஸன் எண்

தாம்ஸன் மின்னியக்கு விசை,

$$\sigma \text{ Cu-Pb } dT = -T \frac{d^2E}{dT^2} dT$$

$$= -T \frac{d}{dT}\left(\frac{dE}{dT}\right) dT.$$

$$= -T\, d\left(\frac{dE}{dT}\right)$$

= பரப்பளவு $BFED$.

மொத்த மின்னியக்கு விசை,

$$E = \pi_2 - \pi_1 - \int_{T_1}^{T_2} \left(\sigma\text{Cu} - \sigma\text{ Pb}\right)$$

= பரப்பளவு $OCDEO$ — பரப்பளவு $OAFBO$

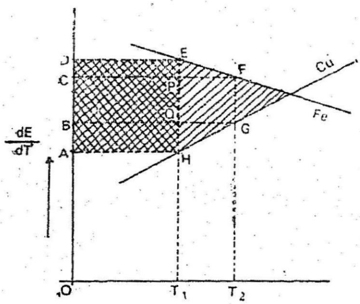
— பரப்பளவு $BFED$

= பரப்பளவு $ACEF$.

Cu — Fe வெப்ப மின்னிரட்டையில் வெளிப்படும் மொத்த மின்னியக்கு விசையை வெப்ப மின் வரைபடத்திலிருந்து காணல்

தாமிரத்திற்கு, வெப்பநிலை T_1°யில் தாம்ஸன் விளைவினால், மின்னியக்குவிசை = பரப்பளவு $AHGBA$ (ஆற்றல் உட்கவரப்படுதல்) இரும்பிற்கு வெப்பநிலை T_1°யில் தாம்ஸன் விளைவினால், மின்னியக்கு விசை = பரப்பளவு $DCFED$ (ஆற்றல் உட்கவரப்படுதல்), வெப்பநிலை T_2°யில் பெல்ட்டியர் விளைவினால் மின்னியக்கு விசை, = பரப்பளவு $OCFT_2$ —பரப்பளவு $OBGT_2$

= பரப்பளவு $BCFG$ (ஆற்றல் உட்கவரப்படுதல்) வெப்பநிலை T_1°யில் பெல்ட்டியர் விளைவினால் மின்னியக்கு விசை = பரப்பளவு $ODET_1$ — பரப்பளவு $OAHT_1$ = பரப்பளவு $ADEH$ (ஆற்றல் வெளிப்படுதல்)



வெப்ப மின் வரைபடத்திலிருந்து வெப்ப மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடல்.

படம் 265

∴ மொத்த மின்னியக்கு விசை

= பரப்பளவுகள் $(BCFG + AHGBA + DCFED - ADEH)$

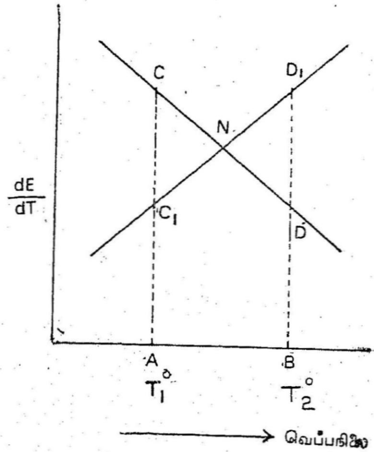
= பரப்பளவு $HEFG$.

சந்திகளின் வெப்பநிலைகள் T_1°, T_2°-களில் இருக்கும்பொழுது, Fe—Cu வெப்ப மின்னிரட்டையில் வெளிப்படும் மொத்த மின்னியக்கு விசை, பரப்பளவு $HEFG$ ஆகும்.

