# இயற்பியல்

## மேல்நிலை – இரண்டாம் ஆண்டு

### தொகுதி - I

| |
|---|
| பாடநூல் மேம்பாட்டுக் குழுவின் பரிந்துரையின் அடிப்படையில் திருத்தப்பட்டது. |

தீண்டாமை ஒரு பாவச்செயல்

தீண்டாமை ஒரு பெருங்குற்றம்

தீண்டாமை மனிதத்தன்மையற்ற செயல்

தமிழ்நாட்டுப்
பாடநூல் கழகம்
கல்லூரிச் சாலை, சென்னை 600 006

© தமிழ்நாடு அரசு
முதல் பதிப்பு - 2005
திருத்திய பதிப்பு - 2007

**குழுத் தலைவர்**

**முனைவர் சேது. குணசேகரன்**
ரீடர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை 600 030.

**மேலாய்வாளர்கள்**

**பெ. சர்வஜன ராஜன்**
தேர்வு நிலை விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
அரசு கலைக் கல்லூரி
நந்தனம், சென்னை 600 035

**ஸ்ரீ. கேமசரி**
தேர்வு நிலை விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
இராணிமேரி கல்லூரி (தன்னாட்சி)
சென்னை 600 004

**முனைவர் கா. மணிமேகலை**
ரீடர் (இயற்பியல்)
எத்திராஜ் மகளிர் கல்லூரி
சென்னை 600 008

**G. சங்கரி**
தேர்வு நிலை விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
மீனாட்சி மகளிர் கல்லூரி
கோடம்பாக்கம், சென்னை 600 024

**G. அன்பழகன்**
விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
அறிஞர் அண்ணா அரசு கலைக் கல்லூரி
விழுப்புரம்.

**சு. இராசராசன்**
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி
கோடம்பாக்கம், சென்னை 600 024

**கிரிஜா இராமானுஜம்**
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
அசோக் நகர், சென்னை 600 083

**பு. லோகநாதன்**
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
திருச்செங்கோடு 637 211
நாமக்கல் மாவட்டம்

**முனைவர் N. விஜயன்**
முதல்வர்
சீயோன் மெட்ரிக் மேல்நிலைப் பள்ளி
சேலையூர்
சென்னை 600 073

**முனைவர் இரா. ஹேமமாலினி**
முதுநிலை விரிவுரையாளர்
(இயற்பியல்)
இராணிமேரி கல்லூரி (தன்னாட்சி)
சென்னை 600 004

**நூலாசிரியர்கள்**

**சு. பொன்னுசாமி**
உதவிப் பேராசிரியர் (இயற்பியல்),
S.R.M. பொறியியல் கல்லூரி
S.R.M. அறிவியல் மற்றும்
தொழில்நுட்ப நிலையம்
(நிகர்நிலைப் பல்கலைக் கழகம்)
காட்டாங் கொளத்தூர் 603 203

**விலை: ரூ.**

பாடங்கள் தயாரிப்பு : தமிழ்நாடு அரசுக்காக
பள்ளிக்கல்வி இயக்ககம், தமிழ்நாடு

இந்நூல் 60 GSM தாளில் அச்சிடப்பட்டுள்ளது.

ஆப்செட் முறையில் அச்சிட்டோர்:

## தமிழ்மொழியில் ஆக்கம் செய்தோர்


### ஸ்ரீ. கேமசரி
தேர்வு நிலை விரிவுரையாளர் (இயற்பியல்)
இராணிமேரி கல்லூரி (தன்னாட்சி)
சென்னை 600 004

### எஸ். இளங்கோ
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
பெத்தநாயக்கன்பாளையம்,
சேலம் மாவட்டம். 636 109

### ப. சுப்பிரமணியன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
ஸ்ரீ ராமகிருஷ்ணசாரதா மேல்நிலைப்பள்ளி,
சுப்பிரமணிய நகர்,
சேலம் - 636 005.

### ஆர். நந்தகுமார்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
புனித பால் மேல்நிலைப் பள்ளி
சேலம் - 636 007.

### சு. இராசராசன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி
கோடம்பாக்கம், சென்னை 600 024

### பு. லோகநாதன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
திருச்செங்கோடு 637 211
நாமக்கல் மாவட்டம்

### மு. பழனிவேலு
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
அரசு மகளிர் மேல்நிலைப் பள்ளி
ஆத்தூர், சேலம் மாவட்டம் - 636102.

### த. கணபதி சுப்பிரமணியன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர்
(இயற்பியல்)
பாரதி வித்யாலயா மேல்நிலைப்பள்ளி,
மரவனேரி,
சேலம் - 636 007.

# முன்னுரை

பள்ளிக்கல்வியில் மிக முக்கியமானதும் திருப்புமுனையாக அமைவதும் மேல்நிலைக் கல்வியாகும். பொதுவான கலைத்திட்டத்திலிருந்து இலக்கு நோக்கிய கலைத்திட்டத்திற்கு மாறக்கூடிய கட்டத்தில் மேல்நிலைக் கல்வி உள்ளது.

அடிப்படை அறிவியல் மற்றும் தொழிற்கல்விக்கான அடித்தளமாக இயற்பியல் பாடத்தை மாணவ மாணவியர் தேர்ந்தெடுக்கின்றனர். பொதுக் கல்வியிலும் தொழிற்கல்வியிலும் தேவையான அடிப்படை அறிவினை ஏற்படுத்த, பன்னிரண்டாம் வகுப்பிற்கான இயற்பியல் பாடநூல், புதிய கருத்துகளுடன் அனைத்துத் தலைப்புகளிலும் அடிப்படைத் தகவல்களுடன் மாற்றம் செய்யப்பட்டு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது.

ஒவ்வொரு பாடமும் அறிமுகம் மற்றும் பாடப்பொருள் என உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. அனைத்துப் பாடங்களிலும் தெளிவான, தேவையான, சுருக்கமான விளக்கங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. பாடத்தின் இறுதியில் தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள் மற்றும் தன் மதிப்பீட்டு வினாக்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

மனப்பாடம் செய்வதைவிட கருத்துகளைப் புரிந்து கொள்வதென்பது மிக முக்கியமானதாகும். எனவே, பாடத்தை முழுமையாகப் புரிந்து கொள்ளச் செய்து மாணவ, மாணவியர் தாங்களாகவே தங்கள் எண்ணங்களை வெளிக்கொணரச் செய்வது அவசியமாகிறது. இயற்பியல் பாடத்தை ஆர்வமுடன் கற்கும் வகையில் இப்பாட நூலில் வாழ்க்கையுடன் தொடர்புடைய பயன்பாடுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

ஆய்வு செய்யும் திறன்களையும் உற்றுநோக்கும் திறன்களையும் மாணவ மாணவியரிடத்தில் வளர்க்க முக்கியத்துவம் அளிக்கப்பட்டுள்ளது. அவர்களின் கற்றல் அனுபவங்கள் சமூக முன்னேற்றத்திற்கு உதவும் என நம்புகிறோம்.

இப்பாடநூலின் சிறப்புக் கூறுகள்.

● புதிய தகவல்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

● படங்கள் தெளிவாக வரையப்பட்டுள்ளன.

● மாணவ மாணவியரின் காரணமறியும் திறனை வளர்க்கும் விதத்தில் தன்மதிப்பீட்டு வினாக்கள் (மாதிரிகள் மட்டுமே) கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

**தேர்விற்கு ஆயத்தம் செய்யும் போது. மாணவ மாணவியர் தன்மதிப்பீட்டுப் பகுதியில் உள்ள வினாக்கள் / கணக்குகள் மட்டுமல்லாமல், பாடநூல் / பாடத்திட்டத்திலிருந்தும் கேட்கப்படக்கூடிய வினாக்கள் மற்றும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தப்படுத்திக் கொள்ள வேண்டும்.**

**முனைவர் சேது. குணசேகரன்**
குழுத்தலைவர்

# பாடத்திட்டம்
(180 பாட வேளைகள்)

## அலகு - 1 நிலை மின்னியல்
(18 பாட வேளைகள்)

உராய்வு மின்னோட்டம், மின்னூட்டங்களும் அவற்றின் அழிவின்மையும் - கூலும் விதி - இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களிடையே விசை. பல மின்னூட்டங்களிடையே விசை - மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்.

மின்புலம் - புள்ளி மின்னூட்டத்தால் மின்புலம், மின்புலக் கோடுகள், மின் இருமுனை, மின் இருமுனையால் மின்புலச் செறிவு - சீரான மின்புலத்தில் மின் இருமுனை - மைக்ரோ அலை சமையல் கலனில் மின் இருமுனையின் பயன்பாடு.

மின்னழுத்தம் - மின்னழுத்த வேறுபாடு - புள்ளி மின்னூட்டம் மற்றும் மின் இருமுனையால் மின்னழுத்தம். சம மின்னழுத்தப் பரப்புகள் - இரு புள்ளி மின்னூட்ட அமைப்பின் மின்னழுத்த ஆற்றல்.

மின்பாயம் - காஸ் தோற்றமும் பயன்பாடுகளும் (1) முடிவிலா, நீண்ட நேரான கடத்தி (2) சீரான மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா சமதளத் தகடு (3) இரு இணையான தகடுகள் (4) சீரான மின்னூட்டம் பெற்ற கோள வடிவக் கூடு (உள்ளேயும் வெளியேயும்).

நிலை மின்தூண்டல் - மின் தேக்கியும் மின்தேக்குதிறனும் - மின் காப்பும் மின் முனைவாக்காலும் - இணைத்தட்டு மின்தேக்கி (மின் காப்புப் பொருள் உள்ள போதும், இல்லாத போதும்) - மின்தேக்கியின் பயன்பாடுகள் - மின்தேக்கியில் ஆற்றல் சேமிப்பு. தொடர் மற்றும் பக்க இணைப்புகளில் மின் தேக்கிகள் - கூர்முனைகளின் செயல் - மின்னல் கடத்தி - வான்-டி-கிராப் இயற்றி.

## அலகு - 2 மின்னோட்டவியல்
(11 பாடவேளைகள்)

மின்னோட்டம் - உலோகக் கடத்தியில் மின்னூட்டப் பாய்வு - இழுப்புத் திசைவேகமும் இயக்க எண்ணும் மற்றும் மின்னோட்டத்துடன் இவற்றின் தொடர்பு.

ஓமின் விதி, மின்தடை VI சிறப்புகள் - மின்தடை எண், மின் கடத்து திறன். கடத்து திறன் அடிப்படையில் பொருள்களின் வகைப்பாடு - மீக் கடத்துதிறன் (தொடக்கநிலைக் கருத்து) - கார்பன் மின்தடையாக்கிகள் - வண்ணக் குறியீடு - தொடர் மற்றும் பக்க இணைப்புகளில் மின் தடையாக்கிகள் - மின் தடையின் வெப்ப நிலை மாறுபாடு - மின்கலனின் அக மின்தடை - மின்கலனின் மின்னழுத்த

வேறுபாடும் மின்னியக்கு விசையும்.

கிர்ச்சஃஃப் விதி - எளிய சுற்றுக்கான விளக்கம் - வீட்ஸ்டன் சமனச் சுற்று - மின் தடை வெப்பநிலை எண்ணை அளந்தறிதல் - மீட்டர் சமனச் சுற்று - மின்னழுத்தமானி - தத்துவம் - இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்பிடல்.

மின்திறன் - மின்னோட்டத்தின் வேதி விளைவு - மின் வேதி மின்கலன்கள் (வோல்டா, லெக்லாஞ்சி, டேனியல்) - துணை மின்கலன்கள் - காரீய அமில சேமக்கலன்.

## அலகு - 3 மின்னோட்டத்தின் விளைவுகள்
## (15 பாடவேளைகள்)

வெப்ப விளைவு - ஜூல் விதி - ஆய்வின் மூலம் சரிபார்த்தல். வெப்ப மின் விளைவுகள் - சீபெக் விளைவு - பெல்டியர் விளைவு - தாம்சன் விளைவு - வெப்ப மின்னிரட்டை - வெப்ப மின்னியக்கு விசை, திருப்பு மற்றும் புரட்டு வெப்பநிலை. வெப்ப மின்னிரட்டை அடுக்கு.

மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவு - காந்தப்புலம் பற்றிய கருத்து. ஓயர்ஸ்டட் சோதனை - பயட் சாவர்ட் விதி - முடிவிலா, நீண்ட, நேரான கடத்தி மற்றும் வட்டக் கம்பிச் சுருளினால் காந்தப்புலம் - டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டர் - அமைப்பும் செயல்பாடும் - வரிச்சுருள் - காந்தப்புலக் கோடுகள்.

ஆம்பியரின் சுற்று விதி - இவ்விதியின் பயன்பாடுகள்.

சீரான காந்தப்புலத்திலும் மின்புலத்திலும் இயங்கும் துகளின் மீதான விசை - சீரான காந்தப் புலத்தில் மின்னோட்டக் கடத்தி மீதான விசை, இணையான மின்னோட்டக் கடத்திகளுக்கிடையேயான விசை - ஆம்பியரின் வரையறை.

சீரான காந்தப்புலத்தில் மின்னோட்ட வளையம் உணரும் திருப்புவிசை - இயங்கு சுருள் கால்வனாமீட்டர் - அம்மீட்டர் மற்றும் வோல்ட் மீட்டராக மாற்றுதல் - மின்னோட்ட வளையம் ஒரு காந்த இரு முனை - காந்த இருமுனைத் திருப்புதிறன். சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் காந்தத் திருப்புத்திறன்.

## அலகு - 4 மின்காந்தத் தூண்டலும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும்
## (14 பாட வேளைகள்)

மின் காந்தத் தூண்டல் - பாரடே விதிகள் - தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை, மின்னோட்டம் - லென்ஸ் விதி.

தன் மின் தூண்டல் - பரிமாற்று மின் தூண்டல் - நீண்ட வரிச்சுருளின் தன்

மின்தூண்டல் எண் - இரு நீளமான வரிச்சுருள்களின் பரிமாற்று மின் தூண்டல் எண்.

மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டும் முறைகள் - (1) காந்தத் தூண்டலை மாற்றுவது (2) கம்பிச் சுருளின் பரப்பை மாற்றுவது (3) கம்பிச் சுருளின் திசையமைவை மாற்றுவது (கணிதவியல் பகுப்பாய்வு).

AC மின்னியற்றி - வணிக ரீதியான மின்னியற்றி (ஒரு கட்டம், மூன்று கட்டம்).

சுழல் மின்னோட்டம் - பயன்பாடுகள் - மின்மாற்றி - நீண்ட தொலைவிற்கு மின் திறன் அனுப்பீடு.

மாறுதிசை மின்னோட்டம் - ACஐ அளவிடுதல் - மின்தடையாக்கி உள்ள AC சுற்று - மின் தூண்டி உள்ள AC சுற்று, மின் தேக்கி உள்ள AC சுற்று - LCR தொடர் சுற்று - ஒத்திசைவு - Q காரணி - AC சுற்றுகளில் திறன்.

## அலகு - 5 மின்காந்த அலைகளும் அலை ஒளியியலும் (17 பாடவேளைகள்)

மின்காந்த அலைகளும் அவற்றின் சிறப்பியல்புகளும் - மின்காந்த நிறமாலை, ரேடியோ, மைக்ரோ அலைகள், அகச்சிவப்பு, கண்ணுரு, புறஊதா, X-கதிர்கள், காமாக் கதிர்கள்.

வெளிவிடு மற்றும் உட்கவர் நிறமாலை - வரி, பட்டை, தொடர் நிறமாலைகள் - ஒளிர்தலும் நின்றொளிர்தலும்.

ஒளியின் இயல்பு - நுண்துகள் - அலை - மின்காந்த மற்றும் குவாண்டம் கொள்கைகள்.

ஒளிச்சிதறல் - ராலே சிதறல் - டிண்டல் சிதறல் - இராமன் விளைவு - இராமன் நிறமாலை - வானவெளியின் நீலநிறத் தோற்றம் - சூரிய உதயம் மற்றும் சூரிய மறைவு சிவப்பு நிறத்தில் தோன்றுதல்.

அலை முகப்பு - ஹைஜென்ஸ் தத்துவம் - எதிரொளிப்பு, முக அக எதிரொளிப்பு, மற்றும் ஒளி விலகல் (சமதள அலை முகப்பு சமதளத்தில்).

குறுக்கீட்டு விளைவு - யங் இரட்டைப் பிளவுச் சோதனை - பட்டையின் அகலம் - ஓரியல் மூலங்கள் - ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவு - மெல்லேடுகளில் வண்ணங்கள் தோன்றுதல் (கணிதவியல் பகுப்பாய்வு) - நியூட்டன் வளையங்கள்.

விளிம்பு விளைவு - குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு - வேறுபாடுகள் - விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி.

ஒளியின் தளவிளைவு - எதிரொளிப்பால் தளவிளைவு - புருஸ்டர் விதி -

இரட்டை விலகல் - நைக்கல் பட்டகம் - தளவிளைவுற்ற ஒளியின் பயன்கள் - போலராய்டுகள் - தளவிளைவுச் சுழற்சி - தளவிளைவுமானி.

### அலகு - 6 அணு இயற்பியல் (16 பாடவேளைகள்)

அணுவின் அமைப்பு - எலக்ட்ரான் கண்டுபிடிப்பு - மின்னூட்ட நிறைத் தகவு (தாம்சன் முறை) - எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் (மில்லிகன் முறை) ஆல்பா சிதறல் - ரூதர்போர்டு அணு மாதிரி.

போர் மாதிரி - ஆற்றல் குவாண்டமாக்கப்படுதல் - ஆற்றல் மற்றும் அலை எண் சமன்பாடு - ஹைட்ரஜன் நிறமாலை - ஆற்றல் மட்ட படம் - சோடியம் மற்றும் பாதரச நிறமாலை - கிளர்ச்சி மற்றும் அயனியாக்க மின்னழுத்தங்கள். சாமர்பெல்டு அணுமாதிரி.

X-கதிர்கள் - உற்பத்தி, பண்புகள், கண்டுணர்தல், உட்கவர்தல், விளிம்புவிளைவு - லவே சோதனை - பிராக் விதி - பிராக் நிறமாலைமானி - X-கதிர் நிறமாலை - தொடர் மற்றும் சிறப்பு X-கதிர் நிறமாலை - மோஸ்லி விதியும் அணு எண்ணும்.

மேசர், லேசர் - தன்னிச்சையான மற்றும் தூண்டு உமிழ்வு - இயல்நிலை அணுத்தொகையும் அணுத்தொகை ஏற்றமும் - ரூபி லேசர், He-Ne லேசர், லேசர் ஒளியின் பண்புகளும் பயன்பாடுகளும் - முப்பரிமாண பிம்பம்.

### அலகு - 7 கதிர்வீச்சு மற்றும் பருப்பொருளின் இருமைப் பண்பும் - சார்பியல் கொள்கை (10 பாடவேளைகள்)

ஒளிமின் விளைவு - ஒளி அலைகளும் போட்டான்களும் - ஐன்ஸ்டீனின் ஒளிமின் சமன்பாடு - ஒளிமின் விளைவு விதிகள் - ஆற்றலின் துகள் பண்பு - வெளியேற்று ஆற்றல் - ஒளிமின்கலம் - பயன்பாடுகள்.

பருப்பொருள் அலைகள் - அணுவின் அலை எந்திரக் கருத்து - துகள்களின் அலைப் பண்பு - டி பிராலியின் சமன்பாடு - எலக்ட்ரானின் டி பிராலி அலைநீளம் - எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி.

வெளி, நிறை, காலம் பற்றிய கருத்து - மேற்கோள் அச்சுகள் (சட்டம்). சிறப்புச் சார்பியல் கொள்கை - திசைவேகத்தைச் சார்ந்து நீளம், காலம், நிறையின் ஒப்புமை - ($E=mc^2$)

## அலகு - 8 அணுக்கரு இயற்பியல்
## (14 பாட வேளைகள்)

அணுக்கருவின் பண்புகள் - அணுக்கருவின் ஆரம், நிறை, பிணைப்பாற்றல், அடர்த்தி, மின்னூட்டம் - ஐசோடோப்புகள் - ஐசோபார்கள் - ஐசோடோன்கள் - நிறைவழு - அணுக்கருவின் நிலைத்தன்மை - பெயின் பிரிட்ஜ் நிறமாலை மானி.

அணுக்கரு விசை - நியூட்ரான் - கண்டுபிடிப்பு - பண்புகள், செயற்கை மாற்றம் - துகள் முடுக்கி.

கதிரியக்கம் - $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ - கதிர்வீச்சுகளும், பண்புகளும் $\alpha$ - சிதைவு, $\beta$ - சிதைவு, $\gamma$ - சிதைவு. கதிரியக்கச் சிதைவு விதி - அரை ஆயுள் - சராசரி ஆயுள். செயற்கைக் கதிரியக்கம் - கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் - விளைவும் பயன்களும் - கெய்கர்-முல்லர் எண்ணி.

கதிரியக்கக் கார்பன் வயது கணிப்பு - கதிர்வீச்சின் தீமைகள்.

அணுக்கரு பிளவு - தொடர் வினை - அணுகுண்டு - அணுக்கரு உலை - அணுக்கரு இணைவு - ஹைட்ரஜன் குண்டு - காஸ்மிக் கதிர்கள் - அடிப்படைத் துகள்கள்.

## அலகு - 9 குறைக்கடத்தி கருவிகளும் அவற்றின் பயன்பாடுகளும்
## (26 பாடவேளைகள்)

குறைக் கடத்தி கொள்கை - திண்மங்களில் ஆற்றல் பட்டைகள் - ஆற்றல் கொள்கை அடிப்படையில் உலோகங்கள், மின்கடத்தாப் பொருள்கள் மற்றும் குறைக் கடத்திகளை வேறுபடுத்துதல் - குறைக் கடத்தியில் மாசூட்டல் - உள்ளார்ந்த மற்றும் புறவியலான குறைக்கடத்திகள்.

PN சந்தி உருவாதல் - மின்னழுத்த அரணும் இயக்கமில்லாப் பகுதியும் - PN சந்தி டையோடு, முன்னோக்கு மற்றும் பின்னோக்குச் சார்பு சிறப்பு வரைகள் - டையோடு மின்திருத்தி - செனர் டையோடு. செனர் டையோடு ஒரு மின்னழுத்தச் சீராக்கி - LED.

சந்தி டிரான்சிஸ்டர்கள் - சிறப்பு வரைகள் - டிரான்சிஸ்டர் ஒரு சுவிட்சாக - டிரான்சிஸ்டர் ஒரு பெருக்கி - டிரான்சிஸ்டர் சார்பு - பெருக்கிகளில் RC, LC, நேர் பிணைப்புகள் - பின்னூட்டப் பெருக்கி - நேர் மற்றும் எதிர் பின்னூட்டம் - எதிர் பின்னூட்டப் பெருக்கியின் நிறைகள் - அலையியற்றி - அலைவுகளின் நியதி - LC சுற்று - கால்பிட் அலையியற்றி.

லாஜிக் கேட்டுகள் - NOT, OR, AND, EXOR (தனித்தனி உறுப்புகளைப் பயன்படுத்தி) பொது கேட்டுகள் NAND, NOR - ஒற்றைச் சந்தி, இரட்டைச் சந்தி கருவிகள் - தொகுப்புச் சுற்றுகள்.

பூலியன் இயற்கணிதத்தின் தேற்றங்களும் விதிகளும் - செயல்பாட்டுப் பெருக்கி - பண்பளவுகள் - குறியீட்டு முறை - அடிப்படையான பயன்பாடுகள். புரட்டும் பெருக்கி, புரட்டாத பெருக்கி, கூட்டும் பெருக்கி, வேறுபாட்டுப் பெருக்கி.

அளவிடும் கருவிகள் - கேதோடுக் கதிர் அலைவுமானி - தத்துவம் - பாகங்கள் - பயன்கள் - மல்டி மீட்டர் - வடிவமைப்பும் பயன்களும்.

## அலகு - 10 தகவல் தொடர்பு அமைப்புகள்
## (15 பாடவேளைகள்)

பரவும் முறைகள் - தரை அலை - வான் அலைப் பரவல்.

வீச்சுப் பண்பேற்றம், நிறைகளும் குறைகளும் - பயன்பாடுகள் - அதிர்வெண் பண்பேற்றம் - நிறைகளும் பயன்பாடுகளும் - கட்டப் பண்பேற்றம்.

ஆண்டனா மற்றும் திசை நெறிப்படுத்தும் திறன்.

ரேடியோ ஒலிபரப்பு மற்றும் ஏற்பு - AM மற்றும் FM - கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பி.

தொலைக்காட்சி பரப்புதலும் ஏற்பும் - வரிக்கண்ணோட்டம் மற்றும் இசைவு செய்தல்.

வீடிகான் (காமிரா) மற்றும் படக் குழாய் - ஒற்றை நிற TV பரப்பி மற்றும் ஏற்பிச் சுற்றுகளும் கட்டப்படங்களும்.

ரேடார் - தத்துவம் - பயன்பாடுகள்.

டிஜிடல் தகவல் தொடர்பு - தகவல் ஒலிபரப்பும் ஏற்பும் - ஃபேக்ஸ், மோடம், துணைக்கோள் தொடர்பு - கம்பி, கேபிள், மெல்லிழை ஒளியியல் தகவல் தொடர்பு.

## சோதனைகள் (12 × 2 = 24 பாடவேளைகள்)

1. நிறமாலைமானியைக் கொண்டு, முப்பட்டகத்தின் கோணம் மற்றும் சிறுமத் திசைமாற்றக் கோணத்தைக் கணக்கிட்டு, முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடுதல்.
2. விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியையும் நிறமாலைமானியையும் கொண்டு, குத்தாகப் படும் முறையில் கூட்டொளியின் அலைநீளங்களைக் கணக்கிடுதல். (N-மதிப்பு அறிந்த மதிப்பு எனக் கருதி)
3. நியூட்டன் வளையங்கள் சோதனையின் உதவியுடன், குவிலென்சின் வளைவு ஆரத்தைக் கணக்கிடுதல்.
4. மீட்டர் சமனச்சுற்றைக் கொண்டு, கம்பியின் மின்தடையையும், கம்பிப் பொருளின் மின்தடை எண்ணையும் கணக்கிடுதல்.
5. மின்னழுத்தமானியைக் கொண்டு இரு முதன்மை மின்கலன்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்பிடுதல்.
6. டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரைக் கொண்டு, புவிகாந்தப் புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறினைக் கணக்கிடுதல்.
7. வட்டக் கம்பிச் சுருளின் அச்சின்மீது ஒரு புள்ளியில் காந்தப் புலத்தைக் கணக்கிடுதல்.
8. சுரமானி கம்பியைக் கொண்டு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுதல்.
9. (a) PN சந்தி டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு வரைகள் வரைந்து, முன்னோக்கு மின்தடையை கணக்கிடுதல்.

   (b) செனர் டையோடின் சிறப்பு வரைகள் வரைந்து, திருப்பு முறிவு மின்னழுத்தத்தைக் கணக்கிடுதல்.
10. பொது உமிழ்ப்பான் NPN டிரான்சிஸ்டரின் சிறப்பு வரைகள் வரைந்து, உள்ளீடு, வெளியீடு மின்னெதிர்ப்புகள் மற்றும் மின்னோட்டப் பெருக்கத்தைக் கணக்கிடுதல்.
11. IC 741-ஐக் கொண்டு அடிப்படைப் பெருக்கியை (OP - amp) வடிவமைத்தல் (புரட்டும், புரட்டாத, கூட்டும்).
12. தொகுப்புச் சுற்றுகளைக் கொண்டு அடிப்படை லாஜிக் கேட்டுகளைப் பற்றி அறிதல் (NOT,AND, OR, NAND, NOR, EXOR கேட்டுகள்).

# பொருளடக்கம்


| | | |
|---|---|---|
| | | பக்கம் |
| 1. | நிலை மின்னியல் | 1 |
| 2. | மின்னோட்டவியல் | 55 |
| 3. | மின்னோட்டத்தின் விளைவுகள் | 93 |
| 4. | மின்காந்தத் தூண்டலும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும் | 140 |
| 5. | மின்காந்த அலைகளும் அலை ஒளியியலும் | 188 |
| மடக்கை அட்டவணைகள் | | 241 |

# 1. நிலை மின்னியல்

நிலையான மின்னூட்டங்கள் அல்லது ஓய்வு நிலை மின்னூட்டங்களைப் பற்றி விளக்கும் இயற்பியலின் ஒரு பகுதி நிலை மின்னியல் எனப்படும். இப்பாடப் பகுதியில் நிலையான மின்னூட்டங்களின் அடிப்படை நிகழ்வுகளை அறிந்து கொள்வோம். ஈர்ப்புப் புலத்தில் உள்ள நிறைகளைப் போன்றதே மின்புலத்தில் உள்ள மின்னூட்டங்களும் ஆகும். மின்னூட்டங்கள் தங்களுக்கிடையே செயல்படும் விசைகளைப் பெற்றிருப்பதால், அவை நிலை ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளன. இக்கருத்துகள் மின்னோட்டவியலின் பல பிரிவுகளிலும், அணு பற்றிய கொள்கையிலும் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

## 1.1 நிலை மின்னியல் - உராய்வு மின்னியல்

கி.பி. 600-ல் தாலஸ் என்ற கிரேக்க அறிஞர் ஆம்பர் **(Amber)** என்ற பொருளின் சிறு துண்டினைக் கம்பளியில் தேய்க்க, அது காகிதம் போன்ற லேசானப் பொருள்களை கவரும் பண்பினை பெறுகிறது என்று கண்டறிந்தார். 17-ஆம் நூற்றாண்டில் வில்லியம் கில் பெர்ட் என்பவர், கண்ணாடி, எபோனைட் போன்றவை தகுந்த பொருள்களோடு தேய்க்கப்படும்போது இதே பண்பை வெளிப்படுத்துகின்றன என்று கண்டுபிடித்தார்.

இவ்வாறு தேய்க்கப்படும்போது, மின்னூட்டங்களைப் பெறும் பொருள்களை 'மின்னாக்கல் அடைந்தவை **(electrified)**அல்லது மின்னூட்டம் பெற்றவை' எனலாம். இவ்வார்த்தைகள் ஆம்பர் என்று பொருள்படும் எலக்ட்ரான் **(electron)** என்ற கிரேக்க வார்த்தையிலிருந்து பெறப்பட்டவையாகும். உராய்வினால் உருவாகும் மின்னோட்டம், உராய்வு மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படும். ஒரு பொருளில் உள்ள மின்னூட்டங்கள் நகரவில்லை எனில், அவ்வுராய்வு மின்னோட்டத்தை நிலை மின்னோட்டம் என்றும் அழைக்கலாம்.

### *1.1.1 மின்னூட்டங்களின் இரு வகைகள்*

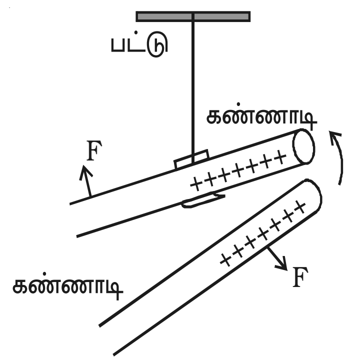
**(i)** ஒரு கண்ணாடித் தண்டை, பட்டுத் துணியுடன் தேய்க்க, கண்ணாடித் தண்டு நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது. பட்டுத்துணி அதே அளவு எதிர் மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது.

**(ii)** எபோனைட் தண்டு ஒன்றை கம்பளியால் தேய்க்க, எபோனைட் எதிர் மின்னூட்டமடைகிறது. கம்பளியானது அதே அளவு நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது. மின்னூட்டங்கள், அமெரிக்க அறிவியல் அறிஞர் பெஞ்சமின் பிராங்களின் என்பவரால், நேர் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டங்கள் என இருவகையாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

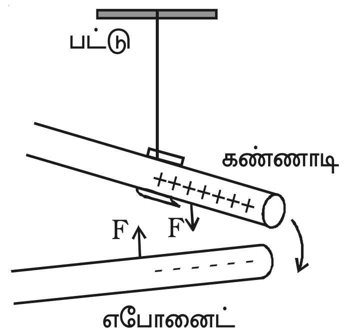
ஆகவே தேய்ப்பதினால், மின்னூட்டமடையும் தண்டு ஒன்றில், மின்னோட்டம் உருவாக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் பொருளினுள் மின்னூட்டங்கள் மாற்றியமைக்கப் படுகின்றன அல்லது மின்னூட்டங்கள் பகிர்ந்தளிக்கப்படுகின்றன.

### *1.1.2 ஓரின மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று விரட்டும். வேறின மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று கவரும் - சோதனையியல் சரிபார்ப்பு*

பட்டு இழையால் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள மின்னூட்டப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டு ஒன்று கிடைத்தளத்தில் அலைவுறுகிறது. தற்போது அதன் முனைக்கருகில் மற்றொரு மின்னூட்டம் பெற்ற கண்ணாடித் தண்டு கொண்டு வரப்பட்டால், இரு முனைகளும் ஒன்றையொன்று விரட்டுவதைக் காணலாம் (படம் 1.1). இருந்த போதிலும் மின்னூட்டப்பட்ட எபோனைட் தண்டானது, தொங்கவிடப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டின் முனைக்கருகில் கொண்டு வரப்பட்டால், இரு தண்டுகளும் ஒன்றையொன்று கவர்கின்றன (படம் 1.2). இச்சோதனை மூலம் ஓரின மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று விரட்டும், வேறின மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று கவரும் என தெரிய வருகிறது.




*படம் 1.1 ஓரின மின்னூட்டம் பெற்ற இரு மின்னூட்ட தண்டுகள்*




*படம் 1.2 வேறின மின்னூட்டம் பெற்ற இரு மின்னூட்ட தண்டுகள்*

மின்னூட்டம் பெற்ற பொருள்களுக்கிடையே தோன்றும் கவரும் மற்றும் விரட்டும் பண்புகள், நிலை மின்னியல் முறையில் வண்ணம் தெளித்தல், துகள் பூச்சு, புகைக் கூண்டுகளில் பறக்கும் சாம்பலை சேகரித்தல், மை தெளிப்பு பதிப்பு எந்திரம் **(Ink-Jet-Printer)** மற்றும் அச்சு பகர்ப்பு நகல் எந்திரம் **(Xerox)** போன்ற பல்வேறு பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளன.

### *1.1.3 கடத்திகள் மற்றும் காப்பான்கள்*

நிலை மின்பண்புகளின் அடிப்படையில் பொருள்களை, மின் கடத்திகள் மற்றும் மின் கடத்தாப் பொருள்கள் (மின்காப்பு பொருள்கள்) என இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். மின்னூட்டத்தை தன் வழியே செல்ல அனுமதிக்கும் பொருள்கள் மின் கடத்திகள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டுகள் உலோகங்கள், மனித உடல், புவி போன்றவை. மின்னூட்டங்களை தன் வழியே செல்ல அனுமதிக்காத பொருள்கள் மின்கடத்தாப் பொருள்கள் (காப்பான்கள்) எனப்படும். எடுத்துக்காட்டுகள் கண்ணாடி, மைக்கா, எபோனைட், பிளாஸ்டிக் போன்றவை.

### *1.1.4 மின்னூட்டங்களின் அடிப்படைப் பண்புகள்*

**(i) மின்னூட்டங்களின் குவாண்டமாக்கல்**

ஒரு மின்னூட்டத்தின் e அடிப்படை அலகு என்பது, ஒரு எலக்ட்ரான் தாங்கிச் செல்லும் மின்னூட்டத்தின் அளவாகும். இதன் அலகு Coulomb ஆகும். e-ன் எண் மதிப்பு $1.6 \times 10^{-19}$ C.

இயற்கையில் எந்த ஒரு அமைப்பின் மின்னூட்டமும், ஒரு மின்னூட்டத்தின் சிறும மதிப்பின் முழு எண் மடங்குகளாகவே எப்போதும் அமைகிறது. மின்னூட்டத்தின் அளவு, e-ன் முழு எண் மடங்கு கொண்ட பல தனித்த மதிப்புகளில் ஏதேனும் ஒன்றை மட்டும் பெறுகிறது. எனவே மின்னூட்டம் $q = ne$. இதில் n-என்பது ஒரு முழு எண் ஆகும்.

**(ii) மின்னூட்டங்களின் அழிவின்மை**

மின்னூட்டங்களை ஆக்கவோ அழிக்கவோ முடியாது. மின்னூட்ட அழிவின்மை விதியின்படி, தனித்த அமைப்பு ஒன்றின் மொத்த மின்னூட்டம் எப்போதும் மாறிலியாகும். ஆனால், அமைப்பின் மொத்த மின்னூட்டம் எப்போதும் மாறாத வகையில், அமைப்பின் ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்ற பகுதிக்கு மின்னூட்டங்கள் மாற்றப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, யுரேனியம் $({}_{92}U^{238})$ ஆல்பா துகளை (${}_{2}He^{4}$ அணுக்கரு) வெளியிட்டு தோரியமாக $({}_{90}Th^{234})$ மாறுகிறது.

$$ {}_{92}U^{238} \longrightarrow {}_{90}Th^{234} + {}_{2}He^{4} $$

சிதைவுக்கு முன் மொத்த மின்னூட்டம் = + 92e, சிதைவுக்குப் பின் மொத்த மின்னூட்டம் = 90e + 2e. எனவே மொத்த மின்னூட்டம் மாறாமல் உள்ளது. அதாவது, மாறிலியாக அமைகிறது.

**(iii) மின்னூட்டங்களின் கூட்டல் பண்பு**

ஒரு அமைப்பின் மொத்த மின்னூட்டமானது, அமைப்பில் உள்ள அனைத்து மின்னூட்டங்களின் குறியியல் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம். எடுத்துக்காட்டாக, +2q, -5q மின்னூட்டங்கள் கொண்ட இரு பொருள்கள் சேர்த்து வைக்கப்படும்போது, அமைப்பின் மொத்த மின்னூட்டம் -3q ஆகும்.

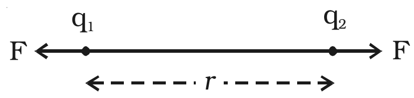
### *1.1.5 கூலும் விதி*

1785-ல் கூலும் என்பவரால், இரு மின்னூட்டம் பெற்ற பொருள்களுக்கிடையேயான விசையானது கண்டறியப்பட்டது.

கூலும் விதியின்படி, இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களுக்கு இடையேயான கவர்ச்சி விசை அல்லது விரட்டு விசையானது, மின்னூட்டங்களின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர்த்தகவிலும், அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த் தகவிலும் அமையும். மின்னூட்டங்களை இணைக்கும் கோட்டின் வழியே விசையின் திசை அமையும்.

காற்று அல்லது வெற்றிடத்தில், r தொலைவில் அமைந்த இரு மின்னூட்டங்கள் $q_1$ மற்றும் $q_2$ என்க (படம் 1.3a).

கூலும் விதிப்படி,




படம் 1.3a கூலும் விசைகள்

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \text{ (அல்லது) } F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

இதில் k என்பது விகித மாறிலி ஆகும்.

காற்று அல்லது வெற்றிடத்தில், $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$, இதில் $\varepsilon_o$ என்பது வெற்றிடத்தின் விடுதிறன் ஆகும். $\varepsilon_o$-ன் மதிப்பு $8.854 \times 10^{-12}$ $C^2$ $N^{-1}$ $m^{-2}$ ஆகும்.

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \ldots(1)$$

மற்றும் $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = 9 \times 10^9$ N $m^2$ $C^{-2}$

மேற்காண் சமன்பாட்டில், $q_1 = q_2 = 1C$ மற்றும் $r = 1m$ எனில்

$$F = (9 \times 10^9) \frac{1 \times 1}{1^2} = 9 \times 10^9 \text{ N}$$

காற்றிலோ அல்லது வெற்றிடத்திலோ, ஒரு மீட்டர் இடைவெளியில், வைக்கப்பட்டுள்ள, ஒத்த மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயான விரட்டு விசை $9 \times 10^9$ N எனில் அம்மின்னூட்ட மதிப்பு ஒரு கூலும் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$\varepsilon$ விடுதிறன் கொண்ட ஊடகத்தில் மின்னூட்டங்கள் வைக்கப்படுமாயின், இரு மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயான விசையின் அளவு

$$F_m = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \ldots(2)$$

சமன்பாடு (1)ஐ (2)ஆல் வகுக்க

$$\frac{F}{F_m} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} = \varepsilon_r$$

தகவு $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} = \varepsilon_r$ என்பது ஊடகத்தின் ஒப்புமை விடுதிறன் அல்லது மின்காப்பு மாறிலி என்றழைக்கப்படும். காற்று அல்லது வெற்றிடத்திற்கு $\varepsilon_r$-ன் மதிப்பு 1 ஆகும்.

$$\therefore \varepsilon = \varepsilon_o \varepsilon_r$$

$F_m = \frac{F}{\varepsilon_r}$ என்பதால், இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள விசை, மின்னூட்டங்கள் அமையப்பெற்றுள்ள ஊடகத்தின் இயல்பைப் பொருத்தமைகிறது.

***கூலும் விதி - வெக்டர் வடிவம்***

$\vec{F}_{21}$ என்பது மின்னூட்டம் $q_1$-ஆல், $q_2$ மீது தோற்றுவிக்கப்படும் விசை எனில் (படம் 1.3**b**),

$$\vec{F}_{21} = k\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\ \hat{r}_{12}$$

இதில் $\hat{r}_{12}$ என்பது $q_1$-லிருந்து $q_2$-க்கான அலகு வெக்டர் ஆகும்.

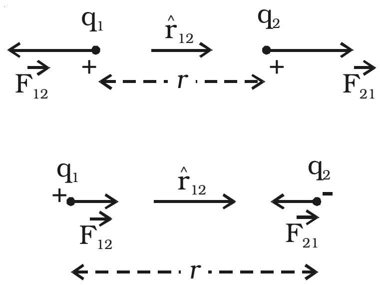
$\vec{F}_{12}$ என்பது மின்னூட்டம் $q_2$-ஆல் $q_1$ மீது தோற்றுவிக்கப்படும் விசை எனில்,

$$\vec{F}_{12} = k\frac{q_1 q_2}{r_{21}^2}\ \hat{r}_{21}$$

இதில் $\hat{r}_{21}$ என்பது $q_2$-லிருந்து $q_1$-க்கான அலகு வெக்டர் ஆகும்.

( $\hat{r}_{21}$ மற்றும் $\hat{r}_{12}$ இரண்டும் ஒரே மதிப்பினை உடையதாகவும், எதிரெதிர்த் திசையிலும் அமைகின்றன.)

$$\therefore\ \vec{F}_{12} = k\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\ (-\ \hat{r}_{12})$$




***படம் 1.3b வெக்டர் வடிவத்தில் கூலும் விதி***

அல்லது $$\vec{F}_{12} = -k\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\ \hat{r}_{12}$$

அல்லது $$\vec{F}_{12} = -\ \vec{F}_{21}$$

எனவே, மின்னூட்டங்களில் ஒன்று மற்றொன்றின் மீது செலுத்தும் விசை அளவில் சமமாகவும், எதிர்த் திசையிலும் அமைகிறது.

### *1.1.6 மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்*

மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தின் மூலம் $q_1$ என்ற மின்னூட்டம் $q_2$, $q_3$ ....... $q_n$ என்ற மின்னூட்டங்களினால் உணரும் மின் விசையைக் கணக்கிடலாம்.

ஒரு மின்னூட்டத்தின் மீதான மொத்த விசை என்பது மற்ற மின்னூட்டங்கள் அம்மின்னூட்டத்தின் மீது தோற்றுவிக்கும் விசைகளின் வெக்டர் கூடுதலாகும்.

$q_2$-வினால் $q_1$ மீதான விசை

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_2}{r_{21}^2}\ \hat{r}_{21}$$

இதே போல், $q_3$ யினால் $q_1$ மீதான விசை

$$\vec{F}_{13} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1q_3}{r_{31}^2}\hat{r}_{31}$$

அனைத்து மின்னூட்டங்களினால் $q_1$ மீது உருவாகும் மொத்த விசை $F_1$.

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} \,\ldots\ldots\ldots + \vec{F}_{1n}$$

எனவே, $$\vec{F}_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{q_1q_2}{r_{21}^2}\hat{r}_{21} + \frac{q_1q_3}{r_{31}^2}\hat{r}_{31} + \ldots\ldots\frac{q_1q_n}{r_{n1}^2}\hat{r}_{n1}\right]$$

## 1.2 மின்புலம்

ஒரு மின்னூட்டத்தின் மின்புலம் என்பது, அம்மின்னூட்டத்தைச் சுற்றியுள்ள வெளியில், ஒரு சோதனை மின்னூட்டத்தால் உணரப்படும் விசையாகும். ஒரு மின்னூட்டத்திற்கு அருகில் மற்றொரு மின்னூட்டத்தைக் கொண்டு வந்தாலொழிய மின்னூட்டத்தைச் சுற்றியுள்ள மின்புலத்தைக் கண்டறிய முடியாது.

மின்புலத்திற்குக் காரணமான மின்னூட்டம் q-க்கு அருகில், சோதனை மின்னூட்டம் $q_o$ வைக்கப்படுமானால் அதன் மீது நிலை மின்னியல் விசை F செயல்படுகிறது.

### *மின்புலச் செறிவு (E)*

ஒரு புள்ளியில் மின்புலம், மின்புலச் செறிவின் மூலம் அளவிடப்படுகிறது. மின்புலத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஓரலகு நேர் மின்னூட்டம் உணரும் விசை, அப்புள்ளியில் மின்புலச் செறிவு என்றழைக்கப்படுகிறது. இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். $|\vec{E}| = \frac{|\vec{F}|}{q_o}$. மின்புலச் செறிவின் அலகு $N\,C^{-1}$.

மின்புலச் செறிவை, மின்புல வலிமை அல்லது மின்புலம் என்றும் குறிப்பிடலாம். எனவே, மின்புலம் மின்னூட்டத்தின் மீது தோற்றுவிக்கும் விசை, $F = q_oE$ ஆகும்.

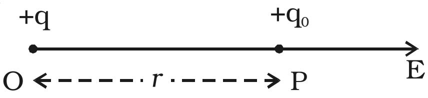
### *1.2.1 புள்ளி மின்னூட்டத்தால் விளையும் மின்புலம்*

காற்றில் O என்ற புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள q என்ற மின்னூட்டத்தைக் கருதுவோம் (படம் 1.4). மின்னூட்டம் q விலிருந்து r தொலைவில், புள்ளி Pயில், சோதனை மின்னூட்டம் $q_o$ வைக்கப்பட்டுள்ளது. கூலும் விதியின்படி, q-வினால் $q_o$ மீதான விசை,

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q\ q_o}{r^2}$$

புள்ளி Pயில் மின்புலமானது, வரையறையின்படி, ஓரலகு சோதனை மின்னூட்டத்தின் மீதான விசையாகும்.

$$E = \frac{F}{q_o} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}$$




*படம் 1.4 புள்ளி மின்னூட்டத்தால் விளையும் மின்புலம்*

E-ன் திசை, O, P புள்ளிகளை இணைக்கும் கோட்டின் வழியே, நேர் மின்னூட்டமாக இருந்தால் வெளிநோக்கியும், எதிர் மின்னூட்டமாக இருந்தால் உள் நோக்கியும் அமையும்.

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}\hat{r}$ என்பது மின்புலத்தின் வெக்டர் குறியீடாகும். இதில் $\hat{r}$ என்பது q-லிருந்து வெளிநோக்கி அமையும் அலகு வெக்டர் ஆகும்.

### *1.2.2 பல்வேறு மின்னூட்டங்களைப் பெற்ற தொகுப்பினால் விளையும் மின்புலம்*

பல நிலையான மின்னூட்டங்களினால், ஒரு புள்ளியில் உருவாகும் தொகுபயன் மின்புலம் (செறிவு) தனித்தனி மின்னூட்டத்தினால் அந்த புள்ளியில் விளையும் மின்புலங்களின் வெக்டர் கூடுதலுக்குச் சமம்.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \ldots\ldots \vec{E}_n$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{q_1}{r_1^2}\hat{r}_1 + \frac{q_2}{r_2^2}\hat{r}_2 + \frac{q_3}{r_3^2}\hat{r}_3 + \ldots\ldots\ldots\right]$$

### *1.2.3 மின் விசைக் கோடுகள்*

மின் மற்றும் காந்தப் புலங்களைக் கற்பனை செய்து கொள்வதற்காக மைக்கேல் பாரடே என்பவரால் புலக்கோடுகள் என்ற கருத்து அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது.

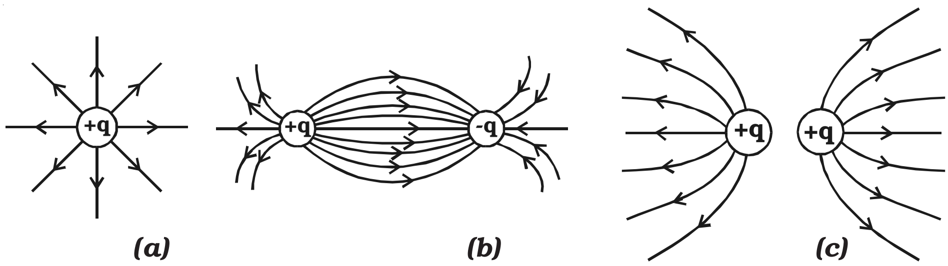
மின்புலத்தில் ஓரலகு நேர்மின்னூட்டம் ஒன்று, நகர முயற்சிக்கும் நேரான அல்லது வளைவான கற்பனைப் பாதை மின்விசைக்கோடு எனப்படும்.

சில புள்ளி மின்னூட்டங்களினால் ஏற்படும் மின்புலங்கள் படம் 1.5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

#### *மின்விசைக்கோடுகளின் பண்புகள்*

**(i)** மின்விசைக்கோடு நேர் மின்னூட்டத்தில் தொடங்கி எதிர் மின்னூட்டத்தில் முடிவடைகிறது.

**(ii)** மின் விசைக்கோடுகள் ஒருபோதும் ஒன்றையொன்று வெட்டிச் செல்லாது.




*தனித்த மின்னூட்டம்  வேறின மின்னூட்டங்கள்  ஓரின மின்னூட்டங்கள்*

*படம் 1.5 மின் விசைக்கோடுகள்*

**(iii)** ஒரு புள்ளியில் மின்புலத்தின் திசை (E), அப்புள்ளியில் உள்ள மின் விசைக்கோட்டுக்கு வரையப்படும் தொடுகோட்டினால் குறிக்கப்படும்.

**(iv)** மின்விசைக்கோடுகளுக்கு நேர்க்குத்தான திசையில், ஓரலகு சமதளப் பரப்பின் வழியே செல்லும் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை மின்புலச் செறிவு E-க்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். அதாவது E-ன் மதிப்பு அதிகமான இடங்களில் கோடுகள் நெருக்கமாகவும், E-ன் மதிப்பு குறைவான இடங்களில் கோடுகள் இடைவெளி விட்டும் இருக்கும்.

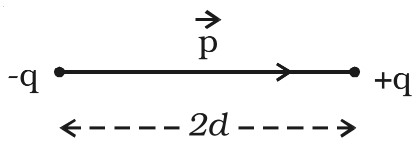
(v) ஒவ்வொரு ஓரலகு நேர்மின்னூட்டமும், $\frac{1}{\varepsilon_o}$ அளவுள்ள மின்விசைக் கோடுகளை வெற்றிடத்தில் உருவாக்கும். எனவே வெற்றிடத்தில் ஒரு புள்ளி மின்னூட்டம் q-விலிருந்து உருவாகும் மின்விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை

$$N = \frac{q}{\varepsilon_o}.$$

### *1.2.4 மின் இருமுனை மற்றும் இருமுனைத் திருப்புத்திறன்*

இரு சமமான, எதிரெதிரான, மிகச் சிறிய இடைவெளியில் பிரிக்கப்பட்டுள்ள மின்னூட்டங்கள் ஒரு மின் இருமுனையாகும். நீர், அம்மோனியா, கார்பன்-டை-ஆக்சைடு மற்றும் குளோரோபார்ம் மூலக்கூறுகள் நிலையான மின் இரு முனைகளுக்கு சில எடுத்துக்காட்டுகளாகும். இம்மூலக்கூறுகளில் நேர்மின்னூட்டத்தின் மையமும், எதிர் மின்னூட்டத்தின் மையமும் ஒன்றாகப் பொருந்தியமையாமல், சிறிது இடைவெளியில் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

+q மற்றும் -q என்ற இரு புள்ளி மின்னூட்டங்கள் 2d தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 1.6). மின் இரு முனையின் திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பானது ஏதேனும் ஒரு



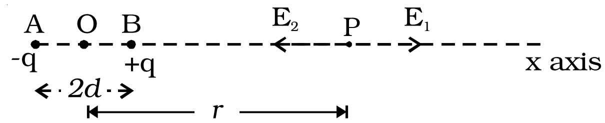

*படம் 1.6 மின் இருமுனை*

மின்னூட்டத்தின் எண்மதிப்பினை மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவினால் பெருக்கக் கிடைப்பதாகும்.

∴ மின் இருமுனையின் திருப்புத் திறன் P = 2qd. இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதன் திசை -qலிருந்து +q நோக்கி அமையும். இதன் அலகு C m ஆகும்.

### *1.2.5 மின் இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்புலம்*

AB என்பது, -q மற்றும் +q என்ற இரு புள்ளி மின்னூட்டங்கள் 2d என்ற சிறு தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மின் இருமுனை ஆகும் (படம் 1.7). இருமுனையின் மையம் Oவிலிருந்து, அச்சுக்கோட்டில், r தொலைவில் அமைந்துள்ள புள்ளி P ஆகும்.




*படம் 1.7 அச்சுக்கோட்டில் உள்ள புள்ளியில் மின்புலம்*

B-யில் உள்ள +q மின்னூட்டத்தினால் புள்ளி P-யில் மின்புலம்

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r-d)^2} \quad \text{(BP வழியே)}$$

A-யில் உள்ள -qவினால் புள்ளி P-யில் மின்புலம்

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r+d)^2} \quad \text{(PA வழியே)}$$

$E_1$ மற்றும் $E_2$ எதிரெதிர்த் திசையில் செயல்படுகின்றன.

எனவே, தொகுபயன் மின்புலத்தின் அளவானது (E) பெரும எண்மதிப்பு கொண்ட வெக்டரின் திசையில் செயல்படுகிறது. புள்ளி Pயில் தொகுபயன் மின்புலம்

$$E = E_1 + (-E_2)$$

$$E = \left[\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r-d)^2} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r+d)^2}\right] \text{BP வழியே}$$

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{1}{(r-d)^2} - \frac{1}{(r+d)^2}\right] \text{ BP வழியே}$$

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{4rd}{(r^2-d^2)^2}\right] \text{ BP வழியே}$$

இரு முனையிலிருந்து புள்ளி Pயின் தொலைவு மிக அதிகம் எனில் $d << r$

$$\therefore \qquad E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{4rd}{r^4} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{4d}{r^3}$$

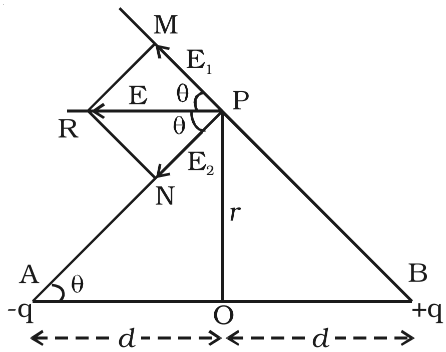
$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{2p}{r^3} \quad \text{(BP வழியே)}$$

($\because$ மின் இருமுனை திருப்புத் திறன் $p = q \times 2d$)

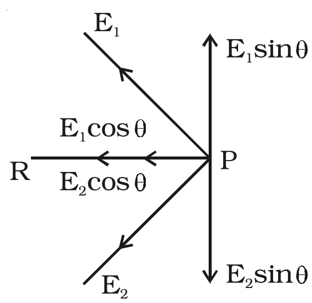
E-யானது மின் இருமுனையின் திருப்புத்திறன் திசையில் செயல்படுகிறது.

### *1.2.6 மின் இருமுனையின் நடுவரைக் கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்புலம்*

AB என்ற மின் இருமுனை ஒன்றைக் கருதுவோம். 2d என்பது இருமுனையின் இடைத்தொலைவு எனவும், p என்பது இருமுனையின் திருப்புத் திறன் எனவும் கொள்வோம். இருமுனையின் மையம் O-விலிருந்து r தொலைவில் நடுவரைக் கோட்டில் அமைந்துள்ள புள்ளி P என்க (படம் 1.8a).




***(a)*** *நடுவரைக் கோட்டில் உள்ள புள்ளியில் மின்புலம்*




***(b)*** *மின்புலத்தின் கூறுகள்*

*படம் 1.8*

மின் இருமுனையின் +q மின்னூட்டத்தில் புள்ளி P-யில் மின்புலம்,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{BP^2} \quad \text{(BP வழியே)}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r^2+d^2)} \quad \text{(BP வழியே)} \quad (\because BP^2 = OP^2 + OB^2)$$

மின் இருமுனையின் -q மின்னூட்டத்தால் புள்ளி Pயில் மின்புலம்,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{AP^2} \quad \text{(PA வழியே)}$$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r^2+d^2)} \quad \text{(PA வழியே)}$$

$E_1$ மற்றும் $E_2$ -ன் எண் மதிப்புகள் சமம். $E_1$ மற்றும் $E_2$-வை செங்குத்து மற்றும் கிடைத்தளக் கூறுகளாகப் பிரிக்கும்போது (படம் 1.8b).

செங்குத்துக் கூறுகள் $E_1 \sin\theta$ மற்றும் $E_2 \sin\theta$ அளவில் சமமாகவும் எதிரெதிர்த் திசையிலும் அமைவதால் ஒன்றையொன்று சமன் செய்கின்றன.

கிடைத்தள கூறுகள் $E_1 \cos\theta$ மற்றும் $E_2 \cos\theta$ இரண்டும் PR-திசையில் கூட்டப்படுகின்றன.

மின் இருமுனையால் புள்ளி Pயில் தொகுபயன் மின்புலம்

$$E = E_1 \cos\theta + E_2 \cos\theta \quad \text{(PR திசையில்)}$$

$$E = 2\, E_1 \cos\theta \qquad (\because E_1 = E_2)$$

$$\therefore \quad E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r^2+d^2)} \times 2\cos\theta$$

$$\text{ஆனால் } \cos\theta = \frac{d}{\sqrt{r^2+d^2}}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r^2+d^2)} \times \frac{2d}{(r^2+d^2)^{1/2}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q2d}{(r^2+d^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{p}{(r^2+d^2)^{3/2}} \qquad (\because p = q2d)$$

r-உடன் ஒப்பிட d தொலைவு மிகச் சிறியதாகும்.

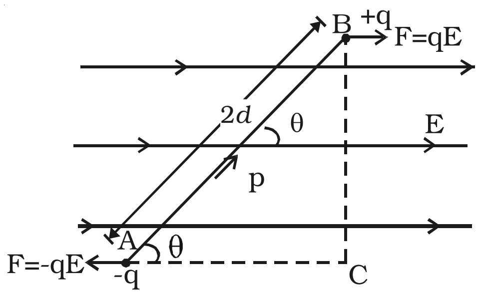
$$\therefore \quad E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{p}{r^3}$$

E-ன் திசை மின் இருமுனையின் அச்சுக்கு இணையாக PR - வழியாகவும், இரு முனையின் திருப்புத் திறனின் திசைக்கு எதிர்த் திசையிலும் அமைகிறது.

### *1.2.7 சீரான மின்புலத்தில் மின் இருமுனை*

சீரான மின்புலத்தில் (E), AB என்ற மின் இருமுனை, கோணம் $\theta$ சாய்வாக இருப்பதாகக் கொள்வோம். அதன் இருமுனை திருப்புத் திறன் p என்க

(படம் 1.9). மின்னூட்டம் +q மின்புலத்தின் திசையில் qE என்ற விசையை உணர்கிறது. -q அதே அளவு விசையை எதிர்த் திசையில் உணர்கிறது. எனவே இருமுனை மீதான தொகுபயன் விசை சுழியாகும். இரு சமமான, எதிரெதிர்த் திசையில் இணையாகச் செயல்படும் விசைகள் ஒரே புள்ளியின் வழியே செல்லாது. எனவே, இருமுனை மீது திருப்பு விசை ஒன்று உருவாகிறது. இது மின் இருமுனையை மின்புலத்தின் திசையில் சமநிலைக்கு கொண்டு வர முயலும்.



*படம் 1.9 சீரான மின்புலத்தில் மின் இருமுனை*

திருப்பு விசையின் எண் மதிப்பு,

$\tau$ = விசைகளில் ஒன்று × விசைகளுக்கு இடையேயான செங்குத்துத் தொலைவு

$= F \times 2d \sin\theta$

$= qE \times 2d \sin\theta = pE \sin\theta \qquad (\because q \times 2d = p)$

வெக்டர் குறியீட்டில் $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$

குறிப்பு : சீரற்ற மின்புலத்தில், மின் இருமுனை $\theta$ கோண சாய்வில் அமையுமானால், திருப்பு விசையுடன், கூடுதலாக மேலும் ஒரு விசையைப் பெறுகிறது.

### *1.2.8 மின்புலத்தில் உள்ள மின் இருமுனையின் மின்னழுத்த ஆற்றல்*

மின்புலத்தில் உள்ள மின் இருமுனையின் மின்னழுத்த ஆற்றல் என்பது மின்புலத்தில் மின் இருமுனையை தேவையான நிலைக்கு சுழற்றுவதற்குரிய வேலை ஆகும்.

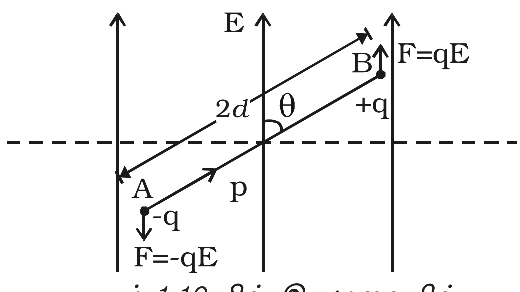
p மின் இருமுனை திருப்புத் திறன் கொண்ட ஒரு மின் இருமுனை, E மின்புலத்தில், $\theta$ கோணத்தில் உள்ள போது, அதன் மீதான திருப்பு விசை,

$\tau = pE \sin\theta$

இருமுனையை, $d\theta$ கோணம் சுழற்ற, செய்யப்படும் வேலை

$dw = \tau . d\theta$

$= pE \sin\theta . d\theta$



*படம் 1.10 மின் இருமுனையின் மின்னழுத்த ஆற்றல்*

எனவே, இருமுனை $\theta$ கோணத்தில் சுழற்ற செய்யப்படும் வேலை,

$$W = \int dw$$

$$W = pE \int \sin\theta . d\theta = -pE \cos\theta$$

இவ்வேலையானது, மின் இருமுனையின் நிலை ஆற்றலாகும் (U).

$$\therefore \quad U = -\ pE \cos\theta$$

மின் இருமுனையை புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமைத்தால், $\theta = 0^o$

$$\therefore \quad U = -pE$$

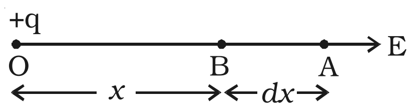
மின்புலத்தில் உள்ள இருமுனை உணரும் திருப்பு விசையானது ($\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$) இரு முனையை புலத்தின் திசையிலேயே ஒருங்கமையச் செய்ய முயலும். இதன் காரணமாக, மின்நிலையாற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக சூழலுக்கு வெளிப்படுகிறது.

### *மைக்ரோ அலை சமையல்கலன் (Microwave oven)*

இது, மிகக் குறுகிய காலத்தில் உணவு சமைக்கப் பயன்படுகிறது. கலன் செயல்படும்போது, மைக்ரோ அலைகள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. இவை சீரற்ற அலைவுறும் மின்புலத்தை உருவாக்குகின்றன. உணவிலுள்ள நீர்ம மூலக்கூறுகள், மின் இருமுனைகளாக அமைவதால், அலைவுறும் திருப்பு விசைக்கு உள்ளாக்கப்பட்டு ஒரு சில நீர்ம மூலக்கூறுகளின் பிணைப்புகள் முறிக்கப்படுகின்றன. இதனால் வெப்ப ஆற்றல் உருவாகி, உணவு சமைக்கப்படுகிறது.

## 1.3 மின்னழுத்தம்

O என்ற புள்ளியில் +q என்ற மின்னூட்டம் உள்ளதாகக் கருதுவோம் (படம் 1.11). A, B என்பன மின்புலத்தில் உள்ள இரு புள்ளிகள் என்க. ஓரலகு நேர்மின்னூட்டமானது A யிலிருந்து Bக்கு நகர்த்தப்படுமாயின் வேலை செய்யப் படுகிறது. இந்த வேலையே அவ்விரு புள்ளிகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும். அதாவது, $dV = W_{A \to B}$.




*படம் 1.11 மின்னழுத்தம்*

மின்புலத்தில் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு என்பது ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு மின் விரட்டு விசைக்கு எதிராக ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தை நகர்த்தச் செய்யப்படும் வேலை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலகு வோல்ட் ஆகும். ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு ஒரு கூலும் நேர் மின்னூட்டத்தை மின் விசைக்கெதிராக எடுத்துச் செல்லச் செய்யப்படும் வேலை ஒரு ஜூல் எனில் அப்புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒரு வோல்ட் ஆகும்.

மின்புலத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம் என்பது ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து மின்விசைக்கு எதிராக, அப்புள்ளிக்கு கொண்டு வரச் செய்யப்படும் வேலை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

### *மின்புலச் செறிவிற்கும் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு*

A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள சிறு தொலைவு $dx$ என்க. ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தை A யிலிருந்து B-க்கு நகர்த்தச் செய்யப்படும் வேலை $dV = E.dx$.

மின்விரட்டு விசைக்கு எதிராக, +q மின்னூட்டத்தை நோக்கி ஓரலகு மின்னூட்டத்தை நகர்த்த வேலை செய்யப்படுகிறது. எனவே,

$$dV = -E.dx$$

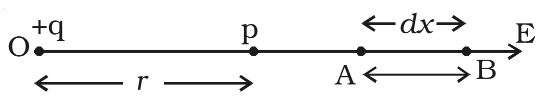
$$E = \frac{-dV}{dx}$$

தொலைவைப் பொறுத்த மின்னழுத்த மாற்றம் மின்னழுத்தச் சரிவாகும். எனவே மின்புலச் செறிவானது எதிர்க் குறியிடப்பட்ட மின்னழுத்தச் சரிவுக்கு சமமாகும்.

எதிர்க்குறியானது மின்புலத்தின் திசையில் மின்னழுத்தம் குறைவதைக் குறிக்கிறது. மின்புலச் செறிவிற்கு $V\ m^{-1}$ என்ற அலகும் பயன்படுத்தப்படலாம்.

### *1.3.1 ஒரு புள்ளி மின்னூட்டத்தால் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் மின்னழுத்தம்*

காற்றில் புள்ளி Oயில் வைக்கப்பட்டுள்ள தனித்த புள்ளி மின்னூட்டம் +q என்க. +q-லிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளி P என்க. புள்ளி O-யிலிருந்து $x$ மற்றும் $x + dx$ தொலைவில் உள்ள புள்ளிகள் A மற்றும் Bயைக் கருதுவோம் (படம் 1.12).




*படம் 1.12 புள்ளி மின்னூட்டத்தால் மின்புலம்*

A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$dV = -E.dx$$

Aயில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தால் உணரப்படும் விசை,

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{q}{x^2}$$

$$\therefore\ dV = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{x^2}\ .\ dx$$

செய்யப்படும் வேலை, மின் விசைக்கு எதிரானது என்பதை எதிர்க்குறி குறிக்கிறது.

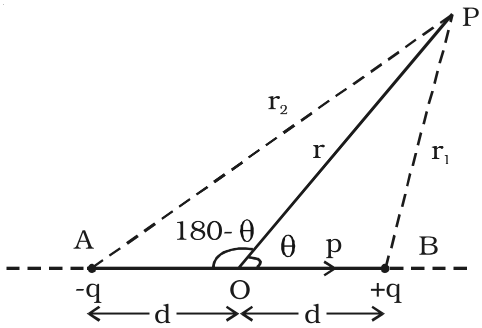
+q மின்னூட்டத்தினால் P-ல் மின்னழுத்தம் என்பது, ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து, அப்புள்ளிக்குக் கொண்டு வரச் செய்யப்படும் மொத்த வேலையாகும்.

$$V = -\int_{\infty}^{r} \frac{q}{4\pi\varepsilon_o x^2}\ .\ dx = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o r}$$

### 1.3.2 மின் இருமுனையால் ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம்

2d என்ற சிறு தொலைவில் பிரிக்கப்பட்ட, A, B புள்ளிகளில் உள்ள -q மற்றும் +q என்ற இரு மின்னூட்டங்கள் மின் இருமுனையை உருவாக்குகின்றன. இதன் இரு முனை திருப்புத்திறன் p ஆகும். (படம் 1.13)

P என்பது இருமுனையின் O என்ற மையப் புள்ளியிலிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளி. மேலும் இப்புள்ளியையும், மையத்தையும் இணைக்கும் கோடானது (PO) இரு முனையின் அச்சுடன் (OB) ஏற்படுத்தும் கோணம் θ என்க. $r_1$ மற்றும் $r_2$ என்பன முறையே +q மற்றும் -qலிருந்து புள்ளி Pயின் தொலைவுகள் என்க.




படம் 1.13 மின் இருமுனையால் ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம்

+q மின்னூட்டத்தினால் Pயில் மின்னழுத்தம் $= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r_1}$

-q மின்னூட்டத்தால் P யில் மின்னழுத்தம் $= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left(-\frac{q}{r_2}\right)$

மின் இருமுனையால் P யில் மின்னழுத்தம், $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r_1} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r_2}$

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \qquad ...(1)$$

கொசைன் விதியைப் பயன்படுத்த

$$r_1^2 = r^2 + d^2 - 2rd\cos\theta$$

$$r_1^2 = r^2\left(1 - 2d\frac{\cos\theta}{r} + \frac{d^2}{r^2}\right)$$

d ஆனது r-ஐ விட மிகச் சிறியதானால், $\frac{d^2}{r^2}$ -ஐப் புறக்கணிக்கலாம்.

$$\therefore \qquad r_1 = r\left(1 - \frac{2d}{r}\cos\theta\right)^{\frac{1}{2}}$$

அல்லது, $\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r}\left(1 - \frac{2d}{r}\cos\theta\right)^{-1/2}$

ஈருறுப்புத் (Binomial) தேற்றத்தைப் பயன்படுத்தி, விரிவுபடுத்தி, உயர் அடுக்குகளை புறக்கணிக்க,

$$\therefore \qquad \frac{1}{r_1} = \frac{1}{r}\left(1 + \frac{d}{r}\cos\theta\right) \qquad \ldots(2)$$

இதேபோல்,

$$r_2^2 = r^2 + d^2 - 2rd \cos (180 - \theta)$$

அல்லது $r_2^2 = r^2 + d^2 + 2rd \cos \theta.$

$$\therefore \qquad r_2 = r\left(1 + \frac{2d}{r}\cos\theta\right)^{1/2} \qquad \left(\because \frac{d^2}{r^2} \text{ புறக்கணிக்கத்தக்கது}\right)$$

அல்லது $\frac{1}{r_2} = \frac{1}{r}\left(1 + \frac{2d}{r}\cos\theta\right)^{-1/2}$

பைனாமியல் தேற்றத்தைப் பயன்படுத்தி, உயர் அடுக்குகளைப் புறக்கணிக்க

$$\frac{1}{r_2} = \frac{1}{r}\left(1 - \frac{d}{r}\cos\theta\right) \qquad \ldots(3)$$

சமன்பாடு (2) மற்றும் (3) ஐ சமன்பாடு (1)ல் பிரதியிட

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{1}{r}\left(1 + \frac{d}{r}\cos\theta - 1 + \frac{d}{r}\cos\theta\right)$$

$$\therefore \qquad V = \frac{q\ 2d\ \cos\theta}{4\pi\varepsilon_o\ .\ r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{p\ .\ \cos\theta}{r^2} \qquad \ldots(4)$$

***சிறப்பு நேர்வுகள் :***

1. புள்ளி P யானது இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் +qக்கு அருகில் அமைந்தால், $\theta = 0$

$$\therefore \qquad V = \frac{p}{4\pi\varepsilon_o r^2}$$

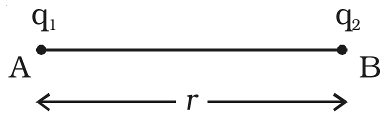
2. புள்ளி Pயானது இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் –qக்கு அருகில் அமைந்தால் $\theta = 180^o$,

$\therefore \quad V = -\frac{p}{4\pi\varepsilon_o r^2}$

3. புள்ளி Pயானது இருமுனையின் நடுவரைக் கோட்டில் அமைந்தால், $\theta = 90^o$,

$\therefore \quad V = 0$

### *1.3.3 மின்னழுத்த ஆற்றல்*




***படம் 1.14a மின்னழுத்த ஆற்றல்***

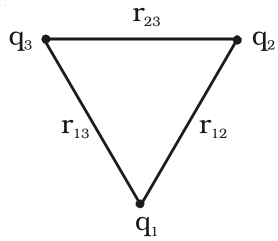
இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களின் மின்னழுத்த ஆற்றல் என்பது அவ்விரு மின்னூட்டங்களை ஒருங்கமையச் செய்யப்பட்ட வேலை அல்லது ஒவ்வொரு மின்னூட்டத்தையும் அப்புள்ளிக்கு கொண்டுவர செய்யப்பட்ட வேலை அல்லது ஒரு மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து அப்புள்ளிக்கு கொண்டு வர செய்யப்பட்ட வேலை எனப்படும்.

புள்ளி A-யில் வைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளி மின்னூட்டம் $q_1$ என்க (படம் 1.14a) $q_1$-லிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளி Bயில் மின்னழுத்தம், $V = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_o r}$

முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து மற்றொரு புள்ளி மின்னூட்டம் $q_2$-ஆனது புள்ளி Bக்கு கொண்டு வரப்படுகிறது. இங்கு மின்னூட்டம் $q_2$-ன் மீது செய்யப்பட்ட வேலையானது, $q_1$ மற்றும் $q_2$ மின்னூட்டங்கள் கொண்ட அமைப்பின் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலாக (U) சேமிக்கப்படுகிறது.

$\therefore$ செய்யப்பட்ட வேலை, $w = Vq_2$

மின்னழுத்த ஆற்றல் $(U) = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_o r}$




***படம் 1.14b பல் மின் னூட்ட அமைப்பின் மின்னழுத்த ஆற்றல்***

மின்னூட்டம் $q_2$ ஆனது B-யில் வைக்கப்பட்டு, $q_1$-யை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து புள்ளி Aக்கு கொண்டு வருவதாக கற்பனை செய்தாலும் இதே அளவு வேலை செய்யப்படுகிறது.

மேலும், $q_1$ மற்றும் $q_2$ என்ற மின்னூட்டங்கள் முறையே r இடைவெளியில் உள்ள A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கு, முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து கொண்டு வரப்படுகின்றன. எனில், அமைப்பில் மின்னழுத்த ஆற்றல், முந்தைய வகையில் பெறப்பட்ட ஆற்றலுக்குச் சமமாகவே இருக்கும்.

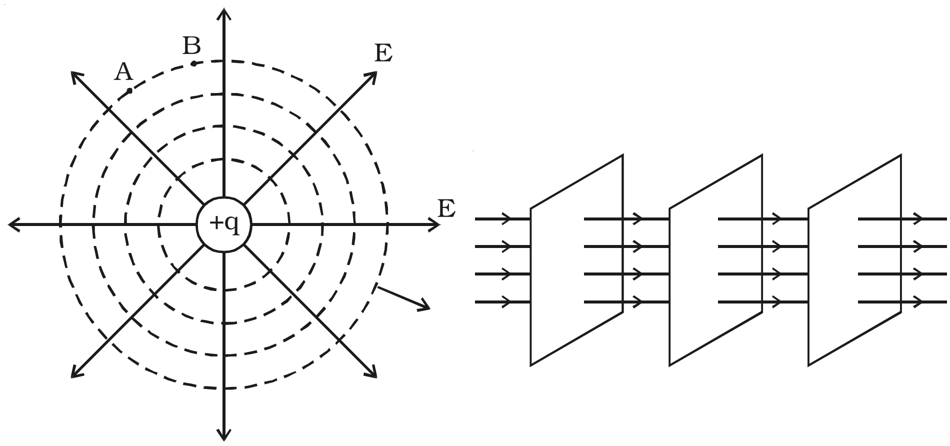
இரண்டுக்கும் மேற்பட்ட மின்னூட்டங்களைக் கொண்ட அமைப்பிற்கு (படம் 1.14b), மின்னழுத்த ஆற்றல் (U) ஆனது,

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{q_1q_2}{r_{12}} + \frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_2q_3}{r_{23}}\right]$$

## 1.3.4 சம மின்னழுத்தப் பரப்பு

ஒரு பரப்பினுடைய அனைத்துப் புள்ளிகளும், சம மின்னழுத்தத்தில் உள்ளன எனில், அப்பரப்பு சம மின்னழுத்தப் பரப்பு எனப்படும்.

**(i)** தனித்த புள்ளி மின்னூட்டத்தைப் பொருத்த வரையில், அதிலிருந்து சம




***(a)*** *சம மின்னழுத்தப் பரப்பு (கோள வடிவம்)*   ***(b)*** *சீரான மின்புலத்துக்கு (தளம்)*

*படம் 1.15*

தொலைவில் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளும் சம மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும். ஆகவே, சம மின்னழுத்தப் பரப்புகள் என்பவை புள்ளி மின்னூட்டத்தை மையமாகக் கொண்ட தொடர்ச்சியான பல்வேறு கோளங்களாகும் (படம் 1.15a). இருந்தபோதிலும் மின்னழுத்தமானது வெவ்வேறு கோளங்களுக்கு வெவ்வேறாக இருக்கும்.

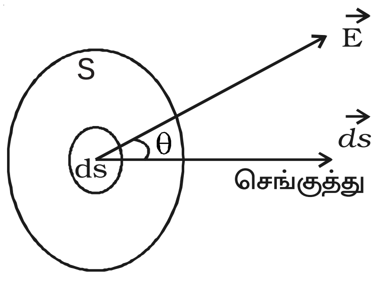
சம மின்னழுத்தப் பரப்பின் மீது எந்த இரு புள்ளிகளுக்கிடையேயும், ஒரு மின்னூட்டத்தை எவ்வழியாக நகர்த்தினாலும் செய்யப்பட்ட வேலை சுழியாகும். ஏனெனில், A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்தமானது $V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q}$ என வரையறுக்கப்படுகிறது. $V_A = V_B$ எனில், $W_{AB} = 0$. எனவே மின்புலக் கோடுகள் சம மின்னழுத்தப் பரப்புக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்.

**(ii)** சீரான மின்புலத்தைப் பொருத்தவரையில், சம மின்னழுத்தப் பரப்புகள் இணை தளங்களாகவும், அவற்றின் பரப்புகள் மின்விசைக் கோடுகளுக்குச் செங்குத்தாகவும் உள்ளன என்பதை படம் 1.15b காட்டுகிறது.

## *1.4 காஸ் விதியும் அதன் பயன்பாடுகளும்*

### மின்புலப் பாயம்

சீரற்ற மின்புலத்தில் உள்ள S என்ற மூடிய பரப்பைக் கருதுவோம் (படம் 1.16). இந்த பரப்பின் மீது $\overrightarrow{ds}$ என்ற மிகச் சிறிய பரப்பைக் கருதுவோம். $ds$-ன் திசையானது, பரப்புக்கு குத்தாக வெளிநோக்கி உள்ளது. $ds$-மீதான மின்புலம் $\vec{E}$யை மாறிலியாகக் கொள்வோம். $\vec{E}$ மற்றும் $\overrightarrow{ds}$ ஒன்றுக்கொன்று $\theta$ கோணத்தை ஏற்படுத்துகின்றன.




*படம் 1.16 மின்புலப் பாயம்*

மின்புலப் பாயம் என்பது கொடுக்கப்பட்ட பரப்பு வழியே செல்லும் மின்விசைக் கோடுகளின் மொத்த எண்ணிக்கை ஆகும் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

பரப்பு ds வழியே செயல்படும் மின்புலப் பாயம்,

$$d\phi = \vec{E} \cdot \overrightarrow{ds} = E\, ds \cos\theta$$

மேற்காண் சமன்பாட்டை, பரப்பைப் பொறுத்து தொகைப்படுத்த, மூடிய பரப்பு S வழியே செயல்படும், மொத்த மின்புலப் பாயம் பெறப்படுகிறது.

$$\phi = \oint d\phi = \oint \vec{E} \cdot \overrightarrow{ds}$$

தொகைக்கெழு குறியீட்டின் மேல் குறிக்கப்பட்டுள்ள சிறுவட்டம் மூடிய பரப்பை, தொகைப்படுத்துவதைக் குறிக்கும். மின்புலப்பாயம் ஒரு ஸ்கேலார் அளவாகும். இதன் அலகு $N\,m^2\,C^{-1}$

### *1.4.1 காஸ் விதி*

இவ்விதி, எந்தவொரு மூடிய பரப்பின் வழியே செல்லும் மின்புலப் பாயத்தையும், அப்பரப்பினுள் உள்ள மொத்த மின்னூட்டத்தையும் தொடர்பு படுத்துகிறது. இவ்விதியின்படி, எந்தவொரு மூடிய பரப்பில் செயல்படும் மின்புலத்தின் மொத்த பாய மதிப்பு, அப்பரப்பில் உள்ள மொத்த மின்னூட்டத்தின் $1/\varepsilon_o$ மடங்குக்குச் சமம்.

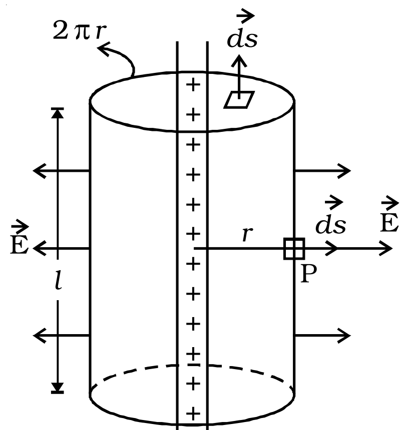
$$\phi = \frac{q}{\varepsilon_o}$$

இந்த மூடப்பட்ட கற்பனைப் பரப்பு காஸ்ஸியன் பரப்பு (Gaussian Surface) என்றழைக்கப்படுகிறது. S என்ற மூடிய பரப்பின் வழியே செல்லும் மின்புலப் பாயம் (E) பரப்பினுள் உள்ள மொத்த மின்னூட்டத்தின் மதிப்பை மட்டுமே சார்ந்தது, ஆனால், அம்மின்னூட்டங்கள் அமைந்துள்ள இடத்தைச் சார்ந்ததல்ல என காஸ் விதியிலிருந்து அறிகிறோம். பரப்புக்கு வெளியே உள்ள மின்னூட்டங்கள் மின்புலப் பாயத்திற்கு காரணமாவதில்லை.

### 1.4.2 காஸ் விதியின் பயன்பாடுகள்

***(i) நேரான முடிவிலா நீளம் கொண்ட மின்னூட்டம் பெற்ற கம்பியினால் ஏற்படும் மின்புலம்***

சீராக மின்னூட்டப்பட்ட, முடிவிலா நீளம் கொண்ட, கம்பி ஒன்று மாறா மின்னூட்ட நீள் அடர்த்தியை ($\lambda$) (ஓரலகு நீளத்திற்கான மின்னூட்டம்) பெற்றுள்ளதாகக் கருதுவோம். கம்பியிலிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளி P யில் மின்புலம் E என்க (படம் 1.17). இரு முனைகளிலும் அச்சுக்குச் செங்குத்தான முனைப்பரப்பு கொண்ட, $l$ நீளமும், r ஆரமும் உடைய ஒரு உருளையை காஸ்ஸியன் பரப்பாகக் கருதுவோம். காஸ்ஸியன் பரப்பின் மீது ds என்ற மிகச்சிறிய பரப்பைக் கருதுவோம். ஒப்புமை பண்பின் காரணமாக உருளையின் வளைபரப்பில் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் மின்புலத்தின் எண்மதிப்பு சமமாகவும், ஆரக்கோட்டின் வழியே வெளிநோக்கியும் அமைகிறது. $\vec{E}$ மற்றும் $\vec{ds}$ ஒரே திசையிலுள்ளன.




*படம் 1.17 முடிவிலா நீளம் கொண்ட நேரான மின்னூட்டப்பட்ட கம்பி*

வளைபரப்பின் வழியே மின்புலப்பாயம் ($\phi$) = $\oint$ E ds cos $\theta$

$\phi = \oint E\,ds \qquad [\because \theta = 0; \quad \cos\theta = 1]$

$\phi = E\,(2\pi rl)$

($\because$ வளைபரப்பின் புறப்பரப்பு $2\pi rl$)

$\vec{E}$ மற்றும் $\vec{ds}$ ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைவதால், முனைப்பரப்பின் வழியே மின்புலப் பாயம் = 0

$\therefore$ காஸ்ஸியன் பரப்பு வழியேயான மொத்த மின்புலப் பாயம், $\phi = E.\ (2\pi rl)$

காஸ்ஸியன் பரப்பினுள் உள்ள மொத்த மின்னூட்டம் $q = \lambda l$

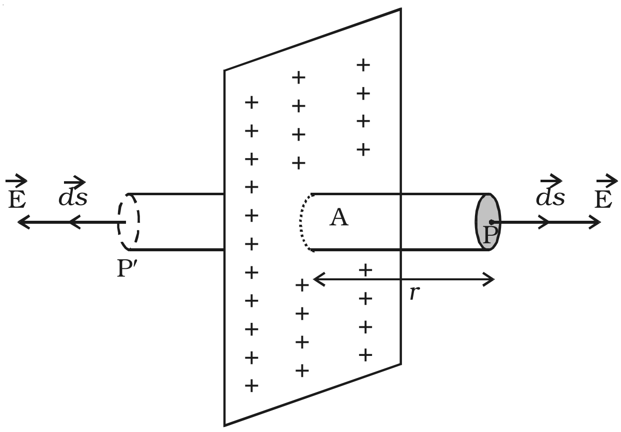
$\therefore$ காஸ் விதியின்படி,

$E\ (2\pi rl) = \dfrac{\lambda l}{\varepsilon_o}$ அல்லது $E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_o r}$

மின்புலம் E-ன் திசையானது, அச்சின் வழியேயான மின்னூட்டம், நேர்மின்னூட்டம் எனில், ஆரத்தின் வழியே வெளிநோக்கியும், எதிர் மின்னூட்டம் எனில் ஆரத்தின் வழியே உள்நோக்கியும் அமைகிறது.

### *1.4.3 மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா, சமதளப் பரப்பினால் ஏற்படும் மின்புலம்*

மின்னூட்டப் பரப்பு அடர்த்தி $\sigma$ கொண்ட முடிவிலா சமதளப் பரப்பு ஒன்றைக் கருதுவோம் (படம் 1.18). பரப்பிலிருந்து $r$ தொலைவில் உள்ள புள்ளி $P$யில் மின்புலம் $\vec{E}$ என்க. மின்னூட்டம் பெற்ற பரப்புக்கு குத்தாக, $2r$ நீளமும், A குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு கொண்ட உருளை வடிவ காஸ்ஸியன் பரப்பைக் கருதுவோம்.




*படம் 1.18 முடிவிலா சமதள பரப்பு*

உருளையின் இரு முனைப்பகுதிகளிலும், பரப்பிற்குக் குத்தாக, சமச்சீரான மின்புலங்கள் செயல்படுகின்றன. அவை தளத்தை விட்டு விலகி இருக்கும். மற்றும் P, P′ என்ற முனைப்பகுதிகளில் மின்புலங்களின் எண்மதிப்பு சமமாக இருக்கும்.

எனவே மூடப்பட்ட பரப்பு வழியேயான மொத்தமின்புலப் பாயம்

$$\phi = \left[\oint E.ds\right]_P + \left[\oint E.ds\right]_{P^1} \qquad (\because \theta = 0, \cos\theta = 1)$$

$$= \quad E\,A + E\,A = 2\,E\,A$$

சமதளப் பரப்பின் ஓரலகு பரப்பில் உள்ள மின்னூட்டம் $\sigma$ எனில், காஸ்ஸியன் பரப்பில் உள்ள மொத்த நேர்மின்னூட்டம், $q = \sigma A$

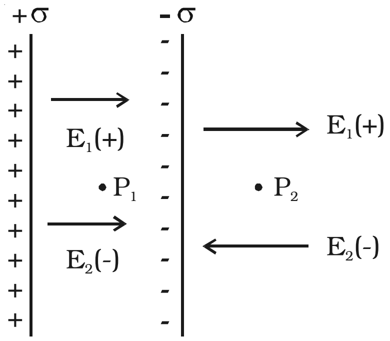
காஸ் விதியைப் பயன்படுத்த,

$$2\,E\,A = \frac{\sigma A}{\varepsilon_o}$$

$$\therefore\ E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_o}$$

### 1.4.4 இரு இணையான மின்னூட்டப்பட்ட தகடுகளால் ஏற்படும் மின்புலம்

இரு இணையான, சமதள வடிவ, முடிவிலாப் பரப்பு கொண்ட, மின்னூட்டம் பெற்ற தகடுகள், படம் 1.19-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல், சமமான ஆனால் வேறின மின்னூட்ட அடர்த்திகள் $\sigma$ மற்றும் $-\sigma$ வை பெற்றுள்ளதாகக் கருதுவோம். மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு தகடுக்கு இருபுறமும் மின்புலத்தின் அளவு $E = \sigma/2\varepsilon_o$.




*படம் 1.19 இரு இணைத்தகடுகளால் விளையும் மின்புலம்*

இம்மின்புலம் தகட்டிற்கு குத்தாகவும், நேர்க்குறி மின்னூட்டமானால் வெளிநோக்கியும், எதிர்க்குறி மின்னூட்டமானால் உள்நோக்கியும் செயல்படும்.

**(i)** $P_1$ என்ற புள்ளி இரு தகட்டிற்கும் நடுவே அமைந்தால், இரு தகடுகளால் விளையும் மின்புலங்களும் சமமாகவும், ஒரே திசையிலும் அமையும். $P_1$-ன் தொகுபயன் மின்புலம்,

$$E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_o} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_o} = \frac{\sigma}{\varepsilon_o} \text{ (வலப்புறம் நோக்கி)}$$

**(ii)** வெளிப்புறத்தேயுள்ள $P_2$ என்ற புள்ளியில், மின்புலங்கள் அளவில் சமமாகவும், திசையில் எதிரெதிராகவும் இருக்கும். $P_2$-ன் தொகுபயன் மின்புலம்

$$E = E_1 - E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_o} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_o} = 0.$$

### 1.4.5 சீரான மின்னூட்டம் பெற்ற கோள வடிவக் கூட்டினால் ஏற்படும் மின்புலம்

#### வகை (i) கோள வடிவக் கூட்டிற்கு வெளியே உள்ள புள்ளியில்

ஆரம் R உடைய, மின்னூட்டம் பெற்ற கோள வடிவக் கூடு (shell) ஒன்றைக் கருதுவோம் (படம் 1.20a). அதன் மையம் O-விலிருந்து r தொலைவில் கோள வடிவக் கூட்டிற்கு வெளியே உள்ள புள்ளி P என்க. r ஆரம் கொண்ட கோள வடிவ காஸ்ஸியன் பரப்பை வரைவோம். பரப்புக்கு, மின்புலம் E-யானது குத்தாகச் செயல்படுகிறது.

காஸ்ஸியன் கோளத்தின் வழியே, பரப்புக்குக் குத்தாக வெளிநோக்கி செயல்படும் மின்புலப் பாயம்

$$\phi = \int_s \vec{E} \cdot \overrightarrow{ds} = \int_s E \, ds = E\,(4\pi r^2)$$

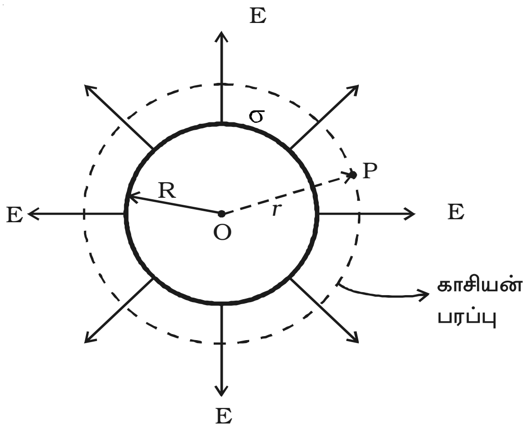
(ஏனெனில் E மற்றும் ds-க்கு இடையேயான கோணம் $\theta = 0$)

காஸ் விதியின் படி,

$$E \cdot (4\pi r^2) = \frac{q}{\varepsilon_o}$$

அல்லது $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து, கோள வடிவக் கூட்டிற்கு வெளியே உள்ள புள்ளியில் மின்புலமானது, கோள வடிவக் கூட்டின் மொத்த மின்னூட்டமும் மையப் புள்ளியில் அமைந்திருந்தால் ஏற்படுத்தும் மின்புலத்திற்குச் சமமாகும் என்று தெரிகிறது.




*படம் 1.20**a** கோளக்கூட்டின் வெளியே உள்ள புள்ளியில் மின்னழுத்தம்*

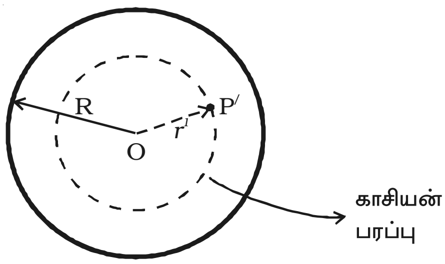
### *வகை **(ii)** பரப்பின் மீது உள்ள ஒரு புள்ளியில்*

மின்னூட்டம் பெற்ற கோளவடிவக் கூட்டின் பரப்பின் மேல் உள்ள புள்ளிகளில் மின்புலம் E,

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{R^2} \; (\because \; r = R)$$

### *வகை **(iii)** கோள வடிவக் கூட்டின் உட்புறத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில்*

கோள வடிவக் கூட்டின் மையத்திலிருந்து $r'$ தொலைவில், கோளத்தினுள் அமைந்துள்ள புள்ளி $P'$ என்க. $r'$ ஆரம் கொண்ட கோள வடிவ காஸ்ஸியன் பரப்பைக் கருதுவோம்.




*படம் 1.20**b** கோளக் கூட்டின் உட்புறத்தில் உள்ள புள்ளியில் மின்புலம்*

காஸ்ஸியன் பரப்பு வழியே, பரப்புக்கு குத்தாக, வெளிநோக்கிய திசையில் செயல்படும் மொத்த மின்புலப் பாயம்

$$\phi = \int_s \vec{E} \cdot \vec{ds} = \int_s E ds = E \times (4\pi r'^2)$$

காஸ்ஸியன் பரப்பினுள் எவ்வித மின்னூட்டமும் இல்லையாதலால், காஸ் விதிப்படி,

$$E \times 4\pi r'^2 = \frac{q}{\varepsilon_o} = 0 \qquad \therefore E = 0$$

அதாவது சீரான மின்னூட்டம் கொண்ட மெல்லிய கோளக் கூட்டினால் கோளக் கூட்டினுள் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் மின்புலத்தின் மதிப்பு சுழி ஆகும்.

### *1.4.6 நிலை மின்னியல் தடுப்புறை (Electrostatic shielding)*

இது புற மின்புலத்திலிருந்து, வெளியின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை தனிமைப்படுத்தும் நிகழ்வு ஆகும். இந்நிகழ்வு, கடத்தியின் உட்பகுதியில் மின்புலம் சுழியாகும் என்பதன் அடிப்படையில் அமைகிறது.

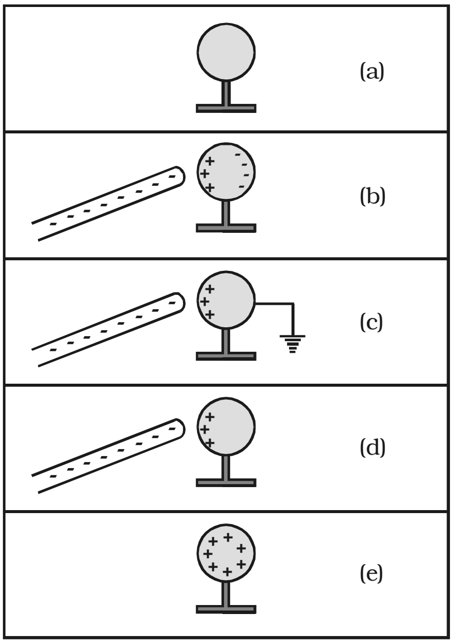
இடியுடன் கூடிய மின்னலின் போது, திறந்த வெளியிலோ அல்லது மரத்தினடியிலோ அமர்வதைக் காட்டிலும், பேருந்தினுள் இருப்பது மிகவும் பாதுகாப்பானதாகும். பேருந்தின் உலோகப் புறப்பரப்பினுள், மின்புல மதிப்பு சுழியாவதால் பேருந்து, நிலை மின்னியல் தடுப்புறையாகச் செயல்படுகிறது. மின்னலின் போது பேருந்தின் புறப்பரப்பு வழியே மின்னிறக்கம் நடைபெறுகிறது.

### 1.5 நிலை மின்தூண்டல்

ஒரு மின்னூட்டத்தின் தொடுதல் இன்றியே வேறொரு மின்னூட்டத்தை பெற முடியும். இவ்வகை மின்னூட்டங்கள் தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்களாகும். இவ்வாறு தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங் களைத் தோற்றுவிக்கும் நிகழ்வு நிலைமின்தூண்டல் என்றழைக்கப்படு கிறது. இது வான் டி கிராப் போன்ற நிலைமின் எந்திரங்களிலும், மின்தேக்கி களிலும் பயன்படுகிறது.

நிலை மின்தூண்டல் முறையில், உலோகக் கோளம் ஒன்று படிப்படியாக மின்னேற்றப்படுதலை படம் 1.21 காட்டுகிறது.

(a) மின்னூட்டமற்ற உலோகக் கோளமானது மின்கடத்தாப் பொருளா லான தாங்கி மீது வைக்கப்பட்டு உள்ளது.



*படம் 1.21 நிலைமின் தூண்டல்*

(b) எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற பிளாஸ்டிக் தண்டு ஒன்றினை கோளத்தின் அருகில் கொண்டு வரும் போது, விரட்டு விசை காரணமாக, கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் விலகிச் சென்று எதிர்முனையில் தேங்கத் துவங்குகின்றன. எனவே, அருகே உள்ள முனையில் எலக்ட்ரான் குறைவு ஏற்பட்டு, நேர்மின்னூட்டமடைகின்றது. உலோகத்தினுள் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான் மீதான மொத்த விசை சுழியாகும் போது இம்மின்னூட்டப் பகிர்வு நிகழ்ச்சி நிறுத்தப்படுகிறது. (இந்நிகழ்வு மிக விரைவாக நடைபெறும்).

(c) உலோகக் கோளம் தரையிணைப்பு பெற்றவுடன், எதிர் மின்னூட்டம் தரையை அடைகிறது. அருகே உள்ள முனையில் உள்ள நேர்மின்னூட்டம், ஈர்ப்பு விசைகளின் காரணமாக அங்கேயே நின்று விடுகிறது.

(d) உலோகக் கோளமானது தரையிலிருந்து அகற்றப்பட்ட பிறகும் அருகே உள்ள முனையில் நேர்மின்னூட்டம் தொடர்ந்து நிலைத்திருக்கிறது.

(e) பிளாஸ்டிக் தண்டு நீக்கப்பட்டவுடன், அனைத்து நேர் மின்னூட்டங்களும் கோளத்தின் மீது ஒரே சீராகப் பரவுகின்றன.

### *1.5.1 கடத்தியின் மின்தேக்கு திறன்*

தனித்த கடத்தி ஒன்றிற்கு q என்ற மின்னூட்டம் அளிக்கப்படும்போது, அதன் மின்னழுத்தம் மாற்றமடைகிறது. அம்மின்னழுத்த மாற்றம் கடத்தியின் பரிமாணத்தையும், வடிவத்தையும் பொருத்தமைகிறது. கடத்திக்கு அளிக்கப்பட்ட மின்னூட்டத்தால், கடத்தியின் மின்னழுத்தம் V அளவுக்கு மாற்றமடைகிறது எனில்,

$q \propto V$ அல்லது $q = CV$

அதாவது $C = q/V$

இங்கு C-யானது கடத்தியின் மின்தேக்குதிறன் என்றழைக்கப்படுகிறது.

ஒரு கடத்தியின் மின்தேக்குதிறன் என்பது, அக்கடத்திக்கு அளிக்கப்படும் மின்னூட்டத்திற்கும், கடத்தியில் உருவாகும் மின்னழுத்தத்திற்கும் இடையே உள்ள தகவு என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.

மின்தேக்குத் திறனின் அலகு பாரட் **(farad)** ஆகும். கடத்தி ஒன்றிற்கு 1 கூலும் மின்னூட்டம் அளிக்கப்படும்போது, அதன் மின்னழுத்த உயர்வு 1 வோல்ட் எனில், கடத்தியின் மின்தேக்குத் திறன் 1 பாரட் ஆகும்.

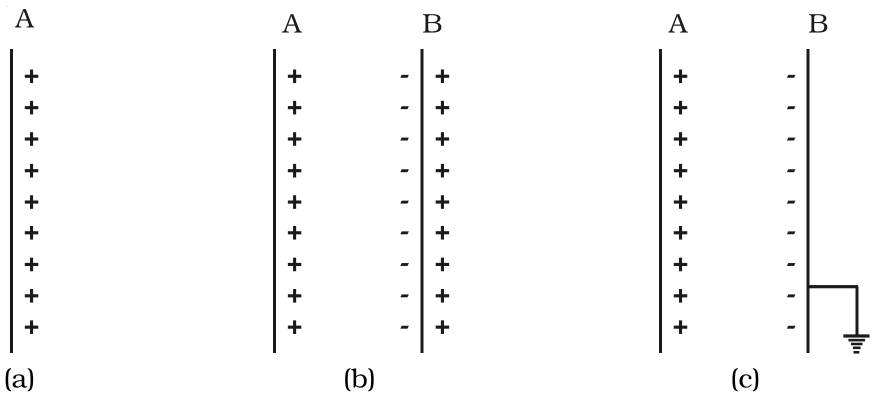
மின்தேக்குத் திறனின் செயல்முறை அலகுகள் $\mu F$ மற்றும் pF ஆகும்.

### ***மின்தேக்கியின் தத்துவம்***

மின்காப்பீடு பெற்ற கடத்தி (உலோகத் தட்டு A) ஒன்று q அளவு நேர் மின்னூட்டத்தையும், V மின்னழுத்தத்தையும் பெற்றுள்ளதாகக் கருதுவோம் (படம் 1.22a). A யின் மின்தேக்கு திறன், $C = q/V$. மின்காப்பு பெற்ற B என்ற மற்றொரு உலோகத் தட்டு Aயின் அருகே கொண்டு வரப்படும்போது, A க்கு அருகே உள்ள B-யின் பக்கத்தில் எதிர் மின்னூட்டம் தூண்டப்படுகிறது. அதற்கு சம அளவு நேர் மின்னூட்டம் B-ன் மறுபக்கத்தில் தூண்டப்படுகிறது (படம் 1.22b). Bயின் எதிர் மின்னூடட்ம் A யின் மின்னழுத்தத்தைக் குறைக்கும். Bயின் நேர் மின்னூட்டம், Aயின் மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்கும். Bயின் நேர் மின்னூட்டத்தை விட எதிர் மின்னூட்டம் Aக்கு அருகில் இருப்பதால் Aல் மின்னழுத்தம் குறைந்து விடுகிறது. இதனால் Aன் மின்தேக்கு திறன் அதிகரிக்கிறது.

தட்டு Bயைப் புவியுடன் இணைக்கும்போது, அதிலுள்ள நேர்மின்னூட்டம் நடு

நிலையாக்கப்படுகிறது (படம் 1.22c). இதனால் Aயின் மின்னழுத்தம் மேலும் குறைகிறது. Aயின் மின்தேக்கு திறன் குறிப்பிடும் அளவுக்கு அதிகரிக்கிறது.

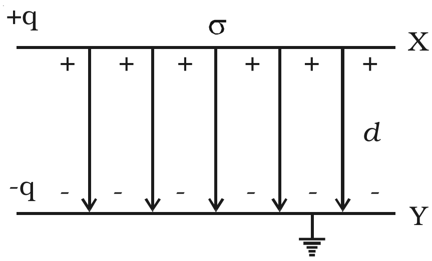



*படம் 1.22 **மின்தேக்கியின் தத்துவம்***

மின்தேக்குத் திறன் கடத்திகளின் வடிவத்தையும், ஊடகத்தின் இயல்பையும், பொறுத்தது. மின்தேக்கி என்பது மின்னூட்டங்களை சேமிக்கும் சாதனமாகும்.

### *1.5.2 **இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறன்***

இணைத்தட்டு மின்தேக்கியில் ஒவ்வொன்றும் A பரப்பு உடைய X, Y என்ற இரு உலோகத் தட்டுகள், d என்ற இடைவெளியில் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக வைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 1.23). அதன் மின்னூட்ட பரப்படர்த்தி σ என்க. தட்டுகளுக்கிடையேயான ஊடகம் காற்று ஆகும். தட்டு X-க்கு +q அளவு நேர்மின்னூட்டம் தரப்படுகிறது. இதனால் -q அளவு எதிர் மின்னூட்டம் புவியிணைப்புப் பெற்ற தட்டு Yக்கு மேற்புறத்தில் தூண்டப்படுகிறது. தட்டுகள் மிக நெருக்கமாக அமையும்போது தட்டுகளுக்கு இடையேயான பகுதிக்குள் மின்புலம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. தட்டு X-லிருந்து புறப்பட்டு Y-ல் முடிவடையும் விசைக் கோடுகள், தட்டுகளுக்குக் குத்தாகவும் ஒன்றுக் கொன்று இணையாகவும் அமைகின்றன.




*படம் 1.23 **இணைத்தட்டு மின்தேக்கி***

காஸ் விதியின் பயன்பாட்டின்படி, இரு தட்டுகளுக்கிடையேயுள்ள புள்ளியில் மின்புலம்,

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}$$

X மற்றும் Y தட்டுகளுக்கு இடையேயான, மின்னழுத்த மாறுபாடு

$$V = \int_d^0 -E\ dr = \int_d^0 -\frac{\sigma}{\varepsilon_o}\ dr = \frac{\sigma d}{\varepsilon_o}$$

இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறன்,

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\sigma A}{\sigma d/\varepsilon_o} = \frac{\varepsilon_o A}{d} \qquad \left[ \text{ஏனெனில் } \sigma = \frac{q}{A} \right]$$

$$\therefore \quad C = \frac{\varepsilon_o A}{d}$$

மின்தேக்குத் திறனானது தட்டுகளின் பரப்புக்கு (A) நேர்த்தகவிலும், இடைத்தொலைவிற்கு (d) எதிர்த்தகவிலும் அமைகிறது.

### *1.5.3 மின்காப்புகள் மற்றும் முனைவாக்கல் (Dielectrics and polarisation)*

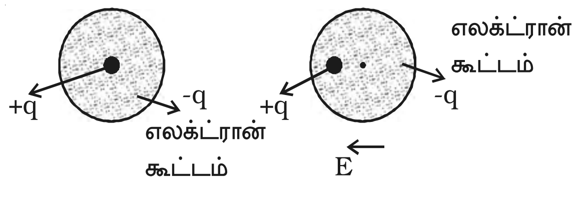
#### *மின்காப்புகள் (Dielectrics)*

அனைத்து எலக்ட்ரான்களும் அணுக்கருவுடன் இறுக பிணைக்கப்பட்டுள்ள அணுக்களைப் பெற்றுள்ள மின்கடத்தாப் பொருள்கள் மின்காப்புகள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் மின்னோட்டத்தை எடுத்துச் செல்ல எவ்வித எலக்ட்ரான்களும் இல்லை. எபோனைட், மைக்கா, எண்ணெய் போன்றவை மின்காப்புகளுக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும். இவற்றின் எலக்ட்ரான்கள், புறமின்புலத்தின் விளைவாக இயல்பான இயக்கம் பெற முடிவதில்லை.

#### *முனைவாக்கல் (Polarisation)*

நேர் மின்னூட்டங்களின் (புரோட்டான்கள்) ஈர்ப்பு மையமும் (centre of gravity), எதிர் மின்னூட்டங்களின் (எலக்ட்ரான்கள்) ஈர்ப்பு மையமும் ஒன்றாக பொருந்தி அமைகின்ற மூலக்கூறு முனைவற்ற மூலக்கூறு எனப்படும். எடுத்துக்காட்டுகள் : $O_2$, $N_2$, $H_2$. முனைவற்ற மூலக்கூறுகள் நிலையான இருமுனை திருப்புத்திறனைப் பெற்றிருப்பதில்லை.

முனைவற்ற மூலக்கூறுகளைப் பெற்றுள்ள, மின்காப்புப் பொருளை மின்புலத்தில் வைத்தால், அவற்றின் மின்னூட்டங்களின் மையம் மாற்றியமைக்கப்படுகின்றன. தற்போது அம்மூலக்கூறுகள் முனைவாக்கல் அடைந்துள் ளன எனவும், அவை தூண் டப்பட்ட இருமுனைகள் என்றும் அழைக்கப்படுகின் றன. அவை மின்புலத் தின் திசையிலேயே (படம் 1.24) தூண்டப்பட்ட

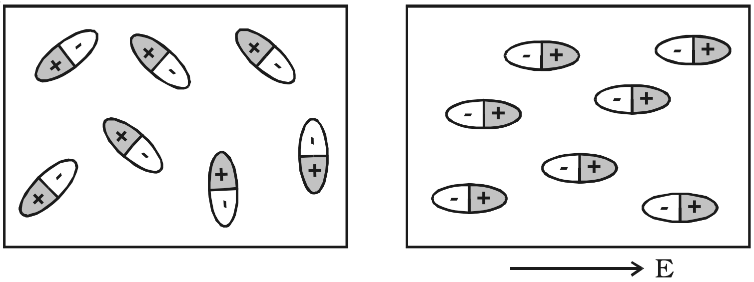



*படம் 1.24 தூண்டப்பட்ட இருமுனை*

இருமுனை திருப்புத் திறனை (p) பெறுகின்றன.

நேர் மின்னூட் டங்களின் ஈர்ப்பு மையம், எதிர் மின்னூட்டங்களின் ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து பிரிக்கப்பட்டுள்ள மூலக்கூறு முனைவுள்ள மூலக்கூறு எனப்படும். எடுத்துக்காட்டுகள் : $N_2O$, $H_2O$, HCl, $NH_3$. இம்மூலக்கூறுகள் நிலையான இருமுனை திருப்புத் திறனை பெற்றுள்ளன.

புற மின்புலம் இல்லாத நிலையில், முனைவுள்ள மூலக்கூறுகளின் இருமுனை திருப்புத்திறன்கள் வெவ்வேறான திசைகளில் அமைந்துள்ளன. எனவே, மின்காப்புகளில் தொகுபயன் இருமுனை திருப்புத்திறன் காணப்படுதில்லை. புறமின்புலம் செலுத்தப்பட்டவுடன், புலத்தின் திசையில் இருமுனை திருப்புத் திறன்கள் தங்களை வரிசைப்படுத்திக் கொள்கின்றன. இதனால் தொகுபயன் இருமுனை திருப்புத் திறன் உருவாக்கப்படுகிறது (படம் 1.25).




***(a)* மின்புலம் அற்ற நிலையில் *(b)* மின்புலத்தில்**

***படம் 1.25 முனைவுள்ள மூலக் கூறுகள்***

புறமின்புலம் செயல்படுத்தப்படும் போது, நிலையான அல்லது தூண்டப்பட்ட இருமுனைகளின் இருமுனை திருப்புத் திறன்கள், புலத்தின் திசையிலேயே ஒருங்கமைக்கப்படுகின்ற நிகழ்வு முனைவாக்கல் அல்லது மின்முனைவாக்கல் என்றழைக்கப்படுகிறது.

தூண்டப்பட்ட இருமுனை திருப்புத்திறன் p-யின் மதிப்பானது புற மின்புலத்திற்கு நேர்த் தகவில் அமைகிறது.

$\therefore\ p \propto E$ அல்லது $p = \alpha\ E$ இதில் $\alpha$ என்பது விகித மாறிலி ஆகும். இது மூலக்கூறுகளின் முனைவாக்கும் திறன் (molecular polarisability) என்றழைக்கப்படும்.

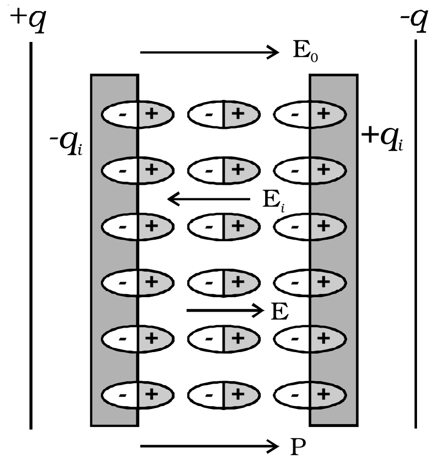
### *1.5.4 மின்காப்புப் பொருளின் முனைவாக்கல்*

+q மற்றும் –q மின்னூட்டங்களைப் பெற்றுள்ள இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒன்றைக் கருதுவோம். காற்றில், இரு தட்டுகளுக்கிடையேயான மின்புலம் $E_0$ என்க. தட்டுகளுக்கிடையில், மின்காப்புப் பாளம் ஒன்றைப் புகுத்தினால், மின்காப்புப் பாளம் முனைவாக்கல் பெறுகிறது. மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கு எதிர்ப்புறத்தில் உள்ள

மின்காப்பின் பரப்புகளில் உள்ள தூண்டப்பட்ட பரப்பு மின்னூட்டங்கள் $+q_i$ மற்றும் $-q_i$ எனில், இத்தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்கள் தங்களுக்கிடையே சுய மின்புலம் $E_i$-யை, $E_o$-க்கு எதிராக உருவாக்குகின்றன (படம் 1.26). எனவே தொகுபயன் மின்புலம் $E < E_o$. ஆனால் E ஆனது $E_o$-ன் திசையிலேயே அமையும்.

$$\therefore E = E_o + (-E_i)$$

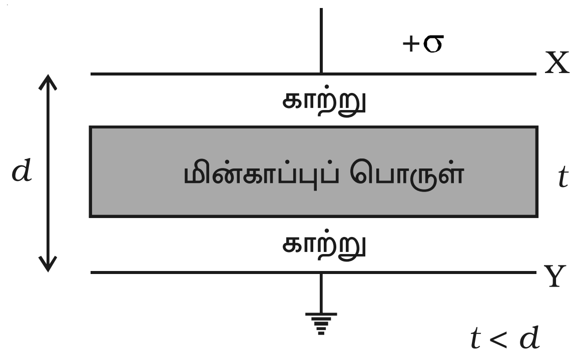
($\because$ $E_i$ ஆனது, $E_o$-ன் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் அமைகிறது)




*படம் 1.26 மின்காப்புப் பொருளின் முனைவாக்கல்*

### *1.5.5 இணைத்தட்டு மின்தேக்கியில், தட்டுகளுக்கிடையே மின்காப்பு உள்ள போது மின்தேக்குத்திறன்*

d தொலைவில் பிரிக்கப்பட்ட ஒவ்வொன்றும் A பரப்பு கொண்ட, X, Y என்ற




*படம் 1.27 மின்தேக்கியினுள் மின்காப்பு*

இரு மின்கடத்தும் தகடுகள் கொண்ட, ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியைக் கருதுவோம். X-க்கு நேர் மின்னூட்டம் அளிக்கப்படுவதால், அதன் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி σ ஆகும், Y-ஆனது புவியிணைப்பு பெற்றுள்ளது.

தட்டுகளுக்கிடையில், t தடிமனும், $\varepsilon_r$ ஒப்புமை விடுதிறனும் கொண்ட மின் காப்புப் பாளம் ஒன்று, புகுத்தப்பட்டுள்ளது என்க (படம் 1.27).

மின்காப்புப் பொருளின் தடிமன் = t.

காற்று இடைவெளியின் தடிமன் (d–t).

தட்டுகளுக்கு இடைப்பட்ட காற்றில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்புலம்,

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}.$$

மின்காப்புப் பொருளினுள் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்புலம் $E' = \frac{\sigma}{\varepsilon_r \varepsilon_o}$.

