அலகு

5

மின்காந்த அலைகள்

"ஓர் அறிவியல் சகாப்தம் முடிவுற்று, அடுத்த அறிவியல் சகாப்தம் ஜேம்ஸ் கிளார்க் மேக்ஸ்வெல்லில் இருந்து தொடங்குகிறது"
– ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன்

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்வது

- இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்
- ஆம்பியரின் சுற்றுவிதியில் மேக்ஸ்வெல்லின் திருத்தம்
- மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளின் தொகை நுண் கணித வடிவம்
- மின்காந்த அலைகள் உருவாக்கம் மற்றும் அவற்றின் பண்புகள் – ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வு
- மின்காந்த அலைகளின் மூலங்கள்
- மின்காந்த நிறமாலை

5V2RHK

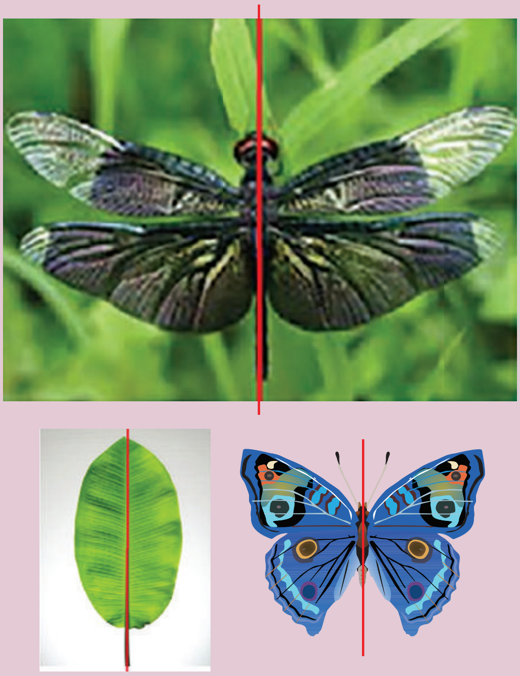
5.1. அறிமுகம்

படம் 5.1 கண்ணுறு நிறமாலை – வானவில் மற்றும் மின்னல்

நம்மைச் சுற்றியுள்ள உலகை ஒளியின் வழியே நாம் கண்டு மகிழ்கிறோம். சூரியனிடமிருந்து கிடைக்கும் ஒளி என்பது நமக்கு கிடைக்கும் ஆற்றலின் ஒரு முக்கியமான மூலமாகும். இவ்வாற்றல் இல்லையெனில் மனித உயிர்கள் இக்கோளில் வாழ முடியாது. அணுவிலிருந்து பிரபஞ்சம் வரை உள்ள பல்வேறு பொருட்களின் அமைப்பு மற்றும் பண்புகளை நாம் புரிந்து கொள்ள ஒளியின் பங்களிப்பு மகத்தானதாகும். ஒளி இல்லையென்றால் நம் கண்களால் பொருட்களைப் பார்க்க முடியாது. இத்தகைய சிறப்புமிக்கது ஒளியாகும். ஒளி என்றால் என்ன? 19 ஆம் நூற்றாண்டின் நடுப்பகுதிவரை பல்வேறு அறிஞர்களை உறங்கவிடாமல் செய்தது இந்த மாபெரும் புதிர். தொடக்கத்தில் பெரும்பாலான அறிவியலாளர்கள் ஒளியியல் மற்றும் மின்காந்தவியல் இரண்டும் இயற்பியலின் இருவேறு பிரிவுகள் என நம்பியிருந்தனர். ஆனால் ஒளி பற்றிய புரிதலுக்கு புது பரிணாமம் கொடுத்த பெருமை ஜேம்ஸ் கிளார்க் மேக்ஸ்வெல்லையே சாரும். அவரின் கருத்தியல் கோட்பாட்டின்படி ஒளி ஒரு மின்காந்த அலையாகும். அது வெற்றிடத்தில் $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ என்ற திசைவேகத்தில் செல்லும். காமா கதிரிலிருந்து ரேடியோ அலைவரை பரவியுள்ள மின்காந்த நிறமாலையின் ஒரு சிறுபகுதியே கண்ணுறு ஒளி என பின்னர் உறுதிபடுத்தப்பட்டது.

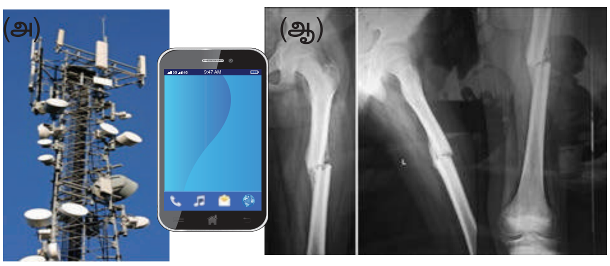
அலகு 4 இல் நேரத்தைப் பொறுத்து மாற்றமடையும் காந்தப்புலம், மின்புலத்தை உருவாக்கும் என பயின்றோம் (பாரடேயின்

மின்காந்தத் தூண்டல் விதிகள்). இயற்கையானது சமச்சீர் (symmetry) பெற்றிருக்கும் என மேக்ஸ்வெல் உறுதியாக நம்பிக்கைக் கொண்டு பின்வரும் கேள்வியை முன்வைத்தார். அதாவது "நேரத்தைப்பொறுத்து மாற்றமடையும் காந்தப்புலம் மின்புலத்தை உருவாக்கும்போது, ஏன் நேரத்தைப்பொறுத்து மாற்றமடையும் மின்புலம் காந்தப்புலத்தை உருவாக்காது?"



இயற்கையின் சமச்சீர் அமைப்பு

உண்மையில் இவ்வாறு இருப்பதை பின்னர் அவர் மெய்ப்பித்தார். இது மேக்ஸ்வெல்லின் தூண்டல் விதி என்று சில நேரங்களில் அழைக்கப்படும். மேக்ஸ்வெல் முன்மொழிந்த கருத்தை, 1888 இல் எச். ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வு மூலமாக நிரூபித்தார். இது நவீன தொழில் நுட்பக் கண்டுபிடிப்புகளான, முக்கியமாக கம்பியில்லா தொலைத் தொடர்பு, லேசர் (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), ரேடார் [RADAR (**R**adio **D**etection **A**nd **R**anging) தொழில்நுட்பம் மற்றும் பல கண்டுபிடிப்புகளுக்கு வழிவகுத்தது.