திருப்பு வெப்ப நிலை (Neutral temperature)

ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டைக்கு, திருப்பு வெப்ப நிலையில், $\frac{dE}{dT} = 0$ எனவே, இரு வெப்ப மின்கோடுகள், வெட்டிக்கொள்ளும் புள்ளிக்கு, ஒத்த வெப்ப நிலையே, திருப்பு வெப்ப நிலையாகும். படத்தில் புள்ளி N-க்கு, ஒத்த வெப்ப நிலை, Fe-Cu வெப்ப மின்னிரட்டைக்கு, திருப்பு வெப்பநிலையாகும். திருப்பு வெப்பநிலையில், வெப்ப மின்திறன் சுழியாகும். எனவே, இரு தனிமங்களுக்கும் பெல்ட்டியர் எண் சுழியாகும். அதாவது, பெல்ட்டியர் விளைவினால், சுற்றின் மின்னியக்கு விசை சுழியாகும். இந்தத் திருப்பு வெப்ப நிலையில் சுற்றின் மொத்த மின்னியக்கு விசையும், தாம்ஸன் விளைவினால் வெளிப்பட்டதுதான்.

படத்தில், B, A புள்ளிகள், வெப்பநிலைகள் $T_2°$, $T_1°$-களைக் குறிப்பதாகவும், அவைகள் திருப்பு வெப்பநிலைக்கு இருபக்கங்களிலும் அமைந்துள்ளதாகவும் கொள்வோம். இப்பொழுது Fe—Cu வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகளில், அந்த வெப்பநிலைகளில் வெளிப்படும் மொத்த மின்னியக்கு விசை, பரப்பளவுகள் CNC_1, DND_1 இவைகளின் வித்தியாசமாகும்.



படம் 266

$E_{T_1}^{T_2}$ = பரப்பளவு CNC_1 — பரப்பளவு DND_1. Fe—Cu வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்திகளின் வெப்ப நிலைகள் T_1, T_2 களின் சராசரியே அதன் திருப்பு வெப்ப நிலையாக(Tn) அமைந்திருந்தால்,

$$\text{பரப்பளவு } CNC_1 = \text{பரப்பளவு } DND_1$$

$$\text{எனவே } E_{T_1}^{T_2} = 0$$

இப்பொழுது, Fe—Cu வெப்ப மின்னிரட்டையில் வெளிப்படும் வெப்ப மின்னியக்குவிசை சுழியாகும்.

வெப்ப மின்விளைவின் உபயோகங்கள்
(Applications of thermo electric effect)

1. வெப்ப மின் வெப்பமானிகள் (Therono electric thermometers)

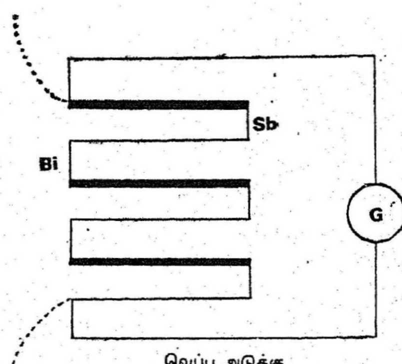
தகுந்த உலோகங்களால் செய்யப்பட்ட ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையைப் பயன்படுத்தி, ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையைக் காணலாம். வெப்பமின் வெப்பமானியின் குளிர்ச்சந்தியை உருகும் பனிக்கட்டியிலும், மற்றொரு சந்தியை வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளிலும் வைத்து, அவ்வெப்ப நிலைகளில் வெப்ப மின்னியக்குவிசையைக் காண வேண்டும். வெப்ப சந்தியின் வெப்ப நிலையை ஒரு மாறுப் பருமன் ஹைடிரஜன் வெப்பமானியை (constant volume hydrogen thermometer) உபயோகித்துத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். வெப்பச்சந்தியின் வெப்பநிலையையும், வெப்ப மின்னியக்கு விசையையும் தொடர்பு படுத்தி ஒரு வரைபடம் வரைய வேண்டும். அதிலிருந்து ஒரு பொரு

ளின் எந்த வெப்ப நிலையையும் காண, அந்தப் பொருளை வெப்பச் சந்தியோடு தொடுகை செய்து, அப்பொழுது வெப்ப மின்னியக்கு விசையை அளந்து, அதற்கு ஒத்த வெப்ப நிலையை வரைபடத்தி லிருந்து காண வேண்டும்.