தட்டுகளுக்கிடையேயான மொத்த மின்னழுத்த வேறுபாடானது, ஒரு தட்டிலிருந்து மற்றொரு தட்டிற்கு ஓரலகு நேர்மின்னூட்டத்தை, E என்ற மின்புலத்தில் (d-t) நீளத்திற்கும், E′ என்ற மின்புலத்தில் t நீளத்திற்கும், கொண்டு செல்வதற்கு செய்யப்படும் வேலையின் அளவுக்குச் சமம். ஆகவே

$$V = E(d-t) + E' t$$

$$V = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}(d-t) + \frac{\sigma t}{\varepsilon_o \varepsilon_r}$$

$$V = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}\left[(d-t) + \frac{t}{\varepsilon_r}\right]$$

தட்டு X-மீதான மின்னூட்டம், $q = \sigma A$

எனவே, மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறன்

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\sigma A}{\frac{\sigma}{\varepsilon_o}\left[(d-t) + \frac{t}{\varepsilon_r}\right]} = \frac{\varepsilon_o A}{(d-t) + \frac{t}{\varepsilon_r}}$$

### *மின்காப்பின் விளைவு*

மின்தேக்கிகளில், இரு தட்டுகளுக்கு இடைப்பட்ட பகுதியானது, மைக்கா அல்லது எண்ணெய் போன்ற மின்காப்புப் பொருளால் நிரப்பப்படும். காற்று நிரப்பப்பட்டுள்ள மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்,

$$C = \frac{\varepsilon_o A}{d}$$

மின்காப்புப் பொருளால் நிரப்பப்பட்டுள்ள மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

$$C' = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_o A}{d}$$

$$\therefore \quad \frac{C'}{C} = \varepsilon_r \quad \text{அல்லது} \quad C' = \varepsilon_r C$$

காற்றைத்தவிர, மற்ற எந்த ஒரு மின்காப்பு ஊடகத்திற்கும், $\varepsilon_r > 1$ என்பதால், மின்காப்புப் பொருள் வைக்கப்படும்போது, மின்தேக்குத்திறன் அதிகரிக்கும்.

### *1.5.6 மின்தேக்கியின் பயன்பாடுகள்*

**(i)** தானியியங்கி எந்திரங்களின், எரிபொருள் எரியூட்டும் அமைப்புகளில், தீப்பொறி ஏற்படுவதைத் தவிர்க்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

**(ii)** மின்திறன் வழங்கிகளில் **(Power supplies)** மின்னழுத்த ஏற்ற இறக்கத்தைக் குறைப்பதற்கும், மின்திறன் அனுப்பீட்டில் அதன் பயனுறு திறனை அதிகரிக்கச் செய்யவும் மின்தேக்கிகள் பயன்படுகின்றன.

**(iii)** மின்தேக்கிகள், மின்காந்த அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கவும், ரேடியோ சுற்றுகளை ஒத்திசைவு செய்யவும் பயன்படுகின்றன.

### *1.5.7 மின்தேக்கிகள் தொடர் இணைப்பில் மற்றும் பக்க இணைப்பில்*

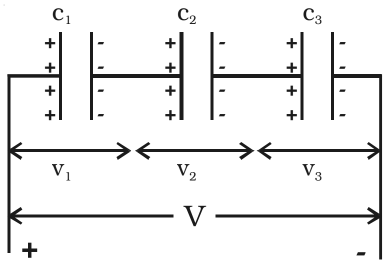
#### (i) தொடரிணைப்பில் மின்தேக்கிகள்

$C_1$, $C_2$, $C_3$ என்ற மின்தேக்குத்திறன்கள் கொண்ட மூன்று மின்தேக்கிகள் (படம் 1.28) தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம். தொடரிணைப்பின் தொகுப்பு முழுமைக்கும் செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு V என்க. ஒவ்வொரு மின்தேக்கியும் சம மின்னூட்ட அளவு q கொண்டுள்ளது. $C_1$, $C_2$, $C_3$ -க்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் முறையே $V_1$, $V_2$, $V_3$ என்க. ஆகவே, $V = V_1 + V_2 + V_3$

ஒவ்வொரு மின்தேக்கியின் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V_1 = \frac{q}{C_1}; V_2 = \frac{q}{C_2}; V_3 = \frac{q}{C_3}$$

$$V = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3} = q\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right]$$




*படம் 1.28 தொடரிணைப்பில் மின்தேக்கிகள்*

தொடரிணைப்புத் தொகுப்பின், தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன் $C_S$ எனில், அதற்கு V மின்னழுத்தம் அளிக்கப்படும்போது, q மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது.

அதாவது, $V = \frac{q}{C_S}$

$$\frac{q}{C_s} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}$$

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

எனவே, பல மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்படும்போது தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறனின் தலைகீழ் மதிப்பு, தனித்தனி மின்தேக்கிகளின் மின்தேக்குத் திறன்களின் தலைகீழ் மதிப்புகளின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம்.

**(ii) பக்க இணைப்பில் மின்தேக்கிகள்**

$C_1$, $C_2$, $C_3$ என்ற மின்தேக்குத் திறன்கள் கொண்ட மூன்று மின்தேக்கிகள் (படம் 1.29) பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம். இவ்விணைப்பில், செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு V என்க. ஒவ்வொரு மின்தேக்கியின் மின்னழுத்த வேறுபாடும் சமமாக இருக்கும். மூன்று மின்தேக்கிகளிலும் உள்ள மின்னூட்டங்கள்

$$q_1 = C_1V,\ q_2 = C_2 V,\ q_3 = C_3V.$$

மின் தேக்கிகளின் தொகுப்பின் மொத்த மின்னூட்டம்

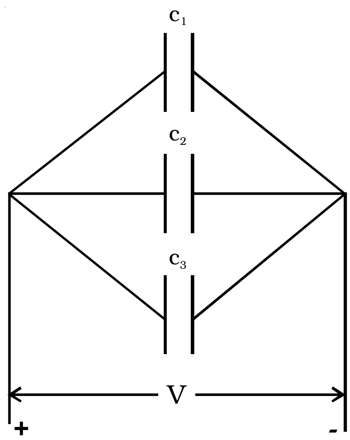
$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

$$q = C_1V + C_2V + C_3V$$

ஆனால் $q = C_pV$. இதில் $C_p$-யானது தொகுப்பின் தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன் ஆகும்.

$$\therefore\ C_pV = V\,(C_1 + C_2 + C_3)$$

$$\therefore\ C_P = C_1 + C_2 + C_3$$




*படம் 1.29 பக்க இணைப்பில் மின்தேக்கிகள்*

எனவே, பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்குகளின் தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன், தனித்தனி மின்தேக்கிகளின் மின்தேக்குத் திறன்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம்.

## *1.5.8 மின்தேக்கியினுள் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றல்*

மின்தேக்கி என்பது, மின்னூட்டத்தை தேக்கி வைக்கும் சாதனம் ஆகும். மின்தேக்கியினுள், மின்னூட்டத்தைத் தேக்கி வைக்க, வேலை செய்யப்பட வேண்டியுள்ளது. இந்த வேலையானது, மின்தேக்கியினுள் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது.

மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்தம் V மற்றும் அதன் மின்னூட்டம் q என்க. தட்டிற்குக் கூடுதலாக தரப்பட்ட மின்னூட்டம் $dq$ எனில், செய்யப்பட்ட வேலை, $dw = Vdq$

$$dw = \frac{q}{C}\,dq \qquad \left(\because V = \frac{q}{C}\right)$$

மின்தேக்கியை மின்னேற்றம் செய்வதற்கு செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

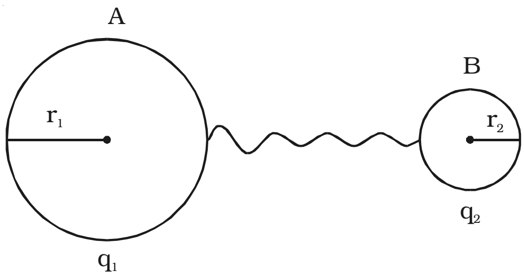
$$w = \int dw = \int_0^q \frac{q}{C}\, dq = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$$

இந்த வேலையானது, மின்தேக்கியினுள் நிலைமின்னழுத்த நிலை ஆற்றலாக (U) சேமிக்கப்படுகிறது.

$$U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}CV^2 \qquad (\because\ q = CV)$$

மின்தேக்கியானது, மின்னிறக்கம் செய்யப்படும்போது, இந்த ஆற்றல் திரும்பப் பெறப்படுகிறது.

### *1.5.9 மின்கடத்தி மீதான மின்னூட்டங்களின் பரவல் மற்றும் கூர்முனைகளின் செயல்பாடு*




*படம் 1.30 மின்னூடம் பரவுதல்*

ஒரு மின்கடத்தும் கம்பியினால், ஒன்றோடொன்று இணைக்கப்பட்டுள்ள, A, B என்ற இரு மின்கடத்தும் கோளங்களைக் கருதுவோம். அவற்றின் ஆரங்கள் $r_1$ மற்றும் $r_2$ என்க (படம் 1.30). ஆரம் $r_1$-ஆனது $r_2$-ஐ விட அதிகம் என்க. இந்த அமைப்பிற்கு அளிக்கப்பட்ட மின்னூட்டம் A மற்றும் B மீது $q_1$ மற்றும் $q_2$ ஆக பரவுகிறது. கோளங்கள் A மற்றும் B மீதான மின்னூட்ட அடர்த்திகள் $\sigma_1$ மற்றும் $\sigma_2$ என்க.

A யில் மின்னழுத்தம்,

$$V_1 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_o r_1}$$

Bயில் மின்னழுத்தம்,

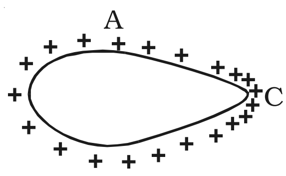
$$V_2 = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_o r_2}$$

கோளங்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால், அவற்றின் மின்னழுத்தங்கள் சமமாகும்.

$$\frac{q_1}{4\pi\varepsilon_o r_1} = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_o r_2} \qquad \left[\begin{array}{l}\because q_1 = 4\pi r_1^2\sigma_1 \\ \text{மற்றும்} \\ q_2 = 4\pi r_2^2\sigma_2\end{array}\right]$$

$$\sigma_1 r_1 = \sigma_2 r_2$$

அதாவது $\sigma r$ என்பது ஒரு மாறிலி ஆகும். இச்சமன்பாட்டிலிருந்து, ஆரம் குறைவதால், மின்னூட்ட அடர்த்தி அதிகமாகும் என்பது தெளிவாகிறது.




***படம் 1.31 கூர்முனைச் செயல்பாடு***

படம் 1.31-ல் காட்டப்பட்டுள்ள வடிவம் கொண்ட கடத்தியில் மின்னூட்டப் பரவல் சீராக இல்லை. வளைவு அதிகமுள்ள, அதாவது ஆரம் குறைவாக உள்ள கூர்முனைகளில், மின்னூட்டங்கள் பெரும அளவில் செறிந்திருக்கும். பரப்பின் மீது கூர்முனைகளைக் கொண்ட, மின்னூட்டம் பெற்ற, கடத்தி ஒன்று, தன் மின்னூட்டங்களை வெகு விரைவாக இழந்து விடுகின்றன எனச் சோதனை மூலம் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

இதற்குக் காரணம், கூர்முனைகளோடு தொடர்புடைய காற்று மூலக்கூறுகள் அயனியாக்கப்படுகின்றன. நேர்மின்னூட்ட அயனிகள் கூர்முனையால் விரட்டப்படுகின்றன. எதிர் மின்னூட்ட அயனிகள் கூர்முனையால் கவரப்படுகின்றன. இதனால் கூர்முனைகளின் மின்னூட்டம் குறைக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு, மின்னூட்டம் பெற்ற கடத்தியின் கூர்முனைகளிலிருந்து மின்னூட்டம் கசிகின்ற நிகழ்வு கூர்முனைகளின் செயல்பாடு அல்லது ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் என்றழைக்கப்படுகிறது. இந்தத் தத்துவம் மின்னூட்டத்தைச் சேகரிக்கும் நிலைமின் எந்திரங்களிலும், மற்றும் மின்னல் கடத்திகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

## 1.6 மின்னல் கடத்தி (Lightning Conductor)

மிக உயரமான கட்டிடங்களை மின்னலிலிருந்து பாதுகாக்க உதவும் ஓர் எளிய சாதனம் மின்னல் கடத்தி ஆகும் இதனை வழக்கத்தில் இடிதாங்கி என்று கூறுவதும் உண்டு. இது கட்டிடத்தின் வழியே தரைக்குச் செல்லும் ஒரு நீண்ட, தடித்த தாமிரத் தண்டினைக் கொண்டுள்ளது. தண்டின் கீழ் முனையானது, தரையின் அதிக ஆழத்தில் புதைக்கப்பட்டுள்ள தாமிரத் தட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் மேல்முனையில் எண்ணிக்கைமிக்க கூர்முனைகள் உடைய தாமிர ஊசிகள் இணைக்கப்பட்டு, கட்டிடத்தின் உயரமான பகுதியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது.

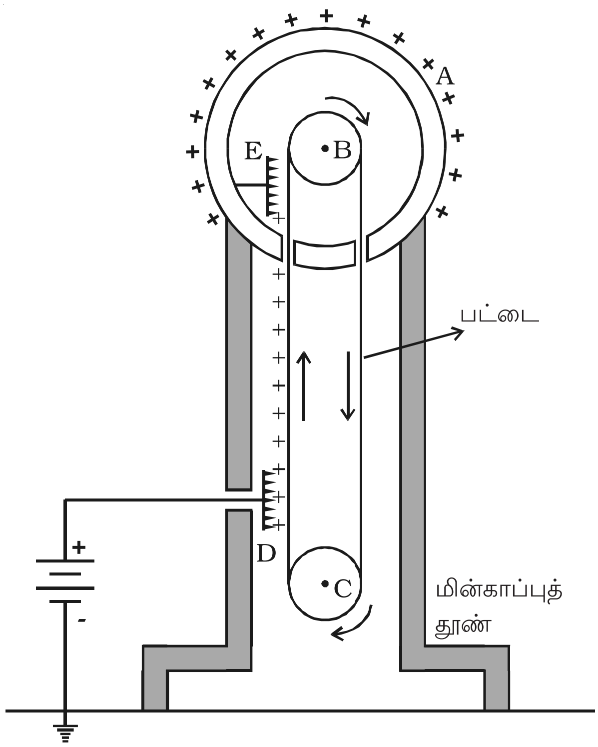
எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற மேகம் கட்டிடத்தின் மேல் செல்லும்போது, கடத்தியின் கூர் முனைகளில் நேர் மின்னூட்டம் தூண்டப்படுகிறது. நேர்மின்னூட்டம் பெற்றுள்ள கூர்முனைகள் அருகில் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை அயனியாக்கம் செய்கின்றன. இது மேகத்தில் உள்ள எதிர் மின்னூட்டத்தின் ஒரு பகுதியை சமன் செய்து, மேகத்தின் மின்னழுத்தத்தைக் குறைக்கிறது. கடத்தியால் கவரப்பட்ட எதிர் மின்னூட்டங்கள் தரையை நோக்கிப் பயணிக்கின்றன. இதன் மூலம் கட்டிடம் மின்னலின் தாக்குதலில் இருந்து பாதுகாக்கப்படுகிறது.

### *வான்-டி-கிராப் இயற்றி*

1929ல் ராபர்ட் J வான்-டி-கிராப் என்பவர் நிலை மின்னியல் எந்திரம் ஒன்றை வடிவமைத்தார். இதன் மூலம் $10^7$ V அளவிலான அதிக நிலைமின்னியல் மின்னழுத்த வேறுபாடு உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.

இதன் செயல்பாடு, நிலைமின்தூண்டல் மற்றும் கூர்முனைச் செயல்பாட்டுத் தத்துவங்களின் அடிப்படையில் அமைகிறது.

ஒரு உள்ளீடற்ற உலோகக் கோளம் A படம் 1.32-ல் காட்டப் பட்டுள்ளது போல் மின்காப்புப் பெற்ற தூண்கள் மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கோளத்தின் மையத்தில் B என்ற கப்பியும், மின்காப்புத் தூணின் அடிப்பகுதிக்கு அருகில் C என்ற கப்பியும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. பட்டுத் துணியிலான பட்டை ஒன்று கப்பிகள் வழியே செல்கிறது. கப்பி C மின்மோட்டார் ஒன்றின் மூலம் தொடர்ந்து இயக்கப்படுகிறது. கப்பிகளுக்கு அருகே ஏராளமான கூர்முனைகள் கொண்ட D மற்றும் E என்ற இரு சீப்பு வடிவக் கடத்திகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. சீப்பு Dயின் நேர்மின்னழுத்தம் $10^4$ V என்றளவில் இருக்குமாறு மின்திறன் வழங்கி செய்கிறது. சீப்பு E-ஆனது உள்ளீடற்ற உலோகக் கோளத்தின் உட்புறம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.



*படம் 1.32 வான்-டி-கிராப் மின்னியற்றி*

சீப்பு Dக்கு அருகில் உள்ள உயர் மின்புலத்தினால், கூர்முனைச் செயல்பாட்டின் காரணமாக காற்று அயனியாக்கப்படுகிறது. காற்றில் உள்ள எதிர்அயனிகள் கூர்முனைகள் நோக்கி நகர்கின்றன. நேர்அயனிகள் பட்டையை நோக்கி விரட்டப்படுகின்றன. இந்த நேர் அயனிகள் பட்டையை ஒட்டிக் கொள்வதால் மேல் நோக்கிச் சென்று சீப்பு E-யை நெருங்குகிறது.

நிலைமின்தூண்டல் தத்துவத்தின் விளைவாக சீப்பு E எதிர்மின்னூட்டம் பெறுகிறது. கோளம் நேர்மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது. இம்மின்னூட்டங்கள் கோளப்பரப்பில் பரவுகின்றன. சீப்பு E-ல் உள்ள அதிக அளவு மின்புலம் காற்றை அயனியாக்குகிறது. எனவே, எதிர் மின்னூட்டங்கள் பட்டையை நோக்கி விரட்டப்படுகின்றன. இதனால் பட்டையை அடையும் முன்பாக, அதில் உள்ள நேர் மின்னூட்டங்கள் சமன்செய்யப்பட்டு விடுகின்றன. எனவே பட்டை கீழிறங்கும்போது மின்னூட்டமற்ற நிலையை அடைகிறது.

இவ்வாறு எந்திரம் தொடர்ச்சியாக, நேர்மின்னூட்டத்தை கோளத்திற்கு மாற்றுகிறது. இதன் விளைவாக கோளத்தின் மின்னழுத்தம் ஒரு பெரும எல்லை மதிப்பை அடைகின்ற வரை, அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கும். மேற்கொண்டு கோளத்தில் மின்னூட்டங்கள் ஏற்கப்பட முடியாத நிலையை எட்டியவுடன், காற்றின் அயனியாக்கத்தின் காரணமாக மின்னூட்டங்கள் கசியத் தொடங்குகின்றன.

உயர் அழுத்தத்தில் காற்று நிரப்பப்பட்ட எஃகுக் கலத்தினால் கோளத்தை மூடுவதின் மூலம், கோளத்தின் மின்னூட்டக் கசிவைக் குறைக்கலாம்.

இம்மின்னியற்றி மூலம் பெறப்படும் உயர் மின்னழுத்தம் அணுக்கருப் பிளவையில் பயன்படும் நேர் அயனிகளை (புரோட்டான், டியூட்ரான்) முடுக்குவிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

## தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

1.1 ஒரே மாதிரியான மூன்று சிறிய பந்துகள் முறையே $-3 \times 10^{-12}$C, $8 \times 10^{-12}$C மற்றும் $4 \times 10^{-12}$C மின்னூட்டங்களைக் கொண்டுள்ளன. அவற்றை ஒன்றையொன்று தொடும் நிலைக்கு கொண்டு வந்து பின் பிரித்து வைக்கப்படுகின்றன. **(i)** ஒவ்வொரு பந்திலும் மின்னூட்டம், **(ii)** தொடுதலுக்குப் பின் ஒவ்வொரு பந்திலும் உள்ள அதிகப்படியான அல்லது பற்றாக்குறையான எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $q_1 = -3 \times 10^{-12}$C, $q_2 = 8 \times 10^{-12}$ C, $q_3 = 4 \times 10^{-12}$ C

**தீர்வு : (i)** ஒவ்வொரு பந்திலும் மின்னூட்டம்

$$q = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{3} = \left(\frac{-3+8+4}{3}\right) \times 10^{-12}$$

$$= 3 \times 10^{-12} \text{ C}$$

**(ii)** மின்னூட்டம் நேர்மின்னூட்டம் ஆகையால், ஒவ்வொரு பந்தின் மீதும் எலக்ட்ரான்கள் எண்ணிக்கையில் குறைவு ஏற்படும்.

$$n = \frac{q}{e} = \frac{3 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.875 \times 10^7$$

$\therefore$ எலக்ட்ரான்கள் எண்ணிக்கை = $1.875 \times 10^7$.

1.2 மின் காப்பிடப்பட்ட, ஒவ்வொன்றும் $6.5 \times 10^{-7}$C மின்னூட்டம் பெற்ற இரு கோளங்கள் 0.5 m தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவைகளுக்கிடையேயான நிலை மின்னியல் விசையைக் கணக்கிடு. மேலும் **(i)** மின்னூட்டங்கள் இருமடங்காக்கப்பட்டு, தொலைவு பாதியாகக் குறைக்கப் படும் போதும் **(ii)** மின்னூட்டங்கள் மின்காப்புப் பொருளான நீரினுள் வைக்கப்படும் போதும் ($\varepsilon_r = 80$) விசையைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $q_1 = q_2 = 6.5 \times 10^{-7}$C, r = 0.5 m

**தீர்வு :** $$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times (6.5 \times 10^{-7})^2}{(0.5)^2}$$

$$= 1.52 \times 10^{-2} \text{ N.}$$

**(i)** மின்னூட்டம் இரு மடங்காக அதிகரிக்கப்பட்டு, தொலைவு பாதியாக குறைக்கப்பட்டால்,

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{2q_1 2q_2}{\left(r/2\right)^2}$$

F -யைப் போல் 16 மடங்கு

$= 16 \times 1.52 \times 10^{-2}$

$F_1 = 0.24$ N

(ii) $\varepsilon_r = 80$ - உடைய நீரில் வைக்கப்படும் போது,

$$F_2 = \frac{F}{\varepsilon_r} = \frac{1.52 \times 10^{-2}}{80}$$

$F_2 = 1.9 \times 10^{-4}$ N

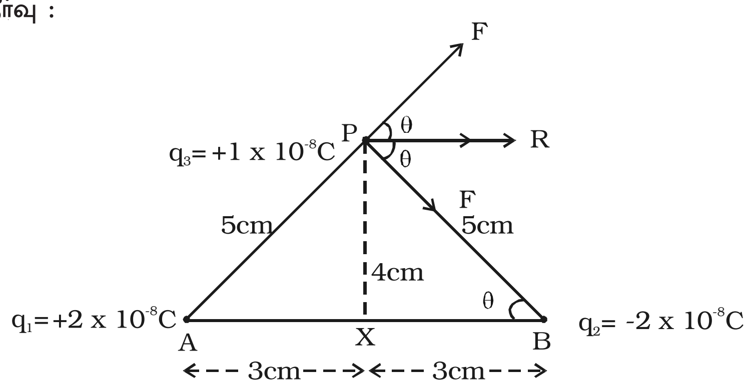
1.3 $2 \times 10^{-8}$ C மதிப்புடைய இரு சிறிய வேறின மின்னூட்டங்கள், A மற்றும் B என்ற புள்ளிகளில் 6 cm இடைவெளியில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. AB-யை இரு சமக் கூறிடும் செங்குத்துக் கோட்டில் 4 cm தொலைவில் உள்ள P என்ற புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள, $1 \times 10^{-8}$ C மின்னூட்டத்தின் மீதான விசையைக் கணக்கிடு.

**தகவல் :** $q_1 = +2 \times 10^{-8}$ C, $q_2 = -2 \times 10^{-8}$ C

P–யில் $q_3 = 1 \times 10^{-8}$ C

$X_P$ = 4 cm or 0.04 m, AB = 6 cm or 0.06 m

**தீர்வு :**




Δ APX, -ல் இருந்து, AP = $\sqrt{4^2 + 3^2}$ = 5 cm or $5 \times 10^{-2}$ m.

Aயில் உள்ள மின்னூட்டம், P-யில் உள்ள மின்னூட்டத்தை F என்ற விசையால் (AP வழியே) விரட்டுகிறது.

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \quad \frac{q_1 q_3}{r^2} = \frac{9\times10^9\times2\times10^{-8}\times1\times10^{-8}}{(5\times10^{-2})^2}$$

$= 7.2 \times 10^{-4}$ N (PB வழியே)

Bயில் உள்ள மின்னூட்டம் Pயில் உள்ள மின்னூட்டத்தை, அதே F என்ற விசையால் PB வழியே கவர்கிறது. ஏனெனில் BP = AP = 5 cm. R மதிப்புக்காண, விசையை இரு கூறுகளாகப் பிரிக்க வேண்டும்.

$$R = F\cos\theta + F\cos\theta = 2F\cos\theta$$

$$= 2\times7.2\times10^{-4}\times\frac{3}{5} \qquad \left[\because \cos\ \theta = \frac{BX}{PB}=\frac{3}{5}\right]$$

$$\therefore R = 8.64\times10^{-4}\ N$$

1.4 ஹைடிரஜன் அணுவில் r தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு புரோட்டானுக்கும், எலக்ட்ரானுக்கும் இடையேயான நிலை மின்னியல் மற்றும் ஈர்ப்பியல் விசைகளின் எண் மதிப்புகளை ஒப்பிடுக.

**தகவல்** : $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg ; $m_P = 1.67 \times 10^{-27}$ kg; $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N $m^2$ $kg^{-2}$; $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

**தீர்வு :**

எலக்ட்ரானுக்கும், புரோட்டானுக்கும் இடையேயான ஈர்ப்பியல் விசை

$$F_g = G\frac{m_e m_p}{r^2}.$$

ஹைடிரஜன் அணுவில் எலக்ட்ரானுக்கும், புரோட்டானுக்கும் இடையிலான சராசரி தொலைவு r என்க.

இரு மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயான நிலைமின்னியல் விசை

$$F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \quad \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

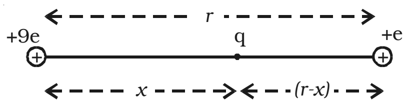
$$\therefore \quad \frac{F_e}{F_g} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_2}{G m_e m_P} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\ \frac{e^2}{G m_e m_P}$$

$$= \frac{9\times10^9\times(1.6\times10^{-19})^2}{6.67\times10^{-11}\times9.11\times10^{-31}\times1.67\times10^{-27}}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = 2.27\times10^{39}$$

இதிலிருந்து, நிலை மின்னியல் விசை ஈர்ப்பியல் விசையைப் போன்று $2.27 \times 10^{39}$ மடங்கு வலுவாக உள்ளது என அறியலாம்.

1.5 +9e மற்றும் +1e என்ற இரு புள்ளி மின்னூட்டங்கள் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று 16 cm தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த இரு மின்னூட்டங்களுக்கிடையில், மூன்றாவது மின்னூட்டம் qயை, எப்புள்ளியில் வைத்தால் இது தொடர்ந்து சமநிலையில் இருக்கும்?




**தகவல் :** r = 16 cm அல்லது 0.16 m; $q_1$ = 9e மற்றும் $q_2$ = e

**தீர்வு :** மூன்றாவது மின்னூட்டம் q ஆனது 9e-லிருந்து $x$ தொலைவிலும், + e-லிருந்து $(r - x)$ தொலைவிலும் வைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம்.

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{9e \times q}{x^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q\ e}{(r-x)^2}$$

$$\therefore \frac{x^2}{(r-x)^2} = 9 \quad ; \quad \frac{x}{r-x} = 3$$

அல்லது $x = 3r - 3x$

$\therefore \quad 4x = 3r = 3 \times 16 = 48$ cm

$\therefore \quad x = \frac{48}{4} = 12$ cm

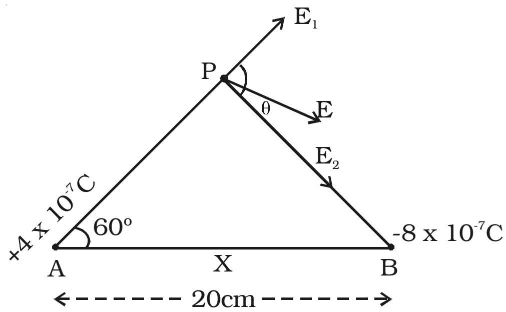
அல்லது 0.12 m

மூன்றாவது மின்னூட்டம் +9eலிருந்து 0.12மீ தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளது.

1.6 $4 \times 10^{-7}$ C மற்றும் $-8 \times 10^{-7}$ C ஆகிய இரு மின்னூட்டங்கள் பக்க அளவு 20 cm கொண்ட ABP என்ற சமபக்க முக்கோணத்தின் A மற்றும் B மூலைகளில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. P என்ற புள்ளியில் காணப்படும் தொகுபயன் மின்புலச் செறிவைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :**$q_1 = 4 \times 10^{-7}$ C; $q_2 = -8 \times 10^{-7}$ C; r = 20 cm = 0.2 m

**தீர்வு :**



AP வழியேயான மின்புலம் $E_1$

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\ \frac{q_1}{r^2} = \frac{9\times10^9\times4\times10^{-7}}{(0.2)^2} = 9\times10^4\ N\ C^{-1}$$

PB வழியே மின்புலம் $E_2$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\ \frac{q_2}{r^2} = \frac{9\times10^9\times8\times10^{-7}}{0.04} = 18\times10^4\ N\ C^{-1}$$

$$\therefore\ E = \sqrt{E_1^{\ 2}+E_2^{\ 2}+2E_1E_2\cos120^o}$$

$$= 9\times10^4\sqrt{2^2+1^2+2\times2\times1\left(-\tfrac{1}{2}\right)}$$

$$= 9\sqrt{3}\times10^4 = 15.6\times10^4 N\ C^{-1}$$

1.7 **(i)** $4\times10^{-7}$C மின்னூட்டத்தில் இருந்து 0.09 மீ தொலைவில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தத்தையும், **(ii)** $2\times10^{-9}$ C மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து, அப்புள்ளிக்கு கொண்டு வர செய்ய வேண்டிய வேலையையும் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $q_1 = 4\times10^{-7}$C, $q_2 = 2\times10^{-9}$ C, r = 0.09 m

**தீர்வு : (i)** $q_1$ என்ற மின்னூட்டத்தால் ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம்

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\ \frac{q_1}{r}$$

$$= \frac{9\times10^9\times4\times10^{-7}}{0.09} = 4\times10^4\ V$$

**(i)** $q_2$ என்ற மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து அப்புள்ளிக்கு கொண்டு வர செய்ய வேண்டிய வேலை

$$W = q_2 V = 2\times10^{-9}\times4\times10^4$$

$$W = 8\times10^{-5}\ J$$

1.8 HC$l$ வாயு, $2.5\times10^4\ N\ C^{-1}$ அளவுள்ள மின்புலத்தில் வைக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு HC$l$ மூலக்கூறின் மின் இருமுனை திருப்புத் திறன் $3.4\times10^{-30}$ C m எனில் ஒரு மூலக்கூறின் மீது செயல்படும் பெரும திருப்பு விசையைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $E = 2.5\times10^4\ N\ C^{-1}$,

$p = 3.4\times10^{-30}$ C m.

**தீர்வு :** மூலக்கூறின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசை

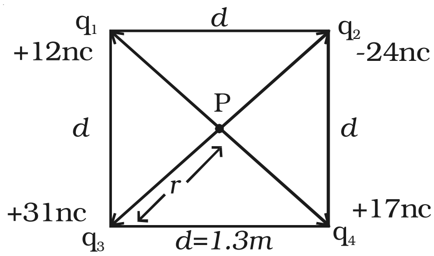
$\tau$ = pE sin $\theta$ (பெருமத் திருப்பு விசைக்கு, $\theta = 90^o$)

$= 3.4 \times 10^{-30} \times 2.5 \times 10^4$

$= 8.5 \times 10^{-26}$ N m.

$\therefore$ மூலக்கூறின் மீதான பெருமத் திருப்பு விசை $= 8.5 \times 10^{-26}$ N m.

1.9 படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு சதுரத்தின் முனைகளில் வைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளி மின்னூட்டங்களால், மையத்தில் உள்ள புள்ளியில் உருவாகும் மின்னழுத்தத்தைக் கணக்கிடுக.




**தகவல் :** $q_1$ = + 12 n C;
$q_2$ = –24 n C; $q_3$ = +31n C;
$q_4$ = +17 n C; d = 1.3 m

**தீர்வு :**

P என்ற புள்ளியில் மின்னழுத்தம்,

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{q_1}{r}+\frac{q_2}{r}+\frac{q_3}{r}+\frac{q_4}{r}\right]$$

தொலைவு $r = \frac{d}{\sqrt{2}} = \frac{1.3}{\sqrt{2}} = 0.919$ m

மொத்த மின்னூட்டம் $= q_1 + q_2 + q_3 + q_4$

$= (12 - 24 + 31 + 17) \times 10^{-9}$

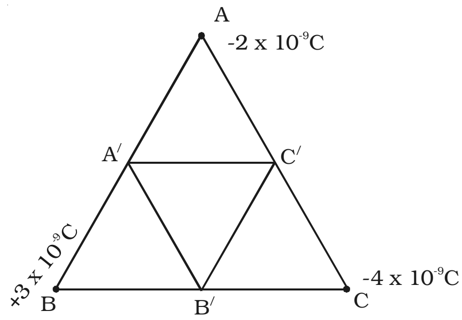
$q = 36 \times 10^{-9}$ C

$$\therefore V = \frac{9\times10^9\times36\times10^{-9}}{0.919}$$

V = 352.6 V

1.10 20 cm பக்க அளவுள்ள ABC என்ற சமபக்க முக்கோணத்தின் உச்சிகளில் $-2 \times 10^{-9}$C, $+3 \times 10^{-9}$C, $-4 \times 10^{-9}$C ஆகிய மூன்று மின்னோட்டங்கள் வைக்கப்பட்டுள்ளன எனில், மின்னூட்டங்கள் A, B மற்றும் C முறையே

முக்கோணத்தின் பக்கங்களின் மையப்புள்ளிகளான $A_1$, $B_1$ மற்றும் $C_1$-க்கு நகர்த்த செய்யப்படும் வேலையைக் கணக்கிடுக.




**தகவல் :** $q_1 = -2 \times 10^{-9}C$;

$q_2 = +3 \times 10^{-9}C$;

$q_3 = -4 \times 10^{-9}C$;

AB = BC = CA = 20cm = 0.20 m

**தீர்வு :** மின்னூட்ட அமைப்பின் மின்னழுத்த ஆற்றல்

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{q_1q_2}{r} + \frac{q_2q_3}{r} + \frac{q_3q_1}{r}\right]$$

மின்னூட்டங்கள் A, B மற்றும் C -க்களை முறையே $A_1$, $B_1$ மற்றும் $C_1$க்கு இடப்பெயர்ச்சி செய்ய செய்யப்படும் வேலை,

$$W = U_f - U_i$$

$U_i$ மற்றும் $U_f$ என்பன அமைப்பின், தொடக்க மற்றம் இறுதி மின்னழுத்த ஆற்றல்,

$$U_i = \frac{9\times10^9}{0.20} \ [-6 \times 10^{-18} - 12 \times 10^{-18} + 8 \times 10^{-18}]$$

$$= -4.5 \times 10^{-7} \text{ J}$$

$$U_f = \frac{9\times10^9}{0.10} \ [-6 \times 10^{-18} - 12 \times 10^{-18} + 8 \times 10^{-18}]$$

$$= -9 \times 10^{-7}\text{J}$$

$\therefore$ செய்யப்படும் வேலை $= -9 \times 10^{-7} - (-4.5 \times 10^{-7})$

$$W = -4.5 \times 10^{-7}\text{J}$$

1.11 முடிவிலா வரிமின்னூட்டம், 2 cm தொலைவில் $9 \times 10^4$ N $C^{-1}$ மின்புலத்தை உருவாக்குகிறது எனில் மின்னூட்ட நீள் அடர்த்தியைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $E = 9 \times 10^4$ N $C^{-1}$, $r = 2$ cm $= 2 \times 10^{-2}$ m

**தீர்வு :** $E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_o r}$

$$\lambda = E \times 2\pi\varepsilon_o r$$

$$\lambda = 9 \times 10^4 \times \frac{1}{18 \times 10^9} \times 2 \times 10^{-2} \left( \because 2\pi\varepsilon_o = \frac{1}{18 \times 10^9} \right)$$

$$\lambda = 10^{-7}\ C\ m^{-1}$$

1.12 ஒரு புள்ளி மின்னூட்டம், அதனை மையமாகக் கொண்டு அமையும் 10 cm ஆரமுள்ள, ஒரு கோள வடிவ காஸ்ஸியன் பரப்பு வழியே செல்லுமாறு $-6 \times 10^3\ Nm^2\ C^{-1}$ அளவுள்ள மின் புல பாயத்தை உருவாக்குகிறது, எனில்

**(i)** காஸ்ஸியன் பரப்பின் ஆரம் இருமடங்காக்கப்படும்போது பரப்பின் வழியே செல்லும் மின்புலப் பாயத்தின் அளவைக் கணக்கிடுக.

**(ii)** மின்னூட்டத்தின் மதிப்பு என்ன?

**தகவல் :** $\phi = -6 \times 10^3\ N\ m^2\ C^{-1}$; $r = 10\ cm = 10 \times 10^{-2}\ m$

**தீர்வு :** **(i)** காஸ்ஸியன் பரப்பின் ஆரம் இரு மடங்காக்கப்படும்பொழுது, புதிய பரப்பின் வழியே செல்லும் மின்புலப் பாயம் மாறாது. ஏனெனில், மின்புலப் பாயம் பரப்பினுள் உள்ள மொத்த மின்னூட்டத்தைச் சார்ந்து அமையுமே தவிர ஆரத்தைச் சார்ந்து அமையாது.

$$\therefore \quad \phi = -6 \times 10^3\ N\ m^2\ C^{-1}$$

**(ii)** $\therefore \quad \phi = \frac{q}{\varepsilon_o}$ or $q = -(8.85 \times 10^{-12} \times 6 \times 10^3)$

$$q = -5.31 \times 10^{-8}\ C$$

1.13 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின், தகடுகளின் பரப்பு $200\ cm^2$. அவ்விரு தட்டுகளும் 1 mm இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன எனில் **(i)** மின்தேக்கிக்கு 1nC மின்னூட்டம் அளிக்கப்படும் போது, தகடுகளுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு, **(ii)** அதே மின்னூட்டத்திற்கு (1n C) இடைத்தொலைவு 2 mmக்கு அதிகரிக்கப்பட்டால் புதிய மின்னழுத்த வேறுபாடு **(iii)** தகடுகளுக்கிடையே மின்புலம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $d = 1\ mm = 1 \times 10^{-3} m$; $A = 200\ cm^2$ or $200 \times 10^{-4}\ m^2$ ;
$q = 1\ nC = 1 \times 10^{-9}\ C$ ;

**தீர்வு :** மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

$$C = \frac{\varepsilon_o A}{d} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 200 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-3}}$$

$$C = 0.177 \times 10^{-9}\ F = 0.177\ nF$$

**(i)** தகடுகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V = \frac{q}{C} = \frac{1 \times 10^{-9}}{0.177 \times 10^{-9}} = 5.65\ V$$

**(ii)** தகடுகளுக்கிடையேயான தொலைவு 1 mm-லிருந்து 2mm-க்கு அதிகரிக்கும் போது மின்தேக்கு திறன் இரு மடங்காகக் குறையும். மின்னழுத்த வேறுபாடு இரு மடங்கு அதிகரிக்கும்.

∴ புதிய மின்னழுத்த வேறுபாடு = $5.65 \times 2 = 11.3$ V

**(iii)** மின்புலம்

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o} = \frac{q}{A.\varepsilon_o} = \frac{1 \times 10^{-9}}{8.85 \times 10^{-12} \times 200 \times 10^{-4}}$$

$$= 5650\ N\ C^{-1}$$

1.14 காற்று நிரப்பப்பட்ட, ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குதிறன் 8 pF. தட்டுகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு பாதியாக குறைக்கப்பட்டு, அதன் இடைவெளி மின்காப்புப் மாறிலி 6 கொண்ட மின்காப்புப் பொருளால் நிரப்பப்படும் பொழுது மின்தேக்குத்திறன் எவ்வளவு?

**தகவல் :** $C_o = 8$ pF , $\varepsilon_r = 6$, மின்காப்பு உள்ள போது தொலைவு d ஆனது d/2 ஆக மாறும்.

**தீர்வு :** $C_o = \frac{A\varepsilon_o}{d} = 8pF$

தொலைவு பாதியாக குறைக்கப்பட்டு, மின்காப்புப் பொருளால் இடைவெளி நிரப்பப்படும் போது, புதிய மின்தேக்குதிறன்,

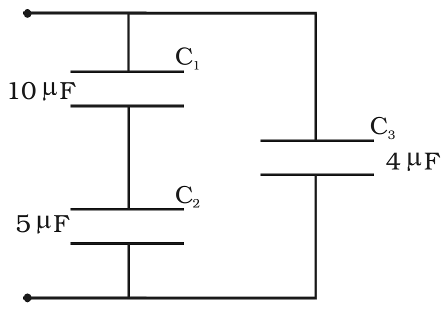
$$C = \frac{\varepsilon_r A\varepsilon_o}{d/2} = \frac{2\varepsilon_r A\varepsilon_o}{d}$$

$$= 2\varepsilon_r C_o$$

$$C = 2 \times 6 \times 8 = 96\ pF$$

1.15 படத்தில் காட்டியுள்ள இணைப்பின் தொகு மின்தேக்குத் திறனைக் கணக்கிடு.

**தகவல் :** $C_1 = 10\mu F$ ; $C_2 = 5\mu F$ ; $C_3 = 4\mu F$



**தீர்வு : (i)** $C_1$ மற்றும் $C_2$ தொடரிணைப்பில் இணைக் கப்பட்டுள்ளன. தொடரி ணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கி கூட்டமைப்பின் தொகுபயன் மின்தேக்கு திறன்

$$\frac{1}{C_S} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$= \frac{1}{10} + \frac{1}{5}$$

$$\therefore \quad C_S = \frac{10 \times 5}{10 + 5} = \frac{10}{3}\,\mu F$$

**(ii)** $C_S$ ஆனது $C_3$-யுடன் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. பக்க இணைப்பில், மின்தேக்கிகளின் தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன்

$$C_p = C_s + C_3$$

$$= \left(\frac{10}{3} + 4\right) = \frac{22}{3}\,\mu F$$

$$C_p = 7.33\ \mu F$$

1.16 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தகட்டின் பரப்பு 90 $cm^2$. அவ்விரு தட்டுகளும் 2.5 mm இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்தேக்கியானது 400 V மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்டு மின்னேற்றம் செய்யப்படுகிறது எனில், அதில் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள நிலை மின்னியல் ஆற்றல் எவ்வளவு?

**தகவல் :** $A = 90\ cm^2 = 90 \times 10^{-4}\ m^2$; $d = 2.5\ mm = 2.5 \times 10^{-3}\ m$;

$V = 400\ V$

**தீர்வு :** இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

$$C = \frac{\varepsilon_o A}{d} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 90 \times 10^{-4}}{2.5 \times 10^{-3}}$$

$$= 3.186 \times 10^{-11}\ F$$

மின்தேக்கியின் ஆற்றல் $= \frac{1}{2}\ C\ V^2$

$$= \frac{1}{2} \times 3.186 \times 10^{-11} \times (400)^2$$

ஆற்றல் $= 2.55 \times 10^{-6}\ J$

# தன் மதிப்பீடு

***(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)***

1.1 ஒரு கண்ணாடித் தண்டு, பட்டுத் துணியுடன் தேய்க்கப்படும் போது $+8 \times 10^{-12}\ C$ மின்னூட்டத்தை ஏற்கிறது. அது ஏற்றுக்கொண்ட அல்லது இழந்த எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை

(a) $5 \times 10^{-7}$ (ஏற்றது) (b) $5 \times 10^{7}$ (இழந்தது)

(c) $2 \times 10^{-8}$ (இழந்தது) (d) $-8 \times 10^{-12}$ (இழந்தது)

1.2 இரு புள்ளி மின்னூட்டங்கள், $\varepsilon_r = 6$ கொண்ட ஊடகத்தில், $d$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்படுவதால் உருவாகும் நிலை மின்னியல் விசை $0.3\ N$. வெற்றிடத்தில், அதே தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டால், அம்மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயான விசை

(a) $20\ N$ (b) $0.5\ N$

(c) $1.8\ N$ (d) $2\ N$

1.3 ஒரு புள்ளி மின்னூட்டத்திலிருந்து $2\ m$ தொலைவில் மின்புலச் செறிவு $400\ V m^{-1}$ எத்தொலைவில் அதன் மின்புலச் செறிவு $100\ V m^{-1}$ ஆக அமையும்?

(a) $50\ cm$ (b) $4\ cm$

(c) $4\ m$ (d) $1.5\ m$

1.4 இரு புள்ளி மின்னூட்டங்கள் $+4q$ மற்றும் $+q$, $30\ cm$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. அம்மின்னூட்டங்களை இணைக்கும் கோட்டின் மீது எப்புள்ளியில் மின்புலம் சுழியாகும்?

(a) மின்னூட்டம் $+q$-லிருந்து 15 cm

(b) மின்னூட்டம் $+q$-லிருந்து 7.5 cm

(c) மின்னூட்டம் $+4q$-லிருந்து 20 cm

(d) மின்னூட்டம் $+q$-லிருந்து 5 cm

1.5 சீரான மின்புலத்தில், புலத்திற்கு இணையாக, அதன் அச்சு அமையுமாறு ஒரு மின் இருமுனை வைக்கப்பட்டால், அது உணர்வது

*(a)* மொத்த விசையை மட்டும்

*(b)* திருப்பு விசையை மட்டும்

*(c)* மொத்த விசை மற்றும் திருப்பு விசை இரண்டையும்

*(d)* மொத்த விசையும் அல்ல, திருப்பு விசையும் அல்ல

1.6 மின் இருமுனையின் மையத்திலிருந்து $x$ தொலைவில் அமையும் புள்ளியில் மின்னழுத்தம், எதற்கு நேர்த்தகவில் அமைகிறது?

*(a)* $\frac{1}{x^2}$ *(b)* $\frac{1}{x^3}$

*(c)* $\frac{1}{x^4}$ *(d)* $\frac{1}{x^{3/2}}$

1.7 *'a'* பக்கம் கொண்ட சதுரத்தின் நான்கு மூலைகள் $A$, $B$, $C$ மற்றும் $D$–க்களில் முறையே மின்னூட்டங்கள் $+q$, $+q$, $-q$ மற்றும் $-q$ வைக்கப்பட்டுள்ளன. சதுரத்தின் மையம் $O$ -வில் மின்னழுத்தமானது,

*(a)* $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{a}$ *(b)* $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{2q}{a}$

*(c)* $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{4q}{a}$ *(d)* சுழி

1.8 இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களின் மின்னழுத்த ஆற்றல் *(U)* ...... ஆகும்.

*(a)* $\frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_o r^2}$ *(b)* $\frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_o r}$

*(c)* $pE\cos\theta$ *(d)* $pE\sin\theta$

1.9 சம மின்னழுத்தப் பரப்பில் உள்ள இரு புள்ளிகளுக்கு இடையே $500\ \mu C$ மின்னூட்டத்தை நகர்த்த செய்யப்படும் வேலை

*(a)* சுழி *(b)* வரம்புள்ள நேர்க்குறி மதிப்பு

*(c)* வரம்புள்ள எதிர்க்குறி மதிப்பு *(d)* முடிவிலி

1.10. கீழ்க்கண்ட அளவுகளுள் எது ஸ்கேலார் அளவாகும்?

*(a)* இருமுனை திருப்புத் திறன் *(b)* மின்புல விசை

*(c)* மின்புலம் *(d)* மின்னழுத்தம்

1.11 விடுதிறனின் அலகு

(a) $C^2 N^{-1} m^{-2}$ (b) $N m^2 C^{-2}$

(c) $H m^{-1}$ (d) $N C^{-2} m^{-2}$

1.12 1 கூலும் மின்னூட்டத்திலிருந்து உருவாகும் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை

(a) $1.129 \times 10^{11}$ (b) $1.6 \times 10^{-19}$

(c) $6.25 \times 10^{18}$ (d) $8.85 \times 10^{12}$

1.13 மின்னூட்ட அடர்த்தி $\sigma$ கொண்ட, இரு எதிரெதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற உலோகத் தகடுகளுக்கு வெளியே உள்ள புள்ளியில் மின்புலம்

(a) $\frac{+\sigma}{2\varepsilon o}$ (b) $\frac{-\sigma}{2\varepsilon o}$

(c) $\frac{\sigma}{\varepsilon o}$ (d) சுழியாகும்.

1.14 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்கு திறனானது, தட்டுகளுக்கிடையே மின்காப்புப் பொருளைக் கொண்டு நிரப்புவதால், $5\ \mu F$லிருந்து $60\ \mu F$க்கு அதிகரிக்கிறது. மின்காப்புப் பொருளின் மின்காப்பு மாறிலி

(a) 65 (b) 55

(c) 12 (d) 10

1.15 மின்னூட்டம் பெற்றுள்ள உள்ளீடற்ற உலோகப் பந்து ஒன்று, சுழி மின்புலத்தை எப்புள்ளிகளில் தோற்றுவிக்கிறது?

(a) கோளத்திற்கு வெளியே (b) அதன் பரப்பின் மேல்

(c) கோளத்தின் உட்புறம் (d) இரு மடங்கு தொலைவுக்கு அப்பால்

1.16 நிலை மின்னியலில் கூலும் விதியைக் கூறு, அதன் வெக்டர் வடிவத்தைக் குறிப்பிடு.

1.17 விடுதிறன் மற்றும் ஒப்புமை விடுதிறன் என்றால் என்ன? அவை எவ்வாறு தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளன.

1.18 மேற்பொருந்துதல் தத்தவத்தை விளக்கு.

1.19 ஒரு புள்ளியில் மின்புலம் வரையறு. அதன் அலகைக் கூறி, ஒரு புள்ளி மின்னூட்டத்தால் ஏற்படும் மின்புலத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

1.20 மின்விசைக் கோடுகளின் பண்புகளைக் கூறுக.

1.21 மின் இருமுனை என்றால் என்ன? மின் இருமுனையின் திருப்புத் திறனை வரையறு.

1.22 சீரான மின்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின் இருமுனையின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசைக்கான கோவையினைப் பெறுக.

1.23 ஒரு சீரான மற்றும் சீரற்ற மின்புலத்தில் ஒரு மின் இருமுனை வைக்கப்படும் பொழுது நிகழ்வது என்ன?

1.24 மின் இருமுனையால் அச்சுக் கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில், நடுவரைக் கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்புலச் செறிவிற்கான கோவையைப் பெறுக.

1.25 ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம் வரையறு. இது ஒரு ஸ்கேலார் அளவா அல்லது வெக்டர் அளவா? ஒரு புள்ளி மின்னூட்டத்தால் ஏற்படும் மின்னழுத்தத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

1.26 மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு இவற்றை வேறுபடுத்துக.

1.27 சம மின்னழுத்த பரப்பு என்றால் என்ன?

1.28 இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களின் அமைப்பின் மின்னழுத்த ஆற்றல் என்றால் என்ன? அதற்கான கோவையினைப் பெறுக.

1.29 மின் இருமுனையால் ஏற்படும் மின் அழுத்தத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

1.30 மின் புலப் பாயத்தை வரையறு. அதன் அலகைத் தருக.

1.31 காஸ் விதியைக் கூறு. இதைப் பயன்படுத்தி, **(i)** சீரான மின்னூட்ட அடர்த்தி கொண்ட முடிவிலா, நீண்ட, நேரான கடத்தி **(ii)** q மின்னூட்டம் உடைய முடிவிலா சமதள தகடு, ஆகியவற்றைப் பொருத்த மின்புலங்களைக் கணக்கிடுக.

1.32 மின்தேக்கி என்றால் என்ன? அதன் மின்தேக்குத்திறனை வரையறு.

1.33 மின்தேக்கியின் தத்துவத்தை விவரி. ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறனுக்கான கோவையைப் பெறுக.

1.34 மின்காப்பு என்றால் என்ன? ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கிடையே மின்காப்புப் பாளத்தை வைப்பதால் ஏற்படும் விளைவை விவரி.

1.35 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒரு மின்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தகடுகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவுக்குச் சமமான தடிமன் கொண்ட மின்காப்புப் பாளம், தகடுகளுக்கிடையே புகுத்தப்படும்போது **(i)** மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன், **(ii)** தகடுகளுக்கிடையேயான மின்புலம் **(iii)** தகடுகளுக்கிடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு, இவற்றில் என்ன விளைவு ஏற்படுகிறது?

1.36 மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பிலும், பக்க இணைப்பிலும இணைக்கப்படும் போது விளையும் தொகுபயன் மின்தேக்குத் திறன்களைக் காண்க.

1.37 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியில், சேமித்து வைக்கப்படும் ஆற்றல் $\frac{q^2}{2C}$ என நிறுவுக.

1.38 மின்காப்பின் மின்முனையாக்கல் என்றால் என்ன?

1.39 வான்-டி-கிராப் மின்னியற்றியின் தத்துவம், அமைப்பு மற்றும் செயல்படும் விதத்தை விவரி.

1.40 இடி, மின்னலின் போது ஒரு மரத்தினடியில் நிற்பதை விட ஒரு காரின் (car) உள்ளே இருப்பது பாதுகாப்பானது. ஏன்?

## கணக்குகள்

1.41 இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களின் கூடுதல் $6\ \mu\ C$. வெற்றிடத்தில் $40\ cm$ இடைவெளியில் அவை வைக்கப்படும் போது $0.9\ N$ விசையுடன் ஒன்றை ஒன்று கவர்கிறது எனில், அம்மின்னூட்டங்களைக் கணக்கிடுக.

1.42 ஒரு சிறிய மின்னூட்டம் பெற்ற கோளங்கள் ஒன்றையொன்று $2 \times 10^{-3}\ N$ விசையுடன் விரட்டுகின்றன. ஒரு கோளத்தின் மீதான மின்னூட்டம் மற்றதைப் போல் இரு மடங்கு ஆகும். மின்னூட்டங்களில் ஒன்றினை மற்றொன்றிலிருந்து $10\ cm$ தொலைவுக்கு வெளியே நகர்த்தினால் விசையானது $5 \times 10^{-4} N$ ஆகும். அம்மின்னூட்டங்களையும், அவற்றிற்கிடையேயான அதன் ஆரம்பத் தொலைவினையும் கணக்கிடுக.

1.43 ஒரு சதுரத்தின் நான்கு மூலைகளில் $+q$, $+2q$, $+q$ மற்றும் $-q$ ஆகிய மின்னூட்டங்கள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. $q = 5/3 \times 10^{-9} C$ எனில், $10\ cm$ பக்கம் கொண்ட அச்சதுரத்தின் மூலை விட்டங்கள் வெட்டிக் கொள்ளும் புள்ளியில் மின்புலத்தைக் கணக்கிடுக.

1.44 $10 \times 10^{-9}\ C$ மற்றும் $20 \times 10^{-9}\ C$ என்ற இரு மின்னூட்டங்கள், $0.3\ m$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு மின்னூட்டங்களின் இடைத் தொலைவின் மையப் புள்ளியில் மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்புலச் செறிவைக் காண்க.

1.45 $5\ mm$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்ட, $2 \times 10^{-10}\ C$ மற்றும் $-2 \times 10^{-10}$ மின்னூட்டங்கள் கொண்ட மின் இருமுனையானது $10\ V\ m^{-1}$ சீரான மின்புலத்தில் $60^o$ கோணத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. *(i)* ஒவ்வொரு மின்னூட்டத்தின் மீதும் செயல்படும் விசையின் எண் மதிப்பு மற்றும் திசை *(ii)* புலத்தால் செயல்படுத்தப்படும் திருப்பு விசை ஆகியவற்றைக் காண்க.

1.46 ஒரு மின் இருமுனையின் மின்னூட்டங்கள் $2 \times 10^{-6}$ $C$ மற்றும் $-2 \times 10^{-6}$ $C$ இரண்டும், $1$ $cm$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. மின் இரு முனையால் *(i)* அச்சுக்கோட்டில், அதன் மையத்திலிருந்து $1$ $m$ தொலைவில் உள்ள புள்ளி *(ii)* நடுவரைக் கோட்டில், மையத்திலிருந்து $1$ $m$ தொலைவில் உள்ள புள்ளி ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மின்புலத்தைக் கணக்கிடுக.

1.47 $+q$ மற்றும் $-3q$ என்ற இரு மின்னூட்டங்கள் $1$ $m$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. அதன் அச்சுக்கோட்டில், மின்னூட்டங்களுக்கு இடையில் எப்புள்ளியில் மின்னழுத்தம் சுழியாகும்?

1.48 $60$ $cm$ பக்கங்கள் கொண்ட ஒரு சமபக்க முக்கோணத்தின் உச்சிகளில் $+1\mu C$, $+3\mu C$ மற்றும் $-5\mu C$ மின்னூட்டங்கள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இம்மின்னூட்டங்களின் அமைப்பின் மின்னழுத்த ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

1.49 $10$ $cm$ இடைத் தொலைவில் $12$ $\mu C$ மற்றும் $8$ $\mu C$ என்ற இரு நேர் மின்னூட்டங்கள் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இடைத்தொலைவு $6$ $cm$ ஆக இருக்குமாறு, அவற்றை $4$ $cm$ தொலைவு நெருக்கிக் கொண்டு வர செய்ய வேண்டிய வேலையைக் கணக்கிடுக.

1.50 ஒரு உள்ளீடற்ற, $10$ $cm$ பக்கம் கொண்ட கன சதுரத்தின் மையத்தில் $8.85$ $\mu C$ மின்னூட்டம் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் ஒவ்வொரு பக்கத்தின் வழியாகவும் செல்லும் மின்புலப் பாயத்தைக் காண்க.

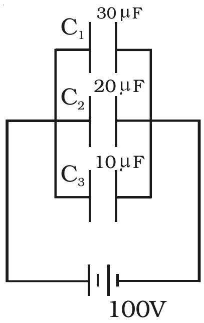
1.51 $0.12$ $m$ ஆரம் கொண்ட, கோள வடிவ கடத்தியின் பரப்பு முழுவதும் $1.6 \times 10^{-7}$ $C$ மின்னூட்டம் சீராகப் பரவியுள்ளது. *(i)* கோளத்தின் உள்ளே *(ii)* கோளத்தின் மீது *(iii)* கோளத்தின் மையத்திலிருந்து $0.18$ $m$ தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் மின்புலம் என்னவாகும்?

1.52 ஒவ்வொன்றும் $4 \times 10^{-2}$ $sq$ $m$ பரப்பு கொண்ட ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கிடையே $10^{-3}$ $m$ தடிமன் கொண்ட மின்காப்புப் பொருள் புகுத்தப்படுகிறது. மின்காப்புப்பொருளின் ஒப்புமை விடுதிறன் 7 எனில், மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறனைக் கணக்கிடுக.

1.53 இரு மின்தேக்கிகள், தொடரிணைப்பிலும் பக்க இணைப்பிலும் இணைக்கப்படுகின்றன. இந்த இரு இணைப்புகளிலும் கிடைக்கப்பெறும் தொகுபயன் மின்தேக்குத் திறன்கள் முறையே $6$ $\mu F$ மற்றும் $25\mu F$ எனில், அம்மின்தேக்கிகளின் மின்தேக்குத்திறன்களைக் கணக்கிடுக.

1.54 மின்தேக்குத்திறன் $0.5$ $\mu F$ மற்றும் $0.75$ $\mu F$ கொண்ட இரு மின்தேக்கிகள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு அமைப்புடன் $110$ $V$ மின்கலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்மூலத்தின் மின்னூட்டம் மற்றும் ஒவ்வொரு மின்தேக்கியிலும் உள்ள மின்னூட்டம் காண்க.

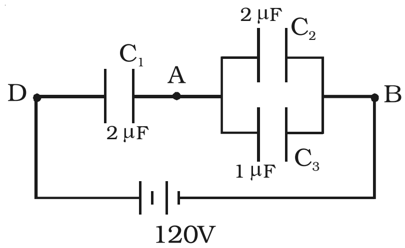
1.55 மூன்று மின்தேக்கிகள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டு *100 V* மின்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதை படம் காட்டுகிறது. மின்தேக்கியின் தொகுப்பில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள மொத்த ஆற்றல் என்ன?




1.56 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியானது, குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப்படுகிறது. தகடுகளுக்கிடையே *3 mm* தடிமன் கொண்ட ஒரு பாளம் புகுத்தப்படுகிறது. தகடுகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்தத்தை மாறாமல் வைக்க, தகடுகளின் இடைத்தொலைவு *2.4 mm.* அதிகமாக்கப்படுகிறது. பாளத்தின் மின்காப்பு மாறிலியைக் கணக்கிடுக.

1.57 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே உள்ள இடைவெளியின் நான்கில் மூன்று பகுதி, மின்காப்பு மாறிலி 3 உடைய மின்காப்புப் பொருளால் நிரப்பப்படுகிறது. மின்காப்புப் பொருளில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றலின் சதவீதம் என்ன?

1.58 படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள மின் தேக்கிகளின் மின்னூட்டத்தைக் காண்க. மேலும் அவைகளின் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண்க.




1.59 ஒவ்வொன்றும் *9 pF* மின்தேக்குத்திறன் கொண்ட மூன்று மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தொகுப்பின் மொத்த மின்தேக்குத்திறன் யாது? தொகுப்பானது *120 V* மூலத்துடன் இணைக்கப்படும்போது, ஒவ்வொரு மின்தேக்கியின் இடையேயும் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு யாது?

## விடைகள்

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***1.1*** *(b)* | ***1.2*** *(c)* | ***1.3*** *(c)* | ***1.4*** *(c)* | ***1.5*** *(d)* |
| ***1.6*** *(a)* | ***1.7*** *(d)* | ***1.8*** *(b)* | ***1.9*** *(a)* | ***1.10*** *(d)* |
| ***1.11*** *(a)* | ***1.12*** *(a)* | ***1.13*** *(d)* | ***1.14*** *(c)* | ***1.15*** *(c)* |

***1.35*** (i) அதிகரிக்கும் (ii) மாறாதிருக்கும் (iii) மாறாதிருக்கும்

***1.41*** $q_1 = 8 \times 10^{-6} C$ , $q_2 = -2 \times 10^{-6}$ C

***1.42*** $q_1 = 33.33 \times 10^{-9} C$, $q_2 = 66.66 \times 10^{-9} C$, $x = 0.1$ m

***1.43*** $0.9 \times 10^4 Vm^{-1}$

***1.44*** $V = 1800$ V, $E = 4000$ $Vm^{-1}$

***1.45*** $2 \times 10^{-9} N$, புலத்தின் திசையில், $\tau = 0.866 \times 10^{-11}$ Nm

***1.46*** 360 N/C, 180 N $C^{-1}$

***1.47*** $+q$ -விலிருந்து 0.25 m தொலைவில்

***1.48*** –0.255 J

***1.49*** 5.70 J

***1.50*** $1.67 \times 10^5$ N $m^2$ $C^{-1}$

***1.51*** சுழி, $10^5$ N $C^{-1}$, $4.44 \times 10^4$ N $C^{-1}$

***1.52*** $2.478 \times 10^{-9} F$

***1.53*** $C_1 = 15$ $\mu F$, $C_2 = 10 \mu F$

***1.54*** $q = 137.5$ $\mu C$, $q_1 = 55$ $\mu C$, $q_2 = 82.5$ $\mu C$

***1.55*** 0.3 J

***1.56*** $\varepsilon_r = 5$

***1.57*** 50%

***1.58*** $q_1 = 144 \times 10^{-6} C$, $q_2 = 96 \times 10^{-6} C$, $q_3 = 48 \times 10^{-6} C$
$V_1 = 72$ V, $V_2 = 48$ V

***1.59*** 3 pF, ஒவ்வொன்றும் 40 V

# 1. நிலை மின்னியல்

நிலையான மின்னூட்டங்கள் அல்லது ஓய்வு நிலை மின்னூட்டங்களைப் பற்றி விளக்கும் இயற்பியலின் ஒரு பகுதி நிலை மின்னியல் எனப்படும். இப்பாடப் பகுதியில் நிலையான மின்னூட்டங்களின் அடிப்படை நிகழ்வுகளை அறிந்து கொள்வோம். ஈர்ப்புப் புலத்தில் உள்ள நிறைகளைப் போன்றதே மின்புலத்தில் உள்ள மின்னூட்டங்களும் ஆகும். மின்னூட்டங்கள் தங்களுக்கிடையே செயல்படும் விசைகளைப் பெற்றிருப்பதால், அவை நிலை ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளன. இக்கருத்துகள் மின்னோட்டவியலின் பல பிரிவுகளிலும், அணு பற்றிய கொள்கையிலும் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

## 1.1 நிலை மின்னியல் - உராய்வு மின்னியல்

கி.பி. 600-ல் தாலஸ் என்ற கிரேக்க அறிஞர் ஆம்பர் **(Amber)** என்ற பொருளின் சிறு துண்டினைக் கம்பளியில் தேய்க்க, அது காகிதம் போன்ற லேசானப் பொருள்களை கவரும் பண்பினை பெறுகிறது என்று கண்டறிந்தார். 17-ஆம் நூற்றாண்டில் வில்லியம் கில் பெர்ட் என்பவர், கண்ணாடி, எபோனைட் போன்றவை தகுந்த பொருள்களோடு தேய்க்கப்படும்போது இதே பண்பை வெளிப்படுத்துகின்றன என்று கண்டுபிடித்தார்.

இவ்வாறு தேய்க்கப்படும்போது, மின்னூட்டங்களைப் பெறும் பொருள்களை 'மின்னாக்கல் அடைந்தவை **(electrified)**அல்லது மின்னூட்டம் பெற்றவை' எனலாம். இவ்வார்த்தைகள் ஆம்பர் என்று பொருள்படும் எலக்ட்ரான் **(electron)** என்ற கிரேக்க வார்த்தையிலிருந்து பெறப்பட்டவையாகும். உராய்வினால் உருவாகும் மின்னோட்டம், உராய்வு மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படும். ஒரு பொருளில் உள்ள மின்னூட்டங்கள் நகரவில்லை எனில், அவ்வுராய்வு மின்னோட்டத்தை நிலை மின்னோட்டம் என்றும் அழைக்கலாம்.

### *1.1.1 மின்னூட்டங்களின் இரு வகைகள்*

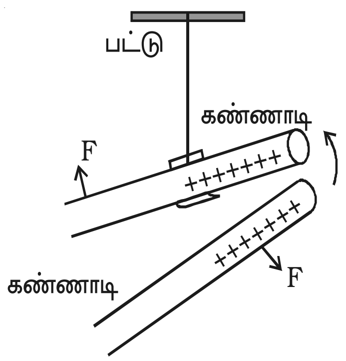
**(i)** ஒரு கண்ணாடித் தண்டை, பட்டுத் துணியுடன் தேய்க்க, கண்ணாடித் தண்டு நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது. பட்டுத்துணி அதே அளவு எதிர் மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது.

**(ii)** எபோனைட் தண்டு ஒன்றை கம்பளியால் தேய்க்க, எபோனைட் எதிர் மின்னூட்டமடைகிறது. கம்பளியானது அதே அளவு நேர் மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது. மின்னூட்டங்கள், அமெரிக்க அறிவியல் அறிஞர் பெஞ்சமின் பிராங்களின் என்பவரால், நேர் மற்றும் எதிர் மின்னூட்டங்கள் என இருவகையாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

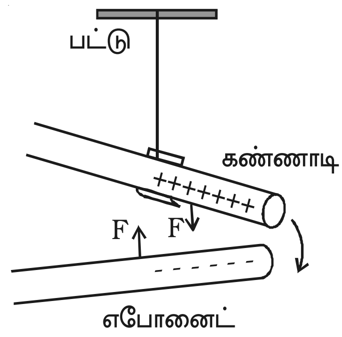
ஆகவே தேய்ப்பதினால், மின்னூட்டமடையும் தண்டு ஒன்றில், மின்னோட்டம் உருவாக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் பொருளினுள் மின்னூட்டங்கள் மாற்றியமைக்கப் படுகின்றன அல்லது மின்னூட்டங்கள் பகிர்ந்தளிக்கப்படுகின்றன.

### 1.1.2 ஓரின மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று விரட்டும். வேறின மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று கவரும் - சோதனையியல் சரிபார்ப்பு

பட்டு இழையால் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள மின்னூட்டப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டு ஒன்று கிடைத்தளத்தில் அலைவுறுகிறது. தற்போது அதன் முனைக்கருகில் மற்றொரு மின்னூட்டம் பெற்ற கண்ணாடித் தண்டு கொண்டு வரப்பட்டால், இரு முனைகளும் ஒன்றையொன்று விரட்டுவதைக் காணலாம் (படம் 1.1). இருந்த போதிலும் மின்னூட்டப்பட்ட எபோனைட் தண்டானது, தொங்கவிடப்பட்ட கண்ணாடித் தண்டின் முனைக்கருகில் கொண்டு வரப்பட்டால், இரு தண்டுகளும் ஒன்றையொன்று கவர்கின்றன (படம் 1.2). இச்சோதனை மூலம் ஓரின மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று விரட்டும், வேறின மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று கவரும் என தெரிய வருகிறது.




*படம் 1.1 ஓரின மின்னூட்டம் பெற்ற இரு மின்னூட்ட தண்டுகள்*




*படம் 1.2 வேறின மின்னூட்டம் பெற்ற இரு மின்னூட்ட தண்டுகள்*

மின்னூட்டம் பெற்ற பொருள்களுக்கிடையே தோன்றும் கவரும் மற்றும் விரட்டும் பண்புகள், நிலை மின்னியல் முறையில் வண்ணம் தெளித்தல், துகள் பூச்சு, புகைக் கூண்டுகளில் பறக்கும் சாம்பலை சேகரித்தல், மை தெளிப்பு பதிப்பு எந்திரம் (Ink-Jet-Printer) மற்றும் அச்சு பகர்ப்பு நகல் எந்திரம் (Xerox) போன்ற பல்வேறு பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளன.

### 1.1.3 கடத்திகள் மற்றும் காப்பான்கள்

நிலை மின்பண்புகளின் அடிப்படையில் பொருள்களை, மின் கடத்திகள் மற்றும் மின் கடத்தாப் பொருள்கள் (மின்காப்பு பொருள்கள்) என இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். மின்னூட்டத்தை தன் வழியே செல்ல அனுமதிக்கும் பொருள்கள் மின் கடத்திகள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டுகள் உலோகங்கள், மனித உடல், புவி போன்றவை. மின்னூட்டங்களை தன் வழியே செல்ல அனுமதிக்காத பொருள்கள் மின்கடத்தாப் பொருள்கள் (காப்பான்கள்) எனப்படும். எடுத்துக்காட்டுகள் கண்ணாடி, மைக்கா, எபோனைட், பிளாஸ்டிக் போன்றவை.

### *1.1.4 மின்னூட்டங்களின் அடிப்படைப் பண்புகள்*

**(i) மின்னூட்டங்களின் குவாண்டமாக்கல்**

ஒரு மின்னூட்டத்தின் e அடிப்படை அலகு என்பது, ஒரு எலக்ட்ரான் தாங்கிச் செல்லும் மின்னூட்டத்தின் அளவாகும். இதன் அலகு Coulomb ஆகும். e-ன் எண் மதிப்பு $1.6 \times 10^{-19}$ C.

இயற்கையில் எந்த ஒரு அமைப்பின் மின்னூட்டமும், ஒரு மின்னூட்டத்தின் சிறும மதிப்பின் முழு எண் மடங்குகளாகவே எப்போதும் அமைகிறது. மின்னூட்டத்தின் அளவு, e-ன் முழு எண் மடங்கு கொண்ட பல தனித்த மதிப்புகளில் ஏதேனும் ஒன்றை மட்டும் பெறுகிறது. எனவே மின்னூட்டம் q = ne. இதில் n-என்பது ஒரு முழு எண் ஆகும்.

**(ii) மின்னூட்டங்களின் அழிவின்மை**

மின்னூட்டங்களை ஆக்கவோ அழிக்கவோ முடியாது. மின்னூட்ட அழிவின்மை விதியின்படி, தனித்த அமைப்பு ஒன்றின் மொத்த மின்னூட்டம் எப்போதும் மாறிலியாகும். ஆனால், அமைப்பின் மொத்த மின்னூட்டம் எப்போதும் மாறாத வகையில், அமைப்பின் ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்ற பகுதிக்கு மின்னூட்டங்கள் மாற்றப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, யுரேனியம் $({}_{92}U^{238})$ ஆல்பா துகளை $({}_{2}He^{4}$ அணுக்கரு) வெளியிட்டு தோரியமாக $({}_{90}Th^{234})$ மாறுகிறது.

$$ {}_{92}U^{238} \longrightarrow {}_{90}Th^{234} + {}_{2}He^{4} $$

சிதைவுக்கு முன் மொத்த மின்னூட்டம் = + 92e, சிதைவுக்குப் பின் மொத்த மின்னூட்டம் = 90e + 2e. எனவே மொத்த மின்னூட்டம் மாறாமல் உள்ளது. அதாவது, மாறிலியாக அமைகிறது.

**(iii) மின்னூட்டங்களின் கூட்டல் பண்பு**

ஒரு அமைப்பின் மொத்த மின்னூட்டமானது, அமைப்பில் உள்ள அனைத்து மின்னூட்டங்களின் குறியியல் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம். எடுத்துக்காட்டாக, +2q, -5q மின்னூட்டங்கள் கொண்ட இரு பொருள்கள் சேர்த்து வைக்கப்படும்போது, அமைப்பின் மொத்த மின்னூட்டம் -3q ஆகும்.

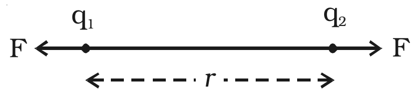
### *1.1.5 கூலும் விதி*

1785-ல் கூலும் என்பவரால், இரு மின்னூட்டம் பெற்ற பொருள்களுக்கிடையேயான விசையானது கண்டறியப்பட்டது.

கூலும் விதியின்படி, இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களுக்கு இடையேயான கவர்ச்சி விசை அல்லது விரட்டு விசையானது, மின்னூட்டங்களின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர்த்தகவிலும், அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த் தகவிலும் அமையும். மின்னூட்டங்களை இணைக்கும் கோட்டின் வழியே விசையின் திசை அமையும்.

காற்று அல்லது வெற்றிடத்தில், r தொலைவில் அமைந்த இரு மின்னூட்டங்கள் $q_1$ மற்றும் $q_2$ என்க (படம் 1.3a).

கூலும் விதிப்படி,



படம் 1.3a கூலும் விசைகள்

$$F \alpha \ \frac{q_1 q_2}{r^2} \ \text{(அல்லது)} \ F = k \ \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

இதில் k என்பது விகித மாறிலி ஆகும்.

காற்று அல்லது வெற்றிடத்தில், $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$, இதில் $\varepsilon_o$ என்பது வெற்றிடத்தின் விடுதிறன் ஆகும். $\varepsilon_o$-ன் மதிப்பு $8.854 \times 10^{-12} \ C^2 \ N^{-1} \ m^{-2}$ ஆகும்.

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \ \frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad ...(1)$$

மற்றும் $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = 9 \times 10^9 \ N \ m^2 \ C^{-2}$

மேற்காண் சமன்பாட்டில், $q_1 = q_2 = 1C$ மற்றும் $r = 1m$ எனில்

$$F = (9 \times 10^9) \ \frac{1 \times 1}{1^2} = 9 \times 10^9 \ N$$

காற்றிலோ அல்லது வெற்றிடத்திலோ, ஒரு மீட்டர் இடைவெளியில், வைக்கப்பட்டுள்ள, ஒத்த மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயான விரட்டு விசை $9 \times 10^9$ N எனில் அம்மின்னூட்ட மதிப்பு ஒரு கூலும் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$\varepsilon$ விடுதிறன் கொண்ட ஊடகத்தில் மின்னூட்டங்கள் வைக்கப்படுமாயின், இரு மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயான விசையின் அளவு

$$F_m = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad ...(2)$$

சமன்பாடு (1)ஐ (2)ஆல் வகுக்க

$$\frac{F}{F_m} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} = \varepsilon_r$$

தகவு $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} = \varepsilon_r$ என்பது ஊடகத்தின் ஒப்புமை விடுதிறன் அல்லது மின்காப்பு மாறிலி என்றழைக்கப்படும். காற்று அல்லது வெற்றிடத்திற்கு $\varepsilon_r$-ன் மதிப்பு 1 ஆகும்.

$$\therefore \ \varepsilon = \varepsilon_o \varepsilon_r$$

$F_m = \frac{F}{\varepsilon_r}$ என்பதால், இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள விசை, மின்னூட்டங்கள் அமையப்பெற்றுள்ள ஊடகத்தின் இயல்பைப் பொருத்தமைகிறது.

### *கூலும் விதி - வெக்டர் வடிவம்*

$\vec{F}_{21}$ என்பது மின்னூட்டம் $q_1$-ஆல், $q_2$ மீது தோற்றுவிக்கப்படும் விசை எனில் (படம் 1.3b),

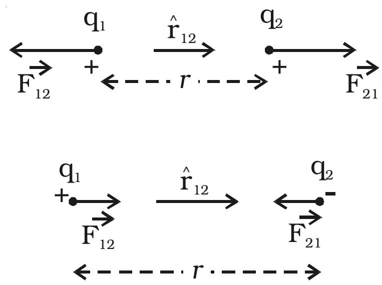
$$\vec{F}_{21} = k\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\ \hat{r}_{12}$$

இதில் $\hat{r}_{12}$ என்பது $q_1$-லிருந்து $q_2$-க்கான அலகு வெக்டர் ஆகும்.

$\vec{F}_{12}$ என்பது மின்னூட்டம் $q_2$-ஆல் $q_1$ மீது தோற்றுவிக்கப்படும் விசை எனில்,

$$\vec{F}_{12} = k\frac{q_1 q_2}{r_{21}^2}\ \hat{r}_{21}$$

இதில் $\hat{r}_{21}$ என்பது $q_2$-லிருந்து $q_1$-க்கான அலகு வெக்டர் ஆகும்.




*படம் 1.3**b** வெக்டர் வடிவத்தில் கூலும் விதி*

( $\hat{r}_{21}$ மற்றும் $\hat{r}_{12}$ இரண்டும் ஒரே மதிப்பினை உடையதாகவும், எதிரெதிர்த் திசையிலும் அமைகின்றன.)

$$\therefore\ \vec{F}_{12} = k\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\ (-\ \hat{r}_{12})$$

அல்லது $$\vec{F}_{12} = -k\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\ \hat{r}_{12}$$

அல்லது $$\vec{F}_{12} = -\ \vec{F}_{21}$$

எனவே, மின்னூட்டங்களில் ஒன்று மற்றொன்றின் மீது செலுத்தும் விசை அளவில் சமமாகவும், எதிர்த் திசையிலும் அமைகிறது.

### *1.1.6 மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்*

மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தின் மூலம் $q_1$ என்ற மின்னூட்டம் $q_2, q_3 \ldots\ldots q_n$ என்ற மின்னூட்டங்களினால் உணரும் மின் விசையைக் கணக்கிடலாம்.

ஒரு மின்னூட்டத்தின் மீதான மொத்த விசை என்பது மற்ற மின்னூட்டங்கள் அம்மின்னூட்டத்தின் மீது தோற்றுவிக்கும் விசைகளின் வெக்டர் கூடுதலாகும்.

$q_2$-வினால் $q_1$ மீதான விசை

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_2}{r_{21}^2}\ \hat{r}_{21}$$

இதே போல், $q_3$ யினால் $q_1$ மீதான விசை

$$\vec{F}_{13} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_3}{r_{31}^2}\hat{r}_{31}$$

அனைத்து மின்னூட்டங்களினால் $q_1$ மீது உருவாகும் மொத்த விசை $F_1$.

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} \ldots\ldots\ldots + \vec{F}_{1n}$$

எனவே, $$\vec{F}_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{q_1 q_2}{r_{21}^2}\hat{r}_{21} + \frac{q_1 q_3}{r_{31}^2}\hat{r}_{31} + \ldots\ldots\frac{q_1 q_n}{r_{n1}^2}\hat{r}_{n1}\right]$$

## 1.2 மின்புலம்

ஒரு மின்னூட்டத்தின் மின்புலம் என்பது, அம்மின்னூட்டத்தைச் சுற்றியுள்ள வெளியில், ஒரு சோதனை மின்னூட்டத்தால் உணரப்படும் விசையாகும். ஒரு மின்னூட்டத்திற்கு அருகில் மற்றொரு மின்னூட்டத்தைக் கொண்டு வந்தாலொழிய மின்னூட்டத்தைச் சுற்றியுள்ள மின்புலத்தைக் கண்டறிய முடியாது.

மின்புலத்திற்குக் காரணமான மின்னூட்டம் q-க்கு அருகில், சோதனை மின்னூட்டம் $q_o$ வைக்கப்படுமானால் அதன் மீது நிலை மின்னியல் விசை F செயல்படுகிறது.

### *மின்புலச் செறிவு (E)*

ஒரு புள்ளியில் மின்புலம், மின்புலச் செறிவின் மூலம் அளவிடப்படுகிறது. மின்புலத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஓரலகு நேர் மின்னூட்டம் உணரும் விசை, அப்புள்ளியில் மின்புலச் செறிவு என்றழைக்கப்படுகிறது. இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். $\left|\vec{E}\right| = \frac{\left|\vec{F}\right|}{q_o}$. மின்புலச் செறிவின் அலகு $N\,C^{-1}$.

மின்புலச் செறிவை, மின்புல வலிமை அல்லது மின்புலம் என்றும் குறிப்பிடலாம். எனவே, மின்புலம் மின்னூட்டத்தின் மீது தோற்றுவிக்கும் விசை, $F = q_o E$ ஆகும்.

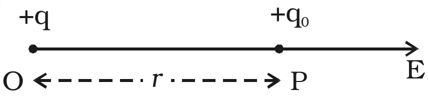
### *1.2.1 புள்ளி மின்னூட்டத்தால் விளையும் மின்புலம்*

காற்றில் O என்ற புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள q என்ற மின்னூட்டத்தைக் கருதுவோம் (படம் 1.4). மின்னூட்டம் q விலிருந்து r தொலைவில், புள்ளி Pயில், சோதனை மின்னூட்டம் $q_o$ வைக்கப்பட்டுள்ளது. கூலும் விதியின்படி, q-வினால் $q_o$ மீதான விசை,

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q\ q_o}{r^2}$$

புள்ளி Pயில் மின்புலமானது, வரையறையின்படி, ஓரலகு சோதனை மின்னூட்டத்தின் மீதான விசையாகும்.

$$E = \frac{F}{q_o} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}$$




*படம் 1.4 புள்ளி மின்னூட்டத்தால் விளையும் மின்புலம்*

E-ன் திசை, O, P புள்ளிகளை இணைக்கும் கோட்டின் வழியே, நேர் மின்னூட்டமாக இருந்தால் வெளிநோக்கியும், எதிர் மின்னூட்டமாக இருந்தால் உள் நோக்கியும் அமையும்.

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}\hat{r}$ என்பது மின்புலத்தின் வெக்டர் குறியீடாகும். இதில் $\hat{r}$ என்பது q-லிருந்து வெளிநோக்கி அமையும் அலகு வெக்டர் ஆகும்.

### *1.2.2 பல்வேறு மின்னூட்டங்களைப் பெற்ற தொகுப்பினால் விளையும் மின்புலம்*

பல நிலையான மின்னூட்டங்களினால், ஒரு புள்ளியில் உருவாகும் தொகுபயன் மின்புலம் (செறிவு) தனித்தனி மின்னூட்டத்தினால் அந்த புள்ளியில் விளையும் மின்புலங்களின் வெக்டர் கூடுதலுக்குச் சமம்.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \ldots\ldots \vec{E}_n$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{q_1}{r_1^2}\hat{r}_1 + \frac{q_2}{r_2^2}\hat{r}_2 + \frac{q_3}{r_3^2}\hat{r}_3 + \ldots\ldots\ldots\right]$$

### *1.2.3 மின் விசைக் கோடுகள்*

மின் மற்றும் காந்தப் புலங்களைக் கற்பனை செய்து கொள்வதற்காக மைக்கேல் பாரடே என்பவரால் புலக்கோடுகள் என்ற கருத்து அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது.

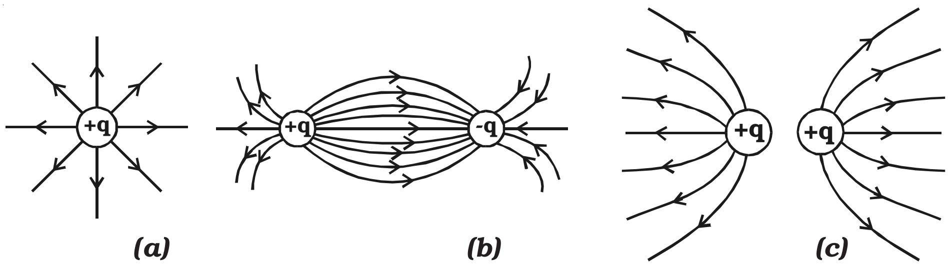
மின்புலத்தில் ஓரலகு நேர்மின்னூட்டம் ஒன்று, நகர முயற்சிக்கும் நேரான அல்லது வளைவான கற்பனைப் பாதை மின்விசைக்கோடு எனப்படும்.

சில புள்ளி மின்னூட்டங்களினால் ஏற்படும் மின்புலங்கள் படம் 1.5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

### *மின்விசைக்கோடுகளின் பண்புகள்*

**(i)** மின்விசைக்கோடு நேர் மின்னூட்டத்தில் தொடங்கி எதிர் மின்னூட்டத்தில் முடிவடைகிறது.

**(ii)** மின் விசைக்கோடுகள் ஒருபோதும் ஒன்றையொன்று வெட்டிச் செல்லாது.




*(a)* *(b)* *(c)*

***தனித்த மின்னூட்டம் வேறின மின்னூட்டங்கள் ஓரின மின்னூட்டங்கள்***

***படம் 1.5 மின் விசைக்கோடுகள்***

**(iii)** ஒரு புள்ளியில் மின்புலத்தின் திசை (E), அப்புள்ளியில் உள்ள மின் விசைக்கோட்டுக்கு வரையப்படும் தொடுகோட்டினால் குறிக்கப்படும்.

**(iv)** மின்விசைக்கோடுகளுக்கு நேர்க்குத்தான திசையில், ஓரலகு சமதளப் பரப்பின் வழியே செல்லும் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை மின்புலச் செறிவு E-க்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். அதாவது E-ன் மதிப்பு அதிகமான இடங்களில் கோடுகள் நெருக்கமாகவும், E-ன் மதிப்பு குறைவான இடங்களில் கோடுகள் இடைவெளி விட்டும் இருக்கும்.

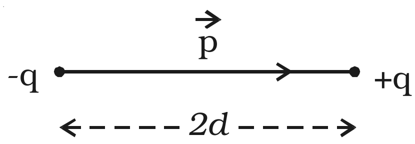
(v) ஒவ்வொரு ஓரலகு நேர்மின்னூட்டமும், $\frac{1}{\varepsilon_o}$ அளவுள்ள மின்விசைக் கோடுகளை வெற்றிடத்தில் உருவாக்கும். எனவே வெற்றிடத்தில் ஒரு புள்ளி மின்னூட்டம் q-விலிருந்து உருவாகும் மின்விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை

$$N = \frac{q}{\varepsilon_o}.$$

### *1.2.4 மின் இருமுனை மற்றும் இருமுனைத் திருப்புத்திறன்*

இரு சமமான, எதிரெதிரான, மிகச் சிறிய இடைவெளியில் பிரிக்கப்பட்டுள்ள மின்னூட்டங்கள் ஒரு மின் இருமுனையாகும். நீர், அம்மோனியா, கார்பன்-டை-ஆக்சைடு மற்றும் குளோரோபார்ம் மூலக்கூறுகள் நிலையான மின் இரு முனைகளுக்கு சில எடுத்துக்காட்டுகளாகும். இம்மூலக்கூறுகளில் நேர்மின்னூட்டத்தின் மையமும், எதிர் மின்னூட்டத்தின் மையமும் ஒன்றாகப் பொருந்தியமையாமல், சிறிது இடைவெளியில் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

+q மற்றும் -q என்ற இரு புள்ளி மின்னூட்டங்கள் 2d தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 1.6). மின் இரு முனையின் திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பானது ஏதேனும் ஒரு



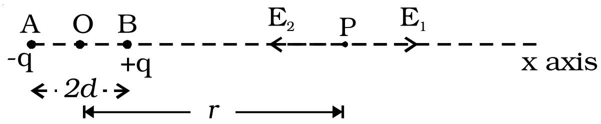

***படம் 1.6 மின் இருமுனை***

மின்னூட்டத்தின் எண்மதிப்பினை மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவினால் பெருக்கக் கிடைப்பதாகும்.

∴ மின் இருமுனையின் திருப்புத் திறன் P = 2qd. இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதன் திசை -qலிருந்து +q நோக்கி அமையும். இதன் அலகு C m ஆகும்.

### *1.2.5 மின் இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்புலம்*

AB என்பது, -q மற்றும் +q என்ற இரு புள்ளி மின்னூட்டங்கள் 2d என்ற சிறு தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மின் இருமுனை ஆகும் (படம் 1.7). இருமுனையின் மையம் Oவிலிருந்து, அச்சுக்கோட்டில், r தொலைவில் அமைந்துள்ள புள்ளி P ஆகும்.




*படம் 1.7 அச்சுக்கோட்டில் உள்ள புள்ளியில் மின்புலம்*

B-யில் உள்ள +q மின்னூட்டத்தினால் புள்ளி P-யில் மின்புலம்

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r-d)^2} \quad \text{(BP வழியே)}$$

A-யில் உள்ள -qவினால் புள்ளி P-யில் மின்புலம்

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r+d)^2} \quad \text{(PA வழியே)}$$

$E_1$ மற்றும் $E_2$ எதிரெதிர்த் திசையில் செயல்படுகின்றன.

எனவே, தொகுபயன் மின்புலத்தின் அளவானது (E) பெரும எண்மதிப்பு கொண்ட வெக்டரின் திசையில் செயல்படுகிறது. புள்ளி Pயில் தொகுபயன் மின்புலம்

$$E = E_1 + (-E_2)$$

$$E = \left[\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r-d)^2} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r+d)^2}\right] \text{BP வழியே}$$

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{1}{(r-d)^2} - \frac{1}{(r+d)^2}\right] \text{BP வழியே}$$

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{4rd}{(r^2-d^2)^2}\right] \text{BP வழியே}$$

இரு முனையிலிருந்து புள்ளி Pயின் தொலைவு மிக அதிகம் எனில் d <<r

$$\therefore \qquad E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{4rd}{r^4} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{4d}{r^3}$$

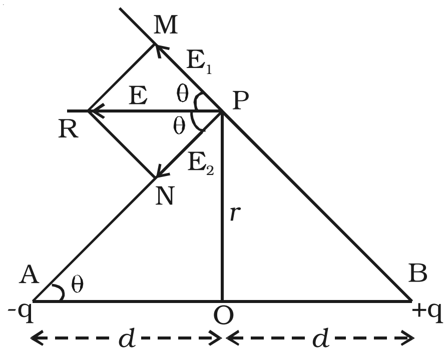
$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{2p}{r^3} \quad \text{(BP வழியே)}$$

($\because$ மின் இருமுனை திருப்புத் திறன் p = q x 2d)

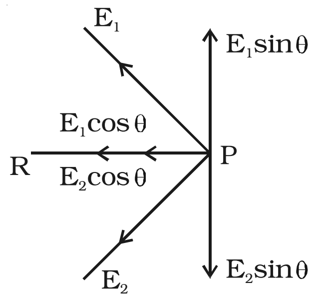
E-யானது மின் இருமுனையின் திருப்புத்திறன் திசையில் செயல்படுகிறது.

### *1.2.6 மின் இருமுனையின் நடுவரைக் கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்புலம்*

AB என்ற மின் இருமுனை ஒன்றைக் கருதுவோம். 2d என்பது இருமுனையின் இடைத்தொலைவு எனவும், p என்பது இருமுனையின் திருப்புத் திறன் எனவும் கொள்வோம். இருமுனையின் மையம் O-விலிருந்து r தொலைவில் நடுவரைக் கோட்டில் அமைந்துள்ள புள்ளி P என்க (படம் 1.8a).




***(a)*** ***நடுவரைக் கோட்டில் உள்ள புள்ளியில் மின்புலம்***




***(b)*** ***மின்புலத்தின் கூறுகள்***

*படம் 1.8*

மின் இருமுனையின் +q மின்னூட்டத்தில் புள்ளி P-யில் மின்புலம்,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{BP^2} \quad \text{(BP வழியே)}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r^2+d^2)} \quad \text{(BP வழியே)} \quad (\because BP^2 = OP^2 + OB^2)$$

மின் இருமுனையின் -q மின்னூட்டத்தால் புள்ளி Pயில் மின்புலம்,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{AP^2} \quad \text{(PA வழியே)}$$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r^2+d^2)} \quad \text{(PA வழியே)}$$

$E_1$ மற்றும் $E_2$ -ன் எண் மதிப்புகள் சமம். $E_1$ மற்றும் $E_2$-வை செங்குத்து மற்றும் கிடைத்தளக் கூறுகளாகப் பிரிக்கும்போது (படம் 1.8b).

செங்குத்துக் கூறுகள் $E_1 \sin\theta$ மற்றும் $E_2 \sin\theta$ அளவில் சமமாகவும் எதிரெதிர்த் திசையிலும் அமைவதால் ஒன்றையொன்று சமன் செய்கின்றன.

கிடைத்தள கூறுகள் $E_1 \cos\theta$ மற்றும் $E_2 \cos\theta$ இரண்டும் PR-திசையில் கூட்டப்படுகின்றன.

மின் இருமுனையால் புள்ளி Pயில் தொகுபயன் மின்புலம்

$$E = E_1\cos\theta + E_2\cos\theta \quad \text{(PR திசையில்)}$$

$$E = 2E_1\cos\theta \qquad (\because E_1 = E_2)$$

$$\therefore \quad E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r^2+d^2)} \times 2\cos\theta$$

ஆனால் $\cos\theta = \dfrac{d}{\sqrt{r^2+d^2}}$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{(r^2+d^2)} \times \frac{2d}{(r^2+d^2)^{1/2}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q2d}{(r^2+d^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{p}{(r^2+d^2)^{3/2}} \qquad (\because p = q2d)$$

r-உடன் ஒப்பிட d தொலைவு மிகச் சிறியதாகும்.

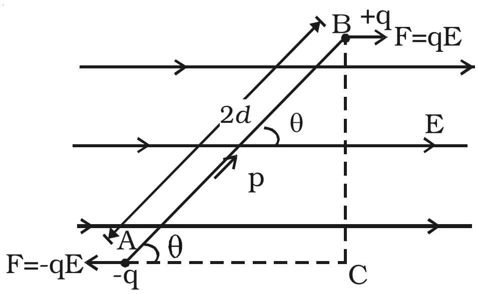
$$\therefore \quad E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{p}{r^3}$$

E-ன் திசை மின் இருமுனையின் அச்சுக்கு இணையாக PR - வழியாகவும், இரு முனையின் திருப்புத் திறனின் திசைக்கு எதிர்த் திசையிலும் அமைகிறது.

### *1.2.7 சீரான மின்புலத்தில் மின் இருமுனை*

சீரான மின்புலத்தில் (E), AB என்ற மின் இருமுனை, கோணம் $\theta$ சாய்வாக இருப்பதாகக் கொள்வோம். அதன் இருமுனை திருப்புத் திறன் p என்க

(படம் 1.9). மின்னூட்டம் +q மின்புலத்தின் திசையில் qE என்ற விசையை உணர்கிறது. -q அதே அளவு விசையை எதிர்த் திசையில் உணர்கிறது. எனவே இருமுனை மீதான தொகுபயன் விசை சுழியாகும். இரு சமமான, எதிரெதிர்த் திசையில் இணையாகச் செயல்படும் விசைகள் ஒரே புள்ளியின் வழியே செல்லாது. எனவே, இருமுனை மீது திருப்பு விசை ஒன்று உருவாகிறது. இது மின் இருமுனையை மின்புலத்தின் திசையில் சமநிலைக்கு கொண்டு வர முயலும்.



*படம் 1.9 சீரான மின்புலத்தில் மின் இருமுனை*

திருப்பு விசையின் எண் மதிப்பு,

$\tau$ = விசைகளில் ஒன்று × விசைகளுக்கு இடையேயான செங்குத்துத் தொலைவு

$$= F \times 2d \sin\theta$$

$$= qE \times 2d \sin\theta = pE \sin\theta \qquad (\because q \times 2d = p)$$

வெக்டர் குறியீட்டில் $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$

குறிப்பு : சீரற்ற மின்புலத்தில், மின் இருமுனை θ கோண சாய்வில் அமையுமானால், திருப்பு விசையுடன், கூடுதலாக மேலும் ஒரு விசையைப் பெறுகிறது.

### *1.2.8 மின்புலத்தில் உள்ள மின் இருமுனையின் மின்னழுத்த ஆற்றல்*

மின்புலத்தில் உள்ள மின் இருமுனையின் மின்னழுத்த ஆற்றல் என்பது மின்புலத்தில் மின் இருமுனையை தேவையான நிலைக்கு சுழற்றுவதற்குரிய வேலை ஆகும்.

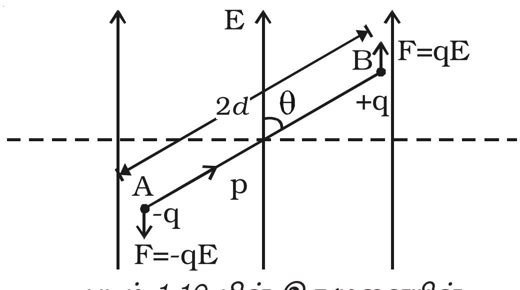
p மின் இருமுனை திருப்புத் திறன் கொண்ட ஒரு மின் இருமுனை, E மின்புலத்தில், θ கோணத்தில் உள்ள போது, அதன் மீதான திருப்பு விசை,

$$\tau = pE \sin\theta$$

இருமுனையை, $d\theta$ கோணம் சுழற்ற, செய்யப்படும் வேலை

$$dw = \tau . d\theta$$

$$= pE \sin\theta . d\theta$$



*படம் 1.10 மின் இருமுனையின் மின்னழுத்த ஆற்றல்*

எனவே, இருமுனை θ கோணத்தில் சுழற்ற செய்யப்படும் வேலை,

$$W = \int dw$$

$$W = pE \int \sin\theta . d\theta = -pE \cos \theta$$

இவ்வேலையானது, மின் இருமுனையின் நிலை ஆற்றலாகும் (U).

$$\therefore \quad U = -\ pE \cos \theta$$

மின் இருமுனையை புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமைத்தால், $\theta = 0^o$

$$\therefore \quad U = -pE$$

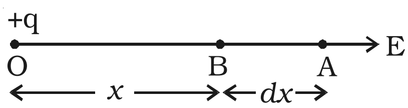
மின்புலத்தில் உள்ள இருமுனை உணரும் திருப்பு விசையானது ($\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$) இரு முனையை புலத்தின் திசையிலேயே ஒருங்கமையச் செய்ய முயலும். இதன் காரணமாக, மின்நிலையாற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக சூழலுக்கு வெளிப்படுகிறது.

***மைக்ரோ அலை சமையல்கலன் (Microwave oven)***

இது, மிகக் குறுகிய காலத்தில் உணவு சமைக்கப் பயன்படுகிறது. கலன் செயல்படும்போது, மைக்ரோ அலைகள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. இவை சீரற்ற அலைவுறும் மின்புலத்தை உருவாக்குகின்றன. உணவிலுள்ள நீர்ம மூலக்கூறுகள், மின் இருமுனைகளாக அமைவதால், அலைவுறும் திருப்பு விசைக்கு உள்ளாக்கப்பட்டு ஒரு சில நீர்ம மூலக்கூறுகளின் பிணைப்புகள் முறிக்கப்படுகின்றன. இதனால் வெப்ப ஆற்றல் உருவாகி, உணவு சமைக்கப்படுகிறது.

### 1.3 மின்னழுத்தம்

O என்ற புள்ளியில் +q என்ற மின்னூட்டம் உள்ளதாகக் கருதுவோம் (படம் 1.11). A, B என்பன மின்புலத்தில் உள்ள இரு புள்ளிகள் என்க. ஓரலகு நேர்மின்னூட்டமானது A யிலிருந்து Bக்கு நகர்த்தப்படுமாயின் வேலை செய்யப் படுகிறது. இந்த வேலையே அவ்விரு புள்ளிகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும். அதாவது, $dV = W_{A \to B}$.




***படம் 1.11 மின்னழுத்தம்***

மின்புலத்தில் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு என்பது ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு மின் விரட்டு விசைக்கு எதிராக ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தை நகர்த்தச் செய்யப்படும் வேலை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலகு வோல்ட் ஆகும். ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு ஒரு கூலும் நேர் மின்னூட்டத்தை மின் விசைக்கெதிராக எடுத்துச் செல்லச் செய்யப்படும் வேலை ஒரு ஜூல் எனில் அப்புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒரு வோல்ட் ஆகும்.

மின்புலத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம் என்பது ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து மின்விசைக்கு எதிராக, அப்புள்ளிக்கு கொண்டு வரச் செய்யப்படும் வேலை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

### *மின்புலச் செறிவிற்கும் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு*

A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள சிறு தொலைவு d$x$ என்க. ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தை A யிலிருந்து B-க்கு நகர்த்தச் செய்யப்படும் வேலை dV = E.d$x$.

மின்விரட்டு விசைக்கு எதிராக, +q மின்னூட்டத்தை நோக்கி ஓரலகு மின்னூட்டத்தை நகர்த்த வேலை செய்யப்படுகிறது. எனவே,

$$dV = -E.dx$$

$$E = \frac{-dV}{dx}$$

தொலைவைப் பொறுத்த மின்னழுத்த மாற்றம் மின்னழுத்தச் சரிவாகும். எனவே மின்புலச் செறிவானது எதிர்க் குறியிடப்பட்ட மின்னழுத்தச் சரிவுக்கு சமமாகும்.

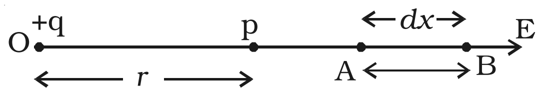
எதிர்க்குறியானது மின்புலத்தின் திசையில் மின்னழுத்தம் குறைவதைக் குறிக்கிறது. மின்புலச் செறிவிற்கு V $m^{-1}$ என்ற அலகும் பயன்படுத்தப்படலாம்.

### *1.3.1 ஒரு புள்ளி மின்னூட்டத்தால் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் மின்னழுத்தம்*

காற்றில் புள்ளி Oயில் வைக்கப்பட்டுள்ள தனித்த புள்ளி மின்னூட்டம் +q என்க. +q-லிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளி P என்க. புள்ளி O-யிலிருந்து $x$ மற்றும் $x$ + d$x$ தொலைவில் உள்ள புள்ளிகள் A மற்றும் Bயைக் கருதுவோம் (படம் 1.12).

A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$dV = -E.dx$$




*படம் 1.12 புள்ளி மின்னூட்டத்தால் மின்புலம்*

Aயில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தால் உணரப்படும் விசை,

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{q}{x^2}$$

$$\therefore dV = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{x^2} . dx$$

செய்யப்படும் வேலை, மின் விசைக்கு எதிரானது என்பதை எதிர்க்குறி குறிக்கிறது.

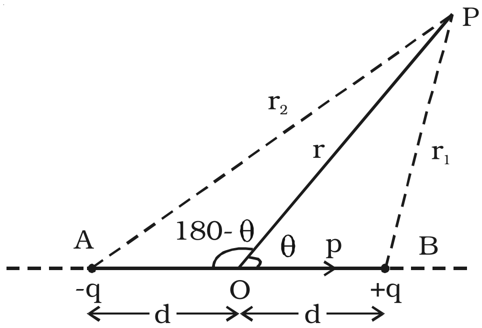
+q மின்னூட்டத்தினால் P-ல் மின்னழுத்தம் என்பது, ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து, அப்புள்ளிக்குக் கொண்டு வரச் செய்யப்படும் மொத்த வேலையாகும்.

$$V = -\int_{\infty}^{r} \frac{q}{4\pi\varepsilon_o x^2} . dx = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o r}$$

### 1.3.2 மின் இருமுனையால் ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம்

2d என்ற சிறு தொலைவில் பிரிக்கப்பட்ட, A, B புள்ளிகளில் உள்ள -q மற்றும் +q என்ற இரு மின்னூட்டங்கள் மின் இருமுனையை உருவாக்குகின்றன. இதன் இரு முனை திருப்புத்திறன் p ஆகும். (படம் 1.13)

P என்பது இருமுனையின் O என்ற மையப் புள்ளியிலிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளி. மேலும் இப்புள்ளியையும், மையத்தையும் இணைக்கும் கோடானது (PO) இரு முனையின் அச்சுடன் (OB) ஏற்படுத்தும் கோணம் $\theta$ என்க. $r_1$ மற்றும் $r_2$ என்பன முறையே +q மற்றும் -qலிருந்து புள்ளி Pயின் தொலைவுகள் என்க.




படம் 1.13 மின் இருமுனையால் ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம்

+q மின்னூட்டத்தினால் Pயில்

மின்னழுத்தம் = $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r_1}$

-q மின்னூட்டத்தால் P யில்

மின்னழுத்தம் = $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left(-\frac{q}{r_2}\right)$

மின் இருமுனையால் P யில்

மின்னழுத்தம், V = $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r_1} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r_2}$

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \qquad ...(1)$$

கொசைன் விதியைப் பயன்படுத்த

$$r_1^2 = r^2 + d^2 - 2rd\cos\theta$$

$$r_1^2 = r^2\left(1 - 2d\frac{\cos\theta}{r} + \frac{d^2}{r^2}\right)$$

d ஆனது r-ஐ விட மிகச் சிறியதானால், $\frac{d^2}{r^2}$ -ஐப் புறக்கணிக்கலாம்.

$$\therefore \qquad r_1 = r\left(1 - \frac{2d}{r}\cos\theta\right)^{\frac{1}{2}}$$

அல்லது, $\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r}\left(1 - \frac{2d}{r}\cos\theta\right)^{-1/2}$

ஈருறுப்புத் (Binomial) தேற்றத்தைப் பயன்படுத்தி, விரிவுபடுத்தி, உயர் அடுக்குகளை புறக்கணிக்க,

$$\therefore \quad \frac{1}{r_1} = \frac{1}{r}\left(1 + \frac{d}{r}\cos\theta\right) \qquad \ldots(2)$$

இதேபோல்,

$$r_2^2 = r^2 + d^2 - 2rd \cos (180 - \theta)$$

அல்லது $r_2^2 = r^2 + d^2 + 2rd \cos \theta.$

$$\therefore \quad r_2 = r \left(1 + \frac{2d}{r}\cos\theta\right)^{1/2} \qquad \left(\because \frac{d^2}{r^2} \text{ புறக்கணிக்கத்தக்கது}\right)$$

அல்லது $\frac{1}{r_2} = \frac{1}{r}\left(1 + \frac{2d}{r}\cos\theta\right)^{-1/2}$

பைனாமியல் தேற்றத்தைப் பயன்படுத்தி, உயர் அடுக்குகளைப் புறக்கணிக்க

$$\frac{1}{r_2} = \frac{1}{r}\left(1 - \frac{d}{r}\cos\theta\right) \qquad \ldots(3)$$

சமன்பாடு (2) மற்றும் (3) ஐ சமன்பாடு (1)ல் பிரதியிட

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\frac{1}{r}\left(1 + \frac{d}{r}\cos\theta - 1 + \frac{d}{r}\cos\theta\right)$$

$$\therefore \quad V = \frac{q\ 2d\cos\theta}{4\pi\varepsilon_o\ .\ r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{p\ .\ \cos\theta}{r^2} \qquad \ldots(4)$$

***சிறப்பு நேர்வுகள் :***

1. புள்ளி P யானது இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் +qக்கு அருகில் அமைந்தால், $\theta = 0$

$$\therefore \quad V = \frac{p}{4\pi\varepsilon_o r^2}$$

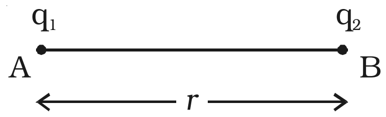
2. புள்ளி Pயானது இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் –qக்கு அருகில் அமைந்தால் $\theta = 180^o$,

$\therefore \quad V = -\frac{p}{4\pi\varepsilon_o r^2}$

3. புள்ளி Pயானது இருமுனையின் நடுவரைக் கோட்டில் அமைந்தால், $\theta = 90^o$,

$\therefore \quad V = 0$

### *1.3.3 மின்னழுத்த ஆற்றல்*




***படம் 1.14a மின்னழுத்த ஆற்றல்***

இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களின் மின்னழுத்த ஆற்றல் என்பது அவ்விரு மின்னூட்டங்களை ஒருங்கமையச் செய்யப்பட்ட வேலை அல்லது ஒவ்வொரு மின்னூட்டத்தையும் அப்புள்ளிக்கு கொண்டுவர செய்யப்பட்ட வேலை அல்லது ஒரு மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து அப்புள்ளிக்கு கொண்டு வர செய்யப்பட்ட வேலை எனப்படும்.

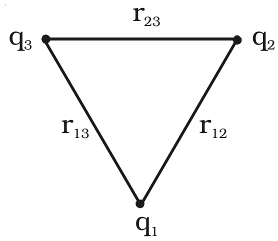
புள்ளி A-யில் வைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளி மின்னூட்டம் $q_1$ என்க (படம் 1.14a)

$q_1$-லிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளி Bயில் மின்னழுத்தம், $V = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_o r}$

முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து மற்றொரு புள்ளி மின்னூட்டம் $q_2$-ஆனது புள்ளி Bக்கு கொண்டு வரப்படுகிறது. இங்கு மின்னூட்டம் $q_2$-ன் மீது செய்யப்பட்ட வேலையானது, $q_1$ மற்றும் $q_2$ மின்னூட்டங்கள் கொண்ட அமைப்பின் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலாக (U) சேமிக்கப்படுகிறது.

$\therefore$ செய்யப்பட்ட வேலை, $w = Vq_2$

மின்னழுத்த ஆற்றல் $(U) = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_o r}$




***படம் 1.14b பல் மின் னூட்ட அமைப்பின் மின்னழுத்த ஆற்றல்***

மின்னூட்டம் $q_2$ ஆனது B-யில் வைக்கப்பட்டு, $q_1$-யை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து புள்ளி Aக்கு கொண்டு வருவதாக கற்பனை செய்தாலும் இதே அளவு வேலை செய்யப்படுகிறது.

மேலும், $q_1$ மற்றும் $q_2$ என்ற மின்னூட்டங்கள் முறையே r இடைவெளியில் உள்ள A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கு, முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து கொண்டு வரப்படுகின்றன. எனில், அமைப்பில் மின்னழுத்த ஆற்றல், முந்தைய வகையில் பெறப்பட்ட ஆற்றலுக்குச் சமமாகவே இருக்கும்.

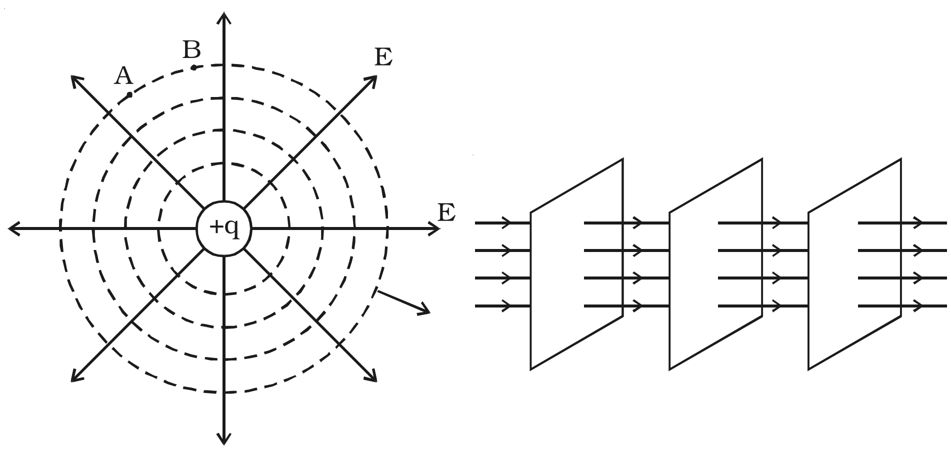
இரண்டுக்கும் மேற்பட்ட மின்னூட்டங்களைக் கொண்ட அமைப்பிற்கு (படம் 1.14b), மின்னழுத்த ஆற்றல் (U) ஆனது,

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{q_1q_2}{r_{12}} + \frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_2q_3}{r_{23}}\right]$$

### *1.3.4 சம மின்னழுத்தப் பரப்பு*

ஒரு பரப்பினுடைய அனைத்துப் புள்ளிகளும், சம மின்னழுத்தத்தில் உள்ளன எனில், அப்பரப்பு சம மின்னழுத்தப் பரப்பு எனப்படும்.

(i) தனித்த புள்ளி மின்னூட்டத்தைப் பொருத்த வரையில், அதிலிருந்து சம




***(a)*** *சம மின்னழுத்தப் பரப்பு (கோள வடிவம்)* ***(b)*** *சீரான மின்புலத்துக்கு (தளம்)*

*படம் 1.15*

தொலைவில் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளும் சம மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும். ஆகவே, சம மின்னழுத்தப் பரப்புகள் என்பவை புள்ளி மின்னூட்டத்தை மையமாகக் கொண்ட தொடர்ச்சியான பல்வேறு கோளங்களாகும் (படம் 1.15a). இருந்தபோதிலும் மின்னழுத்தமானது வெவ்வேறு கோளங்களுக்கு வெவ்வேறாக இருக்கும்.

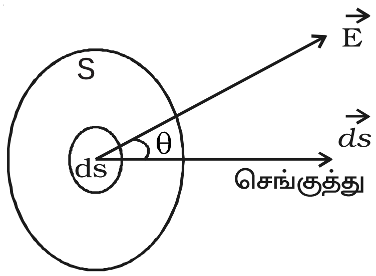
சம மின்னழுத்தப் பரப்பின் மீது எந்த இரு புள்ளிகளுக்கிடையேயும், ஒரு மின்னூட்டத்தை எவ்வழியாக நகர்த்தினாலும் செய்யப்பட்ட வேலை சுழியாகும். ஏனெனில், A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்தமானது $V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q}$ என வரையறுக்கப்படுகிறது. $V_A = V_B$ எனில், $W_{AB} = 0$. எனவே மின்புலக் கோடுகள் சம மின்னழுத்தப் பரப்புக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்.

(ii) சீரான மின்புலத்தைப் பொருத்தவரையில், சம மின்னழுத்தப் பரப்புகள் இணை தளங்களாகவும், அவற்றின் பரப்புகள் மின்விசைக் கோடுகளுக்குச் செங்குத்தாகவும் உள்ளன என்பதை படம் 1.15b காட்டுகிறது.

## *1.4 காஸ் விதியும் அதன் பயன்பாடுகளும்*

**மின்புலப் பாயம்**

சீரற்ற மின்புலத்தில் உள்ள S என்ற மூடிய பரப்பைக் கருதுவோம் (படம் 1.16). இந்த பரப்பின் மீது $\overrightarrow{ds}$ என்ற மிகச் சிறிய பரப்பைக் கருதுவோம். $ds$-ன் திசையானது, பரப்புக்கு குத்தாக வெளிநோக்கி உள்ளது. $ds$-மீதான மின்புலம் $\vec{E}$யை மாறிலியாகக் கொள்வோம். $\vec{E}$ மற்றும் $\overrightarrow{ds}$ ஒன்றுக்கொன்று $\theta$ கோணத்தை ஏற்படுத்துகின்றன.