படம் 5.2 (அ) கைப்பேசி கோபுரம் மற்றும் கைப்பேசி (ஆ) X – கதிர் வரைபடம்

இன்றைய நவீன தொழில்நுட்ப உலகில், நமது அன்றாட வாழ்க்கையில் கைப்பேசியின் தாக்கம் மிகவும் அதிகம் (படம் 5.2 (அ)) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது). ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு செய்திகளை விரைவாகவும், பயனுள்ளவகையிலும் அனுப்புவதற்கு இது ஒரு சிறந்த வழிமுறையாகும். ஒளி ஓர் மின்காந்த அலை என்ற தத்துவத்தின் அடிப்படையில் இது வேலை செய்கிறது. படம் 5.2 (ஆ) வில் காட்டியுள்ளவாறு, X – கதிர்கள் நம் உடலில் எலும்புமுறிவு ஏற்பட்டுள்ள இடத்தினை கண்டுபிடிக்க பயன்படுகிறது. உணவு சமைப்பதற்கு மைக்ரோ அலை சமையற்கலன் (Microwave oven) பயன்படுகிறது. மைக்ரோ அலையும் ஒரு மின்காந்த அலையாகும். பொறியியல், மருத்துவம் (லேசர் அறுவைசிகிச்சை), பாதுகாப்புத்துறை (ரேடார் சைகைகள்) போன்றவை மற்றும் அடிப்படை அறிவியல் ஆராய்ச்சி போன்ற துறைகளில் மின்காந்த அலைகளின் பயன்பாடு எண்ணிலடங்காததாகும். இந்த அலகில் மின்காந்த அலைகள் பற்றிய சில அடிப்படைக் கருத்துக்களை நாம் கற்க உள்ளோம்.

5.1.1 இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் மற்றும் ஆம்பியரின் சுற்று விதியில் மேக்ஸ்வெல் மேற்கொண்ட திருத்தம்

தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலம்

பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதியிலிருந்து காந்தப்புலத்தில் ஏற்படும் மாற்றம், மின்புலத்தை உருவாக்குகிறது என்று பயின்றோம். கணிதவடிவில் அதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\underbrace{\oint_l \vec{E}\cdot d\vec{l}}_{\text{மூடப்பட்ட சுற்று வழியே தூண்டப்படும் மின்புலம்}} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\Phi_B}_{\text{நேரத்தைப் பொறுத்து மாற்றமடையும் காந்தப்பாயம்}} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{A}}_{\text{மின்சுற்றால் மூடப்பட்ட பரப்புக்குள் மாற்றமடையும் காந்தப்பாயம் } \Phi_B} \quad (5.1)$$

இங்கு Φ_B என்பது காந்தப்பாயம் மற்றும் $\frac{d}{dt}$ என்பது நேரத்தைப் பொறுத்து வகைக்கெழு. மின்சுற்றால் மூடப்பட்ட பகுதியில் உள்ள காந்தப்பாயத்தில் (Φ_B) மாற்றம் ஏற்படும்போது, மூடப்பட்ட சுற்றின் வழியே மின்புலம் $\left(\vec{E}\right)$ தூண்டப்படுகிறது என்பதை சமன்பாடு (5.1) நமக்கு உணர்த்துகிறது.

சமச்சீர் இயல்பின் அடிப்படையில், மின்புலத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் என்று ஜேம்ஸ் கிளார்க் மேக்ஸ்வெல் காண்பித்தார். இது பின்வரும் சமன்பாட்டால் தரப்படுகிறது.

$$\underbrace{\oint_l \vec{B}\cdot\vec{dl}} = -\underbrace{\frac{d}{dt}\Phi_E} = \underbrace{-\frac{d}{dt}\oint_S \vec{E}\cdot\vec{dA}} \qquad (5.2)$$

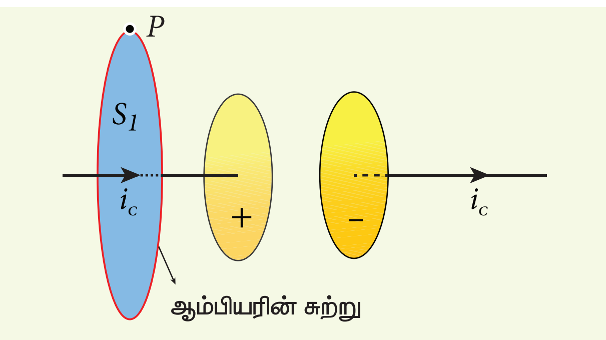
மூடப்பட்ட சுற்றின் வழியே தூண்டப்படும் காந்தப்பாயம் = நேரத்தைப் பொறுத்து மாற்றமடையும் மின்புலபாயம் Φ_E = மின்சுற்றால் மூடப்பட்ட பரப்புக்குள் மாற்றமடையும் மின்புலபாயம் Φ_E

இங்கு Φ_E என்பது மின்புலபாயமாகும். இதற்கு **மேக்ஸ்வெல்லின் தூண்டல் விதி** என்று பெயர். மின்சுற்றால் மூடப்பட்ட பகுதிக்குள் உள்ள மின்புலபாயத்தில் (Φ_E) மாற்றம் ஏற்படும்போது, மூடப்பட்ட சுற்று வழியே காந்தப்புலம் $(\vec{B})$ தூண்டப்படுகிறது என்பதை இது விளக்குகிறது. மேலும் ரேடியோ அலைகள், காமா கதிர்கள், அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் போன்ற மின்காந்த அலைகளின் இருப்பை இந்த மின் மற்றும் காந்தப்புலங்களுக்கு இடையேயான சமச்சீர் தன்மை விளக்குகிறது.

இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் – மேக்ஸ்வெல்லின் திருத்தம்

மாறுபடும் மின்புலம் எவ்வாறு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகின்றது என்பதைப் புரிந்து கொள்ள இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தகடுகளை மின்னேற்றம் செய்யும் நிகழ்வினைக் கருதுவோம். இணைத்தகடுகளுக்கு இடையே மின்கடத்தா ஊடகம் உள்ளதாகக் கருதுக.

கம்பியின் வழியே பாயும் நேரத்தைப் பொறுத்து மாறும் மின்னோட்டத்தை கடத்து மின்னோட்டம் (conduction current) i_C என்க. இந்த கடத்து மின்னோட்டத்தால் மின்தேக்கி மின்னேற்றம் செய்யப்படுகிறது. மின்னோட்டம் தாங்கிய கம்பியைச் சுற்றி உருவாகும் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிட ஆம்பியரின் சுற்று விதியைப் பயன்படுத்தலாம்.