வெப்பநிலைகளை 300°C வரை அளக்க, வெப்பமானிக்குத் தகுந்த உலோகங்கள், தாமிரமும் கான்ஸ்ட்டன்டனும் ஆகும். அந்த வெப்ப நிலைக்குமேலே 1600°C வரை, பிளாட்டினமும் ரோடியமும் (Rhodium) உலோகக் கலவையும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எனவே, வெப்பமின் வெப்பமானியைக் கொண்டு — 200°C-லிருந்து 1600°C வரை, வெப்ப நிலைகளை அளக்கலாம். மாறும் வெப்பநிலைகளையும் இவ் வெப்பமானி யைக் கொண்டு அளக்க முடியும்.

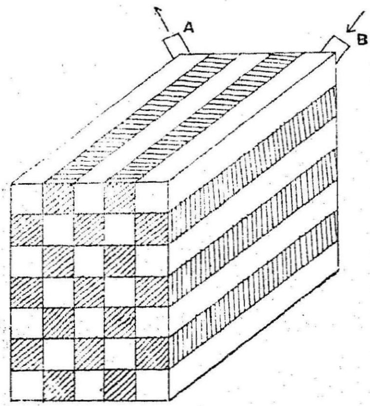
வெப்பமின் இரட்டை அடுக்கு (Thermo pile)

கதிர்வீச்சு ஆற்றலை (radiant energy) அளக்க, வெப்பமின் அடுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஆன்டிமனி, பிஸ்மத் வெப்ப மின் னிரட்டைகளை, தொடர் இணைப்பில் அது கொண்டுள்ளது. ஒரு பகுதி சந்திகள் கறுப்பாக்கப்பட்டும் (blackened) மற்றொரு பகுதி சந்திகள் மறைக்கப்பட்டும் இருக்கின் றன. வெப்பமின் அடுக்கின் முனைகள் ஒரு கால்வனுமீட் டர் வழியாகச் சேர்க்கப்பட் டுள்ளன. உபயோகிக்கும் கால்வனு மீட்டரின் மின் தடை, வெப்பமின் அடுக்கின் மின் தடைக்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். கரும் பகுதியில், கதிர்வீச்சு விழும் பொழுது, வெளிப்படும் மின் னியக்கு விசை, கதிர்வீச்சு ஆற்றலுக்கு நேர்விகிதத்தில் ஏறக்குறைய அமைந்துள்ளது.



படம் 267

அவ் வெப்ப மின்னியக்குவிசை கால்வனுமீட்டர் விலகலால் அளக்கப் படுகிறது. வெப்பமின் அடுக்கைப் பயன்படுத்தி, ·001°C வெப்பநிலை வித்தியாசங்களைக்கூடச் சுலபமாக அளக்க முடியும்.

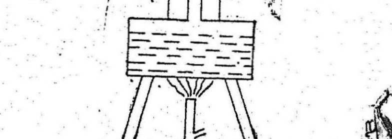


படம் 268

பின்னர் செய்யப்பட்ட வெப்பமின் அடுக்கில் அதிக எண்ணிக்கை வெப்ப மின்னிரட்டைகள் பயன் படுத்தப்பட்டுள்ளன. ஆன்டிமணி, பிஸ்மத் துண்டுகள், கன சதுர வடிவத்தில், வெப்பச் சந்திகள் ஒரு முகத்திலும், குளிர் சந்திகள் எதிர் முகத்திலும் இருக்குமாறு வரிசைப் படுத்தப்பட்டுள்ளன. வெப்பச்சந்தி முகம், கறுப்பாக்கப்பட்டுள்ளது. கால்வனு மீட்டரை அளவைத் திருத்தம் (calibrated) செய்து, அதை நேரடியாக அளக்கும் கருவியாகப் பயன்படுத்தலாம்.