*படம் 1.16 மின்புலப் பாயம்*

மின்புலப் பாயம் என்பது கொடுக்கப்பட்ட பரப்பு வழியே செல்லும் மின்விசைக் கோடுகளின் மொத்த எண்ணிக்கை ஆகும் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

பரப்பு ds வழியே செயல்படும் மின்புலப் பாயம்,

$$d\phi = \vec{E} \cdot \overrightarrow{ds} = E\, ds \cos\theta$$

மேற்காண் சமன்பாட்டை, பரப்பைப் பொறுத்து தொகைப்படுத்த, மூடிய பரப்பு S வழியே செயல்படும், மொத்த மின்புலப் பாயம் பெறப்படுகிறது.

$$\phi = \oint d\phi = \oint \vec{E} \cdot \overrightarrow{ds}$$

தொகைக்கெழு குறியீட்டின் மேல் குறிக்கப்பட்டுள்ள சிறுவட்டம் மூடிய பரப்பை, தொகைப்படுத்துவதைக் குறிக்கும். மின்புலப்பாயம் ஒரு ஸ்கேலார் அளவாகும். இதன் அலகு $N\,m^2\,C^{-1}$

### *1.4.1 காஸ் விதி*

இவ்விதி, எந்தவொரு மூடிய பரப்பின் வழியே செல்லும் மின்புலப் பாயத்தையும், அப்பரப்பினுள் உள்ள மொத்த மின்னூட்டத்தையும் தொடர்பு படுத்துகிறது. இவ்விதியின்படி, எந்தவொரு மூடிய பரப்பில் செயல்படும் மின்புலத்தின் மொத்த பாய மதிப்பு, அப்பரப்பில் உள்ள மொத்த மின்னூட்டத்தின் $1/\varepsilon_o$ மடங்குக்குச் சமம்.

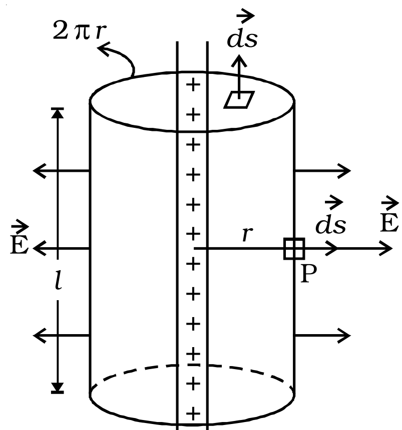
$$\phi = \frac{q}{\varepsilon_o}$$

இந்த மூடப்பட்ட கற்பனைப் பரப்பு காஸ்ஸியன் பரப்பு (Gaussian Surface) என்றழைக்கப்படுகிறது. S என்ற மூடிய பரப்பின் வழியே செல்லும் மின்புலப் பாயம் (E) பரப்பினுள் உள்ள மொத்த மின்னூட்டத்தின் மதிப்பை மட்டுமே சார்ந்தது, ஆனால், அம்மின்னூட்டங்கள் அமைந்துள்ள இடத்தைச் சார்ந்ததல்ல என காஸ் விதியிலிருந்து அறிகிறோம். பரப்புக்கு வெளியே உள்ள மின்னூட்டங்கள் மின்புலப் பாயத்திற்கு காரணமாவதில்லை.

### 1.4.2 காஸ் விதியின் பயன்பாடுகள்

***(i) நேரான முடிவிலா நீளம் கொண்ட மின்னூட்டம் பெற்ற கம்பியினால் ஏற்படும் மின்புலம்***

சீராக மின்னூட்டப்பட்ட, முடிவிலா நீளம் கொண்ட, கம்பி ஒன்று மாறா மின்னூட்ட நீள் அடர்த்தியை ($\lambda$) (ஓரலகு நீளத்திற்கான மின்னூட்டம்) பெற்றுள்ளதாகக் கருதுவோம். கம்பியிலிருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளி P யில் மின்புலம் E என்க (படம் 1.17). இரு முனைகளிலும் அச்சுக்குச் செங்குத்தான முனைப்பரப்பு கொண்ட, $l$ நீளமும், r ஆரமும் உடைய ஒரு உருளையை காஸ்ஸியன் பரப்பாகக் கருதுவோம். காஸ்ஸியன் பரப்பின் மீது ds என்ற மிகச்சிறிய பரப்பைக் கருதுவோம். ஒப்புமை பண்பின் காரணமாக உருளையின் வளைபரப்பில் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் மின்புலத்தின் எண்மதிப்பு சமமாகவும், ஆரக்கோட்டின் வழியே வெளிநோக்கியும் அமைகிறது. $\vec{E}$ மற்றும் $\vec{ds}$ ஒரே திசையிலுள்ளன.




*படம் 1.17 முடிவிலா நீளம் கொண்ட நேரான மின்னூட்டப்பட்ட கம்பி*

வளைபரப்பின் வழியே மின்புலப்பாயம் ($\phi$) = $\oint$ E ds cos $\theta$

$\phi = \oint E\, ds \qquad [\because \theta = 0; \quad \cos\theta = 1]$

$\phi = E\ (2\pi rl)$

($\because$ வளைபரப்பின் புறப்பரப்பு $2\pi rl$)

$\vec{E}$ மற்றும் $\vec{ds}$ ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைவதால், முனைப்பரப்பின் வழியே மின்புலப் பாயம் = 0

$\therefore$ காஸ்ஸியன் பரப்பு வழியேயான மொத்த மின்புலப் பாயம், $\phi = E.\ (2\pi rl)$

காஸ்ஸியன் பரப்பினுள் உள்ள மொத்த மின்னூட்டம் $q = \lambda l$

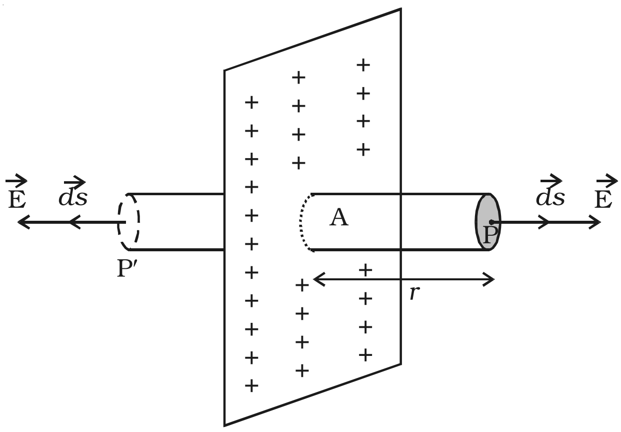
$\therefore$ காஸ் விதியின்படி,

$E\ (2\pi rl) = \dfrac{\lambda l}{\varepsilon_o}$ அல்லது $E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_o r}$

மின்புலம் E-ன் திசையானது, அச்சின் வழியேயான மின்னூட்டம், நேர்மின்னூட்டம் எனில், ஆரத்தின் வழியே வெளிநோக்கியும், எதிர் மின்னூட்டம் எனில் ஆரத்தின் வழியே உள்நோக்கியும் அமைகிறது.

### *1.4.3 மின்னூட்டம் பெற்ற முடிவிலா, சமதளப் பரப்பினால் ஏற்படும் மின்புலம்*

மின்னூட்டப் பரப்பு அடர்த்தி $\sigma$ கொண்ட முடிவிலா சமதளப் பரப்பு ஒன்றைக் கருதுவோம் (படம் 1.18). பரப்பிலிருந்து $r$ தொலைவில் உள்ள புள்ளி $P$யில் மின்புலம் $\vec{E}$ என்க. மின்னூட்டம் பெற்ற பரப்புக்கு குத்தாக, $2r$ நீளமும், A குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு கொண்ட உருளை வடிவ காஸ்ஸியன் பரப்பைக் கருதுவோம்.




*படம் 1.18 முடிவிலா சமதள பரப்பு*

உருளையின் இரு முனைப்பகுதிகளிலும், பரப்பிற்குக் குத்தாக, சமச்சீரான மின்புலங்கள் செயல்படுகின்றன. அவை தளத்தை விட்டு விலகி இருக்கும். மற்றும் P, P′ என்ற முனைப்பகுதிகளில் மின்புலங்களின் எண்மதிப்பு சமமாக இருக்கும்.

எனவே மூடப்பட்ட பரப்பு வழியேயான மொத்தமின்புலப் பாயம்

$$\phi = \left[\oint E.ds\right]_P + \left[\oint E.ds\right]_{P^1} \qquad (\because \theta = 0, \cos\theta = 1)$$

$$= \quad EA + EA = 2EA$$

சமதளப் பரப்பின் ஓரலகு பரப்பில் உள்ள மின்னூட்டம் σ எனில், காஸ்ஸியன் பரப்பில் உள்ள மொத்த நேர்மின்னூட்டம், $q = \sigma A$

காஸ் விதியைப் பயன்படுத்த,

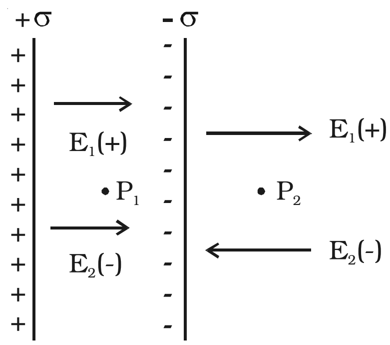
$$2EA = \frac{\sigma A}{\varepsilon_o}$$

$$\therefore E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_o}$$

### 1.4.4 இரு இணையான மின்னூட்டப்பட்ட தகடுகளால் ஏற்படும் மின்புலம்

இரு இணையான, சமதள வடிவ, முடிவிலாப் பரப்பு கொண்ட, மின்னூட்டம் பெற்ற தகடுகள், படம் 1.19-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல், சமமான ஆனால் வேறின மின்னூட்ட அடர்த்திகள் $\sigma$ மற்றும் $-\sigma$ வை பெற்றுள்ளதாகக் கருதுவோம். மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு தகடுக்கு இருபுறமும் மின்புலத்தின் அளவு $E = \sigma/2\varepsilon_o$.

இம்மின்புலம் தகட்டிற்கு குத்தாகவும், நேர்க்குறி மின்னூட்டமானால் வெளிநோக்கியும், எதிர்க்குறி மின்னூட்டமானால் உள்நோக்கியும் செயல்படும்.




***படம் 1.19 இரு இணைத்தகடுகளால் விளையும் மின்புலம்***

**(i)** $P_1$ என்ற புள்ளி இரு தகட்டிற்கும் நடுவே அமைந்தால், இரு தகடுகளால் விளையும் மின்புலங்களும் சமமாகவும், ஒரே திசையிலும் அமையும். $P_1$-ன் தொகுபயன் மின்புலம்,

$$E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_o} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_o} = \frac{\sigma}{\varepsilon_o} \quad \text{(வலப்புறம் நோக்கி)}$$

**(ii)** வெளிப்புறத்தேயுள்ள $P_2$ என்ற புள்ளியில், மின்புலங்கள் அளவில் சமமாகவும், திசையில் எதிரெதிராகவும் இருக்கும். $P_2$-ன் தொகுபயன் மின்புலம்

$$E = E_1 - E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_o} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_o} = 0.$$

### 1.4.5 சீரான மின்னூட்டம் பெற்ற கோள வடிவக் கூட்டினால் ஏற்படும் மின்புலம்

#### வகை (i) கோள வடிவக் கூட்டிற்கு வெளியே உள்ள புள்ளியில்

ஆரம் R உடைய, மின்னூட்டம் பெற்ற கோள வடிவக் கூடு (**shell**) ஒன்றைக் கருதுவோம் (படம் 1.20a). அதன் மையம் O-விலிருந்து **r** தொலைவில் கோள வடிவக் கூட்டிற்கு வெளியே உள்ள புள்ளி P என்க. **r** ஆரம் கொண்ட கோள வடிவ காஸ்ஸியன் பரப்பை வரைவோம். பரப்புக்கு, மின்புலம் E-யானது குத்தாகச் செயல்படுகிறது.

காஸ்ஸியன் கோளத்தின் வழியே, பரப்புக்குக் குத்தாக வெளிநோக்கி செயல்படும் மின்புலப் பாயம்

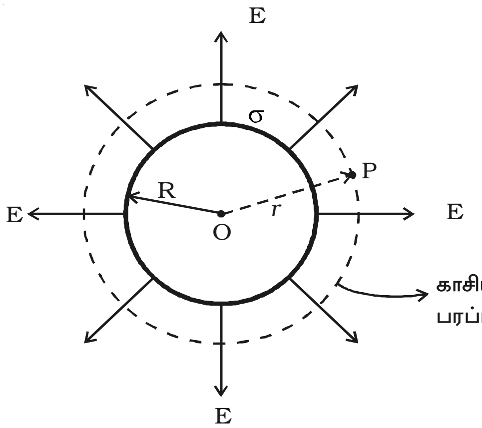
$$\phi = \int_s \vec{E} \cdot \vec{ds} = \int_s E\, ds = E\,(4\pi r^2)$$

(ஏனெனில் E மற்றும் ds-க்கு இடையேயான கோணம் $\theta = 0$)

காஸ் விதியின் படி,

$$E \cdot (4\pi r^2) = \frac{q}{\varepsilon_o}$$

அல்லது $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}$




படம் 1.20a கோளக்கூட்டின் வெளியே உள்ள புள்ளியில் மின்னழுத்தம்

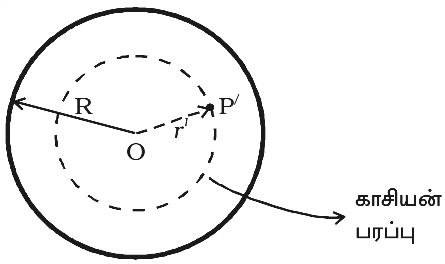
இச்சமன்பாட்டிலிருந்து, கோள வடிவக் கூட்டிற்கு வெளியே உள்ள புள்ளியில் மின்புலமானது, கோள வடிவக் கூட்டின் மொத்த மின்னூட்டமும் மையப்புள்ளியில் அமைந்திருந்தால் ஏற்படுத்தும் மின்புலத்திற்குச் சமமாகும் என்று தெரிகிறது.

### வகை *(ii)* பரப்பின் மீது உள்ள ஒரு புள்ளியில்

மின்னூட்டம் பெற்ற கோளவடிவக் கூட்டின் பரப்பின் மேல் உள்ள புள்ளிகளில் மின்புலம் E,

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{R^2} \quad (\because\ r = R)$$

### வகை *(iii)* கோள வடிவக் கூட்டின் உட்புறத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில்




படம் 1.20b கோளக் கூட்டின் உட்புறத்தில் உள்ள புள்ளியில் மின்புலம்

கோள வடிவக் கூட்டின் மையத்திலிருந்து r′ தொலைவில், கோளத்தினுள் அமைந்துள்ள புள்ளி P′ என்க. r′ ஆரம் கொண்ட கோள வடிவ காஸ்ஸியன் பரப்பைக் கருதுவோம்.

காஸ்ஸியன் பரப்பு வழியே, பரப்புக்கு குத்தாக, வெளிநோக்கிய திசையில் செயல்படும் மொத்த மின்புலப் பாயம்

$$\phi = \int_s \vec{E}\cdot\vec{ds} = \int_s E\,ds = E \times (4\pi r'^2)$$

காஸ்ஸியன் பரப்பினுள் எவ்வித மின்னூட்டமும் இல்லையாதலால், காஸ் விதிப்படி,

$$E \times 4\pi r'^2 = \frac{q}{\varepsilon_o} = 0 \qquad \therefore E = 0$$

அதாவது சீரான மின்னூட்டம் கொண்ட மெல்லிய கோளக் கூட்டினால் கோளக் கூட்டினுள் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் மின்புலத்தின் மதிப்பு சுழி ஆகும்.

### *1.4.6 நிலை மின்னியல் தடுப்புறை (Electrostatic shielding)*

இது புற மின்புலத்திலிருந்து, வெளியின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை தனிமைப்படுத்தும் நிகழ்வு ஆகும். இந்நிகழ்வு, கடத்தியின் உட்பகுதியில் மின்புலம் சுழியாகும் என்பதன் அடிப்படையில் அமைகிறது.

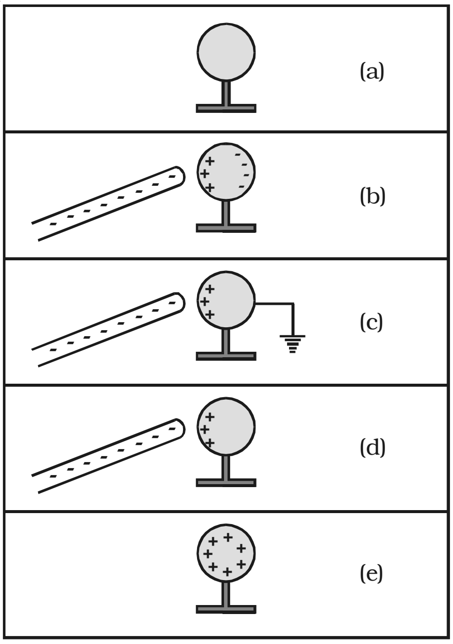
இடியுடன் கூடிய மின்னலின் போது, திறந்த வெளியிலோ அல்லது மரத்தினடியிலோ அமர்வதைக் காட்டிலும், பேருந்தினுள் இருப்பது மிகவும் பாதுகாப்பானதாகும். பேருந்தின் உலோகப் புறப்பரப்பினுள், மின்புல மதிப்பு சுழியாவதால் பேருந்து, நிலை மின்னியல் தடுப்புறையாகச் செயல்படுகிறது. மின்னலின் போது பேருந்தின் புறப்பரப்பு வழியே மின்னிறக்கம் நடைபெறுகிறது.

### 1.5 நிலை மின்தூண்டல்

ஒரு மின்னூட்டத்தின் தொடுதல் இன்றியே வேறொரு மின்னூட்டத்தை பெற முடியும். இவ்வகை மின்னூட்டங்கள் தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்களாகும். இவ்வாறு தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங் களைத் தோற்றுவிக்கும் நிகழ்வு நிலைமின்தூண்டல் என்றழைக்கப்படு கிறது. இது வான் டி கிராப் போன்ற நிலைமின் எந்திரங்களிலும், மின்தேக்கி களிலும் பயன்படுகிறது.

நிலை மின்தூண்டல் முறையில், உலோகக் கோளம் ஒன்று படிப்படியாக மின்னேற்றப்படுதலை படம் 1.21 காட்டுகிறது.

(a) மின்னூட்டமற்ற உலோகக் கோளமானது மின்கடத்தாப் பொருளா லான தாங்கி மீது வைக்கப்பட்டு உள்ளது.




*படம் 1.21 நிலைமின் தூண்டல்*

(b) எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற பிளாஸ்டிக் தண்டு ஒன்றினை கோளத்தின் அருகில் கொண்டு வரும் போது, விரட்டு விசை காரணமாக, கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் விலகிச் சென்று எதிர்முனையில் தேங்கத் துவங்குகின்றன. எனவே, அருகே உள்ள முனையில் எலக்ட்ரான் குறைவு ஏற்பட்டு, நேர்மின்னூட்டமடைகின்றது. உலோகத்தினுள் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான் மீதான மொத்த விசை சுழியாகும் போது இம்மின்னூட்டப் பகிர்வு நிகழ்ச்சி நிறுத்தப்படுகிறது. (இந்நிகழ்வு மிக விரைவாக நடைபெறும்).

(c) உலோகக் கோளம் தரையிணைப்பு பெற்றவுடன், எதிர் மின்னூட்டம் தரையை அடைகிறது. அருகே உள்ள முனையில் உள்ள நேர்மின்னூட்டம், ஈர்ப்பு விசைகளின் காரணமாக அங்கேயே நின்று விடுகிறது.

(d) உலோகக் கோளமானது தரையிலிருந்து அகற்றப்பட்ட பிறகும் அருகே உள்ள முனையில் நேர்மின்னூட்டம் தொடர்ந்து நிலைத்திருக்கிறது.

(e) பிளாஸ்டிக் தண்டு நீக்கப்பட்டவுடன், அனைத்து நேர் மின்னூட்டங்களும் கோளத்தின் மீது ஒரே சீராகப் பரவுகின்றன.

### *1.5.1 கடத்தியின் மின்தேக்கு திறன்*

தனித்த கடத்தி ஒன்றிற்கு q என்ற மின்னூட்டம் அளிக்கப்படும்போது, அதன் மின்னழுத்தம் மாற்றமடைகிறது. அம்மின்னழுத்த மாற்றம் கடத்தியின் பரிமாணத்தையும், வடிவத்தையும் பொருத்தமைகிறது. கடத்திக்கு அளிக்கப்பட்ட மின்னூட்டத்தால், கடத்தியின் மின்னழுத்தம் V அளவுக்கு மாற்றமடைகிறது எனில்,

$q \propto V$ அல்லது $q = CV$

அதாவது $C = q/V$

இங்கு C-யானது கடத்தியின் மின்தேக்குதிறன் என்றழைக்கப்படுகிறது.

ஒரு கடத்தியின் மின்தேக்குதிறன் என்பது, அக்கடத்திக்கு அளிக்கப்படும் மின்னூட்டத்திற்கும், கடத்தியில் உருவாகும் மின்னழுத்தத்திற்கும் இடையே உள்ள தகவு என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.

மின்தேக்குத் திறனின் அலகு பாரட் **(farad)** ஆகும். கடத்தி ஒன்றிற்கு 1 கூலும் மின்னூட்டம் அளிக்கப்படும்போது, அதன் மின்னழுத்த உயர்வு 1 வோல்ட் எனில், கடத்தியின் மின்தேக்குத் திறன் 1 பாரட் ஆகும்.

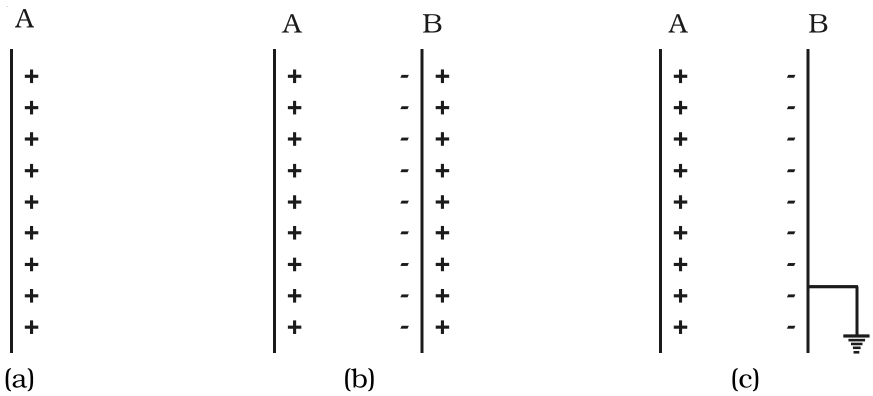
மின்தேக்குத் திறனின் செயல்முறை அலகுகள் **μF** மற்றும் **pF** ஆகும்.

### *மின்தேக்கியின் தத்துவம்*

மின்காப்பீடு பெற்ற கடத்தி (உலோகத் தட்டு A) ஒன்று q அளவு நேர் மின்னூட்டத்தையும், V மின்னழுத்தத்தையும் பெற்றுள்ளதாகக் கருதுவோம் (படம் 1.22**a**). A யின் மின்தேக்கு திறன், $C = q/V$. மின்காப்பு பெற்ற B என்ற மற்றொரு உலோகத் தட்டு Aயின் அருகே கொண்டு வரப்படும்போது, A க்கு அருகே உள்ள B-யின் பக்கத்தில் எதிர் மின்னூட்டம் தூண்டப்படுகிறது. அதற்கு சம அளவு நேர் மின்னூட்டம் B-ன் மறுபக்கத்தில் தூண்டப்படுகிறது (படம் 1.22**b**). Bயின் எதிர் மின்னூடட்டம் A யின் மின்னழுத்தத்தைக் குறைக்கும். Bயின் நேர் மின்னூட்டம், Aயின் மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்கும். Bயின் நேர் மின்னூட்டத்தை விட எதிர் மின்னூட்டம் Aக்கு அருகில் இருப்பதால் Aல் மின்னழுத்தம் குறைந்து விடுகிறது. இதனால் Aன் மின்தேக்கு திறன் அதிகரிக்கிறது.

தட்டு Bயைப் புவியுடன் இணைக்கும்போது, அதிலுள்ள நேர்மின்னூட்டம் நடு

நிலையாக்கப்படுகிறது (படம் 1.22c). இதனால் Aயின் மின்னழுத்தம் மேலும் குறைகிறது. Aயின் மின்தேக்கு திறன் குறிப்பிடும் அளவுக்கு அதிகரிக்கிறது.

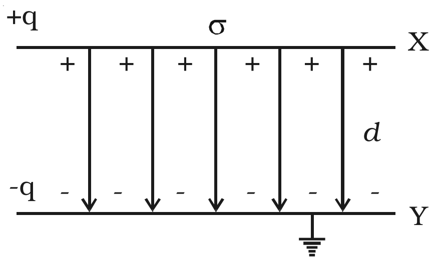



*படம் 1.22 **மின்தேக்கியின் தத்துவம்***

மின்தேக்குத் திறன் கடத்திகளின் வடிவத்தையும், ஊடகத்தின் இயல்பையும், பொறுத்தது. மின்தேக்கி என்பது மின்னூட்டங்களை சேமிக்கும் சாதனமாகும்.

### *1.5.2 **இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறன்***

இணைத்தட்டு மின்தேக்கியில் ஒவ்வொன்றும் A பரப்பு உடைய X, Y என்ற இரு உலோகத் தட்டுகள், d என்ற இடைவெளியில் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக வைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 1.23). அதன் மின்னூட்ட பரப்படர்த்தி σ என்க. தட்டுகளுக்கிடையேயான ஊடகம் காற்று ஆகும். தட்டு X-க்கு +q அளவு நேர்மின்னூட்டம் தரப்படுகிறது. இதனால் -q அளவு எதிர் மின்னூட்டம் புவியிணைப்புப் பெற்ற தட்டு Yக்கு மேற்புறத்தில் தூண்டப்படுகிறது. தட்டுகள் மிக நெருக்கமாக அமையும்போது தட்டுகளுக்கு இடையேயான பகுதிக்குள் மின்புலம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. தட்டு X-லிருந்து புறப்பட்டு Y-ல் முடிவடையும் விசைக் கோடுகள், தட்டுகளுக்குக் குத்தாகவும் ஒன்றுக் கொன்று இணையாகவும் அமைகின்றன.




*படம் 1.23 **இணைத்தட்டு மின்தேக்கி***

காஸ் விதியின் பயன்பாட்டின்படி, இரு தட்டுகளுக்கிடையேயுள்ள புள்ளியில் மின்புலம்,

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}$$

X மற்றும் Y தட்டுகளுக்கு இடையேயான, மின்னழுத்த மாறுபாடு

$$V = \int_{d}^{0} -E\ dr = \int_{d}^{0} -\frac{\sigma}{\varepsilon_o}\ dr = \frac{\sigma d}{\varepsilon_o}$$

இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறன்,

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\sigma A}{\sigma d/\varepsilon_o} = \frac{\varepsilon_o A}{d} \qquad \left[ \text{ஏனெனில் } \sigma = \frac{q}{A} \right]$$

$$\therefore \qquad C = \frac{\varepsilon_o A}{d}$$

மின்தேக்குத் திறனானது தட்டுகளின் பரப்புக்கு (A) நேர்த்தகவிலும், இடைத்தொலைவிற்கு (d) எதிர்த்தகவிலும் அமைகிறது.

### *1.5.3 மின்காப்புகள் மற்றும் முனைவாக்கல்* ***(Dielectrics and polarisation)***

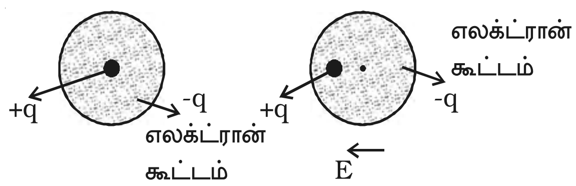
#### *மின்காப்புகள்* ***(Dielectrics)***

அனைத்து எலக்ட்ரான்களும் அணுக்கருவுடன் இறுக பிணைக்கப்பட்டுள்ள அணுக்களைப் பெற்றுள்ள மின்கடத்தாப் பொருள்கள் மின்காப்புகள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் மின்னோட்டத்தை எடுத்துச் செல்ல எவ்வித எலக்ட்ரான்களும் இல்லை. எபோனைட், மைக்கா, எண்ணெய் போன்றவை மின்காப்புகளுக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும். இவற்றின் எலக்ட்ரான்கள், புறமின்புலத்தின் விளைவாக இயல்பான இயக்கம் பெற முடிவதில்லை.

#### *முனைவாக்கல்* ***(Polarisation)***

நேர் மின்னூட்டங்களின் (புரோட்டான்கள்) ஈர்ப்பு மையமும் (centre of gravity), எதிர் மின்னூட்டங்களின் (எலக்ட்ரான்கள்) ஈர்ப்பு மையமும் ஒன்றாக பொருந்தி அமைகின்ற மூலக்கூறு முனைவற்ற மூலக்கூறு எனப்படும். எடுத்துக்காட்டுகள் : $O_2$, $N_2$, $H_2$. முனைவற்ற மூலக்கூறுகள் நிலையான இருமுனை திருப்புத்திறனைப் பெற்றிருப்பதில்லை.

முனைவற்ற மூலக்கூறுகளைப் பெற்றுள்ள, மின்காப்புப் பொருளை மின்புலத்தில் வைத்தால், அவற்றின் மின்னூட்டங்களின் மையம் மாற்றியமைக்கப்படுகின்றன. தற்போது அம்மூலக்கூறுகள் முனைவாக்கல் அடைந்துள் ளன எனவும், அவை தூண் டப்பட்ட இருமுனைகள் என்றும் அழைக்கப்படுகின் றன. அவை மின்புலத் தின் திசையிலேயே (படம் 1.24) தூண்டப்பட்ட

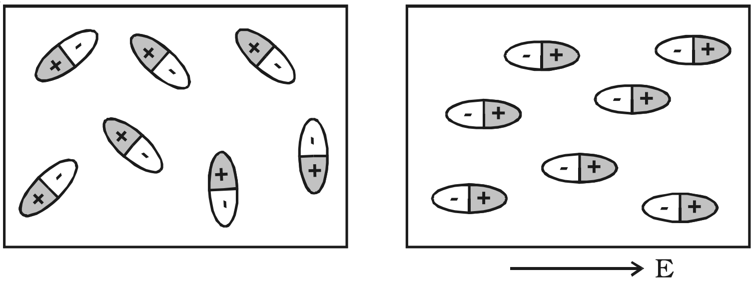



*படம் 1.24* ***தூண்டப்பட்ட இருமுனை***

இருமுனை திருப்புத் திறனை (p) பெறுகின்றன.

நேர் மின்னூட் டங்களின் ஈர்ப்பு மையம், எதிர் மின்னூட்டங்களின் ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து பிரிக்கப்பட்டுள்ள மூலக்கூறு முனைவுள்ள மூலக்கூறு எனப்படும். எடுத்துக்காட்டுகள் : $N_2O$, $H_2O$, HCl, $NH_3$. இம்மூலக்கூறுகள் நிலையான இருமுனை திருப்புத் திறனை பெற்றுள்ளன.

புற மின்புலம் இல்லாத நிலையில், முனைவுள்ள மூலக்கூறுகளின் இருமுனை திருப்புத்திறன்கள் வெவ்வேறான திசைகளில் அமைந்துள்ளன. எனவே, மின்காப்புகளில் தொகுபயன் இருமுனை திருப்புத்திறன் காணப்படுதில்லை. புறமின்புலம் செலுத்தப்பட்டவுடன், புலத்தின் திசையில் இருமுனை திருப்புத் திறன்கள் தங்களை வரிசைப்படுத்திக் கொள்கின்றன. இதனால் தொகுபயன் இருமுனை திருப்புத் திறன் உருவாக்கப்படுகிறது (படம் 1.25).




***(a)* மின்புலம் அற்ற நிலையில் *(b)* மின்புலத்தில்**

*படம் 1.25 முனைவுள்ள மூலக் கூறுகள்*

புறமின்புலம் செயல்படுத்தப்படும் போது, நிலையான அல்லது தூண்டப்பட்ட இருமுனைகளின் இருமுனை திருப்புத் திறன்கள், புலத்தின் திசையிலேயே ஒருங்கமைக்கப்படுகின்ற நிகழ்வு முனைவாக்கல் அல்லது மின்முனைவாக்கல் என்றழைக்கப்படுகிறது.

தூண்டப்பட்ட இருமுனை திருப்புத்திறன் p-யின் மதிப்பானது புற மின்புலத்திற்கு நேர்த் தகவில் அமைகிறது.

$\therefore\ p \propto E$ அல்லது $p = \alpha\ E$ இதில் $\alpha$ என்பது விகித மாறிலி ஆகும். இது மூலக்கூறுகளின் முனைவாக்கும் திறன் (molecular polarisability) என்றழைக்கப்படும்.

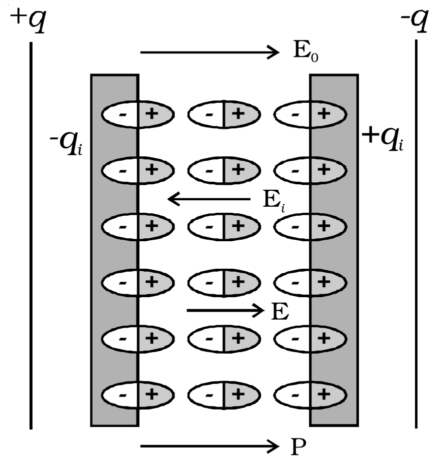
### *1.5.4 மின்காப்புப் பொருளின் முனைவாக்கல்*

+q மற்றும் –q மின்னூட்டங்களைப் பெற்றுள்ள இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒன்றைக் கருதுவோம். காற்றில், இரு தட்டுகளுக்கிடையேயான மின்புலம் $E_0$ என்க. தட்டுகளுக்கிடையில், மின்காப்புப் பாளம் ஒன்றைப் புகுத்தினால், மின்காப்புப் பாளம் முனைவாக்கல் பெறுகிறது. மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கு எதிர்ப்புறத்தில் உள்ள

மின்காப்பின் பரப்புகளில் உள்ள தூண்டப்பட்ட பரப்பு மின்னூட்டங்கள் $+q_i$ மற்றும் $-q_i$ எனில், இத்தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்கள் தங்களுக்கிடையே சுய மின்புலம் $E_i$-யை, $E_o$-க்கு எதிராக உருவாக்குகின்றன (படம் 1.26). எனவே தொகுபயன் மின்புலம் $E < E_o$. ஆனால் E ஆனது $E_o$-ன் திசையிலேயே அமையும்.

$$\therefore\ E = E_o + (-E_i)$$

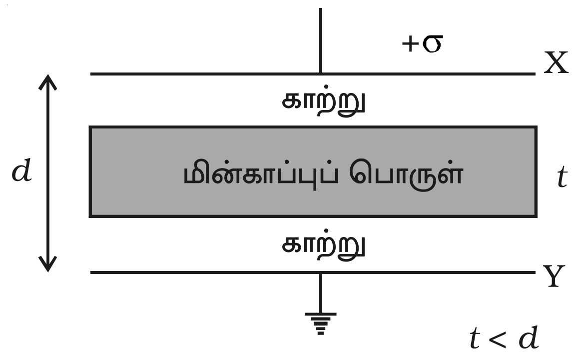
($\because$ $E_i$ ஆனது, $E_o$-ன் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் அமைகிறது)




*படம் 1.26 மின்காப்புப் பொருளின் முனைவாக்கல்*

### *1.5.5 இணைத்தட்டு மின்தேக்கியில், தட்டுகளுக்கிடையே மின்காப்பு உள்ள போது மின்தேக்குத்திறன்*

d தொலைவில் பிரிக்கப்பட்ட ஒவ்வொன்றும் A பரப்பு கொண்ட, X, Y என்ற




*படம் 1.27 மின்தேக்கியினுள் மின்காப்பு*

இரு மின்கடத்தும் தகடுகள் கொண்ட, ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியைக் கருதுவோம். X-க்கு நேர் மின்னூட்டம் அளிக்கப்படுவதால், அதன் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி σ ஆகும், Y-ஆனது புவியிணைப்பு பெற்றுள்ளது.

தட்டுகளுக்கிடையில், t தடிமனும், $\varepsilon_r$ ஒப்புமை விடுதிறனும் கொண்ட மின் காப்புப் பாளம் ஒன்று, புகுத்தப்பட்டுள்ளது என்க (படம் 1.27).

மின்காப்புப் பொருளின் தடிமன் = t.

காற்று இடைவெளியின் தடிமன் (d–t).

தட்டுகளுக்கு இடைப்பட்ட காற்றில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்புலம்,

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}.$$

மின்காப்புப் பொருளினுள் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்புலம் $E' = \frac{\sigma}{\varepsilon_r \varepsilon_o}$.

தட்டுகளுக்கிடையேயான மொத்த மின்னழுத்த வேறுபாடானது, ஒரு தட்டிலிருந்து மற்றொரு தட்டிற்கு ஓரலகு நேர்மின்னூட்டத்தை, E என்ற மின்புலத்தில் (d-t) நீளத்திற்கும், E′ என்ற மின்புலத்தில் t நீளத்திற்கும், கொண்டு செல்வதற்கு செய்யப்படும் வேலையின் அளவுக்குச் சமம். ஆகவே

$$V = E(d-t) + E't$$

$$V = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}(d-t) + \frac{\sigma t}{\varepsilon_o \varepsilon_r}$$

$$V = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}\left[(d-t) + \frac{t}{\varepsilon_r}\right]$$

தட்டு X-மீதான மின்னூட்டம், $q = \sigma A$

எனவே, மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறன்

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\sigma A}{\frac{\sigma}{\varepsilon_o}\left[(d-t) + \frac{t}{\varepsilon_r}\right]} = \frac{\varepsilon_o A}{(d-t) + \frac{t}{\varepsilon_r}}$$

***மின்காப்பின் விளைவு***

மின்தேக்கிகளில், இரு தட்டுகளுக்கு இடைப்பட்ட பகுதியானது, மைக்கா அல்லது எண்ணெய் போன்ற மின்காப்புப் பொருளால் நிரப்பப்படும். காற்று நிரப்பப்பட்டுள்ள மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்,

$$C = \frac{\varepsilon_o A}{d}$$

மின்காப்புப் பொருளால் நிரப்பப்பட்டுள்ள மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

$$C' = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_o A}{d}$$

$$\therefore \quad \frac{C'}{C} = \varepsilon_r \text{ அல்லது } C' = \varepsilon_r C$$

காற்றைத்தவிர, மற்ற எந்த ஒரு மின்காப்பு ஊடகத்திற்கும், $\varepsilon_r > 1$ என்பதால், மின்காப்புப் பொருள் வைக்கப்படும்போது, மின்தேக்குத்திறன் அதிகரிக்கும்.

### *1.5.6 மின்தேக்கியின் பயன்பாடுகள்*

**(i)** தானியியங்கி எந்திரங்களின், எரிபொருள் எரியூட்டும் அமைப்புகளில், தீப்பொறி ஏற்படுவதைத் தவிர்க்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

**(ii)** மின்திறன் வழங்கிகளில் **(Power supplies)** மின்னழுத்த ஏற்ற இறக்கத்தைக் குறைப்பதற்கும், மின்திறன் அனுப்பீட்டில் அதன் பயனுறு திறனை அதிகரிக்கச் செய்யவும் மின்தேக்கிகள் பயன்படுகின்றன.

**(iii)** மின்தேக்கிகள், மின்காந்த அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கவும், ரேடியோ சுற்றுகளை ஒத்திசைவு செய்யவும் பயன்படுகின்றன.

### *1.5.7 மின்தேக்கிகள் தொடர் இணைப்பில் மற்றும் பக்க இணைப்பில்*

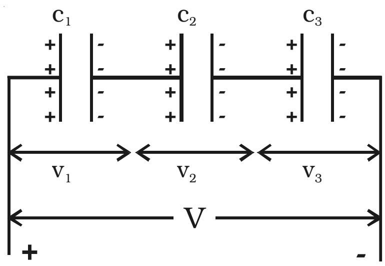
**(i) தொடரிணைப்பில் மின்தேக்கிகள்**

$C_1$, $C_2$, $C_3$ என்ற மின்தேக்குத்திறன்கள் கொண்ட மூன்று மின்தேக்கிகள் (படம் 1.28) தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம். தொடரிணைப்பின் தொகுப்பு முழுமைக்கும் செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு V என்க. ஒவ்வொரு மின்தேக்கியும் சம மின்னூட்ட அளவு q கொண்டுள்ளது. $C_1$, $C_2$, $C_3$ -க்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் முறையே $V_1$, $V_2$, $V_3$ என்க. ஆகவே, $V = V_1 + V_2 + V_3$

ஒவ்வொரு மின்தேக்கியின் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V_1 = \frac{q}{C_1}; V_2 = \frac{q}{C_2}; V_3 = \frac{q}{C_3}$$

$$V = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3} = q\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right]$$




*படம் 1.28 தொடரிணைப்பில் மின்தேக்கிகள்*

தொடரிணைப்புத் தொகுப்பின், தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன் $C_S$ எனில், அதற்கு V மின்னழுத்தம் அளிக்கப்படும்போது, q மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது.

அதாவது, $V = \frac{q}{C_S}$

$$\frac{q}{C_s} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}$$

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

எனவே, பல மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்படும்போது தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறனின் தலைகீழ் மதிப்பு, தனித்தனி மின்தேக்கிகளின் மின்தேக்குத் திறன்களின் தலைகீழ் மதிப்புகளின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம்.

**(ii) பக்க இணைப்பில் மின்தேக்கிகள்**

$C_1$, $C_2$, $C_3$ என்ற மின்தேக்குத் திறன்கள் கொண்ட மூன்று மின்தேக்கிகள் (படம் 1.29) பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம். இவ்விணைப்பில், செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு V என்க. ஒவ்வொரு மின்தேக்கியின் மின்னழுத்த வேறுபாடும் சமமாக இருக்கும். மூன்று மின்தேக்கிகளிலும் உள்ள மின்னூட்டங்கள்

$$q_1 = C_1V,\ q_2 = C_2\ V,\ q_3 = C_3V.$$

மின் தேக்கிகளின் தொகுப்பின் மொத்த மின்னூட்டம்

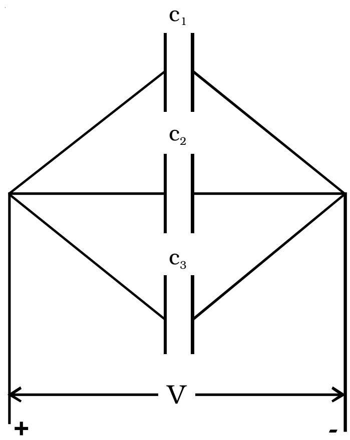
$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

$$q = C_1V + C_2V + C_3V$$

ஆனால் $q = C_pV$. இதில் $C_p$-யானது தொகுப்பின் தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன் ஆகும்.

$$\therefore\ C_pV = V\ (C_1 + C_2 + C_3)$$

$$\therefore\ C_P = C_1 + C_2 + C_3$$




*படம் 1.29 பக்க இணைப்பில் மின்தேக்கிகள்*

எனவே, பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்குகளின் தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன், தனித்தனி மின்தேக்கிகளின் மின்தேக்குத் திறன்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம்.

### *1.5.8 மின்தேக்கியினுள் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றல்*

மின்தேக்கி என்பது, மின்னூட்டத்தை தேக்கி வைக்கும் சாதனம் ஆகும். மின்தேக்கியினுள், மின்னூட்டத்தைத் தேக்கி வைக்க, வேலை செய்யப்பட வேண்டியுள்ளது. இந்த வேலையானது, மின்தேக்கியினுள் நிலை மின்னழுத்த ஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது.

மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்தம் V மற்றும் அதன் மின்னூட்டம் q என்க. தட்டிற்குக் கூடுதலாக தரப்பட்ட மின்னூட்டம் $dq$ எனில், செய்யப்பட்ட வேலை, $dw = Vdq$

$$dw = \frac{q}{C}\,dq \qquad \left(\because V = \frac{q}{C}\right)$$

மின்தேக்கியை மின்னேற்றம் செய்வதற்கு செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$w = \int dw = \int_0^q \frac{q}{C}\, dq = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$$

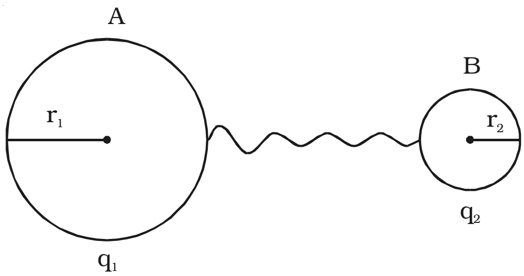
இந்த வேலையானது, மின்தேக்கியினுள் நிலைமின்னழுத்த நிலை ஆற்றலாக (U) சேமிக்கப்படுகிறது.

$$U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}CV^2 \qquad (\because\ q = CV)$$

மின்தேக்கியானது, மின்னிறக்கம் செய்யப்படும்போது, இந்த ஆற்றல் திரும்பப் பெறப்படுகிறது.

### *1.5.9 மின்கடத்தி மீதான மின்னூட்டங்களின் பரவல் மற்றும் கூர்முனைகளின் செயல்பாடு*

ஒரு மின்கடத்தும் கம்பியினால், ஒன்றோடொன்று இணைக்கப்பட்டுள்ள, A, B என்ற இரு மின்கடத்தும் கோளங்களைக் கருதுவோம். அவற்றின் ஆரங்கள் $r_1$ மற்றும் $r_2$ என்க (படம் 1.30). ஆரம் $r_1$-ஆனது $r_2$-ஐ விட அதிகம் என்க. இந்த அமைப்பிற்கு அளிக்கப்பட்ட மின்னூட்டம் A மற்றும் B மீது $q_1$ மற்றும் $q_2$ ஆக பரவுகிறது. கோளங்கள் A மற்றும் B மீதான மின்னூட்ட அடர்த்திகள் $\sigma_1$ மற்றும் $\sigma_2$ என்க.




*படம் 1.30 மின்னூடம் பரவுதல்*

A யில் மின்னழுத்தம்,

$$V_1 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_o r_1}$$

Bயில் மின்னழுத்தம்,

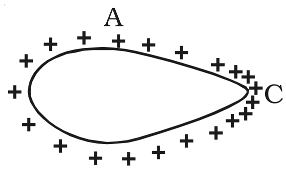
$$V_2 = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_o r_2}$$

கோளங்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளதால், அவற்றின் மின்னழுத்தங்கள் சமமாகும்.

$$\frac{q_1}{4\pi\varepsilon_o r_1} = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_o r_2} \qquad \left[\because q_1 = 4\pi r_1^2\sigma_1 \text{ மற்றும் } q_2 = 4\pi r_2^2\sigma_2\right]$$

$$\sigma_1 r_1 = \sigma_2 r_2$$

அதாவது $\sigma r$ என்பது ஒரு மாறிலி ஆகும். இச்சமன்பாட்டிலிருந்து, ஆரம் குறைவதால், மின்னூட்ட அடர்த்தி அதிகமாகும் என்பது தெளிவாகிறது.




***படம் 1.31 கூர்முனைச் செயல்பாடு***

படம் 1.31-ல் காட்டப்பட்டுள்ள வடிவம் கொண்ட கடத்தியில் மின்னூட்டப் பரவல் சீராக இல்லை. வளைவு அதிகமுள்ள, அதாவது ஆரம் குறைவாக உள்ள கூர்முனைகளில், மின்னூட்டங்கள் பெருமளவில் செறிந்திருக்கும். பரப்பின் மீது கூர்முனைகளைக் கொண்ட, மின்னூட்டம் பெற்ற, கடத்தி ஒன்று, தன் மின்னூட்டங்களை வெகு விரைவாக இழந்து விடுகின்றன எனச் சோதனை மூலம் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

இதற்குக் காரணம், கூர்முனைகளோடு தொடர்புடைய காற்று மூலக்கூறுகள் அயனியாக்கப்படுகின்றன. நேர்மின்னூட்ட அயனிகள் கூர்முனையால் விரட்டப்படுகின்றன. எதிர் மின்னூட்ட அயனிகள் கூர்முனையால் கவரப்படுகின்றன. இதனால் கூர்முனைகளின் மின்னூட்டம் குறைக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு, மின்னூட்டம் பெற்ற கடத்தியின் கூர்முனைகளிலிருந்து மின்னூட்டம் கசிகின்ற நிகழ்வு கூர்முனைகளின் செயல்பாடு அல்லது ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் என்றழைக்கப்படுகிறது. இந்தத் தத்துவம் மின்னூட்டத்தைச் சேகரிக்கும் நிலைமின் எந்திரங்களிலும், மற்றும் மின்னல் கடத்திகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

## 1.6 மின்னல் கடத்தி (Lightning Conductor)

மிக உயரமான கட்டிடங்களை மின்னலிலிருந்து பாதுகாக்க உதவும் ஓர் எளிய சாதனம் மின்னல் கடத்தி ஆகும் இதனை வழக்கத்தில் இடிதாங்கி என்று கூறுவதும் உண்டு. இது கட்டிடத்தின் வழியே தரைக்குச் செல்லும் ஒரு நீண்ட, தடித்த தாமிரத் தண்டினைக் கொண்டுள்ளது. தண்டின் கீழ் முனையானது, தரையின் அதிக ஆழத்தில் புதைக்கப்பட்டுள்ள தாமிரத் தட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் மேல்முனையில் எண்ணிக்கைமிக்க கூர்முனைகள் உடைய தாமிர ஊசிகள் இணைக்கப்பட்டு, கட்டிடத்தின் உயரமான பகுதியில் வைக்கப்பட்டுள்ளது.

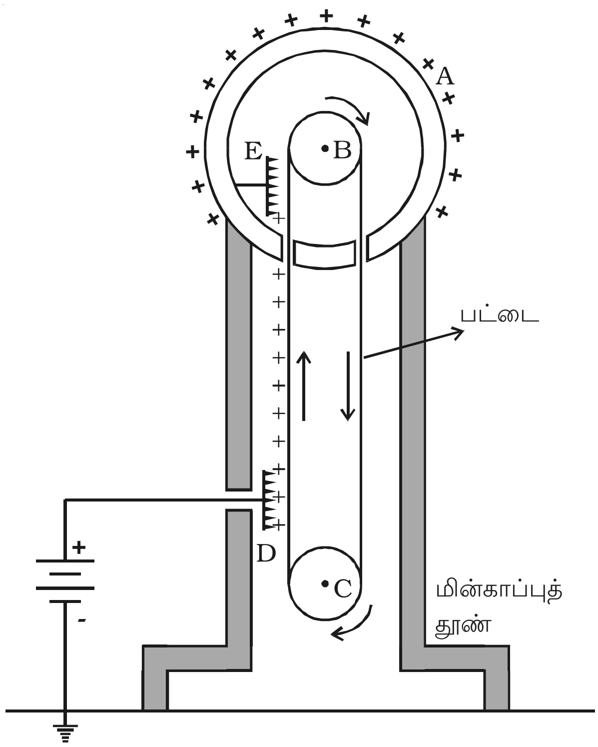
எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற மேகம் கட்டிடத்தின் மேல் செல்லும்போது, கடத்தியின் கூர் முனைகளில் நேர் மின்னூட்டம் தூண்டப்படுகிறது. நேர்மின்னூட்டம் பெற்றுள்ள கூர்முனைகள் அருகில் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை அயனியாக்கம் செய்கின்றன. இது மேகத்தில் உள்ள எதிர் மின்னூட்டத்தின் ஒரு பகுதியை சமன் செய்து, மேகத்தின் மின்னழுத்தத்தைக் குறைக்கிறது. கடத்தியால் கவரப்பட்ட எதிர் மின்னூட்டங்கள் தரையை நோக்கிப் பயணிக்கின்றன. இதன் மூலம் கட்டிடம் மின்னலின் தாக்குதலில் இருந்து பாதுகாக்கப்படுகிறது.

### *வான்-டி-கிராப் இயற்றி*

1929ல் ராபர்ட் J வான்-டி-கிராப் என்பவர் நிலை மின்னியல் எந்திரம் ஒன்றை வடிவமைத்தார். இதன் மூலம் $10^7$ V அளவிலான அதிக நிலைமின்னியல் மின்னழுத்த வேறுபாடு உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.

இதன் செயல்பாடு, நிலைமின்தூண்டல் மற்றும் கூர்முனைச் செயல்பாட்டுத் தத்துவங்களின் அடிப்படையில் அமைகிறது.

ஒரு உள்ளீடற்ற உலோகக் கோளம் A படம் 1.32-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் மின்காப்புப் பெற்ற தூண்கள் மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளது. கோளத்தின் மையத்தில் B என்ற கப்பியும், மின்காப்புத் தூணின் அடிப்பகுதிக்கு அருகில் C என்ற கப்பியும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. பட்டுத் துணியிலான பட்டை ஒன்று கப்பிகள் வழியே செல்கிறது. கப்பி C மின்மோட்டார் ஒன்றின் மூலம் தொடர்ந்து இயக்கப்படுகிறது. கப்பிகளுக்கு அருகே ஏராளமான கூர்முனைகள் கொண்ட D மற்றும் E என்ற இரு சீப்பு வடிவக் கடத்திகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. சீப்பு Dயின் நேர்மின்னழுத்தம் $10^4$ V என்றளவில் இருக்குமாறு மின்திறன் வழங்கி செய்கிறது. சீப்பு E-ஆனது உள்ளீடற்ற உலோகக் கோளத்தின் உட்புறம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.




*படம் 1.32 வான்-டி-கிராப் மின்னியற்றி*

சீப்பு Dக்கு அருகில் உள்ள உயர் மின்புலத்தினால், கூர்முனைச் செயல்பாட்டின் காரணமாக காற்று அயனியாக்கப்படுகிறது. காற்றில் உள்ள எதிர்அயனிகள் கூர்முனைகள் நோக்கி நகர்கின்றன. நேர்அயனிகள் பட்டையை நோக்கி விரட்டப்படுகின்றன. இந்த நேர் அயனிகள் பட்டையை ஒட்டிக் கொள்வதால் மேல் நோக்கிச் சென்று சீப்பு E-யை நெருங்குகிறது.

நிலைமின்தூண்டல் தத்துவத்தின் விளைவாக சீப்பு E எதிர்மின்னூட்டம் பெறுகிறது. கோளம் நேர்மின்னூட்டத்தைப் பெறுகிறது. இம்மின்னூட்டங்கள் கோளப்பரப்பில் பரவுகின்றன. சீப்பு E-ல் உள்ள அதிக அளவு மின்புலம் காற்றை அயனியாக்குகிறது. எனவே, எதிர் மின்னூட்டங்கள் பட்டையை நோக்கி விரட்டப்படுகின்றன. இதனால் பட்டையை அடையும் முன்பாக, அதில் உள்ள நேர் மின்னூட்டங்கள் சமன்செய்யப்பட்டு விடுகின்றன. எனவே பட்டை கீழிறங்கும்போது மின்னூட்டமற்ற நிலையை அடைகிறது.

இவ்வாறு எந்திரம் தொடர்ச்சியாக, நேர்மின்னூட்டத்தை கோளத்திற்கு மாற்றுகிறது. இதன் விளைவாக கோளத்தின் மின்னழுத்தம் ஒரு பெரும எல்லை மதிப்பை அடைகின்ற வரை, அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கும். மேற்கொண்டு கோளத்தில் மின்னூட்டங்கள் ஏற்கப்பட முடியாத நிலையை எட்டியவுடன், காற்றின் அயனியாக்கத்தின் காரணமாக மின்னூட்டங்கள் கசியத் தொடங்குகின்றன.

உயர் அழுத்தத்தில் காற்று நிரப்பப்பட்ட எஃகுக் கலத்தினால் கோளத்தை மூடுவதின் மூலம், கோளத்தின் மின்னூட்டக் கசிவைக் குறைக்கலாம்.

இம்மின்னியற்றி மூலம் பெறப்படும் உயர் மின்னழுத்தம் அணுக்கருப் பிளவையில் பயன்படும் நேர் அயனிகளை (புரோட்டான், டியூட்ரான்) முடுக்குவிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

## தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

1.1 ஒரே மாதிரியான மூன்று சிறிய பந்துகள் முறையே $-3 \times 10^{-12}C$, $8 \times 10^{-12}C$ மற்றும் $4 \times 10^{-12}C$ மின்னூட்டங்களைக் கொண்டுள்ளன. அவற்றை ஒன்றையொன்று தொடும் நிலைக்கு கொண்டு வந்து பின் பிரித்து வைக்கப்படுகின்றன. **(i)** ஒவ்வொரு பந்திலும் மின்னூட்டம், **(ii)** தொடுதலுக்குப் பின் ஒவ்வொரு பந்திலும் உள்ள அதிகப்படியான அல்லது பற்றாக்குறையான எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $q_1 = -3 \times 10^{-12}C$, $q_2 = 8 \times 10^{-12}$ C, $q_3 = 4 \times 10^{-12}$ C

**தீர்வு : (i)** ஒவ்வொரு பந்திலும் மின்னூட்டம்

$$q = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{3} = \left(\frac{-3+8+4}{3}\right) \times 10^{-12}$$

$$= 3 \times 10^{-12} \text{ C}$$

**(ii)** மின்னூட்டம் நேர்மின்னூட்டம் ஆகையால், ஒவ்வொரு பந்தின் மீதும் எலக்ட்ரான்கள் எண்ணிக்கையில் குறைவு ஏற்படும்.

$$n = \frac{q}{e} = \frac{3 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.875 \times 10^{7}$$

$\therefore$ எலக்ட்ரான்கள் எண்ணிக்கை = $1.875 \times 10^{7}$.

1.2 மின் காப்பிடப்பட்ட, ஒவ்வொன்றும் $6.5 \times 10^{-7}C$ மின்னூட்டம் பெற்ற இரு கோளங்கள் 0.5 m தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவைகளுக்கிடையேயான நிலை மின்னியல் விசையைக் கணக்கிடு. மேலும் **(i)** மின்னூட்டங்கள் இருமடங்காக்கப்பட்டு, தொலைவு பாதியாகக் குறைக்கப் படும் போதும் **(ii)** மின்னூட்டங்கள் மின்காப்புப் பொருளான நீரினுள் வைக்கப்படும் போதும் ($\varepsilon_r = 80$) விசையைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $q_1 = q_2 = 6.5 \times 10^{-7}C$, $r = 0.5$ m

**தீர்வு :** $$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \quad \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^{9} \times (6.5 \times 10^{-7})^2}{(0.5)^2}$$

$$= 1.52 \times 10^{-2} \text{ N.}$$

**(i)** மின்னூட்டம் இரு மடங்காக அதிகரிக்கப்பட்டு, தொலைவு பாதியாக குறைக்கப்பட்டால்,

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{2q_1 2q_2}{\left(r/2\right)^2}$$

F -யைப் போல் 16 மடங்கு

$= 16 \times 1.52 \times 10^{-2}$

$F_1 \quad = 0.24$ N

(ii) $\varepsilon_r = 80$ - உடைய நீரில் வைக்கப்படும் போது,

$$F_2 = \frac{F}{\varepsilon_r} = \frac{1.52 \times 10^{-2}}{80}$$

$F_2 \quad = 1.9 \times 10^{-4}$ N

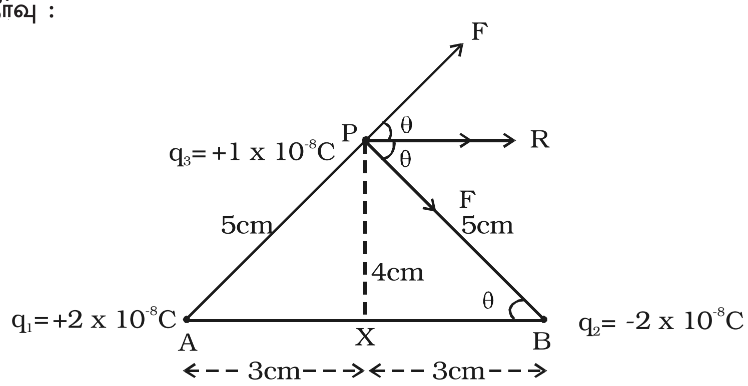
1.3 $2 \times 10^{-8}$ C மதிப்புடைய இரு சிறிய வேறின மின்னூட்டங்கள், A மற்றும் B என்ற புள்ளிகளில் 6 cm இடைவெளியில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. AB-யை இரு சமக் கூறிடும் செங்குத்துக் கோட்டில் 4 cm தொலைவில் உள்ள P என்ற புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள, $1 \times 10^{-8}$ C மின்னூட்டத்தின் மீதான விசையைக் கணக்கிடு.

**தகவல் :** $q_1 = +2 \times 10^{-8}$ C, $\quad q_2 = -2 \times 10^{-8}$ C

P–யில் $q_3 = 1 \times 10^{-8}$ C

$X_P$ = 4 cm or 0.04 m, AB = 6 cm or 0.06 m

**தீர்வு :**




Δ APX, -ல் இருந்து, AP = $\sqrt{4^2 + 3^2}$ = 5 cm or $5 \times 10^{-2}$ m.

Aயில் உள்ள மின்னூட்டம், P-யில் உள்ள மின்னூட்டத்தை F என்ற விசையால் (AP வழியே) விரட்டுகிறது.

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{q_1 q_3}{r^2} = \frac{9\times10^9 \times 2\times10^{-8} \times 1\times10^{-8}}{(5\times10^{-2})^2}$$

$= 7.2 \times 10^{-4}$ N (PB வழியே)

Bயில் உள்ள மின்னூட்டம் Pயில் உள்ள மின்னூட்டத்தை, அதே F என்ற விசையால் PB வழியே கவர்கிறது. ஏனெனில் BP = AP = 5 cm. R மதிப்புக்காண, விசையை இரு கூறுகளாகப் பிரிக்க வேண்டும்.

$$R = F\cos\theta + F\cos\theta = 2F\cos\theta$$

$$= 2 \times 7.2 \times 10^{-4} \times \frac{3}{5} \qquad \left[\because \cos\ \theta = \frac{BX}{PB} = \frac{3}{5}\right]$$

$$\therefore R = 8.64 \times 10^{-4}\ N$$

1.4 ஹைடிரஜன் அணுவில் r தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு புரோட்டானுக்கும், எலக்ட்ரானுக்கும் இடையேயான நிலை மின்னியல் மற்றும் ஈர்ப்பியல் விசைகளின் எண் மதிப்புகளை ஒப்பிடுக.

**தகவல்** : $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg ; $m_P = 1.67 \times 10^{-27}$ kg; $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N m$^2$ kg$^{-2}$; $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

**தீர்வு :**

எலக்ட்ரானுக்கும், புரோட்டானுக்கும் இடையேயான ஈர்ப்பியல் விசை

$$F_g = G\frac{m_e m_p}{r^2}.$$

ஹைடிரஜன் அணுவில் எலக்ட்ரானுக்கும், புரோட்டானுக்கும் இடையிலான சராசரி தொலைவு r என்க.

இரு மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயான நிலைமின்னியல் விசை

$$F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

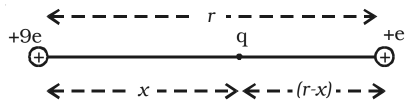
$$\therefore \quad \frac{F_e}{F_g} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_2}{G m_e m_P} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{e^2}{G m_e m_P}$$

$$= \frac{9\times10^9 \times (1.6\times10^{-19})^2}{6.67\times10^{-11}\times9.11\times10^{-31}\times1.67\times10^{-27}}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = 2.27 \times 10^{39}$$

இதிலிருந்து, நிலை மின்னியல் விசை ஈர்ப்பியல் விசையைப் போன்று $2.27 \times 10^{39}$ மடங்கு வலுவாக உள்ளது என அறியலாம்.

1.5 +9e மற்றும் +1e என்ற இரு புள்ளி மின்னூட்டங்கள் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று 16 cm தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த இரு மின்னூட்டங்களுக்கிடையில், மூன்றாவது மின்னூட்டம் qயை, எப்புள்ளியில் வைத்தால் இது தொடர்ந்து சமநிலையில் இருக்கும்?




**தகவல் :** r = 16 cm அல்லது 0.16 m;  $q_1$ = 9e மற்றும் $q_2$ = e

**தீர்வு :** மூன்றாவது மின்னூட்டம் q ஆனது 9e-லிருந்து $x$ தொலைவிலும், + e-லிருந்து $(r - x)$ தொலைவிலும் வைக்கப்பட்டுள்ளதாகக் கருதுவோம்.

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{9e \times q}{x^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q\ e}{(r-x)^2}$$

$$\therefore \frac{x^2}{(r-x)^2} = 9 \quad ; \quad \frac{x}{r-x} = 3$$

அல்லது $x = 3r - 3x$

$\therefore \quad 4x = 3r = 3 \times 16 = 48$ cm

$\therefore \quad x = \frac{48}{4} = 12$ cm

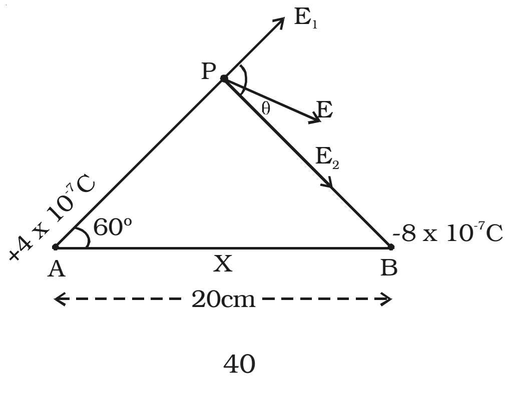
அல்லது 0.12 m

மூன்றாவது மின்னூட்டம் +9eலிருந்து 0.12மீ தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ளது.

1.6 $4 \times 10^{-7}$ C மற்றும் $-8 \times 10^{-7}$ C ஆகிய இரு மின்னூட்டங்கள் பக்க அளவு 20 cm கொண்ட ABP என்ற சமபக்க முக்கோணத்தின் A மற்றும் B மூலைகளில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. P என்ற புள்ளியில் காணப்படும் தொகுபயன் மின்புலச் செறிவைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $q_1 = 4 \times 10^{-7}$ C;  $q_2 = -8 \times 10^{-7}$ C;  r = 20 cm = 0.2 m

**தீர்வு :**



AP வழியேயான மின்புலம் $E_1$

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\ \frac{q_1}{r^2} = \frac{9\times10^9\times4\times10^{-7}}{(0.2)^2} = 9\times10^4\ N\ C^{-1}$$

PB வழியே மின்புலம் $E_2$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\ \frac{q_2}{r^2} = \frac{9\times10^9\times8\times10^{-7}}{0.04} = 18\times10^4\ N\ C^{-1}$$

$$\therefore\ E = \sqrt{E_1^{\ 2}+E_2^{\ 2}+2E_1E_2\cos120^o}$$

$$= 9\times10^4\sqrt{2^2+1^2+2\times2\times1\left(-\tfrac{1}{2}\right)}$$

$$= 9\sqrt{3}\times10^4 = 15.6\times10^4 N\ C^{-1}$$

1.7 **(i)** $4\times10^{-7}C$ மின்னூட்டத்தில் இருந்து 0.09 மீ தொலைவில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தத்தையும், **(ii)** $2\times10^{-9}$ C மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து, அப்புள்ளிக்கு கொண்டு வர செய்ய வேண்டிய வேலையையும் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $q_1 = 4\times10^{-7}C,\ q_2 = 2\times10^{-9}\ C,\ r = 0.09\ m$

**தீர்வு : (i)** $q_1$ என்ற மின்னூட்டத்தால் ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம்

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\ \frac{q_1}{r}$$

$$= \frac{9\times10^9\times4\times10^{-7}}{0.09} = 4\times10^4\ V$$

**(i)** $q_2$ என்ற மின்னூட்டத்தை முடிவிலாத் தொலைவிலிருந்து அப்புள்ளிக்கு கொண்டு வர செய்ய வேண்டிய வேலை

$$W = q_2 V = 2\times10^{-9}\times4\times10^4$$

$$W = 8\times10^{-5}\ J$$

1.8 $HCl$ வாயு, $2.5\times10^4\ N\ C^{-1}$ அளவுள்ள மின்புலத்தில் வைக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு $HCl$ மூலக்கூறின் மின் இருமுனை திருப்புத் திறன் $3.4\times10^{-30}$ C m எனில் ஒரு மூலக்கூறின் மீது செயல்படும் பெரும திருப்பு விசையைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $E = 2.5\times10^4\ N\ C^{-1}$,

$p = 3.4\times10^{-30}\ C\ m.$

**தீர்வு :** மூலக்கூறின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசை

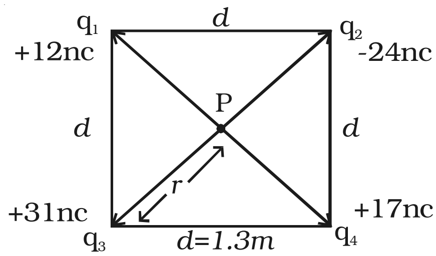
$\tau = pE \sin\theta$ (பெருமத் திருப்பு விசைக்கு, $\theta = 90^o$)

$= 3.4 \times 10^{-30} \times 2.5 \times 10^4$

$= 8.5 \times 10^{-26}$ N m.

∴ மூலக்கூறின் மீதான பெருமத் திருப்பு விசை $= 8.5 \times 10^{-26}$ N m.

1.9 படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு சதுரத்தின் முனைகளில் வைக்கப்பட்டுள்ள புள்ளி மின்னூட்டங்களால், மையத்தில் உள்ள புள்ளியில் உருவாகும் மின்னழுத்தத்தைக் கணக்கிடுக.




**தகவல் :** $q_1 = +12$ n C;
$q_2 = -24$ n C; $q_3 = +31$n C;
$q_4 = +17$ n C; d = 1.3 m

**தீர்வு :**

P என்ற புள்ளியில் மின்னழுத்தம்,

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{q_1}{r}+\frac{q_2}{r}+\frac{q_3}{r}+\frac{q_4}{r}\right]$$

தொலைவு $r = \frac{d}{\sqrt{2}} = \frac{1.3}{\sqrt{2}} = 0.919$ m

மொத்த மின்னூட்டம் $= q_1 + q_2 + q_3 + q_4$

$= (12 - 24 + 31 + 17) \times 10^{-9}$

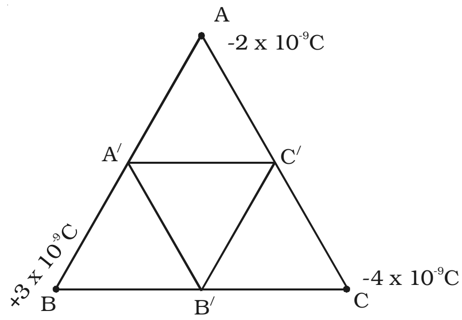
$q = 36 \times 10^{-9}$ C

$$\therefore V = \frac{9\times10^9 \times 36\times10^{-9}}{0.919}$$

$V = 352.6$ V

1.10 20 cm பக்க அளவுள்ள ABC என்ற சமபக்க முக்கோணத்தின் உச்சிகளில் $-2 \times 10^{-9}$C, $+3 \times 10^{-9}$C, $-4 \times 10^{-9}$C ஆகிய மூன்று மின்னோட்டங்கள் வைக்கப்பட்டுள்ளன எனில், மின்னூட்டங்கள் A, B மற்றும் C முறையே

முக்கோணத்தின் பக்கங்களின் மையப்புள்ளிகளான $A_1$, $B_1$ மற்றும் $C_1$-க்கு நகர்த்த செய்யப்படும் வேலையைக் கணக்கிடுக.




**தகவல் :** $q_1 = -2 \times 10^{-9}C;$

$q_2 = +3 \times 10^{-9}C;$

$q_3 = -4 \times 10^{-9}C;$

AB = BC = CA = 20cm = 0.20 m

**தீர்வு :** மின்னூட்ட அமைப்பின் மின்னழுத்த ஆற்றல்

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\left[\frac{q_1q_2}{r} + \frac{q_2q_3}{r} + \frac{q_3q_1}{r}\right]$$

மின்னூட்டங்கள் A, B மற்றும் C -க்களை முறையே $A_1$, $B_1$ மற்றும் $C_1$க்கு இடப்பெயர்ச்சி செய்ய செய்யப்படும் வேலை,

$$W = U_f - U_i$$

$U_i$ மற்றும் $U_f$ என்பன அமைப்பின், தொடக்க மற்றம் இறுதி மின்னழுத்த ஆற்றல்,

$$U_i = \frac{9\times10^9}{0.20}\ [-6 \times 10^{-18} - 12 \times 10^{-18} + 8 \times 10^{-18}]$$

$$= -4.5 \times 10^{-7}\ J$$

$$U_f = \frac{9\times10^9}{0.10}\ [-6 \times 10^{-18} - 12 \times 10^{-18} + 8 \times 10^{-18}]$$

$$= -9 \times 10^{-7} J$$

$\therefore$ செய்யப்படும் வேலை $= -9 \times 10^{-7} - (-4.5 \times 10^{-7})$

$$W = -4.5 \times 10^{-7} J$$

1.11 முடிவிலா வரிமின்னூட்டம், 2 cm தொலைவில் $9 \times 10^4$ N $C^{-1}$ மின்புலத்தை உருவாக்குகிறது எனில் மின்னூட்ட நீள் அடர்த்தியைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $E = 9 \times 10^4$ N $C^{-1}$, r = 2 cm = $2 \times 10^{-2}$ m

**தீர்வு :** $E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_o r}$

$$\lambda = E \times 2\pi\varepsilon_o r$$

$$\lambda = 9 \times 10^4 \times \frac{1}{18 \times 10^9} \times 2 \times 10^{-2} \left( \because 2\pi\varepsilon_o = \frac{1}{18 \times 10^9} \right)$$

$$\lambda = 10^{-7}\ C\ m^{-1}$$

1.12 ஒரு புள்ளி மின்னூட்டம், அதனை மையமாகக் கொண்டு அமையும் 10 cm ஆரமுள்ள, ஒரு கோள வடிவ காஸ்ஸியன் பரப்பு வழியே செல்லுமாறு $-6 \times 10^3\ Nm^2\ C^{-1}$ அளவுள்ள மின் புல பாயத்தை உருவாக்குகிறது, எனில்

**(i)** காஸ்ஸியன் பரப்பின் ஆரம் இருமடங்காக்கப்படும்போது பரப்பின் வழியே செல்லும் மின்புலப் பாயத்தின் அளவைக் கணக்கிடுக.

**(ii)** மின்னூட்டத்தின் மதிப்பு என்ன?

**தகவல் :** $\phi = -6 \times 10^3\ N\ m^2\ C^{-1}$; $r = 10\ cm = 10 \times 10^{-2}\ m$

**தீர்வு : (i)** காஸ்ஸியன் பரப்பின் ஆரம் இரு மடங்காக்கப்படும்பொழுது, புதிய பரப்பின் வழியே செல்லும் மின்புலப் பாயம் மாறாது. ஏனெனில், மின்புலப் பாயம் பரப்பினுள் உள்ள மொத்த மின்னூட்டத்தைச் சார்ந்து அமையுமே தவிர ஆரத்தைச் சார்ந்து அமையாது.

$$\therefore \quad \phi = -6 \times 10^3\ N\ m^2\ C^{-1}$$

**(ii)** $$\therefore \quad \phi = \frac{q}{\varepsilon_o} \text{ or } q = -(8.85 \times 10^{-12} \times 6 \times 10^3)$$

$$q = -5.31 \times 10^{-8}\ C$$

1.13 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின், தகடுகளின் பரப்பு $200\ cm^2$. அவ்விரு தட்டுகளும் 1 mm இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன எனில் **(i)** மின்தேக்கிக்கு 1nC மின்னூட்டம் அளிக்கப்படும் போது, தகடுகளுக்கு இடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு, **(ii)** அதே மின்னூட்டத்திற்கு (1n C) இடைத்தொலைவு 2 mmக்கு அதிகரிக்கப்பட்டால் புதிய மின்னழுத்த வேறுபாடு **(iii)** தகடுகளுக்கிடையே மின்புலம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $d = 1\ mm = 1 \times 10^{-3} m$; $A = 200\ cm^2$ or $200 \times 10^{-4}\ m^2$ ;
$q = 1\ nC = 1 \times 10^{-9}\ C$ ;

**தீர்வு :** மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

$$C = \frac{\varepsilon_o A}{d} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 200 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-3}}$$

$$C = 0.177 \times 10^{-9}\ F = 0.177\ nF$$

**(i)** தகடுகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$V = \frac{q}{C} = \frac{1 \times 10^{-9}}{0.177 \times 10^{-9}} = 5.65\ V$$

**(ii)** தகடுகளுக்கிடையேயான தொலைவு 1 mm-லிருந்து 2mm-க்கு அதிகரிக்கும் போது மின்தேக்கு திறன் இரு மடங்காகக் குறையும். மின்னழுத்த வேறுபாடு இரு மடங்கு அதிகரிக்கும்.

∴ புதிய மின்னழுத்த வேறுபாடு = 5.65 × 2 = 11.3 V

**(iii)** மின்புலம்

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o} = \frac{q}{A.\varepsilon_o} = \frac{1 \times 10^{-9}}{8.85 \times 10^{-12} \times 200 \times 10^{-4}}$$

$$= 5650\ N\ C^{-1}$$

1.14 காற்று நிரப்பப்பட்ட, ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குதிறன் 8 pF. தட்டுகளுக்கிடையே உள்ள தொலைவு பாதியாக குறைக்கப்பட்டு, அதன் இடைவெளி மின்காப்புப் மாறிலி 6 கொண்ட மின்காப்புப் பொருளால் நிரப்பப்படும் பொழுது மின்தேக்குத்திறன் எவ்வளவு?

**தகவல் :** $C_o = 8\ pF$ , $\varepsilon_r = 6$, மின்காப்பு உள்ள போது தொலைவு d ஆனது d/2 ஆக மாறும்.

**தீர்வு :** $C_o = \frac{A\varepsilon_o}{d} = 8pF$

தொலைவு பாதியாக குறைக்கப்பட்டு, மின்காப்புப் பொருளால் இடைவெளி நிரப்பப்படும் போது, புதிய மின்தேக்குதிறன்,

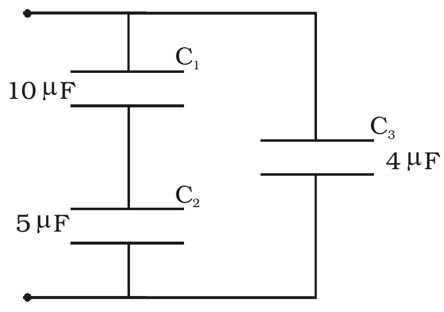
$$C = \frac{\varepsilon_r A\varepsilon_o}{d/2} = \frac{2\varepsilon_r A\varepsilon_o}{d}$$

$$= 2\varepsilon_r C_o$$

$$C = 2 \times 6 \times 8 = 96\ pF$$

1.15 படத்தில் காட்டியுள்ள இணைப்பின் தொகு மின்தேக்குத் திறனைக் கணக்கிடு.

**தகவல் :** $C_1 = 10\mu F$ ; $C_2 = 5\mu F$ ; $C_3 = 4\mu F$



**தீர்வு : (i)** $C_1$ மற்றும் $C_2$ தொடரிணைப்பில் இணைக் கப்பட்டுள்ளன. தொடரி ணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கி கூட்டமைப்பின் தொகுபயன் மின்தேக்கு திறன்

$$\frac{1}{C_S} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$= \frac{1}{10} + \frac{1}{5}$$

$$\therefore \quad C_S = \frac{10 \times 5}{10 + 5} = \frac{10}{3}\,\mu F$$

**(ii)** $C_S$ ஆனது $C_3$-யுடன் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. பக்க இணைப்பில், மின்தேக்கிகளின் தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன்

$$C_p = C_s + C_3$$

$$= \left(\frac{10}{3} + 4\right) = \frac{22}{3}\,\mu F$$

$$C_p = 7.33\ \mu F$$

1.16 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தகட்டின் பரப்பு 90 $cm^2$. அவ்விரு தட்டுகளும் 2.5 mm இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்தேக்கியானது 400 V மூலத்துடன் இணைக்கப்பட்டு மின்னேற்றம் செய்யப்படுகிறது எனில், அதில் தேக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள நிலை மின்னியல் ஆற்றல் எவ்வளவு?

**தகவல் :** $A = 90\ cm^2 = 90 \times 10^{-4}\ m^2$; $d = 2.5\ mm = 2.5 \times 10^{-3}\ m$;

$V = 400\ V$

**தீர்வு :** இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன்

$$C = \frac{\varepsilon_o A}{d} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 90 \times 10^{-4}}{2.5 \times 10^{-3}}$$

$$= 3.186 \times 10^{-11}\ F$$

மின்தேக்கியின் ஆற்றல் $= \frac{1}{2}\ C\ V^2$

$$= \frac{1}{2} \times 3.186 \times 10^{-11} \times (400)^2$$

ஆற்றல் $= 2.55 \times 10^{-6}\ J$

## தன் மதிப்பீடு

***(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)***

1.1 ஒரு கண்ணாடித் தண்டு, பட்டுத் துணியுடன் தேய்க்கப்படும் போது $+8 \times 10^{-12}\,C$ மின்னூட்டத்தை ஏற்கிறது. அது ஏற்றுக்கொண்ட அல்லது இழந்த எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை

(a) $5 \times 10^{-7}$ (ஏற்றது) (b) $5 \times 10^{7}$ (இழந்தது)

(c) $2 \times 10^{-8}$ (இழந்தது) (d) $-8 \times 10^{-12}$ (இழந்தது)

1.2 இரு புள்ளி மின்னூட்டங்கள், $\varepsilon_r = 6$ கொண்ட ஊடகத்தில், $d$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்படுவதால் உருவாகும் நிலை மின்னியல் விசை $0.3\ N$. வெற்றிடத்தில், அதே தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டால், அம்மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயான விசை

(a) $20\ N$ (b) $0.5\ N$

(c) $1.8\ N$ (d) $2\ N$

1.3 ஒரு புள்ளி மின்னூட்டத்திலிருந்து $2\ m$ தொலைவில் மின்புலச் செறிவு $400\ V m^{-1}$ எத்தொலைவில் அதன் மின்புலச் செறிவு $100\ V m^{-1}$ ஆக அமையும்?

(a) $50\ cm$ (b) $4\ cm$

(c) $4\ m$ (d) $1.5\ m$

1.4 இரு புள்ளி மின்னூட்டங்கள் $+4q$ மற்றும் $+q$, $30\ cm$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. அம்மின்னூட்டங்களை இணைக்கும் கோட்டின் மீது எப்புள்ளியில் மின்புலம் சுழியாகும்?

(a) மின்னூட்டம் $+q$-லிருந்து 15 cm

(b) மின்னூட்டம் $+q$-லிருந்து 7.5 cm

(c) மின்னூட்டம் $+4q$-லிருந்து 20 cm

(d) மின்னூட்டம் $+q$-லிருந்து 5 cm

1.5 சீரான மின்புலத்தில், புலத்திற்கு இணையாக, அதன் அச்சு அமையுமாறு ஒரு மின் இருமுனை வைக்கப்பட்டால், அது உணர்வது

*(a)* மொத்த விசையை மட்டும்

*(b)* திருப்பு விசையை மட்டும்

*(c)* மொத்த விசை மற்றும் திருப்பு விசை இரண்டையும்

*(d)* மொத்த விசையும் அல்ல, திருப்பு விசையும் அல்ல

1.6 மின் இருமுனையின் மையத்திலிருந்து $x$ தொலைவில் அமையும் புள்ளியில் மின்னழுத்தம், எதற்கு நேர்த்தகவில் அமைகிறது?

*(a)* $\frac{1}{x^2}$ *(b)* $\frac{1}{x^3}$

*(c)* $\frac{1}{x^4}$ *(d)* $\frac{1}{x^{3/2}}$

1.7 '$a$' பக்கம் கொண்ட சதுரத்தின் நான்கு மூலைகள் $A$, $B$, $C$ மற்றும் $D$–க்களில் முறையே மின்னூட்டங்கள் $+q$, $+q$, $-q$ மற்றும் $-q$ வைக்கப்பட்டுள்ளன. சதுரத்தின் மையம் $O$ -வில் மின்னழுத்தமானது,

*(a)* $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{a}$ *(b)* $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{2q}{a}$

*(c)* $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{4q}{a}$ *(d)* சுழி

1.8 இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களின் மின்னழுத்த ஆற்றல் *(U)* ...... ஆகும்.

*(a)* $\frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_o r^2}$ *(b)* $\frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_o r}$

*(c)* $pE\cos\theta$ *(d)* $pE\sin\theta$

1.9 சம மின்னழுத்தப் பரப்பில் உள்ள இரு புள்ளிகளுக்கு இடையே $500\ \mu C$ மின்னூட்டத்தை நகர்த்த செய்யப்படும் வேலை

*(a)* சுழி *(b)* வரம்புள்ள நேர்க்குறி மதிப்பு

*(c)* வரம்புள்ள எதிர்க்குறி மதிப்பு *(d)* முடிவிலி

1.10. கீழ்க்கண்ட அளவுகளுள் எது ஸ்கேலார் அளவாகும்?

*(a)* இருமுனை திருப்புத் திறன் *(b)* மின்புல விசை

*(c)* மின்புலம் *(d)* மின்னழுத்தம்

1.11 விடுதிறனின் அலகு

(a) $C^2 N^{-1} m^{-2}$ (b) $N m^2 C^{-2}$

(c) $H m^{-1}$ (d) $N C^{-2} m^{-2}$

1.12 1 கூலும் மின்னூட்டத்திலிருந்து உருவாகும் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கை

(a) $1.129 \times 10^{11}$ (b) $1.6 \times 10^{-19}$

(c) $6.25 \times 10^{18}$ (d) $8.85 \times 10^{12}$

1.13 மின்னூட்ட அடர்த்தி $\sigma$ கொண்ட, இரு எதிரெதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற உலோகத் தகடுகளுக்கு வெளியே உள்ள புள்ளியில் மின்புலம்

(a) $\frac{+\sigma}{2\varepsilon o}$ (b) $\frac{-\sigma}{2\varepsilon o}$

(c) $\frac{\sigma}{\varepsilon o}$ (d) சுழியாகும்.

1.14 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்கு திறனானது, தட்டுகளுக்கிடையே மின்காப்புப் பொருளைக் கொண்டு நிரப்புவதால், $5\ \mu F$லிருந்து $60\ \mu F$க்கு அதிகரிக்கிறது. மின்காப்புப் பொருளின் மின்காப்பு மாறிலி

(a) 65 (b) 55

(c) 12 (d) 10

1.15 மின்னூட்டம் பெற்றுள்ள உள்ளீடற்ற உலோகப் பந்து ஒன்று, சுழி மின்புலத்தை எப்புள்ளிகளில் தோற்றுவிக்கிறது?

(a) கோளத்திற்கு வெளியே (b) அதன் பரப்பின் மேல்

(c) கோளத்தின் உட்புறம் (d) இரு மடங்கு தொலைவுக்கு அப்பால்

1.16 நிலை மின்னியலில் கூலும் விதியைக் கூறு, அதன் வெக்டர் வடிவத்தைக் குறிப்பிடு.

1.17 விடுதிறன் மற்றும் ஒப்புமை விடுதிறன் என்றால் என்ன? அவை எவ்வாறு தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளன.

1.18 மேற்பொருந்துதல் தத்தவத்தை விளக்கு.

1.19 ஒரு புள்ளியில் மின்புலம் வரையறு. அதன் அலகைக் கூறி, ஒரு புள்ளி மின்னூட்டத்தால் ஏற்படும் மின்புலத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

1.20 மின்விசைக் கோடுகளின் பண்புகளைக் கூறுக.

1.21 மின் இருமுனை என்றால் என்ன? மின் இருமுனையின் திருப்புத் திறனை வரையறு.

1.22 சீரான மின்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின் இருமுனையின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசைக்கான கோவையினைப் பெறுக.

1.23 ஒரு சீரான மற்றும் சீரற்ற மின்புலத்தில் ஒரு மின் இருமுனை வைக்கப்படும் பொழுது நிகழ்வது என்ன?

1.24 மின் இருமுனையால் அச்சுக் கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில், நடுவரைக் கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்புலச் செறிவிற்கான கோவையைப் பெறுக.

1.25 ஒரு புள்ளியில் மின்னழுத்தம் வரையறு. இது ஒரு ஸ்கேலார் அளவா அல்லது வெக்டர் அளவா? ஒரு புள்ளி மின்னூட்டத்தால் ஏற்படும் மின்னழுத்தத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

1.26 மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு இவற்றை வேறுபடுத்துக.

1.27 சம மின்னழுத்த பரப்பு என்றால் என்ன?

1.28 இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களின் அமைப்பின் மின்னழுத்த ஆற்றல் என்றால் என்ன? அதற்கான கோவையினைப் பெறுக.

1.29 மின் இருமுனையால் ஏற்படும் மின் அழுத்தத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

1.30 மின் புலப் பாயத்தை வரையறு. அதன் அலகைத் தருக.

1.31 காஸ் விதியைக் கூறு. இதைப் பயன்படுத்தி, **(i)** சீரான மின்னூட்ட அடர்த்தி கொண்ட முடிவிலா, நீண்ட, நேரான கடத்தி **(ii)** q மின்னூட்டம் உடைய முடிவிலா சமதள தகடு, ஆகியவற்றைப் பொருத்த மின்புலங்களைக் கணக்கிடுக.

1.32 மின்தேக்கி என்றால் என்ன? அதன் மின்தேக்குத்திறனை வரையறு.

1.33 மின்தேக்கியின் தத்துவத்தை விவரி. ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறனுக்கான கோவையைப் பெறுக.

1.34 மின்காப்பு என்றால் என்ன? ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கிடையே மின்காப்புப் பாளத்தை வைப்பதால் ஏற்படும் விளைவை விவரி.

1.35 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒரு மின்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தகடுகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவுக்குச் சமமான தடிமன் கொண்ட மின்காப்புப் பாளம், தகடுகளுக்கிடையே புகுத்தப்படும்போது **(i)** மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன், **(ii)** தகடுகளுக்கிடையேயான மின்புலம் **(iii)** தகடுகளுக்கிடையேயான மின்னழுத்த வேறுபாடு, இவற்றில் என்ன விளைவு ஏற்படுகிறது?

1.36 மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பிலும், பக்க இணைப்பிலும இணைக்கப்படும் போது விளையும் தொகுபயன் மின்தேக்குத் திறன்களைக் காண்க.

1.37 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியில், சேமித்து வைக்கப்படும் ஆற்றல் $\frac{q^2}{2C}$ என நிறுவுக.

1.38 மின்காப்பின் மின்முனையாக்கல் என்றால் என்ன?

1.39 வான்-டி-கிராப் மின்னியற்றியின் தத்துவம், அமைப்பு மற்றும் செயல்படும் விதத்தை விவரி.

1.40 இடி, மின்னலின் போது ஒரு மரத்தினடியில் நிற்பதை விட ஒரு காரின் (car) உள்ளே இருப்பது பாதுகாப்பானது. ஏன்?

## கணக்குகள்

1.41 இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களின் கூடுதல் $6\ \mu\ C.$ வெற்றிடத்தில் $40\ cm$ இடைவெளியில் அவை வைக்கப்படும் போது $0.9\ N$ விசையுடன் ஒன்றை ஒன்று கவர்கிறது எனில், அம்மின்னூட்டங்களைக் கணக்கிடுக.

1.42 ஒரு சிறிய மின்னூட்டம் பெற்ற கோளங்கள் ஒன்றையொன்று $2 \times 10^{-3}\ N$ விசையுடன் விரட்டுகின்றன. ஒரு கோளத்தின் மீதான மின்னூட்டம் மற்றதைப் போல் இரு மடங்கு ஆகும். மின்னூட்டங்களில் ஒன்றினை மற்றொன்றிலிருந்து $10\ cm$ தொலைவுக்கு வெளியே நகர்த்தினால் விசையானது $5 \times 10^{-4} N$ ஆகும். அம்மின்னூட்டங்களையும், அவற்றிற்கிடையேயான அதன் ஆரம்பத் தொலைவினையும் கணக்கிடுக.

1.43 ஒரு சதுரத்தின் நான்கு மூலைகளில் $+q,\ +2q,\ +q$ மற்றும் $-q$ ஆகிய மின்னூட்டங்கள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. $q = 5/3 \times 10^{-9} C$ எனில், $10\ cm$ பக்கம் கொண்ட அச்சதுரத்தின் மூலை விட்டங்கள் வெட்டிக் கொள்ளும் புள்ளியில் மின்புலத்தைக் கணக்கிடுக.

1.44 $10 \times 10^{-9}\ C$ மற்றும் $20 \times 10^{-9}\ C$ என்ற இரு மின்னூட்டங்கள், $0.3\ m$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு மின்னூட்டங்களின் இடைத் தொலைவின் மையப் புள்ளியில் மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்புலச் செறிவைக் காண்க.

1.45 $5\ mm$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்ட, $2 \times 10^{-10}\ C$ மற்றும் $-2 \times 10^{-10}$ மின்னூட்டங்கள் கொண்ட மின் இருமுனையானது $10\ V\ m^{-1}$ சீரான மின்புலத்தில் $60^o$ கோணத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. *(i)* ஒவ்வொரு மின்னூட்டத்தின் மீதும் செயல்படும் விசையின் எண் மதிப்பு மற்றும் திசை *(ii)* புலத்தால் செயல்படுத்தப்படும் திருப்பு விசை ஆகியவற்றைக் காண்க.

1.46 ஒரு மின் இருமுனையின் மின்னூட்டங்கள் $2 \times 10^{-6}$ $C$ மற்றும்$-2 \times 10^{-6}$ $C$ இரண்டும், $1$ $cm$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. மின் இரு முனையால் *(i)* அச்சுக்கோட்டில், அதன் மையத்திலிருந்து $1$ $m$ தொலைவில் உள்ள புள்ளி *(ii)* நடுவரைக் கோட்டில், மையத்திலிருந்து $1$ $m$ தொலைவில் உள்ள புள்ளி ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மின்புலத்தைக் கணக்கிடுக.

1.47 $+q$ மற்றும் $-3q$ என்ற இரு மின்னூட்டங்கள் $1$ $m$ தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. அதன் அச்சுக்கோட்டில், மின்னூட்டங்களுக்கு இடையில் எப்புள்ளியில் மின்னழுத்தம் சுழியாகும்?

1.48 $60$ $cm$ பக்கங்கள் கொண்ட ஒரு சமபக்க முக்கோணத்தின் உச்சிகளில் $+1\mu C$, $+3\mu C$ மற்றும் $-5\mu C$ மின்னூட்டங்கள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இம்மின்னூட்டங்களின் அமைப்பின் மின்னழுத்த ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

1.49 $10$ $cm$ இடைத் தொலைவில் $12$ $\mu C$ மற்றும் $8$ $\mu C$ என்ற இரு நேர் மின்னூட்டங்கள் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இடைத்தொலைவு $6$ $cm$ ஆக இருக்குமாறு, அவற்றை $4$ $cm$ தொலைவு நெருக்கிக் கொண்டு வர செய்ய வேண்டிய வேலையைக் கணக்கிடுக.

1.50 ஒரு உள்ளீடற்ற, $10$ $cm$ பக்கம் கொண்ட கன சதுரத்தின் மையத்தில் $8.85$ $\mu C$ மின்னூட்டம் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் ஒவ்வொரு பக்கத்தின் வழியாகவும் செல்லும் மின்புலப் பாயத்தைக் காண்க.

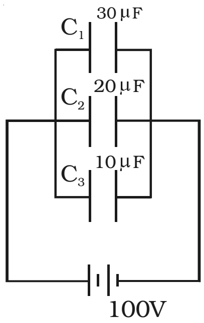
1.51 $0.12$ $m$ ஆரம் கொண்ட, கோள வடிவ கடத்தியின் பரப்பு முழுவதும் $1.6 \times 10^{-7}$ $C$ மின்னூட்டம் சீராகப் பரவியுள்ளது. *(i)* கோளத்தின் உள்ளே *(ii)* கோளத்தின் மீது *(iii)* கோளத்தின் மையத்திலிருந்து $0.18$ $m$ தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் மின்புலம் என்னவாகும்?

1.52 ஒவ்வொன்றும் $4 \times 10^{-2}$ $sq$ $m$ பரப்பு கொண்ட ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கிடையே $10^{-3}$ $m$ தடிமன் கொண்ட மின்காப்புப் பொருள் புகுத்தப்படுகிறது. மின்காப்புப்பொருளின் ஒப்புமை விடுதிறன் 7 எனில், மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறனைக் கணக்கிடுக.

1.53 இரு மின்தேக்கிகள், தொடரிணைப்பிலும் பக்க இணைப்பிலும் இணைக்கப்படுகின்றன. இந்த இரு இணைப்புகளிலும் கிடைக்கப்பெறும் தொகுபயன் மின்தேக்குத் திறன்கள் முறையே $6$ $\mu F$ மற்றும் $25\mu F$ எனில், அம்மின்தேக்கிகளின் மின்தேக்குத்திறன்களைக் கணக்கிடுக.

1.54 மின்தேக்குத்திறன் $0.5$ $\mu F$ மற்றும் $0.75$ $\mu F$ கொண்ட இரு மின்தேக்கிகள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு அமைப்புடன் $110$ $V$ மின்கலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்மூலத்தின் மின்னூட்டம் மற்றும் ஒவ்வொரு மின்தேக்கியிலும் உள்ள மின்னூட்டம் காண்க.

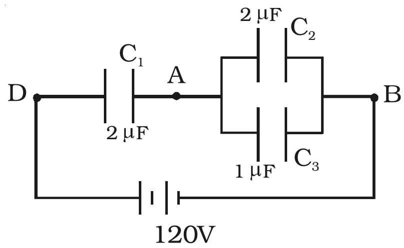
1.55 மூன்று மின்தேக்கிகள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டு $100\ V$ மின்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளதை படம் காட்டுகிறது. மின்தேக்கியின் தொகுப்பில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள மொத்த ஆற்றல் என்ன?




1.56 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியானது, குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப்படுகிறது. தகடுகளுக்கிடையே $3\ mm$ தடிமன் கொண்ட ஒரு பாளம் புகுத்தப்படுகிறது. தகடுகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்தத்தை மாறாமல் வைக்க, தகடுகளின் இடைத்தொலைவு $2.4\ mm.$ அதிகமாக்கப்படுகிறது. பாளத்தின் மின்காப்பு மாறிலியைக் கணக்கிடுக.

1.57 ஒரு இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே உள்ள இடைவெளியின் நான்கில் மூன்று பகுதி, மின்காப்பு மாறிலி 3 உடைய மின்காப்புப் பொருளால் நிரப்பப்படுகிறது. மின்காப்புப் பொருளில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றலின் சதவீதம் என்ன?

1.58 படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள மின் தேக்கிகளின் மின்னூட்டத்தைக் காண்க. மேலும் அவைகளின் இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் காண்க.




1.59 ஒவ்வொன்றும் $9\ pF$ மின்தேக்குத்திறன் கொண்ட மூன்று மின்தேக்கிகள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தொகுப்பின் மொத்த மின்தேக்குத்திறன் யாது? தொகுப்பானது $120\ V$ மூலத்துடன் இணைக்கப்படும்போது, ஒவ்வொரு மின்தேக்கியின் இடையேயும் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு யாது?

## விடைகள்

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **1.1** (b) | **1.2** (c) | **1.3** (c) | **1.4** (c) | **1.5** (d) |
| **1.6** (a) | **1.7** (d) | **1.8** (b) | **1.9** (a) | **1.10** (d) |
| **1.11** (a) | **1.12** (a) | **1.13** (d) | **1.14** (c) | **1.15** (c) |

**1.35** (i) அதிகரிக்கும் (ii) மாறாதிருக்கும் (iii) மாறாதிருக்கும்

**1.41** $q_1 = 8 \times 10^{-6} C$ , $q_2 = -2 \times 10^{-6}$ C

**1.42** $q_1 = 33.33 \times 10^{-9} C$, $q_2 = 66.66 \times 10^{-9} C$, $x = 0.1$ m

**1.43** $0.9 \times 10^4 Vm^{-1}$

**1.44** $V = 1800$ V, $E = 4000 \ Vm^{-1}$

**1.45** $2 \times 10^{-9}$N, புலத்தின் திசையில், $\tau = 0.866 \times 10^{-11}$ Nm

**1.46** 360 N/C, 180 $N \ C^{-1}$

**1.47** +q -விலிருந்து 0.25 m தொலைவில்

**1.48** –0.255 J

**1.49** 5.70 J

**1.50** $1.67 \times 10^5 \ N \ m^2 \ C^{-1}$

**1.51** சுழி, $10^5 \ N \ C^{-1}$, $4.44 \times 10^4 \ N \ C^{-1}$

**1.52** $2.478 \times 10^{-9}$F

**1.53** $C_1 = 15 \ \mu F$, $C_2 = 10 \mu F$

**1.54** $q = 137.5 \ \mu C$, $q_1 = 55 \ \mu C$, $q_2 = 82.5 \ \mu C$

**1.55** 0.3 J

**1.56** $\varepsilon_r = 5$

**1.57** 50%

**1.58** $q_1 = 144 \times 10^{-6} C$, $q_2 = 96 \times 10^{-6} C$, $q_3 = 48 \times 10^{-6} C$
$V_1 = 72$ V, $V_2 = 48$ V

**1.59** 3 pF, ஒவ்வொன்றும் 40 V

# 2. மின்னோட்டவியல்

மின்னூட்டங்களின் இயக்கத்தைப் பற்றி விளக்கக்கூடிய இயற்பியலின் ஒரு பிரிவு மின்னோட்டவியலாகும். மின்னூட்டம் பெறாத உலோகக் கடத்தி ஒன்றில் அணுக்கருவுடன் இறுக்கமாக பிணைக்கப்படாத ஒரு சில எலக்ட்ரான்கள், ஒழுங்கற்ற முறையில் இங்கும் அங்குமாக தொடர்ந்து இயங்கிக் கொண்டே இருக்கும். பொருளின் வெப்ப இயக்க அக ஆற்றல் போதுமானதாக இருப்பதால், தனித்தனியான அணுக்களின் வெளிக்கூட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் விடுவிக்கப்பட்டு பொருளின் வழியே இயங்குகின்றன. ஆனால், எந்த ஒரு புள்ளியிலும், மின்னூட்டங்களின் தொகு பயன் ஓட்டம் சுழியாகும். எனவே, மின்னோட்டம் நிகழாது. இந்த எல்க்ட்ரான்கள் கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் (free electrons) எனப்படும். கட்டுறா எலக்ட்ரான்களை, குறிப்பிட்ட திசையில் இயங்க வைக்கத் தேவைப்படும் புற ஆற்றலை மின்னியக்கு விசை (emf) எனலாம். மின்னியக்கு விசை என்பது விசையல்ல. ஆனால். ஒரு முனையிலிருந்து மற்றொரு முனைக்கு ஓரலகு மின்னூட்டத்தை நகர்த்தச் செய்யப்படும் வேலையாகும். கடத்தியில், ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் ஓட்டம் மின்னோட்டத்தை (current) ஏற்படுத்துகிறது.

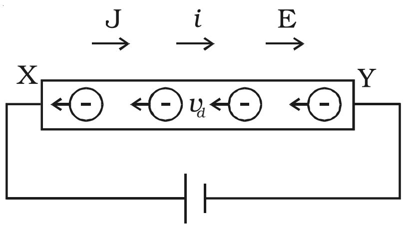
### 2.1 மின்னோட்டம்

கடத்தி ஒன்றின் ஒரு பகுதியின் வழியே மின்னூட்டம் பாயும் வீதம் மின்னோட்டம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. கடத்தியின் ஒரு பகுதியை t காலத்தில் கடந்து செல்லும் மொத்த மின்னூட்டம் q எனில், மின்னோட்டம் $I = q / t$. $q$ ன் அலகு கூலும். $t$ ன் அலகு வினாடி. மின்னோட்டம் $I$ ஆம்பியரில் குறிக்கப்படும். மின்னூட்டம் பாயும் வீதம் சீராக அமையாவிடில் மின்னோட்டம் காலத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும். எனவே மின்னோட்டத்தின் கணமதிப்பை $i = \frac{dq}{dt}$ எனக் கூறலாம்.

மின்னோட்டம் ஒரு ஸ்கேலர் அளவு. நேர் மின்னூட்டங்களின் இயக்க திசை அல்லது எலக்ட்ரான்களின் இயக்க திசைக்கு எதிர் திசை மரபு மின்னோட்டத்தின் திசையாகக் கொள்ளப்படும்.

#### *2.1.1. இழுப்பு திசைவேகம் மற்றும் இயக்க எண் (Drift velocity and mobility)*

மின்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்ட XY என்ற கடத்தியைக் கருதுக (படம் 2.1). X-ல் இருந்து Yஐ நோக்கிச் செயற்படும் E என்ற சீரான மின்புலம் கடத்தியில் நிறுவப்படுகிறது.




*படம் 2.1 மின்னோட்டக் கடத்தி*

மின்புலம் இல்லாத நிலையில் கடத்தியில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் எல்லாத் திசைகளிலும் இயங்கிக் கொண்டிருக்கின்றன. இதனால் மின்னோட்டம் ஏற்படாது. ஆனால், மின்புலம் செயல்படுத்தப்பட்டவுடன் $Y$ முனையில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள், மின்புலத்திற்கு எதிர் திசையில் $F = eE$ என்ற விசையை உணரும். இதனால், எலக்ட்ரான்கள் முடுக்கமடைந்து, ஒன்றோடொன்றும், கடத்தியில் உள்ள நேர்மின் அயனிகளுடனும் மோதலுக்குட்படுகின்றன.

மோதலின் விளைவாக எலக்ட்ரான்களின் மீது பின்னோக்கிய விசை செயற்படும். எனவே, இவை மெதுவாக, மின்புலத்திற்கு எதிரான திசையில், $v_d$ என்ற சீரான சராசரி இழுப்புத் திசைவேத்துடன் தள்ளப்படுகின்றன. வெளிப்புறத்திலிருந்து செயல்படும் மின் புலத்தினால், கடத்தியின் வழியே கட்டுப்பாடற்ற இயக்கத்தில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் மீது திணிக்கப்படும் திசைவேகம் இழுப்புத் திசைவேகம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இரு மோதல்களுக்கு இடைப்பட்ட சராசரிக் காலம் $\tau$ எனவும் எலக்ட்ரான் பெறும் முடுக்கம் $a$ எனவும் கொண்டால், இழுப்பு திசைவேகம்.

$$v_d = a\tau$$

$m$ நிறை கொண்ட எலக்ட்ரான் உணரும் விசை

$$F = ma$$

எனவே, $$a = \frac{eE}{m}$$

$$\therefore v_d = \frac{eE}{m}\tau = \mu E$$

இங்கு $\mu = \frac{e\tau}{m}$ என்பது இயக்க எண் (mobility) எனப்படும். இது ஓரலகு வலிமை கொண்ட மின்புலத்தினால் பெறப்படும் இழுப்பு திசைவேகம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இதன் அலகு $m^2V^{-1}s^{-1}$. இழுப்பு திசைவேகம் மின்புல வலிமைக்கு நேர்த்தகவில் அமையும். இதன் மதிப்பு $0.1\ cm\ s^{-1}$.அளவில் மிகக் குறைவாக இருக்கும்.

### *2.1.2 மின்னோட்ட அடர்த்தி (Current density)*

ஒரு புள்ளியில் மின்னோட்ட அடர்த்தி என்பது, அப்புள்ளியில், மின்னூட்டம் இயங்கும் திசைக்கு செங்குத்தாகக் கருதப்படும், ஓரலகு பரப்பின் வழியே ஓரலகு காலத்தில் பாயும் மின்னூட்டத்தின் அளவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

A குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு கொண்ட கடத்தியின் வழியே பாயும் I மின்னோட்டத்திற்கான மின்னோட்ட அடர்த்தி $\mathbf{J}$ என்பது

$$\mathbf{J} = \frac{(q/t)}{A} = \frac{I}{A}$$

மின்னோட்ட அடர்த்தி வெக்டர் அளவாகும். இது $A\ m^{-2}$ என்ற அலகால் குறிக்கப்படும்.

**மீக்குறைவான மின்னோட்டம் மற்றும் கண நேர மின்னோட்டம் போன்றவை $i$ என்ற குறியீட்டினாலும் மற்ற மின்னோட்டங்களை $I$ என்ற குறியீட்டினாலும் இப்பாட நூலில் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.*

### *2.1.3 மின்னோட்டத்திற்கும் இழுப்பு திசைவேகத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு*

L நீளமும், A குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும் கொண்ட XY என்ற கடத்தியைக் கருதுக (படம் 2.1). அதன் முனைகளுக்கிடையே E வலிமை கொண்ட மின்புலம் செயல்படுத்தப்படுகிறது. கடத்தியின் ஓரலகு பருமனில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை n என்க. எலக்ட்ரான்கள் $v_d$ என்ற நிலையான இழுப்பு திசைவேகத்துடன் இடப்பக்கமாக இயங்கும்.

கடத்தியில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை $= nAL$

எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் $= e$

கடத்தியின் வழியே பாயும் மொத்த மின்னூட்டம் $= q = (nAL)\, e$

மின்னூட்டங்கள் கடத்தியின் வழியே செல்ல ஆகும் காலம், $t = \dfrac{L}{v_d}$

கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம், $I = \dfrac{q}{t} = \dfrac{(nAL)e}{(L/v_d)}$

$$I = nAev_d \qquad ...(1)$$

கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம், இழுப்பு திசைவேகத்திற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

சமன்பாடு (1)ல் இருந்து, $\dfrac{I}{A} = nev_d$

$$\boldsymbol{J} = nev_d \qquad \left[\because \boldsymbol{J} = \frac{I}{A},\ \text{மின்னோட்ட அடர்த்தி}\right]$$

### *2.1.4. ஓமின் விதி (Ohm's law)*

ஜார்ஜ் சைமன் ஓம் என்பவர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தொடர்பை நிறுவினார். இது ஓமின் விதி எனப்படும். ஒரு கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I = nAev_d$$

ஆனால் $v_d = \dfrac{eE}{m} \cdot \tau$

$$\therefore\ I = nAe\,\frac{eE}{m}\tau$$

$$I = \frac{nAe^2}{mL}\tau V \qquad \left[\because E = \frac{V}{L}\right]$$

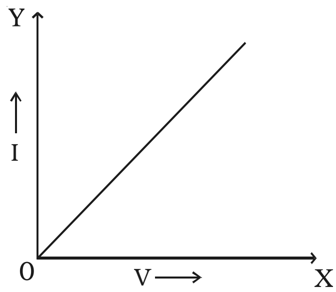
இங்கு, V என்பது மின்னழுத்த வேறுபாடு. $\dfrac{mL}{nAe^2\tau}$ என்ற அளவு கொடுக்கப்பட்ட கடத்திக்கு மாறிலியாகும். இது கடத்தியின் மின்தடை (R) எனப்படும்.

$\therefore \quad I \propto V$

இவ்விதிப்படி, மாறா வெப்பநிலையில், கடத்தி ஒன்றின் வழியே பாயும் சீரான மின்னோட்டம் கடத்தியின் முனைக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

அதாவது $I \propto V$ அல்லது $I = \frac{1}{R}V$

$\therefore \quad V = IR$ அல்லது $R = \frac{V}{I}$




*படம் 2.2 ஓமிக் கடத்தியின் V-I வரைபடம்*

கடத்தி ஒன்றின் முனைகளுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் அதன் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள தகவு கடத்தியின் மின்தடை என வரையறுக்கப்படுகின்றது. மின்தடையின் அலகு **ohm (Ω).**

மின்தடையின் தலைகீழி மின்கடத்துத் திறன் (Conductance) ஆகும். இதன் அலகு mho ($\Omega^{-1}$)

மின்னழுத்த வேறுபாடு V, மின்னோட்டம் I க்கு நேர்த்தகவில் அமைவதால் Vமற்றும் Iக்கு இடைப்பட்ட வரைபடம் (படம் 2.2) ஒரு கடத்திக்கு நேர்கோடாக அமையும். கடத்தி ஒன்றின் வழியே சீரான மின்னோட்டம் பாயும்போது மட்டுமே ஓமின் விதி பொருந்தும்.

### *2.1.5 தன் மின்தடை எண் மற்றும் மின்கடத்து எண்*

கடத்தி ஒன்றின் மின்தடையானது (R), அதன் நீளத்திற்கு ($l$) நேர்த்தகவிலும், குறுக்கு வெட்டு பரப்பிற்கு (A) எதிர்த்தகவிலும் அமையும்.

$$R \propto \frac{l}{A} \quad \text{அல்லது} \quad R = \frac{\rho l}{A}$$

ρ என்பது கடத்திப் பொருளின் சுய மின்தடை அல்லது தன் மின்தடை எண் எனப்படும்.

$l = 1$ m, $A = 1\ m^2$, எனில் $\rho = R$

ஓரலகு நீளமும், ஓரலகு குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும் கொண்ட கடத்தி ஒன்று மின்னோட்டத்திற்கு ஏற்படுத்தும் மின்தடை அக்கடத்திப் பொருளின் தன் மின்தடை எண் என வரையறுக்கப்படுகிறது. ρ-ன் அலகு **ohm m (Ω m).** இது ஒரு குறிப்பிட்ட உலோகப் பொருளுக்கு மாறிலியாகும்.

தன் மின்தடை எண்ணின் தலைகீழி மின் கடத்து எண் எனப்படும், $\sigma = \frac{1}{\rho}$.

மின்கடத்து எண்ணின் அலகு mho $m^{-1}$ ($\Omega^{-1}\ m^{-1}$)

### *2.1.6. தன் மின்தடை எண்ணின் அடிப்படையில் பொருள்களை வகைப்படுத்துதல்*

தன்மின்தடை எண் என்பது ஒரு பொருளின் சிறப்பியல் ஆகும். பொருள்களை, கடத்திகள் (conductors) மற்றும் காப்புப் பொருள்கள் (insultators) என இரு பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். $10^{-6} - 10^{-8}\ \Omega\,m$ என்ற அளவில் குறைந்த தன் மின்தடை எண் கொண்ட உலோகங்களும், உலோகக் கலவைகளும் (alloys) நற்கடத்திகளாக அமையும். இவை அதிக ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படாமல் மின்னோட்டத்தைத் தாங்கிச் செல்லும். எடுத்துக்காட்டுகள்: வெள்ளி, அலுமினியம், தாமிரம், இரும்பு, டங்ஸ்டன், நிக்ரோம், மாங்கனின், கான்ஸ்டன்டன். வெப்பநிலை உயரும்போது உலோகங்களின் தன் மின்தடை வெப்பநிலை எண் உயரும். காப்புப் பொருள்களுக்கு $10^{8} - 10^{14}\ \Omega\,m$ என்ற அளவில் மிக அதிக தன் மின்தடை எண் இருக்கும். மின்னோட்டத்திற்கு மிக அதிக மின் தடையைத் தரும். இப்பொருள்கள் மின்கடத்தாப் பொருள்கள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டுகள்: கண்ணாடி, மைக்கா, அம்பர் (amber), குவார்ட்ஸ், மரக்கட்டை, டெஃப்லான் (Teflon), பேக்லைட். இவ்விரு வகைகளுக்கும் இடைப்பட்ட பொருள்கள் குறை கடத்திகள் (semi conductors) ஆகும் (அட்டவணை 2.1). இவற்றின் கடத்தும் தன்மை குறைவு. குறை கடத்திகளின் தன் மின்தடை எண் $10^{-2} - 10^{4}\ \Omega\,m$ அளவில் அமையும். எடுத்துக்காட்டுகள் : ஜெர்மானியம், சிலிகான்.

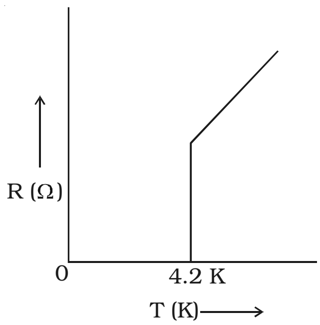
**அட்டவணை 2.1 அறைவெப்பநிலையில் தன் மின்தடை எண்கள்**
**(தேர்வுக்கு உரியதன்று)**

| வகைப்பாடு | பொருள் | ρ (Ω m) |
|---|---|---|
| கடத்திகள் | வெள்ளி | $1.6 \times 10^{-8}$ |
| | தாமிரம் | $1.7 \times 10^{-8}$ |
| | அலுமினியம் | $2.7 \times 10^{-8}$ |
| | இரும்பு | $10 \times 10^{-8}$ |
| குறை கடத்திகள் | ஜெர்மானியம் | 0.46 |
| | சிலிகான் | 2300 |
| மின்காப்புப் பொருள்கள் | கண்ணாடி | $10^{10} - 10^{14}$ |
| | மரக்கட்டை | $10^{8} - 10^{11}$ |
| | குவார்ட்ஸ் | $10^{13}$ |
| | இரப்பர் | $10^{13} - 10^{16}$ |

## 2.2 மீக்கடத்துத் திறன் (Super conductivity)

சாதாரண கடத்திகள், குறைந்த வெப்பநிலைகளில் அதிக கடத்துத்திறனைப் பெறுகின்றன. மிகக் குறைந்த வெப்பநிலைகளில், ஒரு சில உலோகங்கள், அவைகளின் சேர்மங்கள் மற்றும் உலோகக் கலவைகளின் மின்தடை சுழி மதிப்பை அடையும். சுழி மின்தடையுடன் மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும் அவற்றின் தன்மை மீக்கடத்துத்திறன் எனப்படும். இப்பண்பை வெளிப்படுத்தும் பொருள்கள் மீக்கடத்திகள் (super conductors) எனப்படும்.