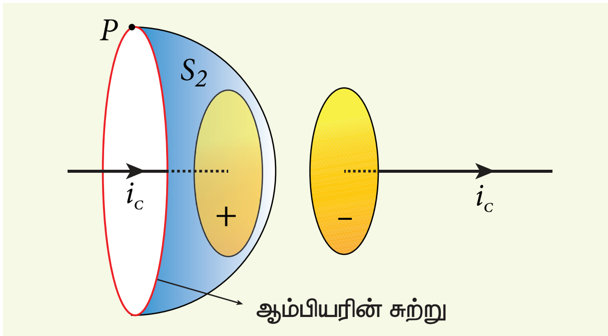


படம் 5.3 பரப்பு S_1ஐ மூடும் சுற்றிற்கு ஆம்பியரின் சுற்று விதியைப் பயன்படுத்துதல்

கம்பிக்கு அருகிலும் மின்தேக்கிக்கு வெளியிலுமாக அமைந்துள்ள புள்ளி Pல் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிட, வட்ட வடிவப் பரப்பு S_1 ஐ மூடியவாறு ஒரு வட்டவடிவ ஆம்பியரின் சுற்று ஒன்றை வரைவோம் (படம் 5.3). இச்சுற்றுக்கு ஆம்பியரின் விதியைப் பயன்படுத்த,

$$\oint_{S_1} \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_\circ i_c \qquad (5.3)$$

இங்கு μ_o என்பது வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறனாகும்.



படம் 5.4 பரப்பு S_2ஐ மூடும் சுற்றிற்கு ஆம்பியரின் சுற்று விதியைப் பயன்படுத்துதல்

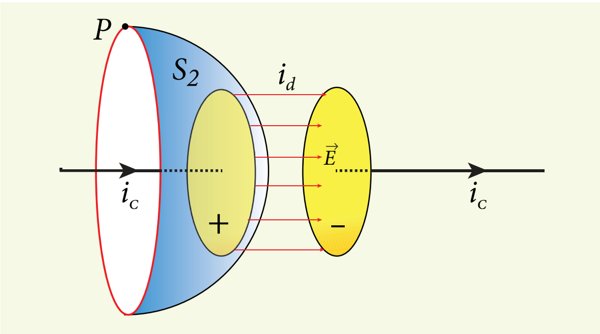
இப்போது அதே சுற்று பலூன் வடிவம் கொண்ட பரப்பு S_2வினால் மூடப்பட்டுள்ளது (படம் 5.4). அதாவது S_1 மற்றும் S_2 இரண்டு பரப்புகளின் எல்லைகளுமே ஒன்றாக இருந்தாலும், அப்பரப்புகளின் வடிவம் வெவ்வேறாக உள்ளது. ஒரு மூடப்பட்ட சுற்றுக்கு ஆம்பியர் விதியைப் பயன்படுத்தும்போது, அது சூழும் பரப்பினுடைய வடிவத்தைப் பொறுத்து அமையாது என்பதால் இரு தொகையீடுகளும் ஒரே மதிப்பைத் தர வேண்டும். ஆனால் பரப்பு S_2க்கு ஆம்பியரின் சுற்று விதியைப் பயன்படுத்தினால்,

$$\oint_{S_2} \vec{B}\cdot d\vec{l} = 0 \qquad (5.4)$$

ஏனெனில் கடத்து மின்னோட்டத்தைத் தாங்கும் கம்பியை பரப்பு S_2 எவ்விடத்திலும் தொடவில்லை; மேலும், மின்தேக்கித் தகடுகளின் இடைவெளியிலும் எந்த மின்னோட்டமும் இல்லை என்பதால், சமன்பாடு (5.4)ன் வலதுகைப் பக்கம்

சுழி மதிப்பை அடைகிறது;. எனவே, புள்ளி Pல் காந்தப்புலம் சுழியாகும். ஆகையால், சமன்பாடு (5.3) க்கும் (5.4)க்கும் இடையே முரண்பாடு உள்ளதைக் காணலாம்.

இம்முரண்பாட்டிற்கு மேக்ஸ்வெல் பின்வரும் முறையில் தீர்வு கண்டார். மின்னேற்றம் அடைந்து கொண்டிருக்கும் நேரத்தில் மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே மாறுபடும் மின்புலம் உருவாகின்றது. இம்மாறுபடும் மின்புலத்தினால் ஒரு மின்னோட்டம் அத்தகடுகளுக்கிடையே பாய வேண்டும். அதாவது நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் மின்புலம் (அல்லது மின்பாயம்) ஒரு மின்னோட்டத்தை உருவாக்குகிறது. மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே பாயும் இம்மின்னோட்டம் **இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்** (displacement current) என்றழைக்கப்படும் (படம் 5.5)



படம் 5.5 மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கு நடுவே காஸ் விதியைப் பயன்படுத்துதல்

நிலைமின்னியலின் காஸ் விதியைப் பயன்படுத்த, மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே மின்பாயமானது,

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = EA = \frac{q}{\epsilon_\circ}$$

இங்கு A என்பது மின்தேக்கித் தகடுகளின் பரப்பளவு. மின்பாயத்தின் மாறுபாடு,

$$\frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{1}{\epsilon_o}\frac{dq}{dt} \quad \text{(அல்லது)}$$

$$\frac{dq}{dt} = \epsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt}$$

$$i_d = \epsilon_o \frac{d\Phi_E}{dt} \qquad (5.5)$$

இங்கு $\frac{dq}{dt} = i_d$ என்பது இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் அல்லது மேக்ஸ்வெல்லின் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் என்றழைக்கப்படும்.

குறிப்பிட்ட ஒரு பகுதியில் நேரத்தைப் பொறுத்து மின்புலம் (அல்லது மின்பாயம்) மாற்றமடையும்போது, அதனால் உருவாகும் மின்னோட்டமே இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. அதாவது, எப்போதெல்லாம் மின்புலத்தில் மாற்றம் நிகழ்கிறதோ அங்கு இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் உருவாகின்றது.