வெப்ப மின் பைரோமீட்டர் (Thermo electric Pyrometer)

வெப்பமின் விளைவுகளைப் பயன்படுத்தி, உயர் வெப்ப நிலைகளை அளக்க முடியும் என்பதை 1826 ஆம் ஆண்டு, பெக்யூரல் (Becquerel) கூறினார். இம் முறை இப்பொழுது அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதற்கு மிகத்தகுந்த வெப்ப மின்னிரட்டையின் கம்பிகள் பிளாட்டினத்தாலும், பிளாட்டினம், பத்து சதவீதம் (10%) ரோடியம் ஆகியவற்றால் ஆன கலவையாலும் ஆனவை. சில சமயங்களில் ரோடியத்திற்குப் பதிலாக இரிடியம் (iridium) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இரு கம்பிகளும் ஒன்றாக முறுக்கப்பட்டு, அதன் சந்தி பொன்னால் (gold) பற்ற வைக்கப்பட்டுள்ளது. உருக்கப்பட்ட உலோகத்தின் வெப்ப நிலையைக் காண, ரோபர்ஸ் ஆஸ்டன் (Robers - Austen) பைரோமீட்டரில் பயன்படுத்திய, வெப்ப மின்னிரட்டை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. *ACB* கம்பி உலோகக் கலவையாலும், *ADE*, *BF* கம்பிகள் சுத்தப் பிளாட்டினத்தாலும் செய்யப்பட்டவை. சந்தி *A* ஒரு தீக்களிமண் குழாயால் (fire-clay tube) பாதுகாக்கப்படுகிறது. சந்தி *B* நீராவியால் சூழப்பட்டு, ஒரு மாறாத ஆனால், தெரிந்த வெப்ப நிலையில்



படம் 269

வைக்கப்பட்டுள்ளது. வெப்ப மின்னிரட்டையில் வெளிப்படும் மின்னியக்கு விசை, குறைந்த பட்சம் 200 ஓம்கள் மின்தடை கொண்ட உணர்மிகு கால்வனுமீட்டர் G-யில் விலக்கத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் அமைந்துள்ளது. வெளிப்படும் வெப்ப மின்னியக்குவிசைக்கும், வெப்ப நிலைக்குமுள்ள தொடர்பை டெய்ட் (Tait) கீழ்க் காணும் முறையில் தொடர்புபடுத்தினார்.

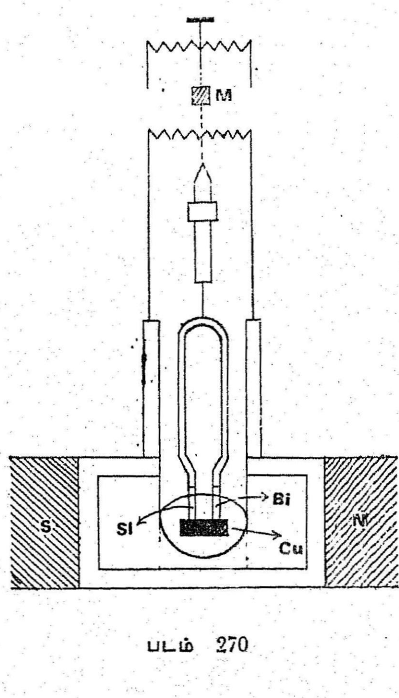
$$E = b(t_2 - t_1) + C(t_2^2 - t_1^2)$$

இரு வேறு இரட்டை வெப்பநிலைகளில், மின்னியக்குவிசையை அளந்து, இரு சமன்பாடுகளிலிருந்து b, c-களின் மதிப்பைக் கண்டு, பைரோமீட்டர் அளவைத் திருத்தம் செய்யலாம். பிறகு, ஒரு வெப்ப நிலை $t_2°$-யில் கால்வனுமீட்டரின் உதவியால், வெப்ப மின்னியக்கு விசையை அளந்து, b, c, t இவைகளின் மதிப்புகளைப் பயன்படுத்தி, t_2-வின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