மீக்கடத்துத் திறனை முதலில் காமர்லிங்க் ஓன்ஸ் (Kammerlingh Onnes) என்பவர் 1911ல் கண்டறிந்தார். 4.2K (படம் 2.3) வெப்பநிலையில் பாதரசத்தின் மின்தடை திடீரென சுழி மதிப்பை அடைவதைக் கண்டறிந்தார். 1957ல் பார்ட்ன், கூப்பர், ஸ்கரைஃபர் ஆகியோரால் மின்கடத்தும் பண்புக்கான கொள்கை விளக்கம் தரப்பட்டது. இது BCS கொள்கை எனப்படும்.



*படம் 2.3 பாதரசத்தின் மீக்கடத்து திறன்*

சாதாரண கடத்திகள், தங்கள் மின்தடையை திடீரென இழந்து மீக்கடத்திகளாக மாறுகின்ற வெப்பநிலை பெயர்வு வெப்பநிலை அல்லது மாறுநிலை வெப்பநிலை $T_c$ (Transition temperature) எனப்படும். பெயர்வு வெப்பநிலையில் பின்வரும் மாறுபாடுகள் காணப்படுகின்றன.

1. தன்மின்தடை எண் சுழியாகின்றது.
2. மின்கடத்து எண் முடிவிலா (Infinity) மதிப்பை அடைகிறது.
3. காந்தப் பாயக் கோடுகள் பொருளிலிருந்து ஒதுக்கித் தள்ளப்படுகின்றன.

### *மீக்கடத்திகளின் பயன்கள்*

1. மீக்கடத்து இயற்றிகள் (generators) அமைப்புகளில், ஆற்றல் சேமிப்பு திறன் அமைப்புகளாக மீக்கடத்திகள் உள்ளன.

2. மீக்கடத்துத் திறன் கொண்ட காந்தங்கள் இரயில் வண்டிகளை தண்டவாளங்களில் இருந்து உயர்த்தப் பயன்படுகின்றன. மிகக் குறைந்த ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி இரயில் வண்டியை மிக அதிக வேகத்துடன் செலுத்தலாம்.

3. இராக்கெட்டுகளின் உதவியின்றி, துணைக்கோள்களை நேரடியாக அவற்றின் வட்டப்பாதைக்கு ஏவ, மீக்கடத்துதிறன் கொண்ட காந்த ஏவு அமைப்புகளைப் பயன்படுத்தலாம்.

4. மீக்கடத்துதிறன் கொண்ட காந்தங்களைக் கொண்டு, தாதுக்களைப் பிரித்தெடுக்கும், மிகத் திறன் வாய்ந்த எந்திரங்களை உருவாக்கலாம். இக் காந்தங்களைப் பயன்படுத்தி நல்ல நிலையில் உள்ள செல்களில் இருந்து, கட்டிகளை (Tumor) உருவாக்கும் செல்களை, அதிகச் சரிவு மிக்க காந்தப்புலத்தைப் கொண்டு பிரிக்கலாம்.

5. மீக்கடத்து நிலையில் உள்ள கடத்திகளில் மின்னோட்டத்தின் வலிமை மாறாமல் இருக்கும். ஆகவே அவற்றை மின் அனுப்பிக் கம்பிகளில் பயன்படுத்தலாம்.

6. கணினிகளில் (Computer) நினைவு (அ) சேமிக்கும் அடிப்படைக் கூறுகளாகச் செயல்படுகின்றன.

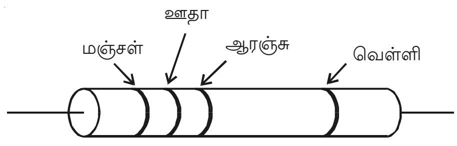
## 2.3 கார்பன் மின்தடையாக்கிகள் (Carbon resistors)

சுற்றுக்கம்பி மின்தடையாக்கிகள் அளவில் பெரியதாகவும் உருவாக்கும் செலவு அதிகமாகவும் உள்ளன. எனவே, கார்பன் மின்தடையாக்கிகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. கார்பன் படிக மெல்லேடு வைக்கப்பட்ட செராமிக் (Ceramic) உள்ளகத்தால் ஆனது கார்பன் மின்தடையாக்கியாகும். இவைகள், அளவில் சிறியதாகவும், நிலைத்தன்மையுடையதாகவும், விலை குறைவானதுமாகவும் உள்ளன. கார்பன் மின்தடையாக்கிகளின் மின்தடை மதிப்புகள், அவற்றின் மீது நிறக் குறியீடுகள் இட்டு குறிக்கப்படும் (அட்டவணை 2.2). மூன்று நிறக் குறியீடு உடைய கார்பன் மின்தடையாக்கியில் ஒரு முனையில் உள்ள வெள்ளி அல்லது தங்க வளையம், மின்தடையின் மாறுபடும் அளவைக் (tolerance) குறிக்கும். அதாவது, மின்தடையின் மாறுபாட்டு வீச்சைக் ($\pm$) குறிக்கிறது. வெள்ளி, தங்கம், சிவப்பு, பழுப்பு நிற வளையங்களின் மாறுபாட்டு அளவுகள் முறையே 10%, 5%, 2%, 1% ஆகும். இவ்வாறான நிற வளையம் ஏதுமில்லையெனில், மாறுபட்டு அளவு 20% எனப் பொருள்படும். அடுத்த முனையில் உள்ள முதல் இரண்டு வளையங்கள் மின்தடை மதிப்பின் முக்கிய எண்ணுருக்களாகும். இதனுடன் பெருக்க வேண்டிய 10-ன் அடுக்கினை அல்லது சுழிகளின் (zeroes) எண்ணிக்கையை மூன்றாவது வளையம் குறிக்கிறது.

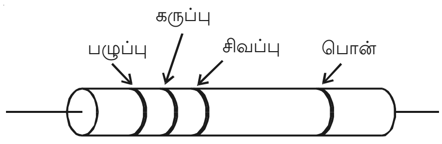
எடுத்துக்காட்டு : படம் 2.4ல் முதல் மஞ்சள் வளையத்திற்குரிய எண் 4. அடுத்த ஊதா வளையத்திற்குரிய எண் 7, மூன்றாவது வளையத்திற்குரியது $10^3$ ஆகும். வெள்ளி வளையத்தின் மாறுபாட்டு அளவு 10% எனவே மொத்த மின்தடை $47 \times 10^3 \pm 10\%$ ஆகும்.

**அட்டவணை 2.2 கார்பன் மின்தடையாக்கிகளில் நிறக்குறியீடு**

| நிறம் | எண் |
|---|---|
| கருமை | 0 |
| பழுப்பு | 1 |
| சிவப்பு | 2 |
| ஆரஞ்சு | 3 |
| மஞ்சள் | 4 |
| பச்சை | 5 |
| நீலம் | 6 |
| ஊதா | 7 |
| கிரே | 8 |
| வெண்மை | 9 |




*படம் 2.4 கார்பன் மின்தடையாக்கியின் நிறக்குறியீடு*




*படம் 2.5 கார்பன் மின்தடையம்*

அதாவது $47K\Omega$, 10%. படம் 2.5-ல் $1\ k\ \Omega$, 5% கார்பன் மின் தடையாக்கி காட்டப்பட்டுள்ளது.

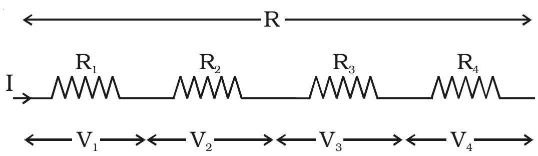
தற்காலத்தில், நான்கு நிறக்குறியீடு கார்பன் மின்தடையாக்கிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சில குறிப்பிட்ட பயன்பாடுகளில் 1% மற்றும் 2% மாறுபாட்டு அளவுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

## 2.4 மின் தடையாக்கிகளின் தொகுப்பு (Combination of resistors)

மின்தடையாக்கிகளைக் கொண்ட எளிய மின்சுற்றுகளில் ஓமின் விதியைப் பயன்படுத்தி தொகுபயன் மின்தடையைக் காணலாம். மின் தடையாக்கிகளை தொடர் மற்றும் பக்க இணைப்புகளில் இணைக்கலாம்.

### *2.4.1. தொடர் இணைப்பில் மின் தடையாக்கிகள் (Resistors in series)*

படம் 2.6ல் காட்டியுள்ளபடி தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ள $R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_4$ மின்தடை கொண்ட மின் தடையாக்கிகளைக் கருதுவோம்.




*படம் 2.6 தொடரிணைப்பில் மின்தடையாக்கிகள்*

மின் தடையாக்கிகள் தொடராக உள்ளபோது, ஒவ்வொரு மின் தடையாக்கியின் வழியாகவும் ஒரே அளவு மின்னோட்டம் பாயும். மின்தடையாக்கிகளின் தொகுப்பின் முனைகளுக்கு இடையே செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு Vஎனில், $R_1$, $R_2$, $R_3$ மற்றும் $R_4$ மின் தடையாக்கிகளுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு = $V_1$, $V_2$, $V_3$, $V_4$

ஓமின் விதிப்படி $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

$V_1 = IR_1$, $V_2 = IR_2$, $V_3 = IR_3$, $V_4 = IR_4$ மற்றும் $V = IR_s$

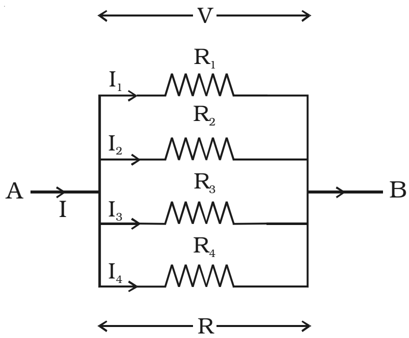
இங்கு $R_S$ என்பது தொடர் இணைப்பு தொகுப்பின் தொகுபயன் மின்தடை ஆகும்.

எனவே $IR_S = IR_1 + IR_2 + IR_3 + IR_4$ or $R_S = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

ஆகவே, தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ள பல மின் தடையாக்கிகளுக்கு தொகுபயன் மின்தடை, தனித்தனி மின் தடையாக்கிகளின் மின்தடையங்களின் கூடுதலுக்குச் சமம்.

### 2.4.2 பக்க இணைப்பில் மின்தடையாக்கிகள் (Resistors in Parallel)

படம் 2.7ல் காட்டியுள்ளபடி பக்க இணைப்பில் சேர்க்கப்பட்டுள்ள $R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_4$ மின்தடை கொண்ட நான்கு மின்தடையாக் கிகளைக் கருதுவோம். இத்தொகுப்புடன் V மின்னியக்கு விசை கொண்ட மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின் தடையாக்கிகள் பக்க இணைப்பில் உள்ளபோது, ஒவ்வொரு மின்தடையாக்கியின் குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு V -க்குச் சமம்.




***படம் 2.7 பக்க இணைப்பில் மின்தடையாக்கிகள்***

தொகுப்பினை அடையும் I என்ற மின்னோட்டம் $I_1$, $I_2$, $I_3$, $I_4$ எனப் பிரிந்து முறையே $R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_4$ வழியே செல்லும். இப்போது

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4.$$

ஓமின் விதிப்படி

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, \quad I_2 = \frac{V}{R_2}, \quad I_3 = \frac{V}{R_3}, \quad I_4 = \frac{V}{R_4} \text{ மற்றும் } I = \frac{V}{R_P}$$

இங்கு $R_P$ என்பது பக்க இணைப்புத் தொகுப்பின் தொகுபயன் மின்தடை ஆகும்.

$$\therefore \frac{V}{R_P} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \frac{V}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

எனவே, பல மின்தடையாக்கிகள் பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்படும்போது, தனித்தனி மின்தடையாக்கிகளின் மின்தடையின் தலைகீழிகளின் கூடுதல், தொகுபயன் மின்தடையின் தலைகீழிக்குச் சமம்

### 2.5 வெப்பநிலையைச் சார்ந்த மின்தடை

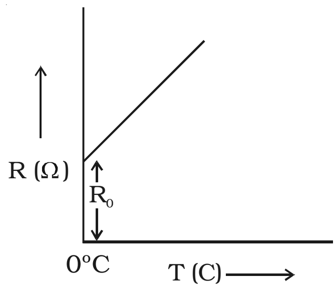
பொருள்களின் தன் மின்தடை எண் வெப்பநிலையைப் பொருத்து மாறுபடும். வெப்பநிலை உயரும் போது கடத்திகளின் மின்தடை அதிகரிக்கும். $0^oC$-ல் கடத்தியொன்றின் மின்தடை $R_o$ மற்றும் $t^o$ Cல் அதே கடத்தியின் மின்தடை $R_t$ எனில்,

$$R_t = R_o (1 + \alpha t)$$

இதில் $\alpha$ என்பது மின்தடை வெப்பநிலை எண் (Temperature Co-efficient of resistance) எனப்படும்.

$$\alpha = \frac{R_t - R_o}{R_o t}$$

$1^oC$ வெப்பநிலை உயர்வால் ஏற்படும் மின்தடை மாறுபாட்டிற்கும், $0^oC$-ல் உள்ள மின்தடைக்கும் உள்ள தகவு மின்தடை வெப்பநிலை எண் என வரையறுக்கப்படுகிறது. வெப்பநிலையைப் பொருத்து மின்தடையில் ஏற்படும் மாறுபாடு படம் 2.8ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.




***படம் 2.8 வெப்ப நிலையைச் சார்ந்த மின்தடைமாற்றம்***

உலோகங்கள் நேர்க்குறி மின்தடை வெப்பநிலை எண் கொண்டவை. அதாவது, வெப்பநிலை உயரும்போது அவற்றின் மின்தடையும் அதிகரிக்கும். மின்காப்புப் பொருள்கள் மற்றும் குறை கடத்திகள் எதிர்க்குறி மின்தடை வெப்பநிலை எண் கொண்டவை. அதாவது, வெப்பநிலை உயரும்போது அவற்றின் மின்தடை குறையும். எதிர்க்குறி மின்தடை வெப்பநிலை எண் கொண்ட பொருள் (Thermistor) என அழைக்கப்படும்.

உலோகக் கலவைகளின் மின்தடை வெப்பநிலை எண் குறைவாக இருக்கும்.

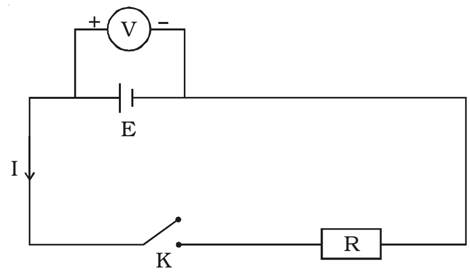
## 2.6 மின்கலத்தின் அகமின்தடை (Internal resistance of a cell)

ஒரு மின்சுற்றின் புறத்தே, மின்னோட்டம் மின்கலத்தின் நேர்முனையில் இருந்து எதிர்முனைக்கு அச்சுற்றில் உள்ள வெவ்வேறு கூறுகளின் வழியேச் செல்லும். மின்னோட்டமானது தொடர்ச்சியாக அமைய, மின்கலத்தினுள் உள்ள மின்பகு திரவத்தின் (electrolyte) வழியாக அதன் எதிர்முனையில் இருந்து நேர்முனைக்கு மின்னோட்டம் பாய வேண்டும். இவ்வாறு மின்கலத்தினுள் மின்னோட்டம் செல்லும் நிகழ்வில், மின்கலத்தினுள் உள்ள மின்பகு திரவம் மின்னோட்டத்திற்கு ஒரு மின்தடையைத் தருகிறது. இது மின்கலத்தின் அகமின்தடை எனப்படும்.

புதியதாகத் தயாரிக்கப்பட்ட மின்கலத்தின் அகமின்தடை குறைவாக அமையும். நாளடைவில் அதன் அகமின்தடை அதிகரிக்கும்.

### *வோல்ட் மீட்டரைக் கொண்டு மின்கலத்தின் அகமின்தடையைக் காணல்*

படம்-2.9ல் காட்டியுள்ளபடி மின் இணைப்புச் செய்யப்படுகிறது. சாவி K திறந்த நிலையில் உள்ளபோது, மின்கலத்திற்கு குறுக்காக உயர் மின்தடை கொண்ட வோல்ட் மீட்டரை இணைத்து, மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை E அளவிடப்படுகிறது.




***படம் 2.9 மின்கலனின் அக மின்தடை***

உயர்மின்தடை வோல்ட் மீட்டர் விலக்கமடைய மிகக் குறைந்த மின்னோட்டத்தையே எடுத்துக் கொள்ளும். ஆதலால் மின்சுற்றை திறந்த சுற்றாகவே கருதலாம். எனவே வோல்ட் மீட்டர் அளவீடு மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையைத் தரும். R என்ற சிறிய மதிப்புடைய மின்தடை வெளிச்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டு, சாவி K மூடப்படுகிறது. Rக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு மின்கலத்தின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு (V) சமம்.

Rக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு, V = IR ...(1)

மின்கலத்தின் அகமின்தடை r காரணமாக, வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் அளவானது V, மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையைவிடக் குறைவாக அமையும்.

இப்போது, V = E – Ir அல்லது Ir = E–V ...(2)

சமன்பாடு (2)ஐ சமன்பாடு (1) ஆல் வகுக்க

$$\frac{Ir}{IR} = \frac{E-V}{V} \quad \text{or} \quad r = \left(\frac{E-V}{V}\right)R$$

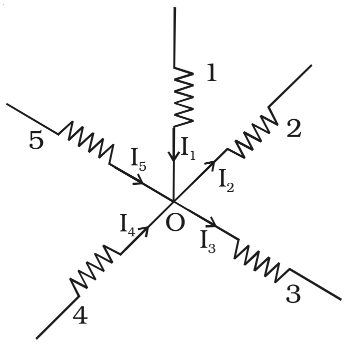
E,V மற்றும் Rன் மதிப்புகள் தெரியுமாதலால் மின்கலத்தின் அகமின்தடை rஐக் கணக்கிடலாம்.

## 2.7 கிர்ச்சஃப் விதிகள் (Kirchoff's laws)

ஓமின் விதியை எளிய மின்சுற்றுகளுக்கு மட்டுமே பயன்படுத்தலாம். சிக்கலான சுற்றுகளுக்கு கிர்ச்சஃப் விதிகளைப் பயன்படுத்தி மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தத்தைக் காணலாம். இதில் இரு பொதுவிதிகள் உள்ளன. 1. கிர்ச்சஃபின் மின்னோட்ட விதி 2. கிர்ச்சஃபின் மின்னழுத்த விதி

### *கிர்ச்சஃபின் முதல் விதி : (மின்னோட்ட விதி)*

ஒரு மின்சுற்றில், எந்தவொரு சந்திப்பிலும் சந்திக்கின்ற மின்னோட்டங்களின் குறியியல் கூட்டுத்தொகை சுழியாகும்.




*படம் 2.10 கிர்ச்சஃபின் மின்னோட்ட விதி*

சந்தியை நோக்கிச் செல்லும் மின்னோட்டம் நேர்க்குறி உடையது எனவும் சந்தியில் இருந்து வெளிச்செல்லும் மின்னோட்டம் எதிர்க்குறி உடையது எனவும் கொள்ளப்படுவது மரபு. படம் 2-10ல் காட்டியுள்ளபடி, ஒரு மின்சுற்றில் உள்ள 1,2,3,4,5 என்ற கடத்திகள் O என்ற சந்திப்பில் சந்திப்பதாகக் கருதுவோம். கடத்திகளின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டங்கள் முறையே $I_1$, $I_2$, $I_3$, $I_4$, $I_5$ எனில், கிர்ச்சஃப் முதல் விதியின்படி,

$$I_1 + (-I_2) + (-I_3) + I_4 + I_5 = 0 \quad \text{or} \quad I_1 + I_4 + I_5 = I_2 + I_3.$$

சந்தியை நோக்கிச் செல்லும் மின்னோட்டங்களின் கூடுதல், சந்தியிலிருந்து

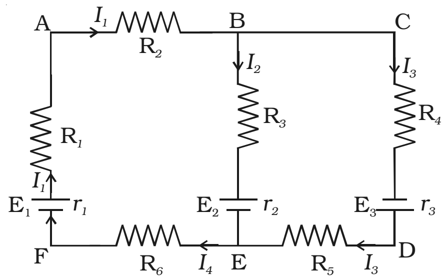
வெளிச்செல்லும் மின்னோட்டங்களின் கூடுதலுக்குச் சமம். இந்த விதியானது மின்னூட்ட அழிவின்மை விதியின்படி அமைகிறது.

### *கிர்ச்சஃபின் இரண்டாம் விதி (மின்னழுத்த விதி)*

ஒரு மூடிய மின்சுற்றின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் உள்ள மின்தடை மற்றும் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றைப் பெருக்கி வரும் அளவுகளின் குறியியல் கூட்டுத்தன்மை அம்மூடிய சுற்றில் உள்ள மின்னியக்கு விசைகளின் குறியியல் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமம். இவ்விதி ஆற்றல் அழிவின்மையின்படி அமைகிறது.

மின்சுற்று வலைகளுக்கு கிர்ச்சஃப் விதியைப் பயன்படுத்தும் போது, மின்னோட்ட திசையை வலஞ்சுழி அல்லது இடஞ்சுழியாகக் கொள்ளவேண்டும். கணக்குகளுக்குத் தீர்வு காணும்போது, நாம் கருதிய மின்னோட்ட திசையானது பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையில் அமையாவிடில் மின்னோட்டம் எதிர்க்குறியுடன் அமையும். மின்னோட்டம் நேர்க்குறியுடன் அமைந்தால், நாம் கருதிய திசையில் உண்மையான மின்னோட்டம் அமையும்.

குறிப்பிட்ட திசையைக் கருதிய பிறகு, கணக்கு முழுமைக்கும் அதே திசையைப் பயன்படுத்த வேண்டும் என்பதைக் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும். எவ்வாறாயினும், கிர்ச்சஃப் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்தும் போது வலஞ்சுழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டங்களை நேர்க்குறி உடையதாகவும், இடஞ்சுழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டங்களை எதிர்க்குறி உடையதாகவும் கருதுவோம்.




**படம் 2.11*a* கிர்ச்சஃப் விதிகள்**

படம் 2.11$a$-ல் காட்டியுள்ள மின்சுற்றைக் கருதலாம்.

ABCDEFA என்ற மூடியப் பாதையைக் கருதினால்,

$$I_1R_2 + I_3R_4 + I_3r_3 + I_3R_5 + I_4R_6 + I_1r_1 + I_1R_1 = E_1 + E_3$$

$E_1$, $E_3$ என்ற இரு மின்கலங்களின் மின்னோட்டங்களும் வலஞ்சுழியாக அமையும்.

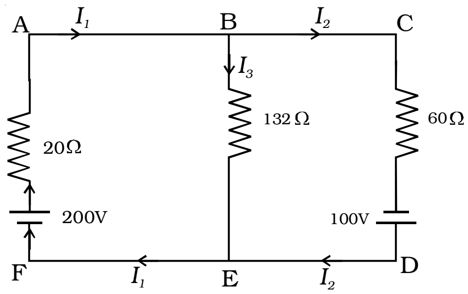
ABEFA என்ற மூடிய பாதைக்கு

$$I_1R_2 + I_2R_3 + I_2r_2 + I_4R_6 + I_1r_1 + I_1R_1 = E_1 - E_2$$

$E_2$ உடன் உள்ள எதிர்க்குறி, அதன் மின்னோட்டம் இடஞ்சுழியாக அமைவதைக் குறிக்கும்.

கிர்ச்சஃப் இரண்டாம் விதியின் பயன்பாட்டை விளக்க பின்வரும் சுற்றுவலைகளில் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுவோம்.

*எடுத்துக்காட்டு 1*




*படம் 2.11**b** கிர்ச்சஃப் விதிகள்*

படம் 2.11b-ல் கிர்ச்சஃப் முதல் விதியை B சந்திப்புக்குப் பயன்படுத்த

$I_1 - I_2 - I_3 = 0$

$\therefore \quad I_3 = I_1 - I_2$ ...(1)

ABEFA என்ற மூடிய பாதைக்கு

$132\ I_3 + 20I_1 = 200$ ...(2)

சமன்பாடு (1)ஐ சமன்பாடு (2)ல் பிரதியிட

$132\ (I_1 - I_2) + 20I_1 = 200$

$152I_1 - 132I_2 = 200$ ...(3)

BCDEB, என்ற மூடிய பாதைக்கு

$60I_2 - 132I_3 = 100$

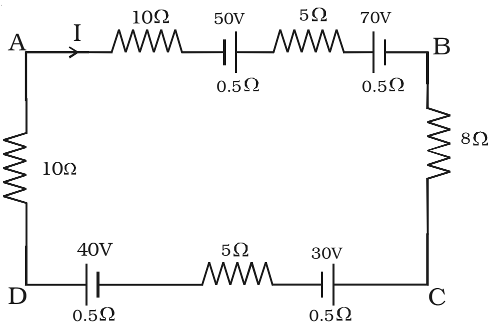
$I_3$ ன் மதிப்பை (1)ல் இருந்து பிரதியிட

$\therefore\ 60I_2 - 132\ (I_1 - I_2) = 100$

$-\ 132I_1 + 192I_2 = 100$...(4)

சமன்பாடுகள் (3) மற்றும் (4)ஐத் தீர்க்க

$I_1 = 4.39$ A மற்றும் $I_2 = 3.54$ A




*படம் 2.11**c** கிர்ச்சஃப் விதிகள்*

*எடுத்துக்காட்டு 2*

படம் 2.11cல் காட்டப்பட்டுள்ள மூடிய சுற்றில் ABCDA வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டம் வலஞ்சுழியாக அமைவதாகக் கருதினால், மின்னோட்டம் நேர்க்குறி உடையதாகும்.

$$10\ I + 0.5\ I + 5\ I + 0.5\ I + 8\ I + 0.5\ I + 5\ I + 0.5\ I + 10\ I = 50 - 70 - 30 + 40$$

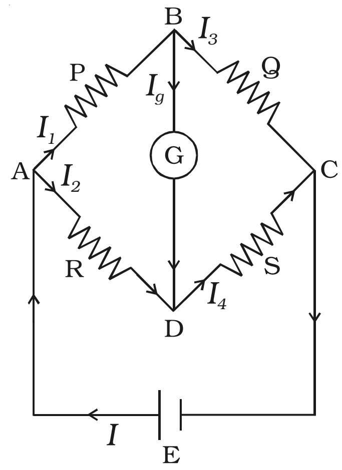
$$I\ (10 + 0.5 + 5 + 0.5 + 8 + 0.5 + 5 + 0.5 + 10) = -10$$

$$40\ I = -10$$

$$\therefore \qquad I = \frac{-10}{40} = -0.25\ A$$

எதிர்க்குறியானது, மின்னோட்டம் இடஞ்சுழியாகப் பாய்வதைக் குறிக்கிறது.

### 2.7.1 வீட்ஸ்டன் சமனச்சுற்று (Wheatstone's bridge)




படம் 2.12 வீட்ஸ்டன் சமனச் சுற்று

கிர்ச்சஃப் விதிகளின் முக்கியமான பயன்பாடு வீட்ஸ்டன் சமனச் சுற்று ஆகும் (படம் 2.12). வீட்ஸ்டன் சமனச் சுற்றில் P, Q, R, S என்ற மின்தடைகள் ஒரு மூடிய சுற்றை உருவாக்குமாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. E மின்னியக்குவிசை கொண்ட மின்கலம் A மற்றும் C புள்ளிகளுக்கிடையே இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்கலத்திலிருந்து வெளிப்படும் I என்ற மின்னோட்டம் $I_1$, $I_2$, $I_3$, $I_4$ என்ற நான்கு பகுதிகளாகப் பிரிகின்றது. கால்வனாமீட்டரின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் $I_g$. கால்வனா மீட்டரின் மின்தடை G.

கிர்ச்சஃப் மின்னோட்ட விதியை B சந்திக்குப் பயன்படுத்த

$$I_1 - I_g - I_3 = 0 \quad \ldots(1)$$

கிர்ச்சஃப் மின்னோட்ட விதியை D சந்திக்குப் பயன்படுத்த

$$I_2 + I_g - I_4 = 0 \quad \ldots(2)$$

கிர்ச்சஃப் மின்னழுத்த விதியை ABDA என்ற மூடிய பாதைக்குப் பயன்படுத்த

$$I_1 P + I_g G - I_2 R = 0 \quad \ldots(3)$$

கிர்ச்சஃப் மின்னழுத்த விதியை ABCDA என்ற மூடிய பாதைக்குப் பயன்படுத்த

$$I_1 P + I_3 Q - I_4 S - I_2 R = 0 \quad \ldots(4)$$

கால்வனாமீட்டர் சுழி விலக்கம் காட்டும்போது, B மற்றும் D புள்ளிகள் ஒரே மின்னழுத்தத்தில் அமையும். மேலும் $I_g = 0$ ஆகும். $I_g = 0$ என சமன்பாடுகள் (1), (2), (3)ல் பிரதியிட

$$I_1 = I_3 \quad \ldots(5)$$

$$I_2 = I_4 \quad \ldots(6)$$

$$I_1 P = I_2 R \quad \ldots(7)$$

சமன்பாடுகள் (5), (6), (7)ன் மதிப்புகளை சமன்பாடு (4)ல் பிரதியிட

$$I_1 P + I_1 Q - I_2 S - I_2 R = 0$$

$$I_1 (P + Q) = I_2 (R + S) \quad \ldots(8)$$

சமன்பாடு (8)ஐ சமன்பாடு (7) ஆல் வகுக்க

$$\frac{I_1(P+Q)}{I_1 P} = \frac{I_2(R+S)}{I_2 R}$$

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

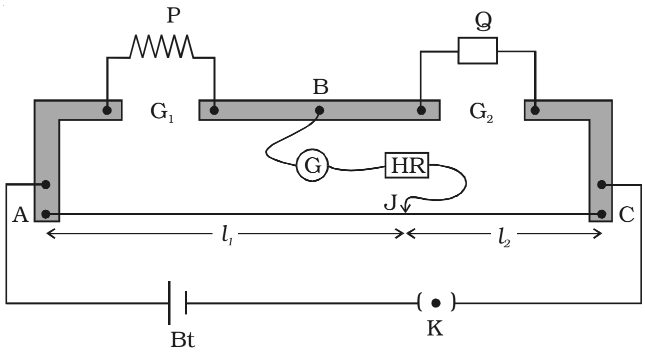
$$1+\frac{Q}{P}=1+\frac{S}{R}$$

$$\therefore \frac{Q}{P}=\frac{S}{R} \quad \text{அல்லது} \quad \frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$$

இதுவே சமனச் சுற்று சமநிலையில் அமைவதற்கான நிபந்தனையாகும். P, Q, Rன் மதிப்புகள் தெரிந்தால் மின்தடை S-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

### *2.7.2 மீட்டர் சமனச் சுற்று (Metre bridge)*

வீட்ஸ்டன் சமனச் சுற்றின் மற்றொரு வடிவமே மீட்டர் சமனச் சுற்றாகும். மின்தடை புறக்கணிக்கத்தக்க மூன்று தடித்த தாமிரப் பட்டைகள் மரப்பலகை மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளன. மூன்று தாமிரப் பட்டைகளுக்கு இடையில் $G_1$, $G_2$ என்ற இரு இடைவெளிகள் உள்ளன. ஒரு மீட்டர் நீளமும், சீரான தடிமனும் கொண்ட மாங்கனின் கம்பி AC அளவுகோலுக்கு இணையாக மரப்பலகையின் மீது இழுத்துப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது (படம் 2.13). கம்பியின் முனைகள் இரு தாமிரப் பட்டைகளின் முனைகளில் பற்றவைக்கப்பட்டுள்ளன (soldered). மதிப்பு தெரியாத P என்ற மின்தடை $G_1$ இடைவெளியிலும், Q என்ற படித்தர (standard) மின்தடை $G_2$ இடைவெளியிலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. J என்ற உலோகத் தொடுகோலானது கால்வனாமீட்டர் (G) மற்றும் உயர் மின்தடை (HR) ஆகியவற்றுடன் தொடராக இணைக்கப் பட்டு B உடன் இணைகிறது. தொடுகோலை கம்பியில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில் தொடுமாறு செய்து இணைப்பை ஏற்படுத்தலாம். AC கம்பியின் முனைகளுக்குக் குறுக்கே லெக்லாஞ்சி மின்கலன் மற்றும் சாவி இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



*படம் 2.13 மீட்டர் சமனச் சுற்று*

மீட்டர் சமனச் சுற்று கம்பியின் மீது தொடுகோலை நகர்த்தி கால்வனாமீட்டரில் மின்னோட்டம் சுழியாகுமாறு செய்யவேண்டும். இப்புள்ளி J என்க. கம்பியின் AJமற்றும் JC பகுதிகள் வீட்ஸ்டன் சமனச் சுற்றின் R, S என்ற மின் தடைகளுக்குப் பதிலாக அமைகின்றன. இப்போது

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}=\frac{r.AJ}{r.JC}$$

r என்பது ஓரலகு நீளக் கம்பியின் மின்தடையாகும்.

$$\therefore \qquad \frac{P}{Q} = \frac{AJ}{JC} = \frac{l_1}{l_2}$$

இங்கு AJ = $l_1$ மற்றும் JC = $l_2$

$$\therefore \qquad P = Q\frac{l_1}{l_2}$$

புறக்கணிக்கத்தக்க அளவில் மின்தடையுடைய தடிமனான தாமிரப் பட்டைகளுடன் மின்தடைகள் இணைக்கப்பட்டபோதிலும், கம்பி AC-யின் முனைகள் பட்டைகளுடன் பற்றவைக்கப்பட்டிருப்பதால், முனை மின்தடை காரணமாக $\frac{l_1}{l_2}$ -ன் மதிப்பில் சிறுபிழை ஏற்படும். இப்பிழையைத் தவிர்க்க, P மற்றும் Qவை இட மாற்றம் செய்து சமன் செய்யும் புள்ளி J-ஆனது கம்பி AC-யின் மையத்திற்கு அருகில் இருக்குமாறு அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டு, P -ன் சராசரி மதிப்பு கணக்கிடப்பட வேண்டும்.

### *2.7.3 தன் மின்தடை எண் காணல்*

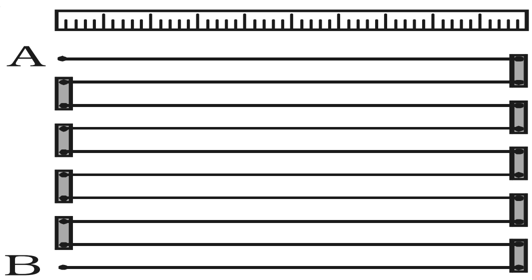
கம்பியின் மின்தடை (P), ஆரம் (r) மற்றும் நீளம் (L) ஆகிய மதிப்புகள் தெரியுமானால் கம்பிப் பொருளின் தன் மின்தடை எண்ணை $\rho = \frac{P\pi r^2}{L}$ என்ற சமன்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

### *2.7.4 மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணைக் காணல்*

$t_1$, $t_2$, வெப்பநிலைகளில் கம்பிச் சுருள் ஒன்றின் மின்தடைகள் முறையே $R_1$, $R_2$ எனில், கம்பிப்பொருளின் மின்தடை எண் $\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1}$ என்ற சமன்பாட்டின் மூலம் கணக்கிடப்படுகிறது.

### 2.8 மின்னழுத்தமானி **(Pontentiometer)**

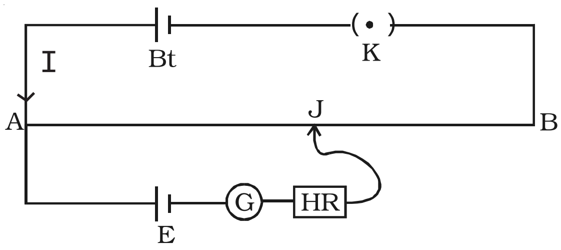
மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளவிடப் பயன்படும் கருவியே மின்னழுத்தமானியாகும் (படம் 2.14). இதில் 10 மீட்டர் நீளம் கொண்ட சீரான மாங்கனின் அல்லது கான்ஸ்டன்டன் கம்பி, மரப்பலகை மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளது. 10 மீட்டர் கம்பியானது 1 மீட்டர் நீளம் கொண்ட 10 பகுதிகளாக, ஒன்றுக்கொன்று இணையாகப் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். கம்பிக்கு இணையாக மீட்டர் அளவுகோல் ஒன்று பொருத்தப் பட்டிருக்கும். கம்பியுடன் மின் இணைப்பை ஏற்படுத்த தொடு கோல் J பயன்படுகிறது.




*படம் 2.14 மின்னழுத்தமானி*

### 2.8.1 மின்னழுத்தமானியின் தத்துவம்

மின்னழுத்தமானிக் கம்பியின் A, B முனைகளுக்கு இடையே ஒரு மின்கல அடுக்கு Bt, சாவி K ஆகியவை இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இப்போது மின்னழுத்தமானிக் கம்பியின் வழியே I என்ற சீரான மின்னோட்டம் பாயும் (படம் 2.15). இது முதன்மைச் சுற்றாகும். ஓர் முதன்மை மின் கலன், கால்வனாமீட்டர், உயர் மின்தடை மற்றும் தொடுகோலுடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டு, அதன் நேர்முனை மின்னழுத்தமானியின் A முனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இது துணைச் சுற்றாகும்.




*படம் 2.15 மின்னழுத்தமானியின் தத்துவம்*

A மற்றும் Jக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்கலனின் மின்னியக்கு விசைக்குச் சமமாகும் போது, கால்வனா மீட்டரின் வழியே மின்னோட்டம் பாயாது. இப்போது கால்வனாமீட்டர் சுழி விலக்கம் காட்டும். AJ என்பது சமன் செய்யும் நீளம் (Balancing length) எனப்படும். சமன் செய்யும் நீளம் $l$ எனில், AJக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு, $AJ = Irl$ ஆகும். r என்பது ஓரலகு நீளக் கம்பியின் மின்தடை மற்றும் I என்பது முதன்மைச் சுற்றில் செல்லும் மின்னோட்டம்.

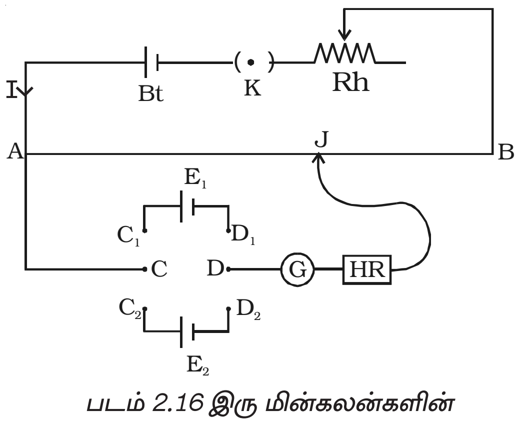
$\therefore\ E = Irl$,

I மற்றும் r மாறிலிகளாக அமைவதால், $E \propto l$

எனவே, மின்கலனின் மின்னியக்குவிசை, சமன் செய்யும் நீளத்திற்கு நேர்த்தகவில் அமையும். இதுவே மின்னழுத்தமானியின் தத்துவமாகும்.

### 2.8.2 மின்னழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தி கொடுக்கப்பட்ட இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்பிடல்

மின்னழுத்தமானிக் கம்பி AB ஆனது, மின்கல அடுக்கு (Bt), சாவி (K), மின்தடை மாற்றி (Rh) ஆகியவற்றுடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 2.16). இது முதன்மைச் சுற்றாகும். மின்னழுத்த மானியின் A முனை, DPDT-சாவியின் (DPDT-Double Pole Double Throw) மையமுனை C,




*படம் 2.16 இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்கு விசைகளை ஒப்பிடல்*

உடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சாவியின் மற்றொரு முனை D உடன் கால்வனாமீட்டர் (G), உயர் மின்தடை (HR), தொடுகோல் (J) ஆகியவை தொடராக இணைக்கப் பட்டுள்ளன. DPDT சாவியின் $C_1$, $D_1$ முனைகளுக்கு இடையே $E_1$ மின்னியக்கு விசை கொண்ட மின்கலனும், $C_2$, $D_2$ முனைகளுக்கு இடையே $E_2$ மின்னியக்கு விசை கொண்ட மின்கலனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

முதன்மைச் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் I எனவும், ஓரலகு நீள மின்னழுத்தமானிக் கம்பியின் மின்தடை r எனவும் கருதுக.

DPDT சாவியின் C மற்றும் D முனைகள் $C_1$ மற்றும் $D_1$ முனைகளுடன் இணைப்புப் பெறும்படிச் செய்தால், $E_1$ மின்கலன் துணைச் சுற்றில் இணைக்கப்படும். தொடு சாவியை மின்னழுத்தமானிக் கம்பியின் மீது நகர்த்தி கால்வனாமீட்டர் சுழிவிலக்கம் காட்டும்படிச் செய்யப்படுகிறது. சமன் செய்யும் நீளம் $l_1$க்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு = $Irl_1$. மின்னழுத்தமானியின் தத்துவப்படி,

$$E_1 = Irl_1 \qquad ...(1)$$

$E_2$ மின்கலன் துணைச் சுற்றில் இணையும்படி DPDT சாவியைச் சரிசெய்த பிறகு, கால்வனா மீட்டரில் சுழி விலக்கத்திற்கான சமன் செய்யும் நீளம் $l_2$ கணக்கிடப்படுகிறது. சமன் செய்யும் நீளம் $l_2$ க்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு = $Irl_2$

$$E_2 = Irl_2 \qquad ...(2)$$

சமன்பாடுகள் (1)ஐ, (2) ஆல் வகுக்க

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

ஒரு மின்கலனின் மின்னியக்கு விசை ($E_1$) தெரிந்த மதிப்புடையது எனில், மற்றொரு மின்கலனின் மின்னியக்கு விசையை ($E_2$)

$E_2 = E_1 \dfrac{l_2}{l_1}$ என்ற தொடர்பைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

### *2.8.3 மின்னியக்கு விசை மற்றும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஒப்பிடல்*

1. திறந்த மின்சுற்றில், ஒரு மின்கலனின் இரு முனைகளுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்தங்களின் வேறுபாடு மின்னியக்குவிசை எனப்படும். மூடிய மின்சுற்றில் ஏதேனும் இரு புள்ளிகளின் மின்னழுத்தங்களின் வேறுபாடு, மின்னழுத்த வேறுபாடு எனப்படும்.

2. மின்னியக்கு விசை மின்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தடையைச் சார்ந்தது அல்ல. ஆனால் மின்னழுத்த வேறுபாடானது, இரு புள்ளிகளுக்கு இடைப்பட்ட மின்தடைக்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

## 2.9 மின்னாற்றல் மற்றும் மின்திறன்

R மின்தடை கொண்ட கடத்தியின் வழியே I மின்னோட்டம் t காலத்திற்குப் பாய்ந்தால், கடத்தியின் வழியே செல்லும் மின்னூட்டத்தின் அளவு, $q = It$. மின் அழுத்த வேறுபாடு $V$ கொண்ட இரு புள்ளிகளுக்கிடையே செல்லும் மின்னூட்டம் $q$ எனில், மின்னூட்டத்தைச் செலுத்த செய்ய வேண்டிய வேலை = $V.\ q = V\ It$.

மின்னோட்டத்தினால் ஒரு வினாடியில் செய்யப்படும் வேலையின் அளவு மின்திறன் எனப்படும்.

$$\text{மின்திறன்} = \frac{\text{செய்யப்படும் வேலை}}{\text{காலம்}} = \frac{VIt}{t} = VI$$

மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டத்தின் பெருக்கற்பலன் மின்திறனுக்குச் சமம்.

$V = IR$ என்பதனால், திறன் = $I^2R$ என அமையும்

மின்னாற்றல் என்பது வேலை செய்யும் திறமையாகும். இதன் அலகு joule. நடைமுறையில் மின்னாற்றலை அளவிட வாட் மணி (Wh) அல்லது கிலோ வாட் மணி (kWh) என்ற அலகு பயன்படுகிறது. 1 kWh அளவுள்ள மின்னாற்றல் 1 யூனிட் (unit) எனப்படும்.

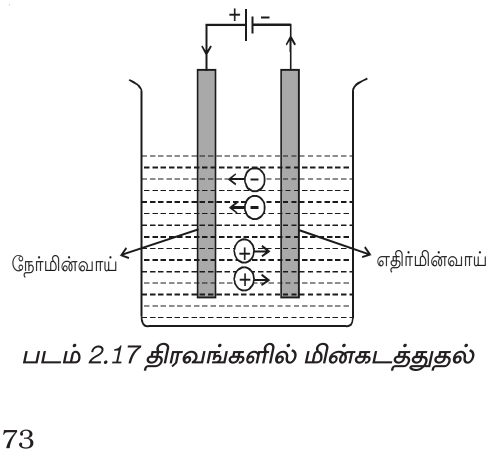
$$(1\ kWh = 1000\ Wh = 1000 \times 3600\ J = 36 \times 10^5\ J)$$

### *2.9.1 வாட் மீட்டர் (Wattmeter)*

பயன்படுத்தப்படும் மின்திறனை அளவிடப் பயன்படும் கருவி வாட் மீட்டர் ஆகும். அதாவது, மின் சுற்று ஒன்றில் ஓரலகு காலத்தில் பயன்படுத்தப்படும் ஆற்றலை அளவிடக் கூடியது ஆகும். இக்கருவியில், நிலையாகப் பொருத்தப்பட்ட, வரிச் சுருள் போன்ற ஒரு சோடி கம்பிச் சுருள்களுக்கிடையில் அமைக்கப்பட்ட இயங்கு சுருள் உள்ளது. இயங்கு சுருளுடன் குறிமுள் ஒன்று பொருத்தப்பட்டிருக்கும். குறிமுள்ளின் முனையானது வட்ட அளவுகோலிற்கு முன்பாக இயங்கக் கூடியதாக இருக்கும். கம்பிச் சுருள்களில் மின்னோட்டம் பாயும்போது, குறிமுள்ளின் விலக்கமானது மின் திறனுக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

## 2.10 மின்னோட்டத்தின் வேதி விளைவு

திரவம் ஒன்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் வேதி மாற்றங்களை உருவாக்குகிறது. இச்செயல் மின்னாற் பகுத்தல் (Electrolysis) எனப்படும். மின்னூட்டம் பெற்ற அயனிகள்




*படம் 2.17 திரவங்களில் மின்கடத்துதல்*

எதிரெதிராக பிரிகை அடையும் திரவங்களில் மட்டுமே மின்னோட்டம் செல்ல இயலும் (படம் 2.17). இத்தகைய திரவங்கள் மின்பகு திரவங்கள் **(electrolytes)** எனப்படும். மின்பகு திரவத்தில், மின்னோட்டத்தை உள்ளேயும், வெளியேயும் செலுத்தப் பயன்படும் உலோகத் தகடுகள் மின்வாய்கள் **(electrodes)** எனப்படும். நேர்மின் அயனிகள் சென்றடையும் மின்வாய் எதிர்மின்வாய் **(cathode)** எனவும், எதிர்மின் அயனிகள் சென்றடையும் மின்வாய் நேர்மின்வாய் **(anode)** எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. நேர்மின் அயனிகள் எதிர் அயனிகள் **(cations)** எனப்படும். இவை உலோகங்கள் அல்லது ஹைடிரஜனில் இருந்து உருவாகும் எதிர்மின் அயனிகள் நேர் அயனிகள் **(anions)** எனப்படும்.

### *2.10.1 ஃபாரடேயின் மின்னாற்பகுத்தல் விதிகள் **(Faraday's laws of electrolysis)***

மின்னாற்பகுத்தலின் போது வெளிப்படும் தனிமங்களின் அளவுகள் சார்ந்துள்ள காரணிகளைப் பற்றி ஃபாரடே ஆராய்ந்து அறிந்தார்.

**முதல் விதி**

மின்னாற்பகுத்தலின் போது மின்வாயில் வெளிப்படும் பொருளின் நிறையானது மின்பகு திரவத்தின் வழியே பாயும் மின்னூட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்.

மின்பகு திரவம் ஒன்றின் வழியே t கால அளவிற்கு செலுத்தப்படும் மின்னோட்டம் I எனில், அதன் வழியே செலுத்தப்பட்ட மின்னூட்டம் $(q) = I t$ வெளிப்படும் தனிமத்திறன் நிறை $m$ எனில், முதல் விதிப்படி,

$m \alpha q$ அல்லது $m = zIt$

இங்கு $z$ என்பது மாறிலி. இது அத்தனிமத்தின் மின் வேதிய எண் *(electro chemical equivalent)* எனப்படும். இதன் அலகு $kg\ C^{-1}$. ஆகும்.

மின்பகு திரவம் ஒன்றின் வழியே 1 கூலும் மின்னூட்டம் செல்லும்போது வெளிப்படும் தனிமத்தின் நிறை அத்தனிமத்தின் மின்வேதிய எண் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

**இரண்டாம் விதி**

மின்பகு திரவத்தின் வழியே குறிப்பிட்ட அளவு மின்னூட்டம் செலுத்தப்படும் போது, ஒரு மின்வாயில் வெளிப்படும் தனிமத்தின் நிறை, அத்தனிமத்தின் வேதிய இணைமாற்றுக்கு *(Chemical equivalent)* நேர்த்தகவில் அமையும்.

தனிமம் ஒன்றின் வேதிய இணைமாற்று $E$ எனில், இரண்டாம் விதிப்படி,

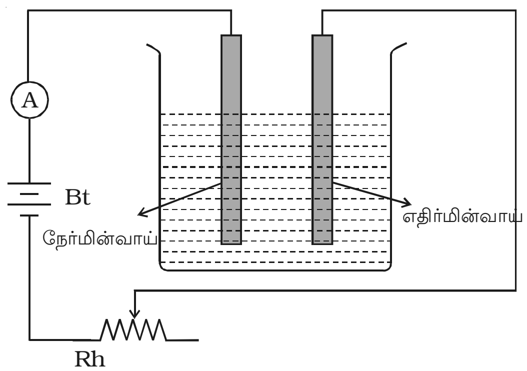
$m \alpha E$

---

*வேதிய இணைமாற்று $= \dfrac{\text{ஒப்புமை அணுநிறை}}{\text{இணைதிறன்}} = \dfrac{\text{அணுவின் நிறை}}{C^{12}\text{அணுவின் நிறையில் } 1/12 \text{ பங்கு} \times \text{இணைதிறன்}}$

## *2.10.2 ஃபாரடேயின் மின்னாற்பகுப்பு விதிகளைச் சரிபார்த்தல்*

**முதல் விதி :** மின் பகுப்புக் கலன் (Electrolytic cell) ஒன்றுடன் மின்கல அடுக்கு, சாவி, மின்தடை மாற்றி மற்றும் அம்மீட்டர் ஆகியவை தொடராக இணைக்கப்படுகின்றன (படம் 2.18). எதிர்மின்வாயை வெளியே எடுத்து, தேய்த்துக் கழுவி, துடைத்து உலர வைத்த பின்னர் அதன் நிறையைக் காணவேண்டும். அதனை மீண்டும் பழைய இடத்தில் பொருத்த வேண்டும். $I_1$ அளவுள்ள மின்னோட்டத்தை t கால அளவிற்குச் செலுத்த வேண்டும்.




*படம் 2.18 ஃபாரடேயின் முதல் விதியைச் சரிபார்த்தல்*

அம்மீட்டரின் உதவியால் மின்னோட்டம் அளவிடப்படுகிறது. எதிர்மின்வாயை வெளியே எடுத்து, நன்றாக நீரில் அலசி, உலர வைத்து, மீண்டும் அதன் நிறையைக் காண வேண்டும். இவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் தனிமத்தின் நிறை $m_1$ பெறப்படுகிறது.

எதிர்மின்வாயை மீண்டும் பொருத்தி, $I_2$ அளவுள்ள மின்னோட்டத்தை t கால அளவிற்கு செலுத்தி வெளிப்படும் தனிமத்தின் நிறை $m_2$ கணக்கிடப்படுகிறது.

இப்போது, $\frac{m_1}{m_2} = \frac{I_1}{I_2}$ என அமைவதைக் காணலாம்.

$\therefore \quad m \,\alpha\, I \qquad ...(1)$

ஒரே அளவுள்ள $I$ என்ற மின்னோட்டம் $t_1$, $t_2$ என்ற வெவ்வேறு கால அளவுகளுக்குச் செலுத்தி, வெளிப் படும் தனிமங்களின் நிறைகள் முறையே $m_3$, $m_4$ என கண்டறியப்படுகின்றன.

இப்போது, $\frac{m_3}{m_4} = \frac{t_1}{t_2}$ என அமைவதைக் காணலாம்.

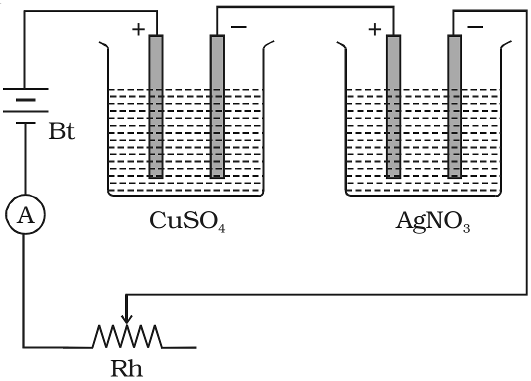
$\therefore \quad m \,\alpha\, t \; ...(2)$

தொடர்புகள் (1), (2) ல் இருந்து

$m \,\alpha\, It$ அல்லது $m \,\alpha\, q$ . எனவே முதல் விதி சரிபார்க்கப்படுகின்றது.

**இரண்டாம் விதி :** $CuSO_4$ மற்றும் $AgNO_3$ போன்ற வெவ்வேறு கரைசல்கள் கொண்ட இரு மின்பகுப்புக் கலங்கள், மின்கல அடுக்கு, சாவி, மின்தடை மாற்றி மற்றும் அம்மீட்டருடன் தொடராக இணைக்கப்படுகின்றன (படம் 2.19). $CUSO_4$ கரைசலினுள் தாமிர மின்வாய்களையும், $AgNO_3$ கரைசலினுள் வெள்ளி மின்வாய்களையும் செருக வேண்டும்.

எதிர் மின்வாய்களை வெளியே எடுத்து, நன்றாகத் தேய்த்துக் கழுவி, உலர வைத்த பிறகு அவற்றின் நிறைகளைக் காண வேண்டும். பின்னர் அவற்றிற் குரிய இடங்களில் பொருத்தி சிறிது நேரத்திற்கு மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த வேண்டும். பின்னர் எதிர்மின்வாய்களை வெளியே எடுத்து நன்றாக நீரில் அலசி, உலர வைத்த பிறகு அவற்றின் நிறைக ளைக் காணவேண்டும். இவற்றி லிருந்து வெளிப்படும் தாமிரம் மற்றும் வெள்ளியின் நிறைகள் முறையே $m_1$, $m_2$ எனக் கணக்கிடப்படுகின்றன.




*படம் 2.19 ஃபாரடேயின் இரண்டாம் விதியைச் சரிபார்த்தல்*

இப்போது, $\frac{m_1}{m_2} = \frac{E_1}{E_2}$ என அமைவதைக் காணலாம்.

$E_1$, $E_2$ என்பவை தாமிரம் மற்றும் வெள்ளியின் வேதிய இணைமாற்றுகள் ஆகும்.

$\therefore \quad m \, \alpha \, E$

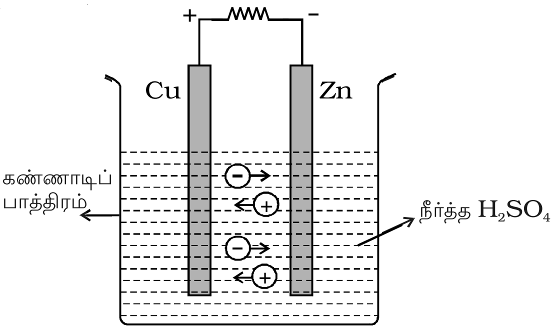
எனவே, இரண்டாம் விதி சரிபார்க்கப்படுகின்றது.

## 2.11 மின்கலன்கள் **(Electric cells)**

லூயி கால்வானி **(Luige Galvani)** மற்றும் அவரது மனைவி லூசியா **(Lucia)** செய்த சிறப்பான ஆய்வே மின்கலன்களின் உருவாக்கத்திற்கு தொடக்கமாக அமைந்தது. அவர்கள் பல பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்ட **(dissected)** தவளையை பித்தளை கொக்கிகள் கொண்டு இரும்புத் தண்டவாளங்களில் இருந்து தொங்க விட்டனர். தவளையின் கால்கள் இரும்புத் தண்டவாளத்தைத் தொடும்போதெல்லாம் துள்ளிக் குதித்தன. இதுவே, விலங்குகளிலிருந்து மின்சாரம் என்ற கருத்துக்கு வழி வகுத்தது. இதன் பிறகு இத்தாலி நாட்டைச் சேர்ந்த அறிவியல் அறிஞரும் , பேரறிவாளரும், பேராசிரியருமான அலெசாண்ட்ரோ வோல்டா **(Alessandro Volta)** என்பவரால் மின்வேதியியல் மின்கல அடுக்கு உருவாக்கப்பட்டது. அவரது பெயரிடப்பட்ட வோல்டா மின்கல அடுக்கில் தாமிரம் மற்றும் துத்தநாக வட்டுகள் **(discs)** அடுத்தடுத்து வைக்கப்பட்ட தொகுப்பு அமைப்பு உப்புக் கரைசலினுள் வைக்கப்பட்டிருந்தன. தகடுகள் அவற்றிற்கிடையே வைக்கப்பட்ட காகிதங்களால் பிரிக்கப்பட்டன. இவற்றின் முனைத் தகடுகளை மின்சார மணியுடன் இணைக்கும் போது மின்சார மணி தொடர்ந்து ஒலித்தது. இவரது சோதனையில் இருந்து, இரு வேறுபட்ட உலோகங்களையும், இவற்றில் ஏதேனும் ஒன்றுடன் வினைபுரியும் உப்புக் கரைசலை மின்பகு திரவமாகவும் கொண்டு மின்கலத்தை உருவாக்கலாம் என நிரூபிக்கப்பட்டது.

## 2.11.1 வோல்டா மின்கலம் (Voltaic cell)

வோல்டா மின்கலத்தில், கண்ணாடிப் பாத்திரம் ஒன்றினுள் உள்ள நீர்த்த கந்தக அமிலத்தினுள் இரு மின்வாய்கள் வைக்கப் பட்டுள்ளன (படம் 2.20). ஒரு மின்வாய் தாமிரத்தாலானது மற் றொன்று துத்தநாகத்தாலானது. மின்கலத்திற்கு வெளியே, மின்வாய்கள் கம்பியால் இணைக் கப்படும் போது, மின்னோட்டம், வெளிச்சுற்றில் தாமிரத்திலிருந்து துத்தநாகத்திற்கும், மின்கலத்தினுள் துத்தநாகத்திலிருந்து தாமிரத்திற்கும் பாயும். மின்கலத்தின் நேர்முனை (அ) ஆனோடாக தாமிரமும், எதிர்முனை அல்லது கேதோடாக துத்தநாகமும் அமையும். நீர்த்த கந்தக அமிலம் மின்பகு திரவமாகும்.



*படம் 2.20 வோல்டா மின்கலன்*

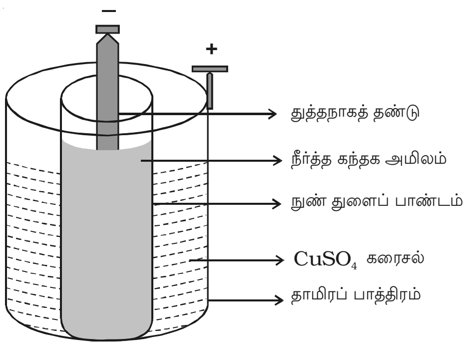
மின்னூட்டம் பெற்ற அயனிகளின் இயக்கத்தின் அடிப்படையில் மின்கலத்தின் செயற்பாடு விளக்கப்படுகிறது. எதிர் மின்வாயில் துத்தநாக அணுக்கள் அயனியாக்கப்பட்டு $Zn^{++}$ அயனிகளாக கரைசலினுள் செல்லுகின்றன. இதனால் எதிர் மின்வாய் இரு எலக்ட்ரான்களைப் பெற்று எதிர் மின்னூட்டம் உடையதாகிறது. அதே சமயத்தில் தாமிர நேர்மின்வாயில் இருந்து இரு எலக்ட்ரான்களை எடுத்துக் கொண்டு, இரு ஹைட்ரஜன் அயனிகள் $(2H^+)$ வெளிப்படுகின்றன. இதனால் தாமிரம் நேர்மின்னூட்டம் உடையதாகிறது. துத்தநாகத்தில் அதிகப்படியான எலக்ட்ரான்கள் இருக்கும் வரை இந்நிகழ்வு தொடர்ந்து நிகழும். ஆதலால் வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயும். எனவே, இந்த எளிய மின்கலன் தொடர்ந்து வேதி ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றித் தரும் அமைப்பாக செயற்படுகிறது. இரு தகடுகளிலும் உள்ள எதிரெதிர் மின்னூட்டங்களின் காரணமாக தாமிரம் மற்றும் துத்தநாகத் தகடுகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. இங்கு தாமிரம் துத்தநாகத்தை விட அதிக மின்னழுத்தத்தில் அமையும். இரு மின்வாய்களுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு 1.08 V ஆகும்.

## 2.11.2 முதன்மை மின்கலன் (Primary Cell)

மீள இயலாத வேதி வினைகள் மூலம் தொடர்ந்து மின்னாற்றலைப் பெற உதவும் அமைப்புகள் முதன்மை மின்கலங்கள் எனப்படும். முதன்மை மின்கலத்தின் பகுதிப் பொருள்களான மின்வாய்கள் மற்றும் தகுந்த மின்பகு திரவம் ஆகியவற்றை சேர்க்கும்போது, மின்னியக்கு விசையைப் பெறலாம். டேனியல் மின்கலன் மற்றும் லெக்லாஞ்சி மின்கலன் என்ற இரண்டு முக்கிய முதன்மை மின்கலன்களின் செயற்பாடுகள் விளக்கப்படுகின்றன. இவ்வகை மின்கலங்களை மின்னோட்டத்தைப் பயன்படுத்தி மீண்டும் மின்னேற்றம் செய்ய இயலாது.

### *2.11.3 டேனியல் மின்கலன் (Daniel cell)*

டேனியல் மின்கலன், நீண்ட நேரத்திற்கு நிலையான மின்னோட்டத்தை செலுத்த இயலாத முதன்மை மின்கலன் ஆகும். தாமிரப் பாத்திரத்தினுள் தெவிட்டிய **(saturated)** தாமிர சல்ஃபேட் கரைசல் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது (படம் 2.21). நுண்துளைப் பாண்டம் **(Porous pot)** ஒன்றினுள் உள்ள நீர்த்த கந்தக அமிலத்தில் துத்தநாகத் தண்டு வைக்கப்பட்டிருக்கும். நுண்துளைப் பாண்டம், தாமிர சல்ஃபேட் கரைசலினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

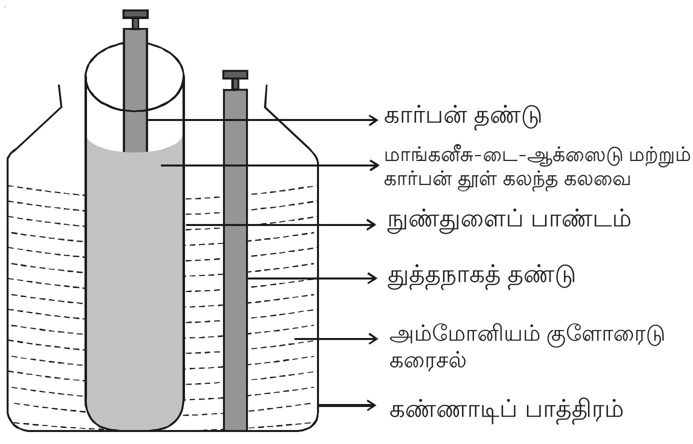



*படம் 2.21 டேனியல் மின்கலன்*

துத்தநாகத் தண்டு கந்தக அமிலத்துடன் வினைபுரிந்து $Zn^{++}$ அயனிகளையும் இரு எலக்ட்ரான்களையும் தரும்.

$Zn^{++}$ அயனிகள் நுண்துளைப் பாண்டத்தில் உள்ள துளைகளின் வழியே சென்று தாமிர சல்ஃபேட் கரைசலுடன் வினைபுரிந்து $Cu^{++}$அயனிகளை உருவாக்கும். இந்த $Cu^{++}$அயனிகள் நேர்மின்வாயான தாமிரப் பாத்திரத்தில் படியும். டேனியல் மின்கலன் மின்சுற்றில் இணைக்கப்படும்போது, துத்தநாகத் தண்டிலிருந்து இரு எலக்ட்ரான்கள் சுற்றின் வழியேச் சென்று, தாமிரத்தில் உள்ள தாமிர அயனிகளை நடுநிலையாக்கும். இதனால் தாமிரத்தில் இருந்து துத்தநாகத்திற்கு மின்னோட்டம் பாயும். டேனியல் மின்கலன் 1.08V மின்னியக்கு விசையைத் தரும்.

### *2.11.4 லெக்லாஞ்சி மின்கலன் (Leclanche cell)*




*படம் 2.22 லெக்லாஞ்சி மின்கலன்*

நுண்துளைப் பாண்டம் ஒன்றினுள் கார்பன் மின்வாய் வைக்கப்பட்டிருக்கும். கார்பன் மின்வாயைச் சுற்றி மாங்கனீசு-டை-ஆக்ஸைடு மற்றும் கார்பன் தூள் கலந்த கலவை வைக்கப்பட்டிருக்கும் (படம் 2.22). தெவிட்டிய நிலையில் உள்ள அமோனியம் குளோரைடு கரைசல் (மின்பகு திரவம்) கொண்ட கண்ணாடிப் பாத்திரத்தினுள் நுண்துளைப் பாண்டம் வைக்கப்பட்டிருக்கும். மின்பகு திரவத்தினுள் துத்தநாகத் தண்டு வைக்கப்பட்டுள்ளது.

ஆக்ஸிஜனேற்றத்தின் மூலம் துத்தநாக தண்டில் உள்ள Zn அணுக்கள் $Zn^{++}$ அயனிகளாகவும், இரு எலக்ட்ரான்களாகவும் மாற்றமடைகின்றன. $Zn^{++}$ அயனிகள் அமோனியம் குளோரைடுடன் வினைபுரிந்து துத்தநாகக் குளோரைடையும், அமோனியா வாயுவையும் தருகின்றன.

அதாவது, $Zn^{++} + 2\ NH_4Cl \rightarrow 2NH_3 + ZnCl_2 + 2\ H^+ + 2e^-$

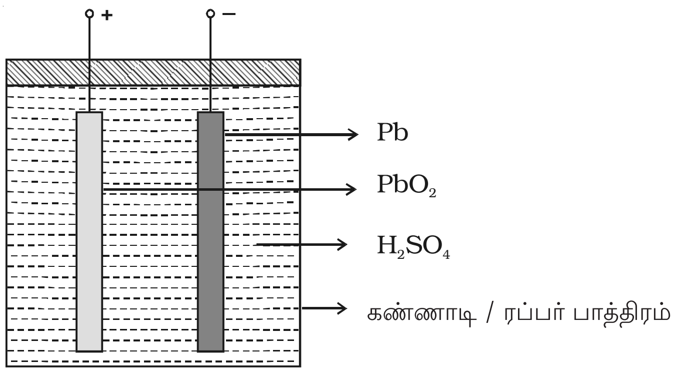
பாத்திரத்திலிருந்து அமோனியா வாயு தப்பித்துச் சென்று விடும். நுண்துளைப் பாண்டத்தில் உள்ள துளைகளின் வழியே செல்லும் ஹைட்ரஜன் அயனிகள் மாங்கனீசு-டை-ஆக்ஸைடுடன் வினைபுரியும்போது, ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் நேர் மின்னூட்டம் கார்பன் தண்டுக்கு மாற்றப்படுகிறது. கார்பன் மற்றும் துத்தநாகத் தண்டுகளை வெளியில் இணைக்கும்போது, துத்தநாகத்திலுள்ள இரு எலக்ட்ரான்கள் கார்பன் தண்டை அடைந்து அதன் நேர்மின்னூட்டத்தை நடுநிலையாக்கும். எனவே, கார்பனில் இருந்து துத்தநாகத்திற்கு மின்னோட்டம் செல்லும். மின்னோட்டம் தொடர்ந்து தேவைப்படாத இடங்களில் லெக்லாஞ்சி மின்கலன் பயன்படுத்தப்படும். இம் மின்கலன் 1.5 V மின்னியக்கு விசையையும், 0.25 A மின்னோட்டத்தையும் தரவல்லது.

### *2.11.5 துணை மின்கலன்கள்* (Secondary cells)

துணை மின்கலங்களை மீண்டும் மின்னேற்றம் (recharge) செய்ய இயலும். துணை மின்கலங்களில் நடைபெறும் வேதி வினைகள் மீள்வினைகள் ஆகும். வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும்போது உருவாகும் வேதிப்பொருள்களை, வெளியிலிருந்து மின்னோட்டத்தை எதிர்திசையில் செலுத்தி மீண்டும் பெறலாம். துணை மின்கலத்திலிருந்து மின்னோட்டத்தைப் பெறும் வேதி நிகழ்வு மின்னிறக்கம் (Discharge) எனப்படும். காரீய அமில சேமக்கலம் மற்றும் கார சேமக்கலம் என்பவை பொதுவாகப் பயன்படும் துணை மின்கலங்களாகும்.

### *2.11.6 காரீய அமில சேமக்கலம்* (Lead Acid Accumulator)

காரீய அமில சேமக்கலத்தில் உறுதியான இரப்பர் அல்லது கண்ணாடி அல்லது செல்லுலாயிடினால் ஆன பாத்திரம் உள்ளது. இதனுள் உள்ள நீர்த்த கந்தக அமிலம் மின்பகு திரவமாகும். மென்மைத் தன்மை (Spongy) கொண்ட காரீயம் (pb) எதிர்மின் வாயாகவும், காரீய ஆக்ஸைடு ($PbO_2$) நேர்மின்வாயாகவும் செயற்படுகின்றன. தகுந்த மின்காப்புப் பொருள்களின் மூலம் மின்வாய்கள் பிரிக்கப்பட்டு, குறைந்த அகமின்தடையைத் தரும் வகையில் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும்.




*படம் 2.23காரீய அமில சேமக் கலம்*

மின்கலன், வெளிச்சுற்றில் இணைக்கப்படும் போது,எதிர்மின்வாயில் நடைபெறும் ஆக்ஸிஜனேற்ற வினையால் மென்மைத் தன்மை கொண்ட காரீயம், கந்த அமிலத்துடன் வினைபுரிந்து காரீய சல்ஃபேட் மற்றும் இரு எல்க்ட்ரான்களைத் தரும். இந்த எல்க்ட்ரான்கள் வெளிச்சுற்றில் எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய்க்குச் செல்லும். நேர்மின்வாயில் ஆக்ஸிஜன் இறக்க வினை நடைபெறும். நேர்மின்வாயில், காரீய ஆக்ஸைடு, கந்தக அமிலத்துடன் வினைபுரிந்து காரீய சல்ஃபேட்டைத் தரும்போது இரு எல்க்ட்ரான்களும் நடுநிலையாக்கப்படும். இதனால் வெளிச்சுற்றில் மரபு மின்னோட்டம் நேர்மின்வாயிலிருந்து எதிர்மின்வாயிற்குப் பாயும் (படம் 2.23).

புதியதாக மின்னேற்றம் செய்யப்பட்ட மின்கலத்தின் மின்னியக்குவிசை 2.2 V ஆகவும், மின்பகு திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி 1.28 ஆகவும் இருக்கும். அதன் அகமின்தடை குறைவாக இருப்பதால் அதிக மின்னோட்டத்தைப் பெற்று மின்னிறக்கம் செய்யும்போது மின்னியக்கு விசை 2 V ஆகக் குறையும்.

மின்னேற்ற நிகழ்வின்போது, வேதிவினைகள் மீள நிகழ்கின்றன.

### *2.11.7 துணை மின்கலன்களின் பயன்பாடுகள்*

துணை மின்கலன்கள் மீண்டும் மின்னேற்றம் செய்யப்படக் கூடியவை. அவற்றின் அகமின் தடை மிகவும் குறைவு. எனவே, தேவைக்கேற்ப அதிக மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும். பண்புகளில் மாற்றம் ஏதுமின்றி, அதிக எண்ணிக்கையில், அவற்றை மீண்டும் மீண்டும் மின்னேற்றம் செய்யலாம். இவைகள் அளவில் மிகப் பெரியவை. கார்கள் **(cars)**, இருசக்கர வாகனங்கள், டிரக்குகள் **(Truck)** போன்றவற்றில் பயன்படுகின்றன. மின்னேற்றத்தின்போது மின்பகுபொருளின் ஒப்புமை அடர்த்தியை கண்காணிக்க வேண்டும். ஒப்புமை அடர்த்தியின் மதிப்பு மின்னேற்றத்தின் போது 1.28 எனவும், மின்னிறக்கத்தின் போது 1.12 எனவும் இருக்க வேண்டும்.

## தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

2.1 கடத்தி ஒன்றின் குறுக்குவெட்டின் வழியே ஒரு வினாடியில் $6.25 \times 10^{18}$ எலக்ட்ரான்கள் கடந்து சென்றால் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக. (எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் $1.6 \times 10^{-19}$ C)

**தகவல் :** $n = 6.25 \times 10^{18}$ ; $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ; t = 1 s ; I = ?

**தீர்வு :** $I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t} = \frac{6.25 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19}}{1} = 1 \text{ A}$

2.2 $10^{-6}$ $m^2$ குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு கொண்ட தாமிரக் கம்பியில் 2 A மின்னோட்டம் பாய்கிறது. கடத்தியின் ஓரலகு பருமனில் உள்ள எல்க்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை $8 \times 10^{28}$ எனில் மின்னோட்ட அடர்த்தி மற்றும் சராசரி இழுப்புத் திசைவேகம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. ($e = 1.6 \times 10^{-19}$C)

**தகவல் :** $A = 10^{-6}$ $m^2$ ; I = 2 A ; $n = 8 \times 10^{28}$
$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ; J = ? ; $v_d$ =?

**தீர்வு :** மின்னோட்ட அடர்த்தி $J = \frac{I}{A} = \frac{2}{10^{-6}} = 2 \times 10^6 A/m^2$

$$J = n\, e\, v_d$$

அல்லது $v_d = \frac{J}{ne} = \frac{2 \times 10^6}{8 \times 10^{28} \times 1.6 \times 10^{-19}} = 15.6 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$

2.3 மின் விளக்கு *(Lamp)* ஒன்று 240 V மின்னழுத்தத்தில் செயற்படும். அதன் மின்னோட்டம் 0.5 A எனில் விளக்கின் மின்தடையைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** V = 240 V ; I = 0.5 A ; R = ?

**தீர்வு :** ஓம் விதியில் இருந்து

$V = IR$ அல்லது $R = \frac{V}{I} = \frac{240}{0.5} = 480\ \Omega$

2.4 5m நீளம் கொண்ட தாமிரக் கம்பியின் மின்தடை 0.5 Ω, கம்பியின் விட்டம் 0.05 cm எனில் தன்மின்தடை எண்ணைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $l$ = 5m ; R = 0.5 Ω ; d = 0.05 cm = $5 \times 10^{-4}$ m ;
$r = 2.5 \times 10^{-4}$m ; ρ = ?

**தீர்வு :** $R = \frac{\rho l}{A}$ or $\rho = \frac{RA}{l}$

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (2.5 \times 10^{-4})^2 = 1.9625 \times 10^{-7} m^2$$

$$\rho = \frac{0.5 \times 1.9625 \times 10^{-7}}{5}$$

$$\rho = 1.9625 \times 10^{-8}\ \Omega\,m$$

2.5 $0^oC$-ல் நிக்ரோம் கம்பியின் மின்தடை $10\,\Omega$. அதன் மின்தடை வெப்பநிலை எண் $0.004^oC$ நீரின் கொதிநிலையில் அதன் மின்தடையைக் கணக்கிடுக. முடிவைப் பற்றிய விளக்கத்தைக் கூறுக.

**தகவல் :** $0^oC$-ல், $R_o = 10\,\Omega$ ; $\alpha = 0.004/^oC$ ; $t = 100^0C$ ;
$t^oC$-ல், $R_t = ?$

**தீர்வு :** $R_t = R_o\ (1 + \alpha\ t)$

$= 10\ (1 + (0.004 \times 100))$

$R_t = 14\ \Omega$

வெப்பநிலை உயரும்போது கம்பியின் மின்தடையும் அதிகரிக்கிறது.

2.6 சம நீளம் கொண்ட, ஒரே உலோகத்தாலான இரு கடத்திகளின் மின்தடைகள் முறையே $5\ \Omega$ மற்றும் $10\ \Omega$. அக்கடத்திகளின் ஆரங்களின் விகிதத்தைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** முதல் கம்பியின் மின்தடை $R_1 = 5\,\Omega$ ;

முதல் கம்பியின் ஆரம் = $r_1$

இரண்டாவது கம்பியின் மின்தடை $R_2 = 10\,\Omega$

இரண்டாவது கம்பியின் ஆரம் = $r_2$

கம்பிகளின் நீளம் = $l$

கம்பிப் பொருளின் தன் மின்தடை எண் = $\rho$

**தீர்வு :** $R = \frac{\rho l}{A} ; A = \pi r^2$

$\therefore\quad R_1 = \frac{\rho l}{\pi r_1^2} ;\ R_2 = \frac{\rho l}{\pi r_2^2}$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad \text{or} \quad \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} = \sqrt{\frac{10}{5}} = \frac{\sqrt{2}}{1}$$

$$r_1 : r_2 = \sqrt{2} : 1$$

2.7 தாமிரக் கம்பி ஒன்று, அதன் நீளம் 0.1% அதிகரிக்கும்படியாக நீட்டப்படுகின்றது. அதன் மின்தடையில் ஏற்படும் மாற்றத்தை விழுக்காட்டில் கணக்கிடு.

**தகவல் :** தாமிரக் கம்பியின் ஆரம்ப நீளம் $l_1 = l$

நீட்டப்பட்ட பிறகு கம்பியின் இறுதி நீளம்

$l_2 = l + (l$ -ல் $0.1\%)$

$= l + \frac{0.1}{100} l$

$= l\,(1 + 0.001)$

$l_2 = 1.001\ l$

நீட்டப்படும் போது, நீளம் அதிகரிப்பதால், குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு குறையும்.

தொடக்கப் பருமன் = $A_1 l_1 = A_1 l$

இறுதிப் பருமன் = $A_2 l_2 = 1.001\ A_2 l$

நீட்டப்படுவதற்கு முன் கம்பியின் மின்தடை = $R_1$.

நீட்டப்பட்ட பிறகு மின்தடை = $R_2$

**தீர்வு :** பருமன்களைச் சமன் செய்ய

$$A_1 l = 1.001\ A_2 l$$

அல்லது $A_1 = 1.001 A_2$

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

$$R_1 = \frac{\rho l_1}{A_1} \quad \text{மற்றும்} \quad R_2 = \frac{\rho l_2}{A_2}$$

$$R_1 = \frac{\rho l}{1.001 A_2} \quad \text{மற்றும்} \quad R_2 = \frac{\rho 1.001 l}{A_2}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = (1.001)^2 = 1.002$$

மின்தடையில் ஏற்படும் மாற்றம் = $(1.002 - 1) = 0.002$

மின்தடையில் ஏற்படும் விழுக்காட்டு மாற்றம் = $0.002 \times 100 = 0.2\%$

2.8 கம்பிச் சுருள் ஒன்றின் மின்தடை $20^oC$ ல் $50\ \Omega$ எனவும், $70^oC$ல் $65\ \Omega$ எனவும் அளவிடப்படுகிறது. மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $R_{20} = 50\ \Omega$ ; $70^oC$-ல், $R_{70} = 65\ \Omega$ ; $\alpha = ?$

**தீர்வு :** $R_t = R_o\,(1 + \alpha\,t)$

$$R_{20} = R_o\,(1 + \alpha\,20)$$

$$50 = R_o\,(1 + \alpha\,20) \qquad \ldots(1)$$

$R_{70} = R_o\ (1+ \alpha\ 70)$

$65 = R_o\ [1 + \alpha\ 70\ ]$ ...(2)

(2)ஐ (1)ஆல் வகுக்க

$$\frac{65}{50} = \frac{1+70\alpha}{1+20\alpha}$$

$65 + 1300\ \alpha = 50 + 3500\ \alpha$

$2200\ \alpha = 15$

$\alpha = 0.0068\ /\ ^oC$

2.9 400 W திறன் கொண்ட ஒரு மின்சலவைப் பெட்டி தினமும் 30 நிமிடங்களுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு யூனிட் திறனுக்கான கட்டணம் 75 பைசா எனில், சலவைப் பெட்டியை ஒரு வார காலம் பயன்படுத்தினால் ஏற்படும் செலவைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** சலவைப் பெட்டியின் திறன் = 400 W

ஒரு யூனிட்டுக்கான கட்டணம் = 75 p

பயன்படுத்தப்படும் காலம் = 30 நிமிடங்கள் / நாள்

ஒரு வாரத்திற்கான செலவு = ?

**தீர்வு:** 30 நிமிடத்தில் செலவிடப்படும் ஆற்றல் = திறன் காலம் (மணியில்)

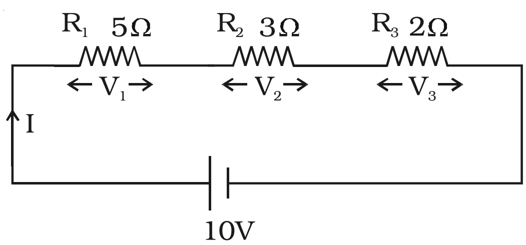
= 400 × ½ = 200 W h

ஒரு வாரத்தில் செலவிடப்படும் ஆற்றல்

= 200 × 7 = 1400 Wh = 1.4 unit

ஒரு வாரத்திற்கான செலவு = செலவிடப்பட்ட மொத்த யூனிட்டுகள் × ஒரு யூனிட்டுக்கான கட்டணம் = 1.4 × 0.75 = Rs.1.05

2.10 படத்தில் காட்டியுள்ளபடி மூன்று மின்தடையாக்கிகள் 10 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு மின்தடையாக் கிக்கும் இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடுகளைக் கணக்கிடுக.



**தகவல் :** $R_1 = 5\Omega, R_2 = 3\Omega, R_3 = 2\Omega$ ; V = 10

தொடர் இணைப்பில் தொகுபயன் மின்தடை

$R_s = R_1 + R_2 + R_3 = 10\Omega$

**தீர்வு** : சுற்றில் செல்லும் மின்னோட்டம் $I = \frac{V}{R_s} = \frac{10}{10} = 1A$

$R_1$ன் மின்னழுத்த வேறுபாடு, $V_1 = IR_1 = 1 \times 5 = 5V$

$R_2$ன் மின்னழுத்த வேறுபாடு, $V_2 = IR_2 = 1 \times 3 = 3V$

$R_3$ன் மின்னழுத்த வேறுபாடு, $R_3$, $V_3 = IR_3 = 1 \times 2 = 2V$

2.11 பக்க இணைப்பில் உள்ள $3\Omega$, $5\Omega$ மற்றும் $2\Omega$ மின்தடையாக்கிகள் 15 V மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொன்றின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக. மேலும் தொகுபயன் மின்தடையையும், மொத்த மின்னோட்டத்தையும் கணக்கிடுக.

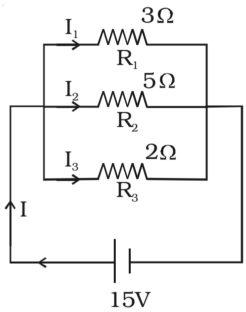
**தகவல் :** $R_1 = 3\Omega, R_2 = 5\Omega, R_3 = 2\Omega$ ;

மின்னழுத்த வேறுபாடு, V = 15 வோல்ட்

**தீர்வு :** தொகுப்பின் தொகுபயன் மின்தடை

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2}$$

$R_p = 0.9677\ \Omega$




$R_1$ வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{15}{3} = 5A$$

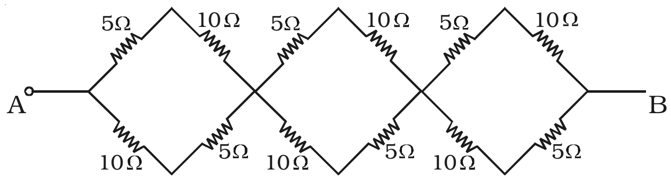
$R_2$ வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{15}{5} = 3A$$

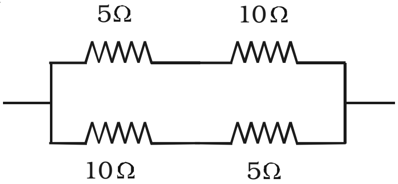
$R_3$ வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $R_3$, $I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{15}{2} = 7.5A$

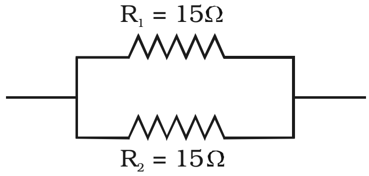
மொத்த மின்னோட்டம் $I = \frac{V}{R_P} = \frac{15}{0.9677} = 15.5$ A

2.12 பின்வரும் சுற்று வலையில் A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கு இடைப்பட்ட தொகுபயன் மின்தடையைக் கணக்கிடுக.




**தீர்வு :** சுற்றுவலை மூன்றும் ஒரே மாதிரியான தொகுப்புகளைக் கொண்டுள்ளது. ஒரு தொகுப்பின் எளிமையாக்கப்பட்ட சுற்று பின்வருமாறு அமையும்.

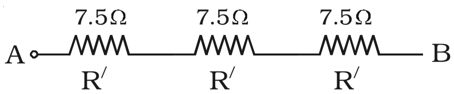



ஒரு தொகுப்பின் தொகுபயன் மின்தடை

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{15} + \frac{1}{15} \text{ or } R_P = 7.5\ \Omega$$

ஒவ்வொரு தொகுப்பின் மின்தடை 7.5 Ω. இப்போது சுற்றுவலை பின்வருமாறு அமையும்.



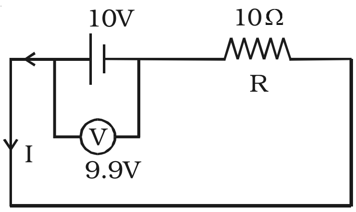

A மற்றும் B புள்ளிகளுக்கு இடைப்பட்ட தொகுபயன் மின்தடை

$$R = R' + R' + R' \quad (\because R_s = R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R = 7.5 + 7.5 + 7.5 = 22.5\ \Omega$$

2.13 10 Ω மின்தடை ஒன்று 10V மின்னியக்குவிசை கொண்ட மின்கலத்துடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்கலத்துடன் பக்க இணைப்பில் வோல்ட மீட்டர் இணைக்கப்படும்போது, அது காட்டும் அளவு 9.9 V எனில் மின்கலத்தின் அகமின்தடையைக் கணக்கிடுக.

**தகவல்** R = 10 Ω ; E = 10 V ; V = 9.9 V ; r = ?




**தீர்வு :** $r = \left(\frac{E - V}{V}\right) R$

$$= \left(\frac{10 - 9.9}{9.9}\right) \times 10$$

$$= 0.101\ \Omega$$

# தன் மதிப்பீடு

***(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)***

2.1 *60 C* அளவுள்ள மின்னூட்டம் ஒரு மின்விளக்கின் வழியே 2 நிமிடங்களுக்குச் சென்றால், மின்விளக்கில் செல்லும் மின்னோட்டம்

*(a) 30 A* *(b) 1 A*

*(c) 0.5 A* *(d) 5 A*

2.2 மின்னூட்டங்கள் எப்பொருளின் வழியே எளிதாகப் பாய்ந்து செல்லும்?

*(a)* குவார்ட்ஸ் *(b)* மைக்கா

*(c)* ஜெர்மனியம் *(d)* தாமிரம்

2.3 கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் எதற்கு நேர்த்தகவில் அமையும்?

*(a)* இழுப்பு திசைவேகம்

*(b) 1/* குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பின் இருமடி.

*(c) 1/*எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை

*(d)* குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பின் இருமடி

2.4 240 V மின்னழுத்தத்தில் செயற்படும் மின் சூடேற்றியின் மின்தடை $120\Omega$ எனில் மின்திறன்

*(a) 400 W* *(b) 2 W*

*(c) 480 W* *(d) 240 W*

2.5 குறிப்பிட்ட நீளம் கொண்ட தாமிரக் கம்பியின் மின்தடை *R.* அதன் நீளம் இருமடங்காக்கப்படும் போது அதன் மின்தடை எண்

*(a)* இரு மடங்காகும் *(b)* நான்கில் ஒரு பங்காகும்.

*(c)* நான்கு மடங்காகும் *(d)* மாறுபடாது.

2.6 இரு $2\Omega$ மின்தடைகள் பக்க இணைப்பில் இருந்தால், தொகுபயன் மின்தடை

*(a)* $2\ \Omega$ *(b)* $4\ \Omega$

*(c)* $1\ \Omega$ *(d)* $0.5\ \Omega$

2.7 வெப்பநிலை குறையும் போது, மின்காப்புப் பொருள்களின் தன்மின்தடை எண்

*(a)* குறையும் *(b)* அதிகரிக்கும்

*(c)* மாறுபடாது *(d)* சுழியாகும்.

2.8 $0^o\,C$ கம்பிச் சுருளின் மின்தடை $2\,\Omega$ மற்றும் $\alpha = 0.004\ /^oC$ எனில் $100^o\,C$ ல் அதன் மின்தடை

*(a)* $1.4\ \Omega$ *(b)* $0\ \Omega$

*(c)* $4\ \Omega$ *(d)* $2.8\ \Omega$

2.9 ஃபாரடேயின் மின்னாற்பகுத்தல் விதிப்படி, மின்பகு திரவத்தின் வழியே மின்னோட்டம் செல்லும்போது, எதிர்மின்வாயில் படியும் அயனிகளின் நிறை எதைச் சார்ந்தது அல்ல?

*(a)* மின்னோட்டம் *(b)* மின்னூட்டம்

*(c)* காலம் *(d)* மின்தடை

2.10 சமமதிப்பு மின்தடை (R) உடைய n மின் தடைகள் தொடரிணைப்பில் இருப்பின், தொகுபயன் மின்தடை

*(a)* n/R *(b)* R/n

*(c)* 1/nR *(d)* nR

2.11 மின்னழுத்தமானியில் தாமிரக் கம்பி பயன்படாது. ஏன்?

2.12 உலோகக் கடத்திகளில் மின்னூட்டங்கள் பாயும் முறையை விளக்குக.

2.13 இழுப்பு திசைவேகம், இயக்க எண் - வேறுபடுத்துக. இழுப்பு திசைவேகம் மற்றும் மின்னோட்டத்திற்கு இடைப்பட்ட தொடர்பை வருவி.

2.14 ஓமின் விதியைக் கூறுக.

2.15 ஒரு பொருளின் தன் மின்தடை எண் - வரையறு. தன் மின்தடை எண்ணின் அடிப்படையில் பொருள்கள் எவ்வாறு வகைப்படுத்தப்படுகின்றன?

2.16 மீக்கடத்து திறன் பற்றி குறிப்பு வரைக. மீக்கடத்திகள் பயன்களைக் கூறுக.

2.17 கார்பன் மின்தடையாக்கியில் ஆரஞ்சு, ஆரஞ்சு, ஆரஞ்சு நிற வளையங்கள் இருந்தால் மின்தடையாக்கியின் மதிப்பு யாது?

2.18 மின்தடையாக்கிகள் தொடர் இணைப்பு மற்றும் பக்க இணைப்பில் உள்ளபோது தொகுபயன் மின்தடையைக் காண்க.

2.19 வெப்பநிலையைப் பொறுத்து மின்தடை மாறுபடும் விதத்தை சமன்பாடு மற்றும் வரைபடம் மூலம் விளக்குக.

2.20 வோல்ட் மீட்டரைப் பயன்படுத்தி மின்கலத்தின் அக மின்தடையைக் காணும் முறையை விவரி.

2.21 மின்சுற்று வலைகளுக்கான கிர்ச்சஃப் விதிகளைக் கூறி விளக்குக.

2.22 மீட்டர் சமனச் சுற்றைப் பயன்படுத்தி மின்தடை மற்றும் மின்தடை வெப்பநிலை எண் ஆகியவற்றைக் காணும் சோதனையை விவரி.

2.23 தன் மின் தடை எண் - வரையறு. மீட்டர் சமனச் சுற்றைப் பயன்படுத்தி இதனை எவ்வாறு காண்பாய்?

2.24 மின்னழுத்தமானியின் தத்துவத்தை விளக்குக. மின்னழுத்தமானியைக் கொண்டு இரு மின்கலங்களின் மின்னியக்கு விசைகள் எவ்வாறு ஒப்பிடப்படுகின்றன?

2.25 மின்திறன், மின்னாற்றல் - வேறுபடுத்துக.

2.26 ஃபாரடேயின் மின்னாற்பகுப்பு விதிகளைக் கூறு. இந்த விதிகள் சோதனை மூலம் எவ்வாறு சரிபார்க்கப்படுகின்றன?

2.27 1. டேனியல் மின்கலன் 2. லெக்லாஞ்சி மின்கலன் ஆகியவற்றின் மின்வாய்களில் நடைபெறும் வினைகளை விளக்குக.

2.28 காரீய அமில சேமக்கலத்தின் செயற்பாட்டினை விளக்குக.

2.29 தானியங்கிகளில் (automobiles) பயன்படும் மின்கல அடுக்குகளின் அக மின்தடை குறைவாக இருப்பது ஏன்?

## கணக்குகள்

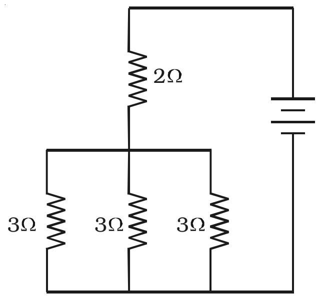
2.30 $10 \times 10^{-6} m^2$ குறுக்குப் பரப்பு உடைய தாமிரக் கடத்தியில் 2A மின்னோட்டம் நிகழும் போது எலக்ட்ரானின் இழுப்புத் திசைவேகம் எனன? கடத்தியில் $10 \times 10^{28}$ எலக்ட்ரான்கள் $/ m^3$ இருப்பதாகக் கருதுக.

2.31 கடத்தியில் 200 mA மின்னோட்டம் நிகழ, ஒரு புள்ளியில் $10^{20}$ எலக்ட்ரான்கள் கடக்க வேண்டியுள்ளது. கடக்கும் நேரம் என்ன? $(e = 1.6 \times 10^{-19}\ C)$

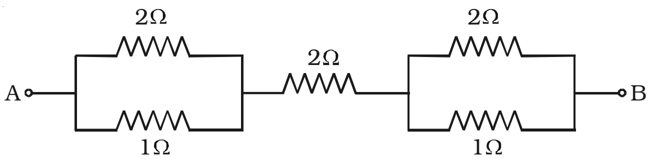
2.32 2 m நீளமும் 0.4 mm விட்டமும் உடைய மாங்கனின் கம்பியின் மின்தடை $70\ \Omega$. பொருளின் தன்மின் தடை எண்ணைக் கணக்கிடுக.

2.33 இரு மின் தடையாக்கிகள் தொடரிணைப்பிலும் பக்க இணைப்பிலும் உள்ளபோது தொகுபயன் மின்தடைகள் $10\,\Omega$ மற்றும் $2.4\,\Omega$ எனில், தனித்தனியான மின்தடைகள் என்ன?

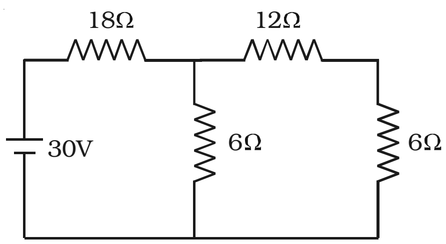
2.34 கொடுக்கப்பட்ட மின்சுற்றில் மொத்த மின்தடை மற்றும் மின்கலன் தரும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக.



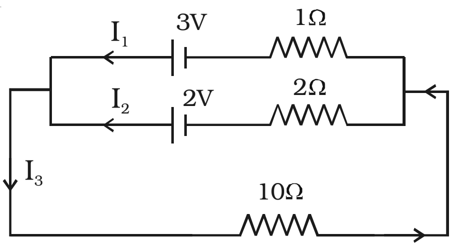

2.35 கொடுக்கப்பட்ட மின்சுற்றில் A மற்றும் B-க்கு இடையேயான தொகுபயன் மின்தடையைக் கணக்கிடுக.




2.36 கொடுக்கப்பட்ட மின்சுற்றில் $18\ \Omega$ மின்தடையாக்கியின் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்தக் குறைவைக் கணக்கிடுக.




2.37 கொடுக்கப்பட்ட மின்சுற்றில் $I_1$, $I_2$ , $I_3$ என்ற மின்னோட்டங்களைக் கணக்கிடுக.



2.38 $0^0$ *C* ல் பிளாட்டினம் கம்பியின் மின்தடை *4 Ω.* பிளாட்டினத்தின் மின்தடை வெப்பநிலை எண் *0.0038 /$^0$ C* எனில் *100ºC* ல் கம்பியின் மின்தடை என்ன?

2.39 திறந்த மின்சுற்றில் உள்ள மின்கலன் *6 V* மின்னழுத்த வேறுபாடு பெற்றுள்ளது. அதனின்றும் *2 A* மின்னோட்டம் நிகழச் செய்தால் மின்னழுத்தம் *4 V*-க்குக் குறைகிறது. மின்கலனின் அக மின்தடையைக் கணக்கிடுக.

2.40 வீட்ஸ்டன் சமனச் சுற்றில், கால்வனாமீட்டரில் விலக்கம் சுழி எனில், தெரியாத மின்தடையைக் கணக்கிடுக. *P = 1000Ω, Q = 10000 Ω , R = 20 Ω*

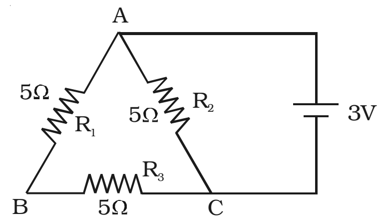
2.41 *80 Ω* மின்தடையுள்ள மின் சலவைப் பெட்டியானது *200 V* மின்னழுத்தத்தில் 2 மணி நேரம் செயல்பட்டால், பயன்படுத்தப்பட்ட மின்னாற்றலைக் கணக்கிடுக.

2.42 *1500 W* மின்திறன் உடைய மின் சூடேற்றியை ஒவ்வொரு நாளும் 45 நிமிடங்களுக்குப் பயன்படுத்தி நீர் கொதிக்க வைக்கப்படுகிறது. 1 யூனிட் மின்கட்டணம் ரூ.3.25 எனில், ஒரு மாதத்திற்கு (30 நாள்கள்) செலுத்த வேண்டிய தொகை எவ்வளவு?

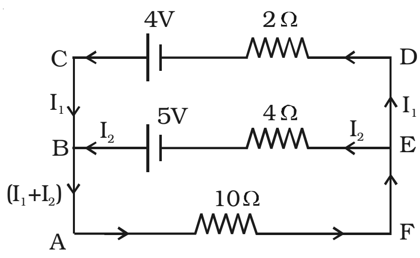
2.43 1.5 V மின்னியக்கு விசை உடைய கார்பன்-துத்தநாகம் பசை மின்கலம், *1000 Ω* மின்தடையாக்கியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டத்தையும், திறனையும் கணக்கிடுக.

2.44 மீட்டர் சமனச் சுற்றில் இடது பக்க இடைவெளியில் *10 Ω* மின்தடை உள்ளபோது சமனீட்டு நீளம் *51.8 cm* ஆக உள்ளது. *108 cm* நீளமும் *0.2 mm* ஆரமும் உடைய கம்பியின் மின்தடையையும் தன் மின் தடை எண்ணையும் கணக்கிடுக.

2.45 *3 V* மின்கலனுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக.




2.46 கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்சுற்றில், ஒவ்வொரு மூடிய பாதையிலும் செல்லும் மின்னோட்டத்தையும், *10 Ω* மின் தடையின் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்தக் குறைவை யும் கணக்கிடுக.



## விடைகள்

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.1** | *(c)* | **2.2** | *(d)* | **2.3** | *(a)* | **2.4** | *(c)* |
| **2.5** | *(d)* | **2.6** | *(c)* | **2.7** | *(b)* | **2.8** | *(d)* |
| **2.9** | *(d)* | **2.10** | *(d)* | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **2.17** | $33\ k\Omega$ | **2.30** | $1.25 \times 10^{-5}\ m\ s^{-1}$ |
| **2.31** | *80s* | **2.32** | $4.396\ \mu\Omega m$ |
| **2.33** | $6\ \Omega$ மற்றும் $4\Omega$ | **2.34** | $3\ \Omega$ மற்றும் $2A$ |
| **2.35** | $3.33\ \Omega$ | **2.36** | *24 V* |
| **2.37** | *0.5 A, –0.25 A, 0.25 A* | **2.38** | $5.52\ \Omega$ |
| **2.39** | $1\ \Omega$ | **2.40** | $200\ \Omega$ |
| **2.41** | *1 kWh* | **2.42** | *Rs. 110* |
| **2.43** | *1.5 mA; 2.25 mW* | **2.44** | $1.082 \times 10^{-6}\ \Omega\ m$ |
| **2.45** | *0.9 A* | **2.46** | *0.088A, 0.294A, 3.82 V* |

# 3. மின்னோட்டத்தின் விளைவுகள்

மின்னோட்டம், மின்னியக்குவிசை பற்றிய கருத்துகளை முந்திய பகுதிகளில் விவாதித்திருக்கிறோம். இப்பகுதியில் நடைமுறையில் மின்னோட்டத்தின் பயன்களை அறியலாம். கவனத்தைத் தூண்டும் மின்சார, மின்னியல் யுகத்தில் வாழும் நாம், மின்சாரம் பயன்படும் மின்பல்பு, மின்முலாம் பூசுதல், மின்விசிறி மற்றும் மின்மோட்டார் பற்றி அறிவோம். மின்னியக்குவிசை கொடுக்கும் மூலத்திலிருந்து வரும் ஆற்றலில் ஒரு பகுதி மின்மோட்டாரில் உள்ளது போல பயனுள்ள வேலையாக மாறலாம், எஞ்சிய பகுதி மின்தடையாக்கிகளில் **(Resistors)** வெப்பமாக மாற்றப்படும். இது மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவு ஆகும். மின்னோட்டம் வெப்ப ஆற்றலை உருவாக்குவது போல, வெப்ப ஆற்றலும் மின்னியக்கு விசையினை உருவாக்க முடியும். இது வெப்ப மின்விளைவு எனப்படும். இந்நிகழ்ச்சி மின்னோட்டத்தின் காரணம் மட்டும் அல்ல, பயனும் ஆகும். சீரான மின்னோட்டம் அதனைச் சுற்றி காந்தப் புலத்தினை உண்டாக்கும் நிகழ்ச்சி மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவு ஆகும்.

## 3.1 வெப்ப விளைவு – ஜூல் விளைவு

கடத்தி ஒன்றில் உள்ள கட்டற்ற எலக்ட்ரான்களின் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தினால், கடத்தியின் அணுக்கள், மூலக்கூறுகளுடன் மோதலை நிகழ்த்தும். $V$ மின்னழுத்தம் கடத்தியின் முனைகளுக்கிடையே கொடுக்கப்படும் போது, கட்டற்ற எலக்ட்ரான்கள் முடுக்கப்பட்டு, $I$ மின்னோட்டம் நிகழும். எனவே, எலக்ட்ரான்கள் ஒரு வினாடிக்கு $VI$ ஆற்றலைப் பெறும். அணிக்கோவையிலிலுள்ள அயனிகள் அல்லது மூலக்கூறுகள் $VI$ ஆற்றலை தற்செயலாக ஏற்படும் மோதலினால் பெறும். இதுவே அணிக்கோவையின் வெப்ப ஆற்றலின் உணர்வு ஆகும். எனவே, $t$ காலத்தில் $I$ நிலையான மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் வெப்ப ஆற்றலின் அளவு

$$H = VIt \qquad \ldots(1)$$

$R$ மின்தடைக்கு,

$$H = I^2Rt \qquad \ldots(2)$$ மற்றும்

$$H = \frac{V^2}{R}\, t \qquad \ldots(3)$$

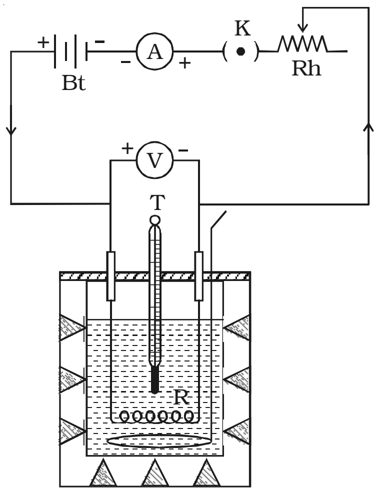
மேற்கண்ட தொடர்புகள், சோதனை மூலம் ஜூல் என்பவரால் சரிபார்க்கப்பட்டு, ஜூலின் வெப்ப விதிகள் என்றழைக்கப்பட்டன. சமன்பாடு (2)லிருந்து, உண்டாகும் வெப்ப ஆற்றலானது **(i)** $R$ மாறாதபோது, மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்திலும் **(ii)** $I$ மாறாதபோது, $R$ மின்தடைக்கு நேர் விகிதத்திலும்

**(iii)** மின்னோட்டம் பாயும் காலத்திற்கு நேர்விகிதத்திலும் இருக்கும். இத்துடன் சமன்பாடு (3)லிருந்து, உண்டாகும் வெப்ப ஆற்றல் குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தம், V-ல் மின்தடைக்கு (R) எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும் என அறிய முடிகிறது.

### *3.1.1 ஜூல் விதியினை சரிபார்த்தல்*

ஜூல் கலோரி மானியைப் பயன்படுத்தி, ஜூல் விதியினை சரிபார்க்கலாம். மின்தடைக்கம்பிச் சுருள் R ஒன்றினை தாமிரக் கலோரிமானி கொண்டுள்ளது (படம் 3.1).

மின்தடைக் கம்பிச் சுருளின் முனைகள் கலோரிமானியின் மூடியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரண்டு மின்வாய்களுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கும். மூடியில் உள்ள இரு துளைகள் வழியே ஒரு கலக்கியும், வெப்பமானியும் நிறுத்தப்பட்டுள்ளன. கலோரிமானியில் மூன்றில் இரண்டு பங்கு நீர் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. வெப்ப இழப்பினைத் தவிர்ப்பதற்காக கலோரிமானி ஒரு மரப்பெட்டியில் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.




*படம் 3.1 ஜூல் கலோரிமானி*

மின்கலன் (Bt) சாவி (K), மின்தடை மாற்றி (Rh) மற்றும் அம்மீட்டர் (A) ஆகியவை கலோரிமானியுடன் தொடராக இணைக்கப்படு கின்றன. மின்தடைச் சுருளுக்கு (R) பக்க இணைப்பில் வோல்ட் மீட்டர் (V) இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

### *(i) மின்னோட்டத்திற்கான விதி (Law of currents)*

நீரின் தொடக்க வெப்பநிலை $\theta_1$ அளக்கப்படுகிறது. கலோரிமானி மற்றும் கலக்கி, நீர் இவற்றின் வெப்ப ஏற்புத்திறன் W என்போம். $I_1$ மின்னோட்டம் t காலத்திற்கு (20 நிமிடம்) செலுத்தப்பட்டு தேவையான திருத்தங்கள் செய்தபின் இறுதி வெப்பநிலை $\theta_2$ அளக்கப்படுகிறது. கலோரிமானி மற்றும் நீர் ஏற்றுக்கொண்ட வெப்ப ஆற்றல் $H_1 = W(\theta_2-\theta_1)$. பின்னர் நீர் $\theta_1$ வெப்பநிலைக்கு குளிர்விக்கப்படுகிறது. இச்சோதனையில் $I_2$, $I_3$ .. மின்னோட்டங்கள், அதே கம்பிச் சுருள் வழியே அதே கால இடைவெளியில் (t) செலுத்தி உண்டாகும் வெப்ப ஆற்றல்கள் $H_2$, $H_3$ ...... கணக்கிடப்படுகின்றன. இதிலிருந்து

$$\frac{H_1}{I_1^2} = \frac{H_2}{I_2^2} = \frac{H_3}{I_3^2}$$

அதாவது $\frac{H}{I^2}$ = மாறிலி

அதாவது $H \propto I^2$

இவ்வாறு மின்னோட்ட விதி சரிபார்க்கப்படுகிறது.

### *(ii) மின்தடைவிதி* (**Law of resistance**)

ஒரே அளவிலான மின்னோட்டம் I, குறிப்பிட்ட காலத்திற்கு (t) மின்தடைகள் $R_1$, $R_2$, $R_3$ ... கொண்ட சுருள்கள் வழியே செலுத்தப்பட்டு உண்டாகும் வெப்ப ஆற்றல்கள் $H_1$, $H_2$, $H_3$ ............ அளக்கப்படுகின்றன.

இதிலிருந்து $\frac{H_1}{R_1} = \frac{H_2}{R_2} = \frac{H_3}{R_3}$ என அறியப்படுகிறது

$\therefore \quad \frac{H}{R}$ = மாறிலி

அதாவது $H \propto R$

எனவே மின்தடை விதி சரிபார்க்கப்பட்டது.

### *(iii) காலத்திற்கான விதி* (**Law of time**)

ஒரே அளவிலான மின்னோட்டம் I, ஒரே மின்தடைச் சுருள் R வழியே வெவ்வேறு கால இடைவெளிகளுக்கு $t_1$, $t_2$, $t_3$ ... செலுத்தப்பட்டு உண்டாகும் வெப்ப ஆற்றல்கள் $H_1$, $H_2$, $H_3$ ... அளக்கப்படுகின்றன.

இதிலிருந்து $\frac{H_1}{t_1} = \frac{H_2}{t_2} = \frac{H_3}{t_3}$ என அறியப்படுகிறது

$\therefore \quad \frac{H}{t}$ = மாறிலி

அதாவது $H \propto t$.

எனவே காலத்திற்கான விதி சரிபார்க்கப்பட்டது.

### *3.1.2 ஜூல் விளைவின் சில பயன்கள்*

#### *(i) மின்சார வெப்பமேற்றும் சாதனங்கள்*

மின் சலவைப்பெட்டி, மின் சூடேற்றி, ரொட்டி சுடும் மின் அடுப்பு (electric toaster) ஆகியவற்றில் மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவு பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவற்றில் வெப்பத்தினை உண்டாக்க நிக்கல் மற்றும் குரோமியம் கலந்த நிக்ரோம் என்ற உலோகக் கலவையினால் ஆன சுருள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏனெனில் இப்பொருள்

(1) அதிக மின்தடை எண் கொண்டது.

(2) அதிக உருகுநிலை கொண்டது.

(3) விரைவில் ஆக்ஸிகரணத்திற்கு உள்ளாகாது.

### *(ii) மின் உருகு இழை (Fuse wire)*

உருகு இழை என்பது 37% ஈயம் (Pb), 63% வெள்ளீயம் (tin) கொண்ட உலோகக் கலவை ஆகும். அதிக மின்தடையும், குறைந்த உருகு நிலையும் கொண்டது. மின் சுற்றில் தவறுதலான மின் இணைப்பு (short circuit) ஏற்படும்போது அதிக மின்னோட்டம் பாய்ந்து, உருகு இழை உருகி, இணைப்பு துண்டிக்கப்படும். இதனால் பயன்படுத்தப்படும் சாதனம் பாதுகாக்கப்படும்.

### *(iii) மின் விளக்கு (Electric bulb)*

மின் விளக்கிலுள்ள மின்னிழையின் மின்தடை மிக அதிகம். எனவே உண்டாகும் வெப்ப ஆற்றலின் அளவு அதிகரித்து உயர் வெப்பநிலையை அடைந்து ஒளிரும். அதிக உருகுநிலை (3380°C) கொண்ட டங்ஸ்டன் மின்னிழை பயன்படுத்தப்படுகிறது. மின்னிழையானது, குறையழுத்தத்தில் மந்தவாயு நிரப்பப்பட்ட கண்ணாடிக் குமிழினுள் இருக்கும்.

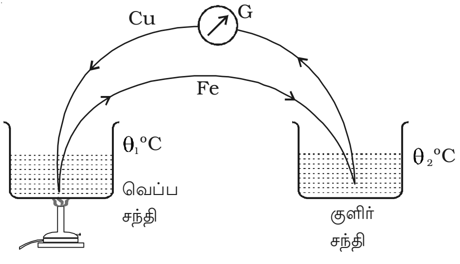
மின் வில் (electric arc), மின்பற்ற வைத்தல் (electric welding), போன்றவை களிலும் மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

மின்மாற்றி மற்றும் டைனமோ போன்ற சில அமைப்புகளில் ஜூல் வெப்ப விளைவு தவிர்க்கப்பட வேண்டியதாகும். இக்கருவிகளில் ஏற்படும் வெப்ப ஆற்றல் குறைந்த அளவில் இருக்குமாறு வடிவமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

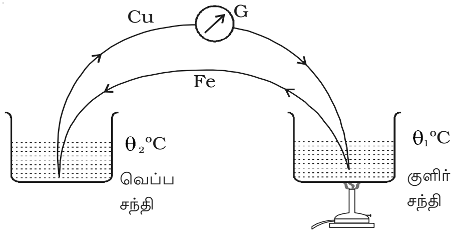
### *3.1.3 சீபக் விளைவு*

இரும்பு மற்றும் தாமிரம் ஆகிய இரு வெவ்வேறு உலோகங்களைக் கொண்ட ஒரு மின் சுற்றில், அவற்றின் சந்திகள் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் வைக்கப்பட்டால், சுற்றின் வழியே மின்னியக்குவிசை உருவாகும் என்பதனை 1821-ல் ஜெர்மனியைச் சேர்ந்த அறிஞர் தாமஸ் ஜோஹன் சீபக் கண்டறிந்தார்.

இரண்டு சந்திகளைக் கொண்ட அமைப்பு வெப்ப மின்னிரட்டை எனப்படும், ஏற்படும் மின்னியக்குவிசை வெப்பமின்னியக்குவிசை என்றும், மின்னோட்டமானது வெப்ப மின்னோட்டம் என்றும் அழைக்கப்படும். இவ்விளைவு வெப்பமின் விளைவு அல்லது சீபக் விளைவு எனப்படும்.




(a)




(b)

*படம் 3.2 சீபக் விளைவு*

வெப்ப, குளிர்சந்திகளை இடமாற்றம் செய்யும்போது மின்னோட்ட திசையும் மாறும். எனவே சீபக் விளைவு ஒரு மீள் செயல் முறை ஆகும். Cu-Fe மின்னிரட்டையில் (படம் 3.2a) மின்னோட்டம் தாமிரத்திலிருந்து இரும்பிற்கு வெப்ப சந்தியின் வழியே பாயும் (படம் 3.2b).

வெப்ப மின்னியக்குவிசையின் எண்மதிப்பும், திசையும் பயன்படுத்தும் உலோகங்கள் மற்றும் சந்திகளின் வெப்பநிலைகளைச் சார்ந்தது. வெவ்வேறு உலோகங்களைக் கொண்ட மின்னிரட்டைகளை ஆராய்ந்து, சீபக் அவ்வுலோகங்களை வரிசையாக அமைத்தார். இது வெப்பமின்வரிசை எனப்பட்டது. வெப்பமின்னிரட்டையில், வெப்பச் சந்தியில் மின்னோட்டமானது இவ்வரிசையில் முன்னால் உள்ள உலோகத்திலிருந்து பின்னால் உள்ள உலோகத்திற்குப் பாயும். மின்னியக்குவிசையின் மதிப்பு, வரிசையில் அந்த உலோகங்களுக்கு உள்ள இடைவெளியினைப் பொறுத்து அதிகமாகும்.