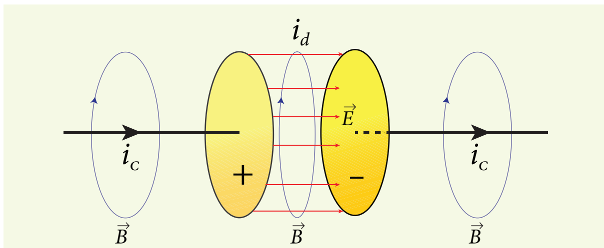
ஆம்பியர் விதியை மேக்ஸ்வெல் பின்வரும் வகையில் மாற்றம் செய்தார்:

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 i = \mu_0 [i_c + i_d]$$

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 i_c + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \qquad (5.6)$$

இங்கு பரப்பினால் சூழப்பட்ட மொத்த மின்னோட்டமானது கடத்து மின்னோட்டம் மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் கூடுதல் ஆகும். அதாவது, $i = i_c + i_d$. சமன்பாடு (5.6) **ஆம்பியர்–மேக்ஸ்வெல் விதி** எனப்படுகிறது. மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் மாறாமல் உள்ளபோது, இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் சுழியாகும்.

மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கிடையே கடத்து மின்னோட்டம் சுழியாகவும், இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் சுழியற்றதாகவும் உள்ளது. இந்த இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் அல்லது நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் மின்புலம் ஆனது இத்தகடுகளுக்கு இடையே ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது. படம் (5.6)ல் காட்டியுள்ளவாறு இக்காந்தப்புலம் மின்புலத்தின் திசைக்கு செங்குத்தாக அமைந்துள்ளது. இக்காந்தப்புலத்தின் மதிப்பை சமன்பாடு (5.6) ஆல் அறியலாம்.



படம் 5.6 கடத்து மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டங்களால் காந்தப்புலம் உருவாதல்

மேக்ஸ்வெல் திருத்தத்தின் முக்கியத்துவம்:

சூரியனிலிருந்தும் பிற விண்மீன்களிலிருந்தும் கதிர்வீச்சுகளை பூமி பெறுகிறது. மின்துகளோ மின்னோட்டமோ ஏதுமற்ற வெற்றிட வெளியினூடே இக்கதிர்வீச்சுகள் பரவுகின்றன. ஆம்பியர் விதிப்படி, மின்னோட்டத்தினால் மட்டுமே காந்தப்புலத்தை உருவாக்க முடியும். இவ்விதி மட்டுமே மெய்யாக இருக்குமேயானால், எந்தக் கதிர்வீச்சுமே உருவாக இயலாது.

நேரத்தைப் பொறுத்துமாறுபடும்மின்புலம்அல்லது இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டமும் கூட காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் என்பதை ஆம்பியர் விதியில் மேக்ஸ்வெல் செய்த திருத்தமான $\left(\mu_0\epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}\right)$ என்ற பதம் உறுதி செய்கிறது. வெற்றிடமாகவுள்ள புறவெளியில் கடத்து மின்னோட்டம் சுழியாக இருப்பினும், இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் இருக்கிறது. எனவே, சமன்பாடு (5.6),

$$\oint_l \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0\epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

விண்மீன்களிலுள்ள அணுக்களின் வெப்பக் கிளர்வினால், நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் மின்புலம் உருவாகின்றது; இதனால் நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் காந்தப்புலம் உருவாகின்றது. பாரடேயின் விதிப்படி, நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் இக்காந்தப்புலத்தால் நேரத்தைப் பொறுத்து மாறும் மின்புலம் மீண்டும் உருவாக்கப்படுகிறது; (புலங்களை உருவாக்கும்) இந்நிகழ்வுகள் தொடர்ந்து ஏற்படுகின்றன. ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புடைய, நேரத்தைப் பொறுத்து மாறுபடும் மின்புலமும் காந்தப்புலமும் வெற்றிட வெளியில் ஒளியின் வேகத்தில் பரவுகின்றன; இதையே **மின்காந்த அலை** என்பர்.

சமச்சீர் இயல்பின் அடிப்படையில் மட்டுமே மேக்ஸ்வெல் தன் வாதத்தை வைத்துத் தொடங்கினாலும், அண்டத்தின் ஒரு முக்கிய இயல்பான மின்காந்த அலைகளின் இருப்பை ஆம்பியர் சமன்பாட்டில் அவர் அளித்த திருத்த பதம் விளக்குகின்றது.

குறிப்பு

இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்

மேக்ஸ்வெல்தான் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் என்ற சொல்லைத் தேர்வு செய்தார். ஆனால் உண்மையில் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டத்தில் எந்த மின்துகளும் இடப்பெயர்ச்சி அடைவதில்லை. வரலாற்றுக் காரணங்களுக்காக நாம் அதே பெயரை பயன்படுத்துகிறோம்.

எடுத்துக்காட்டு 5.1

230 V RMS மதிப்பும் 50 Hz அதிர்வெண்ணும் கொண்ட மாறுதிசை மின்னழுத்த மூலத்துடன் இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்தேக்கியின் தட்டுகளுக்கு இடையேயான தொலைவு 1 mm மற்றும் அவற்றின் பரப்பளவு 20 cm^2 எனில் நேரம் t = 1 s –ல் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டத்தின் மதிப்பைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கு இடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$V = V_{max}\sin 2\pi ft$$
$$= 230\sqrt{2}\ \sin(2\pi \times 50t)$$
$$\therefore V = 325\sin 100\pi t$$

$$d = 1\text{ mm} = 1\times10^{-3}\text{ m}$$
$$A = 20\text{ cm}^2 = 20\times10^{-4}\text{ m}^2$$

இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்,

$$i_d = \epsilon_\circ \frac{d\Phi_E}{dt} = \epsilon_\circ \frac{d(EA)}{dt}$$

$$\therefore i_d = \frac{\epsilon_0 A}{d}\left[\frac{dV}{dt}\right] \qquad \left[\because E = \frac{V}{d}\right]$$
$$= \frac{\epsilon_0 A}{d}(325)(100\pi)\cos 100\pi t$$
$$= \left(\begin{matrix}8.85\times10^{-12}\times20\times10^{-4}\times325\\ \times100\times3.14\times\cos(100\pi\times1)\end{matrix}\right)\Big/\left(1\times10^{-3}\right)$$
$$= 1.81\times10^{-6}\text{ A} = 1.81\ \mu\text{A} \quad [\because \cos(100\pi\times1) = 1]$$

5.1.2 மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளின் தொகை நுண்கணித வடிவம்