பைரோமீட்டரில் அளவைக் காணும் அதே சமயத்தில் ஒரு காற்று வெப்பமானியைப் பயன்படுத்தி, உயர் வெப்பநிலையைத் தெரிந்து, பைரோமீட்டரில் கண்ட உயர் வெப்பநிலையைச் சரிபார்க்கலாம்.

ரேடியோ மைக்ரோ மீட்டர் (Radio micrometer)

வெர்னன் பாய்ஸ் (Vernon Boys) செய்த ரேடியோ மைக்ரோமீட்டர், உணர்மிகு கருவியாக, கதிர்வீச்சு வெப்பத்தை (radiant heat) அளக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இக் கருவியிலுள்ள ஆன்டிமணி, பிஸ்மத் துண்டுகளின் கீழ் முனைகள் கறுப்பாக்கப்பட்ட தாமிரத் தட்டோடு இணைக்கப் பட்டுள்ளன. அவைகளின் மேல் நுனிகளோடு, ஒரு சுற்றுக் கொண்ட தாமிரக் கம்பி பற்ற வைக்கப் பட்டுள்ளது. அத் தாமிர வளையம் (copper loof) ஒரு மெல்லிய குவார்ட்ஸ் இழையால் (quartz fibre), திறன்மிகு நிலைகாந்த முனைகளுக்கிடையே தொங்க விடப் பட்டுள்ளது. ஒரு சிறு ஆடி M, குவார்ட்ஸ் இழையோடு படத்தில் காட்டியபடி பொருத்தப் பட்டுள்ளது. அளக்க வேண்டிய, கதிர்வீச்சு வெப்பத்தைத் தாமிரத் தட்டின்மேல் விழு



படம் 270

மாறு செய்ய வேண்டும். இதனுல் ஆன்டிமனி, பிஸ்மத் சந்தி வெப்பப் படுத்தப்பட்டு, தாமிரச்சுற்றின் வழியாக மின்னேட்டத்தை ஏற்படுத்து கின்றது. செம்புச் சுற்றில் சுழற்சி ஏற்படுகிறது எனவே, குவார்ட்ஸ் இழையில் விலக்கம் (deflection) ஏற்படுகிறது இதை ஒரு விளக்கு-அளவுகோலோடு கூடிய உபகரணத்தைப் பயன்படுத்தி அளக்கலாம்.

குவார்ட்ஸ் இழையின் விலக்கமே, கதிர்வீச்சின் வலிமைக்கு, ஓர் அளவையாகும். விழும் கதிர்வீச்சு ஆற்றலை, கருவியை அளவைத் திருத்தம் செய்து நேரடியாக அளக்கலாம்.

பயிற்சிகள்

1. 20 ஓம் மின்தடை கொண்ட, 10 மீட்டர் நீளமுள்ளகம்பியைக் கொண்ட ஒரு மின்னழுத்தமானி, 1980 மின்தடையோடும், 2 வோல்ட் மின்னியக்கு விசையும் குறிப்பிடும் அளவுக்கு உள் மின்தடை பெருத ஒரு மின்கலத்தோடும் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு வெப்பமின் இரட்டையின் (thermo couple) ஒரு சந்திப்பு உருகும் பனிக்கட்டியிலும், மற்ற சந்திப்பு 100°C, 200°C உருகும் தகரத்திலும் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அப்பொழுது சரியீட்டு நீளங்கள் முறையே 290 செ.மீ., 610 செ.மீ., 717·5 செ.மீ எனக் காணப்படுகிறது. வெப்ப மின்இயக்கு விசையை (Thermo e.m.f.) இம் மூன்று வெப்ப நிலைகளிலும் கண்டுபிடி. தகரத்தின் உருகுநிலையையும் காண்.