**Bi, Ni, Pd, Pt, Cu, Mn, Hg, Pb, Sn, Au, Ag, Zn, Cd, Fe, Sb** என்பது வெப்பமின் வரிசையாகும்.

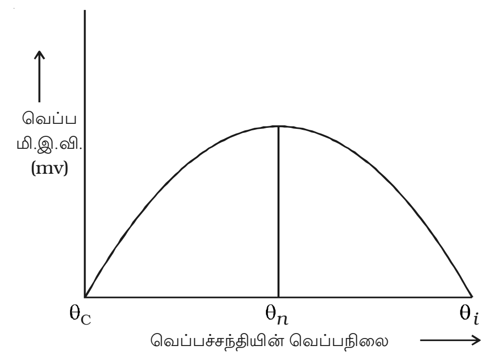
இவ்வரிசையில் உலோகத்தின் நிலை, வெப்பநிலையினைச் சார்ந்தது. வெப்ப மின்னியக்கு விசைக்கும், வெப்ப நிலைக்கும் உள்ள தொடர்பு பின்வருமாறு குறிப்பிடப்படும்.

$$V = \alpha\, \theta + \tfrac{1}{2}\, \beta\, \theta^2,$$

இங்கு $\theta$ என்பது சந்திகளின் வெப்பநிலை வேறுபாடு, $\alpha$, $\beta$ என்பன உலோகத்தினைச் சார்ந்த மாறிலிகள்.

### *3.1.4 திருப்பு வெப்பநிலையும், புரட்டு வெப்பநிலையும்*

ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையின் குளிர் சந்தியின் வெப்பநிலையை ($\theta_C$) தொடக்கப் புள்ளியாகக் கொண்டு, வெப்பச் சந்தியின் வெப்பநிலைக்கும், மின்னியக்கு விசைக்கும் ஏற்படும் மாறுதலைக் குறிக்கும் வரைபடம் (படம் 3.3) காட்டப்பட்டுள்ளது. வெப்பநிலை வேறு பாடு குறைவாக இருக்கும்போது வரைபடமானது நேர்க்கோடாகும். வெப்பநிலை வேறுபாடு அதிகம் எனில் வரைபடம் ஒரு பரவளையம் ஆகும்.




***படம் 3.3 வெப்பமின்னியக்கு விசை - வெப்பநிலை மாறுதலைக் காட்டும் வரைபடம்***

குளிர் சந்தியின் வெப்பநிலையை நிலையாகக் கொண்டு வெப்பச்சந்தியின் வெப்பநிலை மெதுவாக உயர்த்தப்படு கிறது. வெப்ப மின்னியக்கு விசை அதிகரித்து ஒரு குறிப்பிட்ட

வெப்பநிலையில் பெரும மதிப்பினை அடையும். இவ்வெப்பநிலை திருப்பு வெப்பநிலை ($\theta_n$) எனப்படும். பின்னர் மின்னியக்கு விசை மெதுவாகக் குறைந்து, குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் சுழியாகும். இவ்வெப்பநிலை புரட்டு வெப்பநிலை ($\theta_i$) எனப்படும். புரட்டு வெப்பநிலைக்கு மேல், மின்னியக்கு விசையின் திசை மாறுபடும். ஆனால் எண் மதிப்பு அதிகரிக்கும்.

குறிப்பிட்ட வெப்ப மின்னிரட்டைக்கு திருப்பு வெப்பநிலை ஒரு மாறிலியாகும். ஆனால், புரட்டு வெப்பநிலையானது குளிர் சந்தியின் வெப்பநிலையினைச் சார்ந்தது. இவ்வெப்பநிலைகளுக்கான தொடர்பு

$$\frac{\theta_c + \theta_i}{2} = \theta_n$$

### *3.1.5 பெல்டியர் விளைவு*

1834ல் பிரெஞ்சு அறிவியல் அறிஞர் பெல்டியர் என்பவர், இரு வெவ்வேறு உலோகங்கள் கொண்ட ஒரு சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயும்போது, உலோகங்களின் ஒரு சந்தியில் வெப்பம் உமிழப்படும், மற்றொன்றில் வெப்பம் உட்கவரப்படும் எனக் கண்டறிந்தார். இதுவே பெல்டியர் விளைவு எனப்பட்டது. இது சீபக் விளைவின் மறுதலை ஆகும்.

*படம் 3.4 பெல்டியர் விளைவு*

**(Cu-Fe)** மின்னிரட்டையில் (படம் 3.4**a)** சந்தி 1ல் மின்னோட்டம் தாமிரத்தி லிருந்து இரும்பிற்கு பாயும், வெப்பம் உட்கவரப்படும் (எனவே குளிரும்), சந்தி - 2ல் மின்னோட்டம் இரும்பிலிருந்து தாமிரத்திற்குப் பாயும், வெப்பம் உமிழப்படும் (எனவே வெப்பமடையும்). மின்னோட்டத்தின் திசை மாற்றப்படும் போது (படம் 3.4**b)** சந்தி 1 வெப்பமடையும், சந்தி 2 குளிர்ச்சியடையும். எனவே பெல்டியர் விளைவு ஒரு மீளும் நிகழ்வு ஆகும்.

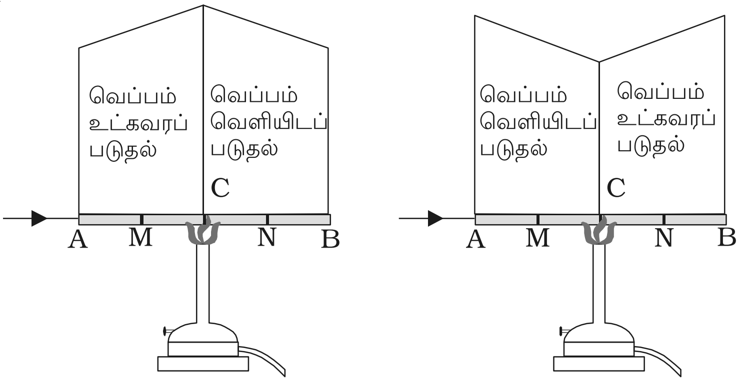
### *பெல்டியர் குணகம் (Peltier coefficient)*

இரண்டு வெவ்வேறான உலோகங்கள் கொண்ட சந்தியில் ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஒரு வினாடி நேரத்தில் (1 கூலும்) பாயும்போது வெளிவிடப்படும் அல்லது உட்கவரும் ஆற்றலின் அளவு பெல்டியர் குணகம் எனப்படும். இதனை $\pi$ எனக் குறிக்கலாம். இதன் அலகு **volt.** வெளிவிடப்படும் அல்லது உட்கவரப்படும் வெப்ப ஆற்றலின் அளவு $H = \pi It$

ஒரு சந்தியில் பெல்டியர் மின்னழுத்தம், அந்தச் சந்தியில் பெல்டியர் குணகம் ஆகும். பெல்டியர் குணகமானது பயன்படும் உலோகங்கள் மற்றும் சந்திகளின் வெப்பநிலையினைப் பொருத்தது.

### *3.1.6 தாம்சன் விளைவு*

தாம்சன் கூற்றின்படி, சீரற்ற நிலையில் வெப்பப் படுத்தப்பட்ட கடத்தியில் மின்னோட்டம் நிகழும்போது, வெப்ப ஆற்றல் உட்கவர்தலும் வெளிப்படுத்தலும் உலோகக் கடத்தி முழுவதும் நடைபெறும்.




(a) *நேர் விளைவு* (b) *எதிர் விளைவு*

*படம் 3.5 தாம்சன் விளைவு*

AB என்ற தாமிரத்தண்டில் நடுப்புள்ளி வெப்பப் படுத்தப்படுகிறது (படம் 3.5a). இதன் வழியே மின்னோட்டம் நிகழாதபோது, C-யிலிருந்து சமதொலைவில் உள்ள M மற்றும் N என்ற புள்ளிகள் சம வெப்பநிலையில் இருக்கும். A-யிலிருந்து B-வழியாக மின்னோட்டம் செலுத்தப்படின், M என்ற புள்ளியை ஒப்பிடும்போது N என்ற புள்ளியில் வெப்பநிலை அதிகமாக இருக்கும். இதேபோன்று A என்ற புள்ளியை ஒப்பிடும்போது B என்ற புள்ளியில் வெப்பநிலை அதிகமாக இருக்கும். அதாவது, Aயிலிருந்து C-வரை வெப்பம் உட்கவரப்படுகிறது. Cயிலிருந்து B-வரை வெப்பம் வெளிவிடப்படுகிறது. இவ்விளைவு நேர் தாம்சன் விளைவு எனப்படுகிறது. தண்டின் B முனையிலிருந்து A முனைக்கு மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும்போது N என்ற புள்ளியை ஒப்பிடும்போது M என்ற புள்ளியில் வெப்பநிலை அதிகமாக இருக்கும். Sb, Ag, Zn, Cd போன்றவற்றிலும் நேர் தாம்சன் விளைவு ஏற்படுகிறது.

AB என்ற இரும்புத் தண்டில் நடுப்புள்ளி C வெப்பப் படுத்தப்படுகிறது (படம் 3.5 b). இதன் வழியே மின்னோட்டம் நிகழாத போது, C-யிலிருந்து சம தொலைவில் உள்ள M மற்றும் N என்ற புள்ளிகள் சம வெப்பநிலையில் இருக்கும். A-யிலிருந்து B-வழியாக மின்னோட்டம் செலுத்தப்படின், N-என்ற புள்ளியை ஒப்பிடும்போது M என்ற புள்ளியில் வெப்பநிலை அதிகமாக இருக்கும். அதாவது, A-யிலிருந்து C-வரை வெப்பம் வெளிவிடப்படுகிறது. C-யிலிருந்து B-வரை வெப்பம் உட்கவரப்படுகிறது. இவ்விளைவு எதிர் தாம்சன் விளைவு எனப்படுகிறது. Pt, Bi, Co, Ni, Hg போன்றவற்றிலும் எதிர்தாம்சன் விளைவு ஏற்படுகிறது.

ஈயத்தாலான (lead) தண்டு ஒன்றின் நடுப்புள்ளி C வெப்படுத்தப்படுகிறது. இதன் வழியே Aயிலிருந்து Bக்கு அல்லது B-யிலிருந்து A-க்கு மின்னோட்டம் செலுத்தினாலும்கூட, C-யிலிருந்து சம தொலைவில் இருக்கும் M, N என்ற புள்ளிகள் எப்பொழுதும் சம வெப்பநிலையில் இருக்கும். எனவே, ஈயத்தில் தாம்சன் விளைவு ஏற்படாது (சுழி தாம்சன் விளைவு) இதன் காரணமாகவே வெப்பமின் சுற்றுப் படம் வரையும் போது, பயன்படும் வெப்ப மின்னிரட்டையில் மற்ற உலோகங்கலுடன் ஈயம் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

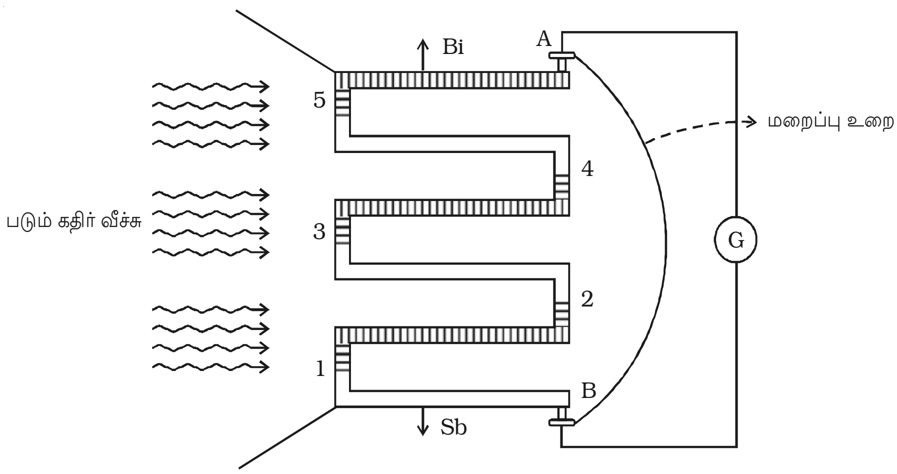
***தாம்சன் குணகம் (σ)***

ஒரு உலோகத்தில் $1^oC$ வெப்பநிலை வேறுபாட்டிலுள்ள இரு புள்ளிகளுக்கிடையே ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஒரு வினாடி நேரத்திற்கு (1 கூலும்) பாயும்போது, வெளிவிடப்படும் அல்லது உட்கவரப்படும் வெப்ப ஆற்றலின் அளவு தாம்சன் குணகம் எனப்படும். இதனை $\sigma$ எனக் குறிக்கலாம். இதன் அலகு volt per $^oC$ .

## *3.1.7 வெப்பமின்னிரட்டை அடுக்கு (thermopile)*

வெப்பக் கதிர்வீசலை கண்டறியும் சாதனம் வெப்பமின்னிரட்டை அடுக்கு ஆகும். இது சீபக் விளைவின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது.

வெப்பமின்னிரட்டையில் தோன்றும் மின்னியக்கு விசை மிகக் குறைவு. எனவே அதிக எண்ணிக்கையில் வெப்ப மின்னிரட்டைகள் தொடராக இணைக்கப்படுகின்றன. இதன் முனைகள் ஒரு கால்வனா மீட்டருடன் (G) இணைக்கப்படுகின்றன. வெப்ப மின்னிரட்டைகளின் ஒரு சில சந்திகள் (1, 3, 5...) கருமையிடப்பட்டு வெப்பக்




*படம் 3.6 வெப்பமின்னிரட்டை அடுக்கு*

கதிர்வீச்சை உட்கவருமாறு செய்யப்படுகின்றன. மற்ற சந்திகள் (2, 4... ) குளிர் சந்திகள் எனப்படும். இவற்றின் மீது கதிர்வீச்சு விழாதவாறு மறைக்கப்பட்டிருக்கும்.

கருமையான சந்திகளின் மீது (1, 3, 5) வெப்பக் கதிர்வீச்சு விழும்பொழுது, சந்திகளில், வெப்பநிலை வேறுபாடு தோன்றி அதிக வெப்ப மின்னியக்கு விசை தோன்றும். கால்வனாமீட்டரில் தோன்றும் விலகல், கதிர்வீச்சின் செறிவினைப் பொறுத்து அமையும் (படம் 3.6).

### *3.2 மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவு*

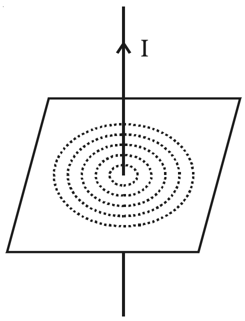
1820ல் டேனிஷ் நாட்டு இயற்பியல் அறிஞர் ஹான்ஸ் கிரிஸ்டியன் ஓயர்ஸ்டெட் என்பவர், மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் அருகே உள்ள காந்த ஊசி விலகல் அடையும் என்பதனைக் கூறினார். இதிலிருந்து மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியால் காந்தப்புலம் ஏற்படும் என்பது புலனாகிறது.

### *3.2.1 மின்னோட்டம் தாங்கிய நேர்க்கடத்தி ஒன்றைச் சுற்றி ஏற்படும் காந்தப்புலம்*

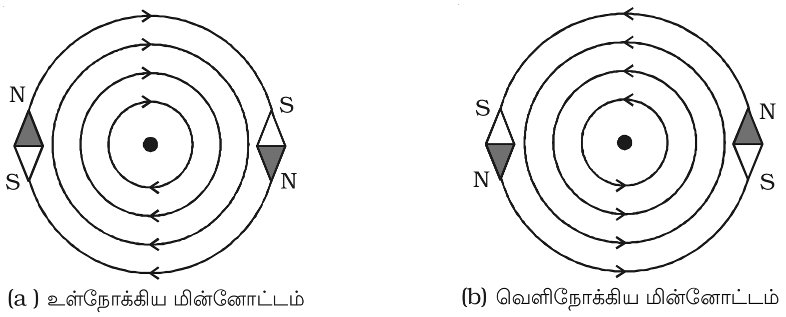
ஒரு லேசான அட்டையை படம் 3.7ல் காட்டியபடி ஒரு தாங்கியில் கிடைமட்டமாக அமைத்து அதன்மீது சிறிது இரும்புத் துருவல் சீராக தூவப்படுகிறது. அட்டையின் மையம் வழியே ஒரு கம்பி செலுத்தப்படுகிறது.

கம்பியின் முனைகளை ஒரு மின்கலத்துடன் இணைத்து மின்னோட்டம் செலுத்தப்படுகிறது. அட்டையை லேசாகத் தட்டும்போது, இரும்புத் துருவல்கள் கம்பியைச் சுற்றிலும் மைய வட்டங்களில் அமைவதைக் காணலாம். இந்த ஆய்விலிருந்து கடத்தியைச் சுற்றி காந்தப்புலம் உருவாவதை அறிய முடியும்.

காந்தப் புலத்தின் திசையை அறிய, இத்தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தான திசையில் கடத்தி செல்வதாகக் கொள்வோம்.




*படம் 3.7 மின்னோட்டம் பாயும் நேரான கடத்தியைச் சுற்றி ஏற்படும் காந்தப்புலம்*




(a ) உள்நோக்கிய மின்னோட்டம்

(b) வெளிநோக்கிய மின்னோட்டம்

*படம் 3.8 காந்தப்புலத்தின் திசை*

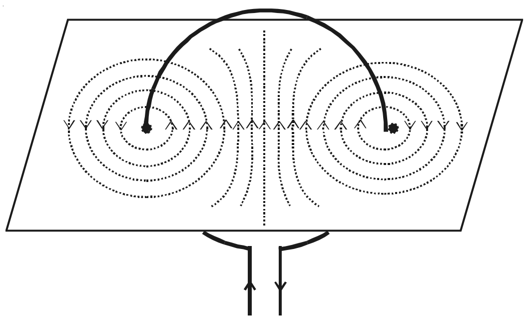
காந்த ஊசி ஒன்றினை வைத்தால், கடத்தியினைச் சுற்றி வட்ட வடிவ காந்தப்புலத்தின் தொடுகோட்டின் திசையில் காந்த ஊசியின் அச்சு அமையும். மின்னோட்டம் உள்நோக்கிப் பாயும் போது கடத்தியைச் சுற்றியுள்ள காந்தப்புலம் வலஞ்சுழியாக அமையும் (படம் 3.8a). மின்னோட்டத்தின் திசையை மாற்றினால், அதாவது வெளிநோக்கி (படம் 3.8b) அமைந்தால் காந்த ஊசியின் துருவம் மாறுபடும். அதாவது காந்தப்புலம் இடஞ்சுழியாக அமையும். இவ்வாறு மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியைச் சுற்றி விளையும் காந்தப்புலம் மின்னோட்டத்தின் திசையைப் பொருத்து அமையும் எனலாம்.

***மேக்ஸ்வெல்லின் வலக்கை திருகு விதி***

மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியைச் சுற்றி அமைந்துள்ள காந்த விசைக்கோடுகளின் திசையானது, வலது கை திருகு ஒன்றினை மின்னோட்டம் செல்லும் திசையில் செலுத்தும்போது, திருகு சுழலும் திசையால் பெறப்படும்.

### *3.2.2 மின்னோட்டம் பாயும் வட்டக் கம்பிச் சுருளால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்*

அட்டை ஒன்று கிடைத்தளமாகப் பொருத்தப்படுகிறது. அதில் ஒன்றுக்கொன்று சிறிது தொலைவில் அமைந்துள்ள இரு துளைகளின் வழியே (படம் 3.9) வட்ட வடிவக் கம்பி செலுத்தப்படுகிறது. அட்டையின் மீது இரும்புத் துருவல் சீராகத் தூவப்படுகிறது. கம்பியின் வழியே மின்னோட்டம் செலுத்தி, அட்டையை லேசாகத் தட்டினால் இரும்புத் துருவல்கள் தானாகவே வளையத்தோடு தொடர்புடைய காந்தப்புலத்தின் திசையை நோக்கியவாறு அமையும். காந்த விசைக் கோடுகள் கம்பி செல்லும் பாதையைச் சுற்றிலும் ஏறக்குறைய வட்டப் பாதையில் அமைவதைக் காணலாம். கம்பிச் சுருளின் மையத்தில், காந்த விசைக்கோடுகள் இணையாக நேர்க்கோட்டுத் திசையிலும் கம்பிச் சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவும் அமையும்.



***படம் 3.9 வட்டக் கம்பிச் சுருளால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்***

### *3.3. பயட் - சாவர்ட் விதி (Biot - Savart law)*

பயட் மற்றும் சாவர்ட் பல்வேறு ஆய்வுகளைச் செய்து மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியைச் சுற்றி ஏற்படும் காந்தப்புலம், சார்ந்துள்ள காரணிகளைக் கண்டறிந்தார்.

I மின்னோட்டம் பாயும் XY என்ற கடத்தியினைக் கருதுவோம் (படம் 3.10). AB என்பது கடத்தியின் $dl$ நீளமுள்ள சிறு பகுதி, மின்னோட்டக் கூறு எனப்படும்.

AB-யின் மையமான O-விலி ருந்து r தொலைவில் உள்ள P என்ற புள்ளியைக் கருதுவோம். பயட் - சாவர்ட் விதியின்படி $dl$ நீளமுள்ள கடத்தி வழியே செல்லும்

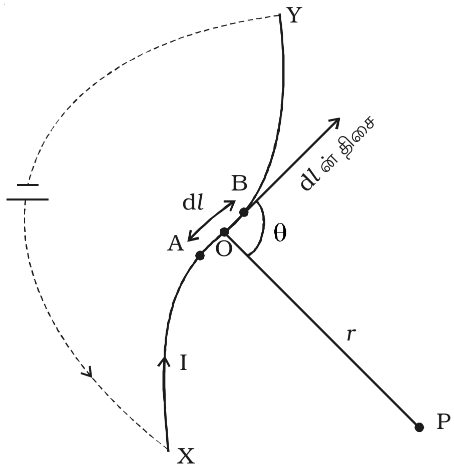
மின்னோட்டத்தினால் P-ல் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல் dB ஆனது.

(i) மின்னோட்டத்திற்கு (I) நேர் விகிதத்திலும்,

(ii) மின்னோட்டக் கூறின் நீளத்திற்கு *(dl)* நேர்விகிதத்திலும்,

(iii) மின்னோட்டக் கூறினையும் Pயையும் இணைக்கும் நேர்க் கோட்டிற்கும், மின்னோட்டக் கூறு $dl$-க்கும் உள்ள கோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கு நேர் விகிதத்திலும்,

(iv) மின்னோட்டக் கூறிலிருந்து, புள்ளியின் தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்விகிதத்திலும் $\left(\frac{1}{r^2}\right)$ இருக்கும்.




*படம் 3.10 பயட்-சாவர்ட் விதி*

$$\therefore \quad dB \; \alpha \; \frac{I\,dl\,\sin\theta}{r^2}$$

$$dB = K\,\frac{I\,dl\,\sin\theta}{r^2},$$ K என்பது விகித மாறிலி.

விகித மாறிலி $K = \frac{\mu}{4\pi}$, இதில் $\mu$ என்பது ஊடகத்தின் உட்புகுதிறன்.

$$\therefore \quad dB = \frac{\mu}{4\pi}\,\frac{I\,dl\,\sin\theta}{r^2}$$

$\mu = \mu_r\,\mu_o$. இங்கு $\mu_r$ என்பது ஊடகத்தின் ஒப்புமை உட்புகுதிறன், $\mu_0$ என்பது வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறன். இதன் மதிப்பு $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ henry/metre.

காற்று ஊடகத்திற்கு, $\mu_r = 1$.

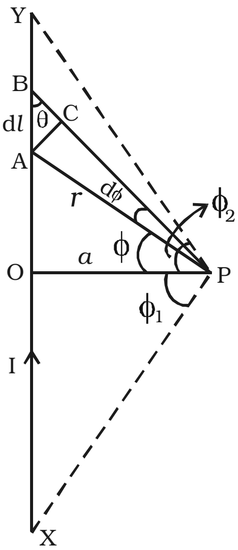
எனவே, காற்று ஊடகத்தில் $dB = \frac{\mu_o}{4\pi} \cdot \frac{I\,dl\sin\theta}{r^2}$

வெக்டர் வடிவத்தில் $\overrightarrow{dB} = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{\overrightarrow{Idl}\times\vec{r}}{r^3}$ or $\overrightarrow{dB} = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{\overrightarrow{Idl}\times\hat{r}}{r^2}$

dBன் திசையானது மின்னோட்டக் கூறு Id$l$ மற்றும் r (அதாவது, இத்தாளின் தளத்திற்கு) குத்தாக உள்நோக்கி அமையும். காந்தத் தூண்டலின் அலகு tesla (அல்லது) $Wbm^{-2}$.

### 3.3.1 மின்னோட்டம் பாயும் ஈறிலா நேர்க்கடத்தியால் ஒரு புள்ளியில் காந்தப்பாய அடர்த்தி

XY எனற நேர்க்கடத்தி ஒன்றில் I மின்னோட்டம் பாய்வதாகக் கொள்வோம் (படம் 3.11). கடத்தியிலிருந்து P என்ற புள்ளி $a$ தொலைவில் உள்ளது. AB என்பது $dl$ நீளம் கொண்ட மின்னோட்டக் கூறு. மின்னோட்டக் கூறினையும் Pயையும் இணைக்கும் நேர்க்கோடு மின்னோட்டக் கூறுடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் $\theta$ என்போம். பயட்-சவர்ட் விதியின்படி, மின்னோட்டக்கூறு $Idl$ ஆல் Pல் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல்



படம் 3.11 நீள் கடத்தி

$$dB = \frac{\mu_o}{4\pi} \cdot \frac{I\, dl \sin\theta}{r^2} \quad \ldots (1)$$

A வழியே BPக்கு AC என்ற செங்குத்துக்கோடு வரையப்படுகிறது.

$\angle OPA = \phi$, $\angle APB = d\phi$ என்க.

$$\Delta\, ABC\text{-ல்},\ \sin\theta = \frac{AC}{AB} = \frac{AC}{dl}$$

$$\therefore\ AC = dl \sin\theta \quad \ldots (2)$$

$$\Delta\, APC \text{ லிருந்து},\ AC = rd\phi \quad \ldots (3)$$

சமன்பாடுகள் (2), (3)லிருந்து

$$rd\phi = dl \sin\theta \quad \ldots (4)$$

சமன்பாடு (4)ஐ, சமன்பாடு (1)ல் பிரதியிட,

$$dB = \frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{I\, rd\phi}{r^2} = \frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{I\, d\phi}{r} \quad \ldots (5)$$

$$\Delta\, OPA\text{ல்},\ \cos\phi = \frac{a}{r}$$

$$\therefore\ r = \frac{a}{\cos\phi} \quad \ldots (6)$$

சமன்பாடு (6) ஐ சமன்பாடு (5)ல் பிரதியிட

$$dB = \frac{\mu_o}{4\pi}\ \frac{I}{a} \cos\phi\, d\phi$$

எனவே, XY கடத்தியினால் Pல் ஏற்படும் மொத்த காந்தத் தூண்டல்

$$B = \int_{-\phi_1}^{\phi_2} dB = \int_{-\phi_1}^{\phi_2} \frac{\mu_o I}{4\pi a} \cos\phi \, d\phi$$

$$B = \frac{\mu_o I}{4\pi a} [\sin \phi_1 + \sin \phi_2]$$

முடிவிலா நீளம் கொண்ட கடத்திக்கு, $\phi_1 = \phi_2 = 90^o$

$$\therefore \quad B = \frac{\mu_o I}{2\pi a}$$

கடத்தியானது $\mu$ உட்புகுதிறன் கொண்ட ஊடகத்தில் இருந்தால்,

$$B = \frac{\mu I}{2\pi a}$$

### *3.3.2 மின்னோட்டம் பாயும் வட்டச் சுருளின் அச்சில் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல்*

$a$ ஆரம் கொண்ட கம்பிச் சுருளின் வழியே I மின்னோட்டம் (படம் 3.12) பாய்வதாகக் கொள்வோம். சுருளின் மையம் $O$ விலிருந்து அதன் அச்சின் மீது P என்ற புள்ளி $x$ தொலைவில் உள்ளது. $dl$ நீளம் கொண்ட $AB$ என்ற மின்னோட்டக் கூறினைக் கருதுவோம். ABன் மையப்புள்ளி C என்போம். மற்றும் CP = r ஆகும்.

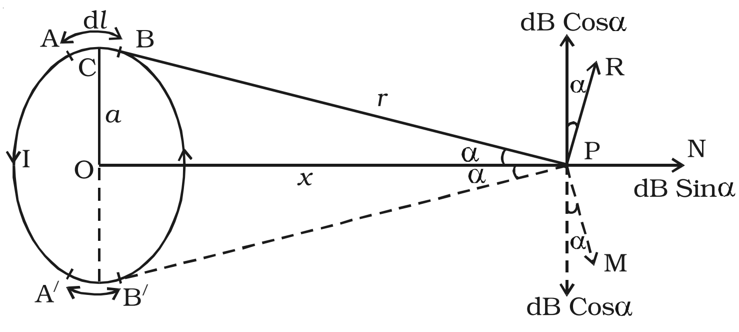
பயட்-சாவர்ட் விதியின்படி, $dl$ கூறினால் Pல் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல்

$$dB = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{I\, dl \sin\theta}{r^2},$$

$\theta$ என்பது $Idl$ மற்றும் rக்கு இடையே உள்ள கோணம்.

இங்கு $\theta = 90^o$

$$\therefore \quad dB = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{I\, dl}{r^2}$$




*படம் 3.12 வட்டச் சுருள்*

dB ன் திசையானது $Idl$ மற்றும் CPக்கு செங்குத்தாக அமையும். அதாவது CP க்கு செங்குத்தாக PR வழியே அமையும்.

AB க்கு எதிராக உள்ள A′B′ என்ற கூறினைக் கருத, Pல் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல் dBன் எண்மதிப்பு சமமாகவும், PM திசையிலும் அமையும். $dl$ மின்னோட்டக் கூறினையும் புள்ளி Pயையும் இணைக்கும் கோடு அச்சுடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் $\alpha$ என்போம்.

dB மதிப்பினை OP திசையில் dB sin $\alpha$ எனவும், இதற்கு செங்குத்தான திசையில் dB cos $\alpha$ என இரு கூறுகளாக்கலாம். dB cos $\alpha$ கூறுகள், ஒன்றுக்கொன்று எதிராக அமைவதால், அவை சமப்படுத்தப் படுகின்றன. dB sin $\alpha$ கூறுகள் இணைந்து விடும். எனவே வட்டச் சுருளால் Pல் விளையும் மொத்த காந்தப்பாய அடர்த்தி

$$B = \int dB \sin\alpha = \int \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{Idl}{r^2} \frac{a}{r} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{Ia}{r^3} \int dl$$

$$B = \frac{\mu_o Ia}{4\pi r^3} 2\pi a$$

$$B = \frac{\mu_o Ia^2}{2(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} \qquad \text{(ஏனெனில் } r^2 = a^2 + x^2\text{)}$$

சுருளில் n சுற்றுகள் இருந்தால்,

$$B = \frac{\mu_o nIa^2}{2(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

வட்டச்சுருளின் மையத்தில், $x = 0$

$$B = \frac{\mu_o nI}{2a}$$

### *3.3.3 டேன்ஜன்ட் கால்வனா மீட்டர்*

மின்னோட்டத்தினை அளக்க உதவும் கருவியான டேன்ஜன்ட் கால்வனாமீட்டர் டேன்ஜன்ட் விதியின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது. ஒன்றுக்கொன்று நேர்க்குத்தான இரு புலங்கள் செயல்படும் புள்ளியில் தொங்கவிடப்பட்ட காந்த ஊசியானது அவ்விரு புலங்களின் தொகுபயன் திசையில் நிற்கும் (படம் 3.13).

#### *அமைப்பு*

காந்தத் தன்மையற்ற பித்தளை அல்லது மரத்தாலான வட்ட வடிவச் சட்டத்தில் கம்பிச் சுருள் சுற்றப்பட்டு ஒரு பீடத்தின் மீது நேர்க்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. பீடம் கிடைத் தளத்தில் சுழலக்கூடியது. பீடத்தினை கிடைமட்டமாக வைக்க மூன்று மட்டத்

திருகுகள் உள்ளன. வட்டவடிவச் சட்டம் செங்குத்தாக விட்டம் வழியே செல்லும் அச்சைப் பற்றி சுழலும். பீடத்தின் மையத்தில் ஒரு தாங்கியின் மீது காந்த ஊசிப்பெட்டி உள்ளது.

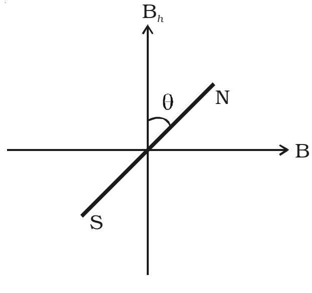
இப்பெட்டியில் கூர்முனை மீது காந்த ஊசி தாங்கப்படுகிறது. காந்த ஊசிக்கு செங்குத்தாக நீண்ட அலுமினியக் குறிமுள் உள்ளது. குறிமுள்ளின் முனைகள் டிகிரியில் அளவிடப்பட்டுள்ள வட்ட அளவுகோல் மீது இயங்கும். அளவுகோல் நான்கு கால்பகுதிகளைக் கொண்டது. காந்த ஊசிப் பெட்டியிலுள்ள ஊசியின் மையம் வட்டச் சுருளின் மையத்துடன் பொருந்துமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும். கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் சிறிய பரப்பில் சீரான காந்தப்புலம் தோன்றுவதால் சிறிய காந்த ஊசி பயன்படுத்தப்படுகிறது. எனவே விலகிய நிலையிலும் காந்தப்புலம் சீராகவே இருக்கும். கம்பிச் சுருள்கள் 2, 5, 50 சுற்றுகள் கொண்ட மூன்று பிரிவுகளாக உள்ளன. அவற்றின் தடிமன் மாறுபடுவதால் வெவ்வேறு வலிமையுடைய மின்னோட்டங்களை அளவிட பயன்படுகின்றன.

*படம் 3.13 டேன்ஜண்ட் கால்வனாமீட்டர் (தேர்விற்கு வரையத் தேவையில்லை)*

### *விளக்கம்*

கம்பிச் சுருளின் தளம் புவிகாந்தத் தூண்டலின் ($B_h$) கிடைத்தளக் கூறுக்கு இணையாக வைக்கப்பட்டு, சுருள் வழியே மின்னோட்டம் பாயும் போது இரு காந்தப்புலங்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமையும் (படம் 3.14).

(1) மின்னோட்டம் பாய்வதால் சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல் (B) (2) புவி காந்தத் தூண்டலின் கிடைத்தளக் கூறு ($B_h$) ஆகிய புலங்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகச் செயல்படும்.



*படம் 3.14 டேன்ஜண்ட் விதி*

இவ்விரு காந்தப் புலங்களினால், காந்த ஊசி விலகல் அடையும். டேன்ஜண்ட் விதியின்படி

$$B = B_h \tan \theta \qquad ...(1)$$

$a$ ஆரமும், n சுற்றுகளும் கொண்ட சுருளின் வழியே I மின்னோட்டம் பாயும் போது அதன் மையத்தில் தோன்றும் காந்தத் தூண்டல்

$$B = \frac{\mu_o nI}{2a} \qquad ...(2)$$

சமன்பாடு (2) ஐ சமன்பாடு (1)ல் பிரதியிட

$$\frac{\mu_o nI}{2a} = B_h \tan\theta$$

$$\therefore I = \frac{2aB_h}{\mu_o n} \tan\theta$$

$$I = K \tan\theta \qquad ...(3)$$

இங்கு $K = \frac{2aB_h}{\mu_o n}$ ஐ டேன்ஜண்ட் கால்வனாமீட்டரின் சுருக்கக் கூற்றெண் என்பர், குறிப்பிட்ட இடத்தில் இது ஒரு மாறிலியாகும். இச்சமன்பாட்டிலிருந்து சுற்றில் பாயும் மின்னோடத்தினை அளக்கலாம்.

டேன்ஜன்ட் கால்வனாமீட்டரின் விலகல் $45^o$ ஆக உள்ள போது நுண்ணுணர்வு அதிகம். எனவே, விலகல் $30^o$ முதல் $60^o$ வரை இருக்கும் போது மட்டுமே இக்கருவியினைப் பயன்படுத்துவது நலம்.

## 3.4 ஆம்பியரின் சுற்று விதி

பயட்-சாவர்ட் விதியினை ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி என்ற முறையிலும் கூறலாம்.

மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட, ஈறிலா, நேர்க்கடத்தியால் உண்டாகும் காந்தத் தூண்டல்

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi a}$$

$$B\,(2\pi a) = \mu_o I$$

B $(2\pi a)$ காந்தத் தூண்டல் மற்றும் கம்பிச் சுருளின் சுற்றளவு இவற்றின் பெருக்கற்பலன் ஆகும். இங்கு காந்தப்புலமானது மாறாததாகும். மூடப்பட்ட வளைவில் சுற்றளவு L எனவும், மொத்த மின்னோட்டம் $I_o$ எனவும் கொண்டால்

$$BL = \mu_o I_o \qquad ....(1)$$

ஆம்பியரின் சுற்றுவிதியினை இவ்வாறு எழுதலாம்.

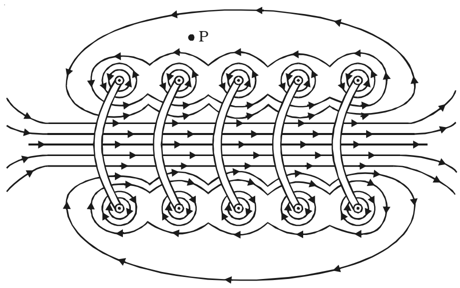
$$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_o I_o \qquad ....(2)$$

கோட்டு வழித் தொகையீட்டு **(line integeral)** மதிப்பானது மின்னோட்டப் பாதையின் வடிவம் மற்றும் கடத்தியின் நிலை இவற்றைச் சார்ந்ததல்ல. மின்னோட்டம் எதிரான திசையில் பாய்ந்தால் தொகையீட்டு மதிப்பு எதிர்க்குறியினைப் பெறும். மூடப் பட்ட பாதை வட்டத்தில் அமையாமலிருந்தால் (கடத்தி பாதையை விட்டு வெளியே

அமைந்தால்) காந்த புலத்தின் தொகையீட்டு மதிப்பு சுழியாகும். பல நீண்ட நேர்க் கடத்திகளுக்கு கணக்கிட்டாலும், இவ்விதி எத்தகைய கடத்திக்கும், பாதைக்கும் பொருந்தும். சமன்பாடு (1)லிருந்து, ஆம்பியர் சுற்று விதியினை கீழ்கண்டவாறு கூறலாம்.

எந்தவொரு மூடிய வளைகோட்டினைச் சுற்றிய காந்தப் புலத்தின் கோட்டு வழித் தொகையீட்டு மதிப்பு $\oint \vec{B}.\vec{dl}$ ஆனது, உட்புகுதிறன் ($\mu_o$) மற்றும் வளைகோட்டால் மூடப்பட்ட பரப்பு வழியே பாயும் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனுக்கு சமம்.

### *3.4.1 வரிச்சுருள்*

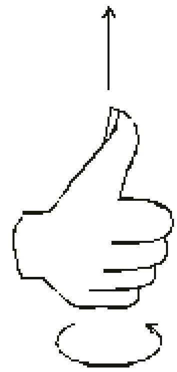



***படம் 3.15 மின்னோட்ட வரிச்சுருளினால் காந்தப்புலம்***

நீண்ட, நெருக்கமான, சுருள் வடிவில் சுற்றப்பட்ட கம்பிச் சுருள் ஆனது வரிச்சுருள் எனப்படும். நீட்டப்பட்ட வரிச்சுருளின் அமைப்பு படம் 3.15-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரிச்சுருளில் ஏற்படும் காந்தப் புலமானது, ஒவ்வொரு சுருளிலும் ஏற்படும் காந்தப் புலன்களின் வெக்டர் கூடுதலுக்குச் சமம். ஒவ்வொரு சுருளிலும் ஏற்படும் காந்தப்புலம் ஒருமைய **(concentric circles)** வட்டங்களாக அமைந்து, சுருள்களுக்கிடைப்பட்ட பகுதியில் ஒன்றையொன்று இல்லாமல் செய்து விடும். சுருளின் மையத்தில் வரிச்சுருளின் அச்சின் வழியே (வரிச்சுருளின் அச்சிற்கு இணையாக) வலிமையான காந்தப்புலம் ஏற்படும். P போன்ற புள்ளியில் வரிச்சுருளின் மேற்பரப்பில் உள்ள சுற்றுகளால் ஏற்படும் காந்தப்புலம் கீழ்பகுதியில் உள்ள சுற்றுகளால் ஏற்படும் காந்தப் புலத்திற்கு எதிராக செயல்பட்டு அழியும். எனவே, வரிச்சுருளின் வெளிப்பகுதியில் காந்தப்புலம் சுழியாகும். மூடப்பட்ட வளையங்களில் (வரிச்சுருள்) தோன்றும் காந்தப் புலத்தின் திசையினை வலது உள்ளங்கை விதியின் மூலம் பெறலாம்.

### *வலது உள்ளங்கை விதி*

வலது கையில் விரல்களின் திசையில் மின்னோட்டம் பாயும் சுருள்கள் அமையுமாறு வரிச்சுருளை பற்றிக்கொண்டால், நீட்டப்பட்ட பெருவிரல் காந்தப்புலத்தின் திசையினைத் தரும் (படம் 3.16).

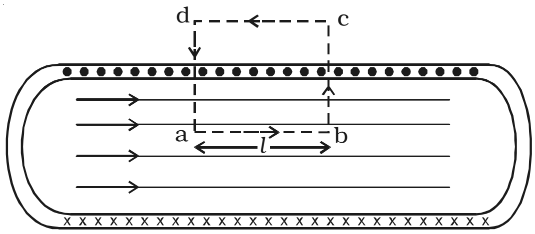


***படம் 3.16 வலது உள்ளங்கை விதி***

### *3.4.2 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட வரிச்சுருளால் ஏற்படும் காந்தப் புலம்*

ஓரலகு நீளத்தில் n சுற்றுகள் கொண்ட வரிச்சுருளில் I மின்னோட்டம் நிகழ்வதாகக் கருதுவோம். இத்தகைய நல்லியல்பு **(ideal solenoid)** வரிச்சுருளில் (ஆரத்துடன் ஒப்பிடும்போது அதிக நீளம் கொண்ட) வெளியே உள்ள புள்ளிகளில் காந்தப்புலம் சுழியாகும்.

நீண்ட வரிச்சுருளானது நீண்ட உருளைவடிவ உலோகத்தகடு போன்றது (படம் 3.17). படத்தில், மேல் வரிசையில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள (●●●) என்ற புள்ளிகள், தாளின் பரப்பிலிருந்து மின்னோட்டத் தகடு வெளியே வருவது போன்ற தோற்றத்தையும் கீழ் வரிசையில் உள்ள (×××) என்ற குறிகள், மின்னோட்டத் தகடு இத்தாளின் உட்பகுதியை நோக்கிச் செல்வது போன்ற தோற்றத்தையும் ஏற்படுத்துகின்றன. வரிச்சுருளினுள் உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தத் தூண்டலினைக் (B) காண abcd என்ற ஆம்பியரின் மூடியப் பாதை (Amperean loop)யினைக் கருதுவோம். இப் பகுதியில் $\oint \vec{B}.\vec{dl}$ நான்கு பகுதிகளைக் கொண்டது.




*படம் 3.17 நீண்ட வரிச்சுருளால் காந்தப்புலம்*

$$\therefore \oint \vec{B}.\vec{dl} = \int_a^b \vec{B}.\vec{dl} + \int_b^c \vec{B}.\vec{dl} + \int_c^d \vec{B}.\vec{dl} + \int_d^a \vec{B}.\vec{dl}$$

செவ்வகப் பகுதியின் நீளம் $l$ எனில், சமன்பாட்டின் வலது பகுதியில் முதல் வரித் தொகையீடு $Bl$ ஆகும். இரண்டாவது, நான்காவது மதிப்புகள் சுழியாகும். ஏனெனில் இப்பகுதிகள் காந்தப் புலத்தின் $\vec{B}$ திசைக்கு செங்குத்தாக இருக்கும். வரிச்சுருளின் வெளியே உள்ள புள்ளியில் காந்தப்புலம் சுழியாதலால், மூன்றாவது மதிப்பும் சுழியாகும்.

$$\therefore \quad \oint \vec{B}.\vec{dl} = Bl \qquad ...(1)$$

$l$ நீளப்பகுதியில் $nl$ சுற்றுகள் அமைவதால், பாயும் மொத்த மின்னோட்டம்

$$I_o = Inl \qquad ...(2)$$

ஆம்பியரின் சுற்றுவிதிப்படி மூடிய பாதைக்கு

$$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_o I_o \qquad ...(3)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2) ஐ (3)ல் பிரதியிட

$$Bl = \mu_o Inl$$

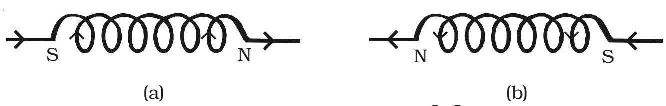
$$\therefore \quad B = \mu_o nI \qquad ...(4)$$

வரிச்சுருளானது, பொதுவாக சீரான காந்தப்புலத்தினை உருவாக்கப்பயன்படும். வரிச்சுருளின் மையத்தில் தேனிரும்பு உள்ளகத்தினைச் செலுத்தினால் அதிக காந்தப்புலம் தோன்றும்.

$$B = \mu nI = \mu_o \mu_r nI \qquad ...(5)$$

மின்னோட்டம் பாயும் வரிச்சுருள் ஒன்று தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்டால், அது தொங்கவிடப்பட்ட சட்ட காந்தத்தினைப் போன்று புவியின் வட-தென் திசையில் திரும்பி நிற்கும். வரிச்சுருளில் ஏற்படும் காந்தப் புலத்தின் திசையினை முனை விதியைக் கொண்டு பெறலாம்.

***முனை விதி***

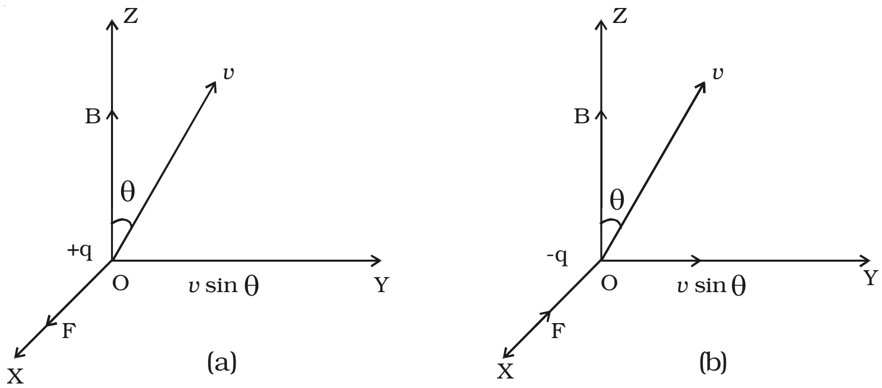



*படம் 3.18 முனைவிதி*

ஒரு முனையிலிருந்து நோக்கும் போது, வரிச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் வலஞ்சுழியாக அமைந்தால் (படம் 3.18a) அருகே உள்ள முனை தென்முனை, சேய்மையில் உள்ள முனை வடமுனையாகும்.

ஒரு முனையிலிருந்து நோக்கும் போது வரிச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் இடஞ்சுழியாக அமைந்தால் (படம் 3.18b) அருகே உள்ள முனை வடமுனை, சேய்மையில் உள்ள முனை தென்முனையாகும்.

## 3.5 காந்தவியல் லொரன்ஸ் விசை (Magnetic Lorentz force)




*படம் 3.19 லொரன்ஸ் விசை*

Z அச்சில் B என்ற சீரான காந்தத் தூண்டல் கொண்ட காந்தப்புலம் செயல்படுவதா கக் கொள்வோம். YZ தளத்தில் +q மின்னூட்டம் கொண்ட துகள் $v$ திசைவேகத்துடன், காந்தப்புலத்துடன் $\theta$ கோணத்தில் இயங்குவதாகக் கொள்வோம் (படம் 3.19a). காந்தப் புலத்தினால் துகளானது F என்ற விசையை உணர்கிறது.

இவ்விசை (லொரன்ஸ் விசை) Fன் சிறப்புகளை H.A. லொரன்ஸ் பின்வருமாறு விளக்கினார்.

(i) மின்னூட்டம் அமைதி நிலையில் இருந்தால் விசை சுழியாகும். அதாவது இயங்கும் துகள்கள் மட்டுமே, காந்தப் புலத்தால் பாதிக்கப்படும்.

(ii) மின்னூட்டமானது, காந்தப் புலத்திற்கு இணையாகவோ அல்லது எதிராகவோ இயங்கினால் செயல்படும் விசை சுழியாகும். காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தாக இயங்கினால், விசையானது பெரும மதிப்பினைப் பெறும்.

(iii) விசையானது மின்னூட்டத்திற்கு (q) நேர்விகிதத்திலும்

(iv) விசையானது காந்தத் தூண்டலுக்கு (B) நேர்விகிதத்திலும்

(v) விசையானது காந்தத் தூண்டலுக்கு குத்தாக உள்ள திசைவேகக் கூறுக்கு ($\upsilon \sin\theta$) நேர்விகிதத்திலும்

(vi) எதிர்க்குறி மின்னூட்டங்களுக்கு, இவ்விசை எதிரான திசையிலும் செயல்படும் (படம் 3.19b) இம்முடிவுகளை இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$\vec{F} = q\,(\vec{\upsilon} \times \vec{B})$$

விசையின் எண்மதிப்பு,

$$F = Bq\upsilon \sin\theta$$

துகளின் இயக்கத்திற்கு செங்குத்தான திசையில் விசை செயல்படுவதால், விசை எந்த வேலையையும் செய்வதில்லை.

மின்புலம் E, மற்றும் காந்தப்புலம் B ஆகிய இரண்டும் செயல்படும்போது மின்னூட்டத் துகளின் மீது செயல்படும் விசை

$$\vec{F} = q\,[(\vec{\upsilon} \times \vec{B}) + \vec{E}]$$

### *3.5.1 சீரான காந்தப்புலத்தில் மின்னூட்டம் பெற்ற துகளின் இயக்கம்*

B காந்தப்பாய அடர்த்தி கொண்ட காந்தப்புலம், Z அச்சு வழியே செயல்படுவதாகக் கொள்வோம். m நிறையும் q மின்னூட்டமும் கொண்ட துகள் XY தளத்தில் இயங்குகிறது (படம் 3.20). P என்ற புள்ளியில் திசைவேகம் $\upsilon$.

துகள் மீது செயல்படும் லொரன்ஸ் விசை $\vec{F} = q\,(\vec{\upsilon} \times \vec{B})$. இவ்விசையானது $\vec{\upsilon}$ மற்றும் $\vec{B}$ அமைந்த தளத்திற்கு செங்குத்தாக PO வழியாகச் செயல்படும். விசையானது திசை வேகத்திற்குச் செங்குத்தாக செயல்படுவதால், விசையால் எந்த வேலையும் செய்யப்படுவதில்லை. எனவே, திசைவேகத்தின் எண்மதிப்பு மாறாமல், திசை மட்டும் மாறும். O என்ற புள்ளி வழியே செயல்படும் இவ்விசை மைய நோக்கு விசையாக செயல்பட்டு துகளை வட்டப் பாதையில் இயங்கச் செய்யும். Q மற்றும் R புள்ளிகளில் விசையானது, QO, RO திசைகளில் செயல்படும்.

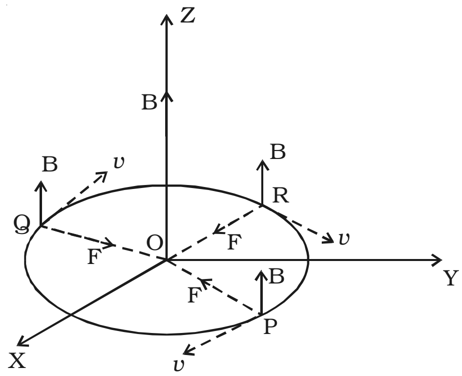
$\vec{\upsilon}$ மற்றும் $\vec{B}$ ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைவதால்,

$$F = Bqv \sin 90^{o} = Bqv$$

காந்தவியல் லொரன்ஸ் விசை தேவையான மைய நோக்கு விசையினைக் கொடுக்கும்.

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Bq} \qquad ...(1)$$



*படம் 3.20 மின்னூட்டம் பெற்ற துகளின் இயக்கம்*

சமன்பாடு (1)லிருந்து, வட்டப் பாதையின் ஆரமானது **(i)** துகளின் நிறை மற்றும் **(ii)** துகளின் திசைவேகம் இவற்றைப் பொருத்து அமையும் என அறியப்படுகிறது.

சமன்பாடு (1)லிருந்து

$$\frac{v}{r} = \frac{Bq}{m}$$

$$\omega = \frac{Bq}{m} \qquad ...(2)$$

இது துகளின் கோண திசைவேகத்தின் மதிப்பாகும்.

துகளின் அலைவு நேரம் $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$$T = \frac{2\pi m}{Bq} \qquad ...(3)$$

சமன்பாடுகள் (2), (3)லிருந்து சீரான காந்தப்புலத்தில் வட்டப் பாதையில் இயங்கும் துகளின் கோண அதிர்வெண்ணும், அலைவு நேரமும் **(i)** துகளின் திசைவேகம் (ii) வட்டப் பாதையின் ஆரம் இவற்றைப் பொறுத்ததல்ல என்று தெரிகிறது.

### *3.5.2 சைக்ளோட்ரான்*

மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்களை, உயர்ந்த ஆற்றலைப் பெறுமாறு முடுக்க உதவும் அமைப்பு சைக்ளோட்டரான், லாரன்சு **(Lawrence)** என்பவரால் வடிவமைக்கப்பட்டது.

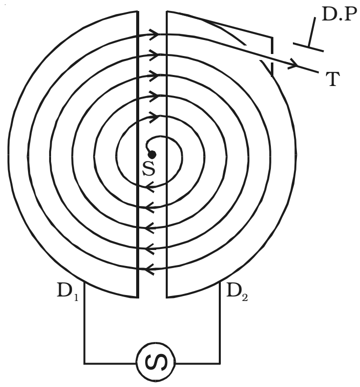
***தத்துவம்***

காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் மின்னூட்டம் பெற்ற துகள் இயங்கும்போது, செயல்படும் லொரன்ஸ் விசை, துகளை வட்டப் பாதையில் இயங்கச் செய்கிறது என்ற தத்துவத்தின் அடிப்படையில் சைக்ளோட்ரான் செயல்படுகிறது.

### *அமைப்பு*

இதில் உள்ளீடற்ற உலோக உருளை $D_1$, $D_2$ என்ற இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு வெற்றிட அறையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இவை டீக்கள் (Dees) எனப்படும் (படம் 3.21). டீக்கள் இரண்டும் சற்று இடைவெளி விட்டு வைக்கப்பட்டு, இடையே அயனிமூலம் S வைக்கப்படுகிறது. இந்த அமைப்பு வலிமையான மின்காந்தத் துருவங்களுக்கு இடையே வைக்கப்படுகிறது. டீக்கள் உயர் அதிர்வெண் அலை இயற்றியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

### *செயல்படும் விதம்*




*படம் 3.21 சைக்ளோட்ரான்*

q மின்னூட்டமும், m நிறையும் கொண்ட நேர் மின் அயனி, மூலத்திலிருந்து வெளிப்பட்டால், அந்த கணத்தில் எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற டீயால் ஈர்க்கப்படும். செங்குத்தாகச் செயல்படும் காந்த விசையால் துகள் வட்டமான பாதையில் இயங்கும். டீக்களுக்கிடைப்பட்ட பகுதியினை அயனி அடையும்போது, டீக்களின் துருவம் மாறுபடும். எனவே, துகள் மீண்டும் அடுத்த டீயினுள் அதிக வேகத்துடன், அதிக ஆரம் கொண்ட சுருள்வில் பாதையில் இயங்கும். அயனியானது டீக்களின் விளிம்பிற்கு அருகே சென்றவுடன் விலக்கத் தகடுகள் (DP) மூலம் வெளியேற்றப்படும். இந்த உயர் ஆற்றல் துகளை, தேவையான இலக்கின் (Target) T மீது மோதச் செய்யலாம்.

துகள் r ஆரம் கொண்ட வட்டப் பாதையில் $\upsilon$ திசைவேகத்துடன் இயங்கும் போது, லொரன்ஸ் விசை தேவையான மையநோக்கு விசையினைத் தரும்.

$$Bq\upsilon = \frac{m\upsilon^2}{r}$$

$$\therefore \quad \frac{\upsilon}{r} = \frac{Bq}{m} = \text{மாறிலி} \qquad ...(1)$$

அரை வட்டப்பாதையினைக் கடக்கும் காலம்

$$t = \frac{\pi r}{\upsilon} \qquad ...(2)$$

சமன்பாடு (1)ஐ (2)ல் பிரதியிட

$$t = \frac{\pi m}{Bq} \qquad ...(3)$$

சமன்பாடு (3)லிருந்து அயனி அரைவட்டப் பாதையினை கடக்கும் காலமானது (i) வட்டப்பாதையின் ஆரம் (r), (ii) துகளின் திசைவேகம் ($\upsilon$) இவற்றைச் சார்ந்ததல்ல என அறியலாம். எனவே

அலைவு நேரம் T = 2t

$$\therefore \quad T = \frac{2\pi m}{Bq} = \text{மாறிலி} \qquad ...(4)$$

எனவே, சீரான காந்தப்புலத்தில் அயனி அனைத்து வட்டப்பாதைகளையும் ஒரே காலத்தில் கடக்கும். துகளின் சுற்றியக்க அதிர்வெண்

$$\upsilon = \frac{1}{T} = \frac{Bq}{2\pi m} \qquad ...(5)$$

அலையியற்றியின் அதிர்வெண் சமன்பாடு (5)ல் கொடுக்கப்பட்ட மதிப்பினைப் பெறுமாறு செய்தால் ஒத்திசைவு ஏற்படும். புரோட்டான், டியூட்ரான், ஆல்பா துகள் போன்ற துகள்களை சைக்ளோட்ரானால் முடுக்கலாம்.

***வரம்புகள்***

**(i)** டீக்களின் பெரிய பரப்பில் சீரான காந்தப்புலம் நிறுவுவது கடினம்.

**(ii)** பெரும திசைவேகங்களில் ஏற்படும் ஒப்புமை நிறைமாறுபாடு ஒத்திசைவைக் குலைக்கும்.

**(iii)** உயர் அதிர்வெண்களில், எலக்ட்ரானின் ஒப்புமை நிறை மாறுபாடு மிக அதிகமாக இருப்பதால், எலக்ட்ரான்களை சைக்ளோட்ரானால் முடுக்க இயலாது.

## 3.6 காந்தப் புலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசை

$l$ நீளமும் A குறுக்குப்பரப்பும் கொண்ட PQ என்ற கடத்தியினைக் கருதுவோம். இக் கடத்தியானது B காந்தத் தூண்டல் கொண்ட காந்தப்புலத்துடன் $\theta$ கோணத்தில் உள்ளது (படம் 3.22). PQ வழியே I மின்னோட்டம் பாய்கிறது. எனவே எலக்ட்ரான்கள் QP திசையில் $v_d$ என்ற இழுப்பு திசைவேகத்துடன் இழுக்கப் படுகின்றன. ஓரலகு பருமனில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை n எனில், மின்னோட்டமானது,

$$I = nAv_d e$$

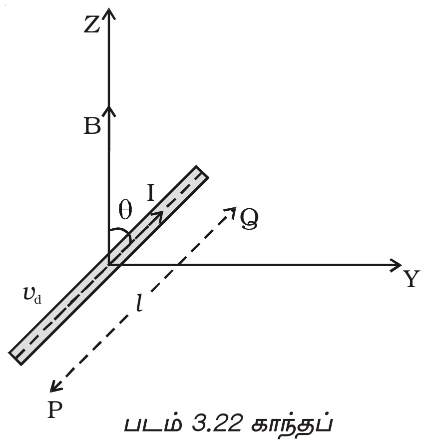
இருபுறமும் $l$ ஆல் பெருக்க

$$\therefore \quad Il = nAv_d el.$$

எனவே, மின்னோட்டக் கூறு

$$I\vec{l} = -nA\vec{v_d}el \qquad ...(1)$$

மின்னோட்டம் பாயும் திசைக்கு எதிராக எலக்ட்ரான்கள் இழுக்கப்படும் என்பதனை எதிர்க்குறி குறிக்கிறது.




***படம் 3.22 காந்தப் புலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது விசை***

எலக்ட்ரான்கள், காந்தப்புலத்தில் இயக்கத்தில் இருப்பதால், செயல்படும் லொரன்ஸ் விசை

$$\vec{f} = -e\ (\vec{v_d} \times \vec{B}) \qquad ...(2)$$

எலக்ட்ரான்கள் எதிர்மின்னூட்டம் கொண்டவை என்பதனை எதிர்க்குறி குறிக்கிறது.

கடத்தியில் கட்டற்ற எலக்ட்ரான்களின் மொத்த எண்ணிக்கை

$$N = nAl \qquad ...(3)$$

அனைத்து கட்டற்ற எலக்ட்ரான்களின் மீதும் செயல்படும்

மொத்த விசை $\vec{F} = N\vec{f}$

சமன்பாடு (2), (3)ஐ மேலே உள்ள சமன்பாட்டில் பிரதியிட

$$\vec{F} = nAl\ \{ -e\ (\vec{v_d} \times \vec{B}) \}$$

$$\vec{F} = -nAl\ e\ \vec{v_d} \times \vec{B} \qquad ...(4)$$

சமன்பாடு (1)ஐ (4)-ல் பிரதியிட,

$$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$$

கடத்தியிலுள்ள அனைத்து கட்டற்ற எலக்ட்ரான்களின்மீது செயல்படும் இவ்விசையே, காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசையாகும்.

***விசையின் எண் மதிப்பு***

விசையின் எண் மதிப்பு $F = BIl \sin \theta$

**(i)** கடத்தியானது காந்தப்புலத்தற்கு இணையாக இருந்தால், $\theta = 0^o$,

$$\therefore \quad F = 0$$

**(ii)** கடத்தியானது காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக இருந்தால் $\theta = 90^o$

$$F = BIl$$

எனவே கடத்தியானது பெரும விசையினைப் பெறும்.

***விசையின் திசை***

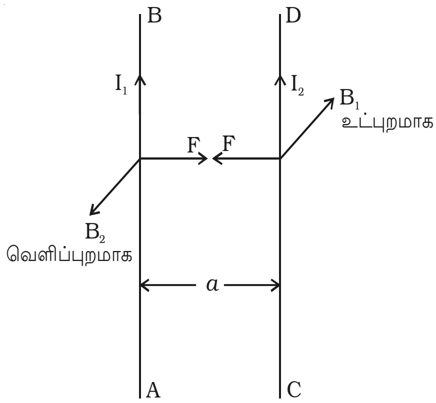
காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசையின் திசையினை, பிளமிங் இடதுகை விதியிலிருந்து பெறலாம். அதாவது இடது கையின் பெருவிரல், சுட்டுவிரல், நடுவிரல் மூன்றையும் ஒன்றுக்கொன்று நேர்க்குத்தான திசைகளில் வைத்துக் கொள்க. சுட்டுவிரல் காந்தப்புலத்தின் திசையினையும், நடுவிரல் மின்னோட்டத்தின் திசையினையும் குறித்தால், பெருவிரல் கடத்தி இயங்கும் திசையினைக் குறிக்கும்.

### 3.6.1 மின்னோட்டம் பாயும் இரு நேரான நீண்ட இணைக் கடத்திகளுக்கு இடையே ஏற்படும் விசை

AB, CD என்பன காற்றில், $a$ இடைவெளியில் உள்ள நீளமான நேரான இணைக் கடத்திகள் ஆகும். இவற்றில் $I_1$, $I_2$ மின்னோட்டம் பாய்கின்றது (படம் 3.23). AB யில் பாயும் $I_1$ மின்னோட்டதால், $a$ தொலைவில் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல்,

$$B_1 = \frac{\mu_o I_1}{2\pi a} \qquad ...(1)$$

இந்தக் காந்தப்புலம் தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்நோக்கி அமையும். இந்தக் காந்தப்புலத்தில் $(B_1)$, $I_2$ மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி CD அமைந்துள்ளதால் CDன் $l$ நீளத்தில் செயல்படும் விசை




படம் 3.23 மின்னோட்டம் பாயும் இரு நேரான இணையான கடத்திகளிடையே விசை

$$F = B_1 I_2 l$$

சமன்பாடு (1) ஐ பிரதியிட

$$F = \frac{\mu_o I_1 I_2 l}{2\pi a} \qquad ...(2)$$

பிளமிங் விதியின்படி, விசை F ஆனது இடதுபுறமாக செயல்படும், இதே போன்று CDயில் பாயும் $I_2$ மின்னோட்டத்தால் $a$ தொலைவில் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டல்

$$B_2 = \frac{\mu_o I_2}{2\pi a} \qquad ...(3)$$

இந்தக் காந்தப்புலம் தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக வெளிநோக்கி செயல்படும். $I_1$ மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியான AB இந்த காந்தப்புலத்தில் உள்ளதால் அதன் $l$ நீளத்தில் செயல்படும் விசை

$$F = B_2 I_1 l$$

சமன்பாடு (3)ஐ பிரதியிட

$$\therefore \qquad F = \frac{\mu_o I_1 I_2 l}{2\pi a} \qquad ...(4)$$

பிளமிங் விதியின்படி, இவ்விசை F வலதுபுறமாகச் செயல்படும். சமன்பாடு (2), (4)ல் கூறப்பட்ட விசைகள் ஒன்றையொன்று கவரும். எனவே, இரு கடத்திகளிலும் மின்னோட்டம் ஒரே திசையில் பாய்ந்தால் கவர்ச்சி விசையாகவும், வெவ்வேறு திசைகளில் பாய்ந்தால் விரட்டு விசையாகவும் இருக்கும்.

### *ஆம்பியரின் வரையறை (ampere)*

மின்னோட்டம் பாயும் இரு இணையான கடத்திகளின் $l$ நீளத்தில் செயல்படும் விசை

$$F = \frac{\mu_o I_1 I_2}{2\pi a} l$$

$\therefore$ ஓரலகு நீளத்தில் செயல்படும் விசை, $\frac{F}{l} = \frac{\mu_o I_1 I_2}{2\pi a}$

$I_1 = I_2 = 1A$ எனவும் $a = 1m$ எனவும் கொண்டால்

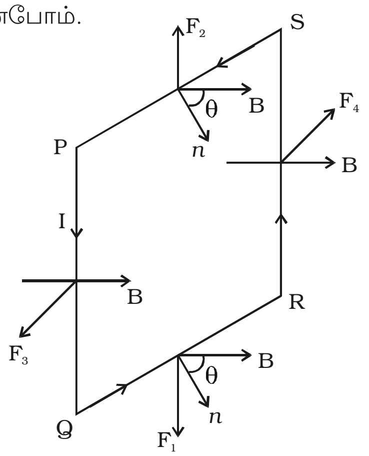
$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_o}{2\pi} \frac{1 \times 1}{1} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} = 2 \times 10^{-7}\ Nm^{-1}$$

இதிலிருந்து ஆம்பியரைப் பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம்.

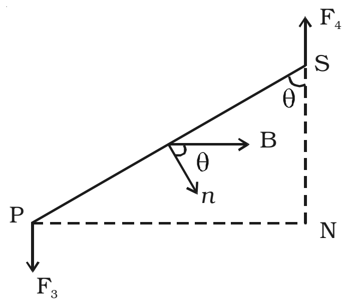
வெற்றிடத்தில் அல்லது காற்றில் ஒரு மீட்டர் இடைவெளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள, புறக்கணிக்கத்தக்க குறுக்குப் பரப்பு கொண்ட, இரு நீண்ட இணைக்கடத்திகள் வழியே, ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் செல்லும் மின்னோட்டம் ஏற்படுத்தும் விசையின் மதிப்பு $2 \times 10^{-7}\ Nm^{-1}$ எனில், அம்மின்னோட்ட அளவு ஒரு ஆம்பியர் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

## *3.7 காந்தப் புலத்தில் மின்னோட்டம் பாயும் செவ்வக வடிவச் சுருளின் மீது ஏற்படும் திருப்பு விசை*

$l$ நீளமும் b அகலமும் கொண்ட PQRS என்ற செவ்வக வடிவச் சுருளைக் கருதுவோம் (படம் 3.24). PQRS என்ற சுருளானது B காந்தத் தூண்டல் கொண்ட காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்பட்டு, மின்னோட்டம் I செலுத்தப்படுகிறது. சுருளின் தளத்திற்கு வரையப்படும் செங்குத்துக்கோடு காந்தப்புலத்துடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் $\theta$ என்போம்.




*படம் 3.24 காந்தப் புலத்தில் உள்ள சுருளின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசை*




*படம் 3.25 திருப்பு விசை*

QR என்ற புயத்தின் மீது செயல்படும் விசை, $\vec{F_1} = \overrightarrow{I(QR)} \times \vec{B}$

$\overrightarrow{I(QR)}$ மற்றும் $\vec{B}$ க்கு இடைப்பட்ட கோணம் $(90^o - \theta)$. எனவே,

$F_1$ ன் எண் மதிப்பு = $BIb \sin (90^o - \theta)$

$F_1 = BIb \cos \theta$

SP என்ற புயத்தின் மீது செயல்படும் விசை, $\vec{F_2} = \overrightarrow{I(SP)} \times \vec{B}$

$\overrightarrow{I(SP)}$ க்கும் $\vec{B}$ க்கு இடையே கோணம் $(90^o + \theta)$, எனவே $F_2$ன் எண் மதிப்பு

$\therefore F_2 = BIb \cos \theta$

$F_1$, $F_2$ விசைகள் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக ஆனால் எதிரெதிராக ஒரே கோட்டில் செயல்படுவதால் விளைவுப் பயன் சுழியாகும்.

PQ புயத்தின் மீது விசை, $\vec{F_3} = \overrightarrow{I(PQ)} \times \vec{B}$

$\overrightarrow{I(PQ)}$ க்கும் $\vec{B}$ க்கும் இடையே உள்ள கோணம் $90^o$. எனவே,

$\therefore$ $F_3$ ன் எண் மதிப்பு,

$F_3 = BIl \sin 90^o = BIl$

$F_3$ ஆனது தாளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக வெளிநோக்கிச் செயல்படும்.

RS புயத்தின் மீது செயல்படும் விசை, $\vec{F_4} = \overrightarrow{I(RS)} \times \vec{B}$

$\overrightarrow{I(RS)}$ க்கும் $\vec{B}$ க்கும் இடையே உள்ள கோணம் $90^o$.

$F_4$ன் எண் மதிப்பு, $F_4 = BIl \sin 90^o = BIl$

இவ்விசை, தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக உள்நோக்கிச் செயல்படும்.

$F_3$, $F_4$ விசைகள் எண் மதிப்பில் சமமாகவும், எதிரெதிரான திசையிலும், வெவ்வேறு கோடுகளில் செயல்படுவதாலும், கம்பிச் சுருளின் மீது ஒரு திருப்பு விசை செயல்படும்.

எனவே,

திருப்பு விசை, $\tau = BIl \times PN = BIl \times PS \times \sin \theta$ (படம் 3.25)

$$\tau = BIl \times b \sin \theta = BIA \sin \theta$$

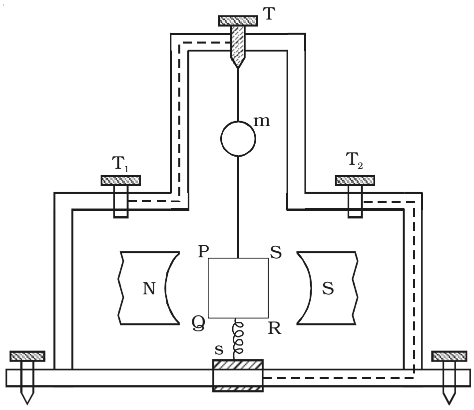
கம்பிச் சுருளில் n சுற்றுகள் இருந்தால்

$$\tau = nBIA \sin \theta$$

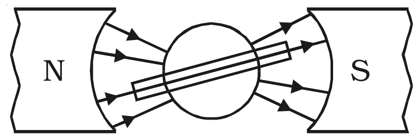
எனவே, கம்பிச் சுருளின் தளம் காந்தப்புலத்திற்கு இணையாக இருக்கும்போது பெரும திருப்புவிசையும், செங்குத்தாக இருக்கும்போது சுழி திருப்புவிசையும் செயல்படும்.

### *3.7.1 இயங்குசுருள் கால்வனாமீட்டர்*

இயங்கு சுருள் கால்வனாமீட்டர் என்பது, ஒரு சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தினை அளக்கும் கருவியாகும்.




*படம் 3.26 இயங்கு சுருள் கால்வனா மீட்டர்*




*படம் 3.27 ஆரவியல் காந்தப்புலம்*

### *தத்துவம்*

காந்தப்புலத்தில் மின்னோட்டம் பாயும் சுருள் ஒன்றை வைக்கும்போது அதில் திருப்பு விசை செயல்படும்.

### *அமைப்பு*

அதிக எண்ணிக்கையில் காப்பிடப்பட்ட மெல்லிய தாமிரக் கம்பியாலான சுருள், லேசான செவ்வக வடிவ உலோகச் சட்டத்தின் மீது சுற்றப்பட்டுள்ளது (படம் 3.26). சரி செய்யக்கூடிய திருகு ஒன்றிலிருந்து பாஸ்பர் - வெண்கலக் கம்பி மூலம், கம்பிச் சுருளானது இலாட வடிவ காந்தத்தின் துருவங்களுக்கிடையே தொங்கவிடப்படுகிறது. கம்பிச் சுருளின் மறுமுனை, பாஸ்பர் வெண்கலக் கலவையிலுள்ள மயிரிழைச் சுருளின் **(hair spring)** வழியே திருகுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் தேனிரும்பு உருளை வைக்கப்பட்டிருக்கும். காந்த முனைகள் அரைக்கோள வடிவில் உள்ளதால், எந்த நிலையிலும் சுருளின் மீது செயல்படும் ஆரவியல் காந்தப்புலம் இணையாக இருக்கும் (படம் 3.27).

ஒரு சிறிய லேசான சமதள ஆடி **(M),** கம்பிச் சுருள் தொங்கவிடப்பட்ட பாஸ்பர் - வெண்கலக் கம்பியின் மீது பொருத்தப்பட்டிருக்கும். மின்விளக்கு மற்றும் அளவுகோலைப் பயன்படுத்தி சுருளின் விலகலை அளக்கலாம்.

### *விளக்கம்*

**PQRS** என்ற ஒரு சுருளை மட்டும் கருதுவோம் (படம் 3.28). **I** மின்னோட்டம் சுருளின் வழியேச் செல்வதாகக் கொள்வோம். ஆரவியல் காந்தப்புலம் எப்பொழுதும்

சுருளின் தளத்திற்கு இணையாக செயல்படும். QR, SP புயங்களின் மீது விசை எதுவும் செயல்படுவதில்லை. ஏனெனில், இந்த புயங்கள் காந்தப் புலத்திற்கு இணையாக இருக்கும். PQ, RS பக்கங்கள் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக இருக்கும்.

PQ = RS = $l$, சுருளின் நீளம் மற்றும்

PS = QR = b, சுருளின் அகலம் ஆகும்.

PQ மீது செயல்படும் விசை F = BI (PQ) = BI$l$.

பிளமிங்கின் இடதுகை விதிப்படி, இவ்விசை சுருளின் தளத்திற்கு குத்தாக வெளிநோக்கி செயல்படும்.

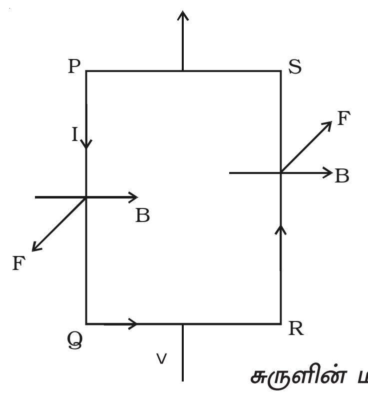
RS மீது செயல்படும் விசை F = BI (RS) = BI$l$.

இவ்விசை தாளின் தளத்திற்குக் குத்தாக உள்நோக்கிச் செயல்படும். இந்த இரண்டு சமமான, எதிரெதிரான வெவ்வேறு கோடுகள் வழியாகச் செயல்படும் விசைகள் ஒரு இரட்டையினை (couple) ஏற்படுத்தி சுருளை விலக்கமடையச் செய்யும். சுருளில் n சுற்றுகள் இருந்தால்,

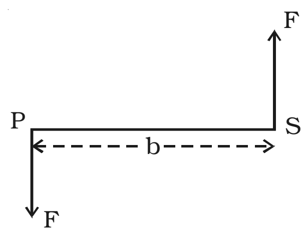
இரட்டையின் திருப்பு விசை = $n$ BI$l$ × b = $n$BIA

(படம் 3.29 லிருந்து கணக்கிடப்படுகிறது)

கம்பிச் சுருள் விலகல் அடையும்போது, தொங்கவிடப்பட்ட கம்பி முறுக்கப்படும். மீட்சிப் பண்பின் காரணமாக மீள்விசை உருவாகும். இவ்விரட்டையின் திருப்பு விசை, கம்பியின் முறுக்கு அளவைப் பொறுத்தது. கம்பிச் சுருளின் விலகல் θ எனில்




படம் 3.28




*சுருளின் மீதான திருப்புவிசை*

படம் 3.29

மீள் இரட்டையின் திருப்பு விசை = Cθ

C என்பது ஓரலகு விலகலுக்கு இரட்டையின் திருப்பு விசை

சமநிலையில், இரட்டையின் திருப்பு விசை = மீள் இரட்டையின் திருப்பு விசை

$$nBIA = C\theta$$

$$\therefore \quad I = \frac{C}{nBA}\theta$$

இங்கு $I = K\theta$ இதில் $K = \frac{C}{nBA}$, கால்வனாமீட்டர் மாறிலி

அதாவது $I \alpha \theta$

கம்பிச் சுருளின் விலக்கம் அதன் வழியே செல்லும் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் அமையும். பயன்படுத்தப்படும் அளவுகோலில் நேரடியாக மின்னோட்டத்தின் எண் மதிப்பினைப் பெறுமாறு அளவிடப்பட்டிருக்கும்.

### *3.7.2 குறிமுள் வகை இயங்கு சுருள் கால்வனா மீட்டர்*

தொங்கவிடப்பட்ட சுருள் வகை கால்வனா மீட்டரின் உணர்வு நுட்பம் மிக அதிகம். இதனைக் கொண்டு $10^{-8}$ ஆம்பியர் அளவிலான மின்னோட்டங்களை அளக்கலாம். எனவே, இவற்றைக் கவனமாகக் கையாள வேண்டும். ஆய்வகத்தில் வீட்ஸ்டன் சமனச் சுற்று போன்ற ஆய்வுகளுக்கு இந்த அளவு உணர்வு நுட்பம் அவசியமில்லை. எனவே குறிமுள் வகை கால்வனாமீட்டர் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வகையில் கம்பிச் சுருளானது சிறிய இரும்பு குண்டுகளின் மீது பொருத்தப்பட்டு, லேசான அலுமினியக் குறிமுள் இணைக்கப்பட்டு, மின்னோட்டம் செல்லும்போது அளவுகோல் மீது இயங்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். மீள் இரட்டையானது சுருள்வில் (Spring) ஒன்றின் மூலம் அளிக்கப்படும்.

### *3.7.3 கால்வனாமீட்டரின் மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பம் (Current sensitivity of galvanometer)*

கால்வனாமீட்டரின் வழியே ஓரலகு மின்னோட்டம் பாயும்போது ஏற்படும் விலகலே மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பம் எனப்படும். ஒரு கால்வனாமீட்டரானது குறைந்த மின்னோட்டத்திற்கும் அதிக விலகலை உண்டாக்குமானால், உணர்வு நுட்பம் கொண்டது எனலாம்.

கால்வனாமீட்டரில், $I = \frac{C}{nBA}\theta$

மின்னேட்ட உணர்வு நுட்பம், $\frac{\theta}{I} = \frac{nBA}{C}$ ...(1)

மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பத்தினைப் பின்வரும் முறைகளில் அதிகரிக்கலாம்.

(i) கம்பிச் சுருளில் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரித்தல்

(ii) காந்தத் தூண்டலினை அதிகரித்தல்

(iii) சுருளின் பரப்பினை அதிகரித்தல்

(iv) தொங்கவிடப்பட்ட கம்பியின் ஓரலகு விலகலுக்கான திருப்பு விசையினைக் குறைத்தல்

ஓரலகு விலகலுக்கான திருப்பு விசையின் மதிப்பு பாஸ்பர் -வெண்கல கலவைக்கு மிகக் குறைவு என்பதால், அதனை கால்வனாமீட்டரில் பயன்படுத்தலாம்.

### *3.7.4 கால்வனாமீட்டரின் மின்னழுத்த உணர்வு நுட்பம் (voltage sensitivity of galvanometer)*

ஓரலகு மின்னழுத்தத்திற்கான விலகலை மின்னழுத்த உணர்வு நுட்பம் எனலாம்.

மின்னழுத்த உணர்வு நுட்பம்,

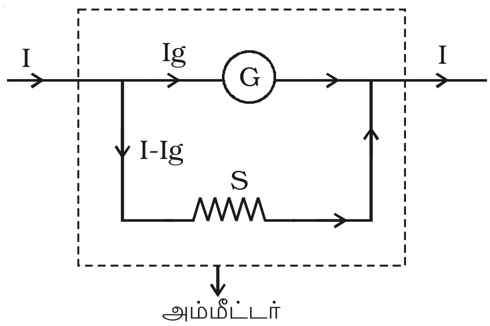
$$\frac{\theta}{V} = \frac{\theta}{IG} = \frac{nBA}{CG}$$

இங்கு G என்பது கால்வனாமீட்டரின் மின்தடை.

இங்கு மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பத்தினை உயர்த்தும் போது, மின்னழுத்த உணர்வு நுட்பமும் உயரும் எனக் கூற இயலாது என்பதை கவனிக்க வேண்டும். கம்பிச் சுருளில் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை (n) இருமடங்காக்கப்படும்போது, மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பம் இருமடங்காகும் (சமன்பாடு - 1). ஆனால் சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை உயரும்போது, மின்தடை (G)யும் உயரும், எனவே மின்னழுத்த உணர்வு நுட்பம் மாறாது.

### *3.7.5 கால்வனாமீட்டரை அம்மீட்டராக (ammeter) மாற்றுதல்*

ஒரு மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்வதை அறிய உதவும் கருவி கால்வனாமீட்டர். பாயும் மின்னோட்டத்தினைச் சார்ந்து விலகல் ஏற்பட்டாலும், அளவுகோலில் அளவுகள் ஆம்பியரில் குறிக்கப்பட்டிருக்காது. உணர்வு நுட்பம் மிக்க கருவி என்பதால் அதன் வழியே அதிக மின்னோட்டத்தினை செலுத்தக் கூடாது. ஏனெனில், கம்பிச் சுருள் பாதிக்கப்படலாம். இருப்பினும் பக்க இணைப்பில் குறைந்த மின்தடை S ஒன்றை இணைப்பதன் மூலம் கால்வனாமீட்டரை அம்மீட்டராக மாற்றலாம் (படம் 3.30). பக்க இணைப்பிலுள்ள மின்தடை இணைத்தடம் (shunt) எனப்படும். அளவு கோல் ஆம்பியரில் அளவிடப்பட்டிருக்கும்.




*படம் 3.30 கால்வனா மீட்டரை அம்மீட்டராக மாற்றுதல்*

இணைத்தடத்தின் மின்தடை, கால்வனாமீட்டரின் வழியே பாய வேண்டிய

மின்னோட்டத்தின் அளவினைப் பொருத்தது. $I_g$ என்பது கால்வனாமீட்டர் வழியே பாய வேண்டிய பெரும மின்னோட்டம் என்போம். இம்மின்னோட்டத்திற்கு அளவு கோலில் முழு விலகல் ஏற்படும்.

கால்வனா மீட்டரின் மின்தடை = G

இணைத்தட மின்தடை = S

சுற்றில் மின்னோட்டம் = I

இணைத்தடம் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் = $I_s = (I - I_g)$

கால்வனாமீட்டருடன், இணைத்தடம் பக்க இணைப்பில் உள்ளதால், மின்னழுத்தம் சமம்.

$$\therefore\ I_g \cdot G = (I - I_g)S$$

$$S = G\ \frac{I_g}{I - I_g} \ldots(1)$$

$I_g$ என்பது I-ன் சிறுபகுதியே. எனவே, இணைத்தடத்தின் மின்தடை மிகக் குறைவாக இருக்கும். அம்மீட்டரின் பயனுறு மின்தடை (G உடன் S பக்க இணைப்பில்) $R_a$ எனில்

$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{G} + \frac{1}{S}$$

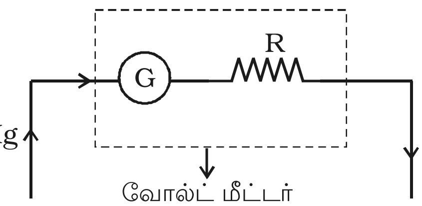
$$\therefore \qquad R_a = \frac{GS}{G + S}$$

$R_a$ மதிப்பு மிகக் குறைவாக இருப்பதால், மின்சுற்றில் அம்மீட்டரை தொடரிணைப்பில் மட்டுமே இணைக்க வேண்டும். தொடரிணைப்பில் இணைக்கும்போது சுற்றின் மின்தடையில் அதிக மாற்றம் ஏற்படாது. எனவே சிறந்த அம்மீட்டர் என்பது சுழி மின்தடையினைக் கொண்டிருக்கும்.

### *3.7.6 கால்வனாமீட்டரை வோல்ட்மீட்டராக மாற்றுதல்*

மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியில் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த மாறுபாட்டினை அளக்கும் கருவி வோல்ட் மீட்டர் ஆகும்.

கால்வனா மீட்டருடன் தொடரிணைப்பில் உயர்மின் தடையினை இணைப்பதன் மூலம் வோல்ட்மீட்டரை பெறலாம் (படம் 3.31). அளவுகோலில் அளவுகள் வோல்ட்டில் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்படும் மின்தடையின் மதிப்பி னைக் கொண்டு வோல்ட் மீட்டரின் நெடுக்கம் (range) அறியலாம்.




*படம் 3.31 கால்வனாமீட்டரை வோல்ட் மீட்டராக மாற்றுதல்*

கால்வனாமீட்டரின் மின்தடை = G

கால்வனாமீட்டரில் முழு விலகலை ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டம் = $I_g$

வோல்ட்மீட்டரின் நெடுக்கம் = V

மின்தடை = R

கால்வனாமீட்டருடன் மின்தடை R தொடராக உள்ளதால், கால்வனாமீட்டரின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம்

$$I_g = \frac{V}{R + G}$$

$$\therefore \quad R = \frac{V}{I_g} - G$$

இதிலிருந்து, தொடரிணைப்பில் இணைக்க வேண்டிய மின்தடையின் மதிப்பினைக் கணக்கிடலாம். வோல்ட் மீட்டரின் பயனுறு மின்தடை,

$$R_v = G + R$$

$R_v$ மதிப்பு மிக அதிகம் என்பதால், மின்சுற்றிலிருந்து, வோல்ட் மீட்டர் மிகக் குறைந்த மின்னோட்டத்தைப் பெறும். எனவே, வோல்ட் மீட்டரை பக்க இணைப்பில் இணைக்க வேண்டும். அதாவது, மின்னழுத்தம் அளக்க வேண்டிய புள்ளிகளுக்கிடையே உள்ள மின்தடையினைக் காட்டிலும், வோல்ட் மீட்டரின் மின்தடை மிக அதிகமாக இருக்க வேண்டும். இல்லையெனில் அதிக மின்னோட்டத்தினை வோல்ட் மீட்டர் பெற்றுக் கொண்டு, சுற்றின் எஞ்சிய பகுதியில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பினைக் குறைத்துவிடும். இந்நிலையில் உண்மையான மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை விட மிகக் குறைந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டினையே அளக்க இயலும். வோல்ட் மீட்டர் அதிக மின்தடை கொண்டதாக இருந்தால் மட்டும் இந்தப் பிழையினைத் தவிர்க்கலாம். மின்தடை ஈறிலா மதிப்பாக இருப்பின், அக்கருவி ஒரு சிறந்த வோல்ட் மீட்டராகும்.

## 3.8 மின்னோட்ட வளையம் காந்த இருமுனையாகச் செயல்படுதல்

குறிப்பிட்ட மின்னோட்டம், வரிச்சுருளில் பாயும்போது தோன்றும் காந்த விசைக் கோடுகளும், சட்ட காந்தத்தில் தோன்றும் விசைக்கோடுகளும் ஒரே மாதிரியானவை என ஆம்பியர் கண்டறிந்தார். இவ்விரு பொருள்களைச் சுற்றி காந்த ஊசியினைக் கொண்டு சென்றால் ஒரே மாதிரியான விலகலைக் காணலாம். இவ்விரண்டு நிகழ்வுகளிலும் உள்ள ஒத்த பண்புகளை ஆராய்ந்து, மின்னோட்டம் செல்லும் வளையம் சட்ட காந்தம் போன்று செயல்படும் என விளக்கி, இந்தக் காந்த நிகழ்வுகள் அனைத்தும் சுற்றிப்பாயும் (circulating) மின்னோட்டத்தினால்தான் என்பது ஆம்பியரின் கருத்து.

மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிச் சுருளின் அச்சின் மேல் உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தத் தூண்டல்,

$$B = \frac{\mu_o n I a^2}{2(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

இந்த காந்தப்புலத்தின் திசை, சுருளின் அச்சில் அமையும் என்பதனை வலதுகை விதி மூலம் அறியலாம். சுருளின் மையத்திலிருந்து அதிக தொலைவில் உள்ள புள்ளிகளுக்கு, $x>>a$, எனவே $a^2$ மிகக் குறைவாக இருப்பதால் சமன்பாட்டின் பகுதியில் உள்ள $a^2$ புறக்கணிக்கத்தக்கதாகும். இத்தகைய புள்ளிகளில்

$$B = \frac{\mu_o n I a^2}{2x^3}$$

ஒரு சுற்றினை மட்டும் கருதினால் $n = 1,\ A = \pi a^2$

$$\therefore \qquad B = \frac{\mu_o IA}{2\pi x^3} \qquad ...(1)$$

சிறிய சட்ட காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டின் மேலுள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தத் தூண்டல்

$$B = \frac{\mu_o}{4\pi} \cdot \frac{2M}{x^3} = \frac{\mu_o}{2\pi} \cdot \frac{M}{x^3} \qquad ...(2)$$

சமன்பாடு (1) மற்றும் (2)ஐ ஒப்பிட

$$M = IA \qquad ...(3)$$

எனவே, மின்னோட்ட வளையமானது M என்ற திருப்புத்திறன் கொண்ட காந்த இருமுனைக்குச் சமம். $M = IA$

பாயும் மின்னோட்டம் மற்றும் வளையத்தின் பரப்பு இவற்றின் பெருக்கற்பலனை மின்னோட்ட வளையத்தின் திருப்புத்திறன் என வரையறுக்கலாம். இத்திருப்புத்திறன் வளையத்தின் தளத்திற்கு குத்தாகச் செயல்படும்.

### 3.9 சுற்றி வரும் எலக்ட்ரானின் காந்த இருமுனைத் திருப்புத் திறன்

நீல்ஸ்போர் அணுமாதிரியின்படி, நேர் மின்னூட்டம் கொண்ட அணுக்கருவைச் சுற்றி r ஆரம் கொண்ட வட்டப்பாதையில் எதிர்மின்னூட்டம் கொண்ட எலக்ட்ரான் சுற்றி வரும். இதனால், மின்னோட்டம் உண்டாகும். இடஞ்சுழியாகச் செல்லும் எலக்ட்ரான், வலஞ்சுழியின் திசையில் மரபு மின்னோட்டத்தினை உண்டாக்கும்.

மின்னோட்டம், $i = \frac{e}{T}$. இங்கு T என்பது எலக்ட்ரானின் சுற்றுக்காலம்.

சுற்றுப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் $v$, எனில்

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$\therefore \qquad i = \frac{ev}{2\pi r}$$

வட்டப் பாதையில் எலக்ட்ரானின் இயக்கம் காரணமாக, $\mu_l$ என்ற சுற்றுப்பாதை காந்தத் திருப்புத் திறனைப் (orbital magnetic moment) பெறும்.

$\mu_l = iA$, இங்கு A என்பது வட்டப் பாதையின் பரப்பு

$$\mu_l = \frac{ev}{2\pi r} \cdot \pi r^2$$

$$\mu_l = \frac{evr}{2}$$

எலக்ட்ரானின் நிறை m எனில்,

$$\mu_l = \frac{e}{2m}(mvr) \qquad \text{(m ஆல் பெருக்க, m ஆல் வகுக்க)}$$

$mvr = l$ என்பது மைய அணுக்கருவினைச் சார்ந்த கோண உந்தம்

$$\mu_l = \frac{e}{2m}\, l \qquad \ldots (1)$$

$\frac{\mu_l}{l} = \frac{e}{2m}$ என்பது ஒரு மாறிலி ஆகும்.

சுழல் காந்த விகிதம் (gyro magnetic ratio) எனப்படும் இந்த மாறிலியின் மதிப்பு $8.8 \times 10^{10}$ C $kg^{-1}$. கோண உந்தமானது குறிப்பிட்ட முழுமையான எண் மதிப்புகளையே பெறும் என்பது போரின் கருத்து அதாவது,

$$l = \frac{nh}{2\pi} \qquad \ldots(2)$$

$n$ என்பது இயல் எண், மற்றும் பிளாங்க் மாறிலி, $h = 6.626 \times 10^{-34}$ J s

சமன்பாடு (2)ஐ (1)ல் பிரதியிட

$$\mu_l = \frac{e}{2m} \cdot \frac{nh}{2\pi} = \frac{neh}{4\pi m}$$

காந்தத் திருப்புத் திறனின் சிறும மதிப்பு

$$(\mu_l)_{\text{சிறுமம்}} = \frac{eh}{4\pi m}, \; n = 1$$

$\frac{eh}{4\pi m}$ என்பது போர் மேக்னட்டான் (Bohr magneton) எனப்படும்.

*e, h, m* மதிப்புகளைப் பிரதியிட, போர் மேக்னட்டான் மதிப்பு $9.27 \times 10^{-24}$ $Am^2$ எனக் கணக்கிடப்பட்டது.

எலக்ட்ரானின் சுற்றுப்பாதை இயக்கத்தின் காரணமான சுற்றுப்பாதை காந்தத் திருப்புத்திறனுடன், தற்சுழற்சி காரணமாகவும் ஒரு காந்தத் திருப்புத்திறன் இருக்கும். எனவே ஒரு எலக்ட்ரானின் காந்தத் திருப்புத் திறனானது சுற்றுப்பாதை காந்தத் திருப்புத்திறன் மற்றும் தற்சுழற்சி காந்தத் திருப்புத்திறன் இவற்றின் வெக்டர் கூடுதலுக்குச் சமம்.

## தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

3.1 ஜூல் ஆய்வு ஒன்றில் சுருளின் முனைகளுக்கு இடையே 6V மின்னழுத்தம் உள்ள போது 30 நிமிடங்களுக்கு மின்னோட்டம் செலுத்த, வெப்பநிலை $5^oC$ உயர்கிறது. அதே மின்னோட்டத்தினை சுருளின் குறுக்கே 9V மின்னழுத்தம் உள்ள போது 20 நிமிடங்களுக்கு செலுத்தினால் ஏற்படும் வெப்பநிலை உயர்வு என்ன?

**தகவல் :** $V_1 = 6V,\ t_1 = 30 \times 60\ s,\ \theta_2 - \theta_1 = d\theta = 5^0C$

$V_2 = 9V,\ t_2 = 20 \times 60\ s,\ d\theta' = ?$

**தீர்வு :**

$$\frac{V_1^2}{R}\ t_1 = w\ d\theta$$

$$\frac{V_2^2}{R} t_2 = w\ d\theta'$$

$$\frac{V_2^2}{V_1^2}\ \frac{t_2}{t_1} = \frac{d\theta'}{d\theta}$$

$$\therefore\ d\theta' = \frac{V_2^2}{V_1^2} \cdot \frac{t_2}{t_1} \cdot d\theta$$

$$= \frac{(9)^2}{(6)^2} \times \frac{20 \times 60}{30 \times 60} \times 5$$

$$\therefore\ d\theta' = 7.5^oC.$$

3.2 100 W, 220 V மின் பல்பு ஒன்றின் மின்னிழையின் மின்தடையினைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $P = 100\ W,\ V = 220\ V,\ R = ?$

**தீர்வு :**

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$\therefore\quad R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220)^2}{100} = 484\ \Omega$$

3.3 நீர் சூடேற்றி ஒன்றில் 1500 W, 220 V என குறிக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னழுத்தம் 180 V ஆகக் குறைந்தால் பயன்படுத்திய திறன் என்ன?

**தகவல் :** $P_1 = 1500\ W,\ V_1 = 220\ V,\ V_2 = 180\ V,\ P_2 = ?$

**தீர்வு :** (i) $P_1 = \dfrac{V_1^2}{R}$

$$\therefore\ R = \frac{V_1^2}{P_1} = \frac{(220)^2}{1500} = 32.26\Omega$$

$$\therefore\ P_2 = \frac{V_2^2}{R} = \frac{(180)^2}{32.26}$$

$$\therefore\ P_2 = 1004 \text{ Watt}$$

**மாற்றுமுறை**

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R},\ P_2 = \frac{V_2^2}{R}$$

$$\therefore \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

$$\therefore \quad P_2 = P_1 \times \frac{V_2^2}{V_1^2} = 1500 \times \frac{(180)^2}{(220)^2}$$

$$\therefore \quad P_2 = 1004 \text{ Watt.}$$

3.4 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட நேர்க்கடத்தியிலிருந்து 15 cm தொலைவில் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டலின் மதிப்பு $4 \times 10^{-6}$T எனில், மின்னோட்டத்தினைக் கணக்கிடு.

**தகவல் :** $B = 4 \times 10^{-6}$T, $a$=15 x $10^{-2}$m, I=?

**தீர்வு :** $B = \frac{\mu_o I}{2\pi a}$

$$\therefore I = \frac{B \times 2\pi a}{\mu_o} = \frac{4 \times 10^{-6} \times 2\pi \times 15 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7}}$$

$$\therefore\ I = 3A$$

3.5 200 சுற்றுகளும், 20 cm ஆரமும் கொண்ட கம்பிச் சுருள் வழியே 5A மின்னோட்டம் பாய்கிறது. சுருளின் அச்சின்மீது ஆரத்தைப் போல மூன்று மடங்கு தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் காந்தத் தூண்டலைக் கணக்கிடு.

தகவல் : n = 200; $a$ = 20cm = 2 × $10^{-1}$m; I = 5A; $x = 3a$; B = ?

**தீர்வு :** $B = \frac{\mu_o n I a^2}{2(a^2 + x^2)^{3/2}}$

$$B = \frac{\mu_o n I a^2}{2(a^2 + 9a^2)^{3/2}} = \frac{\mu_o n I a^2}{2(10a^2)^{3/2}} = \frac{\mu_o n I}{a \times 20\sqrt{10}}$$

$$B = \frac{\mu_o n I \sqrt{10}}{a \times 200} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 200 \times 5 \times \sqrt{10}}{2 \times 10^{-1} \times 200}$$

$$B = 9.9 \times 10^{-5}\ T$$

3.6 30 cm விட்டமும், 5 சுற்றுகளும் கொண்ட டேன்ஜன்ட் கால்வனாமீட்டரின் வழியே 4A மின்னோட்டம் செலுத்தப்படுகிறது. புவி காந்தக் கிடைத்தளக்கூறின் மதிப்பு $4 \times 10^{-5}$ T எனில், ஏற்படும் விலகல் மதிப்பினைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $n = 5$; $I = 4A$; $d = 3 \times 10^{-1}$ m; $B_h = 4 \times 10^{-5}$ T;

$a = 1.5 \times 10^{-1}$ m; $\theta = ?$

**தீர்வு :** $I = \frac{2aB_h}{\mu_o n} \tan\theta$

$$\therefore \tan\theta = \frac{\mu_o nI}{2aB_h} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 4}{2 \times 1.5 \times 10^{-1} \times 4 \times 10^{-5}}$$

$\tan\theta = 2.093$

$\therefore \theta = 64^o\ 28'$

3.7 ஒரு டேன்ஜன்ட் கால்வனாமீட்டரில் 1A மின்னோட்டம் $30^o$ விலகலை உண்டாக்குகிறது. $60^o$ விலகலை உண்டாக்கும் மின்னோட்டத்தினைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $I_1 = 1A$; $\theta_1 = 30^0$; $\theta_2 = 60^0$; $I_2 = ?$

$I_1 = k \tan\theta_1$

$I_2 = k \tan\theta_2$

$$\therefore \frac{I_2}{I_1} = \frac{\tan\theta_2}{\tan\theta_1}$$

$$I_2 = I_1 \times \frac{\tan\theta_2}{\tan\theta_1}$$

$$I_2 = I_1 \times \frac{\tan 60^o}{\tan 30^o} = \frac{1 \times \sqrt{3}}{\left(1/\sqrt{3}\right)} = \sqrt{3}\sqrt{3} = 3A$$

$I_2 = 3A$

3.8 ஒரு வரிச் சுருளின் நீளம் 2m, விட்டம் 3 cm. இச்சுருள் 1000 சுற்றுகளைக் கொண்ட 5 ஏடுகளைக் கொண்டது. பாயும் மின்னோட்டம் 5A எனில், சுருளின் மையத்தில் அதன் அச்சின் மேல் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டலைக் கணக்கிடு.

**தகவல் :** $l = 2m$, $N = 5 \times 1000$ சுற்றுகள் $I = 5A$, $B = ?$

தீர்வு : $B = \mu_o nI = \mu_o \frac{N}{l}.I$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5000 \times 5}{2}$$

$B = 1.57 \times 10^{-2}$ T

3.9 $10^{-4}$ T காந்தத் தூண்டல் கொண்ட காந்தப் புலத்துடன் $30^o$ கோணத்தில் ஆல்பா துகள் ஒன்று $5 \times 10^5$ ms$^{-1}$ வேகத்தில் இயங்குகிறது எனில், துகளின் மீது செயல்படும் விசையினைக் கணக்கிடுக. ( $\alpha$ துகளானது 2e நேர்மின்னூட்டம் கொண்டது)

தகவல் : $B = 10^{-4}$ T, q = 2e, $\upsilon = 5 \times 10^5$ ms$^{-1}$, $\theta = 30^0$, F = ?

தீர்வு : $F = Bq\upsilon \sin \theta$

$= B(2e)\ \upsilon \sin 30^o$

$= 10^{-4} \times 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^5 \times \frac{1}{2}$

$F = 8 \times 10^{-18}$N

3.10 XY தளத்தில் டியூட்ரான் கற்றை $10^4$ ms$^{-1}$ வேகத்தில் செலுத்தப்படுகிறது. Z திசையில் செயல்படும் காந்தத் தூண்டலின் மதிப்பு $10^{-3}$ T. துகள் இயங்கும் வட்டப் பாதையின் ஆரத்தினைக் கணக்கிடு. (டியூட்ரானின் நிறை $3.32 \times 10^{-27}$ kg மின்னூட்டம் $1.6 \times 10^{-19}$C)

தகவல் : $\upsilon = 10^4$ ms$^{-1}$, $B = 10^{-3}$T, $m = 3.32 \times 10^{-27}$ kg

$e = 1.6 \times 10^{-19}$C, r = ?

தீர்வு : $Bev = \frac{mv^2}{r}$

$$\therefore\ r = \frac{mv}{Be} = \frac{3.32 \times 10^{-27} \times 10^4}{10^{-3} \times 1.6 \times 10^{-19}} = 2.08 \times 10^{-1}$$

r = 0.208m

3.11 சைக்ளோட்ரானின் டீக்களின் பரப்பிற்கு செங்குத்தாக 0.5 T காந்தத் தூண்டல் கொண்ட காந்தப்புலம் செலுத்தப்படுகிறது. புரோட்டான்களை முடுக்கத் தேவையான அலையியற்றியின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுக. (புரோட்டானின் நிறை = $1.67 \times 10^{-27}$ kg)

தகவல் : B = 0.5 T, $m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg, $q = 1.6 \times 10^{-19}$C, $\nu$ = ?

தீர்வு : $\nu = \frac{Bq}{2\pi m_p}$

$$= \frac{0.5 \times 1.6 \times 10^{-19}}{2 \times 3.14 \times 1.67 \times 10^{-27}} = 0.763 \times 10^7 = 7.63 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$\therefore\ \nu = 7.63$ MHz

3.12 5A மின்னோட்டம் பாயும் 50 cm நீளமுள்ள ஒரு கடத்தி $2 \times 10^{-3}$ T காந்தத் தூண்டல் கொண்ட காந்தப் புலத்திற்குச் செங்குத்தாக வைக்கப்படுகிறது. கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசை என்ன?

**தகவல் :** $l = 50$ cm $= 5\times10^{-1}$m, $I = 5A$, $B = 2\times10^{-3}T$ ; $\theta = 90^o$, $F = ?$

**தீர்வு :** $F = BIl \sin\theta$

$$= 2 \times 10^{-3} \times 5 \times 5 \times 10^{-1} \times \sin 90^0$$

$$\therefore F = 5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

3.13 காற்றில் 10 cm இடைவெளியில் 5 m நீளமுள்ள இரு கடத்திகள் இணையாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டிலும் ஒரே அளவிலான மின்னோட்டம், ஒரே திசையில் பாயும் போது $3.6 \times 10^{-4}$ N கவர்ச்சி விசை செயல்பட்டால், கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டங்களைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $I_1 = I_2 = I$, $l = 5m$, $a = 10^{-1}$ m, $F = 3.6\times10^{-4}N$, $I = ?$

**தீர்வு :**

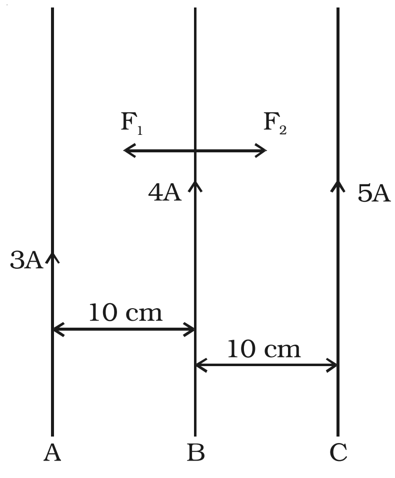
$$F = \frac{\mu_o I_1 I_2 l}{2\pi a}$$

$$F = \frac{2\times10^{-7} I^2 l}{a}$$

$$\therefore I^2 = \frac{F.a}{2\times10^{-7} l} = \frac{3.6\times10^{-4}\times10^{-1}}{2\times10^{-7}\times5} = 36$$

$$\therefore I = 6A$$

3.14 ஒவ்வொன்றும் 10 m நீளமுடைய, மின்னோட்டம் பாயும் A, B, C என்ற கடத்திகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு வைக்கப்பட்டுள்ளன. Bயின் மீது செயல்படும் தொகுபயன் விசையைக் கணக்கிடுக.




**தீர்வு :** A க்கும் B க்கும் இடையே கவர்ச்சி விசை ஏற்படும்.

$F_1$ இடது புறம் நோக்கி செயல்படும்.

$$F_1 = \frac{2\times10^{-7} I_1 I_2 l}{a} = \frac{2\times10^{-7}\times3\times4\times10}{10^{-1}}$$

$$F_1 = 24 \times 10^{-5} \text{ N}$$

B , C கடத்திகளிடையே கவர்ச்சி விசை இருக்கும்.

$F_2$ வலது புறமாகச் செயல்படும்.

$$F_2 = \frac{2\times10^{-7} I_1 I_2 l}{a} = \frac{2\times10^{-7}\times4\times5\times10}{10^{-1}}$$

$F_2 = 40 \times 10^{-5}$ N

$F_2 - F_1 = 16 \times 10^{-5}$ N

$F_2 - F_1 = 16 \times 10^{-5}$ N.

கடத்தி B ஆனது கடத்தி Cஐ நோக்கி $16 \times 10^{-5}$ N விசையுடன் கவரப்படும்.

3.15 20 cm × 10 cm பரப்பு கொண்ட கம்பிச் சுருள் 100 சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. $5 \times 10^{-3}$ T காந்தத் தூண்டல் கொண்ட காந்தப் புலத்தில் தொங்கவிடப்படுகிறது. 1mA மின்னோட்டத்திற்கு $15^0$ விலகலைக் காட்டினால், கம்பிச் சுருள் தொங்கவிடப்பட்ட கம்பியின் முறுக்கு விசை மாறிலியைக் கணக்கிடு.

**தகவல் :** $n = 100, A = 20\ cm \times 10\ cm = 2 \times 10^{-1} \times 10^{-1}\ m^2$

$B = 5 \times 10^{-3}\ T,\ \theta = 15^0,\ I = 1mA = 10^{-3}A,\ \ C = ?$

**தீர்வு :** $\theta = 15^0 = \frac{\pi}{180} \times 15 = \frac{\pi}{12}$ rad

$nBIA = C\theta$

$$\therefore \quad C = \frac{nBIA}{\theta} = \frac{10^2 \times 5 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-1} \times 10^{-1}}{\left(\frac{\pi}{12}\right)}$$

$C = 3.82 \times 10^{-5}$ N m rad$^{-1}$

3.16 20 Ω மின்தடை கொண்ட கால்வனாமீட்டர் ஒன்று 50 mA மின்னோட்டத்திற்கு முழுவிலகலைக் கொடுக்கும். இதனை **(i)** 20 A அளக்கும் அம்மீட்டராக, **(ii)** 120 V அளக்கும் வோல்ட் மீட்டராக எவ்வாறு மாற்றலாம்?

**தகவல் :** $G = 20\ \Omega\ ;\ I_g = 50 \times 10^{-3}\ A\ ;\ I = 20\ A,\ S = ?$

$V = 120\ V,\ R = ?$

**தீர்வு :** (i) $S = G\ .\ \frac{I_g}{I - I_g} = \frac{20 \times 50 \times 10^{-3}}{20 - 50 \times 10^{-3}} = \frac{1}{20 - 0.05}$

$S = 0.05\ \Omega$

கால்வனாமீட்டருடன் 0.05 Ω கொண்ட மின்தடையை பக்க இணைப்பில் இணைக்க வேண்டும்.

(ii) $R = \frac{V}{I_g} - G$

$$= \frac{120}{50 \times 10^{-3}} - 20 = 2400\text{-}20 = 2380\ \Omega$$

$$R = 2380\ \Omega$$

**2380 Ω** மின்தடையினை கால்வனாமீட்டருடன் தொடர் இணைப்பில் இணைக்க வேண்டும்.

3.17 ஒரு கால்வனாமீட்டருடன் **12 Ω** மின்தடை பக்க இணைப்பில் இணைக்கப் படும்போது, காட்டும் விலகல் 50 பிரிவுகளிலிருந்து 10 பிரிவுகளாகக் குறைகிறது. கால்வனா மீட்டரின் மின்தடை என்ன?

**தகவல் :** $\theta_1 = 50$ பிரிவுகள், $\theta_g = 10$ பிரிவுகள், $S = 12\Omega$, $G = ?$

**தீர்வு :** $I \ \alpha \ \theta_1$

$I_g \ \alpha \ \theta_g$

பக்க இணைப்பில் மின்னழுத்தம் சமம்.

$$\therefore \ G.\ I_g = S\ (I - I_g)$$

$$\therefore \ G = \frac{S\ (I - I_g)}{Ig} = \frac{12\ (50 - 10)}{10}$$

$$\therefore \ G = 48\ \Omega$$

3.18 ஹைட்ரஜன் அணுவில் எலக்ட்ரான் **0.5 Å** ஆரம் கொண்ட பாதையில் வினாடிக்கு $10^{16}$ சுற்றுகளை ஏற்படுத்துகிறது. வட்டப் பாதையின் இயக்கத்தினால் எலக்ட்ரான் பெறும் காந்தத் திருப்புத் திறனைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $r = 0.5\ Å = 0.5 \times 10^{-10}\ m$, $n = 10^{16}\ s^{-1}$

**தீர்வு :** வட்டப் பாதையில் காந்த திருப்புத்திறன் $\mu_l = i.A$ ...(1)

$$i = \frac{e}{T} = e.n \quad ...(2)$$

$$A = \pi r^2 \quad ...(3)$$

சமன்பாடு (2), (3) ஐ சமன்பாடு (1)ல் பிரதியிட,

$$\mu_l = e.n.\ \pi r^2$$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{16} \times 3.14\ (0.5 \times 10^{-10})^2$$

$$= 1.256 \times 10^{-23}$$

$$\therefore \quad \mu_l = 1.256 \times 10^{-23}\ A\ m^2$$

## தன் மதிப்பீடு

***(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)***

3.1 ஜுலின் வெப்ப விதி

(a) $H = \frac{I^2}{R} t$ (b) $H = V^2 Rt$

(c) $H = VIt$ (d) $H = IR^2t$

3.2 சூடேற்றும் இழையாக நிக்ரோம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏனெனில் அது

(a) குறைந்த மின்தடை எண் கொண்டது.

(b) குறைந்த உருகுநிலை கொண்டது.

(c) அதிக மின்தடை எண் கொண்டது.

(d) அதிக கடத்தும் எண் கொண்டது.

3.3 வெப்ப மின்னிரட்டையின் சந்தியில் பெல்டியர் குணகம் எதனைச் சார்ந்தது?

(a) மின்னிரட்டையில் உள்ள மின்னோட்டம்.

(b) மின்னோட்டம் பாயும் நேரம்.

(c) சந்தியின் வெப்பநிலை.

(d) மின்னிரட்டையின் வழியே பாயும் மின்னூட்டம்.

3.4 ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையில் குளிர்சந்தியின் வெப்பநிலை $20^oC$. திருப்பு வெப்பநிலை $270^oC$ எனில் புரட்டு வெப்பநிலையானது

(a) $520^oC$ (b) $540^oC$

(c) $500^oC$ (d) $510^oC$

3.5 பயட் -சாவர்ட் விதியின் சமன்பாடு

(a) $dB = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{Idl}{r^2}$ (b) $\vec{dB} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{Idl \sin \theta}{r^2}$

(c) $\vec{dB} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{I\vec{dl} \times \vec{r}}{r^2}$ (d) $\vec{dB} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{I\vec{dl} \times \vec{r}}{r^3}$

3.6 உட்புகுத்திறன் கொண்ட ஊடகத்தில் ஈறில்லா நேர்கடத்தி ஒன்றின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது ஒரு புள்ளியில் காந்த பாய அடர்த்தி ....... ஆகும்.

(a) $\frac{\mu_o I}{4\pi a}$ (b) $\frac{\mu_o I}{2\pi a}$

(c) $\frac{\mu I}{4\pi a}$ (d) $\frac{\mu I}{2\pi a}$

3.7 டேன்ஜன்ட் கால்வனாமீட்டரில், குறிப்பிட்ட மின்னோட்டத்திற்கு விலகல் $30^o$. கம்பிச் சுருளின் தளத்தினை $90^0$ திருப்பிய பின் அதே மின்னோட்டத்திற்கு ஏற்படும் விலகல்

(a) $30^0$ (b) $60^0$

(c) $90^0$ (d) $0^0$

3.8 சைக்ளோட்ரானில் முடுக்கப்படும் மின்னூட்டம் பெற்ற துகளின் சுற்றியக்கக் காலம் எதனைச் சார்ந்ததல்ல?