மின்னியக்கவியலை, மேக்ஸ்வெல்லின் சமன்பாடுகள் என்று அழைக்கப்படும் நான்கு அடிப்படைச் சமன்பாடுகளாக சுருக்கி விடலாம். இவை இயக்கவியலில் உள்ள நியூட்டனின் விதிகளுக்கு இணையாக உள்ளன. மின்துகள்கள், மின்னோட்டங்கள் ஆகியவற்றின் இயல்புகளையும், மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலங்களின் பண்புகளையும் மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகள் முழுமையாக விளக்குகின்றன. இச்சமன்பாடுகளை தொகை நுண்கணித வடிவிலோ அல்லது வகை நுண்கணித

வடிவிலோ எழுதலாம். மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளின் வகை நுண்கணித வடிவம் நமது பாடத்திட்டத்திற்கு அப்பாற்பட்டது. எனவே, நமது கவனத்தை மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளின் தொகை நுண்கணித வடிவத்தில் மட்டும் இங்கு செலுத்துவோம். அவை பின்வருமாறு:

முதல் சமன்பாடு

முதல் சமன்பாடு மின்னியலின் காஸ் விதி சமன்பாடு ஆகும். இது நிகர மின்புலபாயத்தை, மூடப்பட்ட பரப்பிலுள்ள நிகர மின்னூட்டத்தோடு தொடர்பு படுத்துகிறது. கணித சமன்பாட்டின்படி பின்வருமாறு இதனை எழுதலாம்.

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{மூடப்பட்ட}}}{\epsilon_\circ} \quad \text{(மின்னியலின் காஸ்விதி)} \qquad (5.7)$$

இங்கு $\vec{E}$ என்பது மின்புலம் மற்றும் $Q_{\text{மூடப்பட்ட}}$ என்பது மூடப்பட்ட பரப்பிலுள்ள மின்துகள் களின் நிகர மின்னூட்டமாகும். இச்சமன்பாடு தனித்தனியான (discrete) மின்துகள்கள் மற்றும் மின்துகள்களின் தொடர்பகிர்வு (continuous distribution) ஆகிய இரண்டிற்கும் பொருந்தும்.

மேலும் மின்புலக் கோடுகள் நேர்மின்துகள்களில் தொடங்கி எதிர் மின்துகள்களில் முடிவடைகின்றன என்பதையும் இது நமக்கு விளக்குகிறது. மேலும் மின்புலக்கோடுகள் ஒரு மூடப்பட்ட வளைவுப்பாதையை உருவாக்குவதில்லை என்பதையும் நமக்கு உணர்த்துகிறது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் தனித்த நேர்மின்துகள் அல்லது எதிர் மின்துகள் இயற்கையில் தோன்றுகின்றன.

இரண்டாவது சமன்பாடு

இது நிலைமின்னியலின் காஸ்விதியை ஒத்துள்ளது. எனவே இவ்விதியை காந்தவியலின் காஸ்விதி என்று அழைக்கலாம். இவ்விதியின்படி, ஒரு மூடப்பட்ட பரப்பிலுள்ள காந்தப்புலத்தின் பரப்பு தொகையீட்டு மதிப்பு சுழியாகும். கணிதவியல் சமன்பாட்டின்படி

$$\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0 \quad \text{(காந்தவியலின் காஸ்விதி)} \quad (5.8)$$

இங்கு $\vec{B}$ என்பது காந்தப்புலத்தை குறிக்கிறது.

காந்தவிசைக் கோடுகள் அல்லது காந்தப்புலக் கோடுகள் ஒரு மூடப்பட்ட தொடர்பாதையை உருவாக்கும் என்பதை இவ்விதி நமக்கு உணர்த்துகிறது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் தனித்த காந்த ஒருமுனை (வடமுனை அல்லது தென்முனை) எப்போதும் இயற்கையில் உருவாகாது என்பதை நமக்கு இது உணர்த்துகிறது.

மூன்றாவது சமன்பாடு

இது பாரடேயின் மின்காந்தத் தூண்டல் விதியாகும். இவ்விதி மாறுபடும் காந்தப்பாயத்துடன் மின்புலத்தைத் தொடர்புபடுத்துகிறது. கணிதவியல் சமன்பாட்டின்படி

$$\oint_l \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_B \quad \text{(பாரடேயின் விதி)} \quad (5.9)$$

இங்கு, $\vec{E}$ என்பது மின்புலமாகும்.

ஒரு மூடப்பட்ட பாதையைச் சுற்றியுள்ள மின்புலத்தின் கோட்டுவழித் தொகையீட்டு மதிப்பு, மூடப்பட்ட பாதையால் சூழப்பட்ட பரப்பு வழியே செல்லும் காந்தப்பாயத்தின் நேரத்தைப் பொறுத்த மாற்றத்திற்குச் சமம்.

நமது நவீன தொழில் நுட்பப்புரட்சிக்குக்காரணம் பாரடேயின் மின்காந்தத்தூண்டல் விதிகளாகும்.

நான்காவது சமன்பாடு

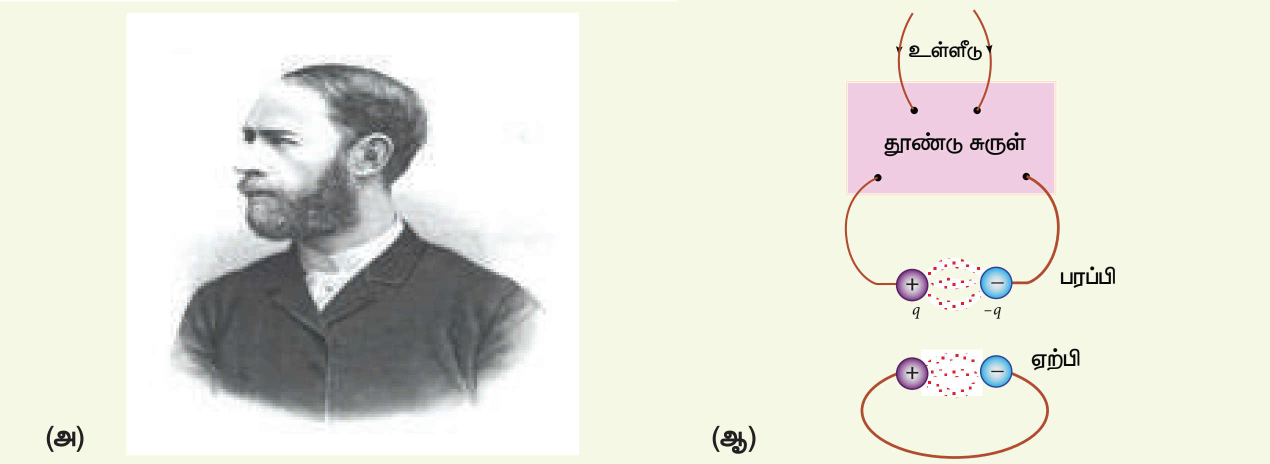
இது ஆம்பியர் சுற்றுவிதியின் மாற்றியமைக்கப்பட்ட வடிவமாகும். இதனை ஆம்பியர் – மேக்ஸ்வெல் விதி என்றும் அழைக்கலாம். இவ்விதி ஒரு மூடப்பட்ட பாதையைச் சுற்றியுள்ள காந்தப்புலத்தையும், அம்மூடப்பட்டப்பாதையில் பாயும் கடத்து மின்னோட்டம் மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டத்தையும் தொடர்பு படுத்துகிறது.