மின்னழுத்தமானியின் கம்பிகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்தம்

$$= \frac{20 \times 2}{1980+20}$$

$$= 0{\cdot}02 \text{ வோல்ட்டு}$$

$$= 20 \text{ மில்லி வோல்ட்டு}$$

மின்னழுத்தமானியின் 1 செ.மீ. கம்பியின் மின்னழுத்தம்

$$= \frac{20}{1000} = 0{\cdot}02 \text{ மில்லி வோல்ட்டு.}$$

100°C - ல் வெப்ப மின்னியக்கு விசை $= 290 \times 0{\cdot}02$

$= 5{\cdot}8$ மில்லி வோல்ட்டு.

200°C - ல் வெப்ப மின்னியக்கு விசை $= 610 \times 0{\cdot}02$

$= 12{\cdot}2$ மில்லி வோல்ட்டு.

தகரத்தின் உருகுநிலையில் வெப்ப மின்னியக்கு விசை

$= 717{\cdot}5 \times 0{\cdot}02 = 14{\cdot}35$ மி. வோல்ட்டு

வெப்ப மின்னியக்கு விசையைக் கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டால் குறிப்பிடலாம்.

$$E = at + bt^2$$

இங்கு t வெப்பச்சந்தியின் வெப்பநிலை எனவும், குளிர்ச்சந்தியின் வெப்பநிலை 0°C எனவும் அறிவோம்.

$$5{\cdot}8 = 100a + 100^2 b \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$12{\cdot}2 = 200a + 200^2 b \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

(1) ஐ 2 ஆல் பெருக்கி, (2) -லிருந்து கழித்தால்,

$$12{\cdot}2 - 2\times5{\cdot}8 = (200^2 - 2\times100^2)\, b.$$

$$20{,}000\, b = 0{\cdot}6$$

ஆகவே $b = 0{\cdot}00003$

b-யின் அளவை (1) - ல் பிரதியிட்டால்.

$$5{\cdot}8 = 100\,a + 0{\cdot}00003 \times 10000$$

$$100a = 5{\cdot}5$$

ஆகவே, $a = 0{\cdot}055$

இங்குத் தகரத்தின் உருகு வெப்பநிலை t எனக் கொண்டால்,

$$14{\cdot}35 = 0{\cdot}055t + 0{\cdot}00003\, t^2$$

$$3\, t^2 + 5500\, t - 1435000 = 0$$

ஆகவே, $t = \dfrac{-5500 \pm \sqrt{5500^2 + 12 \times 1435000}}{6}$

$$\frac{-5500 \pm 6892}{6} = 232^\circ C$$

இங்கு எதிர் அளவை (negative value) நீக்கப்பட்டது.

2. இரும்பின் மின் வெப்பத்திறன் (Thermo electric power) 0°C-ல் 17·3 மைக்ரோ வோல்ட்டு/டிகிரி. 100°C-ல் 12·5 மைக்ரோ வோல்ட்டு/டிகிரி அதே போல் வெள்ளியின் மின் வெப்பத்திறன் 0°-ல் 2·9 மைக்ரோ வோல்ட்டு/டிகிரி. 100°C - ல் 4·1 மைக்ரோ வோல்ட்டு/டிகிரி.

எனவே,

(*a*) இரும்புக்கும் வெள்ளிக்கும் இடையே 100°C-ல் உள்ள பெல்ட்டியர் எண்.

(*b*) 50°C-ல் இரும்பின் தாம்ஸன் எண்.

(c) சந்திப்புகள் 0°C-யிலும் 100°C-யிலும் இருக்கும்போது இரு உலோகங்களுக்கும் இடையே உள்ள வெப்ப மின்னியக்கு விசை. (Thermo e.m.f.)