(a) காந்தத் தூண்டல் (b) துகளின் மின்னோட்டம்

(c) துகளின் திசைவேகம் (d) துகளின் நிறை

3.9 சீரான காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்பட்ட செவ்வகக் கம்பிச் சுருளின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசை பெருமமாக இருக்க,

(a) சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருக்க வேண்டும்

(b) சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருக்க வேண்டும்

(c) சுருளின் தளம் காந்தப் புலத்திற்கு செங்குத்தாக இருக்க வேண்டும்

(d) சுருளின் பரப்பு குறைவாக இருக்க வேண்டும்

3.10 இயங்கு சுருள் கால்வனாமீட்டரில் கம்பிச் சுருளை தொங்கவிட பாஸ்பர்-வெண்கலக் கலவைக் கம்பியைப் பயன்படுத்தக் காரணம்

(a) கடத்தும் திறன் அதிகம்

(b) மின் தடைஎண் அதிகம்

(c) ஓரலகு கோண விலகலுக்கான திருப்பு விசை அதிகம்

(d) ஓரலகு கோண விலகலுக்கான திருப்பு விசை குறைவு

3.11 பின்வரும் சாதனங்களில் ஒன்றின் மின்தடை மிகக் குறைவு

(a) இயங்கு சுருள் கால்வனாமீட்டர்

(b) $0 - 1A$ அம்மீட்டர்

(c) $0–10\ A$ அம்மீட்டர்

(d) வோல்ட் மீட்டர்

3.12 $G$ மின்தடை கொண்ட கால்வனாமீட்டருடன் $S$ மின்தடை கொண்ட இணைத்தடம் இணைக்கப்படுகிறது. இவ்வமைப்பின் பயனுறு மின்தடை $R_a$ எனில் பின்வரும் கூற்றில் எது சரியானது?

(a) $G$ ஆனது $S$-ஐ விடக் குறைவு.

(b) $S$ ஆனது $R_a$-ஐ விடக் குறைவு. ஆனால், $G$ விட அதிகம்

(c) $R_a$ ஆனது $G$, $S$-ஐ விடக் குறைவு

(d) $S$ ஆனது $G$, $R_a$-ஐ விடக் குறைவு

3.13 சிறந்த வோல்ட் மீட்டரின் பண்பு.

*(a)* சுழி மின்தடை

*(b)* சுழி மதிப்பிற்கும் $G$க்கும் இடையே குறிப்பிட்ட மின்தடை

*(c)* $G$ விட அதிகமாக ஆனால் ஈறிலா மதிப்பினை விட குறைந்த மின்தடை

*(d)* ஈறிலா மின்டை

3.14 ஜூல் விதியினைக் கூறுக.

3.15 ஜூல் விதியினை நிரூபிக்கும் ஜூல் சோதனையை விவரி.

3.16 பெல்டியர் குணகம் வரையறு.

3.17 வரையறு : தாம்சன் குணகம்.

3.18 பயட்-சாவர்ட் விதியினைக் கூறுக.

3.19 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட, நேரான, ஈறிலா கடத்தியினால் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டலின் மதிப்பிற்கான கோவையினைப் பெறுக.

3.20 மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிச் சுருளின் அச்சின் மீதுள்ள புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டலுக்கான தொடர்பினைப் பெறுக.

3.21 டேன்ஜன்ட் கால்வனா மீட்டரின் தத்துவம், அமைப்பு, இயக்கம் ஆகியவற்றை விவரி.

3.22 ஆம்பியரின் சுற்று விதியினைக் கூறுக.

3.23 ஆம்பியரின் சுற்றுவிதியினைக் பயன்படுத்தி வரிச்சுருளினால் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டலின் மதிப்பினைப் பெறுக.

3.24 ஆம்பியர் - வரையறு.

3.25 காந்தப் புலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசையின் கோவையினைப் பெறுக.

3.26 இயங்கு சுருள் கால்வனாமீட்டரின் தத்துவம், அமைப்பு, இயங்கும் விதம் ஆகியவற்றை விவரி.

3.27 ஒரு கால்வனாமீட்டரை எவ்வாறு *(i)* அம்மீட்டராக *(ii)* வோல்ட் மீட்டராக மாற்றலாம்?

## கணக்குகள்

3.28 ஒரு வெப்ப மின்னிரட்டையில் குளிர் சந்தியின் வெப்பநிலை $-20^oC$, புரட்டு வெப்பநிலை $600^oC$. குளிர் சந்தியின் வெப்பநிலை $20^oC$ எனில், புரட்டு வெப்பநிலையைக் காண்க.

3.29 நீண்ட நேர்க்கடத்தி வழியே $10A$ மின்னோட்டம் பாயும் போது அதிலிருந்து $10\ cm$ தொலைவிலுள்ள புள்ளியில் காந்தத் தூண்டலைக் கணக்கிடு.

3.30 100 சுற்றுகளும், $20\ cm$ ஆரமும் கொண்ட கம்பிச் சுருள் வழியே, $5A$ மின்னோட்டம் பாய்கிறது. கம்பிச் சுருளின் அச்சின் மீது அதன் மையத்திலிருந்து $20\ cm$ தொலைவில் காந்தத் தூண்டலின் மதிப்பினைக் கணக்கிடுக.

3.31 சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை 2 : 3 : 5 என்ற விகிதத்தில் உள்ள மூன்று டேன்ஜன்ட் கால்வனாமீட்டர்கள் தொடரிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டு மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும்போது முறையே $30^o$, $45^o$, $60^o$ விலகல்கள் ஏற்படுகின்றன. கம்பிச்சுருள்களின் ஆரங்களின் விகிதத்தைக் கணக்கிடு.

3.32 $1\ m$ நீளமும் $2\Omega$ மின்தடையும் கொண்ட நேரான கடத்தி $12V$ மின்னழுத்தம் கொண்ட மின்கலனுடன் இணைக்கப்படுகிறது. இக் கடத்தி யானது $5 \times 10^{-3}\ T$ காந்தத் தூண்டல் கொண்ட காந்தப்புலத்தில் செங்குத்தாக வைக்கப்படும் போது அதன் மீது செயல்படும் விசையினைக் கணக்கிடு.

3.33 $25\ cm$ ஆரமும், 50 சுற்றுகளும் கொண்ட கம்பிச் சுருள் வழியே $6A$ மின்னோட்டம் பாய்கிறது. $10^{-3}\ T$ காந்தத் தூண்டல் கொண்ட காந்தப் புலத்தில் இக்கம்பிச் சுருள் தொங்கவிடப்படுகிறது. கம்பிச் சுருளின் தளத்திற்கு வரையப்படும் செங்குத்துக்கோடு காந்தப் புலத்துடன் $60^0$ கோணத்தில் அமைந்தால், சுருளில் ஏற்படும் திருப்பு விசையினைக் கணக்கிடுக.

3.34 சைக்ளோட்ரானின் டீக்களுக்கு செங்குத்தாக $0.5\ T$ காந்தத் தூண்டல் கொண்ட சீரான காந்தப்புலம் செலுத்தப்படுகிறது. டியூட்ரான்களை முடுக்கத் தேவையான மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் அலைவுநேரத்தினைக் கணக்கிடு. (டியூட்ரானின் நிறை $3.3 \times 10^{-27}\ kg$ மின்னூட்டம் $1.6 \times 10^{-19}C$).

3.35 500 சுற்றுகளும், $6 \times 10^{-4}\ m^2$குறுக்குப் பரப்பும் கொண்ட செவ்வகக் கம்பிச் சுருள் $10^{-4}\ T$ காந்தத் தூண்டல் கொண்ட ஆரவியல் காந்தப் புலத்தில் தொங்கவிடப்படுகிறது. தொங்கவிடப்பட்ட கம்பிப் பொருளின் முறுக்குவிசை மாறிலி $5 \times 10^{-10}\ N\ m\ /degree$ எனில் $10^o$ விலகலை ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டத்தினைக் கணக்கிடு.

3.36 இரண்டு இணையான ஈறிலா கடத்திகளின் வழியே ஒரே அளவிலான மின்னோட்டம் செலுத்தப்படுகிறது. கடத்திகளுக்கிடையே தொலைவு $20\ cm$. ஓரலகு நீளத்திற்கு கம்பிகளிடையே செயல்படும் கவர்ச்சி விசை $4.9 \times 10^{-5}\ N$ எனில் பாயும் மின்னோட்டத்தினைக் கணக்கிடுக.

3.37 $3m$ நீளம் கொண்ட வரிச்சுருளில் 4000 சுற்றுகள் உள்ளன. சுருளின் மையத்தில் அச்சின் மீது $8 \times 10^{-3}\ T$ காந்தத் தூண்டலை உண்டாக்கத் தேவையான மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடு.

3.38 ஒரு கால்வனாமீட்டரின் மின்தடை $100\ \Omega$. இத்துடன் பக்க இணைப்பில் $1\ \Omega$ மின்தடை இணைக்கப்படுகிறது. மொத்த மின்னோட்டத்தில் எவ்வளவு பகுதி கால்வனா மீட்டர் வழியேச் செல்லும்?

3.39 ஒரு கால்வனாமீட்டரின் மின்தடை *40 Ω*. இது *2 mA* மின்னோட்டத்திற்கு முழு விலகலைக் கொடுக்கும். இதனை *0* லிருந்து *20V* வரையிலான மின்னழுத்தத்தினை அளக்கும் வோல்ட் மீட்டராக எவ்வாறு மாற்றலாம்?

3.40 ஒரு கால்வனாமீட்டரின் அளவுகோலில் 50 பிரிவுகள் உள்ளன. அதன் மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பம் *0.1 m A/division* கால்வனா மீட்டரின் மின்தடை *40 Ω*. இத்துடன் *0.1 Ω* மின்தடை பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டால், அளக்கப்படும் பெரும மின்னோட்ட மதிப்பு என்ன?

## விடைகள்

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **3.1** | (c) | **3.2** | (c) | **3.3** | (c) | **3.4** | (a) | **3.5** | (d) |
| **3.6** | (d) | **3.7** | (d) | **3.8** | (c) | **3.9** | (a) | **3.10** | (d) |
| **3.11** | (c) | **3.12** | (c) | **3.13** | (d) | | | | |

**3.28** $560^o C$

**3.29** $2 \times 10^{-5} T$

**3.30** $5.55 \times 10^{-4} T$

**3.31** $6 : 3\sqrt{3} : 5$

**3.32** $3 \times 10^{-2} N$

**3.33** $5.1 \times 10^{-2} N m$

**3.34** $2.6 \times 10^{-7} s$

**3.35** $0.166\ m A$

**3.36** $7 A$

**3.37** $4.77 A$

**3.38** $1/101$

**3.39** $9960\ \Omega$ தொடராக

**3.40** $2 A$

# 4. மின்காந்தத் தூண்டலும் மாறுதிசை மின்னோட்டமும்

1820 ஆம் ஆண்டில் ஹான்ஸ் கிரிஸ்டியன் ஒயர்ஸ்டட் என்பவர், மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியைச் சுற்றிலும் காந்தப்புலம் உருவாகும் என்பதனைச் சோதனை மூலம் செய்து காட்டினார். அதன் பின்னர் இதன் மறுதலையாக காந்தப்புலத்தின் மூலம் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையை உருவாக்குவதற்கான முயற்சிகள் பலரால் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

## 4.1 மின்காந்தத் தூண்டல்

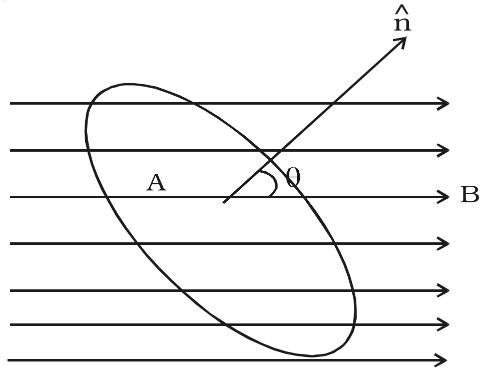
ஒயர்ஸ்டட் சோதனையின் மறுதலை விளைவை மைக்கேல் ஃபாரடே சோதனை மூலம் செய்து காட்டினார். ஒரு கடத்தியுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயத்தை மாற்றுவதன் மூலம் அக்கடத்தியின் முனைகளுக்கிடையே மின்னியக்கு விசையை தூண்டுவதற்கான வாய்ப்பை விளக்கினார். இது மின்காந்தத் தூண்டல் என அழைக்கப்பட்டது. மின்காந்தத் தூண்டல் கண்டுபிடிப்பானது மின்னாற்றல் உற்பத்தியில் ஒரு புரட்சியை ஏற்படுத்தியது.

### *4.1.1 காந்தப் பாயம்*

காந்தப்புலம் B-ல் வைக்கப்பட்ட பரப்புடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயம் ($\phi$), மூடப்பட்ட பரப்பை (A) கடந்து செல்லும் காந்தவிசை கோடுகளின் எண்ணிக்கை என்று வரையறுக்கப் படுகிறது (படம் 4.1). $\theta$ என்பது காந்தப் புலத்தின் திசைக்கும், பரப்பிற்கு வரையப் பட்ட குத்துக்கோட்டிற்கும் இடையே உள்ள கோணம் எனில்,

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

$$\phi = BA \cos \theta$$



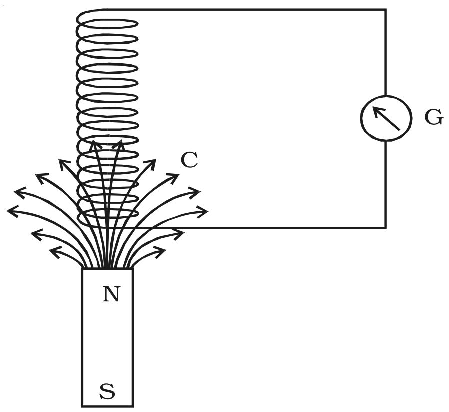

*படம் 4.1 காந்தப் பாயம்*

### *4.1.2 தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையும் மின்னோட்டமும் - மின்காந்தத் தூண்டல்*

ஒரு மூடப்பட்ட சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்படும் பொழுது அச்சுற்றில் ஒரு மின்னியக்கு விசை உருவாகிறது. இது தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனவும் அந்த மூடப்பட்ட பாதையில் பாயும் மின்னோட்டம் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. ஒரு மூடப்பட்ட

மின்சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயத்தில் மாற்றங்கள் ஏற்படும் பொழுது மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படும் நிகழ்வு மின்காந்தத் தூண்டல் எனப்படுகிறது.

ஃபாரடே பல சோதனைகளை செய்ததன் மூலம் மின்காந்தத் தூண்டலை கண்டுபிடித்தார்.



*படம் 4.2 மின்காந்தத் தூண்டல்*

படம் 4.2ல் உள்ள C என்ற உருளைவடிவ கம்பிச் சுருள், காப்பிடப்பட்ட தாமிர கம்பிகளை பல சுற்றுகளாக சுற்றி உருவாக்கப்பட்டதாகும். இது உணர்வுமிக்க G என்ற கால்வனா மீட்டருடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. NS என்ற வலிமையான சட்டக் காந்தம் அதன் வட முனை கம்பிச் சுருளை நோக்கி இருக்குமாறு வைத்து மேலும், கீழுமாக நகர்த்தப்படுகிறது. இதிலிருந்து ஃபாரடே கீழ்காணும் முடிவுகளை வருவித்தார்.

**(i)** கம்பிச் சுருளுக்கும் காந்தத்திற்கும் இடையே ஒப்புமை இயக்கம் உள்ள போதெல்லாம் கால்வனா மீட்டரில் உள்ள குறிமுள் விலகல் அடையும். இது சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் பாய்வதைக் காட்டுகிறது.

**(ii)** கால்வனா மீட்டரில் ஏற்படும் விலகல் கண நேரத்திற்கு நிகழக் கூடியது **(momentary)**. இந்த விலகல் கம்பிச் சுருளுக்கும், காந்தத்திற்கும் இடையே சார்பியக்கம் உள்ள வரை மட்டுமே நீடிக்கும்.

**(iii)** காந்தத்தை, கம்பிச் சுருளை நோக்கி மற்றும் கம்பிச் சுருளை விட்டு விலகுமாறு நகர்த்தினால் மின்னோட்டம் பாயும் திசை மாறுகிறது.

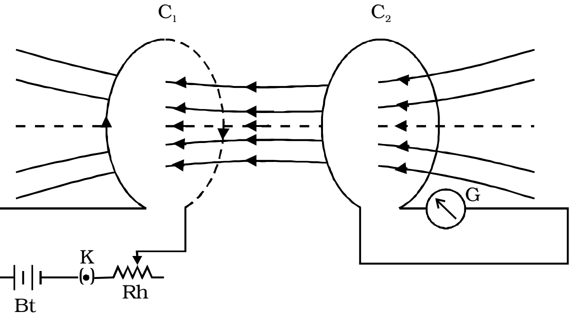
**(iv)** காந்தத்தை வேகமாக நகர்த்தினால் விலகல் அதிகமாகவும், காந்தத்தை மெதுவாக நகர்த்தினால் விலகல் குறைவாகவும் இருக்கும்.

**(v)** காந்தத்தின் முனைகளை மாற்றி, அதாவது தென்முனை கம்பிச் சுருளை நோக்கி இருக்குமாறு வைத்து நகர்த்தினாலும் அதே முடிவுகள் தான் பெறப்படுகின்றன. ஆனால் மின்னோட்டம் எதிர் திசையில் பாய்கிறது.

ஃபாரடே, மின்காந்தத் தூண்டலை மற்றொரு சோதனை மூலமாகவும் செய்து காட்டினார்.

$C_1$ மற்றும் $C_2$ என்ற இரு கம்பிச் சுருள்கள் ஒன்றுக்கொன்று அருகில் வைக்கப்பட்டுள்ளதை படம் 4.3 காட்டுகிறது. $C_1$ என்ற கம்பிச்சுருள் $B_t$ என்ற மின்கலத்துடன் சாவி K மற்றும் மின்தடைமாற்றி $R_h$ மூலமாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. $C_2$ என்ற கம்பிச் சுருள் G என்ற உணர்வுமிக்க கால்வனா மீட்டருடன் இணைக்கப்பட்டு

$C_1$ க்கு அருகில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. K என்ற சாவியை அழுத்தும் பொழுது $C_2$என்ற சுருளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள கால்வனா மீட்டர் கணநேர விலக்கத்தைக் காட்டும். இது $C_2$ என்ற சுருளில் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுவதைக் குறிக்கிறது. இது எவ்வாறு நிகழுகிறது எனில், மின்னோட்டம் $C_1$ வழியாக பாயத் துவங்கி சுழி முதல் ஒரு மாறாத பெரும மதிப்பை அடையும் வரை உயருகிறது. இதனால் $C_1$ என்ற சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் அதிகரிக்கிறது. எனவே $C_2$ என்ற கம்பிச் சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயமும் அதிகரிக்கிறது. இதுவே $C_2$ இல் மின்னோட்டத்தைத் தூண்டி, கால்வனா மீட்டரில் விலகல் ஏற்படக் காரணமாக அமைகிறது (படம் 4.3).




*படம் 4.3 மின்காந்தத் தூண்டல்*

K என்ற சாவி அழுத்தப்படுவதை நிறுத்தினால், கால்வனா மீட்டரில் உள்ள குறிமுள் எதிர்திசையில் விலகல் அடையும். இது $C_2$ல் மீண்டும் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுவதைக் காட்டுகிறது. இது எவ்வாறு நிகழ்கிறது என்றால், $C_1$ இல் பாயும் மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பிலிருந்து சுழிக்கு குறையும் போது $C_1$ இல் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் குறையும், எனவே $C_2$ இல் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயமும் குறைகிறது. இது கால்வனா மீட்டரை எதிர் திசையில் விலகல் அடையச் செய்கிறது.

### *4.1.3 மின்காந்தத் தூண்டல் பற்றிய ஃபாரடே விதிகள்*

மின்காந்தத் தூண்டல் பற்றிய தனது ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் ஃபாரடே கீழ்க்கண்ட இரண்டு விதிகளை நிறுவினார்.

#### *முதல் விதி*

ஒரு மூடப்பட்ட சுற்றோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் மாறும்பொழுது அந்த சுற்றில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் நிகழ்ந்து கொண்டிருக்கும் வரையில் மட்டுமே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை நீடிக்கும்.

#### *இரண்டாம் விதி*

மூடப்பட்ட சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண் மதிப்பு, சுற்றுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் மாறும் வீதத்திற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

கம்பிச் சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயத்தின் தொடக்க மதிப்பு $\phi_1$ எனவும் t காலத்திற்குப் பின்னர் அது $\phi_2$ மாறுவதாகவும் கொண்டால் காந்தப்பாயம்

மாறும் வீதம் = $\dfrac{\phi_2 - \phi_1}{t}$

ஃபாரடே விதியின்படி, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் எண்மதிப்பு, $e \propto \frac{\phi_2 - \phi_1}{t}$.

$dt$ என்ற காலத்தில் ஏற்படும் காந்தப்பாய மாற்றம் $d\phi$ எனில், மேற்கண்ட சமன்பாட்டை $e \propto \frac{d\phi}{dt}$ என எழுதலாம்.

### *4.1.4 லென்ஸ் விதி*

ரஷ்ய அறிவியல் மேதை H.F. லென்ஸ் என்பவர் 1835 ஆம் ஆண்டில், ஒரு சுற்றில் பாயும் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிப்பிடும் எளிய விதியைக் கண்டுபிடித்தார்.

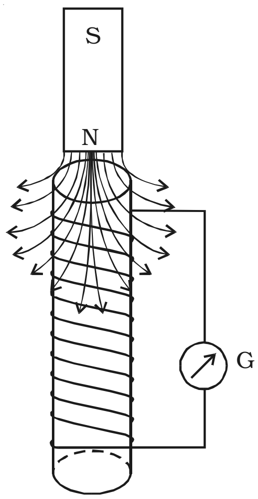
ஒரு சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை, எப்போதும் அதை உருவாக்கக் காரணமாக இருந்த காந்தப்பாய மாற்றத்தை எதிர்க்கும் வகையில் அமையும்.

ஒரு கம்பிச்சுருள் N சுற்றுகளைக் கொண்டிருப்பதாகவும், ஒவ்வொரு சுற்றுடனும் தொடர்பு கொண்டுள்ள காந்தப் பாயம் $\phi$ எனவும் கொண்டால் எந்த ஒரு கணத்திலும் கம்பிச் சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட மொத்த காந்தப்பாயம் $N\phi$ ஆகும்.

$$\therefore \quad e = -\frac{d}{dt}(N\phi), \; e = -\frac{Nd\phi}{dt} = -\frac{N(\phi_2 - \phi_1)}{t}$$

### *ஆற்றல் அழிவின்மை விதியின் அடிப்படையில் லென்ஸ் விதி*

உருளை வடிவிலான தடித்த அட்டையின் மீது சுற்றப்பட்டுள்ள தாமிரக் கம்பிச் சுருளின் இரு முனைகளும் உணர்வுமிக்க கால்வனா மீட்டருடன் இணைக்கப்படுகின்றன. படம் 4.4ல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு சட்ட காந்தம் கம்பிச் சுருளை நோக்கி நகர்த்தப்படுகிறது. கம்பிச் சுருளின் மேல் முனை காந்த வட முனையாகிறது.




*படம் 4.4 லென்ஸ் விதி*

இதன் விளைவாக காந்தத்தை, விரட்டு விசைக்கு எதிராக மேலும் நகர்த்த வேலை செய்ய வேண்டியுள்ளது. சட்ட காந்தத்தை கம்பிச் சுருளை விட்டு விலகுமாறு நாம் நகர்த்தும் பொழுது கம்பிச் சுருளின் மேல்முனை காந்த தென்முனையாக மாறுகிறது. இப்போது காந்தத்தை நகர்த்த கவர்ச்சி விசைக்கு எதிராக வேலை செய்ய வேண்டும். காந்தம் நகர்த்தப்படும்பொழுது கம்பிச் சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தவிசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை மாறுகிறது. இந்த

காந்தப்பாய மாற்றம் தான் கம்பிச் சுருளில் தூண்டல் மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குகிறது. லென்ஸ் விதியின்படி தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை எப்போதும் காந்தம் இயங்குவதை எதிர்க்கும் வகையிலேயே இருக்கும். எனவே, காந்தத்தை நகர்த்த செய்யப்படும் வேலை மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த மின்னாற்றல் கம்பிச் சுருளில் வெப்ப ஆற்றலாக மாறி வீணாகிறது. இதற்கு மாறாக, கம்பிச் சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை, காந்தத்தின் இயக்கத்திற்கு உதவும் வகையில் இருக்குமானால் காந்தம் மேலும் விரைவாக நகர்ந்திருக்கும். ஆகையால், கம்பிச் சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயத்தின் மாற்றமும் அதிகரிக்கும். எனவே, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் அளவு அதிகரித்திருக்கும். ஆகவே, வெளியிலிருந்து வேலை செய்யப்படாமலேயே இயக்க ஆற்றலும் மின்னாற்றலும் உருவாகியிருக்கும். ஆனால், இது நடைபெற இயலாத நிகழ்வு ஆகும். எனவே, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசை எப்போதும் அதை உருவாக்கக் காரணமாக இருந்த செயலை எதிர்க்கக் கூடிய வகையிலேயே அமையும். இவ்வாறாக ஆற்றல் அழிவின்மை விதியின் அடிப்படையில் லென்ஸ் விதியை விளக்க இயலும்.

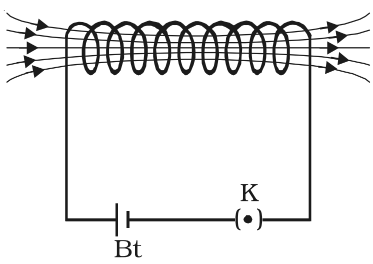
### *4.1.5 ஃபிளெமிங் வலதுகை விதி*

வலது கையின் ஆள்காட்டி விரல், நடுவிரல் மற்றும் பெருவிரல் ஆகிய மூன்றையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக வைத்துக் கொண்டு, ஆள்காட்டி விரல் காந்தப்புலத்தின் திசையையும், பெருவிரல் கடத்தி இயங்கும் திசையையும் குறிப்பதாகக் கொண்டால் நடுவிரலானது தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையைக் குறிக்கும் என்பதே ஃபிளெமிங் வலதுகை விதியாகும். இது மின்னியற்றி விதி எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

## 4.2 தன் மின் தூண்டல்

ஒரு கம்பிச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தில் மாற்றம் ஏற்படும்பொழுது அக்கம்பிச் சுருளில் ஒரு எதிர் மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படும் நிகழ்வு தன் மின்தூண்டல் எனப்படும்.

படம் 4.5 இல் காட்டியுள்ளவாறு கம்பிச் சுருள் ஒன்று மின்கலம் Bt மற்றும் சாவி K உடன் தொடர் இணைப்பு முறையில் இணைக்கப்படுகிறது. சாவி அழுத்தப்படும் பொழுது கம்பிச் சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம், அதன் பெரும மதிப்பிற்கு அதிகரிக்கிறது. அதற்கு ஏற்ப கம்பிச் சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயமும் அதிகரிக்கிறது. எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் கம்பிச் சுருளில் பாய்கிறது.



*படம் 4.5 தன்மின் தூண்டல்*

லென்ஸ் விதியின்படி, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டமானது, மின்கலத்திலிருந்து பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு எதிரான திசையில் பாய்ந்து,

கம்பிச் சுருளில் மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதை எதிர்க்கிறது. சாவி அழுத்தப்படுவதை நிறுத்தினால் கம்பிச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் சுழிக்கு குறையும். எனவே கம்பிச் சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயமும் குறையும். லென்ஸ் விதிப்படி, தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டமானது, மின்கலத்திலிருந்து பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு எதிரான திசையில் பாய்ந்து, கம்பிச் சுருளில் மின்னோட்டம் குறைவதை எதிர்க்கிறது.

### *4.2.1 தன் மின்தூண்டல் எண்*

I என்ற மின்னோட்டம் ஒரு கம்பிச் சுருளில் பாயும்பொழுது கம்பிச் சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் $\phi$, மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$\phi \propto I \quad \text{or} \quad \phi = LI$$

இதில் L என்பது விகித மாறிலி ஆகும். இது தன் மின் நிலைம எண் அல்லது தன் மின் தூண்டல் எண் எனப்படுகிறது.

$I = 1A$ எனில் $\phi = L \times 1$ அல்லது $L = \phi$ எனவே, ஓரலகு மின்னோட்டம்

ஒரு கம்பிச் சுருள் வழியே பாயும் போது, அக்கம்பிச் சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம், அக்கம்பிச் சுருளின் தன் மின் தூண்டல் எண் எனப்படுகிறது.

மின்காந்தத் தூண்டல் விதிகளின்படி

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(LI) \text{ அல்லது } e = -L\frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = 1\ \text{A s}^{-1} \text{ எனில், } L = -e \text{ ஆகும்}$$

கம்பிச் சுருள் ஒன்றில் பாயும் மின்னோட்டம் ஒரு விநாடிக்கு ஒரு ஆம்பியர் என்ற வீதத்தில் மாறும் பொழுது அக்கம்பிச் சுருளில் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்கு விசை எண்ணளவில் அச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண்ணிற்குச் சமம் ஆகும். தன் மின் தூண்டல் எண்ணின் அலகு henry (H) ஆகும்.

கம்பிச் சுருள் ஒன்றில் பாயும் மின்னோட்டம் ஒரு வினாடிக்கு ஒரு ஆம்பியர் என்ற வீதத்தில் மாறும்போது, அக்கம்பியில் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்கு விசை 1 வோல்ட் என அமையுமானால், அச்சுருளின் தன்மின்தூண்டல் எண் 1 ஹென்றி என வரையறுக்கப்படுகிறது.

### *4.2.2 நீண்ட வரிச்சுருளின் தன் மின் தூண்டல் எண்*

$l$ என்ற நீளத்தையும் A என்ற குறுக்குப் பரப்பளவையும் கொண்ட N சுற்றுகளைக் கொண்ட ஒரு வரிச்சுருளைக் கருதுவோம். இதில் $I$ என்ற மின்னோட்டம் பாய்வதாகக் கொள்வோம். வரிச்சுருளினுள் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் காந்தப்பாயம் B எனில்

ஒரு சுற்றுக்கான காந்தப்பாயம் = B × ஒவ்வொரு சுற்றின் பரப்பு

ஆனால், $$B = \frac{\mu_o NI}{l}$$

ஒரு சுற்றுக்கான காந்தப்பாயம் = $\frac{\mu_o NIA}{l}$

எனவே, வரிச்சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் (ϕ) என்பது ஒவ்வொரு சுற்றிலும் பாயும் காந்தப்பாயம் மற்றும் மொத்த சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றைப் பெருக்கக் கிடைக்கும் மதிப்பாகும்.

$$\phi = \frac{\mu_o \ NIA}{l} \times N$$

அதாவது, $\phi = \frac{\mu_o \ N^2IA}{l}$ ...(1)

L என்பது வரிச்சுருளின் தன் மின்தூண்டல் எண் எனில்

$$\phi = LI \qquad ...(2)$$

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)லிருந்து

$$LI = \frac{\mu_o \ N^2IA}{l}$$

$$\therefore \qquad L = \frac{\mu_o N^2 A}{l}$$

கம்பிச் சுருளின் உள்ளகம் μ என்ற காந்த உட்புகுதிறன் கொண்ட பொருளால் நிரப்பப்படுகிறது எனில்

$L = \frac{\mu N^2 A}{l}$ ஆகும்.

### 4.2.3 ஒரு மின் தூண்டியுடன் (Inductor) தொடர்பு கொண்ட ஆற்றல்

கம்பிச் சுருள் ஒன்றில் மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது அதன் தன் மின் நிலைமம் மின்னோட்ட வளர்ச்சியை எதிர்க்கும். எனவே, கம்பிச் சுருளில் மின்னோட்டத்தை நிறுவ புறமூலங்களால் வேலை செய்யப்பட வேண்டும். e என்பது தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எனில்

$$e = -L\frac{dI}{dt}$$

dt என்ற கால இடைவெளியில் செய்யப்பட்ட சிறிய வேலை $dw$ எனில்

$$dw = e.I \ dt$$

$$= -L \ \frac{dI}{dt} \ I.dt$$

மின்னோட்டம் சுழியிலிருந்து பெரும மதிப்புக்கு ($I_o$) அதிகரிக்க செய்யப்படும் வேலை

$$w = \int dw = \int_0^{I_o} -L \ I \ dI$$

இந்த வேலையானது சுருளில் நிலையாற்றலாக சேமித்து வைக்கப்படுகிறது.

∴ சுருளில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல்

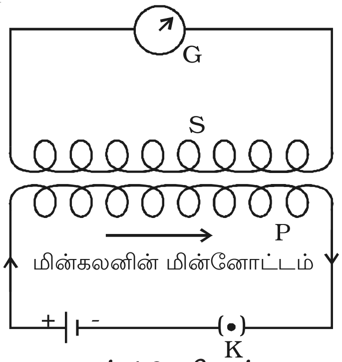
$$= -L\int_0^{I_o} IdI = -\frac{1}{2} L I_o^2$$

சமன்பாட்டில் உள்ள எதிர்க்குறி லென்ஸ் விதியின் அடிப்படையிலானது.

எனவே, எண்ணளவில் மின்தூண்டியில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் $\frac{1}{2} L I_o^2$ ஆகும்.

### *4.2.4 பரிமாற்று மின்தூண்டல்*

ஒன்றுக்கொன்று அருகருகே உள்ள இரு கம்பிச் சுருள்களில், ஒரு சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் மாறும்பொழுது மற்றொரு சுருளிலும் காந்தப்பாயம் மாறும். இதனால் இரண்டாவது சுருளில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படும். ஒரு சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தில் மாற்றம் ஏற்படும்பொழுது மற்றொரு சுருளில் மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படும் நிகழ்வு பரிமாற்று மின்தூண்டல் எனப்படும்.



*படம் 4.6 பரிமாற்று மின்தூண்டல்*

படம் 4.6-ல் P மற்றும் S என்பன ஒன்றுக்கொன்று அருகே வைக்கப்பட்டுள்ள கம்பிச் சுருள்கள் ஆகும். P என்ற சுருள் K என்ற சாவி மூலமாக மின்கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. S என்ற கம்பிச் சுருள் G என்ற கால்வனா மீட்டருடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. K என்ற சாவியை அழுத்தும் போது P என்ற சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் சுழியிலிருந்து பெரும மதிப்புக்கு அதிகரிக்கும். மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும் போது Pயுடன் இணைந்த காந்தப்பாயமும் அதிகரிக்கும். எனவே S உடன் இணைந்த காந்தப்பாயமும் அதிகரிக்கும். இதனால் S இல் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படும். இப்போது கால்வனா மீட்டரில் விலகல் ஏற்படும். லென்ஸ் விதியின்படி S இல் தூண்டப்படும் மின்னோட்டம், P இல் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு எதிராகப் பாய்ந்து P இல் பாயும் மின்னோட்டம் பெருமத்திற்கு அதிகரிப்பதை தாமதப்படுத்தும். K என்ற சாவி அழுத்தப்படுவதை நிறுத்தினால் Pயில் மின்னோட்டம் பெருமத்திலிருந்து சுழியை நோக்கி குறையும். இதன் விளைவாக Pயுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயமும் குறையும். லென்ஸ் விதிப்படி S இல் தூண்டப்படும் மின்னோட்டத்தின் திசையானது P யில் மின்னோட்டம் குறைவதை எதிர்க்கும் வகையில் அமையும். எனவே P இல் பாயும் மின்னோட்டம் குறைவதை தாமதப்படுத்தும்.

### *4.2.5 பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்*

$I_P$ என்பது P என்ற சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் எனவும், $\phi_s$ என்பது P என்ற சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தினால் S என்ற சுருளோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம்

எனவும் கொண்டால்

$\therefore \quad \phi_S \propto I_P$ அல்லது $\phi_S = M I_P$

இதில் M என்பது விகித மாறிலி ஆகும். இது பரிமாற்று மின்நிலைம எண் அல்லது பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் என அழைக்கப்படுகிறது.

$I_P = 1A$, எனில் $M = \phi_S$

எனவே, சுருள் ஒன்றில் ஓரலகு மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது மற்றொரு சுருளில் தூண்டப்படும் காந்தப்பாயம் எண்ணளவில் அவ்விரு சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணிற்குச் சமமாகும். எந்த ஒரு கணத்திலும் S என்ற சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை $e_S$ எனில், மின்காந்தத் தூண்டல் விதிகளின்படி,

$$e_S = -\frac{d\phi_s}{dt} = -\frac{d}{dt}(MI_P) = -M\frac{dI_P}{dt}$$

$$\therefore M = -\frac{e_s}{\left(\frac{dI_P}{dt}\right)}$$

$\frac{dI_P}{dt} = 1 \text{ A s}^{-1}$, எனில், $M = -e_S$ என அமையும்.

எனவே, சுருள் ஒன்றில் பாயும் மின்னோட்டம் ஒரு விநாடிக்கு ஒரு ஆம்பியர் என்ற வீதத்தில் மாறும்பொழுது, மற்றொரு சுருளில் தூண்டப்படும் எதிர்மின்னியக்கு விசை எண்ணளவில் அவ்விரு சுருள்களின் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணிற்குச் சமம் . பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணின் அலகு henry ஆகும்.

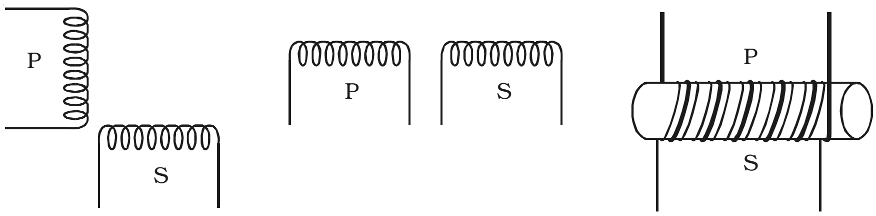
ஒரு சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் ஒரு விநாடிக்கு ஒரு ஆம்பியர் என்ற வீதத்தில் மாறும்பொழுது மற்றொரு சுருளில் தூண்டப்படும் எதிர் மின்னியக்குவிசை ஒரு வோல்ட் என்றால், அவ்விரு சுருள்களுக்கிடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஒரு ஹென்றி ஆகும்.

இரு கம்பிச் சுருள்களுக்கிடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் பின்வருவனவற்றைச் சார்ந்துள்ளது.

**(i)** சுருளின் பரிமாணம், வடிவம், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை மற்றும் உள்ளகமாகப் பயன்படும் பொருளின் காந்த உட்புகுதிறன் ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது.

**(ii)** கம்பிச் சுருள்கள் ஒன்றுக்கொன்று எவ்வளவு அருகில் உள்ளன என்பதனைச் சார்ந்தது.

P மற்றும் S என்ற இரு சுருள்களின் அச்சுகள் படம் 4.7a இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒன்றுக்கொன்று நேர்க்குத்தாக அமைந்தால் P என்ற சுருளில் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது S என்ற சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயம் குறைவாக இருக்கும். எனவே அவ்விரு சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்று மின் தூண்டல்




*படம் 4.7 பரிமாற்று மின்தூண்டல்*

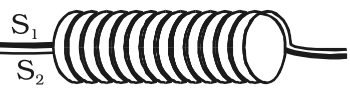
எண் குறைவானதாக இருக்கும்.

இரண்டு சுருள்களும் ஒரு பொதுவான அச்சைக் கொண்டிருக்குமாறு வைத்து P சுருளில் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும் போது S சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் அதிகமாக இருக்கும் (படம் 4.7b). எனவே, இரு சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் அதிகமாக இருக்கும்.

இரண்டு கம்பிச் சுருள்களும் தேனிரும்பு உள்ளகத்தின் மீது சுற்றப்பட்டிருப்பின், (படம் 4.7c) பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் மிக அதிகமாகும்.

### *4.2.6 இரு நீண்ட வரிச்சுருள்களின் பரிமாற்று மின்தூண்டல்*

படம் 4.8இல் காட்டியுள்ளவாறு $S_1$ மற்றும் $S_2$ என்பன $l$ நீளமுள்ள இரு வரிச்சுருள்கள் ஆகும். $S_2$ என்ற வரிச்சுருள் $S_1$ என்ற வரிச்சுருள் மீது மிக நெருக்கமாக சுற்றப்பட்டுள்ளது.




***படம் 4.8 இரு நீண்ட வரிச்சுருள்களின் பரிமாற்று மின்தூண்டல்***

$N_1$ மற்றும் $N_2$ என்பன முறையே $S_1$ மற்றும் $S_2$ என்ற வரிச்சுருள்களில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கைகளாகும். இரு வரிச்சுருள்களும் ஒரே குறுக்குப் பரப்பளவு A கொண்டவை எனவும், அவை ஒன்றுடன் ஒன்று மிக நெருக்கமாக சுற்றப்பட்டுள்ளன எனவும் கருதுவோம். $S_1$ என்ற வரிச்சுருளில் பாயும் $I_1$ என்ற மின்னோடத்தினால் அச்சுருளினுள் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் உருவாகும் காந்தப்புலம் $B_1$ எனக் கொண்டால்

$$B_1 = \mu_o \frac{N_1}{l} I_1 \qquad \ldots(1)$$

$S_2$ -ன் ஒவ்வொரு சுருளுடனும் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் $B_1A$ ஆகும்.

$N_2$ சுற்றுகளைக் கொண்ட $S_2$ என்ற வரிச்சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட மொத்த காந்தப் பாயம்

$$\phi_2 = B_1AN_2$$

$B_1$ மதிப்பை சமன்பாடு (1)லிருந்து பதிலீடு செய்ய,

$$\phi_2 = \left(\mu_o \frac{N_1}{l} I_1\right) A \ N_2$$

$$\phi_2 = \frac{\mu_o N_1 N_2 A I_1}{l} \quad ...(2)$$

ஆனால் $\phi_2 = MI_1 \quad ...(3)$

இதில் M என்பது $S_1$ மற்றும் $S_2$ என்ற வரிச்சுருள்களுக்கிடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஆகும்.

சமன்பாடுகள் (2) மற்றும் (3)லிருந்து

$$MI_1 = \frac{\mu_o N_1 N_2 A I_1}{l}$$

$$M = \frac{\mu_o N_1 N_2 A}{l}$$

உள்ளகம் μ என்ற காந்த உட்புகுதிறன் கொண்ட பொருளால் நிரப்பப்படுகிறது எனில்

$$M = \frac{\mu N_1 N_2 A}{l}$$

## 4.3 தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கும் முறைகள்

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசைக்கான சமன்பாடு

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(NBA \cos \theta)$$ என்பது தெரிந்ததே.

எனவே, **(i)** காந்தத் தூண்டலை **(B)** மாற்றுவதன் மூலம், **(ii)** சுருள் உள்ளடக்கிய பரப்பினை **(A)** மாற்றுவதன் மூலம் மற்றும் **(iii)** காந்தப்புலத்தைப் பொறுத்து சுருளின் திசை அமைப்பை **(θ)** மாற்றுவதன் மூலம் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்க விசையைப் பெறலாம்.

### *4.3.1 காந்தத் தூண்டலை மாற்றுவதன் மூலம் மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுதல்*

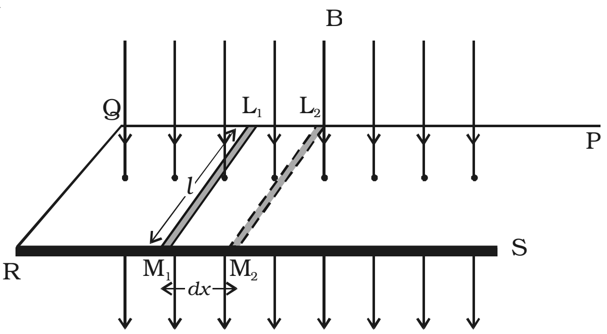
ஒரு காந்தத்தை கம்பிச் சுருளை நோக்கியோ அல்லது கம்பிச் சுருளைவிட்டு விலகிச் செல்லுமாறோ நகர்த்துவதன் மூலம் காந்தத் தூண்டலை மாற்றலாம். இதனால் கம்பிச் சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்குவிசை உருவாக்கப்படுகிறது.

அருகில் உள்ள கம்பிச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தை மாற்றுவதன் மூலம் ஒரு சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தத் தூண்டலை மாற்றலாம். அதனால் அச்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை உருவாகும்.

$$\therefore \quad e = -NA \cos \theta \left(\frac{dB}{dt}\right)$$

### *4.3.2 சுருள் உள்ளடங்கிய பரப்பை மாற்றுவதன் மூலம் மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுதல்*

PQRS என்ற கடத்தி படம் 4.9ல் காட்டியுள்ள வடிவத்தில் வளைக்கப்பட்டுள்ளது. $L_1 M_1$ என்பது $l$ நீளமுடைய நழுவும் கடத்தியாகும். இது PQ




*படம் 4.9 பரப்பை மாற்றுவதன் மூலம் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுதல்*

மற்றும் RS என்ற புயங்களின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. B என்ற சீரான காந்தப்புலம் கடத்தியின் தளத்திற்கு குத்தாகச் செயல்படுகிறது. கடத்தியின் மூடப்பட்ட பரப்பு $L_1QRM_1$ ஆகும். $L_1M_1$ என்ற நழுவும் கடத்தி dt கால அளவில் d$x$ தொலைவு நகருகிறது எனில் கடத்தி உள்ளடக்கும் புதிய பரப்பு $L_2QRM_2$ ஆகும். கடத்தி உள்ளடக்கும் பரப்பு $L_2L_1M_1M_2$ என்ற அளவில் மாறுபடுவதால் கடத்தியுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் மாறுகிறது. எனவே கடத்தியில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை உருவாக்கப்படுகிறது (படம் 4.9).

பரப்பில் மாறுபாடு, dA = பரப்பு $L_2L_1M_1M_2$

$\therefore \quad dA = l\,dx$

காந்தப்பாய மாற்றம், $d\phi = B.dA = Bl\,dx$

ஆனால் $e = -\dfrac{d\phi}{dt}$

$$\therefore \quad e = -\frac{Bldx}{dt} = -Blv$$

இதில் $v$ என்பது நழுவும் கடத்தி நகரும் திசைவேகம் ஆகும்.

### *4.3.3 காந்தப்புலத்தின் சுருளின் திசையமைப்பை (θ) மாற்றுவதன் மூலம் மின்னியக்கு விசையைத் தூண்டுதல்*

PQRS என்பது N சுற்றுகளையும் A குறுக்குப் பரப்பையும் கொண்ட செவ்வக வடிவ கம்பிச் சுருள் ஆகும். இது B என்ற சீரான காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 4.10). இந்தக் கம்பிச் சுருள், காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக அமைந்த அச்சைப்பற்றி ω என்ற கோணத்திசைவேகத்துடன் வலஞ்சுழியாக சுழற்றப்படுகிறது. தொடக்கத்தில் கம்பிச் சுருள் செங்குத்தான நிலையில் உள்ளது எனக் கொண்டால் சுருளின் குத்துக்கோடு காந்தப்புலத்துடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் சுழி ஆகும். t என்ற

காலத்தில் சுருளானது $\theta$ $(=\omega t)$ கோணம் சுழற்றப்படுகிறது. அப்போது சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் $\phi$ எனில்

$$\phi = NBA \cos \theta$$

தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை, $e = -\frac{d\phi}{dt} = -NBA\frac{d}{dt}\cos(\omega t)$

$$\therefore \quad e = NBA\omega \sin \omega t \qquad ...(1)$$

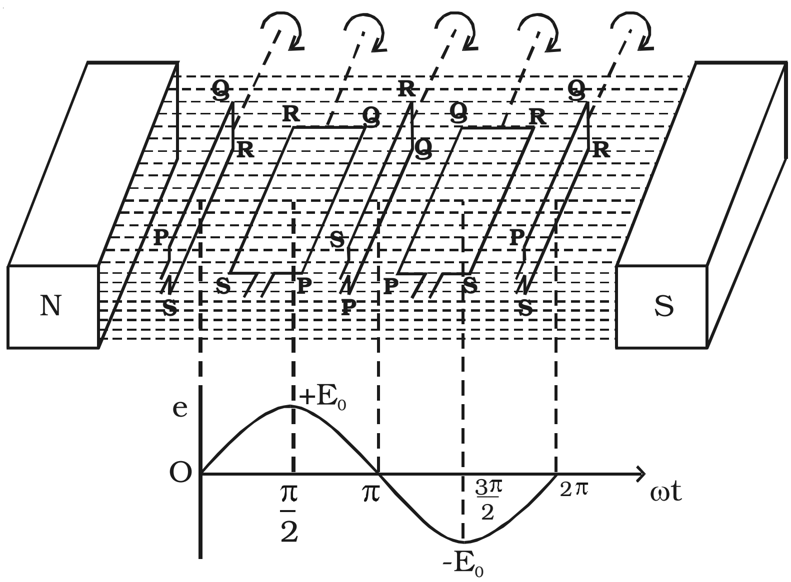
தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் பெரும மதிப்பு $E_0 = NAB\omega$

எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையை $e = E_0 \sin \omega t$ எனக் குறிப்பிடலாம்.

காலம் t ஐப் பொறுத்து தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை e யானது சைன் அலை வடிவத்தில் மாறுகிறது. அதன் அதிர்வெண் $\nu$ $\left(\nu = \frac{\omega}{2\pi}\right)$ சுற்றுகள் / வினாடி ஆகும்.

**(i)** $\omega t = 0$ என்ற நிலையில், சுருளின் தளம், B என்ற காந்தப்புலத்திற்கு குத்தாக உள்ளது. எனவே $e = 0$.

**(ii)** $\omega t = \pi/2$ என்ற நிலையில், சுருளின் தளம், B என்ற காந்தப்புலத்திற்கு இணையாக உள்ளது எனவே $e = E_0$.




*படம் 4.10 திசையமைப்பை மாற்றுவதன் மூலம் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுதல்*

**(iii)** $\omega t = \pi$ என்ற நிலையில், சுருளின் தளம், B என்ற காந்தப்புலத்திற்கு செங்கோணத்தில் உள்ளது எனவே $e = 0$.

**(iv)** $\omega t = 3\pi/2$ என்ற நிலையில் சுருளின் தளம் மீண்டும் காந்தப்புலத்திற்கு இணையாக உள்ளது. எனவே $e = -E_o$.

**(v)** $\omega t = 2\pi$ என்ற நிலையில், சுருளின் நீளம் மீண்டும் B என்ற காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது. எனவே $e = 0$.

சுருளின் முனைகள் R என்ற மின்தடை மூலமாக புறச் சுற்றுடன் இணைக்கப்படும் பொழுது அச்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டமும் சைன் வளைகோடாக அமையும்.

## 4.4 AC மின்னியற்றி (டைனமோ) – ஒரு கட்டம் **(single phase)**

இயந்திர ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்ற உதவும் கருவி ac மின்னியற்றியாகும். யூகஸ்லாவியாவின் அறிவியல் மேதை நிகுலா டெஸ்லா என்பவரால் முதன் முதலில் மின்னியற்றி வடிவமைக்கப்பட்டது.

***தத்துவம்***

கம்பிச் சுருள் ஒன்று சீரான காந்தப்புலத்தில் சுழற்றப்படும் போது அதில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படும் என்ற மின்காந்தத் தூண்டல் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் மின்னியற்றி செயல்படுகிறது.

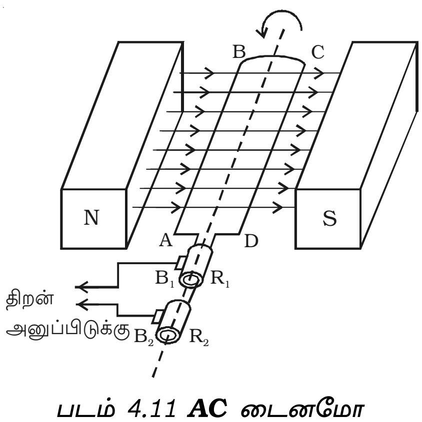
***AC மின்னியற்றியின் முக்கிய பாகங்கள்***

### *(i) சுழல் சுருள்*

சுழல் சுருள் என்பது தகடுகளால் ஆன தேனிரும்பு உள்ளகம் அல்லது வளையத்தின் மீது அதிக எண்ணிக்கையில் மின்காப்புடைய தாமிரக் கம்பியால் சுற்றப்பட்ட செவ்வக வடிவ கம்பிச் சுருள் ஆகும். தேனிரும்பு உள்ளகம், கம்பிச் சுருள் வழியாக பாயும் காந்தப்பாயத்தை அதிகரிப்பதோடு சுழல் சுருளை தாங்குவதற்கும் உதவுகிறது.

### *(ii) புலக் காந்தம்*

திறன் குறைந்த டைனமோவில் ஒரு நிலையான காந்தத்தின் மூலம் தேவையான காந்தப்புலம் உருவாக்கப்படுகிறது. அதிக திறன் கொண்ட டைனமோவில் மின்காந்தத்தின் மூலம் தேவையான காந்தப்புலம் உருவாக்கப்படுகிறது. சுழல் சுருளானது காந்தப்புலத்திற்கு குத்தாக அமைந்த அச்சைப்பற்றி காந்த முனைகளுக்கு இடையில் சுழல்கிறது.




*படம் 4.11 **AC** டைனமோ*

### *(iii)* நழுவு வளையங்கள்

சுழல் சுருளின் இரண்டு முனைகளும் $R_1$ மற்றும் $R_2$ என்ற இரண்டு உள்ளீடற்ற உலோக வளையங்களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த வளையங்கள் சுழல்சுருளை சுழலச் செய்யும் அச்சுத் தண்டோடு பொருத்தப் பட்டுள்ளதால் சுழல் சுருளுடன் சேர்ந்து நழுவு வளையங்களும் சுழல்கின்றன.

### *(iv)* தூரிகைகள்

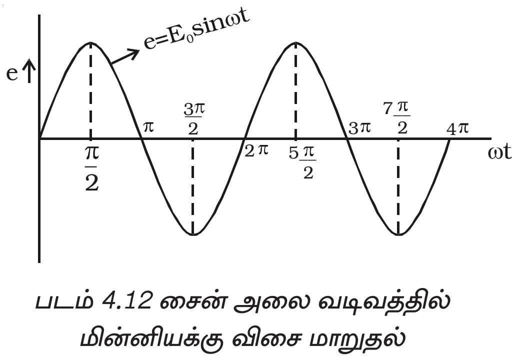
$B_1$ மற்றும் $B_2$ என்பன இரண்டு நெகிழ்வுத் தன்மையுடைய உலோகத் தகடுகள் அல்லது கார்பன் தூரிகைகள் ஆகும். அவைகள், நழுவு வளையங்களுடன் அழுத்தப்பட்ட நிலையில் இருப்பதால் அவற்றுடன் இணைப்பை ஏற்படுத்துகின்றன. தூரிகைகள், சுழல் சுருளில் உருவாகும் மின்னோட்டத்தை நழுவு வளையங்கள் வழியாக வெளிச்சுற்றில் செல்ல உதவுகின்றன.

### *வேலை செய்யும் விதம்*

காந்தப்புலத்தைப் பொறுத்து கம்பிச் சுருளின் திசையமைப்பு மாறும் போது அக்கம்பிச் சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயம் மாறுகிறது. அதனால், கம்பிச் சுருளில் மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் திசையை ஃபிளெமிங் வலது கை விதியிலிருந்து அறியலாம்.

சுழல் சுருள் ABCD தொடக்கத்தில் செங்குத்தான நிலையில் உள்ளது எனக் கருதுவோம். இது இடஞ்சுழியாக சுழற்றப்படுகிறது. சுருளின் AB என்ற பகுதி கீழ்நோக்கியும் DC என்ற பகுதி மேல்நோக்கியும் நகரும் (படம் 4.11). ஃபிளெமிங் வலது கை விதியின்படி AB என்ற புயத்தில் தூண்டப்படும் மின்னோட்டம் B யிலிருந்து A க்கும், CD யில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் D யிலிருந்து Cக்கும் பாயும். எனவே கம்பிச் சுருளில் மின்னோட்டம் DCBA என்ற திசையில் பாயும். வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் $B_1$ லிருந்து $B_2$க்கு பாயும்.

சுழல் சுருள் மேலும் சுழற்றப்படும்போது, சுருளின் புயம் AB மேல் நோக்கியும் DC கீழ்நோக்கியும் நகரும். இப்போது, சுழல் சுருளில் மின்னோட்டம் ABCD என்ற திசையில் பாயும். வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் $B_2$ லிருந்து $B_1$க்கு பாயும். சுருளின் சுழற்சி தொடரும் போது வெளிச்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம், சுருளின் ஒவ்வொரு அரைச் சுற்றுக்கும் தன் திசையை மாற்றிக் கொண்டே இருக்கும். எனவே தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் இயல்பாக மாறி மாறி அமையும் (படம் 4.12). சுழல் சுருள் ஒரு வினாடியில் ν சுழற்சிகளை முடிக்குமானால் ν சுற்றுகள் / விநாடி அதிர்வெண் கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டம் உருவாக்கப்படும்.




***படம் 4.12 சைன் அலை வடிவத்தில் மின்னியக்கு விசை மாறுதல்***

எந்த ஒரு கணத்திலும் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை $e = E_o \sin \omega t$

மின்னியக்கு விசையின் பெரும மதிப்பு $E_o = NBA\omega$

இதில் N என்பது சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை

A என்பது சுருள் உள்ளடங்கும் பரப்பளவு

B என்பது காந்தப்பாயம் மற்றும்

ω என்பது சுருளின் கோணத்திசைவேகமாகும்.

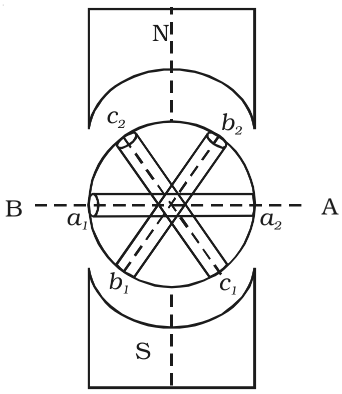
### *4.4.1* **AC** *மின்னியற்றி* **(Alternator)** *– மூன்று கட்டம்*

ஒரு கட்ட மின்னியற்றி ஒரே ஒரு சுழல்சுருளைக் கொண்டிருக்கும். ஒரு மின்னியற்றியில் பல சுழல் சுருள்களை பயன்படுத்தினால், அது பல கட்ட மின்னியற்றி **(Polyphase alternator)** எனப்படும். பல கட்ட மின்னியற்றி, எத்தனை சுருள்களை அல்லது கட்டங்களை கொண்டிருக்கின்றனவோ அத்தனை மின்னழுத்த அலை வடிவங்களைத் தோற்றுவிக்கும். பல கட்ட மின்னியற்றி அமைப்பில் ஏராளமான சுருள்கள், ஒரே அச்சுடன் தேவையான கட்டங்களுக்கு ஏற்ப சம கோண அளவில் சாய்ந்து இருக்குமாறு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். குறைந்த செலவில், அதிக திறமுடன் **(efficiency),** அதிக அளவிலான மின்னாற்றலை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு அனுப்ப மூன்று கட்ட மின்னியற்றிகள் அதிக அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

#### *மூன்று கட்ட மின்னியக்கு விசை உற்பத்தி*

மூன்று கட்ட மின்னியற்றியில் மூன்று கம்பிச் சுருள்கள் உறுதியாக ஒன்றுடன் ஒன்று $120^o$ கோண அளவில் சாய்ந்திருக்குமாறு சேர்த்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த அமைப்பு காந்தப்புலத்திற்கு குத்தாக அமைந்த அச்சைப் பற்றி சுழற்றப்படுகிறது. ஒவ்வொரு சுருளும் தனித்தனியான நழுவு வளையங்கள், தூரிகைகள் கொண்ட அமைப்புகளைக் கொண்டுள்ளன.

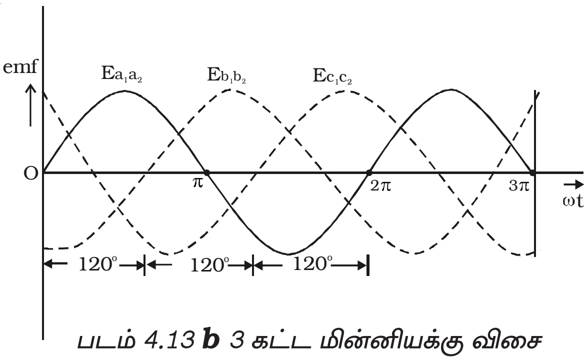
ஒவ்வொரு சுருளிலும் $120^o$ கட்ட வேறுபாட்டில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. $a_1 a_2$, $b_1 b_2$ மற்றும் $c_1 c_2$ ஆகிய மூன்று சுருள்கள் ஒரே அச்சுடன் $120^o$ கோண அளவில் சாய்ந்து இருக்குமாறு பொருத்தப்பட்டு காந்தப்புலத்தில் இடஞ்சுழியாக சுழற்றப்படுகின்றன (படம் 4.13a).




படம் *4.13* **a** *3 கட்ட* **ac** *மின்னியற்றி*

$a_1 a_2$ என்ற கம்பிச் சுருள் AB என்ற நிலையில் உள்ளபோது அதில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை சுழியாகும். பின்னர் இது நேர்த்திசையில் அதிகரிக்கத் தொடங்கும். அதே சமயத்தில் $b_1 b_2$ என்ற சுருள் $a_1 a_2$க்கு $120^o$ பின்தங்கி இருக்கும். எனவே, இதில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை எதிர்த்திசை பெரும மதிப்பை நோக்கி மாறும். மேலும், $c_1 c_2$ என்ற சுருள்

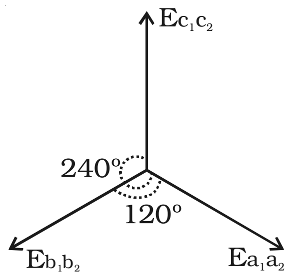
$a_1 a_2$ சுருளைவிட $240^o$ கோண அளவில் பின்தங்கி இருக்கும். எனவே, இதில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை நேர்த்திசை பெரும மதிப்பைக் கடந்து குறைந்து கொண்டிருக்கும். இவ்வாறாக மூன்று கம்பிச் சுருள்களிலும் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசைகள் எண்ணளவில் சமமாகவும் ஒரே அதிர்வெண்ணை கொண்டதாகவும் இருக்கும். மூன்று சுருள்களிலும் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசைகள்




படம் 4.13 **b** 3 கட்ட மின்னியக்கு விசை

$$e_{a_1 a_2} = E_o \sin \omega t$$
$$e_{b_1 b_2} = E_o \sin (\omega t - 2\pi/3)$$
$$e_{c_1 c_2} = E_o \sin (\omega t - 4\pi/3)$$

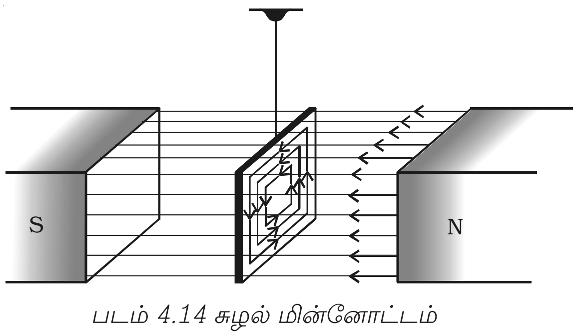
$a_1 a_2$, $b_1 b_2$ மற்றும் $c_1 c_2$ என்ற மூன்று கம்பிச் சுருள்களில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசைகள் மற்றும் கட்ட வேறுபாடுகள் படம் 4.13b மற்றும் படம் 4.13c. ஆகியவற்றில் காட்டப்பட்டுள்ளன.




படம் 4.13 **c** சுழல் சுருளுக்கிடையேயான கோண இடப்பெயர்ச்சி

## 4.5 சுழல் மின்னோட்டங்கள்

உலோகக் கட்டி ஒன்று காந்தப்புலத்தில் இயங்கும் பொழுது அல்லது நிலையாக உள்ள உலோகக் கட்டியின் வழியே செல்லும் காந்தப்பாயம் மாறும் பொழுது உலோகக் கட்டியினுள் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது என்பதை 1895 ஆம் ஆண்டில் போகால்ட் என்பவர் கண்டார். உலோகக் கடத்தியில் தூண்டப் படும் இந்த மின்னோட்டம், சுழல் காற்று அல்லது நீர்ச்சுழல் (eddies or whirl pool) போன்ற மூடப்பட்ட பாதையில் பாய்கிறது. எனவே, இவ்வகை மின்னோட்டம் சுழல் மின்னோட் டம் என அழைக்கப்படுகிறது. சுழல் மின்னோட்டத்தின் திசையை லென்ஸ் விதியைக் கொண்டு அறிந்து கொள்ளலாம்.




படம் 4.14 சுழல் மின்னோட்டம்

வட்டத்தட்டு போன்ற கடத்தி அல்லது உலோகத்தகடு, காந்தத்தின் (படம் 4.14) முனைகளுக்கிடையே அலை வுறும் போது தகட்டிற்குள் சுழல் மின்னோட்டம்

உருவாகிறது. இம் மின்னோட்டத்தின் திசையானது, வலிமையான எதிர்ப்பு விசையுடன் கடத்தியின் இயக்கத்தை எதிர்க்கும் வகையில் அமையும். எனவே கடத்தியானது கிட்டத்தட்ட அமைதி நிலைக்கு வந்துவிடும். உலோகத்தகட்டில் பல துளைகளை ஏற்படுத்திய பின்னர் அதனை காந்தப் புலத்தில் அலைவுறச் செய்தால் சுழல் மின்னோட்டத்தின் விளைவு பெருமளவில் குறைக்கப்படும். அதன் விளைவாக தகடு காந்தப்புலத்தினுள் தடையின்றி அலைவுறும். உலோகக் கட்டிக்குப்பதிலாக மெல்லிய தகடுகளை பயன்படுத்துவதன் மூலம் சுழல் மின்னோட்டத்தைக் குறைக்கலாம்.

### *சுழல் மின்னோட்டத்தின் பயன்கள்*

### *(i) அலைவிலா கால்வனா மீட்டர்* ***(Dead beat galvanometer)***

ஒரு கால்வனா மீட்டர் வழியே மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினால் கம்பிச்சுருள் அமைதி நிலைக்கு வருவதற்கு முன் நடுநிலைப் புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு அலைவுறும். கம்பிச்சுருளை உடனடியாக அமைதி நிலைக்கு கொண்டு வருவதற்காக கம்பிக் சுருளானது ஒரு உலோகச் சட்டத்தின் மீது சுற்றப்படுகிறது. இப்போது, கம்பிச்சுருள் விலகல் அடையும் போது உலோகச் சட்டத்தில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருவாகும். இந்தச் சுழல் மின்னோட்டங்கள், கம்பிச் சுருள் மேலும் அலைவுறுவதை எதிர்க்கும். இது கம்பிச்சுருளை ஏறத்தாழ உடனடியாக சமநிலையை அடையச் செய்யும். கம்பிச் சுருளின் அலைவுகள் உடனடியாக நின்று விடுவதால் இந்த கால்வனா மீட்டர் அலைவிலா கால்வனா மீட்டர் எனப்படுகிறது.

### *(ii) தூண்டல் உலை* ***(Induction furnace)***

தூண்டல் உலையில், உயர் வெப்ப நிலையானது சுழல் மின்னோட்டங்களை ஏற்படுத்துவதன் மூலம் உருவாக்கப்படுகிறது. வெப்பப்படுத்தப்பட வேண்டிய பொருள் அதிக அதிர்வெண் கொண்ட மாறும் இயல்புடைய காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்படுகிறது. எனவே அப்பொருளில் வலிமையான சுழல் மின்னோட்டம் உருவாகிறது. மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவால் உலோகம் உருகுகிறது.

### *(iii) தூண்டல் மின்மோட்டார்கள்* ***(Induction motors)***

சுழலி (rotor) என்றழைக்கப்படும் உலோக உருளை சுழலுகின்ற காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்படும்பொழுது அதில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. சுழல் மின்னோட்டம், தொடக்கத்தில் உருளைக்கும் சுழலும் காந்தப்புலத்திற்கும் இடையே உள்ள சார்பியக்கத்தை குறைக்க முயல்கிறது. காந்தப்புலம் தொடர்ந்து சுழன்றுகொண்டே இருப்பதால் உலோக உருளை தொடர்ந்து சுழற்றப்படுகிறது. இவ்வகை மோட்டார் மின்விசிறிகளில் பயன்படுகிறது.

### *(iv) மின்காந்தத் தடைகள்* ***(Electro magnetic brakes)***

இரயில் வண்டியின் சக்கரங்களுடன் ஒரு உள்ளீடற்ற உலோக உருளை இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இரயில் வண்டி இயக்கத்தில் உள்ளபோது சக்கரத்துடன் உருளையும் சேர்ந்து சுழலும். தடையை செயல்படுத்தும்போது வலிமையான காந்தப்புலம் உருவாக்கப்பட்டு உருளையில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருளையின் இயக்கத்தை

எதிர்க்கும். எனவே, இரயில் வண்டி ஓய்வு நிலைக்கு வருகிறது.

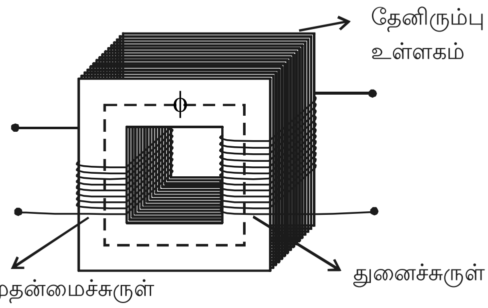
### *(v) வேகம் காட்டும் கருவி* ***(Speedometer)***

வேகம் காட்டும் கருவியில், காந்தம் ஒன்று வாகனத்தின் வேகத்திற்கு ஏற்ப சுழல்கிறது. மயிரிழை சுருள்வில்களின் (hair springs) உதவியால் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ள அலுமினிய உருளையினுள் காந்தம் சுழல்கிறது. காந்தத்தின் சுழற்சியினால் உருளையில் சுழல் மின்னோட்டங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த மின்னோட்டங்கள் சுழலும் காந்தத்தின் இயக்கத்தை எதிர்க்கின்றன. இதனால், உருளையின் மீது ஒரு திருப்பு விசை ஏற்பட்டு வாகனத்தின் வேகத்திற்கு ஏற்றவாறு ஒரு குறிப்பிட்ட கோண அளவிற்கு திரும்புகிறது. உருளையுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ள குறிமுள், குறியீடு செய்யப்பெற்ற அளவு கோலின் மீது நகர்ந்து வாகனத்தின் வேகத்தைக் காட்டும்.

## 4.6 மின்மாற்றி **(Transformer)**

குறைந்த மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தை அதிக மாறுதிசை மின்னழுத்தமாகவும், அதிக மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தை குறைந்த மாறுதிசை மின்னழுத்தமாகவும் மாற்ற உதவும் மின்சாதனம் மின்மாற்றி எனப்படுகிறது. இது, மின்னாற்றலை ஒரு சுற்றிலிருந்து மற்றொரு சுற்றுக்கு மாற்றுகிறது. மின்மாற்றியானது மின்காந்தத் தூண்டல் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் செயல்படுகிறது.

மின்மாற்றியில் தேனிரும்பு உள்ளகத்தின் மீது சுற்றப்பட்ட ஒன்றுடன் ஒன்று மின்தொடர்பு அற்ற முதன்மை மற்றும் துணைச் சுருள்கள் உள்ளன (படம் 4.15). சுழல் மின்னோட்டங்களைக் குறைக்க மெல்லிய தகடுகளினால் ஆன தேனிரும்பு உள்ளகம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மாறுதிசை உள்ளீடு மின்னழுத்தம் முதன்மைச்சுருளுக்கு தரப்படுகிறது. முதன்மைச்சுருளில் தொடர்ந்து மாற்றமடைந்து கொண்டே இருக்கும் மின்னோட்டம், மாறுபடும் காந்தப்பாயத்தை முதன்மைச் சுருளில் உண்டாக்கும். இது துணைச் சுருளிலும் காந்தப்பாய மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும். இதனால் துணைச் சுருளில் மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படுகிறது.



*படம் 4.15 மின்மாற்றி*

$E_P$ மற்றும் $E_S$ என்பன முறையே முதன்மை மற்றும் துணைச் சுருள்களில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசைகள் எனவும், $N_P$ மற்றும் $N_S$ என்பன முறையே முதன்மை மற்றும் துணைச் சுருள்களில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை எனவும் கொள்வோம். முதன்மை மற்றும் துணைச் சுருள்களுடன் ஒரே அளவு காந்தப்பாயம் தொடர்பு கொண்டுள்ளதால் இரண்டு சுருள்களிலும் சுற்று ஒன்றிற்கான தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை சமமாக இருக்க வேண்டும்.

அதாவது $\frac{E_P}{N_P} = \frac{E_s}{N_s}$

அல்லது $\frac{E_s}{E_P} = \frac{N_s}{N_p}$ ...(1)

ஒரு நல்லியல்பு மின்மாற்றிக்கு **(ideal transformer)** உள்ளீடு மின்திறனும் வெளியிடு மின்திறனும் சமம்.

$$E_p I_p = E_s I_s$$

இதில் $I_p$ மற்றும் $I_s$ என்பன முதன்மை மற்றும் துணைச் சுருள்களில் மின்னோட்டங்கள் ஆகும்.

அதாவது $\frac{E_s}{E_P} = \frac{I_P}{I_s}$ ...(2)

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2) லிருந்து

$$\frac{E_s}{E_P} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_P}{I_S} = k$$

இதில் $k$ என்பது மின்மாற்றி விகிதம் எனப்படுகிறது.

[ஏற்று மின்மாற்றிக்கு $k > 1$; இறக்கு மின்மாற்றிக்கு $k < 1$]

ஏற்று மின்மாறியில் $E_s > E_p$ என்பது $I_s < I_p$ என அமையும் என்பதைக் குறிக்கும். எனவே ஏற்று மின்மாற்றி, மின்னோட்டத்தைக் குறைப்பதன் மூலம் மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்கிறது. இது ஆற்றல் அழிவின்மை விதியின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளது. இதுபோலவே இறக்கு மின்மாற்றி மின்னோட்டத்தை அதிகரிப்பதன் மூலம் மின்னழுத்தத்தைக் குறைக்கிறது.

### *மின் மாற்றியின் பயனுறு திறன்*

மின் மாற்றியின் பயனுறு திறன் என்பது வெளியீடு திறனுக்கும் உள்ளீடு திறனுக்கும் உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\eta = \frac{\text{வெளியீடு திறன்}}{\text{உள்ளீடு திறன்}} = \frac{E_s I_s}{E_P I_P}$$

திறன் இழப்புகள் ஏதும் இல்லாத ஒரு நல்லியல்பு மின்மாற்றிக்கு பயனுறு திறன் $\eta = 1$ (அதாவது 100 %).

ஆனால், நடைமுறையில் மின்மாற்றியில் பல்வேறு திறன் இழப்புகள் ஏற்படுவதால் அதன் பயனுறு திறன் எப்போதும் ஒன்றைவிட குறைவாகவே இருக்கும்.

*மின்மாற்றியில் ஏற்படும் திறன் இழப்புகள்*

*(1) தயக்க இழப்பு*

உள்ளீடு மாறுதிசை மின்னோட்டம், இரும்பு உள்ளகத்தை திரும்பத் திரும்ப காந்தமாக்குவதாலும், காந்தத்தன்மையை இழக்கச் செய்வதாலும் ஏற்படும் திறன் இழப்பு தயக்க இழப்பு எனப்படும். குறைந்த தயக்க இழப்பைக் கொண்டுள்ள உலோகங்களைப் பயன்படுத்தி இத்தகைய திறன் இழப்பைக் குறைக்கலாம். மியூமெட்டல் மற்றும் சிலிக்கன் ஸ்டீல் போன்ற கலப்பு உலோகங்களைப் பயன்படுத்தி தயக்க இழப்பைக் குறைக்கலாம்.

*(2) தாமிர இழப்பு*

முதன்மை மற்றும் துணைச் சுற்றுகளில் பாயும் மின்னோட்டம் ஜூல் வெப்பவிளைவை ஏற்படுத்தும். எனவே, சிறிது ஆற்றல், வெப்ப ஆற்றல் வடிவில் இழக்கப்படுகிறது. குறைந்த அளவு மின்தடை கொண்ட தடிமனான கம்பிகளை பயன்படுத்துவதன் மூலம் இத்தகைய இழப்பைக் குறைக்கலாம்.

*(3) சுழல் மின்னோட்ட இழப்பு (இரும்பு இழப்பு)*

மாறுபடும் காந்தப்பாயம், உள்ளகத்தில் சுழல் மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இதனால், ஆற்றல் இழப்பு வெப்ப வடிவில் ஏற்படுகிறது. எஃகின் கலப்பு உலோகமான ஸ்டெல்லாய் என்ற உலோகக் கலவையால் உருவாக்கப்பட்ட மெல்லிய தகடுகளினால் உள்ளகத்தை அமைப்பதன் மூலம் இந்த இழப்பைக் குறைக்கலாம்.

*(4) பாய இழப்பு*

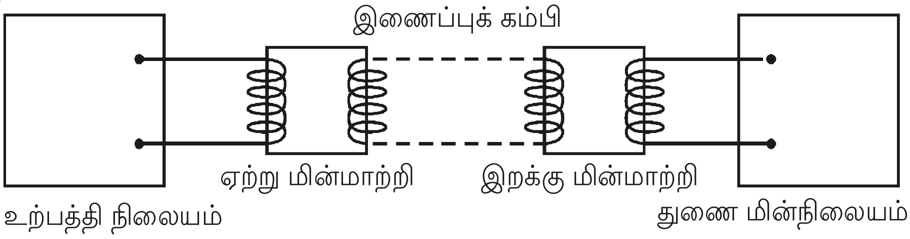
முதன்மைச் சுருளில் உருவாகும் காந்தப்பாயம் முழுவதும், பாயக் கசிவின் காரணமாக, துணைச் சுருளுடன் தொடர்பு கொள்வதில்லை. இது ஆற்றல் இழப்பை ஏற்படுத்துகிறது. கூடுவகை உள்ளகத்தைப் பயன்படுத்துவன் மூலம் இத்தகைய இழப்பைக் குறைக்கலாம்.

மேற்கண்ட இழப்புகளுடன், உள்ளகத்தின் அதிர்வுகள் காரணமாக ஏற்படும் ஒலி ஆற்றல் இழப்பை ஏற்படுத்துகிறது.

### *4.6.1 நீண்ட தொலைவிற்கு மின் திறன் அனுப்புதல்*

ஒதுக்குப்புறமான இடங்களில் அமைந்துள்ள மின் உற்பத்தி நிலையங்களில் உற்பத்தியாகும் மின்திறன், வீடுகள் மற்றும் தொழிற்சாலைகளின் உபயோகத்திற்காக பல்வேறு பகுதிகளுக்கு அனுப்பப்படுகிறது. நீண்ட தொலைவிற்கு மின்திறனை அனுப்ப அலுமினியம் போன்ற மின்கடத்தும் பொருள்களால் ஆன மின்சார இணைப்புக்கு கம்பிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. இந்த இணைப்புக் கம்பிகளில் திறன் இழப்புகள் ஏற்படுகின்றன.

R என்ற மின்தடை உடைய கம்பிவழியே பாயும் மின்னோட்டம் I எனில், குறிப்பிடத்தக்க அளவிலான $I^2R$ என்ற மின்திறன் வெப்ப ஆற்றலாக மாறி வீணாகிறது. எனவே, பயன்படுத்தும் முனையில் பெறப்படும் மின்திறன், தோற்றுவிக்கப்பட்ட




*படம் 4.16 நீண்ட தொலைவிற்கு மின்திறன் அனுப்புதல்*

மின்திறனை விட மிகக்குறைவாக இருக்கும். ஆயினும் மின்திறனை உயர் மின்னழுத்தத்தில் அனுப்பினால் திறன் இழப்பை கணிசமாகக் குறைக்கலாம் என்பதனை கீழ்க்காணும் இரண்டு நிகழ்வுகள் மூலம் அறியலாம் (படம் 4.16).

***நிகழ்வு*** (i) 11,000 W மின்திறன் 220 V, மின்னழுத்தத்தில் அனுப்பப்படுகிறது எனில்

ஆற்றல் $P = VI$

$$\therefore \quad I = \frac{P}{V} = \frac{11,000}{220} = 50A$$

R என்பது இணைப்புக் கம்பியின் மின் தடை எனில், திறன் இழப்பு = $I^2R = 50^2R = 2500$ R watts

**நிகழ்வு** *(ii)* 11,000 W மின்திறன் 22,000 V ; மின்னழுத்தத்தில் அனுப்பப்படுகிறது எனில்

$$\therefore \quad I = \frac{P}{V} = \frac{11,000}{22,000} = 0.5 \ A$$

திறன் இழப்பு = $I^2R = (0.5)^2 R = (0.25)$ R watts

எனவே, உயர் மின்னழுத்தத்தில் மின்திறன் அனுப்பினால் வெப்ப ஆற்றலாக திறன் இழப்பு ஏற்படுவதைக் கணிசமாக குறைக்கலாம் என்பது தெளிவாகிறது.

11,000 W மின் திறனை, 220 V மின்னழுத்தத்தில் அனுப்ப வேண்டுமெனில் இணைப்புக் கம்பியின் மின்னோட்டம் தாங்கும் வலிமை 50A ஆக இருக்கவேண்டும். ஆனால் 22,000 V மின்னழுத்தத்தில் அனுப்பும் போது அதன்மதிப்பு 0.5 A. எனவே அதிக மின்னோட்டத்தை **(50A)** எடுத்துச்செல்ல தடிமனான கம்பிகளை உபயோகப் படுத்த வேண்டும். இது, மின்திறனை அனுப்புவதற்கான செலவை அதிகப்படுத்தும்.

இந்தத் தடிமனான கம்பிகளைத் தாங்க வலுவான மின் கம்பங்களை எழுப்ப வேண்டும். இது செலவை மேலும் அதிகரிக்கும். இதற்கு மாறாக மின்திறனை அதிக மின்னழுத்தத்தில் அனுப்பினால் உபயோகப்படுத்தப்படும் கம்பிகளுக்கு குறைந்த மின்னோட்டம் தாங்கும் சக்தி இருந்தால் போதும். தடிமனான மின்கம்பிகளுக்குப் பதிலாக மெல்லிய கம்பிகளை பயன்படுத்தலாம். இது மின்திறன் அனுப்புவதற்கு ஆகும் செலவை கணிசமாகக் குறைக்கும்.

எடுத்துக்காட்டாக, 400MW மின்திறன், 15,000 V அளவில் நெய்வேலியில் உள்ள மின் உற்பத்தி நிலையத்தில் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. இது அனுப்பப்படுவதற்கு முன்னதாக 230,000 V ஆக ஏற்றுமின்மாற்றி மூலம் உயர்த்தப்படுகிறது. பின்னர் இந்த மின்திறன் மின்சார கிரிடின் (Grid) ஒரு பகுதியாக அமையும் மின்கம்பிகள் மூலம் அனுப்பப்படுகிறது. இந்த மின்சார கிரிட் நாட்டின் பல பகுதிகளையும் இணைக்கிறது. நகரங்களுக்கு வெளியே இறக்கு மின் மாற்றிகளைக் கொண்டு மின்னழுத்தமானது 110,000 V ஆக குறைக்கப்படுகிறது. மீண்டும், மின்திறனானது மின்மாற்றிகள் மூலம் 11,000 V ஆக குறைக்கப்படுகிறது. பயனீட்டாளர்களுக்கு (user) வழங்கப்படுவதற்கு முன்னர் அவர்களின் தேவைக்கு ஏற்ப 230 V அல்லது 440 V அளவுக்கு மின்னழுத்தம் குறைக்கப்பட்டு வழங்கப்படுகிறது.

## 4.7. மாறுதிசை மின்னோட்டம்

காந்தப்புலத்தில் சுழலும் கம்பிச் சுருள், மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையையும், எனவே மாறுதிசை மின்னோட்டத்தையும் உருவாக்கும். சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை எண்மதிப்பிலும் திசையிலும் காலத்தைப் பொறுத்து மாறிக்கொண்டே இருப்பதால் இது மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை என அழைக்கப்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னியக்குவிசையை மின்மாற்றிகளைப் பயன்படுத்தி பயனளிக்கக் கூடிய வகையில் வசதிக்கு ஏற்ப குறைந்த மின்னழுத்தமாகவோ அல்லது அதிக மின்னழுத்தமாகவோ மாற்றிக் கொள்ள இயலும் என்பது இதன் சிறப்பு அம்சமாகும். தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் அதிர்வெண்ணை, சுழல் சுருளின் சுழற்சி வேகத்தை மாற்றுவதன்மூலம் மாற்றி அமைக்க முடியும். இது மின்காந்த நிறமாலையில் உள்ள வெவ்வேறு அதிர்வெண்களை பல்வேறு நோக்கங்களுக்காக நாம் பயன்படுத்திக் கொள்ள சாத்தியமாகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, இந்தியாவில் வீடுகளுக்கு 50 Hz அதிர்வெண் கொண்ட மின்திறன் வழங்கப்படுகிறது. ஒலி மற்றும் காட்சிக்கான சைகைகளை அனுப்ப 100 KHz முதல் 100 MHz வரை அதிர்வெண்கள் கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டம் தேவை. ஏராளமான பயன்பாடுகள் காரணமாக பெரும்பாலான நாடுகள் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தையே பயன்படுத்துகின்றன.

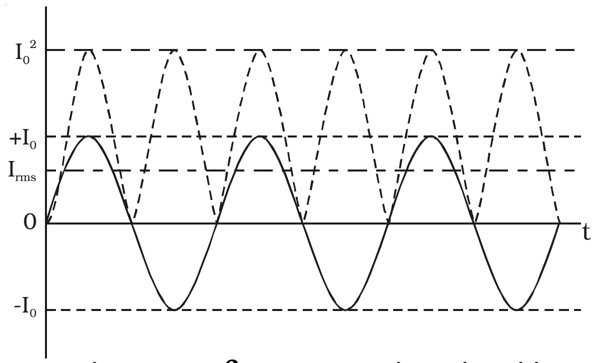
### *4.7.1 மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை அளவிடுதல்*

மாறுதிசை மின்னோட்டம் காலத்தைப் பொறுத்து தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டே இருப்பதால், ஒரு முழுச் சுற்றுக்கான சராசரி மதிப்பு சுழியாகும். எனவே இதன் விளைவு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் மதிப்பால் அளவிடப் படுகிறது.

### *மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் RMS மதிப்பு*

மாறுதிசை மின்னோட்டமானது ஒரு மின்தடையாக்கி ஒன்றின் வழியாக குறிப்பிட்ட நேரம் பாயும்பொழுது உருவாக்கும் வெப்ப ஆற்றலை, அதே நேரத்தில் அதே மின்தடையில் உருவாக்கும் மாறாத நேர்மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு rms மதிப்பு எனப்படுகிறது.

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் rms மதிப்பு என்பது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பயனுறு மதிப்பு எனவும் அழைக்கப் படுகிறது. இதனை $I_{rms}$ அல்லது $I_{பயன்}$ என குறிப்பிடலாம்.




படம் 4.17 ***I, I²,*** $\boldsymbol{I_{rms}}$ ***காலத்தைச் சார்ந்து மாறுபடுதல்.***

$i = I_o \sin \omega t$ என்ற மாறுதிசை மின்னோட்டம் என்ற மின்தடை R வழியாகப் பாயும்போது (dt) என்ற சிறிய கால அளவில் மின்தடையில் உருவாக்கும் வெப்பம்

$$dH = i^2 \ R \ dt$$

ஒரு முழுச் சுற்றுக்கு மின்தடையில் உருவாகும் மொத்த வெப்பம்

$$H = \int_O^T i^2 \ R \ dt = \int_O^T (I_o^2 \sin^2 \omega t) R \ dt$$

$$= I_o^2 R \int_O^T \left( \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \right) dt = \frac{I_o^2 R}{2} \left[ \int_O^T dt - \int_0^T \cos 2\omega t . dt \right]$$

$$= \frac{I_o^2 R}{2} \left[ t - \frac{\sin 2\omega t}{2\omega} \right]_0^T = \frac{I_o^2 R}{2} \left[ T - \frac{\sin 4\pi}{2\omega} \right] \qquad \left\{ \because T = \frac{2\pi}{\omega} \right\}$$

$$H = \frac{I_o^2 RT}{2}$$

இந்த வெப்பமானது, அதே மின்தடையாக்கியில் (R) அதே காலத்தில் (T) மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு உருவாக்கும் வெப்பத்திற்குச் சமம்.

அதாவது, $H = I^2_{rms} RT$

$$\therefore \quad I^2_{rms} \ RT = \frac{I_o^2 RT}{2}$$

$$I_{rms} = \frac{I_o}{\sqrt{2}} = 0.707 \ I_0$$

இதே போல்

$E_{rms} = \frac{E_o}{\sqrt{2}}$ எனக் கணக்கிடலாம்.

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் rms மதிப்பு, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பைப் போல் 0.707 மடங்காக இருக்கும். மாறாக, இது பெரும மதிப்பில் **70.7 %** இருக்கும் எனக் கூறலாம்.

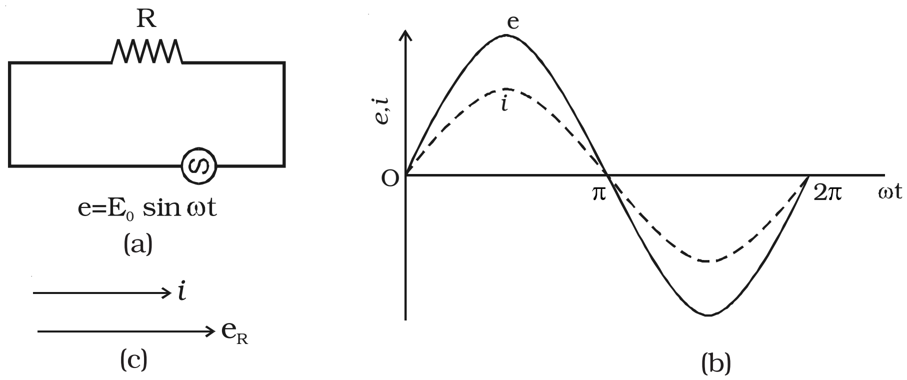
### *4.7.2 மின்தடையாக்கி மட்டும் உடைய AC சுற்று*

R மின்தடையுடைய மின்தடையாக்கியுடன் ஒரு மாறுதிசை மின்னியக்கு விசைமூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளது எனக் கொள்வோம். எந்த ஒரு கணத்திலும் செயல்படுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசை

$$e = E_o \sin \omega t \qquad \ldots(1)$$

t என்ற காலத்தில், சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் i எனில் R என்ற மின்தடையாக்கியின், குறுக்கே மின்னழுத்த வேறுபாடு $e = i R$

மின்னழுத்த வேறுபாடு, செலுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசைக்குச் சமம்.




*படம் 4.18 மின்தடையாக்கி உடைய **AC** மின்சுற்று*

எனவே, $iR = E_o \sin \omega t$

$$i = \frac{E_o}{R} \sin \omega t$$

$$i = I_o \sin \omega t \qquad \ldots(2)$$

இதில் $I_o = \frac{E_0}{R}$ என்பது மின்சுற்றில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு ஆகும். மின்தடையாக்கி இணைக்கப்பட்ட மின்சுற்றில் பாயும் கணநேர மின்னோட்டத்தை சமன்பாடு (2) காட்டுகிறது. மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டத்திற்கான சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2) லிருந்து மின்னழுத்தமும், மின்னோட்டமும் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன என்பது புலனாகிறது (படம் 4.18**b**).

படம் 4.18c, மின்னோட்டத்திற்கும் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டும் கட்டப்படமாகும். (Phasor diagram)

### *4.7.3 மின்தூண்டி (Inductor) மட்டுமே உடைய AC சுற்று*

ஒரு மாறுதிசை மின்னியக்கு விசைமூலத்தின் மின்னியக்கு விசை, L என்ற தன்மின் தூண்டல் எண் உடைய தூய மின்தூண்டிக்கு தரப்படுகிறது எனக் கொள்வோம். புறக்கணிக்கத்தக்க அளவுக்கு குறைந்த மின்தடையை கொண்டிருக்கும் மின்தூண்டி, தகடுகளால் ஆன இரும்பு உள்ளகத்தின் மீது சுற்றப்பட்டிருக்கும். மின்தூண்டிக்கு மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை அளிக்கப்படுவதால் செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தை எதிர்க்கக்கூடிய தன்மின் தூண்டல் மின்னியக்கு விசை, அதில் உருவாக்கப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டு அடைப்புச் சுருள் (choke coil).

எந்த ஒரு கணத்திலும் செலுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசை

$$e = E_o \sin \omega t \qquad \ldots(1)$$

தூண்டல் மின்னியக்கு விசை $e' = -L \cdot \dfrac{di}{dt}$

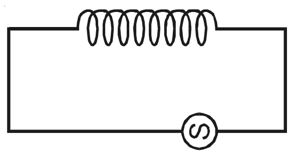
இதில் L என்பது கம்பிச் சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண் ஆகும். ஒரு நல்ல மின்தூண்டிக்கு தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை, செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கு சமமாகவும் எதிராகவும் இருக்கும்.

எனவே $e = -e'$

$$E_o \sin \omega t = -\left(-L\frac{di}{dt}\right)$$

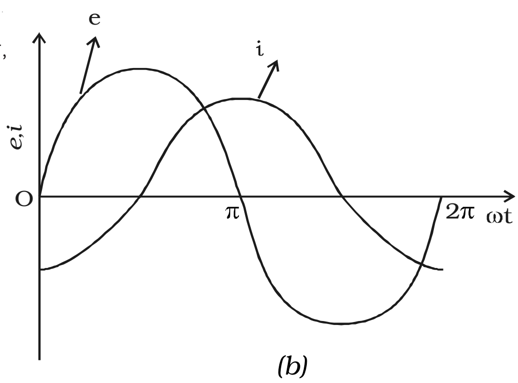
$$\therefore \quad E_o \sin \omega t = L\frac{di}{dt}$$

$$di = \frac{E_o}{L} \sin \omega t \; dt$$



e=$E_0$ sin ωt

*(a)*




*(b)*

*படம் 4.19 மின்தூண்டியுள்ள மின்சுற்று*

இருபுறங்களிலும் தொகை காண,

$$i = \frac{E_o}{L}\int \sin \omega t \; dt$$

$$= \frac{E_o}{L}\left[-\frac{\cos \omega t}{\omega}\right]$$

$$= -\frac{E_o \cos \omega t}{\omega L}$$

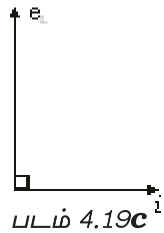
$$i = \frac{E_o}{\omega L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$i = I_o \,.\, \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \qquad \ldots(2)$$

இதில் $I_o = \dfrac{E_o}{\omega L}$.

இங்கு ωL என்பது கம்பிச்சுருள் தரும் மின்தடை ஆகும். இது மின் தூண்டியின் மின் மறுப்பு என அழைக்கப்படுகிறது. இதன் அலகு Ohm ஆகும்.

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)லிருந்து, தூய மின்தூண்டி மட்டுமே உள்ள ac சுற்றில், மின்னோட்டம் மின்னழுத்தத்தை விட $\pi/2$ கட்ட அளவில் பின்தங்கி இருக்கும் என்பது தெளிவாகிறது. அதாவது மின்தூண்டிக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தம், மின்னோட்டத்தைக் காட்டிலும் $\pi/2$ கட்ட அளவில் முன்னோக்கி இருக்கும். இது படம் 4.19b இல் உள்ள வரைபடத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



*படம் 4.19c*
*கட்டப்படம்*

படம் 4.19c, L மட்டுமே உடைய ac சுற்றைக் குறிக்கும் கட்டப்படம் (Phasor Diagram) ஆகும்.

### *மின்தூண்டியின் மின் மறுப்பு*

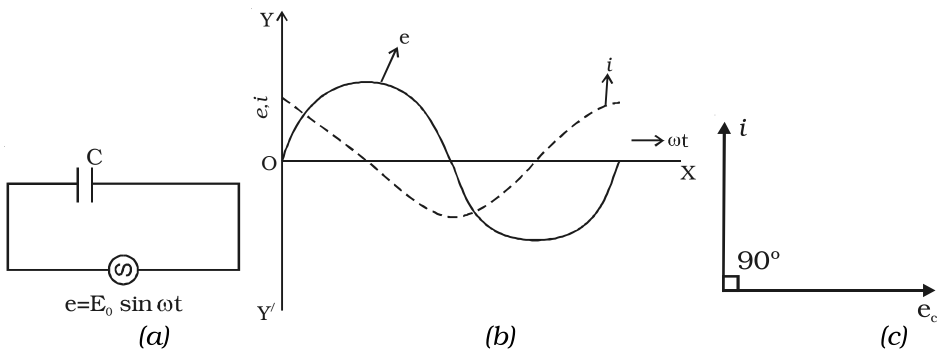
$X_L = \omega L = 2\pi \nu L$, இதில் ν என்பது செலுத்தப்படும் a.c மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண் ஆகும். நேர்திசை மின்னோட்டத்திற்கு $\nu = 0$; $\therefore X_L = 0$ இவ்வாறாக தூய மின்தூண்டி நேர்திசை மின்னோட்டத்திற்கு சுழி மின்தடையை கொடுக்கும். ஆனால் a.c. சுற்றில் கம்பிச் சுருளின் மின் மறுப்பு அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து அதிகரிக்கும்.

### *4.7.4 மின்தேக்கி மட்டுமே உள்ள சுற்று*

மாறுதிசை மின்னியக்கு விசைமூலம், C என்ற மின்தேக்குத் திறன் உடைய மின்தேக்கியின் குறுக்கே இணைக்கப்படுகிறது (படம் 4.20a). இந்த மின்தேக்கி முதலில் ஒரு திசையிலும் பின்னர் எதிர்த் திசையிலும் மின்னேற்றம் அடைகிறது.

எந்த ஒரு கணத்திலும், செயல்படுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசை

$$e = E_o \sin \omega t \qquad \ldots(1)$$




*படம் 4.20 மின்தேக்கி மின்சுற்று*

எந்த ஒரு கணத்திலும், மின்தேக்கியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு செயல்படுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசைக்குச் சமம்.

$\therefore$ e = q/C, இதில் q என்பது மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னூட்டம்.

ஆனால் $i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(Ce)$

$$i = \frac{d}{dt}(C\ E_o \sin \omega t) = \omega\ CE_o.\ \cos \omega t$$

$$i = \frac{E_o}{(1/\omega C)} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$i = I_o \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad ...(2)$$

இதில் $I_o = \frac{E_o}{(1/\omega C)}$

$\frac{1}{\omega C} = X_C$ என்பது மின்தேக்கி தரும் மின்தடை ஆகும். இது மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு எனப்படுகிறது. இதன் அலகு ஓம்.

மின்தேக்கி மட்டும் உள்ள ஒரு a.c. சுற்றில் மின்னோட்டமானது மின்னழுத்தத்தைவிட $\pi/2$ என்ற கட்ட அளவில் முந்தி இருக்கும் என சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)லிருந்து தெரிகிறது. அல்லது மின்னழுத்தம் மின்னோட்டத்தைவிட $\pi/2$ என்ற கட்ட அளவில் பின்தங்கி உள்ளது எனவும் கூறலாம். இது படம் 4.20b இல் வரை கோடுகள் மூலமாக காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் 4.20c, மின்தேக்கி C மட்டுமே உடைய ஒரு a.c. சுற்றின் கட்டப் படம் (Phasor diagram) ஆகும்.

$$\therefore \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\ \nu C}$$

இதில் $\nu$ என்பது a.c. மூலத்தின் அதிர்வெண் ஆகும். நேர்மின்னோட்ட சுற்றில்

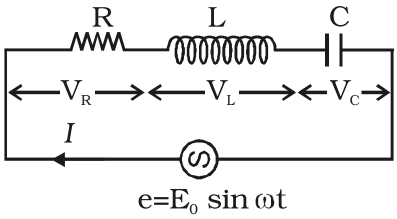
$\nu = 0$

$$\therefore \quad X_C = \infty$$

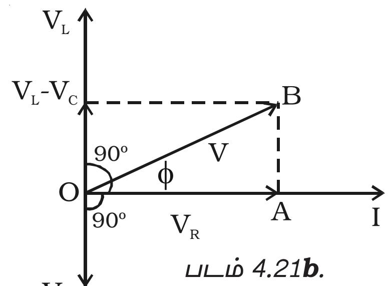
எனவே, ஒருமின்தேக்கி நேர்திசை மின்னோட்டத்திற்கு முடிவிலா (infinity) மின்தடையைத் தரும். மின்தேக்கியின் மின் மறுப்பு a.c. மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணுக்கு எதிர்த் தகவில் இருக்கும். மேலும் மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு அதன் மின்தேக்குத் திறனுக்கு எதிர்த்தகவில் இருக்கும்.

### *4.7.5 மின்தடையாக்கி, மின்தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கி ஆகியவை தொடர் இணைப்பில்*

R என்ற மின்தடையுள்ள மின்தடையாக்கி, L என்ற மின்தூண்டல் எண் கொண்ட மின் தூண்டி மற்றும் C என்ற மின்தேக்குத் திறன் கொண்ட மின்தேக்கி ஆகியவற்றோடு e என்ற மின்னியக்கு விசையுடைய மாறுதிசை மின்னியக்கு விசைமூலம் தொடர் இணைப்பில் இணைக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம் படம் (4.21a).




படம் 4.21***a* *RLC*** *தொடர் சுற்று*




படம் 4.21***b.***
*மின்னழுத்த கட்ட படம்*

சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் I எனக் கொள்வோம்.

மின்தடைக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_R = I R$

(இது I-யுடன் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும்)

மின்தூண்டிக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தவேறுபாடு $V_L = I X_L$

(I-ஐ விட $V_L$-ஆனது $\pi/2$ கட்டம் முந்தி இருக்கும்)

மின்தேக்கிக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_C = I X_C$

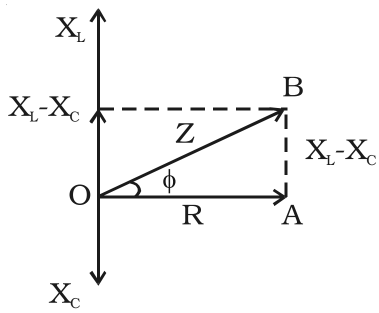
(I-ஐ விட $V_C$-ஆனது $\pi/2$ கட்டம் பின்தங்கி இருக்கும்)

வெவ்வேறு உறுப்புகளுக்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் படம் 4.21b-இல் உள்ள மின்னழுத்த கட்டப்படத்தில் (voltage phasor) காட்டப்பட்டுள்ளது.

$V_L$ மற்றும் $V_C$ என்பன ஒன்றுக்கொன்று $180^o$ கட்ட வேறுபாட்டில் உள்ளன. மின்சுற்றினை மின்நிலைமத் தன்மை உடையதாகக் கருதினால் $V_L$ மற்றும் $V_C$ இன் தொகுபயன் $(V_L - V_C)$ என அமையும். செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்தம் $V_R$, $V_L$ மற்றும் $V_C$ ஆகியவற்றின் வெக்டர் கூடுதலாக அமையும்.

$$OB^2 = OA^2 + AB^2 \ ;$$

$$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$$




*படம் 4.22 மின்னெதிர்ப்பு படம்*

$$V = \sqrt{{V_R}^2 + \left(V_L - V_C\right)^2}$$

$$V = \sqrt{(IR)^2 - (IX_L - IX_C)^2}$$

$$= I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\frac{V}{I} = Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ என்பது மின்தடையாக்கி, மின் தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கி ஆகியவை சேர்நத அமைப்பின் தொகுபயன் எதிர்ப்பு (effective opposition) ஆகும். இது மின்னெதிர்ப்பு எனப்படும். மேலும், இது Z என குறிக்கப்படுகிறது. இதன் அலகு Ω ஆகும். இவற்றின் மதிப்புகள் படம் 4.22 ல் உள்ள மின்னெதிர்ப்பு வரைபடத்தில் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

மின்னழுத்தத்திற்கும், மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள கட்ட கோணம் (phase angle) φ ஐ கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டின் மூலம் காணலாம்.

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{I\ X_L - I\ X_C}{IR}$$

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\text{தொகுபயன் மின்மறுப்பு}}{\text{மின்தடை}}$$

$$\therefore \quad \phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$$

$\therefore$ $I_o \sin(\omega t \pm \phi)$ என்பது எந்த ஒரு கணத்திலும் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டமாகும்.

### ***RLC* சுற்றில் தொடர் ஒத்திசைவு அல்லது மின்னழுத்த ஒத்திசைவு**

எந்த ஒரு கணத்திலும் தொடர் RLC சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

கோண அதிர்வெண்ணின் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பும் மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருக்கும்.

$\omega L = \frac{1}{\omega C}$, எனவே மின்னெதிர்ப்பு சிறுமமாக மாறும், அது Z = R என அமையும். அதாவது I, Vயுடன் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணுக்கு சுற்றின் ($\nu_o$) மின்னெதிர்ப்பு சிறுமமாகவும், மின்னோட்டம் பெருமமாகவும் மாறுமோ அந்த குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் சுற்றின் ஒத்திசைவு அதிர்வெண் எனப்படும். பெரும மின்னோட்டத்தை அனுமதிக்கும் இத்தகைய சுற்றுகள் தொடர் ஒத்திசைவுச் சுற்று அல்லது ஏற்புச் சுற்று என அழைக்கப்படுகிறது.

ஒத்திசைவு நிலையில் சுற்றில் பாயும் பெரும மின்னோட்டம் $I_o = \frac{V}{R}$

சுற்றின் மின்னெதிர்ப்பு, சுற்றின் மின்தடையாக்கியின் மின்தடைக்குச் சமம் ஆகும். அதாவது Z = R. எனவே, சுற்றில் பெரும மின்னோட்டம் பாயும்.

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega = 2\pi \nu_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\nu_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

### *ஏற்பிச் சுற்று (Acceptor circuit)*

ஏற்பிச்சுற்று எனப்படும் தொடர் ஒத்திசைவுச் சுற்றானது, மின்னோட்டத்திற்கு குறைந்த மின்னெதிர்ப்பைத் தருவதன் மூலம் பல அதிர்வெண்களிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணை உடனடியாக தேர்ந்தெடுக்க அல்லது ஏற்றுக்கொள்ள இயலுகிறது.

ரேடியோ ஏற்பிகளில், சுற்றின் ஒத்திசைவு அதிர்வெண், ஏற்க வேண்டிய சைகையின் அதிர்வெண்ணுடன் இசைவு (tune) செய்யப்படுகிறது. வழக்கமாக மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறனை மாற்றுவதன் மூலம் தேவையான அதிர்வெண் உடைய சைகை ஏற்கப்படுகிறது.

### *Q- காரணி*

ஒத்திசைவுச் சுற்றின் தேர்ந்தெடுக்கும் திறன் அல்லது கூர்மைத்திறன் என்பது தரக்காரணி (Quality factor) அல்லது Q காரணியால் அளவிடப்படுகிறது.

தொடர் ஒத்திசைவுச் சுற்றின் Q காரணியானது கம்பிச் சுருள் அல்லது மின்தேக்கியின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும், செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள தகவு என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$Q = \frac{\text{L அல்லது C இன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தம்}}{\text{செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தம்}} \quad \ldots(1)$$

L க்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்தம் = $I\,\omega_o L$ ...(2)

இதில் $\omega_o$ ஒத்திசைவின் போது மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் கோண அதிர்வெண் ஆகும்.

ஒத்திசைவின்போது செயல்படுத்தப்பட்ட மின்னழுத்தமானது R-ன் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்தக் குறைவாகும். ஏனெனில், L-ன் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்தக் குறைவும். C-ன் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்தக்குறைவும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகவும் $180^o$ கட்ட வேறுபாட்டிலும் இருக்கும். எனவே அவை ஒன்றை ஒன்று சமன் செய்து கொள்ளும். R-ன் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மட்டுமே இருக்கும்.

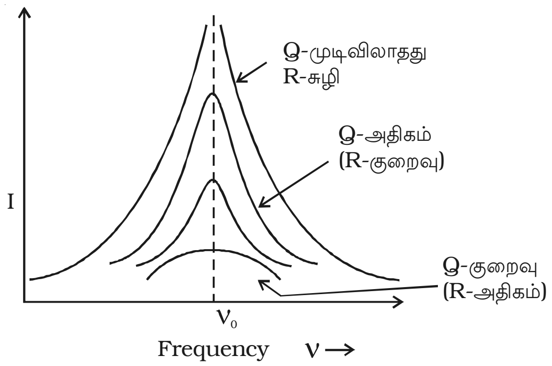
செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தம் = IR ...(3)

(2) மற்றும் (3)வது சமன்பாடுகளை சமன்பாடு (1)இல் பதிலீடு செய்ய,

$$Q = \frac{I\omega_o L}{IR} = \frac{\omega_o L}{R}$$

$$Q = \frac{1}{\sqrt{LC}}\frac{L}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \qquad \left\{\because \omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}\right\}$$

Q என்பது இயல்பான அதிர்வெண்களுக்கு 10 முதல் 100 வரை மதிப்புகள் கொண்ட ஒரு எண் ஆகும். அதிக Q மதிப்பு கொண்ட சுற்றுகள் மிகக் குறுகலான அதிர்வெண் வீச்சுக்கு சைகைகளை ஏற்கும். குறைந்த Q மதிப்பு சுற்றுகள் நீண்ட அதிர்வெண் வீச்சுக்கு சைகைகளை ஏற்கும்.




படம் 4.23 அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்து மின்னோட்ட மாற்றம்

எனவே, அதிக Q மதிப்பு கொண்ட சுற்றுகள் கூர்மையாக இசைவு செய்யும். குறைந்த Q மதிப்பு கொண்ட சுற்றுகள் தட்டையான ஒத்திசைவை பெற்றிருக்கும். அதிக மின்தூண்டல் எண்ணும், குறைந்த மின்தடையையும் கொண்ட கம்பிச் சுருளைப் பயன்படுத்தி Q காரணியை அதிகரிக்க இயலும்.

மின்னோட்ட அதிர்வெண் வரைகோடு அதிக மின்தடை மதிப்புகளுக்கு சற்று தட்டையாக இருக்கும். மின்தடையின் மதிப்பு குறைந்தால் அது மிகவும் கூர்மையாக மாறும். படம் 4.23ல் காட்டப்பட்டுள்ள வளைந்த கோடு அதிர்வெண் உணர்திறன் வரைகோடு எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

### *4.7.6 A.C மின் சுற்றில் திறன்*

a.c மின்சுற்றில் மின்னோட்டமும், மின்னியக்கு விசையும் காலத்தைச் சார்ந்து தொடர்ந்து மாறும். எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட கணத்தில் திறனைக் கணக்கிட்டு, பின்னர்

ஒரு முழுச் சுற்றுக்கும் சராசரி திறன் கணக்கிடப்படுகிறது. எனவே, எந்த ஒரு கணத்திலும் AC மின்சுற்றின் திறன் என்பது, அக்கணத்தில் மின்னியக்கு விசைக்கும், சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள பெருக்கல் பலன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

எந்த ஒரு கணத்திலும், மின்னியக்கு விசை மற்றும் மின்னோட்டத்தை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$e = E_o \sin \omega t$$

$$i = I_o \sin (\omega t + \phi)$$

இதில் $\phi$ என்பது a.c. சுற்றில் மின்னியக்கு விசைக்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள கட்ட வேறுபாடு ஆகும். ஒரு முழுச் சுற்றில் பயன்படுத்தப்படும் சராசரி திறன்

$$P_{av} = \frac{\int_0^T ie \; dt}{\int_0^T dt} = \frac{\int_0^T \left[I_o \sin(\omega t + \phi) E_o \sin \omega t\right] dt}{T}.$$

இதனைச் சுருக்க,

$$P_{av} = \frac{E_o I_o}{2} \cos \phi$$

$$P_{av} = \frac{E_o}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_o}{\sqrt{2}} . \cos \phi = E_{rms} \; I_{rms} \; \cos \phi$$

$P_{av}$ = தோற்ற திறன் × திறன் காரணி

இதில் தோற்ற திறன் = $E_{rms} I_{rms}$, மற்றும் திறன் காரணி = $\cos \phi$

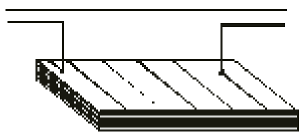
ஒரு ac சுற்றின் சராசரி திறன், சுற்றின் உண்மைத்திறன் எனவும் அழைக்கப் படுகிறது.

### *அடைப்புச் சுருள் (choke coil)*

அடைப்புச் சுருள் என்பது குறைந்த மின்தடையைக் கொண்ட ஒரு கம்பிச் சுருள் ஆகும். இது ac மின் சுற்றில் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த பயன்படுகிறது. மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த மின்தடையாக்கியை பயன்படுத்தினால் ஜூல் வெப்ப விளைவு காரணமாக ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படும். இதற்குமாறாக தூய மின்தூண்டியில் மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுவது இல்லை.

#### *அமைப்பு*

தேனிரும்பு உள்ளகத்தின் மீது, காப்பிடப்பட்ட தாமிரக் கம்பி அதிக எண்ணிக்கையில் சுற்றப் பட்டிருக்கும். சுழல் மின்னோட்டத்தைக் குறைப்பதற்காக மெல்லிய தகடுகளால் ஆன உள்ளகம் பயன்படுத்தப்படுகிறது (படம 4.24).



*படம் 4.24 அடைப்புச் சுருள்*

### *செயல்படும் விதம்*

கம்பிச் சுருளின் மின் நிலைம மின் மறுப்பு $X_L = \omega L$

ஒரு நல்லியல்பான மின்தூண்டியில், மின்னோட்டம் மின்னழுத்தத்தை விட $\frac{\pi}{2}$ என்ற கட்ட அளவில் பின்தங்கி இருக்கும்.

$\therefore$ ஒரு முழுச் சுற்றுக்கு அடைப்புச் சுருள் பயன்படுத்தும் சராசரி திறன்,

$$P_{av} = E_{rms} I_{rms} \cos \pi/2 = 0$$

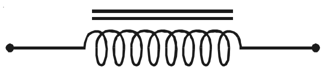
இருப்பினும் நடைமுறையில் L என்ற மின் தூண்டல் எண் கொண்ட அடைப்புச் சுருள் **r** என்ற சிறிய மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும். எனவே, இது மின்தூண்டியும் மின்தடை **r** உம் தொடர் இணைப்பில் அமைந்த ஒரு அமைப்பாக கருதப்படும். இந்த நிலையில் ஒரு முழுச் சுற்றுக்கு அடைப்புச் சுருள் எடுத்துக் கொள்ளும் திறன்

$$P_{av} = E_{rms} I_{rms} \cos \phi$$

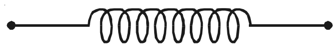
$$P_{av} = E_{rms} I_{rms} \frac{r}{\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}} \quad \ldots(1)$$

இதில் $\frac{r}{\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}}$ என்பது திறன் காரணி ஆகும்.

சமன்பாடு (1)லிருந்து வீணாகும் சராசரி திறன், மின்தடையில் ஏற்படும் திறன் இழப்பு $I^2R$ ஐ விட மிகக் குறைவாக இருப்பதைக் காணலாம்.



*படம் **4.24a A.F** அடைப்புச் சுருள்*



*படம் **4.24b R.F** அடைப்புச் சுருள்*

குறைந்த அதிர்வெண் சுற்றுகளில் பயன்படுத்தப்படும் அடைப்புச் சுருள் தேனிரும்பு உள்ளகத்தைப் பெற்றிருப்பதால் இதன் மின்தூண்டல் எண் அதிகமாக இருக்கும். இவ்வகை அடைப்புச் சுருள்கள் செவியுணர் அதிர்வெண் **(AF)** அடைப்புச் சுருள்கள் எனப்படுகின்றன. ரேடியோ அதிர்வெண்களுக்கு காற்று உள்ளக அடைப்புச் சுருள்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஏனெனில் இவற்றுக்கு குறைந்த மின்தூண்டல் எண் போதுமானதாக உள்ளது. இவை ரேடியோ அதிர்வெண் **(RF)** அல்லது உயர் அதிர்வெண் **(HF)** அடைப்புச் சுருள்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இவை கம்பியில்லா ஏற்பி சுற்றுகளில் பயன்படுகின்றன (படம் 4.24a மற்றும் படம் 4.24b).

மாறுதிசை மின்னோட்டங்களில் செயல்படும் ஒளிர் விளக்குகளில் (fluorescent tubes) அடைப்புச் சுருள்கள் பயன்படுகின்றன.

## தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

4.1 200 சுற்றுகளையும், $0.04\ m^2$ குறுக்குப் பரப்பையும் கொண்டுள்ள கம்பிச் சுருள் வழியே செல்லும் காந்தப்புலம் 0.02 விநாடியில் $0.1\ Wb\ m^{-2}$ லிருந்து $0.04\ Wb\ m^{-2}$ ஆக மாறுகிறது எனில் அதில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $N = 200$, $A = 0.04\ m^2$, $B_1 = 0.1\ Wb\ m^{-2}$, $B_2 = 0.04\ Wb\ m^{-2}$, $t = 0.02\ s$, $e = ?$

**தீர்வு :** $e = -\dfrac{d\phi}{dt} = -\dfrac{d}{dt}(\phi)$

$$e = -\frac{d}{dt}(NBA) = -NA\,.\,\frac{dB}{dt} = -NA.\,\frac{(B_2 - B_1)}{dt}$$

$$e = -200 \times 4 \times 10^{-2}\ \frac{(0.04 - 0.1)}{0.02}$$

$$e = 24\ V$$

4.2 ஒரு விமானத்தின் இறக்கையின் முனைகளுக்கிடையே உள்ள தூரம் 20.48 m. இது வடக்கு நோக்கி $40\ ms^{-1}$ என்ற வேகத்தில் பறக்கிறது. புவிகாந்தப் புலத்தின் செங்குத்துக் கூறு அவ்விடத்தில் $2 \times 10^{-5}\ T$ எனில், இறக்கையின் முனைகளுக்கிடையே தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $l = 20.48\ m$; $v = 40\ ms^{-1}$; $B = 2 \times 10^{-5} T$; $e = ?$

**தீர்வு :** $e = -B\,l\,v$

$= -2 \times 10^{-5} \times 20.48 \times 40$

$e = -0.0164$ volt

4.3 1 m நீளமும் 0.05 m விட்டமும் கொண்ட வரிச்சுருள் 500 சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. கம்பிச் சுருளின் வழியே 2 A மின்னோட்டம் பாய்கிறது எனில் **(i)** கம்பிச் சுருளின் தன் மின் தூண்டல் எண் மற்றும் **(ii)** கம்பிச் சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $l = 1\ m$; $d = 0.05\ m$; $r = 0.025\ m$; $N = 500$ ; $I = 2A$ ; (i) $L = ?$ (ii) $\phi = ?$

**தீர்வு : :** (i) $L = \dfrac{\mu_o N^2 A}{l} = \dfrac{\mu_o N^2 \pi r^2}{l}$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times (5 \times 10^2)^2 \times 3.14(0.025)^2}{1} = 0.616 \times 10^{-3}$$

$\therefore L = 0.616\ mH$

**(ii)** காந்தப்பாயம் $\phi = LI$

$$= 0.616 \times 10^{-3} \times 2 = 1.232 \times 10^{-3}$$

$$\phi = 1.232 \text{ mWb}$$

4.4 ஒரு சுருளில் பாயும் 4A மின்னோட்டம் 0.5 S காலத்தில் 8A ஆக மாறும்போது மற்றொரு சுருளில் 50 mV மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது எனில், அவ்விரு சுருள்களுக்கிடையே உள்ள பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $I_1 = 4A; I_2 = 8A; dt = 0.5s;$
$e = 50 \text{ mV} = 50 \times 10^{-3}V, M = ?$

**தீர்வு :** $e = -M \cdot \frac{dI}{dt}$

$$\therefore \quad M = -\frac{e}{\left(\frac{dI}{dt}\right)} = -\frac{e}{\left(\frac{I_2 - I_1}{dt}\right)} = -\frac{50 \times 10^{-3}}{\left(\frac{8-4}{0.5}\right)} = -6.25 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \quad M = 6.25 \text{ mH}$$

4.5 ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி 10,000 சுற்றுகளையும், 100 $cm^2$ பரப்பளவையும் கொண்டுள்ளது. $3.6 \times 10^{-2}$ T அளவுள்ள சீரான காந்தப்புலத்தில் கம்பிச் சுருளானது 140 rpm என்ற கோணத்திசை வேகத்தில் சுழல்கிறது. தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசையின் பெரும மதிப்பைக் காண்க.

**தகவல் :** $N = 10,000 \qquad A = 10^2 \text{ cm}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2,$

rpm என்பது ஒரு நிமிடத்திற்கான சுழற்சிகளின் எண்ணிக்கை

rps என்பது ஒரு வினாடியில் சுழற்சிகளின் எண்ணிக்கை

$$\nu = 140 \text{ rpm} = \frac{140}{60} \text{ rps}, \quad B = 3.6 \times 10^{-2}T \quad E_o = ?$$

**தீர்வு :** $E_o = NAB\omega = NAB \; 2\pi\nu$

$$= 10^4 \times 10^{-2} \times 3.6 \times 10^{-2} \times 2 \pi \times \frac{7}{3}$$

$$E_o = 52.75 \text{ V}$$

4.6 25 சுழற்சிகளைக் கொண்ட சைன் அலைவடிவ மின்னோட்டத்தின் rms மதிப்பு 30A எனில் அதற்கான சமன்பாட்டை எழுதுக.

**தகவல் :** $\nu = 25$ Hz, $\quad I_{rms} = 30A$

**தீர்வு :** $i = I_o \sin \omega t$

$= I_{rms} \sqrt{2} \sin 2\pi\nu t$

$i = 30 \sqrt{2} \sin 2\pi \times 25 t$

$i = 42.42 \sin 157 t$

4.7 1000 Hz அதிர்வெண் கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறன் 2 μF. செயல்படுத்தப் படும் மின்னியக்கு விசையின் rms மதிப்பு 10 V, எனில் சுற்றில் பாயும் தொகுபயன் மின்னோட்டத்தைக் காண்க.

**தகவல் :** $C = 2\mu F$, $\nu = 1000$ Hz, $E_{eff} = 10V$

**தீர்வு :** $X_c = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C \times 2\pi\upsilon}$

$$X_c = \frac{1}{2 \times 10^{-6} \times 2\pi \times 10^3} = 79.6\ \Omega$$

$$I_{rms} = \frac{E_{eff}}{X_C} = \frac{10}{79.6}$$

$\therefore I_{rms} = 0.126$ A

4.8 ஒரு கம்பிச் சுருள், 250 V, 50 Hz மின்னழுத்த மூலத்துடன் இணைக்கப்படும் பொழுது, அதன் வழியே 2.5 A மின்னோட்டம் 400 W திறனை பயன்படுத்திக் கொள்கிறது, எனில் சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண்ணையும் திறன் காரணியையும் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $E_{rms} = 250$ V. $\nu = 50$ Hz; $I_{rms} = 2.5A$; $P = 400$ W;

$L = ?$, $\cos\phi = ?$

**தீர்வு :** திறன் $P = E_{rms} I_{rms} \cos\phi$

$$\therefore \cos\phi = \frac{P}{E_{rms}\ I_{rms}}$$

$$= \frac{400}{250 \times 2.5}$$

$\cos\phi = 0.64$

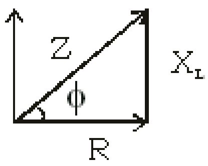
மின்னெதிர்ப்பு $Z = \frac{E_{rms}}{I_{rms}} = \frac{250}{2.5} = 100\ \Omega$

கட்டப்படத்திலிருந்து

$$\sin\phi = \frac{X_L}{Z}$$

$\therefore \quad X_L = Z\ .\ \sin\phi = Z\sqrt{(1-\cos^2\phi)}$

$= 100\ \sqrt{[1 - (0.64)^2]}$




$\therefore \quad X_L = 76.8\ \Omega$

ஆனால் $X_L = L\ \omega = L\ 2\ \pi\nu$

$$\therefore \quad L = \frac{X_L}{2\pi\upsilon} = \frac{76.8}{2\pi \times 50}$$

$\therefore \quad L = 0.244\ H$

4.9 ஒரு மின்சார பல்பு 50 V, DC மூலத்துடன் இணைக்கப்படும் பொழுது 20 W திறனை பயன்படுத்திக் கொள்கிறது. பின்னர் அது 250 V, 50 Hz மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை மூலத்துடன் உள்ள மின்தேக்கியுடன் இணைக்கப்படுகிறது. மின்சார பல்பு அதே அளவு மின்னோட்டத்தை எடுத்துக் கொள்ள மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறன் எவ்வளவு இருக்க வேண்டும் என்பதைக் கணக்கிடுக.

**தகவல் :** P = 20 W; V = 50 V; $\nu$ = 50 Hz; C= ?

**தீர்வு :** P = VI

$$\therefore\ I = \frac{P}{V} = \frac{20}{50} = 0.4\ A$$

$$\therefore\ \text{மின்தடை } R = \frac{V}{I} = \frac{50}{0.4} = 125\ \Omega$$

$$\text{மின்னெதிர்ப்பு, } Z = \frac{V}{I} = \frac{250}{0.4} = 625\Omega$$

$$\therefore\ Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega c}\right)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi\nu C}\right)^2}$$

$$Z^2 = R^2 + \frac{1}{4\pi^2\nu^2C^2}$$

$$C = \frac{1}{2\pi\nu\sqrt{Z^2 - R^2}}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times 50\sqrt{(625)^2 - (125)^2}} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 612.37}$$

$C = 5.198\ \mu F$

4.10 $e = 310 \sin 314\ t$ என்ற சமன்பாட்டினால் குறிக்கப்படும் AC மின்னழுத்தம் $24\ \Omega$ மின்தடையாக்கி 0.1 H மின் தூண்டி மற்றும் $25\ \mu F$ மின்தேக்கி ஆகியவற்றுடன் தொடர் இணைப்பில் இணைக்கப்படுகிறது. மின்னழுத்தத்தின் பெரும மதிப்பு, rms மின்னழுத்தம், அதிர்வெண், சுற்றின் மின் மறுப்பு, சுற்றின் மின்னெதிர்ப்பு மற்றும் மின்னோட்டத்தின் கட்டக் கோணம் ஆகியவற்றை கணக்கிடுக.

**தகவல் :** $R = 24\ \Omega$, $L = 0.1\ H$, $C = 25 \times 10^{-6} F$

**தீர்வு :** $e = 310 \sin 314\ t$ ... (1)

மற்றும் $e = E_o \sin \omega t$ ... (2)

சமன்பாடு (1) மற்றும் சமன்பாடு (2) ஆகியவற்றை ஒப்பிட

$E_o = 310\ V$

$$E_{rms} = \frac{E_o}{\sqrt{2}} = \frac{310}{\sqrt{2}} = 219.2\ V$$

$\omega t = 314\ t$

$2\pi\nu = 314$

$$\nu = \frac{314}{2 \times 3.14} = 50\ Hz$$

$$\text{மின்மறுப்பு} = X_L - X_C = L\,\omega - \frac{1}{C\omega} = L.2\pi\nu - \frac{1}{C.2\pi\upsilon}$$

$$= 0.1 \times 2\ \pi \times 50 - \frac{1}{25 \times 10^{-6} \times 2\pi \times 50}$$

$= 31.4 - 127.4 = -96\ \Omega$

$X_L - X_C = -96\ \Omega$

$\therefore\ X_C - X_L = 96\ \Omega$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$$

$$= \sqrt{24^2 + 96^2}$$

$$= \sqrt{576 + 9216}$$

$= 98.9\ \Omega$

$$\tan\phi = \frac{X_C - X_L}{R}$$

$$= \left(\frac{127.4 - 31.4}{24}\right)$$

$$\tan\phi = \frac{96}{24} = 4$$

$$\phi = 76^o$$

மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு அதிகமாக இருப்பதால் மின்னோட்டம், மின்னியக்கு விசையை விட $76^o$ கட்ட அளவில் முந்திச் செல்லும்.

## தன்மதிப்பீடு

***(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)***

4.1 மின்காந்தத் தூண்டல் பயன்படுத்தப்படாதது

*(a)* மின்மாற்றி | *(b)* அறை சூடேற்றி

*(c)* *AC* மின்னியற்றி | *(d)* அடைப்புச் சுருள்

4.2 $0.5\ m^2$ பரப்பளவையும் 10 சுற்றுகளையும் கொண்ட ஒரு கம்பிச் சுருளின் தளம் $0.2\ Wb/m^2$ காந்தப்புலத்திற்கு குத்தாக உள்ளபோது கம்பிச் சுருளின் வழியே பாயும் காந்தப்பாயம்...

*(a)* 100 Wb | *(b)* 10 Wb

*(c)* 1 Wb | *(d)* சுழி

4.3 லென்ஸ் விதி ................................ விதியின் அடிப்படையிலானது

*(a)* மின்னூட்ட அழிவின்மை | *(b)* பாய அழிவின்மை

*(c)* உந்த அழிவின்மை | *(d)* ஆற்றல் அழிவின்மை

4.4 நேர்க்கடத்தியின் தன் மின் தூண்டல் எண்......

*(a)* சுழி | *(b)* முடிவிலி

*(c)* மிக அதிகம் | *(d)* மிகவும் சிறியது

4.5 ஹென்றி என்ற அலகினை இப்படியும் எழுதலாம்

(a) $Vs\ A^{-1}$ (b) $Wb\ A^{-1}$

(c) $\Omega\ s$ (d) அனைத்தும்

4.6 ஒரு கம்பிச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் வினாடிக்கு $40\ As^{-1}$ என்ற வீதத்தில் மாறும்பொழுது, தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை $12\ V$ எனில், கம்பிச் சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண்........

(a) 0.3 H (b) 0.003 H

(c) 30 H (d) 4.8 H

4.7 5A DC மின்னோட்டம் உருவாக்கும் அதே அளவு வெப்ப விளைவை உருவாக்கும் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அளவு.......

(a) 50 A rms மின்னோட்டம்

(b) 5 A பெரும மின்னோட்டம்

(c) 5A rms மின்னோட்டம்

(d) மேற்கண்ட எதுவும் இல்லை

4.8 மின்மாற்றி செயல்படுவது

(a) AC யில் மட்டும்

(b) DC யில் மட்டும்

(c) AC மற்றும் DC யில்

(d) DCஐ காட்டிலும் AC யில் திறம்பட செயல்படும்

4.9 கம்பிச் சுருளில் இருந்து புறச்சுற்றுக்கு மின்னோட்டத்தை பாயச் செய்யும் மாறுதிசை மின்னியற்றியின் உறுப்பு

(a) புலக்காந்தம் (b) பிளவு பட்ட வளையம்

(c) நழுவு வளையங்க்ள் (d) தூரிகைள்

4.10 ஒரு மாறுதிசை மின்சுற்றில் செயல்படுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசை $e = E_o \sin (\omega t + \pi/2)$, $I = I_o \sin (\omega t - \pi/2)$ என்ற மின்னோட்டத்தைவிட .......... என்ற கட்ட அளவில் முந்திச் செல்லும்.

(a) $\pi/2$ (b) $\pi/4$

(c) $\pi$ (d) 0

4.11 கீழ்க்கண்டவற்றுள் எதனை மின்மாற்றியைப் பயன்படுத்தி உயர்த்த முடியாது?

(a) உள்ளீடு மின்னோட்டம் (b) உள்ளீடு மின்னழுத்தம்

(c) உள்ளீடு திறன் (d) அனைத்தையும்

4.12 மின் அனுப்பீட்டுக் கம்பிகளில் ஏற்படும் திறன் இழப்பு எப்பொழுது குறைவாக இருக்கும்?

(a) மின்னழுத்தம் குறைவாகவும் மின்னோட்டம் அதிகமாகவும் உள்ளபோது

(b) மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டம் இரண்டும் அதிகமாக உள்ளபோது

(c) மின்னழுத்தம் அதிகமாகவும் மின்னோட்டம் குறைவாகவும் உள்ளபோது

(d) மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டம் இரண்டும்குறைவாக உள்ள போது

4.13 நேர்திசை மின்னோட்டத்தை தன்வழியே பாய அனுமதிக்காத கருவி எது?

(a) மின்தடை (b) மின்தேக்கி

(c) மின்தூண்டி (d) மேற்கண்ட அனைத்தும்

4.14 ஒரு AC மின் சுற்றில்

(a) மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு சுழி

(b) மின்னோட்டங்களின் இருமடிச் சராசரி மதிப்பு சுழி

(c) சராசரி திறன் இழப்பு சுழி

(d) *rms* மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு, மின்னோட்டத்தின் உச்ச மதிப்பைப் போல் $\sqrt{2}$ மடங்கு

4.15 மின்காந்தத் தூண்டல் என்றால் என்ன?

4.16 மின்காந்தத் தூண்டல் பற்றிய ஃபாரடே விதிகளைக் கூறுக.

4.17 தன் மின் தூண்டல் எண் என்பதனை வரையறு. அதன் அலகு யாது?

4.18 தன் மின்தூண்டல் எண்ணின் அலகை வரையறு.

4.19 பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் என்பதை வரையறு.

4.20 தன்மின் தூண்டலின் நடைமுறைப் பயனை கூறுக.

4.21 ஃப்ளெமிங் வலது கை விதியைக் கூறுக.

4.22 மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் *rms* (பயனுறு) மதிப்பு என்றால் என்ன?

4.23 தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையை தோற்றுவிக்கும் முறைகள் யாவை?

4.24 பலகட்ட *AC* மின்னியற்றி என்றால் என்ன?

4.25 மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பு என்றால் என்ன?

4.26 மாறுதிசை மின்னோட்டம் என்றால் என்ன? அதன் சமன்பாட்டை எழுதுக.

4.27 மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பு என்றால் என்ன?

4.28 ஏற்று மற்றும் இறக்கு மின்மாற்றிகளுக்கிடையே உள்ள வேறுபாடுகளை எழுதுக.

4.29 $LCR$ சுற்றின் ஒத்திசைவு அதிர்வெண் என்றால் என்ன?

4.30 திறன் காரணி என்பதனை வரையறு.

4.31 $DC$ அம்மீட்டர் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை அளவிடாது. ஏன்?

4.32 மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் rms மதிப்புக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.

4.33 தரக்காரணி என்பதனை வரையறு.

4.34 ஒரு மின்தேக்கி $DC$ ஐ தடுக்கும். ஆனால் $AC$ ஐ அனுமதிக்கும். விளக்குக.

4.35 $RLC$ தொடர் சுற்றில் மின்னழுத்தமூலத்தின் அதிர்வெண்ணை அதிகரித்தால் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு என்னவாகும்?

4.36 லென்ஸ் விதியைக் கூறுக. மற்றும் லென்ஸ் விதியை ஒரு சோதனை மூலம் விளக்குக. இது ஆற்றல் அழிவின்மை விதியின் அடிப்படையில் உள்ளது என்பதையும் விவரி.

4.37 தன் மின் தூண்டல் எண் மற்றும் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண் ஆகியவற்றை வேறுபடுத்துக.

4.38 ஒரு நீண்ட வரிச்சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண்ணிற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.

4.39 இரண்டு நீண்ட வரிச்சுருளுக்கு இடையேயான பரிமாற்று மின்தூண்டலை விவரி. மற்றும் அதன் பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணிற்கான சமன்பாட்டை பெறுக.

4.40 ஒரு சுருள் உள்ளடங்கும் பரப்பளவை மாற்றுவதன் மூலம் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படும் விதத்தை விளக்குக.

4.41 காந்தப் புலத்தின் திசையைப் பொருத்து ஒருகம்பிச் சுருளின் திசை அமைப்பை மாற்றுவதன் மூலம் அதில் மின்னியக்கு விசையை தூண்டும் முறையை கருத்தியல் விளக்கங்களுடன் விவரி.

4.42 சுழல் மின்னோட்டங்கள் என்றால் என்ன? அவற்றின் பயன்பாடுகளைத் தருக. அவை எவ்வாறு குறைக்கப்படுகின்றன?

4.43 நீண்ட தொலைவிற்கு மின்திறனை எவ்வாறு திறம்பட அனுப்பீடு செய்ய முடியும் என்பதனை விவரி.

4.44 மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை செயல்படுத்தப்படும் மின்தடையாக்கி மட்டுமே உடைய ஒரு $ac$ சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக. மின்னழுத்தத்திற்கும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள கட்டத் தொடர்பைக் காண்க.

4.45 தூய மின்தூண்டி மட்டுமே உடைய ஒரு மாறுதிசை மின்சுற்றில் மின்னோட்டத்திற்கான சமன்பாட்டைத் தருவி. மின்னழுத்தம் மற்றும்

மின்னோட்டத்திற்கு இடையே உள்ள கட்டத் தொடர்பைக் காண்க.

4.46 மாறுதிசை மின்னியக்குவிசை செயல் படுத்தப்படும், மின்தேக்கி மட்டுமே உடைய ஒரு மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக. மின்னோட்டத்திற்கும் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள கட்டத் தொடர்பைக் காண்க.

4.47 ஒரு AC சுற்றின் சராசரி மின் திறனுக்கான சமன்பாட்டைத் தருவி.

4.48 அடைப்புச் சுருளின் (choke coil) தத்துவம், அமைப்பு மற்றும் செயல்படும் விதம் ஆகியவற்றை விவரி.

4.49 ac மின்னழுத்தம் dc மின்னழுத்தத்தைக் காட்டிலும் எந்த வகையில் சிறந்ததாகவும், எந்த வகையில் குறைபாடு உடையதாகவும் உள்ளது என்பதனை ஆய்வு செய்க.

4.50 ஒரு கட்ட AC மின்னியற்றியின் தத்துவம், அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதத்தை விவரி.

4.51 மூன்று கட்ட AC மின்னியற்றியின் தத்துவம், அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதத்தை விவரி.

4.52 மின்மாற்றியின் தத்துவத்தை விவரி. அதன் அமைப்பு மற்றும் வேலை செய்யும் விதத்தை விளக்குக.

4.53 மாறுதிசை மின்னியக்குவிசைமூலம் ஒன்று தொடர் இணைப்பில் உள்ள மின்தடையாக்கி (R) மின்தூண்டி (L) மற்றும் மின்தேக்கி (C) ஆகியவற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. வெக்டர் வரைபடம் மற்றும் மின்னெதிர்ப்பு வரைபடம் ஆகிவற்றைக் கொண்டு (i) தொகுபயன் மின்னழுத்தம் (ii) மின்னெதிர்ப்பு (iii) மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்தம் இடையேயான கட்டத் தொடர்பு ஆகியவற்றுக்கான சமன்பாடுகளை வருவி.

**கணக்குகள்**

4.54 $100\ \Omega$ மின்தடையையும் 100 சுற்றுகளையும் கொண்ட கம்பிச் சுருள் ஒன்று $100\ \Omega$ மின்தடையுடைய கால்வனா மீட்டருடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டு ஒரு காந்தப் புலத்தில் வைக்கப்படுகிறது. கம்பிச் சுருளுடன் தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயம் 0.1 விநாடியில் $10^{-3}\ Wb$ லிருந்து $2 \times 10^{-4}\ Wb$ க்கு மாறுகிறது எனில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையையும், மின்னோட்டத்தையும் கணக்கிடுக.

4.55 தரையுடனும் ஒன்றுக்கொன்றும் மின்காப்பு செய்யப்பட்ட இரண்டு ரயில் தண்டவாளங்கள் ஒரு மில்லி வோல்ட்மீட்டருடன் இணைக்கப்படுகின்றன. இரயிலானது $180\ Km/hr$ வேகத்தில் ஓடுவதாகவும், புவிகாந்தப்புலத்தின் செங்குத்துக் கூறின் வலிமை $0.2 \times 10^{-4}\ Wb/m^2$ எனவும், தண்டவாளங்கள்

$1m$ இடைத் தொலைவில் உள்ளன எனவும் கொண்டு வோல்ட் மீட்டரில் உள்ள குறிமுள் காட்டும் அளவைக் கணக்கிடுக.

4.56 காற்று உள்ளகத்தைக் கொண்ட வரிச்சுருள் ஒன்று $4\ cm$ விட்டத்தையும் $60\ cm$ நீளத்தையும் 4000 சுற்றுகளையும் கொண்டுள்ளது. வரிச்சுருளின் வழியே $5A$ மின்னோட்டம் பாய்வதாகக் கொண்டு அதில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

4.57 $5cm$ விட்டமும், $100cm$ நீளமும் கொண்ட இரும்பு உருளையின் மீது 3000 சுற்றுகள் ஒரே அடுக்கில் உள்ளவாறு சுற்றப்பட்டுள்ளன. இரண்டாவது அடுக்கில் மிக மெல்லிய கம்பிகள் முதல் அடுக்கின் மீது அதன் மையத்திற்கு அருகில் 100 சுற்றுகளாக சுற்றப்பட்டுள்ளன. இரண்டு சுருள்களுக்கும் இடையேயான பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக. (உள்ளகத்தின் ஒப்புமை காந்த உட்புகுதிறன் = 500)

4.58 ஒரு மாணவர், மாங்கனின் கம்பியிலான நீண்ட காற்று உள்ளகத்தைக் கொண்ட கம்பிச் சுருளை $100\ V\ DC$ மின்னழுத்த மூலத்துடன் இணைத்து அதில் பாயும் மின்னோட்டம் $1.5A$ எனப் பதிவு செய்கிறார். அதே கம்பிச் சுருள் $100V$, $50\ Hz$ *a.c.* மூலத்துடன் இணைக்கப்படும் பொழுது மின்னோட்டம் $1\ A$ என குறைகிறது. கம்பிச் சுருளின் மின்மறுப்பு மற்றும் மின்தூண்டல் எண் ஆகியவற்றை கணக்கிடுக.

4.59 $e = 100 \sin 200\ \pi t$ என்ற மின்னியக்கு விசையுடன் $0.1\mu F$ மின்தேக்கி திறனையும் $500\ \Omega$ மின்தடையையும் தொடராக இணைத்தால் சுற்றின் திறன் காரணியைக் கணக்கிடுக.

4.60 ஒரு மின்மாற்றியின் முதன்மைச் சுற்றில் 400 சுற்றுகளும் துணைச் சுற்றில் 2000 சுற்றுகளும் உள்ளன. துணைச் சுருளிலிருந்து $1100\ V$ அளவில் $12.1\ KW$ மின்திறன் வெளியே எடுக்கப்படுகிறது. முதன்மைச் சுருளின் மின்தடை $0.2\ \Omega$ துணைச் சுருளின் மின்தடை $2\ \Omega$ மற்றும் மின்மாற்றியின் பயனுறு திறன் 90% எனக் கொண்டு *(i)* முதன்மைச் சுருளில் ஏற்படும் வெப்ப ஆற்றல் இழப்பு *(ii)* துணைச் சுருளில் ஏற்படும் வெப்ப ஆற்றல் இழப்பு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

4.61 $50\ \Omega$, மின்தடை $0.5\ H$ மின் நிலைமம் மற்றும் $5\ \mu F$ மின்தேக்கி ஆகியன, $e = 311 \sin (314t)$. என்ற மின்னியக்கு விசையுடைய மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை மூலத்துடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளன எனில் கீழ்க்கண்டவற்றை கணக்கிடுக.

*(i)* மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்

*(ii)* பெரும மின்னழுத்தம்

*(iii)* மின்நிலைமத்தின் மின்மறுப்பு

*(iv)* மின்தேக்கியின் மின் மறுப்பு

*(v)* மின்னெதிர்ப்பு

4.62 *800 KHz* முதல் *1200 KHz* வரை நெடுக்கம் உடைய ஒலிபரப்பு பட்டைக்கு இசைவு செய்யக்கூடியதாக ரேடியோ ஏற்பி ஒன்று உள்ளது. *LC* சுற்றின் பயனுறு மின்தூண்டல் எண் $200\ \mu\ H$ எனில் மாறு மின்தேக்கியின் மின்தேக்குதிறன் நெடுக்கம் *(range)* யாது?

4.63 ஒரு மின்மாற்றியின் பயனுறு திறன் 80%, இது *4 KW, 100 V* உள்ளீடு திறனுடன் இணைக்கப்படுகிறது. துணைச் சுருளின் மின்னழுத்தம் *240 V*எனில் முதன்மை மற்றும் துணைச் சுருள்களில் பாயும் மின்னோட்டங்களை கணக்கிடுக.

4.64 மின்விளக்கு ஒன்று 80 *V, 10A DC* யில் செயல்படக் கூடியது. இது *100 V, 50 Hz* மாறுதிசை மின்னோட்டத்துடன் இணைக்கப்படும் போது அதே *10A* மின்னோட்டத்தை எடுத்துக் கொள்ள அத்துடன் இணைக்க வேண்டிய அடைப்புச் சுருளின் (choke) மின் தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.

## விடைகள்

***4.1*** *(b)* ***4.2*** *(c)* ***4.3*** *(d)* ***4.4*** *(a)* ***4.5*** *(d)*

***4.6*** *(a)* ***4.7*** *(c)* ***4.8*** *(a)* ***4.9*** *(d)* ***4.10*** *(c)*

***4.11*** *(c)* ***4.12****(c)* ***4.13*** *(b)* ***4.14*** *(a)*

***4.54*** *0.8 V* மற்றும் *4 mA* ***4.55*** *1 mV*

***4.56*** *0.52575 J* ***4.57*** *0.37 H*

***4.58*** *74.54 Ω* மற்றும் *0.237 H* ***4.59*** *0.0314*

***4.60*** *220V, (i) 747 W (ii) 242 W*

***4.61*** *(i) 50 Hz (ii) 311 V (iii) 157 Ω (iv) 636.9 Ω (v) 482.5 Ω*

***4.62*** *87.9 pF* லிருந்து *198 pF* வரை

***4.63*** *40 A, 13.3 A*

***4.64*** *0.019 H*

இயற்பியல் துறையில் நோபல் பரிசு பெற்றவர்

**சர் சந்திரசேகர வெங்கடராமன்**

*KL., MA., Ph.D., D.Sc., L.L.D., F.R.S.*

சந்திரசேகர வெங்கடராமன் 1888ஆம் ஆண்டு நவம்பர் ஏழாம் நாள் தமிழ்நாட்டில் உள்ள திருச்சிராப்பள்ளியில் பிறந்தார். அவருடைய தந்தையார் திரு இரா.சந்திரசேகர் ஐயர் ஒரு ஆசிரியர். தன் தந்தை விசாகப்பட்டினத்தில் இயற்பியல் விரிவுரையாளராகப் பணியாற்றியதால் வெங்கடராமன் அங்கேயே தன் பள்ளிப் படிப்பை முடித்தார். அவர் 1904 ஆம் ஆண்டு சென்னையில் உள்ள மாநிலக் கல்லூரியில் தன்னுடைய BA பட்டப் படிப்பை சிறப்புத் தகுதியுடன் முடித்தார். வெங்கடராமன் தன் முதுகலை பட்டப் படிப்பை அதே கல்லூரியில் தொடர்ந்தார். 1907ஆம் ஆண்டு ஜனவரியில் MA பட்டப்படிப்பு தேர்வில் எல்லாப் பாடங்களிலும் சாதனை மதிப்பெண்கள் பெற்று முதல் வகுப்பில் தேர்ச்சி பெற்றார்.

1907 ஆம் ஆண்டு பிப்ரவரியில் நிதித்துறை தேர்வு எழுதி அதில் முதலிடம் பெற்றார். 1907 ஆம் ஆண்டு ஜூன் மாதத்தில் கொல்கத்தாவில் உள்ள கணக்குத் துறை தலைமை அலுவலராக தனது வாழ்க்கையைத் துவக்கினார். அவர் நிதித்துறையில் அலுவலராகப் பணிபுரிந்த போதிலும் அலுவலக நேரம் தவிர்த்து காலை மற்றும் மாலை நேரங்களை இயற்பியல் ஆய்வுக் கூடங்களில் கழித்தார். தன் வீட்டின் ஒரு பகுதியை ஆய்வுக் கூடமாக மாற்றி கிடைத்தப் பொருள்களைக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்ட கருவிகளை வைத்துக் கொண்டு ஆய்வுகளை மேற்கொண்டார். 1917 ஆம் ஆண்டு ஜூலை மாதத்தில் அரசுப் பணியை துறந்து கொல்கத்தா பல்கலைக் கழகத்தில் இயற்பியல் பேராசிரியராகச் சேர்ந்தார். 1929 ஆம் ஆண்டு ஆங்கிலேய அரசாங்கம் அவருக்கு ‘சர்’ பட்டம் சூட்டியது. ஆனால் அவர் தன் பெயருக்கு முன்னால் ‘சர்’ பட்டத்தைப் பயன்படுத்த விரும்பவில்லை.

அவர் கண்டுபிடித்த ‘இராமன் விளைவு’ தற்செயலாக கண்டுபிடிக்கப்பட்டதல்ல, ஏறத்தாழ ஏழு ஆண்டுகளாக தொடர்ந்து பொறுமையுடன் செய்த ஆய்வின் விளைவே ஆகும்.

1921 ஆம் ஆண்டின் கோடைக் காலத்தில், அவர் முதன் முதலில் ஐரோப்பாவிற்கு கடல் பயணம் செய்தபோதுதான் இந்த ஆய்வுகள் துவங்கின. ஆழ்கடலின் நீரிலிருந்து வெளிப்பட்ட அழகிய நீல நிறம் இராமனின் கவனத்தைக் கவர்ந்தது. அவர் மீண்டும் இந்தியா திரும்பியவுடன் காற்று, நீர், பனிக்கட்டி மற்றும் குவார்ட்ஸ் போன்ற ஒளி ஊடுருவும் ஊடகங்களின் மூலக்கூறுகளால் ஏற்படும் ஒளிச்சிதறல் பற்றி கருத்தியல் மற்றும் சோதனை இயல் ஆய்வுகளை மேற்கொண்டார். பேராசிரியர் இராமன் செய்த சோதனை சிதறிய ஒளியானது படுகின்ற ஒளியிலிருந்து மாறுபட்டது என்பதனைக் காட்டியது. இதுவே புதிய விளைவை கண்டுபிடிக்க வழிவகுத்தது. ஒளிச்சிதறல் பற்றிய ஆய்வுகளை மேற்கொண்டமைக்காகவும், அவருடைய பெயராலேயே வழங்கப்படும் இராமன் விளைவை கண்டுபிடித்தமைக்காவும் இவருக்கு 1930 ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதம் 10 ஆம் தேதி நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.

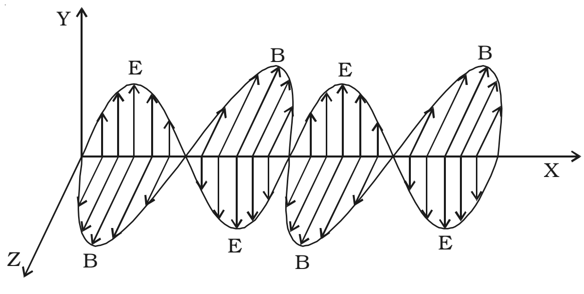
1933 ஆம் ஆண்டில் பெங்களூரில் உள்ள இந்திய அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பக் கழகம் என்ற நிறுவனத்தில் முதல் இந்திய இயக்குநராகப் பணியில் சேர்ந்தார். 1943 ஆம் ஆண்டு ‘இராமன் நிறுவனம்’ என்ற ஆராய்ச்சி ஆய்வகத்தை நிறுவினார். தனது ஆராய்ச்சிகளை 82 ஆம் வயது வரை தொடர்ந்து நடத்தினார். அவரது மரணமே அவரது ஆராய்ச்சிகளுக்கு முற்றுப்புள்ளி வைத்தது.

# 5. மின்காந்த அலைகளும், அலை ஒளியியலும்

ஃபாரடேயின் மின்காந்தத் தூண்டல் நிகழ்வானது காலத்தைப் பொருத்து ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புல மாறுபாடு, அந்தப் புள்ளியில் ஒரு மின்புலத்தை உருவாக்கும் என விளக்கியது. மாக்ஸ்வெல், 1865ல் இயற்கையில் ஒரு ஒத்த அமைப்பு **(symmetry in nature)** உள்ளது என சுட்டிக் காட்டினார். அதாவது காலத்தைப் பொருத்து ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் மின்புல மாறுபாடு அந்தப் புள்ளியில் காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும். இதற்கு காலத்தைப் பொருத்து ஒரு புலத்தில் (மின் அல்லது காந்த) ஏற்படும் மாறுபாடு மற்றொரு புலத்தை உருவாக்கும் என்பதாகும். ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக ஏற்படும் மின் மற்றும் காந்தப்புல மாறுபாடுகள் மின்காந்த மாறுபாடுகளை வெளியில் **(space)** உருவாக்கும் என்ற முடிவினை மாக்ஸ்வெல் மேற்கொள்ள மேற்குறிப்பிட்ட கருத்து வழிவகை செய்தது. இத்தகைய மாறுபாடுகள், அலைகளின் பண்புகளைக் கொண்டு பருப்பொருள் ஊடகத்தின் **(Material Medium)** உதவியின்றி வெளியில் பரவுகின்றன. இவற்றிற்கு மின்காந்த அலைகள் என்று பெயர்.

### *5.1.1 மின் காந்த அலைகள் (Electromagnetic waves)*

மாக்ஸ்வெல் கூற்றின்படி, முடுக்குவிக்கப்பட்ட மின்னூட்டங்கள் மின்காந்த கதிர்வீச்சின் மூலங்கள் ஆகும்.




*படம் 5.1 மின்காந்த அலைகள்*

மின்காந்த அலைகளில் ஏற்படும் மின் மற்றும் காந்தப் புல வெக்டர்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைவதோடு மட்டுமல்லாமல் இரண்டும் இயக்க திசைக்கு குத்தாக அமையும். இந்த மாறுபாடுகள், அலைகளின் பண்புகளைக் கொண்டு பருப்பொருள் ஊடகத் தின் உதவியின்றி வெளியில் **(Free space)** பரவுகின்றன. இந்த மின்காந்த அலைகள் குறுக்கலைகளாகும்.

படம் 5.1ல் காட்டியபடி மின்புல மாறுபாடு $(\vec{E})$ Y திசையிலும், காந்தப்புல மாறுபாடு $(\vec{B})$ Z திசையிலும் மற்றும் அலை பரவுவது +X திசையிலுமாக காட்டப்படுள்ளன.

### 5.1.2 *மின்காந்த அலைகளின் சிறப்பியல்புகள்* ***(Characteristics of electromagnetic waves)***

**(i)** முடுக்குவிக்கப்பட்ட மின்னூட்டங்களால் மின்காந்த அலைகள் உருவாகின்றன.

**(ii)** இவை பரவுவதற்கு பருப்பொருள் ஊடகம் தேவையில்லை.

**(iii)** மின்காந்த அலைகளில் ஏற்படும் மின் $(\vec{E})$ மற்றும் காந்தப்புல $(\vec{B})$ வெக்டர்கள் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைவதோடு மட்டுமல்லாமல் இயக்க திசைக்கு குத்தாக அமையும். எனவே மின்காந்த அலைகள் குறுக்கலைகள் ஆகும்.

**(iv)** $\vec{E}$ மற்றும் $\vec{B}$ மாறுபாடுகள் பெரும மற்றும் சிறும மதிப்புகளை ஒரே காலத்தில் பெறுகின்றன.

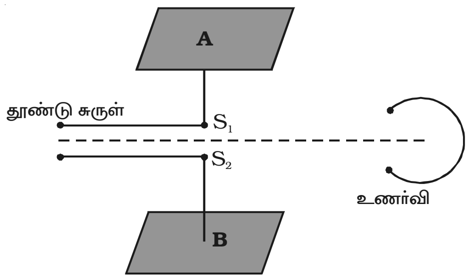
**(v)** இவை வெற்றிடத்தில் (vaccum) அல்லது வெளியில் $3\times10^8$ m $s^{-1}$ திசைவேகத்தில் செல்கின்றன. இதற்கான தொடர்பு $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_o \varepsilon_o}}$. ($\mu_o$ – வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறன் (permeability) மற்றும் $\varepsilon_o$ - வெற்றிடத்தின் விடுதிறன் (permittivity).

**(vi)** மின்காந்த அலையின் ஆற்றல், மின் மற்றும் காந்தப்புல வெக்டர்களில் சமமாக பங்கிடப்பட்டுள்ளது.

**(vii)** மின்காந்த அலைகள் மின்னூட்டமின்றி அமைவதால், அவை மின்புலத்தாலும், காந்தப்புலத்தாலும் விலகல் அடைவதில்லை.

### 5.1.3 *ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வு* ***(Hertz experiment)***

1888ல் மின்காந்த அலைகள் இருப்பதை தனது ஆய்வின் மூலம் ஹெர்ட்ஸ் உறுதி செய்தார். அலைவுறும் மின்னூட்டம், மின்காந்த அலைகளை வெளிவிடும் என்ற அடிப்படைத் தத்துவத்தில் ஆய்வு அமைந்தது. அலைவுறும் மின்னூட்டத்தின் இயக்க ஆற்றல் காரணமாக இந்த அலை ஆற்றல் ஏற்படுகிறது.




*படம் 5.2 ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வு*

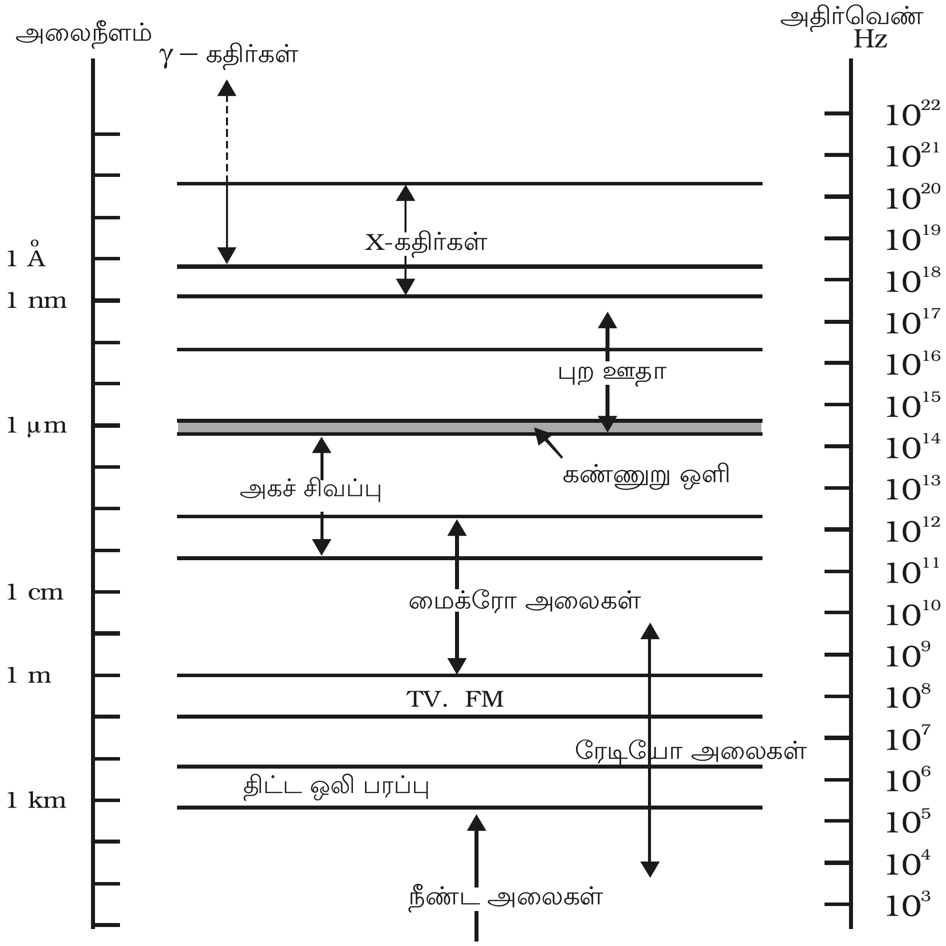
ஆய்வின் அமைப்பு படம் 5.2ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் A மற்றும் B என்ற இரு உலோகத் தகடுகள் ஒன்றுக்கொன்று 60 cm தொலைவில் வைக்கப்படுகின்றன. இந்த உலோகத் தகடுகள், $S_1$ மற்றும் $S_2$ என்ற பளபளப்பாக்கப்பட்ட இரு உலோகக் கோளங்களுடன் தடிமனான தாமிரக்கம்பி கொண்டு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. தூண்டு சுருள் ஒன்றின் மூலம், உயர் மின்னழுத்த வேறுபாடானது இரு கோளங்களுக்கு இடையே உள்ள சிறிய இடைவெளிக்கு அளிக்கப் படுகிறது.

உயர்மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் காரணமாக $S_1$ மற்றும் $S_2$க்கு இடையே சிறிய

பகுதியில் உள்ள காற்று அயனியாக்கம் அடைந்து தகடுகளுக்கிடையே ஒரு மின்போக்கு நிகழ வழி வகை செய்கிறது. $S_1$ மற்றும் $S_2$ க்கு இடையே பொறி ஏற்படுகிறது. மற்றும் உயர் அதிர்வெண் மின்காந்த அலைகளும் உருவாகும். இந்த ஆய்வின் மூலம் $5 \times 10^7$ Hz அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்த அலைகளை ஹெர்ட்ஸ் உருவாக்கினார்.

A மற்றும் B என்ற தகடுகள் குறைந்த மின்தேக்கு திறன் (C) உடைய மின்தேக்கியாகவும், இணைப்புக் கம்பிகள், குறைந்த தன்மின் தூண்டல் எண் (L) உடைய மின்தூண்டியாகவும் செயல்படுகின்றன. தகடுகளுக்கிடையே மின்னூட்டங்கள் அலைவுறும்போது, உயர் அதிர்வெண் மதிப்பு

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$ ஆகும்.




*படம் 5.3 மின்காந்த நிறமாலை*

### 5.1.4 *மின்காந்த நிறமாலை* (*Electromagnetic spectrum*)

ஹெர்ட்ஸ், மின்காந்த அலைகளை உருவாக்கிக் காட்டியபிறகு, பல்வகை கிளர்ச்சிகள் (excitation) மூலமாக, பல்வேறு அலைநீளப் பகுதிகளில் மின்காந்த அலைகள் தோற்றுவிக்கப்பட்டன.

அலைநீளங்கள் அல்லது அதிர்வெண்களைக் கொண்டு முறையாக வகைப்படுத்தப்பட்ட மின்காந்த அலைகள் மின்காந்த நிறமாலை எனப்படும்.

மின்காந்த நிறமாலை அகன்ற நெடுக்கம் கொண்ட அலைநீளங்களை அல்லது அதிர்வெண்களைக் கொண்டது. மின்காந்த நிறமாலைகள் அனைத்தும் வெவ்வேறு பிரிவுகளாகவும், துணைப் பிரிவுகளாகவும், கிளர்ச்சி நிலைக்குத் தக்கவாறு அலைநீளத்தின் ஏறு வரிசையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அனைத்து மின்காந்த அலைகளும் ஒளியின் திசைவேகத்தில் செல்கின்றன. மின்காந்த அலைகளின் இயற்பண்புகள், அதன் அலைநீளத்தைப் பொருத்து அமையும். ஆனால் கிளர்ச்சி நிலையின் தன்மையைப் பொருத்து அமையாது. சில நிறமாலை வரிசைகள் ஒன்றன் மீது மற்றொன்று பொருந்துவது, அவை வெவ்வேறு முறைகளில் உருவாவதை குறிக்கிறது.

அட்டவணை 5.1ல் மின்காந்த நிறமாலையில் அடங்கியுள்ள வெவ்வேறு மின்காந்த அலைகளின் மூலங்கள், அலைநீள மற்றும் அதிர்வெண் நெடுக்கங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

**அட்டவணை 5.1**

**(தேர்விற்கு உரியதன்று)**

| வ. எண் | பெயர் | மூலங்கள் | அலைநீள நெடுக்கம் **(m)** | அதிர்வெண் நெடுக்கம் **(Hz)** |
|---|---|---|---|---|
| 1. | γ – கதிர்கள் | கதிரியக்கத் தனிமங்களின் அணுக்கரு மற்றும் அணுக்கரு விசைகளிலிருந்து | $10^{-14} - 10^{-10}$ | $3 \times 10^{22} - 3x\ 10^{18}$ |
| 2. | X-கதிர்கள் | அதிவேக எலக்ட்ரான்கள் உலோகத்தால் தடுக்கப்படும் போது | $1 \times 10^{-10} – 3 \times 10^{-8}$ | $3 \times 10^{18} - 1 \times 10^{16}$ |
| 3. | புறஊதா (UV) | மின்னிறக்கத்தில் அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் | $6\ x\ 10^{-10} – 4 \times 10^{-7}$ | $5\ x\ 10^{17} - 8 \times 10^{14}$ |
| 4. | கண்ணுறு ஒளி | வெண்சுடர் நிலையிலுள்ள திடப் பொருள், ஒளிர் விளக்குகள் | $4\ x\ 10^{-7} - 8\ x\ 10^{-7}$ | $8\ x\ 10^{14} - 4\ x\ 10^{14}$ |
| 5. | அகச்சிவப்பு | வெப்பப் பொருள்களின் மூலக்கூறுகள் | $8\ x\ 10^{-7} - 3x\ 10^{-5}$ | $4\ x\ 10^{14} - 1 \times 10^{13}$ |
| 6. | மைக்ரோ அலைகள் | எலக்ட்ரானியல் கருவிகள் (வெற்றிடக் குழாய்) | $10^{-3} - 0.3$ | $3\ x\ 10^{11} - 1\ x\ 10^{9}$ |
| 7. | ரேடியோ அதிர்வெண் அலைகள் | மின் கடத்தும் கம்பிகளில் மின்னூட்டங்களை முடுக்கு விப்பதன் மூலம் | $10 – 10^{4}$ | $3\ x\ 10^{7} - 3\ x\ 10^{4}$ |

### *5.1.5 மின்காந்த அலைகளின் பயன்கள்*

மின்காந்த அலைகளின் சில பயன்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

**1. ரேடியோ அலைகள் :** இந்த அலைகள் ரேடியோ மற்றும் தொலைக்காட்சி செய்தித் தொடர்புக்குப் பயன்படுகிறது. 530 kHz முதல் 1710 kHz வரையுள்ள அலைகள் AM வரிசையிலும், 54 MHz வரையுள்ள அதிக அதிர்வெண் அலைகள் குறைந்த அலை வரிசையிலும் பயன்படுகின்றன.

தொலைக்காட்சி (TV) அலையின் நெடுக்கம் 54 MHz முதல் 890 MHz வரையிலும் FM வரிசையில் 88 MHz முதல் 108 MHz வரையிலும் செல்போன்களில் மீஉயர் அதிர்வெண் (ultra high frequency) வரிசையிலும் ரேடியோ அலைகள் பயன்படுகின்றன.

**2. மைக்ரோ அலைகள் :** மிகக் குறைந்த அலைநீளம் உள்ளதால் இந்த அலைகள் ரேடார் மற்றும் செய்தித் தொடர்புக்குப் பயன்படுகின்றன. வீட்டு உபயோகப் பொருளான மைக்ரோ அலை சமையல்கலன்கள், இந்த அலைகளின் சிறந்த பயன்பாடு ஆகும்.

**3. அகச்சிவப்பு கதிர்கள் :**

**(i)** அகச்சிவப்பு விளக்குகள் முடநீக்கு சிகிச்சைக்குப் பயன்படுகின்றன.

**(ii)** அகச்சிவப்பு ஒளிப்படவியல் வானிலை தட்பவெப்ப முன்னறிவிப்புக்கு பயன்படுகிறது.

**(iii)** காற்று, அடர்பனி (thick fog), மூடுபனி போன்றவை அகச்சிவப்புக் கதிர்களை உட்கவர்வதில்லை. இதனால் தொலைவில் உள்ளவற்றை நிழற்படமெடுக்க இவை பயன்படுகின்றன.

**(iv)** அகச்சிவப்பு உட்கவர் நிறமாலை, மூலக்கூறு கட்டமைப்புகளை ஆராய்வதற்கு பயன்படுகின்றன.

**4. கண்ணுறு ஒளி :** பொருள்களிலிருந்து உமிழப்படும் அல்லது எதிரொளிக்கப்படும் கண்ணுறு ஒளியைக் கொண்டு நம்மைச் சுற்றி நடைபெறுவனவற்றை பார்க்கவும் அறியவும் முடிகிறது. இதன் அலைநீள நெடுக்கம் 4000Å முதல் 8000Å வரை உள்ளது

**5. புற ஊதாக் கதிர்கள் :**

**(i)** பாக்டீரியாக்களை அழிப்பதற்கும் மருத்துவ உபகரணங்களில் உள்ள நுண்ணுயிர் கிருமிகளைக் கொல்லவும் (sterilization) பயன்படுகின்றன.

**(ii)** இந்த வகைக் கதிர்கள் போலி பத்திரங்களைக் கண்டறியவும், கைரேகை பதிவுகளைக் கண்டறியும் தடயவியல் ஆய்வகங்களிலும் (Forensic lab) பயன்படுகின்றன.

**(iii)** உணவுப் பொருள்கள் கெடாமல் பாதுகாக்கப் பயன்படுகின்றன.

**(iv)** அணுவின் கட்டமைப்பைக் கண்டறியப் பயன்படுகின்றன.

6. **X கதிர்கள்**

**(i)** மருத்துவத் துறையில் நோய் கண்டுணர் கருவியாக பயன்படுகின்றன.

**(ii)** திண்மங்களின் படிக கட்டமைப்பை ஆராய்வதற்குப் பயன்படுகின்றன.

7. **γ கதிர்கள் :**

அணுக்கரு கட்டமைப்பு பற்றிய பயனுள்ள தகவல்களைத் தருகின்றன. மற்றும் புற்றுநோய் சிகிச்சைக்குப் பயன்படுகின்றன.

## 5.2 நிறமாலைகளின் வகைகள் (Types of spectra)

நிறமாலைமானியில் வைக்கப்பட்ட, முப்பட்டகமொன்றின்மீது வெள்ளொளி படும்போது, பல்வேறு அலைநீளங்கள் உடைய அலைகளாக வெவ்வேறு திசைகளில் திசைமாற்றம் அடைகின்றன. தொலைநோக்கியின் எல்லைக்குள் பிளவையின் பிம்பங்கள் பல வண்ணங்களில் கிடைக்கும். இத்தகைய பிம்பங்களையே நிறமாலை என்கிறோம்.

சோடிய ஆவி விளக்கினால் ஒளியூட்டப்படும் பொழுது பிளவையின் இரண்டு பிம்பங்கள் நிறமாலையில் மஞ்சள் நிறப்பகுதியில் கிடைக்கின்றன. இந்த சோடியம் வெளிவிடு வரிகளின் அலைநீளங்கள் முறையே 5896Å மற்றும் 5890Å. இது சோடியத்தின் நிறமாலை என்று அழைக்கப்படுகின்றது.

பல பொருள்களிலிருந்து பெற்ற நிறமாலைகளை **(i)** வெளிவிடு நிறமாலை (emission spectra) **(ii)** உட்கவர் நிறமாலை (absorption spectra) என இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

### *(i) வெளிவிடு நிறமாலை (Emission spectrum)*

ஒளி மூலம் ஒன்றிலிருந்து நேரடியாக வெளிவிடப்படும் ஒளியை நிறமாலைமானியைக் கொண்டு ஆராயும் போது வெளிவிடு நிறமாலையைப் பெறலாம். ஒவ்வொரு ஒளி மூலமும் அதன் சிறப்பியல்புக்கு ஏற்ற வெளிவிடு நிறமாலையைப் பெற்றிருக்கும்.

வெளிவிடு நிறமாலையை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன : 1. தொடர் நிறமாலை 2. வரி நிறமாலை 3. பட்டை நிறமாலை

### *1. தொடர் நிறமாலை (Continuous spectrum)*

தொடர் நிறமாலை என்பது இடைவெளி இல்லாமல் எல்லா அலைநீளங்களையும் உடைய ஒளியூட்டப்பட்ட பட்டையாகும். இது ஊதா முதல் சிவப்பு வரையிலான நிறங்களைக் கொண்டது இந்த நிறமாலை ஒளி மூலத்தின் வெப்பநிலையைப் பொறுத்து மட்டுமே அமையும். மற்றும் ஒளிமூலத்தின் தன்மையைப் பொறுத்து அமையாது.

உயர் வெப்ப நிலையிலுள்ள திடப்பொருள்கள், நீர்மப் பொருள்கள், கார்பன் வில் (carbon arc) மற்றும் மின் இழைவிளக்கு (electric filament lamp) இவற்றிலிருந்து தொடர் நிறமாலையைப் பெறலாம்.

*2. வரிநிறமாலை*

வரி நிறமாலை என்பது வரையறுக்கப்பட்ட அலை நீளங்களைக் கொண்ட கூர்மையான வரிகளாகும். நிறமாலை வரிகள் வெளிவிடும் பொருளின் சிறப்பியல்பு கொண்டதாகும். இவை வாயுவின் தன்மையைக் கண்டறிய பயன்படுகின்றன.

***படம் 5.4 ஹைட்ரஜனின் வரி நிறமாலை***

வாயு நிலையிலுள்ள அணுக்கள் அதாவது கிளர்ச்சி அடைந்த கட்டற்ற அணுக்கள் **(free atoms)** வரி நிறமாலையை வெளிவிடுகின்றன. அணுநிலையிலுள்ள பொருள்களான சோடிய ஆவி விளக்கிலுள்ள சோடியம், பாதரச ஆவி விளக்கிலுள்ள பாதரசம். மின்னிறக்கக் குழாய்களில் உள்ள கட்டற்ற அணுக்கள் ஆகியவற்றிலிருந்து வரி நிறமாலையைப் பெறலாம் (படம் 5.4).

### *3. பட்டை நிறமாலை* ***(Band spectrum)***

இவை, ஒரு முனையில் கூர்மையாகவும் சிறிது சிறிதாக நெருக்கம் குறைந்து கொண்டே வந்து மறுமுனையில் மங்கலாகவும் இருக்கின்ற பல பொலிவுப் பட்டைகளால் ஆனவை.

மூலக்கூறுகளிலிருந்து பட்டை நிறமாலையைப் பெறலாம். இது வெளிவிடும் மூலக்கூறின் சிறப்பியல்பைப் பொருத்து அமையும். கால்சியம் அல்லது பேரியம் உப்புகள் புன்சன் சுடர் விளக்கிலும் மற்றும் கார்பன்-டை-ஆக்சைடு, அம்மோனியா நைட்ரஜன் போன்றவை வாயுநிலையில் மின்னிறக்கக் குழாயிலும் பட்டை நிறமாலையை கொடுக்கின்றன. இந்தப் பட்டைகளை மிக அதிக பகுதிறன் **(resolving power)** நிறமாலை மானியைக் கொண்டு ஆராயும்பொழுது ஒவ்வொரு பட்டையும், கூரிய முனையில் (தெளிவான) அதிக நெருக்கமாகவும், மறுமுனையில் நெருக்கம் குறைந்தும் காணப்படும். அதிக அளவிலான மெல்லிய வரிகளைக் கொண்டுள்ளதைக் காணலாம். பட்டை நிறமாலையைக் கொண்டு ஒரு தனிமத்தின் மூலக்கூறு கட்டமைப்பை அறியலாம்.

### ***(ii) உட்கவர் நிறமாலை***

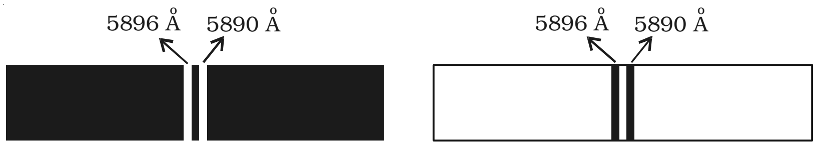
ஒளிமூலம் ஒன்றிலிருந்து வெளிவிடப்படும் ஒளியானது ஓர் உட்கவர் பொருளின் வழியே செலுத்தப்பட்டபின் நிறமாலைமானியைக் கொண்டு ஆராயும்பொழுது உட்கவர் நிறமாலை கிடைக்கின்றது. ஒவ்வொரு பொருளும் அதன் சிறப்பியல்புக்கு ஏற்ற உட்கவர் நிறமாலையைப் பெற்றிருக்கும்.

வெளிவிடு நிறமாலையைப் போன்று உட்கவர் நிறமாலையும் மூன்று வகைகள் கொண்டது. இவையாவன : 1. தொடர் உட்கவர் நிறமாலை 2. வரி உட்கவர் நிறமாலை 3. பட்டை உட்கவர் நிறமாலை.

*1. தொடர் உட்கவர் நிறமாலை*

வெள்ளை ஒளிப்பாதையில் வைக்கப்பட்ட பச்சைக் கண்ணாடி ஒன்று பச்சை வண்ணத்தைத் தவிர மற்றெல்லா வண்ணங்களையும் உட்கவர்ந்து, தொடர் உட்கவர் நிறமாலையை உமிழ்கிறது.

*2. வரி உட்கவர் நிறமாலை*




*படம் 5.5 சோடியத்தின் வெளிவிடு மற்றும் உட்கவர் நிறமாலை*

கார்பன் வில்லிருந்து வரும் ஒளியை சோடிய ஆவி வழியாக அனுமதித்து அதனை நிறமாலைமானியைக் கொண்டு ஆராயும்போது கிடைக்கும் தொடர்நிறமாலையில் இரண்டு கருமை வரிகள் மஞ்சள் பகுதியில் படம் 5.5ல் காட்டியவாறு கிடைக்கும்.

*3. பட்டை உட்கவர் நிறமாலை* ***(Band absorption spectrum)***

வெள்ளை ஒளியை அயோடின் ஆவி அல்லது நீர்த்த நிலையிலுள்ள இரத்தம் அல்லது குளோரோபில் (Chlorophyll) அல்லது சில கனிம மற்றும் கரிம கரைசல்கள் வழியே செலுத்தும்போது தொடர்ச்சியாக ஒளியூட்டப்பட்ட பின்னணியில் கருமையான பட்டைகள் காணப்படும். சாயங்கள் தயாரிக்க பட்டை உட்கவர் நிறமாலை பயன்படுகிறது.

*5.2.1 ஃப்ரான்ஹோபர் வரிகள்* ***(Fraunhofer lines)***

சூரிய நிறமாலையை உற்று நோக்கும் போது அது பல கருமை வரிகளைக் கொண்டுள்ளதைக் காணலாம். சூரிய நிறமாலையில் உள்ள இந்த கருமை வரிகளுக்கு ஃப்ரான்ஹோபர் வரிகள் என்று பெயர். சூரிய நிறமாலை, வரி உட்கவர் நிறமாலைக்கு ஒரு எடுத்துக்காட்டாகும்.

சூரியனின் உட்பகுதியான ஒளி மண்டலம் (Photosphere) மிக அதிகமாக $14 \times 10^6$ K வெப்பநிலையில் உள்ளது. இது தொடர் நிறமாலையை வெளிவிடும். சூரியனின் வெளிப்பகுதியான நிற மண்டலம் (Chromosphere) உட்பகுதியை ஒப்பிட குறைந்த மதிப்பான 6000 K வெப்பநிலையை கொண்டுள்ளது. பல தனிமங்கள் இங்கு வாயு நிலையில் உள்ளன.

உட்புறப் பொலிவு வட்டிலிருந்து வரும் ஒளி, சூரியனின் வெளிப்பகுதி வழியே வரும்பொழுது நிறமண்டலத்தில் உள்ள தனிமங்களால் சில அலைநீளங்கள் உட்கவரப்பட்டு, நிறமாலையில் இருள் வரிகள் ஏற்படுகின்றன.

பல பொருள்களின் உட்கவர் நிறமாலையைச் சூரிய நிறமாலையின் ஃப்ரான்ஹோபர் வரிகளுடன் ஒப்பிட்டு, சூரிய வளி மண்டலத்தில் காணப்படும் தனிமங்கள் கண்டறியப்படுகின்றன.

### *5.2.2 ஒளிர்தல் (Fluorescence)*

ஒரு அணு அல்லது மூலக்கூறு அமைப்பு, ஆற்றலை உட்கவரும்பொழுது கிளர்ச்சி அடைந்து உயர் ஆற்றல் மட்டத்தைச் சென்றடையும். அவ்வாறு சென்றடைந்த, அமைப்பு $10^{-5}$ நொடிக்குக் குறைவான காலத்திற்குள் குறைந்த ஆற்றல் மட்டத்திற்கு திரும்பும்போது அதிக அலைநீள கதிர்வீச்சுகளை உமிழும். இந்த அமைப்பு இப்போது ஒளிர்வதைக் காணலாம்.

UV கதிர் சில தனிமங்களின்மீது படும்பொழுது கண்ணுறு ஒளியை வெளிவிடும்.

படுகதிரான UV கதிர்கள் அந்த தனிமத்தின் மீது படும்வரை மட்டுமே ஒளிர்தல் உருவாகும். படும் ஒளி நின்றவுடன் வெளிவரும் ஒளியும் நின்று விடும்.

### *5.2.3 நின்றொளிர்தல் (Phosphorescence)*

சில தனிமங்களில் உள்ள மூலக்கூறுகள் படுகின்ற UV கதிர்களை உட்கவர்வதால் கிளர்ச்சி அடைகின்றன. இவை உடனடியாக தன்னுடைய பழைய நிலையை அடைவது இல்லை. மற்றும் கிளர்ச்சியடையச் செய்யும் கதிர்வீச்சினை நிறுத்திய பிறகும் கூட ஒளிர்தல் தொடர்கிறது. இவ்வாறு ஏற்படும் பின்தங்கி ஒளிர்தலை நின்றொளிர்தல் என்கிறோம்.

## 5.3 ஒளியின் கொள்கைகள் **(Theories of light)**

ஒளி பரவுதல் பற்றிய எந்தவொரு கொள்கையும் ஒளியின் பண்புகளை விளக்கக் கூடியதாக இருக்க வேண்டும். ஒளி, ஒரு வகை ஆற்றல் என்பதால் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு பரவ வேண்டும். ஒளி பரவ பருப்பொருள் ஊடகம் தேவையில்லை.

ஆற்றலானது இரண்டு முறைகளில் ஓர் இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குப் பரவுகிறது. **(i)** குறிப்பிட்ட திசைவேகத்தில் செல்லும் நுண் துகள்களினால் பரவுகிறது. **(ii)** அலை வடிவத்தில் பரவுகிறது. அலை வடிவத்தில் கடத்தப்படும் பொழுது அலை பரவும் ஊடகம் நகருவதில்லை. ஒளியைப் பற்றி பிரபலமான இயற்பியல் வல்லுனர்கள் கூறிய கொள்கைகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

### *5.3.1 நுண்துகள் கொள்கை (Corpuscular Theory)*

நியூட்டனின் இக்கொள்கையின்படி, ஒளிமூலம் மற்றும் ஒளிர்பொருள்கள் யாவும் நுண்ணிய, நிறையற்ற (புறக்கணிக்கத்தக்க மிகச் சிறிய நிறை), தொடர்ச்சியாக, முழு மீட்சியுறும் நுண் துகள்களை உமிழ்கின்றன. இவை நுண்ணிமங்கள் எனப்படும். அத்துகள்கள் ஒருபடித்தான (homogeneous) ஊடகத்தில் எல்லாத் திசைகளிலும் ஒளியின் திசைவேகத்துடன் நேர்க்கோட்டில் இயங்குகின்றன.

இந்த நுண் துகள்கள் மிகச்சிறியனவாக இருப்பதினால் இவற்றினை வெளியிடும் ஒளிர் பொருள்கள் நீண்ட காலத்திற்கு ஒளியை உமிழ்ந்தாலும் அவற்றின் நிறைகளில் இழப்பு ஏற்படுவதில்லை.

ஒளியின் ஆற்றல், இந்நுண்துகள்களின் இயக்க ஆற்றலேயாகும். இந்த நுண் துகள்கள் கண்ணின் விழித்திரையில் மோதுவதால் பார்வை ஏற்படுகிறது. நுண்துகள்களின் பருமவேறுபாடு காரணமாக வெவ்வேறு நிறங்கள் உண்டாகின்றன. மிக வேகமாகச் செல்வதால் இவை ஈர்ப்பியல் விசையினால் பாதிக்கப்படாமல் நேர்க்கோட்டு பாதையில் செல்கின்றன. இரண்டு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் தளத்தை இந்த நுண்துகள்கள் அடையும் பொழுது கவரப்படுகின்றன அல்லது விரட்டப்படுகின்றன. துகள்கள் விரட்டப்படும் பொழுது எதிரொளிப்பும், கவரப்படும் பொழுது ஒளி விலகலும் ஏற்படுகின்றன.

இக்கொள்கையின்படி, ஒளியின் திசைவேகம் அடர்மிகு ஊடகத்தில் அதிகமாக இருக்கும். ஆனால் ஃபோகால்ட் மற்றும் மைக்கல்சன் (Focault and Michelson) ஆய்வுகள் ஒளியின் திசைவேகம், அடர்மிகு ஊடகத்தை விட அடர்வு குறை ஊடகத்தில் அதிகமாக இருக்கும் என காட்டுகின்றன. மேலும் நுண்துகள் கொள்கையினால் குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு, தள விளைவு ஆகியவற்றை விளக்க முடியவில்லை.

### 5.3.2 அலைக் கொள்கை (Wave theory)

ஹைஜென்ஸ் கூற்றின்படி ஒளியானது தொடர் ஊடகத்தின் வழியே அலைகளாக பரவுகிறது. கண்ணுக்குப் புலனாகாத மீட்சித் தன்மை பொருந்திய ஈதர் என்ற ஊடகம் வெளி முழுவதும் நிறைந்துள்ளதாகக் கருதினார். ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் மாறுபாடுகள் அலைவடிவில் வெளியில் பரவுவதோடு, ஆற்றலை அனைத்துப் பக்கங்களிலும் சமமாக கடத்துகின்றன.

இந்த அலைகள் நெட்டலைகள் என ஹைஜென்ஸ் கருதினார். முதலில், ஒளியின் நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தை அலைக்கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்க முடியவில்லை. ஆனால் ப்ரநெல், யங் என்பவர்கள் ஒளியானது குறுக்கலைகள் தான் என்று கூறிய பிறகு சரிசெய்யப்பட்டது. அலைக்கொள்கையானது நுண்துகள் கொள்கை முன்னரே விளக்கிய அடிப்படைப் பண்புகளை விளக்கியது மட்டுமல்லாமல், குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு, தளவிளைவு ஆகியவற்றையும் திருப்திகரமாக விளக்கியது.

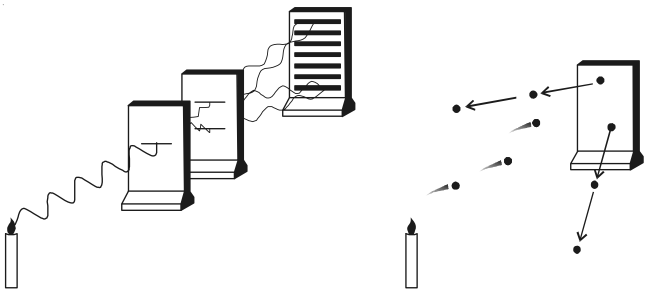
ஹைஜென்ஸ் கூற்றின்படி அடர்மிகு ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகம், அடர்குறை ஊடகத்தைக் காட்டிலும் குறைவு. இக்கருத்து போகால்ட் சோதனையின் முடிவுகளுடன் ஒத்திருந்தது.

### 5.3.3. மின்காந்தக் கொள்கை (Electromagnetic theory)

ஹைஜன்ஸ், ப்ரநெல் போன்றோர் கூறியது போன்று ஒளியானது எந்திர ஆற்றலை மாற்றம் செய்யவில்லை, மின்காந்த ஆற்றலை மாற்றம் செய்யும் மின்காந்த அலைகள் என மாக்ஸ்வெல் நிறுவினார். மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலச் செறிவுகளின் மாறுபாடு கள், குறுக்கலைகளின் தன்மைகளைப் பெற்றுள்ளன என விளக்கினார். மின்காந்த அலைகள் பரவ ஊடகம் தேவையில்லை என்பதையும் மாக்ஸ்வெல் விளக்கினார்.

### *5.3.4. குவாண்டம் கொள்கை (Quantum theory)*

மின்காந்தக் கொள்கையானது, ஒளிமின் விளைவு என்ற நிகழ்வை விளக்க இயலவில்லை. உமிழப்படும் அல்லது உட்கவரப்படும் ஆற்றலானது தொடர்ச்சியாக



***படம் 5.6 அலை மற்றும் குவாண்டம் கொள்கை***

அல்லாமல், மேலும் பகுக்க இயலாத, குவாண்டம் எனப்படும். ஆற்றல் திணிக்கப்பட்ட சிறுசிறு சிப்பங்களின் முழு மடங்குகளாக இருக்கின்றன என 1900-ல் ஃபிளாங் கருதினார். இக்கருத்தை, 1905-ல் ஐன்ஸ்டீன், மேலும் விரிவுபடுத்தி, ஒளியலைகள் என்பவை ஆற்றல் திணிக்கப்பட்ட சிறுசிறு பெட்டகங்கள் எனவும் அவை ஃபோட்டான்கள் எனவும் விளக்கினார். ஒவ்வொரு ஃபோட்டானுடன் தொடர்புடைய ஆற்றல், $E = h\nu$. இதில் h என்பது பிளாங் மாறிலி ($h = 6.626 \times 10^{-34}$ J s), $\nu$ என்பது மின்காந்தக் கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண் ஆகும்.

எனவே, ஒளி ஃபோட்டான் இரட்டைப் பண்பைப் பெற்றுள்ளது என நிறுவப்படுகிறது. அதிக ஆற்றல் பகுதியில், அவை துகள்களாகவும் குறைந்த ஆற்றல் பகுதியில் அலைகளாகவும் செயற்படுகின்றன (படம் 5.6).

### 5.4 ஒளிச்சிதறல் (Scattering of light)

முதன் முதலில் லார்ட் ராலே என்பவர் வளிமண்டல மூலக்கூறுகளில் ஒளிச்சிதறல் பற்றிக் கூறினார். புவி மண்டலத்திலுள்ள வாயு மூலக்கூறுகளால் சூரிய ஒளி சிதறலடையும் நிகழ்வு ராலே ஒளிச்சிதறல் ஆகும்.

ஒளிச்சிதறலின் அடிப்படை, மூலக்கூறுகள் உட்கவர்தலும் மற்றும் பல்வேறு திசைகளில் வெளிவிடுவதும் ஆகும். சிதறலடையும் அளவு, ஒளியின் அலைநீளத்தையும் சிதறலை ஏற்படுத்தும் துகளின் அளவையும் (size) சார்ந்தது.

ஒளிச்சிதறல் அளவானது, அதன் அலைநீளத்தின் நான்குமடி மதிப்புக்கு எதிர் விகிதத்தில் உள்ளது. இதனை ராலே ஒளிச்சிதறல் விதி (Rayleigh's Scattering law) என்கிறோம். எனவே, குறைந்த அலைநீளங்கள், நீண்ட அலைநீளங்களை விட அதிகமாக சிதறல் அடைகின்றன. வளிமண்டல ஒளிச்சிதறல் காரணமாக வானம் நீலநிறமாகத் (blue) தோற்றமளிக்கிறது. ராலே ஒளிச்சிதறல் விதியின்படி நீல நிற ஒளி சிவப்பு நிற ஒளியை விட அதிகமாக சிதறடிக்கப்படுகிறது. இந்த ஒளிச்சிதறல் காரணமாக

வானவெளி நீலநிறமாக காட்சியளிக்கின்றது.

நண்பகலை விட சூரிய உதயம் மற்றும் மறைவின்போது சூரிய ஒளிக்கதிர்கள் வளி மண்டலத்தில் நீண்ட தொலைவிற்குச் செல்ல வேண்டியுள்ளது. இதில் நீலநிறம் முழுவதுமாக சிதறடிக்கப்படுவதினால் குறைவாக சிதறடிக்கப்படுகின்ற சிவப்புக் கதிர்கள் மட்டுமே பார்வையாளரை அடைகிறது. எனவே சூரியன் உதயம், மற்றும் மறைவில் சிவப்பு நிறமாக தோற்றமளிக்கிறது.

### *5.4.1. டின்டால் ஒளிச்சிதறல் **(Tyndal Scattering)***

ஒளிக்கற்றை ஒரு கூழ்மக் கரைசல் (Colloidal) வழியாகச் செல்லும் பொழுது அதன் பாதை தெளிவாகப் புலனாகிறது. இதற்குக் காரணம் கூழ்மத்துகள், தன்மீது படும் ஒளியைச் சிதறச் செய்தலே ஆகும். கூழ்மத்துகள்களால் ஒளி சிதறடிக்கப்படும் நிகழ்வு டின்டால் ஒளிச்சிதறல் எனப்படும்.

### *5.4.2. இராமன் விளைவு **(Raman effect)***

பொருளொன்றின் வழியே ஒற்றைநிற ஒளி செல்லும் போது சிதறலடைகிறது என 1928-ஆம் ஆண்டு சர்.சி.வி.இராமன் சோதனையின் மூலம் கண்டறிந்தார். சிதறலடைந்த ஒளி, படுகின்ற அதிர்வெண்ணை மட்டுமல்லாமல் சில புதிய அதிர்வெண்களையும் கொண்டிருந்தது. இதனை இராமன் விளைவு என்கிறோம்.

இராமன் விளைவில் மாற்றம் அடைந்த அதிர்வெண் கொண்ட வரிகளை இராமன் வரிகள் என்கிறோம். படுகின்ற அதிர்வெண்ணை விட குறைவான அதிர்வெண் கொண்ட வரிகள் ஸ்டோக்ஸ் வரிகள் **(Stoke's lines)** ஆகும். படுகின்ற அதிர்வெண்ணை விட அதிகமாக அதிர்வெண் கொண்ட வரிகள் ஆண்ட்டிஸ்டோக்ஸ் வரிகளாகும் **(Antistoke's lines).** அணுக்களாலும் மூலக்கூறுகளாலும் சிதறடிக்கப்பட்ட ஒளியின் மூலம் கிடைக்கும் இந்தத் தொடர் வரிகள் இராமன் நிறமாலை எனப்படும்.

அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகள் மீது பட்டு சிதறலடைந்த ஒளி ஃபோட்டான்களைக் கொண்டு இராமன் விளைவை எளிதாகப் புரிந்து கொள்ள முடியும். படுகின்ற ஒளி $h\nu_o$ ஆற்றல் கொண்ட ஃபோட்டான்களைக் கொண்டதாகக் கருதுவோம்.

1. ஒரு ஃபோட்டான், திரவத்தின் அணு அல்லது மூலக்கூறின் மீது மோதும் போது, படுகின்ற ஃபோட்டானின் ஆற்றலின் ஒரு பகுதி, திரவத்தின் அணு அல்லது மூலக்கூறை கிளர்ச்சியுறச் செய்யப் பயன்படுகிறது. மற்ற பகுதி சிதறலடைகிறது. இதனால் நிறமாலையில் குறைந்த அதிர்வெண் கொண்ட வரிகள் தோன்றும். இவையே ஸ்டோக்ஸ் வரிகள் ஆகும்.

2. ஒரு ஃபோட்டான், கிளர்ச்சியுற்ற நிலையிலுள்ள அணு அல்லது மூலக்கூறின் மீது மோதும்பொழுது, சிதறலடிக்கப்பட்ட ஃபோட்டான் அதிக ஆற்றலைப் பெறுகிறது. இதனால் நிறமாலையில் அதிக அதிர்வெண் கொண்ட வரிகள் தோன்றும். இவையே ஆண்ட்டிஸ்டோக்ஸ் வரிகள் ஆகும்.

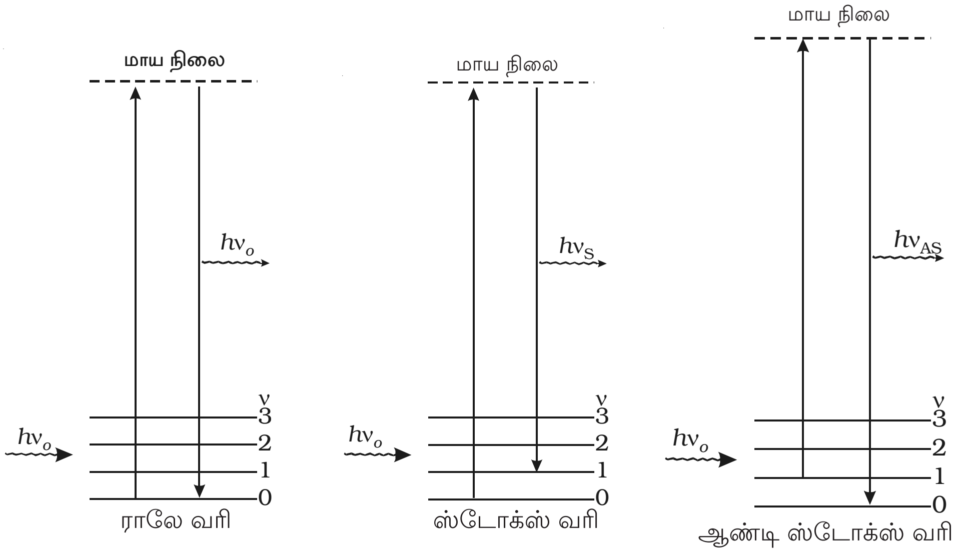
3. சில நிகழ்வுகளில், ஒளி ஃபோட்டான்கள், அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளின் மீது மோதும் பொழுது ஃபோட்டான்கள் சிதறுவதாகக் கொண்டாலும். மீட்சிப் பண்பினால் ஃபோட்டானின் ஆற்றலில் இழப்போ ஏற்போ நிகழ்வதில்லை. இதனால் நிறமாலைவரி மாற்றமடையாத அதிர்வெண்ணில் காணப்படுகிறது.

$\nu_o$ என்பது படுகின்ற கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண் மற்றும் $\nu_s$ என்பது மாதிரி (sample) மூலக்கூறினால் சிதறலடைந்த கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண் எனவும் கொண்டால் இராமன் இடப்பெயர்ச்சி அல்லது இராமன் அதிர்வெண் $\Delta\nu$–க்கான தொடர்பு $\Delta\nu = \nu_o - \nu_s$.

இராமன் இடப்பெயர்ச்சி, படுகின்ற ஒளியின் அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்தது அல்ல. ஆனால், இராமன் விளைவை ஏற்படுத்தும் பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்தது. ஸ்டோக்ஸ் வரிகளுக்கு $\Delta\nu$ நேர் இனமாகவும் (positive), ஆண்டிஸ்டோக்ஸ் வரிகளுக்கு எதிர் இனமாகவும் (negative) இருக்கும்.

ஸ்டோக்ஸ் வரிகளின் செறிவு (intensity) ஆண்டிஸ்டோக்ஸ் வரிகளின் செறிவை விட எப்போழுதும் அதிகமாகவே அமைகிறது. படம் 5.7.ல் ராலே வரிகள். ஸ்டோக்ஸ் வரிகள் மற்றும் ஆண்டி ஸ்டோக்ஸ் வரிகள் தோன்றும் வெவ்வேறு முறைகள் கொடுக்கப்பட்டள்ளன.

ஒரு அமைப்பு $\nu_0$ என்ற அதிர்வெண் கொண்ட கதிர்வீச்சுடன் வினைபுரியும் போது (Interacts) மேல்நோக்கி நகர்ந்து மாய ஆற்றல் மட்டத்திற்கு நிலைமாறுகிறது. மாய ஆற்றல் மட்டம் மூலக்கூறுகளின் நிலையான ஆற்றல் மட்டம் அல்ல. ராலே ஒளிச்சிதறலின்படி பெரும்பாலான மூலக்கூறுகளும் மாய ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து




(v = 0, 1, 2 .... என்பவை அடிநிலை எலக்ட்ரானிக் மட்டத்தில் உள்ள அதிர்வு நிலைகள் ஆகும்)

***படம் 5.7 இராமன் நிறமாலை***

நிலையான தன் ஆற்றல் மட்டத்திற்கு திரும்பி விடுகின்றன. சில மூலக்கூறுகள் மட்டுமே அதிக அல்லது குறைந்த ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு திரும்பி ஸ்டோக்ஸ் மற்றும் ஆன்டிஸ்டோக்ஸ் வரிகளை உருவாக்குகின்றன.

### *5.4.3 இராமன் நிறமாலையின் பயன்கள்*

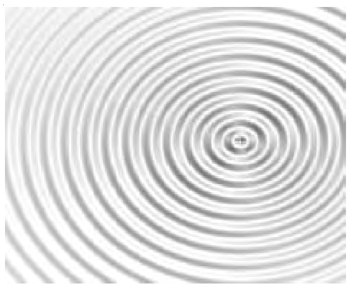
(**i**) அறிவியலின் அனைத்துப் பிரிவுகளிலும் பயன்படுகின்றன.

(**ii**) இராமன் நிறமாலை உதவியுடன் மூலக்கூறு அமைப்புகள் பிரிக்கப்பட்டு தனிமங்கள் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

(**iii**) தொழில் துறையில், இராமன் நிறமாலையியல் கொண்டு பொருள்களின் பண்புகள் அறியப்படுகின்றன.

(**iv**) வேதிச் சேர்க்கை பற்றி ஆராயப் பயன்படுகிறது.

## *5.5 அலைமுகப்பு (**wave front**)*



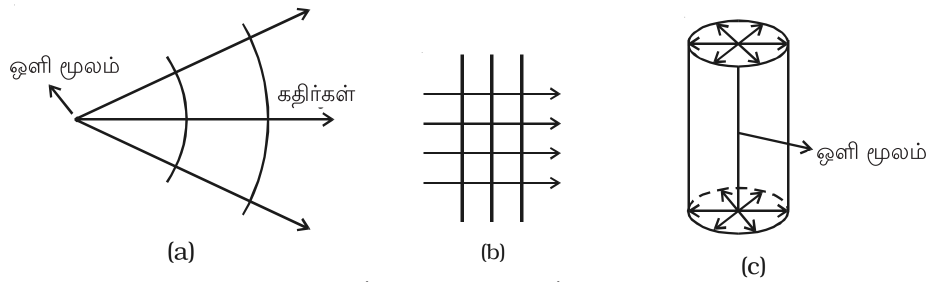
*படம் 5.8 நீர் அலைகள்*

நீர்ப்பரப்பில் கல் ஒன்றை விழச் செய்தால் நீர் அலைகள் நீரின் மேற்பரப்பில் அனைத்துத் திசைகளிலும் ஒரே திசைவேகத்துடன் செல்வதைக் காணலாம். நீரின் மேற்பரப்பிலுள்ள அனைத்து துகள்களும் அதிர்வுறுகின்றன. படம் 5.8ல் காட்டப்பட்டுள்ள புகைப்படத்தில் நீரின் மேற்பரப்பில் குலைவு (**disturbance**) பெருமமாக உள்ள இடங்களில் வட்ட வளையங்களைப் பார்க்கலாம். மையத்திலிருந்து சம தொலைவில் உள்ளதால் அந்த வட்டத்தின் மீதுள்ள அனைத்துத் துகள்களும் ஒரே கட்டத்தில் அதிர்வடைகின்றன. நீரின் மேற்பரப்பில் ஒத்த கட்டத்தில் அதிர்வடைந்து கொண்டிருக்கும் அனைத்துத் துகள்களையும் இணைக்கும் உறை, அலைமுகப்பு எனப்படும். எந்தவொரு கணத்திலும் உருவாகும் அலைமுகப்பு என்பது ஒத்த கட்டத்தில் அதிர்வடையும் அனைத்து துகள்களையும் இணைக்கும் உறை என வரையறுக்கப்படுகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவிலுள்ள புள்ளி ஒளிமூலமானது திசை ஒப்புப் பண்புள்ள ஊடகத்தில் (***Isotropic medium**) வெளிவிடும் அலை முகப்பு கோளக அலை முகப்பாகும் (படம் 5.9**a**). ஈறிலாத் தொலைவிலுள்ள ஒருபுள்ளி ஒளிமூலம் திசை ஒப்புப் பண்பு ஊடகத்தில் வெளிவிடும் அலைமுகப்பு சமதள அலைமுகப்பு எனப்படும் (படம் 5.9**b**). ஒளியூட்டப்பட்ட பிளவு போன்ற நேர்ப்போக்கு (**linear**) ஒளி மூலம் உருவாக்குவது உருளை வடிவ அலை முகப்பாகும் (5.9**c**).

---

** ஊடகம் ஒன்றில், ஒளியானது அனைத்துத் திசைகளிலும் சம திசைவேகத்தில் சென்றால் அதனை திசை ஒப்பு ஊடகம் எனலாம்.*



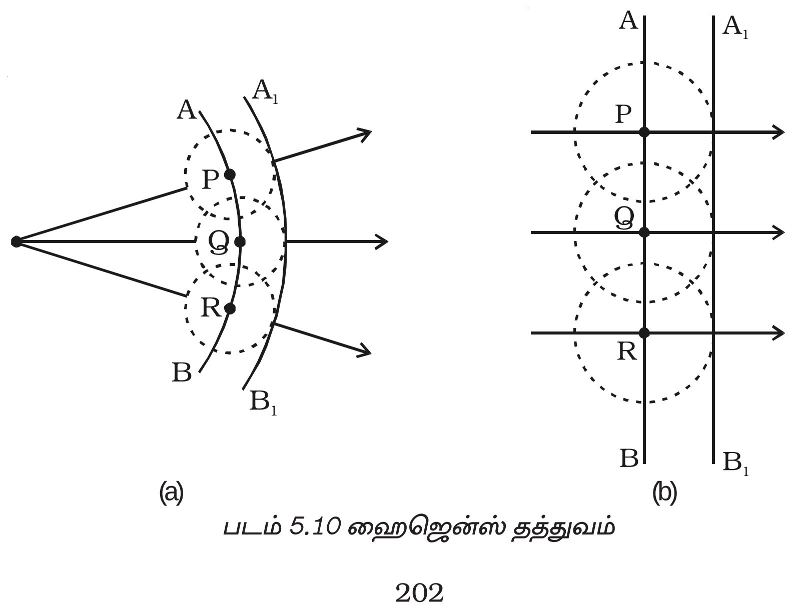

*படம் 5.9 அலைமுகப்பு*

### *5.5.1 ஹைஜென்ஸ் தத்துவம்*

அலைமுகப்பொன்றின் முன்பிருந்த நிலை மற்றும் வடிவத்தைக் கொண்டு, எந்தவொரு கணத்திலும் அலை முகப்பின் புதிய நிலை மற்றும் வடிவத்தை அறிய ஹைஜென்ஸ் தத்துவம் பயன்படுகிறது. அதாவது, ஒரு அலைமுகப்பு அந்த ஊடகத்தில் முன்னேறிச் செல்வதை விளக்குகிறது.

ஹைஜென்ஸ் தத்துவத்தின் படி (i) அலைமுகப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு துகளும் அந்த ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகத்தில் செல்லக்கூடிய இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகளை (wavelets) உருவாக்கும் ஒளி மூலங்களாகும். மற்றும் (ii) அந்த கணத்தில் இரண்டாம் நிலை அலைகுட்டிகளின் முன்புற உறையே புதிய அலைமுகப்பாகும்.

ஹைஜென்ஸ் உருவாக்கிய கோளக அலைமுகப்பொன்று படம் 5.10a-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. t = 0 என்ற ஒரு குறிப்பிட்ட கணத்தில் AB என்பது அலைமுகப்பாகும். ஹைஜென்ஸ் தத்துவத்தின்படி AB இல் உள்ள ஒவ்வொரு துகளும் ஒளிமூலமாகச் செயற்பட்டு இரண்டாம் நிலை அலைக் குட்டிகளை உமிழ்கின்றன. இந்த

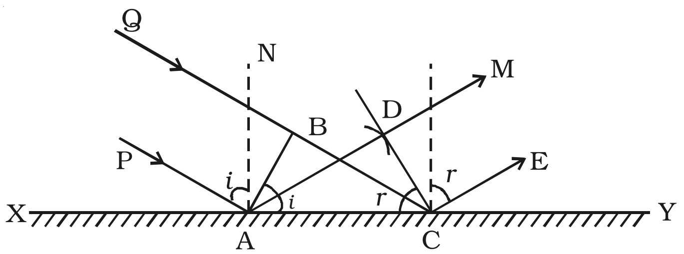



*படம் 5.10 ஹைஜென்ஸ் தத்துவம்*

இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகள் ஒளியின் திசை வேகத்தில் (c) ஊடகத்தில் செல்லுகின்றன. t காலம் கழித்து அலை முகப்பின் புதிய நிலையை அறிவதற்கு AB மீதுள்ள P, Q, R _ _ _ _ என்ற புள்ளிகளை மையமாகக் கொண்டு ctஐ ஆரமாகக் கொண்டு சிறு வட்டங்கள் வரைக. இவையாவும் அலைக்குட்டிகளின் சுவடுகளாகும். சிறு வட்டங்களின் தொடும் உறையாக உள்ள வட்டவில் $A_1B_1$ புதிய அலைமுகப்பாகும். ஒளிமூலம், ஈறில்லாத் தொலைவிலிருந்தால் (படம் 5.10bல் காட்டியபடி) சமதள அலைமுகப்பு $A_1B_1$ உருவாகும்.

### *5.5.2 சமதளத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்ட சமதள அலைமுகப்பு*

XY என்பது எதிரொளிக்கும் தளத்தைக் குறிக்கும். மற்றும், அதன் மீது புள்ளி Aஇல் விழும் சமதள அலைமுகப்பை AB குறிக்கும். PAம், QBCம் A மற்றும் Bயில் ABக்கு குத்தாக அமைகின்றன. எனவே அவை படுகதிர்கள் ஆகின்றன. AN என்ற குத்துக்கோடு வரையப்பட்டுள்ளது. அலைமுகப்பும், தளமும் தாளின் தளத்திற்கு குத்தாக அமைந்துள்ளன (படம் 5.11 ல் காட்டிய படி).




*படம் 5.11 சமதளத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்ட சமதள அலைமுகப்பு*

ஹைஜென்ஸ் தத்துவத்தின்படி அலைமுகப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு துகளும் இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டியை உருவாக்கும் ஒளி மூலமாகும்.

அலைமுகப்பு AB இல் உள்ள B என்ற புள்ளி Cஐ அடையும்போது Aல் இருந்து இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகள் உருவாகி BC தொலைவு சென்றிருக்கக் கூடும்.

Aஐ மையமாகவும் BCஐ ஆரமாகவும் கொண்டு வட்டவில் வரைக. Cயிலிருந்து அவ்வில்லிற்கு ஒரு தொடுகோடு CD வரைக. இந்த CD என்ற தொடுகோடு Cக்கும் Aக்கும் இடையிலிருந்து தோற்றுவிக்கப்பட்ட இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகளின் முகப்பாகும்.

எனவே CD என்பது எதிரொளிக்கப்பட்ட அலைமுகப்பு மற்றும் AD எதிரொளிப்புக் கதிர் ஆகும்.

### *எதிரொளிப்பின் விதிகள்*

(i) படுகின்ற அலைமுகப்பு AB, எதிரொளிப்பு அலைமுகப்பு CD மற்றும் எதிரொளிப்பு தளம் XY ஆகியவை ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.

(ii) படுகோணம் $\mathbf{i} = \angle PAN = 90^0 - \angle NAB = \angle BAC$

எதிரொளிப்புக் கோணம் = $\mathbf{r} = \angle NAD = 90^0 - \angle DAC = \angle DCA$

செங்கோண முக்கோணங்கள் ABC மற்றும் ADC-ல்

$\angle B = \angle D = 90^0$

BC = AD மற்றும் AC பொதுவானது

∴ அந்த இரண்டு முக்கோணங்களும் ஒத்த முக்கோணங்கள் (Congruent)

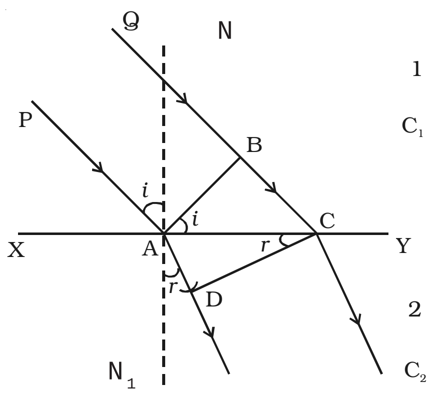
$\angle BAC = \angle DCA$

அதாவது $\mathbf{i = r}$

படுகோணமும் எதிரொளிப்புக் கோணமும் சமம்.

### *5.5.3. சமதளத்தில் ஒளிவிலகல் அடைந்த சமதள அலைமுகப்பு*

படம் 5.12ல் காட்டியபடி XY என்பது $\mu_1$ மற்றும் $\mu_2$ என்ற ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட இரண்டு ஊடகங்கள், 1 மற்றும் 2 ஐ பிரிக்கும் சமதளம். இந்த இரு ஊடகங்களில் ஒளியின் திசை வேகம் $C_1$ மற்றும் $C_2$ ஆகும். AB என்ற சமதள அலைமுகப்பு அத்தளத்தில் A என்ற புள்ளியில் விழுகிறது. PA மற்றும் QBC யை A மற்றும் B புள்ளியில் ABக்கு குத்தாக வரைக. எனவே, இவை படுகதிர்கள் ஆகின்றன. தளத்துக்கு குத்தாக $NAN_1$-ஐ வரைக. அலை முகப்பும் தளமும் தாளின் தளத்திற்கு குத்தாக அமைகின்றன.




*படம் 5.12 சமதளத்தில் ஒளிவிலகல் அடைந்த சமதள அலைமுகப்பு*

ஹைஜென்ஸ் தத்துவத்தின்படி, அலைமுகப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு துகளும் இரண்டாம் நிலை அலைகுட்டிகளை உருவாக்கும் மூலமாகும். அலைமுகப்பிலுள்ள B என்ற புள்ளி Cஐ அடையும் காலத்தில் Aயிலிருந்து வெளிப்படும் இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டி, $AD=C_2t$ என்ற தொலைவு சென்றிருக்கும். இதில் t என்பது, BC தொலைவினைக் கடக்க, அலைக்குட்டி எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் ஆகும்.

∴ $BC = C_1t$ மற்றும் $AD=C_2t= C_2\dfrac{BC}{C_1}$. Aஐ மையமாகவும், $C_2\dfrac{BC}{C_1}$ -ஐ ஆரமாகவும் கொண்டு இரண்டாம் ஊடகத்தில் வட்ட வில் ஒன்று வரைக. Cயிலிருந்து இந்த வட்டவில்லிற்குத் தொடுகோடு CD வரைக. இத்தொடுகோடு C மற்றும் A

யிலிருந்து புறப்பட்ட ஒளிவிலகல் அலைக்குட்டிகளுக்கு உறையாக அமைவதோடு மட்டுமல்லாமல் C முதல் A வரையிலான அனைத்து அலைக்குட்டிகளுக்கும் உறையாக அமைகிறது. எனவே CD என்பது ஒளிவிலகு அலைமுகப்பாகும். மற்றும் AD விலகல் அடைந்த கதிராகும்.

### *ஒளிவிலகல் விதிகள்*

(i) படுகின்ற அலைமுகப்பு AB, ஒளிவிலகல் அடைந்த அலைமுகப்பு CD மற்றும் ஒளிவிலகல் தளம் XY ஆகியவைகள் ஒரே தளத்தில் அமைகின்றன.

(ii) படுகோணம் $i = \angle PAN = 90^0 - \angle NAB = \angle BAC$

ஒளி விலகல் கோணம் $r = \angle N_1AD = 90^0 - \angle DAC = \angle ACD$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{BC/AC}{AD/AC} = \frac{BC}{AD} = \frac{BC}{BC.\frac{C_2}{C_1}} = \frac{C_1}{C_2} = \text{ மாறிலி } {}_1\mu_2$$

${}_1\mu_2$ என்பது முதல் ஊடகத்தைச் சார்ந்த இரண்டாவது ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண். இது ஸ்நெல் விதி (Snell's law) ஆகும்.

அதாவது ${}_1\mu_2 > 1$ எனில், முதல் ஊடகம் அடர்வு குறைந்தது (rarer) மற்றும் இரண்டாவது ஊடகம் அடர்வுமிகுந்தது (denser) . எனவே $\frac{C_1}{C_2} > 1$. அதாவது ஒளியானது, அடர்வு குறை ஊடகத்தில், அடர்வு மிகுந்த ஊடகத்தில் செல்வதைவிட அதிக திசைவேகத்துடன் செல்லும் என்றறியப்படுகிறது. அலைக் கொள்கையின் அம்முடிவு போகால்ட் சோதனையின் முடிவுகளுடன் ஒத்திருப்பது கவனிக்கத்தக்கது. மேற்கூறிய கருத்துகளின் படி ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் $\mu_m$ என்பது

$$\mu_m = \frac{\text{வெற்றிடத்தில் ஒளியின் திசைவேகம்}}{\text{ஊடகத்தில் ஒளியின் திசைவேகம்}} = \frac{C_a}{C_m}$$

அலை எதிரொளிப்பதாலோ அல்லது ஒளிவிலகல் அடைவதாலோ அலையின் அதிர்வெண் மாறுவதில்லை. ஆனால், ஒளி விலகல் அடைவதால் அலைநீளம் மாறுகிறது.

அதாவது, $$\mu_m = \frac{C_a}{C_m} = \frac{\nu\lambda_a}{\nu\lambda_m} = \frac{\lambda_a}{\lambda_m}$$

$$\therefore \quad \lambda_m = \frac{\lambda_a}{\mu_m}$$

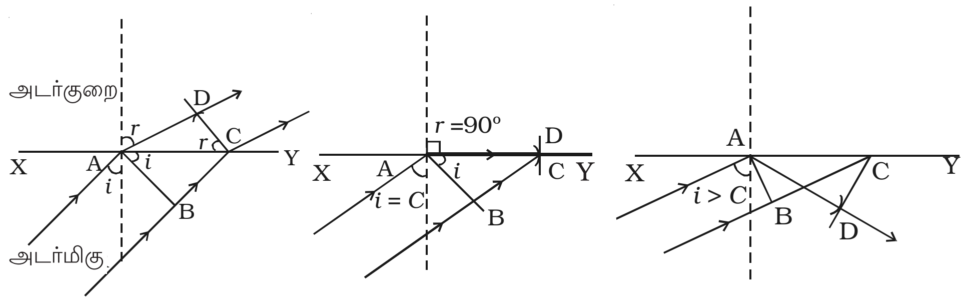
இங்கு $\lambda_a$ மற்றும் $\lambda_m$ என்பன காற்று மற்றும் ஊடகத்தில் ஒளியின் அலைநீளங்களாகும்.

### 5.5.4 அலைக் கொள்கையின்படி முழு அக எதிரொளிப்பு

XY என்பது, அடர்வு குறைந்த ஊடகத்தையும் (காற்று) அடர்வுமிகு ஊடகத்தையும் பிரிக்கும் சமதளம். இந்த ஊடகங்களில் அலைமுகப்பின் திசை வேகங்கள் முறையே $C_a$ மற்றும் $C_m$ ஆகும்.

ஒரு சமதள அலைமுகப்பு, அடர்வு மிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்வு குறைந்த ஊடகத்திற்குள் நுழைகிறது எனக் கருதுவோம். அந்தப் படுகதிர், தளத்துடன் ஏற்படுத்தும் படுகோணம் *i* மற்றும் *r* என்பது விலகுகோணம் என்க.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{(BC/AC)}{(AD/AC)} = \frac{BC}{AD} = \frac{c_m t}{c_a t} = \frac{c_m}{c_a}$$




படம் 5.13 முழு அக எதிரொளிப்பு

$\frac{c_m}{c_a} < 1$ என்பதால், $i < r$, விலகலடைந்த அலைமுகப்பு xy என்ற பிரிதளத்தை விட்டு விலகிச் செல்கிறது. செங்கோண முக்கோணம் ADCல் மூன்று நேர்வுகள் அமையலாம். **(i)** AD < AC **(ii)** AD = AC மற்றும் **(iii)** AD > AC

**(i) AD < AC :** i சிறிய மதிப்பு கொண்டிருந்தால், BCயும் சிறியதாக அமையும். எனவே AD > BC. ஆனால், ACஐவிட குறைவாக அமையும் (படம் 5.13a).

$\sin r = \frac{AD}{AC}$ , இது ஒன்றை விடக் குறைவு

அதாவது $r < 90^0$

$r < 90^0$, என்பதைக் கொண்டு, ஒவ்வொரு *i* மதிப்புக்கும் ஒரு விலகலடைந்த அலைமுகப்பு சாத்தியம் என அறியலாம்.

**(ii) AD = AC :** i அதிகமாகும் பொழுது r ம் அதிகமாகும்.

AD = ACஎன்று அமையும் போது, $\sin r = 1$ அல்லது $r = 90^o$. அதாவது ஒரு விலகலடைந்த அலைமுகப்பு கிடைப்பது சாத்தியம் (படம் 5.13b). இப்பொழுது விலகு கதிர் இரு ஊடகங்களை பிரிக்கும் தளத்தை சற்றே தொட்டுச் செல்லும். எந்தப் படுகோண

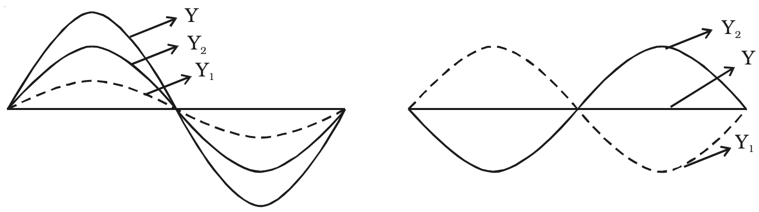
மதிப்புக்கு விலகு கோண மதிப்பு $90^o$ என அமைகிறதோ அப்படுகோணம் மாறுநிலைக் கோணம் (**critical angle**) C எனப்படும்.

**(iii) AD > AC :** AD > ACஎன்று அமையும் போது, **sin** $r$ **> 1.** இது நடைமுறைக்கு சாத்தியமல்ல (படம் 5.13**c**). எனவே, படுகோண மதிப்பு மாறுநிலைக் கோணத்தை விட அதிகமாக இருப்பின் விலகலடைந்த அலைமுகப்பு கிடைக்காது. படும் அலைமுகப்பு முழுவதுமாக அக எதிரொளிப்பு அடைந்து அடர்வுமிகு ஊடகத்திலேயே அமையும். இதனையே முழு அக எதிரொளிப்பு என்கிறோம்.

முழு அகஎதிரொளிப்பு நடைபெற வேண்டுமானால் (**i**) ஒளி அடர்வுமிகு ஊடகத்திலிருந்து அடர்வு குறை ஊடகத்திற்குச் செல்ல வேண்டும் (**ii**) படு கோண மதிப்பு அடர்வு மிகு ஊடகத்துக்குள் மாறுநிலைக் கோணத்தைவிட அதிகமாக அமைய வேண்டும். அதாவது **i > c.**

## 5.6 மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்

இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலைகள் ஒருங்கிணைந்தாற் போல் ஓர் ஊடகத்தில் செல்லும் பொழுது, ஓர் அலையின் பரவுதல் மற்றவற்றினால் பாதிக்கப்படாமல், ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் அதன் பாதிப்பை ஏற்படுத்தும். ஒரு புள்ளியின் மொத்த இடப்பெயர்ச்சி மற்ற தனித் தனி அலைகளின் இடப்பெயர்ச்சி வெக்டர்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.இதனையே மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் என்கிறோம்.




*படம் 5.14 மேற்பொருந்துதல் தத்துவம்*

$\vec{Y_1}$ மற்றும் $\vec{Y_2}$ என்பவற்றை தனி இடப்பெயர்ச்சிகளாகக் கொண்டால் தொகுபயன் இடப்பெயர்ச்சி, $\vec{Y} = \vec{Y_1} + \vec{Y_2}$

### *5.6.1 ஓரியல் மூலங்கள்*

சம அலைநீளமும், ஒத்த கட்டம் அல்லது ஒரே கட்டவேறுபாட்டுடன் இரண்டு அலைகளை வெளிப்படுத்தும் ஒளி மூலங்கள் ஓரியல் மூலங்களாகும்.

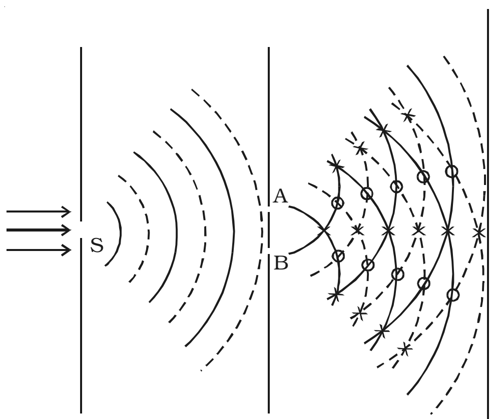
இரண்டு தனித்தனியான ஒற்றைநிற ஒளிமூலங்கள் ஒரே அலைநீளம் கொண்ட அலைகளை வெளியிடும். ஆனால், அவைகள் ஒரே கட்டத்தில் அமையாது. இவ்வகை மூலங்கள் ஓரியல் மூலங்கள் ஆகாது. ஏனெனில், அணுக்களால், ஒத்த கட்டத்திலுள்ள ஒளி அலைகளை வெளியிட முடியாது. இத்தகைய ஒளிமூலங்கள் ஓரியலற்ற மூலங்கள் எனப்படும்.

### 5.6.2 கட்ட வேறுபாடு மற்றும் பாதை வேறுபாடு

λ நீளமுள்ள ஒரு அலையின் கட்டம் 2π. எனவே δ தொலைவிற்கான கட்டம் $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \delta$ ஆகும்.

### 5.6.3 குறுக்கீட்டு விளைவு

S என்ற ஒளிமூலத்தால் ஒளியூட்டப் பெற்ற A, B என்ற இரண்டு ஒளிமூலங்கள் ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன. இந்த இரண்டு ஓரியல் அலைகள் ஒரே ஊடகத்தில் செல்லும்போது பல புள்ளிகளில் மேற்பொருந்துவது படம் 5.15ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்தில், அலைகளின் முகடுகள், தொடர்ச்சியான கோட்டினாலும், அகடுகள், விடுபட்ட புள்ளி கோடுகளாலும் காட்டப்பட்டள்ளன. முகடும் முகடும் அல்லது அகடும் அகடும் சந்திக்கின்ற புள்ளிகளில் அலைகள் ஒத்த கட்டத்தில் அமைகின்றன, இடப் பெயர்ச்சி பெருமம். எனவே, அப்புள்ளிகள் பொலிவுடன் தோன்றும். இந்தப்புள்ளிகள் (X) குறியீட்டால் காட்டப்படுகின்றன. இவ்வகை குறுக்கீட்டு விளைவு ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவு (constructive interference) எனப்படும்.




படம் 5.15 குறுக்கீட்டு விளைவு

ஒரு அலையின் முகடும் மற்றொரு அலையின் அகடும் சந்திக்கின்ற புள்ளிகளில் அலைகள் எதிரெதிர் கட்டத்தில் அமைகின்றன, இடப்பெயர்ச்சி சுழி. எனவே, அப்புள்ளிகள் கருமையாகத் தோன்றும். இந்தப் புள்ளிகள் சிறிய வட்டம் O-ஆல் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த வகை குறுக்கீட்டு விளைவை அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவு (destructive interference) என்று கூறலாம். எனவே, XY என்ற திரையில் ஒளியின் செறிவு பெருமம் மற்றும் சிறுமம் என மாறி மாறித் தோன்றும். அதாவது, குறுக்கீட்டுப் பட்டைகள் பொலிவுப் பட்டை மற்றும் கரும்பட்டை என அமைகின்றன. அலைகளின் மேற்பொருந்துதல் காரணமாக ஒளிச் செறிவில் ஏற்படும் பகிர்வு குறுக்கீட்டு விளைவு எனப்படும்.

அலைவீச்சு (a) (amplitude) காரணமாக ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் ஒளிச் செறிவு I என்றால், $I \propto a^2$

$a_1$ மற்றும் $a_2$ என்பன இரண்டு குறுக்கீடு அடைந்த அலைகளின் அலைவீச்சு என்றால்

$I_1 \propto a_1^2$ மற்றும் $I_2 \propto a_2^2$

$$\therefore \qquad \frac{I_1}{I_2} = \frac{a_1^2}{a_2^2}$$

ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு $I_{பெருமம்} \propto (a_1 + a_2)^2$ மற்றும் அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு, $I_{சிறுமம்} \propto (a_1 - a_2)^2$

$$\frac{I_{பெருமம்}}{I_{சிறுமம்}} = \frac{(a_1 + a_2)^2}{(a_1 - a_2)^2}$$

### *5.6.4 நிலைநிறுத்தப்பட்ட குறுக்கீட்டு விளைவு ஏற்பட நிபந்தனை*

குறுக்கீட்டு விளைவில் பெரும மற்றும் சிறும ஒளிச் செறிவின் நிலை, காலத்தைப் பொருத்து மாறாமல் நிலையாக அமையு மானால் அத்தகைய குறுக்கீட்டு விளைவை நிலைநிறுத்தப்பட்ட அல்லது நிரந்தர குறுக்கீட்டு விளைவு எனலாம்.

1) இரு மூலங்களும் ஓரியலாக இருக்க வேண்டும்.

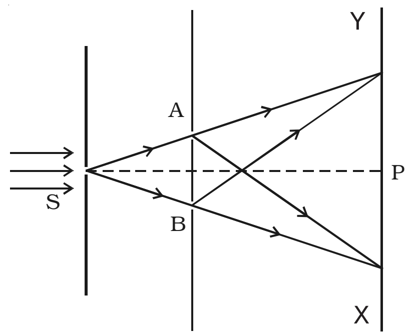
2) இரு மூலங்களும் மிகக் குறுகலாக அமைய வேண்டும்.

3) தனித்தனியான, அகலமான பட்டைகள் பெறுவதற்கு இரு மூலங்களும் ஒன்றுக்கொன்று மிக அருகில் அமைய வேண்டும்.

### *5.6.5 யங் இரட்டைப் பிளவுச் சோதனை*

1801-ல் தாமஸ் யங் என்பவர், முதலில், ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவைக் கண்டறிந்து, ஓர் ஆய்வு மூலம் விளக்கினார். இந்த ஆய்வு முறை படம் 5.16ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒற்றைநிற ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளி S என்ற குறுகிய பிளவின் வழியாக ஒன்றுக்கொன்று மிக அருகில் அமைந்துள்ள A மற்றும் B என்ற இரண்டு மிகக் குறுகிய பிளவுகளின் மீது விழுகிறது. இந்தப் பிளவுகள் ஒவ்வொன்றின் அகலம் 0.03 mm மற்றும் அவைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு 0.3 mm. A யும் B யும் S லிருந்து சமதொலைவு உள்ளதால், S லிருந்து வரும் ஒளி அலைகள் A மற்றும் B மீது சம கட்டத்தில் விழுகின்றன. எனவே, Aயும், Bயும் ஓரியல் மூலங்களாகச் செயல்படுகின்றன.



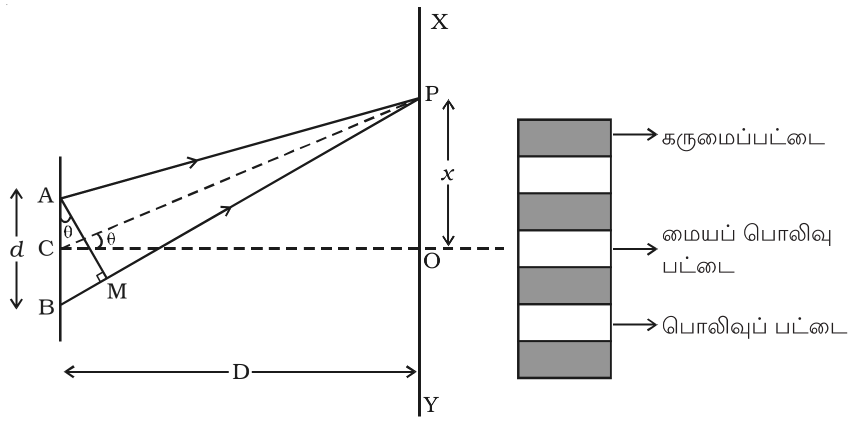

*படம் 5.16 யங் இரட்டைப் பிளவுச் சோதனை*

ஹைஜென்ஸ் தத்துவத்தின்படி, A, Bலிருந்து புறப்படுகின்ற அலைக்குட்டிகள் A, Bன் வலப்புறத்தில் ஒன்றோடொன்று மேற்பொருந்துகின்றன. பிளவுகளிலிருந்து

சுமார் 1 மீட்டர் தொலைவில் ஒரு திரை XY அமைக்கப்பட்டால் சம அகலம் கொண்ட ஒளி வரிகளும், இருள் வரிகளும் மாறி மாறி திரையில் தோன்றுகின்றன. இவைகள் குறுக்கீட்டு வரிகள் அல்லது பட்டைகள் எனப்படுகின்றன. கண் வில்லை (eye-piece) ஒன்றின் வழியே குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளை, திரைக்குப் பதிலாக வைத்துப் பார்க்கலாம். P என்ற புள்ளியில், A மற்றும் B லிருந்து சம தொலைவை கடந்து வரும் அலைகள் ஒரே கட்டத்தில் வந்தடைகின்றன. இந்த இரண்டு அலைகளும் ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவு அடைவதால் P என்ற புள்ளியில் பொலிவுப்பட்டை கிடைக்கிறது. இதனை மையப் பொலிவுப் பட்டை எனலாம்.