$$\oint_l \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 i_C + \mu_0\epsilon_0 \frac{d}{dt}\oint_S \vec{E}.\vec{dA}$$

(ஆம்பியர் – மேக்ஸ்வெல் விதி) (5.10)

இங்கு $\vec{B}$ என்பது காந்தப்புலமாகும். இவ்விதி கடத்து மின்னோட்டம் மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் இரண்டுமே காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் எனக் காட்டுகிறது.

இந்த நான்கு சமன்பாடுகள் மின்னியக்கவியலின் மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இச்சமன்பாடுகள் மின்காந்த அலைகளின் இருப்பை உறுதிசெய்கின்றன. விண்மீன்கள், விண்மீன் தொகுப்புகள், கோள்கள் போன்றவற்றைப்பற்றிய புரிதல், இவ்வான் பொருட்களிலிருந்து வெளியிடப்படும் மின்காந்த அலைகளை ஆய்வு செய்வதாலேயே ஏற்படுகின்றது.



படம் 5.7 (அ) ஹென்ரிக் ருடால்ப் ஹெர்ட்ஸ் (ஆ) ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வுக்கருவியின் கருத்துப்படம்

5.2 மின்காந்த அலைகள்

மின்காந்த அலைகள் என்பவை இயந்திர அலைகளிலிருந்து மாறுபட்ட வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகத்திற்குச் சமமான வேகத்தில் செல்லும் அலைகளாகும். இது ஒரு குறுக்கலையாகும். இப்பகுதியில் நாம் மின்காந்த அலைகளின் உருவாக்கம், அவற்றின் பண்புகள், மின்காந்த அலைகளின் மூலங்கள் மற்றும் மின்காந்த அலைகளின் வகைப்பாட்டினைப்பற்றி கற்கலாம்.

5.2.1 மின்காந்த அலைகளின் உருவாக்கம் மற்றும் பண்புகள் – ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வு

மேக்ஸ்வெல்லின் கணிப்பு, ஆராய்ச்சி பூர்வமாக 1888 இல் ஹென்ரிக் ருடால்ப் ஹெர்ட்ஸ் என்பாரால் நிரூபிக்கப்பட்டது. ஆய்வு அமைப்பு படம் 5.7 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இக்கருவியில் சிறிய உலோக கோளங்களால் செய்யப்பட்ட இரண்டு உலோக மின்வாய்கள் அமைக்கப் பட்டுள்ளன. இவை பெரிய கோளங்களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்வாய்களின் மறுமுனைகள் மிக அதிக சுற்றுகளையுடைய தூண்டு சுருளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வமைப்பு மிக அதிக மின்னியக்கு விசையை (emf) உருவாக்கும்.

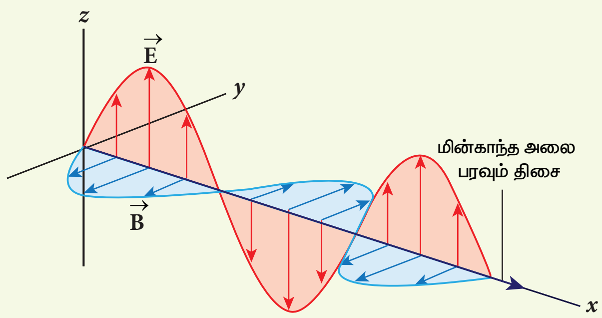
கம்பிச்சுருள் மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தைப் பெற்றுள்ளதால் மின்வாய்களுக்கு இடையே உள்ள காற்று அயனியாகி தீப்பொறி ஏற்படுகின்றது (மின்னிறக்கத்தால் தீப்பொறி ஏற்படுகின்றது). மின்வாய்களுக்கிடையே உள்ள சிறிய இடைவெளியிலும் தீப்பொறி ஏற்படுகிறது (மின்வாய் முழுவதும் மூடப்படாமல் வளைய வடிவில் சிறிய இடைவெளியுடன் காணப்படுகின்றன). மின்வாயிலிருந்து ஆற்றல் ஏற்கும் முனைக்கு (வளைய மின்வாய்க்கு) ஆற்றல் அலை வடிவில் கடத்தப்படுகின்றது. இந்த அலையே மின்காந்த அலையாகும்.

ஏற்கும் முனையை 90° சுழற்றினால் ஏற்கும் முனை தீப்பொறி எதையும் பெறாது. இது மேக்ஸ்வெல் கணிப்புப்படி மின்காந்த அலைகள் குறுக்கலைகள்தான் என்பதை உறுதிப்படுத்துகிறது. ஹெர்ட்ஸ் இந்த ஆய்விலிருந்து ரேடியோ அலைகளை உருவாக்கினார். மேலும் இவை ஒளியின் வேகத்திற்கு சமமான வேகத்தில் (3×10^{8} m s^{-1}) செல்வதை உறுதிப்படுத்தினார்.

மின்காந்த அலைகளின் பண்புகள்

1. முடுக்கிவிடப்பட்ட மின்துகள்கள் (accelerated charges) மின்காந்த அலைகளை உருவாக்குகின்றன.

2. மின்காந்த அலைகள் பரவுவதற்கு எவ்விதமான ஊடகமும் தேவையில்லை. எனவே, மின்காந்த அலை இயந்திர அலையல்ல.



படம் 5.8 மின்காந்த அலைகள் – குறுக்கலை

3. மின்காந்த அலைகள் குறுக்கலைப் பண்புடையவை. அதாவது அலைவுறும் மின்புல வெக்டர், அலைவுறும் காந்தப்புல வெக்டர் மற்றும் பரவு வெக்டர் (அலை பரவும் திசையைக் கொடுக்கும் வெக்டர்) ஆகிய மூன்று வெக்டர்களும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து என்பதை இது காட்டுகிறது. மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் இரண்டும் படம் (5.8)ல் காட்டப்பட்டுள்ள திசையில் இருந்தால் மின்காந்த அலை X திசையில் பரவும்.