(d) இரு உலோகங்களுக்கும் இடையே உள்ள திருப்பு வெப்ப நிலை (neutral temperature).

(e) குளிர்ச்சந்தி 50°C-ல் இருக்கும்போது இரண்டு உலோகங்களுக்கும் இடையே உள்ள புரட்டு வெப்பநிலை (temperature of inversion).

(a) இரண்டு உலோகங்களுக்கும் இடையே உள்ள மின் வெப்பத் திறன் 100°C-ல் 12·5 — 4·1 = 8·4 மைக்ரோவோல்டு/°C. இரு உலோகங்களுக்கும் இடையே உள்ள பெல்டியர் மின்னியக்கு விசை 100°C - ல் = 8·4×373 = 3133 மைக்ரோ வோல்ட்டு.

$= 3133 \times 10^{-6}$ வோல்ட்டு. ஆகவே, பெல்ட்டியர் எண் $= 3{\cdot}133 \times 10^{-3}$ ஜூல்/கூலூம்.

(b) இரும்பின் வெப்பமின் வரைபடத்தின் சாய்வு

$$= \frac{12{\cdot}5 - 17{\cdot}3}{100} = \frac{-4{\cdot}8}{100}$$

$= -0{\cdot}048$ மைக்ரோ வோல்ட்டு/டிகிரி²

ஆகவே, 50°C-ல் (323°A) தாம்ஸன் எண்

$$= -323 \times 0{\cdot}048 \times 10^{-6}$$

$= -15{\cdot}5 \times 10^{-6}$ ஜூல்/ கூலூம்/ டிகிரி.

(c) சாய்வு நாற்கரப் (trapezium) பரப்பில் உள்ள வெப்பமின்னியக்கு விசை

$$ABCD = \tfrac{1}{2}\left\{ (17{\cdot}3 - 2{\cdot}9) + (12{\cdot}5 - 4{\cdot}1) \right\} \times 100$$

$$= \tfrac{1}{2}(14{\cdot}4 + 8{\cdot}4) \times 100$$

= 1140 மைக்ரோ வோல்ட்டு அல்லது 1·14 மில்லிவோல்ட்டு.

(d) T_n திருப்பு வெப்பநிலை (neutral temperature) எனக் கொண்டால்,

$$\frac{17{\cdot}3 - 2{\cdot}9}{T_n} = \frac{12{\cdot}5 - 4{\cdot}1}{T_n - 100}$$

ஆகவே, $\dfrac{14{\cdot}4}{T_n} = \dfrac{8{\cdot}4}{T_n - 100}$

$$14 \cdot 4\ T_n = 1440 - 8 \cdot 4\ T_n.$$

$$6\ T_n = 1440$$

ஆகவே $T_n = 240°C.$

(*e*) குளிர்ச்சந்தி 50°C-ல் இருக்கும்போது இரண்டு உலோகங்களுக்கு இடையே உள்ள புரட்டு வெப்பநிலை (temperature of inversion) Ti எனக் கொள்வோம்.

$$\frac{Ti+50}{2} = T_n = 240$$

$$Ti+50 = 480°C$$

$$Ti = 430°C.$$

(3) 0·5 ச.செ.மீ. குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புக் கொண்ட ஒரு நீண்ட உலோகக் கோல் சீரான வெப்பநிலை வாட்டம் (Temperature gradient) = 1°C/செ.மீ. கொண்டுள்ளது. அதனுடைய தன்தடை எண் 120 மைக்ரோ ஓம்/செ.மீ.[3] கோலின் குளிர்ச்சந்தியில் இருந்து வெப்பச் சந்திக்கு 50 மில்லி ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்ந்தால் அதனுடைய வெப்பநிலை வாட்டம் மாறுவதில்லை ஆகவே, தாம்ஸன் எண்ணைக் கணக்கிடு.