பிளவுகளில் ஒன்றை மூடிவிட்டால், இந்தப் பட்டைகள் மறைந்து திரையில் சீரான செறிவுடைய ஒளி ஏற்படும். இதிலிருந்து, பட்டைகள், குறுக்கீட்டு விளைவால் ஏற்படுகின்றன என்பது விளங்கும்.

### *5.6.6 பட்டை அகலத்திற்கான கோவை*




*படம் 5.17 குறுக்கீட்டுப் பட்டை*

அலைநீளம் $\lambda$ உள்ள A மற்றும் B என்ற இரு ஓரியல் மூலங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு d என்க. XY என்ற திரை AB மூலங்களுக்கு இணையாக D தொலைவில் உள்ளது. A, Bக்கு மையப் புள்ளி C ஆகும். திரையிலுள்ள O புள்ளியானது A மற்றும் Bயிலிருந்து சம தொலைவில் உள்ளது. படம் 5.17ல் காட்டியவாறு P என்ற புள்ளி O யிலிருந்து $x$ தொலைவில் அமைந்துள்ளது. A மற்றும் Bலிருந்து வரும் அலைகள் P புள்ளியில் சந்திக்கும் போது ஒத்த கட்டத்திலோ அல்லது வேறு கட்டத்திலோ அமைவது இரு அலைகளின் பாதை வேறுபாட்டைப் பொருத்து அமையும்.

BPக்கு செங்குத்தாக AM வரைக.

பாதை வேறுபாடு $\delta = BP - AP$

$AP = MP$

$\therefore \quad \delta = BP - AP = BP - MP = BM$

செங்கோண முக்கோணம் $\Delta$ ABM ல் BM = d sin $\theta$

$\theta$ சிறிய மதிப்பாக அமைந்தால், $\sin\theta = \theta$

$\therefore$ பாதை வேறுபாடு $\delta = \theta.d$

செங்கோண $\Delta$ COPல், $\tan\theta = \frac{OP}{CO} = \frac{x}{D}$

$\theta$ன் சிறிய மதிப்புகளுக்கு, $\tan\theta = \theta$

$\therefore$ பாதை வேறுபாடு, $\delta = \frac{xd}{D}$

### *பொலிவுப் பட்டைகள்*

குறுக்கீட்டு விளைவுத் தத்துவத்தின்படி, ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவுக்கான நிபந்தனை. பாதை வேறுபாடு = $n\lambda$

$$\therefore \quad \frac{xd}{D} = n\lambda$$

இங்கு $n = 0,1,2 \ldots$ என்பது பொலிவுப் பட்டைகளின் வரிசையைக் குறிக்கும்.

$$\therefore \quad x = \frac{D}{d} n\lambda$$

இந்தச் சமன்பாடு $O$ புள்ளியிலிருந்து nவது பொலிவுப் பட்டையின் தொலைவைக் கொடுக்கிறது.

### *கருமைப் பட்டை*

குறுக்கீட்டு விளைவுத் தத்துவத்தின்படி, அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவுக்கான நிபந்தனை, பாதை வேறுபாடு = $(2n-1)\frac{\lambda}{2}$

$$\therefore \quad x = \frac{D}{d}(2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

இங்கு $n = 1,2,3 \ldots$ என்பது கருமைப் பட்டைகளின் வரிசையைக் குறிக்கும்.

இந்தச் சமன்பாடு O புள்ளியிலிருந்து nவது கருமைப் பட்டையின் தொலைவைக் கொடுக்கின்றது. இவ்வாறு, திரையில் மையப் பொலிவுப் பட்டைக்கு இருபுறமும் கருமைப் பட்டைகளும், பொலிவுப் பட்டைகளும் மாறி மாறி தோன்றுகின்றன.

### *பட்டை அகலம் ($\beta$)*

இரண்டு அடுத்தடுத்த பொலிவுப் பட்டை அல்லது கருமைப்பட்டைகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு பட்டை அகலம் எனப்படுகிறது.

(n+1) மற்றும் n-வது பொலிவுப் பட்டைகளின் தொலைவுகள் O-விலிருந்து முறையே, $x_{(n+1)}$, $x_n$ ஆக இருந்தால்

$$x_{(n+1)} - x_n = \frac{D}{d}(n+1)\lambda - \frac{D}{d}n\lambda = \frac{D}{d}\lambda$$

பட்டை அகலம், $\beta = \frac{D}{d}\lambda$

இதே போன்று இரு அடுத்தடுத்த கரும்பட்டைகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவும் $\frac{D\lambda}{d}$ என நிரூபிக்கலாம். பொலிவுப் பட்டைகளும், கருமைப் பட்டைகளும் ஒரே அகலம் கொண்டதால் மையப் பொலிவிலிருந்து இருபக்கமும் இவை சம தொலைவில் அமையும்.

### தெளிவான அகலமான குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளைப் பெற நிபந்தனைகள்

**(i)** ஒளி மூலத்திலிருந்து திரையின் தொலைவு கூடுமானவரை அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.

**(ii)** ஒளியின் அலைநீளம் அதிகமானதாக இருக்க வேண்டும்.

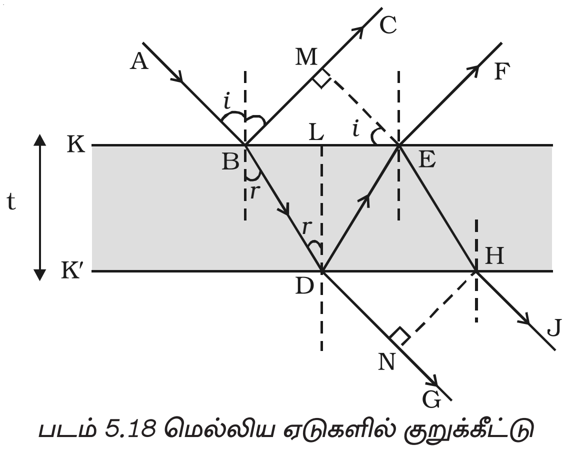
**(iii)** இரண்டு ஒளி மூலங்களுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு மிகக் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

### 5.6.7 மெல்லிய ஏடுகளில் வண்ணங்கள்

நீரில் மிதக்கும் எண்ணெய் ஏடு, சோப்புக் குமிழ் முதலியனவற்றில் பொலிவான வண்ணங்கள் காணப்படுவதை நாம் நன்றாக அறிவோம். மெல்லிய ஏட்டின் மேல் மற்றும் கீழ்தளங்களில் எதிரொளிக்கப்படும் ஒளியின் குறுக்கீட்டு விளைவால் இவ்வண்ணங்கள் தோன்றுகின்றன. வெள்ளை ஒளியானது மெல்லிய ஏட்டின் மீது படும்பொழுது அவ்வேட்டில் வண்ணங்கள் ஏற்படுகின்றன. இந்த வண்ணங்கள் மெல்லிய ஏட்டின் தடிமனையும், படும் ஒளியின் படுகோணத்தையும் பொருத்தது.

### மெல்லிய ஏடுகளில் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவு

படம் 5.18ல் காட்டியபடி சீரான தடிமன் t மற்றும் ஒளிவிலகல் எண் $\mu$ கொண்ட ஒளி ஊடுருவக்கூடிய மெல்லேடு, K மற்றும் K′ என்ற இரு சமதளத்திற்குள் அடைவதாகக் கருதுக.




படம் 5.18 மெல்லிய ஏடுகளில் குறுக்கீட்டு விளைவு

ஒற்றை நிற ஒளியின் ஒரு கதிர் AB, K என்ற மெல்லிய ஏட்டின் பரப்பின்மீது பட்டு ஒரு பகுதி BC வழியாக எதிரொளிப்பும் மற்றும் ஒரு பகுதி BD வழியாக விலகலும் அடைகிறது. K′ பரப்பில் அமைந்துள்ள D என்ற புள்ளியில் ஒளிக்கதிரின் ஒரு பகுதி DE வழியாக எதிரொளிப்பு அடைந்தும் மற்றும் ஒரு பகுதி DG வழியாக மெல்லேட்டை விட்டும் வெளியேறுகிறது. எதிரொளிப்பு அடைந்த கதிர், EF வழியாக BCக்கு இணையாக காற்றில் நுழைகிறது. EH கதிர் Hல் விலகலடைந்த பின், இறுதியாக HJவழியாக வெளி யேறுகிறது.

BC மற்றும் EF ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று இணையாக அமைந்த எதிரொளிப்புக் கதிர்களாகும். மேலும் DG மற்றும் HJ ஆகிய ஊடுருவி வெளிவந்த கதிர்களும் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக அமைகின்றன. கதிர்கள் BC மற்றும் EF தங்களுக்குள் குறுக்கீடு அடைகின்றன. அதுபோலவே DG மற்றும் HJவும் குறுக்கீடு அடைகின்றன.

***எதிரொளிப்பு அடைந்த கதிர்களின் குறுக்கீட்டு விளைவு***

E லிருந்து EM என்ற குத்துக்கோடு BC க்கு வரையப்படுகிறது. இப்பொழுது BC மற்றும் EF இவற்றிற்கு இடையே உள்ள பாதை வேறுபாடு

$$\delta = (BD+DE)_{\text{மெல்லேட்டில்}} - (BM)_{\text{காற்றில்}}$$

காற்றில் தொலைவு எண்ணளவில், ஊடகத்தில் தொலைவின் μ மடங்குக்கு சமம் என்பதை அறிவோம்.

$$\delta = \mu\ (BD + DE) - BM$$

படத்திலிருந்து, BD = DE

$$\therefore \quad \delta = (2\mu\ .\ BD) - BM$$

$$\Delta\ \text{BMEல்},\ \sin i = \frac{BM}{BE} \qquad \left[\because \mu = \frac{\sin i}{\sin r}\right]$$

$$BM = BE \sin i = BE\ .\ \mu \sin r$$

$$BM = \mu\ .\ BE \sin r$$

$$\Delta\ \text{BDLல்},\ \sin r = \frac{BL}{BD} = \frac{\frac{1}{2}BE}{BD}$$

$$BE = 2\ (BD) \sin r$$

$$\therefore \quad BM = \mu(2BD) \sin^2 r$$

$$\therefore \quad \delta = 2\mu BD - 2\mu BD \sin^2 r$$

$$\delta = 2\mu BD \cos^2 r$$

$$\Delta\ \text{BDLல்},\ \cos r = \frac{DL}{BD} = \frac{t}{BD}$$

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

காற்றில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஒரு ஒளிக்கதிர், அடர்மிகு ஊடகத்தில் எதிரொளிக்கப்படும் போது தன்னிச்சையான கட்ட மாற்றம் $\pi$ ஏற்படுகிறது. அல்லது கூடுதல் பாதை வேறுபாடு $\lambda/2$ அடைகிறது.

Bல் ஏற்படும் எதிரொளிப்பு அடர்மிகு ஊடகத்தின் தளத்தில் நிகழ்வதால் $\frac{\lambda}{2}$ பாதை வேறுபாடு அதிகமாகிறது.

மொத்த பாதை வேறுபாடு, $\delta = 2\mu t \cos r + \frac{\lambda}{2}$

**(i)** ஆக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு பாதை வேறுபாடு $\delta = n\lambda$,

இங்கு $n = 0,1,2,3$ மற்றும் மெல்லேடு பொலிவுடன் காணப்படுகிறது.

$$2\mu t \cos r + \frac{\lambda}{2} = n\lambda$$

$$\therefore \quad 2\mu t \cos r = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

**(ii)** அழிவுக் குறுக்கீட்டு விளைவிற்கு பாதை வேறுபாடு $\delta = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$

இங்கு $n = 0, 1, 2, 3$ மற்றும் மெல்லேடு கருமையாகக் காணப்படுகிறது.

$$2\mu t \cos r + \frac{\lambda}{2} = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore \quad 2\mu t \cos r = n\lambda$$

படுகின்ற ஒளி, குத்தாக இருப்பின் $i = 0$. எனவே, $r = 0$ இப்போது பொலிவுப் பட்டைக்கான நிபந்தனை $2\mu t = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$ மற்றும் கரும்பட்டைக்கான நிபந்தனை $2\mu t = n\lambda$.

### *ஊடுருவி வெளிவரும் கதிரின் குறுக்கீட்டு விளைவு*

வெளிவரும் DG மற்றும் HJ கதிர்களுக்கான பாதை வேறுபாடு, $\delta = 2\mu t \cos r$. D மற்றும் Eல் ஏற்படும் எதிரொளிப்பு காற்று ஊடகத்தில் நடைபெறுவதால் எந்தவித கூடுதல் பாதை வேறுபாடும் ஏற்கப்படாது.

எனவே, பொலிவிற்கான நிபந்தனை $2\mu t \cos r = n\lambda$ மற்றும் கருமைக்கான நிபந்தனை $2\mu t \cos r = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$

### *5.6.8 நியூட்டன் வளையங்கள்*

மெல்லேடுகளில் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவின் ஒரு முக்கியமான பயன்பாடு நியூட்டன் வளையங்கள் ஆகும். அதிக வளைவு ஆரமுள்ள ஒரு தட்டக் குவிலென்ஸ், ஒரு சமதள கண்ணாடிப் பரப்பின் மீது வைக்கப்படும் பொழுது லென்சின் அடிப்பரப்பிற்கும், கண்ணாடித் தட்டின் மேற்பரப்பிற்கும் இடையே காற்று மெல்லேடு **(air film)** ஒன்று ஏற்படுகிறது. தொடும் புள்ளியில் காற்று மெல்லேட்டின் தடிமன் சுழி

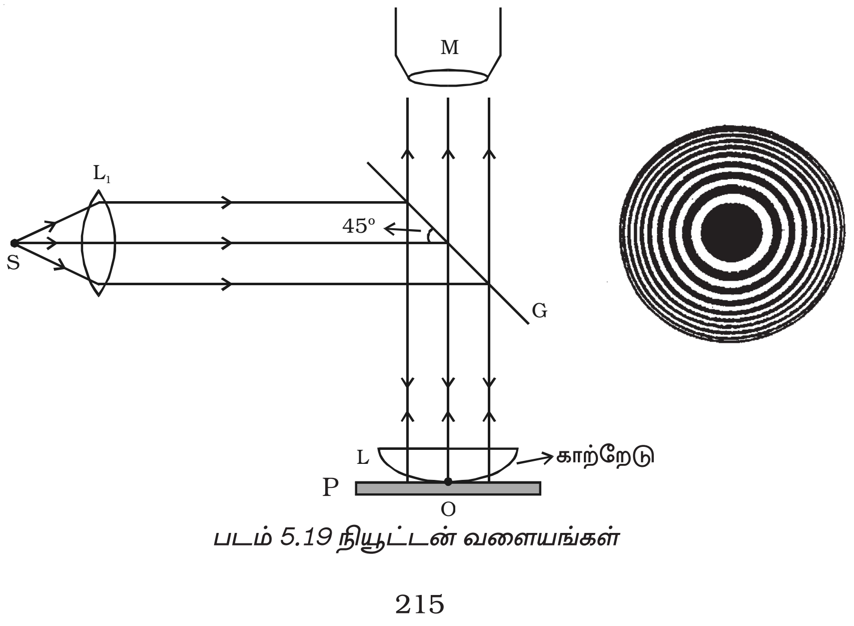
மதிப்பைப் பெறுகிறது. மையத்திலிருந்து செல்லச் செல்ல தடிமன் அதிகமாகிறது. காற்றின் மெல்லேடு ஒற்றை நிற ஒளியால் குத்தாக ஒளியூட்டப்பட, மையக் கரும்புள்ளியைச் சுற்றி பொலிவு மற்றும் கருமை வளையங்கள் மாறி மாறி ஒருமைய வட்ட வளையங்களாக அமையும். இதைனை நியூட்டன் வளையங்கள் என்கிறோம். வெள்ளை ஒளியைப் பயன்படுத்தினால் பட்டைகள் பல வண்ணங்களில் ஒளிரும். (இந்தப் பாடநூலின் முகப்பு அட்டையில் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது).

### *சோதனை*

நியூட்டன் வளையங்கள் மற்றும் நியூட்டன் வளைய ஆய்விற்கான அமைப்பு படம் 5.19ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒற்றை நிற ஒளி S, இணையாக்கும் லென்சு $L_1$ன் குவியத் தளத்தில் வைக்கப்படுகிறது. லென்சு $L_1$ல் இருந்து இணையாக வருகின்ற ஒளிக்கதிர்கள் $45^o$ சாய்வாக அமைக்கப்பட்ட கண்ணாடித் தகடு G–ல் விழுகின்றன. கண்ணாடித் தகடு, ஒளியின் ஒரு பகுதியை எதிரொளித்து, நேர்குத்தாக கீழ்நோக்கி, தட்டக் குவிலென்ஸ் L மற்றும் சமதளக் கண்ணாடி Pக்கு இடையே உருவாக்கப்பட்ட. காற்று மெல்லேட்டின் மீது விழச் செய்கிறது. காற்று ஏட்டால் எதிரொளிக்கப்பட்டக் கதிரானது நுண்ணோக்கியின் மூலம் நோக்கப்படுகிறது. மையக் கரும் புள்ளியை கருமையாகக் கொண்டு பொலிவு வளையங்களும் கருமை வளையங்களும் மாறி மாறி அமைவதைக் காணலாம்.

### *விளக்கம்*

மெல்லிய காற்றேட்டின் மேல் தளத்திலிருந்து எதிரொளிக்கப்படும் ஒளி அலையின் ஒரு பகுதிக்கும், கீழ்த் தளத்திலிருந்து எதிரொளிக்கப்படும் ஒளி அலையின் மற்றொரு பகுதிக்கும் இடையே நிகழும் குறுக்கீட்டு விளைவை அடிப்படையாகக் கொண்டு நியூட்டன் வளையங்கள் தோன்றுவதை விளக்கலாம்.வளையம் தோன்றும்




*படம் 5.19 நியூட்டன் வளையங்கள்*

இடத்தில், காற்று மெல்லேட்டின் தடிமன் t என்க. லென்ஸிலிருந்து விலகல் அடைந்து மெல்லேட்டில் நுழையும் அலைக்குட்டி t தொலைவு சென்று, கண்ணாடித் தட்டின் மேற்பரப்பில் எதிரொளித்து, மீண்டும் t தொலைவு திரும்பக் கடந்து, தொடக்க புள்ளியை அடையும்.

எனவே, அது கடந்த மொத்த பாதை $2t$ ஆகிறது. இரண்டு எதிரொளிப்புகளில் ஒன்று அடர்மிகு ஊடகத்தில் ஏற்படுவதால், அதிகப்படியான கட்ட வேறுபாடு $\pi$ ஏற்படுகிறது அல்லது இரண்டு அலைக்குட்டிகளுக்கு இடையே பாதை வேறுபாடு $\lambda/2$ ஏற்படுகிறது.

$\therefore$ பொலிவிற்கான நிபந்தனையின்படி,

பாதை வேறுபாடு $\delta = 2t + \frac{\lambda}{2} = n\lambda$

$$\therefore \quad 2t = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

இங்கு $n = 1, 2, 3 \ldots$ மற்றும் $\lambda$ என்பது ஒளியின் அலைநீளம் ஆகும்.

கருமைக்கான நிபந்தனையின்படி

பாதை வேறுபாடு $\delta = 2t + \frac{\lambda}{2} = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$

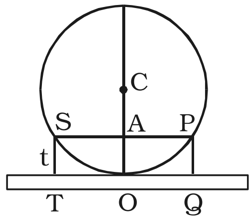
$$\therefore \quad 2t = n\lambda$$

இங்கு $n = 0, 1, 2, 3 \ldots.$

லென்ஸ் L கண்ணாடித் தகடு P யை தொடும் புள்ளியில் காற்றேட்டின் தடிமன் சுழியாகிறது. எனவே குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தும் அலைகளுக்குள் பாதை வேறுபாடு இல்லை. எனவே, அப்புள்ளி பொலிவுடன் தோன்ற வேண்டும். அடர்மிகு கண்ணாடியில் எதிரொளிக்கப்பட்ட அலையானது கட்ட வேறுபாடு $\pi$ அடைகிறது. ஆனால் கோளக லென்ஸ் பரப்பில் எதிரொளிக்கப்பட்ட அலையில் கட்ட வேறுபாடு ஏதும் ஏற்படவில்லை. எனவே, மையப்புள்ளி O கருமையாக அமையும். அப்புள்ளியைச் சுற்றி அடுத்தடுத்த பொலிவு மற்றும் கருமை வளையங்கள் உருவாகின்றன.

### *5.6.9 n ஆவது கருமை வளையத்தின் ஆரத்திற்கான கோவை*

படம் 5.20-ல் காட்டியபடி *SOP* என்பது ஒரு தட்டக் குவிலென்சின் குத்துப்பகுதியாகவும் *C* என்பது கோளகப் பகுதியின் வளைவு மையமாகவும் கொள்வோம். *R* என்பது லென்சின் வளைவு ஆரம் எனவும், கண்ணாடியுடன் லென்சு தொடும்புள்ளி *O* ஆகவும் கொள்வோம். S மற்றும் P-யில் t என்பதை காற்றேட்டின் தடிமனாகக் கொள்வோம். சமதள ஆடிக்கு குத்தாக ST மற்றும் PQ வரைக.




***படம் 5.20 நியூட்டன் வளையத்தின் ஆரம்***

எனவே, ST = AO = PQ = t

$r_n$ ஆரம் கொண்ட n-வது கருமை வளையம் S மற்றும் P புள்ளிகள் வழியாக செல்வதாகக் கொள்வோம்.

எனவே SA = AP = $r_n$

ON என்பது வட்டத்தின் செங்குத்து விட்டமாக இருப்பின், நாண் வெட்டுத் துண்டு விதியின்படி (Law of segments)

SA. AP = OA. AN

$r_n^2 = t(2R-t)$

$r_n^2 = 2Rt$ (2Rஐ ஒப்பிடும் போது $t^2$ மிகவும் சிறியது ஆகையால் $t^2$ ஐ புறக்கணிக்கலாம்)

$$2t = \frac{r_n^2}{R}$$

கருமைக்கான நிபந்தனையின்படி,

$$2t = n\lambda$$

$$\therefore \quad \frac{r_n^2}{R} = n\lambda$$

$$r_n^2 = nR\lambda \quad \text{or} \quad r_n = \sqrt{nR\lambda}$$

R மற்றும் λ மாறிலிகள் என்பதால், கருமை வளையத்தின் ஆரம், அதன் வரிசையின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும் என்பது தெரிய வருகிறது. அதாவது $r_1 \propto \sqrt{1}$, $r_2 \propto \sqrt{2}$, $r_3 \propto \sqrt{3}$, ....

*n* அதிகமாகும் போது அடுத்தடுத்த வளையங்கள் ஒன்றுக்கொன்று நெருக்கமாகிக் கொண்டே வரும் என்பதை அறியலாம்.

### *5.6.10 நியூட்டன் வளையங்களின் பயன்பாடுகள்*

(i) நியூட்டன் வளையங்களைப் பயன்படுத்தி ஒற்றை நிற ஒளியின் அலைநீளத்தைக் காணலாம். nஆவது கருமை வளையத்தின் ஆரம் மற்றும் (n+m)வது கருமை வளையத்தின் ஆரம், முறையே

$r_n^2 = nR\lambda$ மற்றும் $r^2_{n+m} = (n+m)R\lambda$ எனில்,

$$r_{n+m}^2 - r_n^2 = mR\lambda$$

$$\therefore \quad \lambda = \frac{r_{n+m}^2 - r_n^2}{mR}$$

$r_{n+m}$, $r_n$ மற்றும் R ஆகிய தெரிந்த அளவுகளைக் கொண்டு ஒளியின் அலை நீளத்தைக் கணக்கிடலாம்.

**(ii)** நியூட்டன் வளையங்களைப் பயன்படுத்தி திரவத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடலாம். காற்றில் ஒளியின் அலைநீளம் $\lambda_a$ மற்றும் திரவத்தில் ஒளியின் அலைநீளம் $\lambda_m$ என்க. **n**வது கருமை வளையத்தின் ஆரம், காற்றில் $r_n$ எனவும் திரவத்தில் $r'_n$ எனவும் கொண்டால்,

$$r_n^2 = nR\,\lambda_a$$

$$r'^2_n = nR\,\lambda_m = \frac{nR\lambda_a}{\mu} \qquad [\because \mu = \frac{\lambda_a}{\lambda_m}]$$

$$\therefore \quad \mu = \frac{r_n^2}{r'^2_n}$$

## 5.7 விளிம்பு விளைவு

ஒலி, அலைகளாகப் பரவுகின்றன. அருகிலிருக்கும் அறையில் உருவாக்கப்படும் ஒலி. சுவர்களின் விளிம்புகளில் வளைந்து நம்மை வந்து அடைகிறது. இதுபோலவே நீர்ப்பரப்பின் மீது பரவும் அலைகள், ஒரு தடையின் விளிம்புகளில் வளைந்து அதன் பின்பகுதியில் பரவுகின்றன. தடையின் விளிம்புகளில் அலைகள் வளைந்து செல்லும் இயல்பே விளிம்பு விளைவு எனப்படும். விளிம்பு விளைவு, அலைகளின் சிறப்பியல்பு ஆகும். ஒரு அலையின் அலைநீளம் தடைப்பொருளின் அளவுடன் ஒத்திருந்தால் மட்டுமே அலை, விளிம்பு விளைவு அடையும்.

ஃப்ரெநெல் என்பார் தடைப்பொருளில் அலை வளைகின்ற அளவானது படுகின்ற அலையின் அலைநீளத்தைச் சார்ந்தது என்று காட்டினார். ஒலி அலைகளின் அலைநீளம் அதிகமாக உள்ளதால் விளிம்பு விளைவு தெளிவாக, அதிகமாக ஏற்படுகிறது. ஒளியின் அலைநீளம் ஒலி அலைகளின் அலைநீளத்தை விட மிகக் குறைவாக இருப்பதினாலும் மிகச் சிறிய பொருளின் அளவும் ஒளி அலைகளின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடும் போது பெரியதாக இருப்பதினாலும் ஒளியில், விளிம்பு விளைவு மிகக் குறைவாக ஏற்படும்.

வெள்ளை ஒளியை ஒரு மெல்லிய துணியின் வழியாக பார்க்கும் பொழுது விளிம்பு விளைவைக் காணலாம். வரிசையாக பல வண்ண பிம்பங்கள் தெரிவதைக் காணலாம்.

### *5.7.1 ஃப்ரெநெல் மற்றும் ஃப்ரான்ஹோபர் விளிம்பு விளைவு*

பொதுவாக, விளிம்பு விளைவை இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். (1) ஃப்ரநெல் விளிம்பு விளைவு **(Fresnel diffraction)** (2) ஃப்ரான்ஹோபர் விளிம்பு விளைவு **(Fraunhofer diffraction).** ஃப்ரநெல் விளிம்பு விளைவில் ஒளி மூலமும், திரையும் விளிம்பு விளைவை ஏற்படுத்தும் தடைப்பொருளிலிருந்து ஒரு வரம்பிற்குட்பட்டத்

தொலைவிலிருக்கும். இதில் விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படும் அலைமுகப்பு கோளக வடிவிலோ அல்லது உருளை வடிவிலோ இருக்கும். ஃப்ரான்ஹோபர் விளிம்பு விளைவில் ஒளி மூலமும், திரையும் விளிம்பு விளைவை ஏற்படுத்தும் தடைப்பொருளிலிருந்து ஈறிலாத் தொலைவிலிருக்கும். இதில் விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுத்தப்படும் அலை முகப்பு சமதள அலை முகப்பாக இருக்கும். விளிம்பு விளைவு ஏற்பட்டபின் கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்கும். இவை குவிலென்ஸ் கொண்டு குவிக்கப்படுகிறது. ஒரு நிறமாலைமானியின் மூலம் ஃப்ரான்ஹோபர் அமைப்பை எளிதாகக் காண முடியும்.

### *5.7.2 விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி*

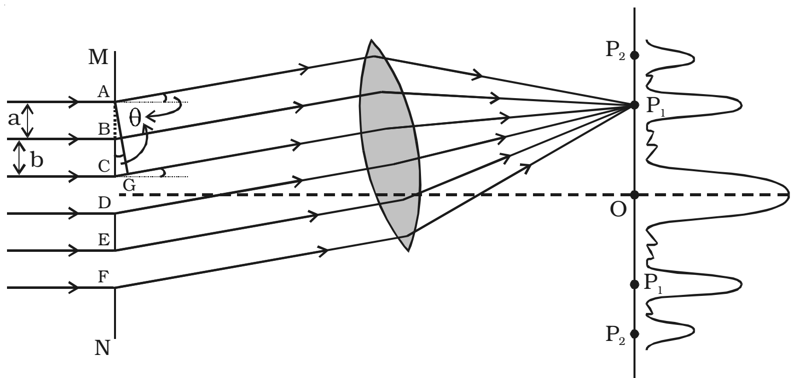
விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி என்பது மிக அதிக எண்ணிக்கையில், சம அகலம் கொண்ட, இணையான, குறுகிய பிளவுகளையும் அதே எண்ணிக்கையில் ஒளிபுகாத கோடுகளால் பிரிக்கப்பட்டதுமான அமைப்பாகும்.

ஒரு சமதள விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி என்பது சமதள, ஒளிபுகும் பொருளின் மீது வைர ஊசியினால் ஒளி புகாக் கோடுகள் வரைந்துள்ள அமைப்பாகும். தற்காலத்தில் பயன்படுத்தப்படுகின்ற நவீன கீற்றணியில் $1\ cm$ அகலத்திற்கு 6000 கோடுகள் வரையப்படுகின்றன.

ஒவ்வொன்றும் b அகலம் உடைய கோடுகள் தடைப்பொருள்களாகவும் ஒவ்வொன்றும் $a$ அகலம் உடைய பிளவுகள் ஒளிபுகும் பகுதிகளாகவும் உள்ளன. ஒரு கோடு மற்றும் ஒரு பிளவின் மொத்த அகலம் கீற்றணி மூலம் $e$ எனப்படும். அடுத்தடுத்த பிளவுகளில் கீற்றணி மூலத்திற்குச் சமமான இடைத்தொலைவு உடைய புள்ளிகள் ஒத்த புள்ளிகள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

**விளக்கம்**

MN என்பது சமதள விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியின் ஒருபகுதி. AB, CD, EF ...... என்பன சமஅகலம் $a$ கொண்ட பிளவுகளையும் BC, DE ...... என்பன சம அகலம் $b$ கொண்ட கோடுகளையும் குறிக்கின்றன (படம் 5.21). கீற்றணி மூலம், e = a+b என்க.




*படம் 5.21 விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி*

$\lambda$ அலைநீளம் கொண்ட ஒற்றை நிற ஒளியின் சமதள அலைமுகப்பு, கீற்றணி மீது குத்தாக விழுவதாகக் கொள்வோம். ஹைஜென்ஸ் கொள்கையின்படி, பிளவுகள் AB, CD ... முதலியவற்றில் உள்ள புள்ளிகள் இரண்டாம் நிலை மூலங்களாகச் செயல்பட்டு இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகளைத் தோற்றுவித்துக் கீற்றணியின் மறுபக்கத்தில் அலைகளை, எல்லாத் திசைகளிலும் பரவச் செய்கின்றன.

கீற்றணி மீது குத்தாக ஒளி விழுந்த திசைக்கு $\theta$ கோணம் சாய்ந்திருக்கும் திசையில் வெளியேறும், விளிம்புவிளைவுற்ற இரண்டாம் நிலை அலைக்குட்டிகளைக் கருதுவோம். A மற்றும் C என்ற ஒரு சோடி (Pair) ஒத்தப் புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் அலைக்குட்டிகளுக்கு இடையே பாதை வேறுபாடு $CG = (a + b) \sin \theta$. இதே போன்று மற்ற எல்லா சோடி ஒத்தப் புள்ளிகளிலிருந்து இடையேயான பாதை வேறுபாடும் $(a + b) \sin \theta$ என்றே அமையும்.

வெவ்வேறு பிளவுகளிலிருந்து விளிம்பு விளைவுற்ற, ஒரே திசையில் செல்கின்ற அலைக்குட்டிகள், $P_1$ என்ற புள்ளியில் குவிலென்ஸ் கொண்டு குவிக்கப்படுகின்றன. இவை குறுக்கீட்டு விளைவை ஏற்படுத்தி, அதனால் ஒன்றோடு ஒன்று வலுவூட்டி, பெருமச் செறிவை ஏற்டுத்துகின்றன.

P என்ற புள்ளி பொலிவுடன் தோன்றுவதற்கான நிபந்தனை

$(a + b) \sin \theta = m \lambda$ இதில் m = 0, 1, 2, 3

விளிம்பு விளைவில்லாத நிலையில் $\theta = 0$. எனவே, $\sin \theta = 0$.

மற்றும் $(a + b) \sin \theta = 0$ இது பொலிவிற்கான நிபந்தனை $m = 0$ யை ஒத்து அமைகின்றன. எனவே, படுகதிரின் திசையில் செல்கின்ற எல்லா அலைக்குட்டிகளும் பெருமச் செறிவை திரையில் O என்ற புள்ளியில் ஏற்படுத்துகின்றன. இதனையே சுழி வரிசைப் பெருமம் அல்லது மையப் பெருமம் என்கிறோம்.

$(a + b) \sin \theta_1 = \lambda$ எனில், படுகதிருக்குக் கோணம் $\theta_1$ ல் சாய்ந்த திசையில் அமையும் விளிம்பு விளைவுற்ற அலைக்குட்டியின் முதல் வரிசைப் பொலிவான பிம்பம் கிடைக்கின்றது.

இது போலவே $(a + b) \sin \theta_2 = 2\lambda$ எனில், இரண்டாம் வரிசை பொலிவு பிம்பம் கிடைக்கும்.

மையப் பெருமத்தின் இருமருங்கிலும் பொலிவான வெவ்வேறான வரிசை பிம்பங்கள் $P_1$, $P_2$ என்ற புள்ளிகளில் உருவாகும்.

பொதுவாக $(a + b) \sin \theta = m \lambda$ என்பது பெருமச் செறிவுக்கான நிபந்தனை ஆகும். இங்கு m என்பது ஒரு முழு எண் மற்றும் பெருமச் செறிவு வரிசை எண் ஆகும்.

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{a+b} \quad \text{அல்லது} \quad \sin \theta = Nm\lambda$$

இதில் $N = \frac{1}{a+b}$ என்பது கீற்றணி மூலங்களின் எண்ணிக்கையாகும். இது கீற்றணியில் ஒரு அலகு நீளத்திலுள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கையாகும்.

வெள்ளொளி பயன்படுத்தப்பட்டால், விளிம்பு விளைவு வரிசையின் மையப் பெருமம் வெண்மையாகவும் மற்றும் அதன் இருபுறங்களிலும் தொடர்ச்சியான நிறங்களையும் கொண்ட பிம்பங்கள் உருவாகும்.

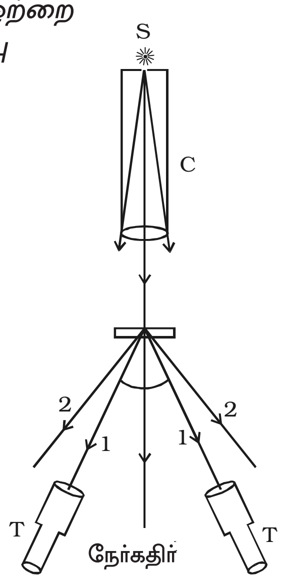
விளிம்பு விளைவு அடையாத நிலையில் $\theta = 0$ மற்றும் $\sin\theta = 0$ ஆகும். எனவே எல்லா $\lambda$ மதிப்புகளுக்கும் $m= 0$ என்று அமைய $\sin\theta = Nm\lambda$ என்ற சமன்பாடு நிறைவாக அமையும். இதனால் O என்ற புள்ளியில் எல்லா அலைநீளங்களும் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்தி எல்லா அலைகளின் பெரும செறிவையும் உருவாக்கும். எனவே நிறப்பிரிகை அடையாத வெள்ளொளி பிம்பம் கிடைக்கிறது.

$\theta$ன் மதிப்பு அதிகரிக்கும் பொழுது $(a + b)\sin\theta$, ஊதாவில் தொடங்கி சிவப்பு நிறம் வரையுள்ள எல்லா நிறங்களுக்கான $\frac{\lambda}{2}$ மதிப்பின் வழியே கடந்து செல்வதால் கருமையாகிறது. மேலும் $\theta$ அதிகரிக்கும் பொழுது $(a + b)\sin\theta$ எல்லா நிறங்களுக்கான $\lambda$மதிப்பின் வழியே செல்வதால் பொலிவு பிம்பம் கிடைக்கிறது. இப்பொலிவு பிம்பம் ஊதாவில் தொடங்கி சிவப்பு வரையிலான நிறமாலைகளைப் பெற்றிருக்கும். இந்த நிறமாலை மையப் பெருமமான வெள்ளை ஒளியின் இரு பக்கங்களிலும் அமையும்.

### *5.7.3 சமதள ஊடுருவு கீற்றணியைப் பயன்படுத்தி ஒற்றை நிற ஒளியின் அலைநீளத்தைக் காண்பதற்கான ஆய்வு*

ஒரு நிறமாலைமானி மற்றும் விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியைப் பயன்படுத்தி நிறமாலைவரிகளின் அலைநீளங் களைத் துல்லியமாகக் காணலாம்.

முதலில் நிறமாலைமானியில் ஆரம்ப கட்ட சீரமைப்புகள் செய்யப்படுகின்றன. அலைநீளம் அளவிடப்பட வேண்டிய ஓர் ஒற்றைநிற ஒளிமூலத்தால் இணையாக்கி யிலுள்ள பிளவு ஒளியூட்டப்பட வேண்டும். இணையாக்கியின் அச்சுடன் பொருந்துமாறு தொலை நோக்கியை வைத்து நேர் பிம்பத்தைப் பார்க்க வேண்டும். இணையாக்கியிலிருந்து வரும் படுகதிர்களுக்கு குத்தாக மேசை மீது கீற்றணி வைக்கப்படுகிறது. தொலை நோக்கியை ஒரு பக்கம் மெல்ல நகர்த்தி விளிம்பு விளைவுற்ற முதல் எண் வரிசையுடைய பிம்பத்தை தொலைநோக்கியில் கண்டு, அது கண் வில்லையின் குறுக்குக் கம்பி மீது ஒன்றுமாறு செய்ய வேண்டும். இந்த நிலையில் தொலைநோக்கி தரும் அளவீட்டைக் குறித்து கொள்ள வேண்டும் (படம் 5.22).



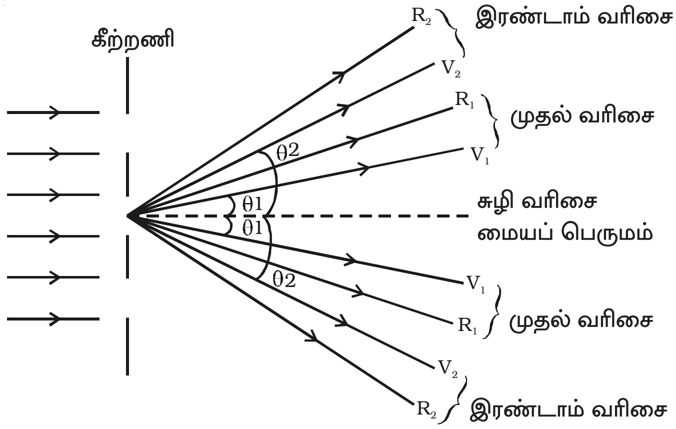
*படம் 5.22 ஒற்றை நிற ஒளியின் விளிம்பு விளைவு*

இது போன்று மையப் பிம்பத்தின் மறு பக்கத்திலும் முதல் எண் வரிசை பிம்பத்தைக் கண்டு அதற்கான அளவீட்டைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். இவ்விரண்டு அளவீடுகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடு $2\theta$ எனில், அதன் பாதி $\theta$, முதல் வரிசைப் பெருமத்திற்கான விளிம்பு விளைவுக் கோணம் ஆகும்.

$\lambda = \dfrac{\sin\theta}{Nm}$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி ஒளியின் அலைநீளம் கண்டறியப் படுகிறது. இங்கு N என்பது கீற்றணியில் ஒரு மீட்டர் நீளத்திலுள்ள கோடுகள் ஆகும்.

### *5.7.4 வெள்ளொளியின் நிறமாலை வரிகளின் அலைநீளம் காணுதல்*

ஒற்றை நிற ஒளி மூலத்திற்குப் பதிலாக வெள்ளொளி மூலம் (Source) வைக்கப்படுகிறது. வெள்ளொளி வெவ்வேறு அலை நீளங்களில் கதிர்வீச்சுகளை உமிழ்வதாகக் கொண்டால், கீற்றணியால் அந்தக் கற்றையானது பிரிக்கப்படுகிறது. மற்றும் எல்லா அலைநீளங்களையும் கொண்ட நிறமாலை கிடைக்கின்றது (படம் 5.23).




*படம் 5.23 வெள்ளொளியின் விளிம்பு விளைவு*

N ன் மதிப்பு தெரிந்த பிறகு, எல்லா வரிகளுக்குமான அலைநீளங்கள், $\lambda = \dfrac{\sin\theta}{Nm}$ என்ற தொடர்பின் மூலம் கண்டறியப்படுகின்றன.

### *5.7.5 குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு வேறுபாடுகள்*

| | குறுக்கீட்டு விளைவு | விளிம்பு விளைவு |
|---|---|---|
| 1. | இவை இரண்டு ஓரியல் மூலங்களில் இருந்து உருவான இரு வெவ்வேறு அலை முகப்பிலிருந்து வெளிவந்த அலைக் குட்டிகள் மேற்பொருந்துவதால் ஏற்படுகிறது. | இவை ஒரே அலைமுகப்பிலுள்ள வெவ்வேறு புள்ளிகளிலிருந்து வெளிவந்த அலைக் குட்டிகள் மேற் பொருந்துவதால் ஏற்படுகிறது. |
| 2. | பட்டைகள் சமஇடைவெளி உடையவை. | பட்டைகள் சமஇடைவெளி அற்றவை. |
| 3. | பொலிவுப் பட்டைகள் அனைத்தும் சம செறிவுடையவை. | செறிவு வேகமாக குறையும். |
| 4. | விளிம்பு விளைவுடன் ஒப்பிடும் பொழுது இவை அதிக எண்ணிக்கையில் பட்டைகளை கொண்டவை. | இவை குறைவான அளவில் பட்டைகளை கொண்டவை |

## 5.8 தள விளைவு

எதிரொளித்தல், ஒளி விலகல், குறுக்கீட்டு விளைவு, தள விளைவு ஆகிய பண்புகள் குறுக் கலைகளுக்கும் மற்றும் நெட்டலைகளுக்கும் பொது வானவை. ஆனால், ஒளியின் குறுக்கலைப் பண்பை தளவிளைவால் மட்டுமே விளக்க முடியும்.

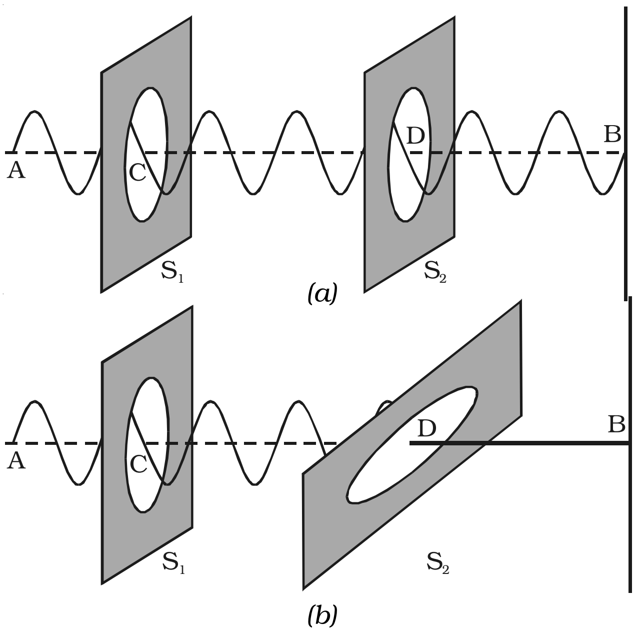
### *5.8.1 குறுக்கலைகளின் தள விளைவு*

AB என்ற ஒரு கயிறு $S_1$ மற்றும் $S_2$என்ற இணையாக வைக்கப்பட்ட இரு செங்குத்துப் பிளவுகளின் வழியாகச் செல்வதாகக் கருதுவோம். கயிற்றில் B என்ற முனை ஒரு புள்ளியில் கட்டப்பட்டுள்ளதாகக் கொள்வோம். A முனையைப் பிடித்துக் கொண்டு ABக்கு குத்தாக மேலும் கீழும் இயக்கி, கயிற்றில் குறுக்கலைகளை ஏற்படுத்தினால் அலையானது, பிளவு $S_1$ வழியாக, இணையான அதிர்வுடன் கடக்கிறது. பிளவு $S_1$, $S_2$க்கு இணையாக இருக்கும் பொழுது மட்டுமே அலைகள் கடக்கின்றன (படம் 5.24a). ஆனால் $S_2$ ஆனது $S_1$க்கு குத்தாக அமையுமென்றால் தன் வழியே அலை செல்வதைத் தடுத்து நிறுத்தி விடும். மற்றும் இதன் வீச்சு சுழி மதிப்பைப் பெறும் (படம் 5.24**b)**இல் $S_2B$ பகுதியில் கயிறு அலை வடிவின்றி நேராக இருப்பதைக் காணலாம்.

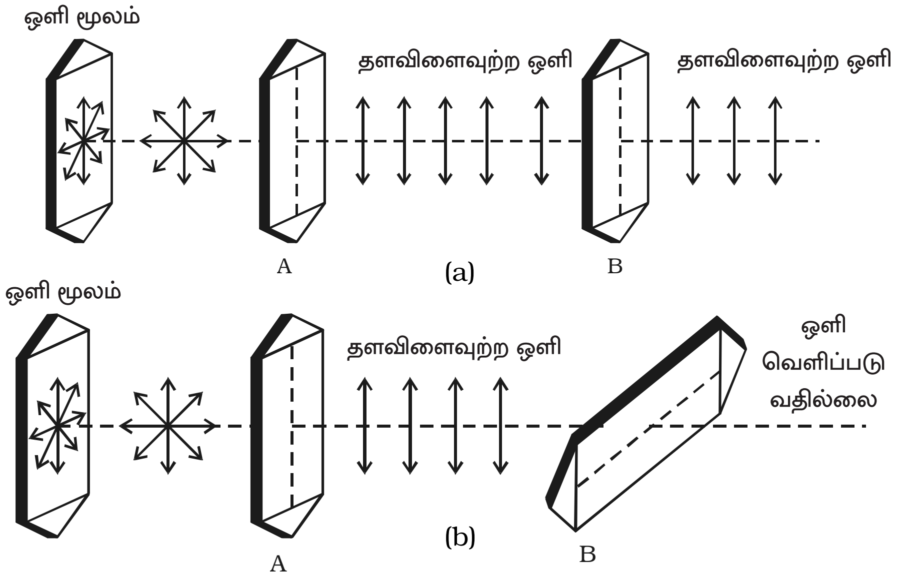
கயிற்றை முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி நெட்டலைகளைத் தோற்றுவித்தால், $S_1$,$S_2$ பிளவுகள் எந்த நிலையிலிருந்தாலும் அலைகள் அவற்றின் வழியாகக் கடந்து செல்லும்.

இதிலிருந்து பிளவுகளின் திசையமைவு நெட்டலை பரவுவதில் எவ்வித பாதிப்பையும் ஏற்படுத்துவதில்லை என்று தெரிகிறது. ஆனால், பிளவுகள் ஒன்றுக் கொன்று இணையாக அமையாத நிலையில் குறுக் கலைகள் பரவுவது பாதிக் கப்படுவதை அறியலாம்.

இது போன்றதொரு நிகழ்வு, ஒளியானது டூர்மலைன் (tourmaline) படிகத்தின் வழியே செல்லும் பொழுதும் ஏற்படுகிறது.




*படம் 5.24 குறுக்கலைகளின் தள விளைவு (இயந்திர அலைகள்)*




*படம் 5.25 குறுக்கலைகளின் தள விளைவு (ஒளி அலைகள்)*

ஒளியியல் அச்சுக்கு இணையாக வெட்டப்பட்ட ஒரு டூர்மலைன் படிகத்தின் வழியே ஒளி செலுத்தப்படுகிறது (படம 5.25**a**).

இப்படிகத்திலிருந்து வெளிவரும் ஒளி, படிகத்தின் இயல்பான நிறத்தைக் கொண்டிருக்கும். A படிகத்தைச் சுழற்றினால் வெளிவரும் செறிவில் எந்த மாற்றமும் காணப்படுவதில்லை. பின்னர் B என்ற படிகத்தை A.க்கு இணையாக வைப்போம். இரு படிகங்களையும் அவற்றின் அச்சுகளுக்கு இணையாகச் சுழற்றினால் இரண்டாவது படிகம், Bயிலிருந்து வெளிவரும் செறிவில் எந்தவித மாற்றமும் காணப்படுவதில்லை. படிகம் B ஐ மட்டும் சுழற்றினால், Bயிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியின் செறிவு சிறிது சிறிதாகக் குறைந்து Bஆனது Aக்கு குத்தாக வரும் பொழுது, ஒளி வருவது முழுவதும் நின்று விடும் (படம 5.25**b**).

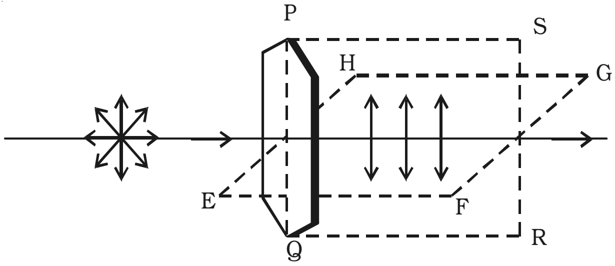
படிகத்தை மேலும் சுழற்றினால் Bயிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியின் செறிவு சிறிது சிறிதாக அதிகரித்து, இரண்டு படிகங்களும் இணையாக இருக்கும் பொழுது பெருமச் செறிவை அடைகிறது.

இந்த நிகழ்வுடன் இதற்கு முன் செய்த இயந்திர அலையை ஒப்பிட்டு, ஒற்றுமையை நோக்க, ஒளி அலைகள் குறுக்கலைகள் தான் என அறியலாம்.

A என்ற டூர்மலைன் படிகத்திலிருந்து வெளிவரும் ஒளி அலைகள், ஒளி செல்லுகின்ற திசைக்கு குத்தாக உள்ள ஒரு திசையில் மட்டும் அதிர்வடைகிறது. இந்த ஒளி அலைகள் தளவிளைவுற்றவை ஆகும். ஒளி அலைகள் படிகத்தின் அச்சுக்கு இணையாக ஒரு தளத்தில் மட்டும் அதிர்வுகளை ஏற்படுத்தினால் அவை, தள விளைவுற்ற ஒளி எனப்படும். இவ்வாறாக ஒரு தளத்தில் மட்டும் அதிர்வுகளை ஏற்படுத்தும் இந்த விளைவு தளவிளைவு எனப்படும்.

### 5.8.2 தள அதிர்வுத்தளம் மற்றும் தள விளைவுத் தளம்

ஒளியியல் அச்சைக் கொண்டிருக்கும் தளத்தில் அதிர்வுகள் ஏற்பட்டால் அது தள அதிர்வுத் தளம் எனப் படுகிறது. தள அதிர்வுத் தளத் திற்கு குத்தாகவும் மற்றும் தள விளைவுற்ற ஒளி பரவும் திசையிலும் அமையும் தளம், தள விளைவுத்தளம் எனப் படும். தள விளைவுத் தளத்தில் எந்த அதிர்வும் ஏற்படாது.

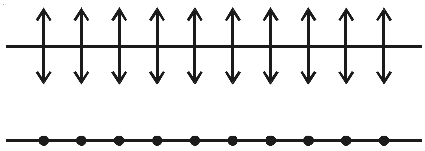



*படம் 5.26 தள அதிர்வு மற்றும் தள விளைவுத் தளங்கள்*

படம் 5.26ல் PQRS என்ற தளம் தள அதிர்வுத்தளம் மற்றும் EFGH என்ற தளம் தள விளைவுத் தளம் ஆகும்.

### 5.8.3 ஒளி அதிர்வுகள் குறிக்கப்படுதல்

தள விளைவு அடையாத ஒளி, எல்லாப் பக்கமும் அதிர்வு கொண்டுள்ளதால் அவற்றை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான அதிர்வுகளாகக் குறிக்கலாம். இதை இரட்டை அம்புக்குறி கொண்டும் மற்றும் புள்ளிகளைக் கொண்டும் காட்டலாம் (படம் 5.27).



*படம் 5.27 ஒளி அதிர்வுகள்*

ஒளிக் கற்றையின், தாளின் தளத்திற்கு இணையான அதிர்வுகள் இரட்டை அம்புக் குறியாலும், தாளின் தளத்திற்கு குத்தான அதிர்வுகள் புள்ளிகளாலும் காட்டப் பட்டிருக்கின்றன.

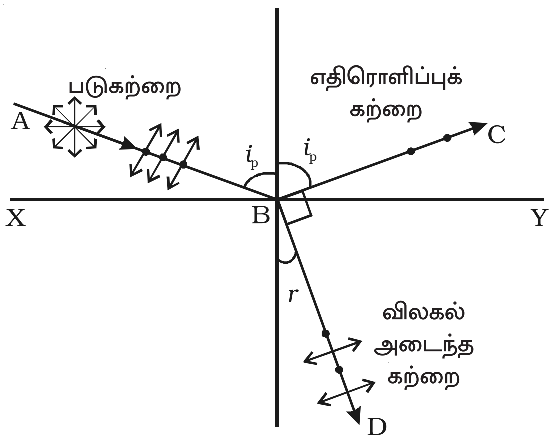
### 5.8.4 தள விளைவாக்கி மற்றும் பகுப்பான்

ஒருதள விளைவுற்ற ஒளியைத் தருகின்ற சாதனம் தளவிளைவாக்கி ஆகும். ஒளியானது தளவிளைவுற்றுள்ளதா இல்லையா என சோதிக்கும் சாதனம் பகுப்பான் எனப்படும். தளவிளைவாக்கி பகுப்பானாகவும் பகுப்பான் தளவிளைவாக்கியாகவும் செயல்பட இயலும்.

ஒரு ஒளிக்கற்றையானது பகுப்பான் வழியாக செலுத்தப்படுகிறது. பகுப்பான் சுழற்றப்படும்போது செறிவில் மாற்றம் இல்லாது இருந்தால் அந்தப் படுகின்ற ஒளி தளவிளைவுறா ஒளி ஆகும். பகுப்பானை $90^{o}$ சுழற்றும் போது கிடைக்கின்ற ஒளிச் செறிவு, பெருமத்திற்கும் சுழிக்கும் இடையில் அமைந்தால் அது தளவிளைவுற்ற ஒளி ஆகும். பகுப்பானை $90^{o}$ சுழற்றும்போது வெளிவரும் ஒளிக்கற்றை பெருமச் செறிவையும் சிறுமச் செறிவையும் (சுழி மதிப்பல்ல) கொண்டிருந்தால் பகுதி தள விளைவுற்ற ஒளி எனப்படும்.

### *5.8.5 எதிரொளிப்பு மூலம் தளவிளைவாக்கல்*

எதிரொளிப்பு மூலம் தளவிளைவை எளிய முறையில் உருவாக்கலாம். சாதாரண ஒளி, ஒளி ஊடுருவக்கூடிய கண்ணாடி அல்லது நீர்ப்பரப்பில் பட்டு எதிரொளிப்பு அடையும் போது தள விளைவு அடைகிறது என மாலஸ் என்பவர் கண்டறிந்தார். ஒளி, தளவிளைவு அடைகின்ற அளவு, ஒளியின் படுகோணத்தைச் சார்ந்தது.




*படம் 5.28 எதிரொளிப்பு மூலம் தளவிளைவாக்கல்*

XY என்ற கண்ணாடித் தளத்தில், AB என்ற தளவிளைவுறா ஒளி படுகின்றது. படம் 5.28ல் காட்டியுள்ளபடி படத்தின் (தாளின்) தளத்திற்கு இணையாகவுள்ள ABன் அதிர்வுகள் அம்புக்குறியால் காட்டப்பட்டுள்ளன. படத்தின் தளத்திற்கு குத்தாகவுள்ள அதிர்வுகள், எதிரொளிப்புத் தளத்திற்கு இணையாக அமையும். இவை புள்ளிகளால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

படுகின்ற ஒளியின் ஒரு பகுதி BC வழியாக எதிரொளிப்பு அடையும் மற்றும் மறுபகுதி BD வழியாக விலகலடையும். ஒரு பகுப்பான் கொண்டு எதிரொளித்த கதிரை சோதிக்கும் போது அது பகுதி தளவிளைவுற்றதாக அமைவதைக் காணலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்தில் (கண்ணாடிக்கு $57.5^o$) ஒளி படும்பொழுது, எதிரொளிக்கப்பட்ட கதிர் முழுவதுமாக தள விளைவுற்ற ஒளியாக இருக்கும். எதிரொளிக்கப்பட்ட கற்றை முற்றிலுமாகத் தளவிளைவு பெறும்போது உள்ள படுகோணத்தை தளவிளைவுக் கோணம் $(i_p)$ என்கிறோம்.

### *5.8.6 புருஸ்டர் விதி **(Brewster's law)***

சர் டேவிட் புருஸ்டர் என்பவர் பல வெவ்வேறு எதிரொளிப்புத் தளங்களை கொண்டு தொடர் ஆய்வுகளை நடத்திய பின், தளவிளைவுக் கோணத்திற்கும் ஒளி விலகல் எண்ணிற்கும் இடையே உள்ள எளிய தொடர்பைக் கண்டறிந்தார்.

ஆய்வின் மூலம் தளவிளைவுக் கோணத்தில் ஒளிக்கற்றை படும்பொழுது எதிரொளிக்கும் கதிரும், விலகலடைந்த கதிரும் ஒன்றுக்கொன்று குத்தாக அமையும் என கண்டறியப்பட்டது.

படம் 5.28ன் படி, $i_p + 90^0 + r = 180^0$

$$r = 90^0 - i_p$$

ஸ்நெல் விதியின்படி, $\dfrac{\sin i_p}{\sin r} = \mu$

இங்கு μ என்பது ஊடகத்தின் (கண்ணாடி) ஒளி விலகல் எண் ஆகும்.

*r* இன் மதிப்பை இதில் ஈடு செய்ய

$$\frac{\sin i_p}{\sin(90 - i_p)} = \mu \ ; \quad \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \mu$$

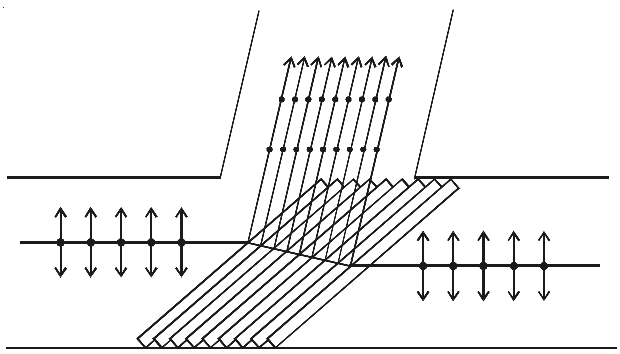
$$\therefore \qquad \tan i_p = \mu$$

தளவிளைவு கோணத்தின் டேஞ்சன்ட் மதிப்பு எண்ணளவில் அந்த ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணிற்குச் சமம்.

### *5.8.7 தட்டடுக்கு*

எதிரொளிப்பினால் ஏற்படும் தளவிளைவைப் பயன்படுத்தி தட்டடுக்கு அமைக்கப்படுகின்றது. சரியான அளவுள்ள ஒரு குழாயினுள் பல கண்ணாடித் தட்டுகள் இணையாக ஒன்றன் மீது ஒன்று பொருத்தப்படுகின்றன (படம் 5.29). இவை குழாயின் அச்சுக்கு $32.5^o$ சாய்ந்து இருக்கும். குழாயின் அச்சின் வழியே செல்லும் ஒற்றை நிற ஒளிக்கதிர் சென்று தட்டடுக்கின் மேல் விழும். இப்பொழுது படுகோணம் $57.5^o$ ஆகிறது. மற்றும் இது கண்ணாடியின் தள விளைவுக் கோணம் ஆகும்.

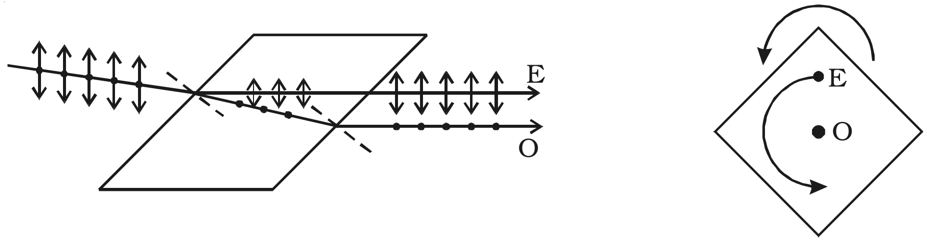
படுதளத்திற்குச் செங்குத்தான அதிர்வுகள், ஒவ்வொரு பரப்பிலும் எதிரொளிக்கப்படும் மற்றும் இணையானவை ஊடுருவிச் செல்லும். தளங்களின் எண்ணிக்கை அதிகமானால், எதிரொளிப்பு அடைந்த தள விளைவுற்ற ஒளியின் செறிவு அதிகமாகும். தட்டடுக்கு தளவிளைவாக்கி யாகவும் பகுப்பானாகவும் செயல்படும் (படம் 5.29).



*படம் 5.29 தட்டடுக்கு*

### *5.8.8 இரட்டை ஒளி விலகல்*

பார்த்தோலினஸ் என்பவர், கால்சைட் படிகத்தில் தளவிளைவுறா ஒளிக்கதிர் விழும் பொழுது, அது படிகத்தினுள் இரு கதிர்களாகப் பிரிந்து செல்கிறது என்பதைக் கண்டுபிடித்தார். இந்த நிகழ்வு இரட்டை விலகல் எனப்படும் (படம் 5.30a). எனவே ஒரு பொருளுக்கு இரண்டு பிம்பங்கள் உருவாகும். இதே வகை நிகழ்வு, குவார்ட்ஸ், மைக்கா போன்ற மற்ற படிகங்களிலும் நடைபெறும்.




*(a)* *(b)*

*படம் 5.30 இரட்டை ஒளி விலகல்*

ஒரு காகிதத் துண்டில் மையினால் புள்ளியிட்டு கால்சைட் படிகத்தின் வழியாக, அந்தப் புள்ளியை நோக்கினால் புள்ளியின் இரு பிம்பங்கள் தோன்றும் (படம் 5.30**b**). படிகத்தைச் சுழற்றினால் ஒரு பிம்பம் நிலையாக இருக்கும். மற்றொன்று இதனைச் சுற்றி வரும். நிலையான பிம்பம் சாதாரண பிம்பம் **(O)** எனப்படும். ஒளி விலகல் விதிகளுக்கு உட்படும் விலகு கதிர்களால், இப்பிம்பம் உருவாகிறது. இக்கதிர்களை சாதாரணக் கதிர்கள் எனலாம். சுற்றிவரும் பிம்பம் அசாதாரண பிம்பம் (E) எனப்படும். ஒளி விலகல் விதிகளுக்கு உட்படாத விலகு கதிர்களால், இப்பிம்பம் உருவாகிறது. இக்கதிர்களை அசாதாரணக் கதிர்கள் எனலாம்.

இரட்டை விலகலை ஏற்படுத்தும் படிகத்தினுள் சாதாரணக் கதிர் மாறா திசைவேத்துடன் எல்லாத் திசைகளிலும் செல்கிறது. மற்றும் அசாதாரணக் கதிர் வெவ்வேறு திசைகளில் வெவ்வேறு திசை வேகத்துடன் செல்கின்றது.

இரட்டை விலகலை ஏற்படுத்தும் படிகம் ஒன்றினுள் வைக்கப்பட்ட புள்ளி ஒளிமூலம், சாதாரணக் கதிருக்கு கோளக அலைமுகப்பையும் அசாதாரணக் கதிருக்கு நீள்வட்ட **(elliptical)** அலை முகப்பையும் ஏற்படுத்தும்.

படிகத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் சாதாரணக் கதிரும், அசாதாரணக் கதிரும் சம திசைவேகத்தில் செல்கின்றன. இத்திசையை படிகத்தின் ஒளியியல் அச்சு என அழைக்கின்றோம். இந்தத் திசையில் இரண்டு கதிருக்கான ஒளி விலகல் எண் சம மதிப்பைப் பெறும். மற்றும் இரட்டை ஒளிவிலகல் இத்திசையில் நடைபெறாது.

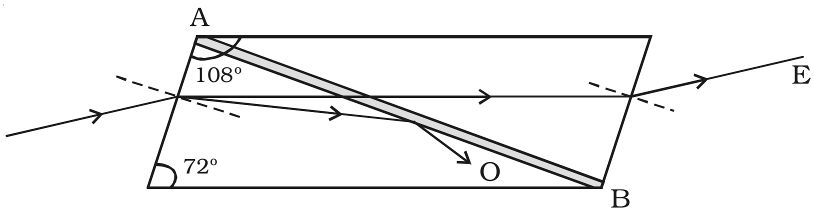
### *5.8.9 படிகத்தின் வகைகள்*

கால்சைட், குவார்ட்ஸ், ஐஸ் மற்றும் டூர்மலைன் போன்ற படிகங்கள் ஒரே ஒரு ஒளியியல் அச்சைப் பெற்றுள்ளதால் ஓரச்சுப் படிகங்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

மைக்கா, புட்பாரகம் **(topaz)**, களிக்கல் **(selenite)** மற்றும் அரகநைட் **(aragonite)** போன்ற படிகங்கள் இரண்டு ஒளியியல் அச்சுக்களைப் பெற்றுள்ளதால் ஈரச்சுப் படிகங்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

### 5.8.10 நைக்கல் பட்டகம்

வில்லியம் நைக்கல் என்பவர் நைக்கல் பட்டகத்தை வடிவமைத்தார். பெரும்பாலும் நைக்கல் பட்டகமானது கால்சைட் படிகத்தைக் கொண்டு வடிவமைக்கப்படுகிறது. அகலத்தைப் போன்று மூன்று மடங்கு நீளமும் $72^o$ மற்றும் $108^o$ கோணங்கள் கொண்ட கால்சைட் படிகம் இரண்டு பகுதிகளாக, மூலை விட்டம் AB வழியாக வெட்டப்பட்டு மீண்டும் ஒன்றோடொன்று கனடா பால்சம் என்ற ஒளி ஊடுருவும் சிமெண்ட் கொண்டு ஒட்டப்படுகிறது (படம் 5.31). சோடியம் ஒளிக்கு சாதாரணக் கதிரின் ஒளிவிலகல் எண் 1.658 மற்றும் அசாதாரணக் கதிருக்கு 1.486. கனடா பால்சமின் ஒளிவிலகல் எண் 1.550. இது இரண்டு கதிருக்கும் ஒன்றாகவே அமைவதால் கனடா பால்சம் தளவிளைவு ஒளியை தோற்றுவிப்பதில்லை.




*படம் 5.31 நைக்கல் பட்டகம்*

தளவிளைவுறா ஒளியொன்று இந்த நைக்கல் பட்டகத்தில் படுமாறு செய்யப்பட்டால் இரட்டை ஒளிவிலகல் ஏற்பட்டு, சாதாரணக் கதிராகவும் அசாதாரணக் கதிராகவும் பிரிகிறது. சாதாரணக் கதிர் கனடா பால்சத்தால் தடுக்கப்பட்டு முழு அக எதிரொளிப்பு அடைவதால் ஊடுருவி வருவதில்லை. இவ்வாறாக கனடா பால்சம் வழியாக ஊடுருவி வரும் அசாதாரணக் கதிர் தளவிளைவுற்ற கதிராக இருக்கும். நைக்கல் பட்டகம் தள விளைவாக்கியாகவும், பகுப்பானாகவும் செயல்படுகிறது.

### 5.8.11 போலராய்டுகள்

போலராய்டு என்பது தள விளைவுற்ற ஒளியை உருவாக்கப் பயன்படுகிறது. தெரிவு உட்கவர்தல் **(selective absorption)** என்ற நிகழ்வின் அடிப்படையில் போலராய்டுகள் வடிவமைக்கப்படுகின்றன. போலராய்டுகளில் பலவகைகள் உள்ளன.

ஒரு போலராய்டு நுண்ணிய பல ஹெராபதைட் (குயினைன் அயோடோசல்பேட்) படிகங்களைக் கொண்டுள்ளது. ஒவ்வொரு படிகமும் இரட்டை ஒளி விலகலை ஏற்படுத்தி சாதாரணக் கதிரை உட்கவர்ந்தும் மற்றும் அசாதாரணக் கதிரை ஊடுருவவும் செய்கின்றன. நவீன போலராய்டுகளில் நுண்ணிய பல ஹெராபதைட் படிகங்கள் அவற்றின் ஒளியியல் அச்சுகள் இணையாக இருக்குமாறு, நைட்ரோ-செல்லுலோஸில் வைத்து வடிவமைக்கப்படுகின்றன.

சமீபகாலமாக போலராய்டுகள், பாலி வினைல் ஆல்கஹாலில் பெறப்பட்ட மெல்லேட்டிலிருந்து தயாரிக்கப்படுகின்றன. இந்த நிறமற்ற படிகங்கள் ஒளியை அதிகம் ஊடுருவச் செய்வதுடன் தரமான தளவிளைவுற்ற ஒளியைத் தருகின்றன.

### *5.8.12 போலராய்டுகளின் பயன்கள்*

1. ஆய்வுக் கூடங்களில் தளவிளைவுற்ற ஒளியை உருவாக்கவும் மற்றும் தளவிளைவடைந்த ஒளியை ஆராயவும் பயன்படுகின்றன.

2. போலராய்டுகள் வெயில் காப்புக் கண்ணாடிகளாகவும் பயன்படுகின்றன.

3. கார் போன்ற வாகனங்களில் பொருத்தப்படும் ஒளிமூலத்தினால் கண்கள் கூசுவதைத் தவிர்க்கப் போலராய்டுகள் பயன்படுகின்றன.

4. பழைய எண்ணெய் ஓவியத்தில் நிறங்களின் வேறுபாட்டினைத் தெளிவு படுத்தப் பயன்படுகின்றன.

5. போலராய்டு படலம் முப்பரிமாண நகரும் பிம்பங்களை தோற்றுவிக்கப் பயன்படுகிறது.

6. இரயில்களிலும் ஆகாய விமானங்களிலும் ஒளிச் செறிவைக் கட்டுப்படுத்த சன்னல் கண்ணாடிகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஆகாய விமானங்களில் ஒரு போலராய்டு நிலையாகவும் அடுத்தது சுழலுமாறும் அமைக்கப்பட்டுள்ளதால், தேவையான ஒளிச்செறிவு உள்ளே வரும்படி சீரமைத்துக் கொள்ளலாம்.

7. வித்தியாசமான கோணங்களில் வானிலிருந்து கீழ்நோக்கி எடுக்கப்படும் புகைப்படம், போலோராய்டுகளைக் கொண்டு பார்க்கும் போது மிகத் தெளிவாக தெரியும்.

8. கணிப்பான்கள் **(calculators)** மற்றும் கடிகாரங்களில் உள்ள எழுத்துகளும் எண்களும், தள விளைவு ஒளி கொண்ட திரவப் படிக வெளியீடு முறை **(LCD)** மூலம் உருவாக்கப்படுகின்றன.

9. மூலக்கூறுகளின் அளவுகளையும் வடிவங்களையும் பற்றி ஆராய தளவிளைவு பயன்படுகிறது.

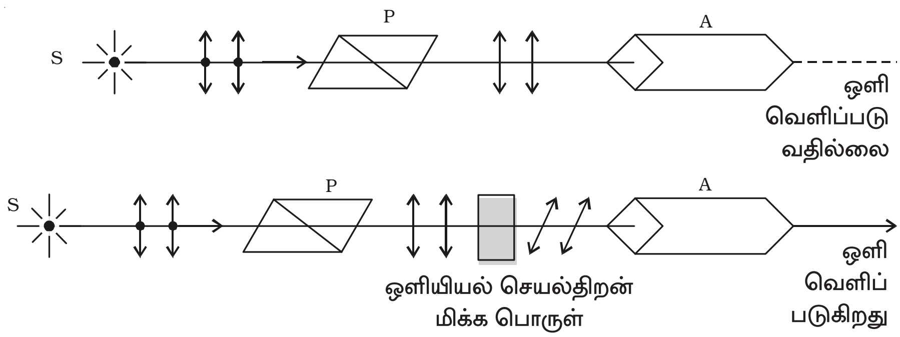
### *5.8.13 ஒளியியல் வினை **(Optical activity)***

ஒருதளவிளைவுற்ற ஒளி சில பொருள்களின் மீது படும்பொழுது, வெளிவருகின்ற ஒளியின் தள விளைவுத்தளம், படுஒளியின் தளவிளைவுத் தளத்தைப் போன்று அமையாமல், சில கோண அளவு திருப்பப்பட்டு அமைகிறது. இந்த வினையையே ஒளியியல் வினை (செயல்) என்கிறோம். தள விளைவுத் தளத்தை திருப்புகின்ற இந்த வகைப் பொருள்கள் ஒளியியல் வினையாக்கிப் பொருள்கள் ஆகும்.

எ.கா.: குவார்ட்ஸ், சர்க்கரைப் படிகங்கள், டர்பன்டைன் எண்ணெய், சோடியம் குளோரைடு முதலியவை.

ஒளியியல் செயல்திறன் கொண்ட பொருள்கள் இரு வகைப்படும். **(i)** டெக்ஸ்ட்ரோ-சுழற்சி (வலதுபுறம்) என்பது, மூலத்தை **(source)** நோக்கும்போது, தளவிளைவுத் தளம் வலஞ்சுழியாகச் சுழல்வதாகும். **(ii)** லெவோ சுழற்சி (இடதுபுறம்) என்பது, மூலத்தை நோக்கும்போது, தளவிளைவுத்தளம் இடஞ்சுழியாகச் சுழல்வதாகும்.

S என்ற ஒற்றை நிற ஒளி, தளவிளைவாக்கி P வழியே செலுத்தப்படுகிறது. தளவிளைவுற்ற ஒளி தளவிளைவாக்கிக்கு குறுக்காக வைக்கப்பட்ட ஒரு பகுப்பான்




*படம் 5.32 ஒளியியல் வினை*

A வழியே அனுப்பப்படுகிறது. Aவிலிருந்து எந்த ஒளியும் வெளிவரவில்லை. தள விளைவாக்கிக்கும் பகுப்பானுக்கும் நடுவில் குவார்ட்ஸ் தட்டு வைக்கப்பட, பகுப்பானிலிருந்து சிறிது ஒளி வெளிவருகிறது. பகுப்பான் A-யை சிறிது கோணம் சுற்றினால் ஒளி வருவது நின்று விடுகிறது (படம் 5.32).

குவார்ட்ஸ் வழியாக வெளிவரும் ஒளி தளவிளைவுற்றதாக அமைந்தாலும், தளவிளைவுத் தளம் சிறிது கோணம் சுழற்றப்பட்டு அமைவதே இந்நிகழ்ச்சிக்குக் காரணம் ஆகும்.

ஒளியியல் சுழற்சியானது, **(i)** படிகத்தின் தடிமன், **(ii)** படிகத்தின் அடர்த்தி அல்லது கரைசலின் அடர்வு, **(iii)** பயன்படும் ஒளியின் அலைநீளம் மற்றும் **(iv)** கரைசலின் வெப்பநிலை போன்ற காரணிகளைச் சார்ந்தது.

### *5.8.14 சுழற்சித்திறன் எண் (Specific rotation)*

சுழற்சித் திறன் எண்ணைக் கொண்டு ஒளியியல் வினைத்திறன் கொண்ட பொருள்களின் சுழற்சி விளைவை ஒப்பிடலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையிலுள்ள, ஒளி அலைநீளத்தின் சுழற்சித் திறன் எண் என்பது ஒரு டெசிமீட்டர் நீளமுள்ள 1cc கரைசலில் உள்ள 1 g வினைதிறன் பொருளில் ஏற்படும் சுழற்சிஆகும்.

ஒரு டெசி மீட்டர் நீளமுள்ள திரவ அளவில் அடங்கியுள்ள c என்ற அடர்வு கொண்ட கரைசலின் 1ccக்கு 1g ஏற்படுத்திய சுழற்சிக் கோணம் $\theta$ என்றும், அலைநீளம் $\lambda$ என்றும், வெப்பநிலை t என்றும் கொண்டால் சுழற்சித் திறன் எண்

$$S = \frac{\theta}{t.c}$$

ஒரு பொருளில் ஒளியியல் சுழற்சி நடைபெறுவதைக் கண்டறிய உதவும் கருவி தளவிளைவுமானி எனப்படும்.

சாதாரணமாக, சர்க்கரையானது ஒளியியல் செயல்திறன் மிக்க பொருளாகும். தளவிளைவுத் தளத்தின் சுழற்சியை அளந்தறிவதன் வாயிலாக, சர்க்கரைக் கரைசலின் அடர்த்தியைக் கணக்கிட முடியும்.

## தீர்க்கப்பட்ட கணக்குகள்

5.1 யங் இரட்டை பிளவு ஆய்வில் இரண்டு ஓரியல் மூலங்களின் செறிவுகளின் தகவு 64 : 1. இதனால் திரையில் குறுக்கீட்டுப் பட்டைகள் தோன்றுகின்றன. பெரும மற்றும் சிறுமச் செறிவுக்கான தகவு காண்க.

**தகவல் :** $I_1 : I_2 :: 64 : 1$ $\quad \dfrac{I_{\text{பெருமம்}}}{I_{\text{சிறுமம்}}} = ?$

**தீர்வு :** $\dfrac{I_1}{I_2} = \dfrac{a_1^2}{a_2^2} = \dfrac{64}{1}$

$$\therefore \frac{a_1}{a_2} = \frac{8}{1}; \ a_1 = 8a_2$$

$$\frac{I_{\text{பெருமம்}}}{I_{\text{சிறுமம்}}} = \frac{(a_1 + a_2)^2}{(a_1 - a_2)^2} = \frac{(8a_2 + a_2)^2}{(8a_2 - a_2)^2}$$

$$= \frac{(9a_2)^2}{(7a_2)^2} = \frac{81}{49}$$

$$I_{\text{பெருமம்}} : I_{\text{சிறுமம்}} :: 81 : 49$$

5.2 யங் இரட்டைப் பிளவு ஆய்வில் 6000 Å அலைநீளமுள்ள ஒளி பயன்படுத்தப் படும் பொழுது கிடைக்கும் பட்டை அகலம் 2 mm. இந்த ஆய்வு, ஒளிவிலகல் எண் 1.33 கொண்ட திரவத்தில் மேற்கொள்ளப்பட்டால், கிடைக்கும் பட்டை அகலம் என்ன?

**தகவல் :** $\lambda = 6000$ Å $= 6 \times 10^{-7}$ m; $\beta = 2$mm $= 2 \times 10^{-3}$ m

$\mu = 1.33; \ \beta' = ?$

**தீர்வு :** $\beta' = \dfrac{D\lambda'}{d} = \dfrac{\lambda D}{\mu d} = \dfrac{\beta}{\mu}$ $\qquad \left[\because \mu = \dfrac{\lambda}{\lambda'}\right]$

$$\therefore \beta' = \frac{2 \times 10^{-3}}{1.33} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$ அல்லது 1.5 mm

5.3 வெள்ளொளி, ஒளிவிலகல் எண் 1.33 கொண்ட ஒரு சோப்புப் படலத்தின் மீது $30^o$ கோணத்தில் படுகிறது. எதிரொளிப்புக் கதிரை நிறைமாலைமானி கொண்டு ஆராய 6000 Å அலைநீளம் கொண்ட கரும்பட்டை தெரிகிறது எனில், சோப்புப் படலத்தின் மிகச் சிறிய தடிமன் என்ன?

**தகவல் :** $\mu = 1.33;\ i = 30^o;\ \lambda = 6000\ Å = 6 \times 10^{-7}$ m

$n = 1$ (மிகச் சிறிய தடிமன்); $t = ?$

**தீர்வு :** $\mu = \dfrac{\sin i}{\sin r}$

$$\sin r = \frac{\sin i}{\mu} = \frac{\sin 30^o}{1.33} = \frac{0.5}{1.33} = 0.3759$$

$$\therefore \quad \cos r = \sqrt{1-(0.3759)^2} = 0.9267$$

$$2\ \mu t \cos r = n\lambda$$

$$t = \frac{n\lambda}{2\mu\cos r} = \frac{1\times 6\times 10^{-7}}{2\times 1.33\times 0.9267}$$

$$t = \frac{6\times 10^{-7}}{2.465}$$

$$t = 2.434 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

5.4 3 m ஆரமுள்ள ஒரு தட்டக் குவிலென்சானது தட்டையான கண்ணாடித் தகட்டின் மீது வைக்கப்பட்டு, ஒற்றை நிற ஒளியினால் ஒளியூட்டப்படுகிறது. 8வது கருமை வளையத்தின் ஆரம் 3.6 m m என்றால், ஒளியின் அலைநீளம் என்ன?

**தகவல் :** $R = 3m$ ; $n = 8$ ; $r_8 = 3.6$ mm $= 3.6 \times 10^{-3}$ m ; $\lambda = ?$

**தீர்வு :** $r_n = \sqrt{nR\lambda}$

$$r_n^2 = nR\lambda$$

$$\lambda = \frac{r_n^2}{nR} = \frac{(3.6\times 10^{-3})^2}{8\times 3} = 5400 \times 10^{-10}\ \text{m (or) } 5400\ Å$$

5.5 நியூட்டன் வளைய ஆய்வில் குறிப்பிட்ட வரிசையில் உள்ள கருமை வளையத்தின் விட்டம், இரண்டாவது வளையத்தின் விட்டத்தைவிட இரண்டு மடங்கு அதிகம் எனில், அந்த வளையத்தின் வரிசை என்ன?

**தகவல் :** $d_n = 2d_2$ ; $n = ?$

தீர்வு : $d_n^2 = 4nR\lambda$ ...(1)

$d_2^2 = 8R\lambda$ ...(2)

$$\frac{(1)}{(2)} \Rightarrow \frac{d_n^2}{d_2^2} = \frac{n}{2}$$

$$\frac{4d_2^2}{d_2^2} = \frac{n}{2}$$

$\therefore$ n = 8.

5.6 **0.3 mm** இடைத்தொலைவு கொண்ட இரு பிளவுகள் **4500 Å** அலைநீளமுள்ள ஒளியால் ஒளியூட்டப்படுகிறது. பிளவுகளுக்கும், திரைக்கும் இடையிலான தொலைவு **1 m.** மையப்பொலிவிலிருந்து இருபுறமும் உள்ள இரண்டாவது பொலிவுப் பட்டைகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு யாது?

**தகவல் :** $d = 0.3\ mm = 0.3 \times 10^{-3}\ m$ ; $\lambda = 4500\ Å = 4.5 \times 10^{-7}\ m$,

$D = 1\ m$ ; $n = 2$ ; $2x = ?$

தீர்வு : $$2x = 2\ \frac{D}{d}\ n\lambda$$

$$= \frac{2 \times 1 \times 2 \times 4.5 \times 10^{-7}}{0.3 \times 10^{-3}}$$

$\therefore\ 2x = 6 \times 10^{-3}$ m (or) 6 mm

5.7 **1 cm** அகலத்தில் 5000 கோடுகள் வரையப்பட்ட விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியின் மீது ஓரியல் மூலத்தில் இருந்து இணைகற்றை ஒளியானது படும்படி வைக்கப்படுகின்றது. இரண்டாம் வரிசை பிம்பம் $30^o$ கோணத்தில் ஏற்பட்டால் ஒளியின் அலைநீளம் என்ன?

**தகவல் :** N = 5000 கோடுகள் / cm = $5000 \times 10^2$ கோடுகள் / m

$m = 2$ ; $\theta = 30^o$ ; $\lambda = ?$

**தீர்வு :** $\sin\theta = Nm\lambda$ $\quad \lambda = \frac{\sin\theta}{Nm}$

$$\lambda = \frac{\sin 30^o}{5 \times 10^5 \times 2} = \frac{0.5}{5 \times 10^5 \times 2}$$

$\lambda = 5 \times 10^{-7}\ m = 5000\ Å.$

5.8 தளவிளைவுமானியில் 60 cc சர்க்கரைக் கரைசல் 300 mm நீளம் கொண்ட சோதனைக் குழாயினுள் வைக்கப்படும் போது $9^o$ சுழற்றப்படுகிறது. சுழற்சித் திறன் எண் $60^o$ எனில் கரைசலில் உள்ள சர்க்கரையின் அளவு என்ன?

தகவல் : $l$ = 300 mm = 30 cm = 3 decimetre

$\theta = 9^o$ ; $s = 60^o$ ; $v = 60$ cc

m = ?

தீர்வு :

$$s = \frac{\theta}{l \times c} = \frac{\theta}{l \times (m/v)}$$

$$m = \frac{\theta . v}{l \times s}$$

$$= \frac{9 \times 60}{3 \times 60}$$

$$m = 3 \text{ g}$$

## தன் மதிப்பீடு

***(இந்த தன் மதிப்பீட்டு பகுதியில், கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும் கணக்குகளும் மாதிரிகளே. இவற்றைப்போன்று, பாடப் பகுதியின் எந்த ஒரு வினாவையும் அல்லது கணக்கினையும் வடிவமைக்கலாம். மாணவ, மாணவியர் தன் மதிப்பீட்டுப் பகுதியிலிருந்து மட்டுமல்லாமல், பாடப் பொருளிலிருந்தும் வடிவமைக்கப்படக் கூடிய வினாக்களுக்கும் கணக்குகளுக்கும் விடையளிக்க ஆயத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்)***

5.1 மின்காந்த அலைகளில், ஆற்றல்

*(a)* மின் புலத்திற்கும் மற்றும் காந்தப் புலத்திற்கும் ஒரே அளவாக பரவுகின்றன.

*(b)* இரு புலங்களுக்கும் செங்குத்தாகப் பரவுகின்றன.

*(c)* மின் புலத்தில் பரவுகிறது.

*(d)* காந்தப் புலத்தில் பரவுகிறது

5.2 மின் காந்த அலைகள்

*(a)* குறுக்கலைகள் ஆகும்.

*(b)* நெட்டலைகள் ஆகும்.

*(c)* குறுக்கலைகளாகவோ அல்லது நெட்டலைகளாகவோ இருக்கலாம்.

*(d)* குறுக்கலைகளும் அல்ல; நெட்டலைகளும் அல்ல.

5.3 கண்ணாடியின் ஒளிவிலகல் எண் 1.5. தடிமன் 10 cm உடைய கண்ணாடித் தகட்டின் வழியே ஒளி செல்வதற்கு ஆகும் காலம்.

(a) $2 \times 10^{-8}$ s (b) $2 \times 10^{-10}$ s

(c) $5 \times 10^{-8}$ s (d) $5 \times 10^{-10}$ s

5.4 மின்காந்த அலைகளில், மின்புலம் $\vec{E}$ மற்றும் காந்தப்புலம் $\vec{B}$ க்கு இடையே உள்ள கட்ட வேறுபாடு

(a) $\pi/4$ (b) $\pi/2$

(c) $\pi$ (d) சுழி

5.5 அணு நிறமாலை என்பது

(a) தூய வரிநிறமாலை (b) வெளிவிடு பட்டை நிறமாலை

(c) உட்கவர் வரி நிறமாலை (d) உட்கவர் பட்டை நிறமாலை

5.6 நியூட்டன் வளையத் தொகுதியில், கண்ணாடித் தட்டுக்கும் தட்டக் குவிலென்சுக்கும் இடையில் ஒரு துளி நீர் வைக்கப்பட்டால், வளையத் தொகுதி

(a) சுருங்கும் (b) விரிவடையும்

(c) மாறாது (d) முதலில் விரிவடையும் பின்பு சுருங்கும்

5.7 ஒற்றை நிற ஒளிகற்றை, வெற்றிடத்திலிருந்து ஒளிவிலகல் எண் $\mu$ கொண்ட ஊடகத்திற்குள் நுழைகிறது. படும் மற்றும் விலகலடைந்த அலைகளின் அலைநீளங்களின் தகவு

(a) $\mu : 1$ (b) $1 : \mu$

(c) $\mu^2 : 1$ (d) $1 : \mu^2$

5.8 ஒரு ஒளியின் அலைநீளம் நான்கு மடங்காகக் குறைந்தால் அதன் சிதறல் அளவு

(a) 16 மடங்கு அதிகரிக்கும் (b) 16 மடங்கு குறையும்

(c) 256 மடங்கு அதிகரிக்கும் (b) 256 மடங்கு குறையும்

5.9 நியூட்டன் வளைய ஆய்வில் $m$-ஆவது மற்றும் $(m + 4)$ வது கருமை வளைய ஆரங்கள் முறையே $\sqrt{5}$ $mm$ மற்றும் $\sqrt{7}$ $mm$ எனில் $m$-ன் மதிப்பு என்ன?

(a) 2 (b) 4

(c) 8 (b) 10

5.10 $4000\ \mathring{A}$ அலைநீளமுள்ள இரு ஒற்றைநிற ஒளி அலைகளுக்கு இடையே உள்ள பாதை வேறுபாடு $2 \times 10^{-7}$ $m$. அவற்றிற்கு இடையே உள்ள கட்ட வேறுபாடு.

(a) $\pi$ (b) $2\pi$

(c) $\frac{3\pi}{2}$ (d) $\pi/2$

5.11 யங் ஆய்வில், *6000 Å* அலைநீளமுள்ள ஒளியின் 3வது பொலிவுப்பட்டை மற்றொரு மூலத்தின் 4வது பொலிவுப் பட்டையுடன் பொருந்துகிறது எனில், அந்த ஒளி மூலத்தின் அலைநீளம் என்ன?

(a) 4500 Å (b) 6000 Å

(c) 5000 Å (d) 4000 Å

5.12 0.005 m அகலத்தில் 2500 கோடுகள் உள்ள கீற்றணியின் மீது 6000 Å அலைநீளமுள்ள ஒளியானது நேர்க்குத்தாகப் படுகின்றது. அதன் பெரும வரிசை என்ன?

(a) 3 (b) 2

(c) 1 (d) 4

5.13 ஒரு சிவப்பு ஒளிக் கற்றையிலிருந்து விளிம்பு விளைவு பெறப்படுகின்றது. சிவப்பு ஒளிக்கு பதிலாக நீல ஒளியைப் பயன்படுத்தினால் ஏற்படுவது என்ன?

(a) பட்டைகள் மறைந்துவிடும்.

(b) எதுவும் மாறாது.

(c) விளிம்பு விளைவு குறுகலடையும் மற்றும் கூட்டமாக ஒன்று சேரும்.

(d) விளிம்பு விளைவு அகலமடையும் மற்றும் ஒன்றைவிட்டு ஒன்று பிரியும்.

5.14 $60^o$ தள விளைவு கோணத்திற்கான ஒளி விலகல் எண் என்ன?

(a) 1.732 (b) 1.414

(c) 1.5 (d) 1.468

5.15 மின் காந்த அலைகள் என்றால் என்ன?

5.16 மின்காந்த அலைகளின் சிறப்பியல்புகளைக் கூறுக.

5.17 மின்காந்த அலைகளின் மூலங்களையும் மற்றும் பயன்களையும் எழுதுக.

5.18 வெளிவிடு நிறமாலை, உட்கவர் நிறமாலை இவற்றை விவரி.

5.19 ஒளிர்தல் மற்றும் நின்றொளிர்தல் என்றால் என்ன?

5.20 நுண் துகள் மற்றும் ஃபோட்டான் - வேறுபடுத்து.

5.21 டிண்டால் ஒளிச்சிதறல் என்றால் என்ன?

5.22 ஸ்டோக்ஸ் வரிகள் மற்றும் ஆன்டிஸ்டோக்ஸ் வரிகள் எவ்வாறு உருவாகின்றன?

5.23 வானம் நீல நிறத்தில் தோன்றக் காரணம் என்ன?

5.24 இராமன் ஒளிச் சிதறலை விளக்குக.

5.25 ஹைஜென்ஸ் தத்துவத்தை விளக்குக.

5.26 அலைக் கொள்கையைப் பயன்படுத்தி முழு அக எதிராளிப்பை விவரி.

5.27 அலைகளின் மேற்பொருந்துதல் தத்துவம் யாது?

5.28 நிலைநிறுத்தப்பட்ட குறுக்கீட்டு விளைவுக்கான நிபந்தனைகள் யாவை?

5.29 யங் இரட்டை பிளவு ஆய்வில் குறுக்கீட்டு விளைவால் ஏற்படும் பட்டையின் அகலத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

5.30 மெல்லிய ஊடுருவும் படலத்தில் ஒளி எதிரொளிப்பதால் ஏற்படும் குறுக்கீட்டு விளைவை விவரி. பெரும மற்றும் சிறும ஒளிச் செறிவுக்கான நிபந்தனைகளை எழுதுக.

5.31 நியூட்டன் வளையங்கள் என்றால் என்ன? நியூட்டன் வளையங்களின் மையம் கருமையாக அமையக் காரணம் யாது?

5.32 ஃப்ரெநெல், ஃப்ரான்ஹோபர் விளிம்பு விளைவு - வேறுபடுத்துக.

5.33 சமதள விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணிக்கான விளக்கத்தைக் கூறுக.

5.34 ஒளி குறுக்கலைகளாகப் பரவுகிறது என்பதற்கான ஆய்வை விவரி.

5.35 தள விளைவுற்ற மற்றும் தள விளைவுறாத ஒளி - வேறுபடுத்து.

5.36 ஃபுருஸ்டர் விதியைக் கூறி விளக்குக.

5.37 சாதாரண ஒளிக்கும் அசாதாரண ஒளிக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகளைத் தருக.

5.38 *(a)* நைக்கல் பட்டகம் *(b)* போலராய்டுகள் பற்றிக் குறிப்பு தருக.

5.39 ஒளியியல் சுழற்சி என்றால் என்ன? அது சார்ந்துள்ள காரணிகள் யாவை?

**கணக்குகள்**

5.40 அலைவுகளை ஏற்படுத்தும் LC ஒத்திசைவுச் சுற்று ஒன்று ஏற்பியுடன் (antenna) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சுற்றில் 400 pF மின்தேக்கியும், 100 μH மின்தூண்டியும் இருப்பின், உருவாகும் மின்காந்த அலையின் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக.

5.41 யங் இரட்டைப் பிளவுச் சோதனையில், இரு ஓரியல் மூலங்களின் செறிவு விகிதம் 81 : 1 எனில், பெரும மற்றும் சிறுமச் செறிவுகளின் விகிதம் என்ன?

5.42 ஒளிவிலகல் எண் 1.33 உடைய நீரின் மீது 589 nm அலைநீளமுடைய ஒற்றைநிற ஒளி படுகிறது. நீரினுள் ஒளியின் திசைவேகம், அதிர்வெண் மற்றும் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக.

5.43 யங் சோதனையில் $6 \times 10^{14}$ Hz அதிர்வெண் உடைய ஒளி பயன்படுத்தப்படுகிறது. அடுத்தடுத்த இரு பட்டைகளின் மையங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு 0.75 mm. 1.5 m தொலைவில் திரை இருப்பின், பிளவுகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவினைக் கணக்கிடுக.

5.44 யங் இரட்டைப் பிளவுச் சோதனையில் 5000Å அலைநீள ஒளியைப் பயன்படுத்தும் போது ஏற்படும் பட்டையின் அகலம் 0.6 cm. பிளவிற்கும் திரைக்கும் இடையேயான தொலைவைப் பாதியாகக் குறைத்தால், ஏற்படும் பட்டையின் அகலத்தைக் கணக்கிடுக.

5.45 மெல்லிய காற்றேட்டின் மீது 6000Å அலைநீளமுடைய ஒளி குத்தாகப் படும்போது, இரு புள்ளிகளுக்கிடையே 6 கருமைப்பட்டைகள் உருவாகின்றன. காற்றேட்டின் தடிமனைக் கணக்கிடுக.

5.46 ஒளி விலகல் எண் 4/3 மற்றும் தடிமன் $1.5 \times 10^{-4}$ cm உடைய சோப்புப் படலத்தின் மீது $60^{o}$ கோணத்தில் வெள்ளொளி படுகிறது. எதிரொளித்த ஒளியை நோக்கும்போது, 5000Å அலைநீளத்திற்குரிய கருமைப்பட்டை தெரிகிறது எனில், அந்த கருமைப்பட்டையின் வரிசை எண் என்ன?

5.47 நியூட்டன் வளையங்கள் சோதனை ஒன்றில் 20-வது கருமை வளையத்தின் விட்டம் 5.82 mm மற்றும் 10-வது கருமை வளையத்தின் விட்டம் 3.36 mm என அளவிடப்படுகிறது. தட்டக் குவிலென்சின் வளைவு ஆரம் 1 m எனில், ஒளியின் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக.

5.48 சமதள விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி ஒன்றில் 5000 கோடுகள்/cm உள்ளன. இரண்டாம் வரிசை விளிம்பு விளைவில், 7070Å அலைநீள சிவப்பு நிற வரிக்கும் 5000Å அலைநீள நீலநிற வரிக்கும் இடையேயான கோணப் பிரிகையைக் கணக்கிடுக.

5.49 ஒளிவிலகல் எண் $\sqrt{3}$ உடைய ஊடகம் ஒன்றின்மீது தளவிளைவுறா ஒளியானது தளவிளைவுக் கோணத்தில் படும்போது, விலகு கோணத்தைக் கணக்கிடுக.

5.50 20 cm நீளமுள்ள குழாயில் சர்க்கரைக் கரைசல் உள்ளது. தளவிளைவுமானி வழியாக நோக்கும்போது, தளவிளைவுத் தளம் $10^{o}$ சுழன்றிருப்பது அறியப்படுகிறது. சர்க்கரையின் சுழற்சித்திறன் எண் $60^{o}$/டெசிமீட்டர்/ஓரலகு அடர்த்தி எனில், சர்க்கரைக் கரைசலின் அடர்த்தியை g/cc-ல் கணக்கிடுக.

## விடைகள்

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **5.1** *(b)* | **5.2** *(a)* | **5.3** *(d)* | **5.4** *(d)* | **5.5** *(a)* |
| **5.6** *(a)* | **5.7** *(a)* | **5.8** *(c)* | **5.9** *(d)* | **5.10** *(a)* |
| **5.11** *(a)* | **5.12** *(a)* | **5.13** *(c)* | **5.14** *(a)* | |

**5.40** 377 m — **5.41** 25 : 16

**5.42** $2.26 \times 10^{8}$ m $s^{-1}$, $5.09 \times 10^{14}$ Hz, 4429 Å

**5.43** 1 mm — **5.44** 3 mm

**5.45** $18 \times 10^{-7}$ m — **5.46** 6

**5.47** 5645Å — **5.48** $15^{o}$

**5.49** $30^{o}$ — **5.50** 0.0833 g/cc

# திருத்தப்பட்ட பக்கங்கள்

(மே 2016)

காஸ்ஸியன் பரப்பு வழியே, பரப்புக்கு குத்தாக, வெளிநோக்கிய திசையில் செயல்படும் மொத்த மின்புலப் பாயம்

$$\phi = \int_S \vec{E} \cdot \vec{ds} = \int_S E\, ds = E \times (4\pi r'^2)$$

காஸ்ஸியன் பரப்பினுள் எவ்வித மின்னூட்டமும் இல்லையாதலால், காஸ் விதிப்படி,

$$E \times 4\pi r'^2 = \frac{q}{\varepsilon_o} = 0 \qquad \therefore E = 0$$

அதாவது சீரான மின்னூட்டம் கொண்ட மெல்லிய கோளக் கூட்டினால் கோளக் கூட்டினுள் உள்ள அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் மின்புலத்தின் மதிப்பு சுழி ஆகும்.

### 1.4.6 நிலை மின்னியல் தடுப்புறை *(Electrostatic shielding)*

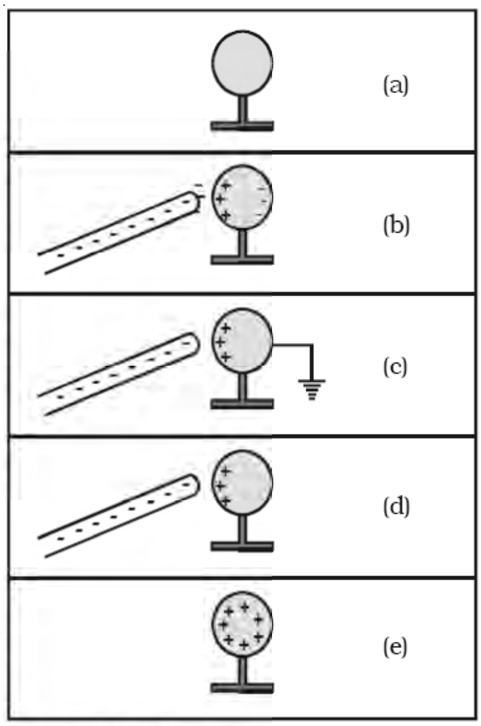
இது புற மின்புலத்திலிருந்து, வெளியின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை தனிமைப்படுத்தும் நிகழ்வு ஆகும். இந்நிகழ்வு, கடத்தியின் உட்பகுதியில் மின்புலம் சுழியாகும் என்பதன் அடிப்படையில் அமைகிறது.

இடியுடன் கூடிய மின்னலின் போது, திறந்த வெளியிலோ அல்லது மரத்தினடியிலோ அமர்வதைக் காட்டிலும், பேருந்தினுள் இருப்பது மிகவும் பாதுகாப்பானதாகும். பேருந்தின் உலோகப் புறப்பரப்பினுள், மின்புல மதிப்பு சுழியாவதால் பேருந்து, நிலை மின்னியல் தடுப்புறையாகச் செயல்படுகிறது.மின்னலின் போது பேருந்தின் புறப்பரப்பு வழியே மின்னிறக்கம் நடைபெறுகிறது.

## 1.5 நிலை மின்தூண்டல்

ஒரு மின்னூட்டத்தின் தொடுதல் இன்றியே வேறொரு மின்னூட்டத்தை பெறமுடியும்.இவ்வகை மின்னூட்டங்கள் தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்களாகும். இவ்வாறு தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டங்களைத் தோற்றுவிக்கும் நிகழ்வு நிலைமின்தூண்டல் என்றழைக்கப்படுகிறது. இது வான் டி கிராப் போன்ற நிலைமின் எந்திரங்களிலும், மின்தேக்கி களிலும் பயன்படுகிறது.

நிலை மின்தூண்டல் முறையில், உலோகக்கோளம் ஒன்று படிப்படியாக மின்னேற்றப்படுதலை படம் 1.21 காட்டுகிறது.



படம் 1.21 நிலைமின் தூண்டல்

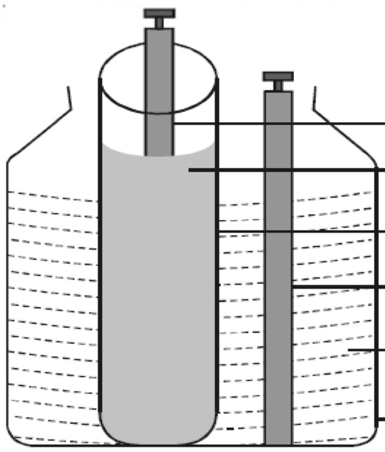
*(a)* மின்னூட்டமற்ற உலோகக் கோளமானது மின்கடத்தாப் பொருளாலான தாங்கி மீது வைக்கப்பட்டு உள்ளது.

*(b)* எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற பிளாஸ்டிக் தண்டு ஒன்றினை கோளத்தின் அருகில்கொண்டு வரும் போது, விரட்டு விசை காரணமாக, கட்டுறா

தாமிரத்தில் உள்ள தாமிர அயனிகளை நடுநிலையாக்கும். இதனால் தாமிரத்தில் இருந்து துத்தநாகத்திற்கு மின்னோட்டம் பாயும். டேனியல் மின்கலன் 1.08 V மின்னியக்கு விசையைத் தரும்.

### 2.11.4 லெக்லாஞ்சி மின்கலன் ***(Leclanche cell)***

நுண்துளைப் பாண்டம் ஒன்றினுள் கார்பன் மின்வாய் வைக்கப்பட்டிருக்கும். கார்பன் மின்வாயைச் சுற்றி மாங்கனீசு-டை-ஆக்ஸைடு மற்றும் கார்பன் தூள் கலந்த கலவை வைக்கப்பட்டிருக்கும் (படம் 2.22). தெவிட்டிய நிலையில் உள்ள அமோனியம் குளோரைடு கரைசல் (மின்பகு திரவம்) கொண்ட கண்ணாடிப் பாத்திரத்தினுள் நுண்துளைப் பாண்டம் வைக்கப்பட்டிருக்கும். மின்பகு திரவத்தினுள் துத்தநாகத் தண்டு வைக்கப்பட்டுள்ளது




படம் 2.22 லெக்லாஞ்சி மின்கலன்

ஆக்ஸிஜனேற்றத்தின் மூலம் துத்தநாக தண்டில் உள்ள Zn அணுக்கள் $Zn^{++}$ அயனிகளாகவும், இரு எலக்ட்ரான்களாகவும் மாற்றமடைகின்றன. $Zn^{++}$ அயனிகள் அமோனியம் குளோரைடுடன் வினைபுரிந்து துத்தநாகக் குளோரைடையும், அமோனியா வாயுவையும் தருகின்றன.

அதாவது, $$Zn + 2\ NH_4Cl \rightarrow 2NH_3 + ZnCl_2 + 2\ H^+ + 2e^-$$

பாத்திரத்திலிருந்து அமோனியா வாயு தப்பித்துச்சென்று விடும். நுண்துளைப்பாண்டத்தில் உள்ள துளைகளின் வழியே செல்லும் ஹைட்ரஜன் அயனிகள் மாங்கனீசு-டை-ஆக்ஸைடுடன் வினைபுரியும்போது, ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் நேர் மின்னூட்டம் கார்பன் தண்டுக்கு மாற்றப்படுகிறது. கார்பன் மற்றும் துத்தநாகத் தண்டுகளை வெளியில் இணைக்கும்போது, துத்தநாகத்திலுள்ள இரு எலக்ட்ரான்கள் கார்பன் தண்டை அடைந்து அதன் நேர்மின்னூட்டத்தை நடுநிலையாக்கும். எனவே, கார்பனில் இருந்து துத்தநாகத்திற்கு மின்னோட்டம் செல்லும். மின்னோட்டம் தொடர்ந்து தேவைப்படாத இடங்களில் லெக்லாஞ்சி மின்கலன் பயன்படுத்தப்படும். இம் மின்கலன் 1.5 V மின்னியக்கு விசையையும், 0.25 A மின்னோட்டத்தையும் தரவல்லது.

### 2.11.5 துணை மின்கலன்கள் ***(Secondary cells)***

துணை மின்கலங்களை மீண்டும் மின்னேற்றம் (recharge) செய்ய இயலும்.துணை மின்கலங்களில் நடைபெறும் வேதி வினைகள் மீள்வினைகள் ஆகும். வெளிச்சுற்றில்

$V_L$ மற்றும் $V_C$ ஆகியவற்றின் வெக்டர்கூடுதலாக அமையும்.

$$OB^2 = OA^2 + AB^2 ;$$

$$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$V = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2}$$

$$= I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\frac{V}{I} = Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ என்பது மின்தடையாக்கி, மின் தூண்டி மற்றும் மின்தேக்கி ஆகியவை சேர்ந்த அமைப்பின் தொகுபயன் எதிர்ப்பு **(effective opposition)** ஆகும். இது மின்னெதிர்ப்பு எனப்படும். மேலும், இது Z என குறிக்கப்படுகிறது. இதன் அலகு Ω ஆகும். இவற்றின் மதிப்புகள் படம் 4.22 ல் உள்ள மின்னெதிர்ப்பு வரைபடத்தில் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

மின்னழுத்தத்திற்கும், மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள கட்டகோணம் (phase angle) ϕ ஐ கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டின் மூலம் காணலாம்.

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{IX_L - IX_C}{IR}$$

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\text{தொகுபயன் மின்மறுப்பு}}{\text{மின்தடை}}$$

$$\therefore \phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$$

$\therefore I_o \sin(\omega t \pm \phi)$ என்பது எந்த ஒரு கணத்திலும் சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டமாகும்.

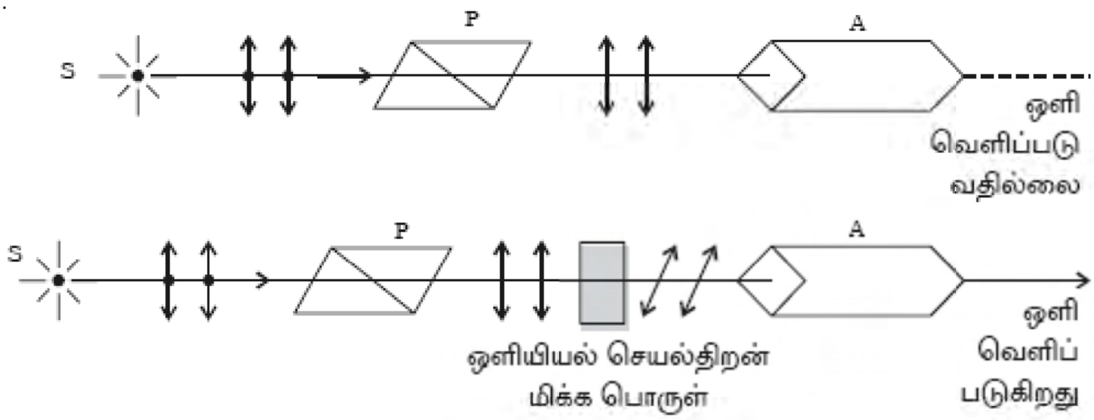
## RLC சுற்றில் தொடர் ஒத்திசைவு அல்லது மின்னழுத்த ஒத்திசைவு

எந்த ஒரு கணத்திலும் தொடர் *RLC* சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

கோண அதிர்வெண்ணின் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு மின்தூண்டியின் மின்மறுப்பும் மின்தேக்கியின் மின்மறுப்பும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருக்கும்.

$\omega L = \frac{1}{\omega C}$ எனவே மின்னெதிர்ப்பு சிறுமமாக மாறும், அது $Z = R$ என அமையும். அதாவது *I*, V யுடன் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கும். எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணுக்கு சுற்றின் ($\nu_o$)




படம் 5.32 ஒளியியல் வினை

குவார்ட்ஸ் வழியாக வெளிவரும் ஒளி தளவிளைவுற்றதாக அமைந்தாலும், தளவிளைவுத் தளம் சிறிது கோணம் சுழற்றப்பட்டு அமைவதே இந்நிகழ்ச்சிக்குக் காரணம் ஆகும்

ஒளியியல் சுழற்சியானது, *(i)* படிகத்தின் தடிமன், *(ii)* படிகத்தின் அடர்த்தி அல்லது கரைசலின் அடர்வு, *(iii)* பயன்படும் ஒளியின் அலைநீளம் மற்றும் *(iv)* கரைசலின் வெப்பநிலை போன்ற காரணிகளைச் சார்ந்தது

## 5.8.14 சுழற்சித்திறன் எண் **(Specific rotation)**

சுழற்சித் திறன் எண்ணைக் கொண்டு ஒளியியல் வினைத்திறன் கொண்ட பொருள்களின் சுழற்சி விளைவை ஒப்பிடலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையிலுள்ள, ஒளி அலைநீளத்தின் சுழற்சித் திறன் எண் என்பது ஒரு டெசிமீட்டர் நீளமுள்ள *1cc* கரைசலில் உள்ள *1 g* வினைதிறன் பொருளில் ஏற்படும் சுழற்சி ஆகும்.

ஒரு டெசி மீட்டர் நீளமுள்ள திரவ அளவில் அடங்கியுள்ள *c* என்ற அடர்வு கொண்ட கரைசலின் *1cc*க்கு *1g* ஏற்படுத்திய சுழற்சிக் கோணம் $\theta$ என்றும், அலைநீளம் $\lambda$ என்றும், வெப்பநிலை *t* என்றும் கொண்டால் சுழற்சித் திறன் எண்

$$S = \frac{\theta}{l\,C}$$

ஒரு பொருளில் ஒளியியல் சுழற்சி நடைபெறுவதைக் கண்டறிய உதவும் கருவி தளவிளைவுமானி எனப்படும்.

சாதாரணமாக, சர்க்கரையானது ஒளியியல் செயல்திறன் மிக்க பொருளாகும். தளவிளைவுத் தளத்தின் சுழற்சியை அளந்தறிவதன் வாயிலாக, சர்க்கரைக் கரைசலின் அடர்த்தியைக் கணக்கிட முடியும்.

உருவாகும் மின்காந்த அலையின் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக.

5.41 யங் இரட்டைப் பிளவுச் சோதனையில், இரு ஓரியல் மூலங்களின் செறிவு விகிதம் 81 : 1 எனில், பெரும மற்றும் சிறுமச் செறிவுகளின் விகிதம் என்ன?

5.42 ஒளிவிலகல் எண் 1.33 உடைய நீரின் மீது 589 nm அலைநீளமுடைய ஒற்றைநிற ஒளிபடுகிறது. நீரினுள் ஒளியின் திசைவேகம், அதிர்வெண் மற்றும் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக.

5.43 யங் சோதனையில் $6 \times 10^{14}$ Hz அதிர்வெண் உடைய ஒளி பயன்படுத்தப்படுகிறது. அடுத்தடுத்த இரு பொலிவுப் பட்டைகளின் மையங்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு 0.75 mm. 1.5 m தொலைவில் திரை இருப்பின், பிளவுகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவினைக் கணக்கிடுக.

5.44 யங் இரட்டைப் பிளவுச் சோதனையில் 5000Å அலைநீள ஒளியைப்பயன்படுத்தும் போது ஏற்படும் பட்டையின் அகலம் 0.6 cm. பிளவிற்கும் திரைக்கும் இடையேயான தொலைவைப் பாதியாகக் குறைத்தால்,ஏற்படும் பட்டையின் அகலத்தைக் கணக்கிடுக.

5.45 மெல்லிய காற்றேட்டின் மீது 6000Å அலைநீளமுடைய ஒளி குத்தாகப்படும்போது, இரு புள்ளி களுக்கிடையே 6 கருமைப்பட்டைகள் உருவாகின்றன. காற்றேட்டின் தடிமனைக் கணக்கிடுக.

5.46 ஒளி விலகல் எண் 4/3 மற்றும் தடிமன் $1.5 \times 10^{-4}$ cm உடைய சோப்புப்படலத்தின் மீது $60^o$ கோணத்தில் வெள்ளொளி படுகிறது. எதிரொளித்த ஒளியை நோக்கும்போது, 5000Å அலை நீளத்திற்குரிய கருமைப்பட்டை தெரிகிறது எனில்,அந்த கருமைப்பட்டையின் வரிசை எண் என்ன?

5.47 நியூட்டன் வளையங்கள் சோதனை ஒன்றில் 20-வது கருமை வளையத்தின் விட்டம் 5.82 mm மற்றும் 10-வது கருமை வளையத்தின் விட்டம் 3.36 mm என அளவிடப்படுகிறது. தட்டக் குவிலென்சின் வளைவு ஆரம் 1 m எனில், ஒளியின் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடுக.

5.48 சமதள விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி ஒன்றில் 5000 கோடுகள்/cm உள்ளன. இரண்டாம் வரிசை விளிம்பு விளைவில், 7070Å அலைநீள சிவப்பு நிற வரிக்கும் 5000Å அலைநீள நீலநிற வரிக்கும் இடையேயான கோணப் பிரிகையைக் கணக்கிடுக.

5.49 ஒளிவிலகல்எண் $\sqrt{3}$ உடைய ஊடகம் ஒன்றின்மீது தளவிளைவுறா ஒளியானது தளவிளைவுக் கோணத்தில் படும்போது, விலகு கோணத்தைக் கணக்கிடுக.

5.50 20 cm நீளமுள்ள குழாயில் சர்க்கரைக் கரைசல் உள்ளது. தளவிளைவுமானி வழியாக நோக்கும்போது, தளவிளைவுத் தளம் $10^o$ சுழன்றிருப்பது அறியப்படுகிறது. சர்க்கரையின் சுழற்சித் திறன் எண் $60^o$/டெசிமீட்டர்/ஓரலகு அடர்த்தி எனில், சர்க்கரைக் கரைசலின் அடர்த்தியை g/cc-ல் கணக்கிடுக