4. வெற்றிடத்தில் ஒளி செல்லும் வேகத்திற்கு சமமான வேகத்தில் மின்காந்த அலைகள் செல்கின்றன. $\left[c=\frac{1}{\sqrt{\epsilon_\circ \mu_\circ}}=3\times10^8\,\mathrm{m\,s^{-1}}\right]$.
இங்கு ϵ_0 என்பது வெற்றிடத்தின் விடுதிறன் μ_0 என்பது வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறன் ஆகும். (விடுதிறன் பற்றி அறிய அலகு 1 மற்றும் உட்புகுதிறன் பற்றி அறிய அலகு 3 ஐப் பார்க்கவும்)

5. வெற்றிடத்தில் மின்காந்த அலையின் வேகத்தைவிட, விடுதிறன் ϵ மற்றும் உட்புகுதிறன் μ கொண்ட ஊடகத்தில் மின்காந்த அலையின் வேகம் குறைவாகும். அதாவது $v < c$; μ ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட ஊடகத்தில்

$$n=\frac{c}{v}=\frac{1/\sqrt{\epsilon_\circ \mu_\circ}}{1/\sqrt{\epsilon\mu}} \quad \therefore\ n=\sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

இங்கு ϵ_r என்பது ஊடகத்தின் ஒப்புமை விடுதிறன் (இதனை மின்காப்பு மாறிலி என்றும் அழைக்கலாம்). மேலும் μ_r என்பது ஊடகத்தின் ஒப்புமை உட்புகுதிறனாகும்.

6. மின்காந்த அலைகள் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலத்தால் விலகல் அடையாது.

7. மின்காந்த அலைகள் குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு ஆகியவற்றை ஏற்படுத்தும். மேலும் இவை தளவிளைவிற்கும் உட்படும்.

8. பிற அலைகளைப் போன்றே மின்காந்த அலைகளுக்கும் ஆற்றல், நேர்க்கோட்டு உந்தம் மற்றும் கோண உந்தம் ஆகியவை உள்ளன.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

- துகள்களைப் போன்றே மின்காந்த அலைகளுக்கும் நேர்க்கோட்டு உந்தம் மற்றும் கோண உந்தம் ஆகிய பண்புகள் உள்ளன என்பது ஒரு வியப்பளிக்கும் இயல்பாகும். ஒளியியல் கிடுக்கிகளின் (optical tweezers) கண்டுபிடிப்பு மற்றும் உயர் செறிவு ஒளித் துடிப்புகளின் உருவாக்கம் ஆகியவற்றிற்காக 2018 ஆம் ஆண்டு நோபெல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.
- நுண்துகள்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகள் ஆகியவற்றை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு நகர்த்தப் பயன்படும் ஒரு கருவியே ஒளியியல் கிடுக்கி ஆகும். மருத்துவத் துறையில் இதற்கு பல பயன்பாடுகள் உள்ளன. உடலில் உள்ள திசுக்களிலிருந்து (normal tissues) பாக்டீரியா மற்றும் வைரசுகளைப் பிரித்தெடுக்கவும் புற்றுநோய் செல்களிலிருந்து நல்ல நிலையிலுள்ள செல்களை மட்டும் தனியே பிரித்தெடுக்கவும் இவை பயன்படுகின்றன. மின்காந்த அலைகளின் நேர்க்கோட்டு உந்த பண்பைப் பயன்படுத்தியே ஒளியியல் கிடுக்கிகள் செயல்படுகின்றன.
- அதிகளவிலான நேர்க்கோட்டு உந்தத்தை சூரிய ஒளி அளிப்பதால் ஒரு வால் விண்மீனின் பருப்பொருள் நிறை பின்னோக்கி தள்ளப்படுவதால் தான் அதற்கு வால் போன்ற அமைப்பு உருவாகின்றது.
- மின்காந்த அலைகளின் கோண உந்த பண்பை எளிதில் புரிந்து கொள்ளலாம். எதிரெதிர் மின்னூட்டம் தாங்கிய, ஓரச்சில் அமைந்த இரு உள்ளீடற்ற உருளைகளுக்கு இடையில் வரிச்சுருள் ஒன்று வைக்கப்பட்டுள்ள அமைப்பு ஒன்றைக் கருதுக. அவ்வுருளைகளில் பாய்ந்து கொண்டிருக்கும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் திடீரென நிறுத்தப்பட்டால், உள் உருளையும் வெளி உருளையும் எதிரெதிர் திசையில் சுழல ஆரம்பிக்கும். மாறுதிசை மின்னோட்டத்தினால் உருவாகும் மின்காந்தப் புலத்தின் கோண உந்தம் இவ்வுருளைகளுக்கு அளிக்கப்படுவதனாலேயே அவை சுழல்கின்றன.

எடுத்துக்காட்டு 5.2

ஊடகம் ஒன்றின் ஒப்புமை காந்த உட்புகுதிறன் 2.5 மற்றும் ஒப்புமை மின் விடுதிறன் 2.25 எனில் அவ்ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் காண்க.

தீர்வு

ஊடகத்தின் மின்காப்பு மாறிலி (ஒப்புமை விடுதிறன்) $\epsilon_r = 2.25$

காந்த உட்புகுதிறன் $\mu_r = 2.5$

ஊடகத்தின் ஒளிவிலகல் எண்,

$$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} = \sqrt{2.25 \times 2.5} = 2.37$$

5.2.2 மின்காந்த அலைகளின் மூலங்கள்

ஓய்வில் உள்ள எந்த ஒரு மின்துகளும், மின்புலத்தை மட்டுமே உருவாக்கும் (அலகு 1 ஐ பார்க்கவும்). ஆனால் அம்மின்துகள் சீரான திசைவேகத்தில் இயங்கும்போது மாறாத மின்னோட்டத்தை கடத்தியில் உருவாக்கி, மின்துகள் பாயும் கடத்தியைச் சுற்றிலும் காந்தப்புலத்தை உருவாக்குகிறது (இக்காந்தப்புலம் நேரத்தைச் சார்ந்தல்ல, வெளியைச் சார்ந்தது). மின்னூட்டப்பட்டத் துகள்கள் முடுக்கமடையும் போது, மின்புலத்துடன் கூடுதலாக காந்தப்புலத்தையும் உருவாக்குகிறது. மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் இவ்விரண்டு புலங்களும் நேரத்தைப்பொறுத்து மாற்றமடையும் புலங்களாகும். மின்காந்த அலைகள் குறுக்கலைகளாகும். எனவே மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் உள்ள தளங்களுக்கு செங்குத்தாக உள்ள திசையில் மின்காந்த அலை பரவும்.