ஒரு செ.மீ. நீளக் கம்பியின் மின்தடை

$$= \frac{120 \times 10^{-6} \times 1}{0 \cdot 5} = 240 \times 10^{-6} \text{ ஓம்கள்.}$$

50 மில்லி ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்வதால் வெளிப்படும் சக்தி

$$\text{விநாடிக்கு} = 240 \times 10^{-6} \left(\frac{50}{1000}\right)^2 \text{ ஜூல்கள்.}$$

வெப்பநிலை வாட்டம் மாறாமல் இருப்பதால் இந்தச் சக்தி 1 செ.மீ. நீளத்தில், 50 மில்லி கூலூம் மின்னோட்டத்தால் உட்கவரப்படுகிறது. அதாவது 1 அலகு வெபபநிலை மாற்றத்திற்கு, தாம்ஸன் எண் σ எனக் கொண்டால்,

$$240 \times 10^{-6} \left(\frac{500}{1000}\right)^2 = \sigma\ \frac{50}{1000}$$

$$\text{ஆகவே, } \sigma = 240 \times 10^{-6} \times \frac{50}{1000} \text{ ஜூல்கள்/கூலூம்}$$

$$= 120 \text{ எர்க்குகள்/கூலூம்}$$

$$= 1200 \text{ எர்க்குகள்/மின்காந்த அலகுகள்}$$

பயிற்சி

1. பெல்ட்டியர் எண், தாம்ஸன் எண், வெப்ப மின்திறன் இவைகளை வரையறு.

வெப்ப இயக்கவியல் (thermo dynamics) கொள்கைகளின் துணை கொண்டு பெல்ட்டியர் எண்ணையும் தாம்ஸன் எண்ணையும் கண்டுபிடி.

வெப்ப மின்திறன் வரைபடங்களைப் பற்றிக் குறிப்பு வரைக. (64 ஏப்ரல், 68 ஏப்ரல், 66 செப்டம்பர்.)

2. பெல்ட்டியர், தாம்ஸன் விளைவுகளைப் பரிசோதனை மூலம் எவ்வாறு விளக்குவாய்?

ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் 1 மில்லி வோல்ட்டு மின்னழுத்த வீழ்ச்சி (fall of potential) ஏற்படுமாறு ஒரு மின்னழுத்தமானியை எங்ஙனம் அமைப்பாய்? ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் வெப்பச் சந்தி, வேறு வேறு வெப்ப நிலையில் இருக்கும்போது ஏற்படும் மின்னியக்கு விசையை அளக்க மேற்கண்ட அமைப்பை எவ்வாறு பயன் படுத்துவாய்? (67 ஏப்ரல்.)

3. (a) திருப்பு வெப்பநிலை, (b) புரட்டு வெப்பநிலை, (c) வெப்ப மின்திறன் இவைகளை வரையறு.

ஒரு மின்னழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தி Cu-Fe வெப்ப மின்னிரட்டைக்கு, வெப்பநிலை மின்னியக்குவிசை வளைவை எவ்வாறு வரைவாய் என்பதை விளக்கு. அந்த வரைபடத்திலிருந்து இரட்டையின் மாறிலிகளை எவ்வாறு கணக்கிடுவாய்? (ஏப்ரல் 65.)

4. வெப்ப இயக்கவியல் கொள்கையின் சார்பு கொண்டு ஒரு வெப்ப மின்சுற்றின் கீழ்வரும் சமன்பாட்டை வருவித்துக் காட்டு.

PUBLIC

(a) T

(b) $(\sigma_a - \sigma_b)$

மேற்கண்ட குறிகள் எப்போதும் குறித்தவற்றையே குறிக்கும். (62 ஏப்ரல்.)

5. ஒரு வெப்பமின் ... கொள்கையை விளக்கு. வெப்ப மின் வரைபடம் என்றால் என்ன? வெப்ப மின் பைரோமீட்டர்களைப் பற்றிக் குறிப்பு வரைக.