எந்த ஒரு அலைவு இயக்கமும், முடுக்கப்பட்ட இயக்கமாகும்.எனவே,படம் 5.9 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு மின்துகளானது மையப்புள்ளியைப் பொறுத்து அலைவுறும்போது, (அல்லது மூலக்கூறு இருமுனை அலைவுறும்போது) மின்காந்த அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும்.

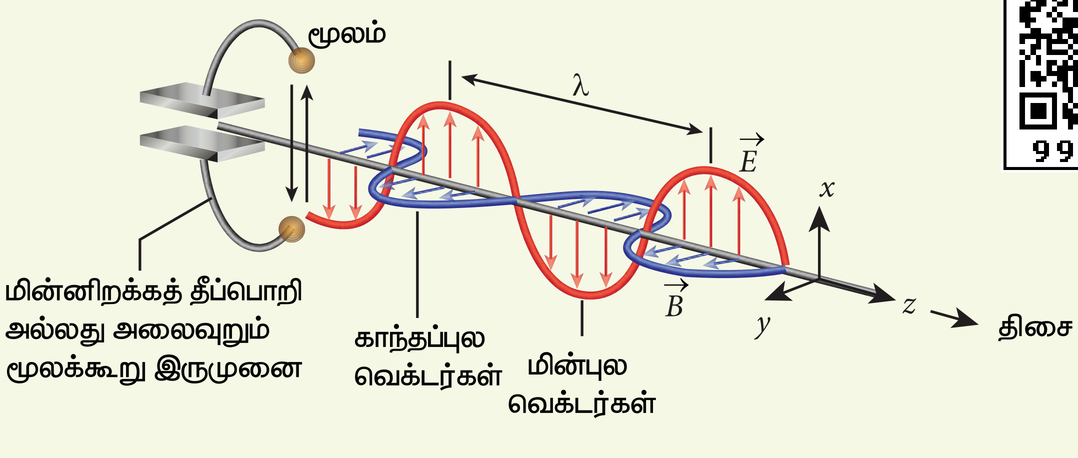
வெற்றிடத்தில் மின்காந்த அலைபரவும் திசை z-அச்சு எனவும், அதன் மின்புல வெக்டரின் திசை x-அச்சு எனவும் கொண்டால் காந்தப்புல வெக்டரின் திசை, அலைபரவும் திசை மற்றும் மின்புல வெக்டரின் திசை இவ்விரண்டு திசைகளுக்கும் செங்குத்தான திசையில் செயல்படும். அதாவது

$$E_x = E_\circ \sin(kz - \omega t)$$

$$B_y = B_\circ \sin(kz - \omega t)$$

இங்கு E_0 மற்றும் B_0 என்பவை முறையே அலைவுறும் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலங்களின் வீச்சுக்கள் (amplitude) ஆகும். k என்பது அலை எண், ω என்பது அலையின் கோண அதிர்வெண் மற்றும் $\hat{k}$ (ஓரலகு வெக்டர். இதற்கு பரவு வெக்டர் என்று பெயர்) மின்காந்த அலை பரவும் திசையினைக் காட்டுகிறது.

மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் இரண்டும் ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் (மின்காந்த அலையின் அதிர்வெண்) அதிர்வுறுகின்றன. அந்த அதிர்வெண்



படம் 5.9 அலைவுறும் மின்துகள்கள் – மின்காந்த அலைகளின் மூலங்கள்

மின்காந்த அலையின் மூலத்தின் (source of EM wave) அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாகும். (இங்கு அலைவுறும் மின்துகள் மின்காந்த அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும் மூலமாகச் செயல்படுகிறது). வெற்றிடத்தில் E_o மற்றும் B_o இன் விகிதம் மின்காந்த அலையின் வேகத்திற்குச் சமமாகும். அதாவது ஒளியின் வேகத்திற்கு (c) சமமாகும்.

$$c = \frac{E_o}{B_o}$$

எந்த ஒரு ஊடகத்திலும் E_o மற்றும் B_o இன் விகிதம் அந்த ஊடகத்தில் பரவும் மின்காந்த அலையின் வேகத்திற்கு (υ) சமமாகும். எனவே,

$$\upsilon = \frac{E_o}{B_o} < c$$

மேலும் மின்காந்த அலையின் ஆற்றல், அலைவுறும் மின்துகள்களின் இயக்க ஆற்றலிலிருந்து கிடைக்கிறது.

எடுத்துக்காட்டு 5.3

மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலத்தின் வீச்சுகள் முறையே 3×10^4 N C^{-1} மற்றும் 2×10^{-4} T கொண்ட, ஊடகத்தின் வழியே செல்லும் மின்காந்த அலையின் வேகத்தைக் காண்க.

தீர்வு

மின்புலத்தின் வீச்சு, $E_o = 3 \times 10^4$ N C^{-1}

காந்தப்புலத்தின் வீச்சு, $B_o = 2 \times 10^{-4}$ T.

ஊடகத்தின் வழியே பாயும் மின்காந்த அலையின் வேகம்

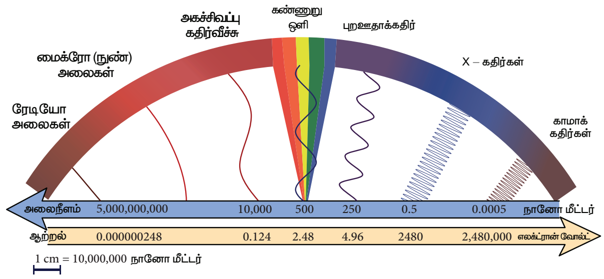
$$\upsilon = \frac{E_0}{B_0} = \frac{3\times10^4}{2\times10^{-4}} = 1.5\times10^8\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

5.2.3 மின்காந்த அலை நிறமாலை

அலைநீளம் அல்லது அதிர்வெண்ணின் அடிப்படையில் வரிசைக்கிரமமாக அமைக்கப்பட்ட மின்காந்த அலைகளின் தொகுப்பே, மின்காந்த நிறமாலை (Electromagnetic spectrum) என்று அழைக்கப்படும். இது படம் 5.10 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ரேடியோ அலைகள் (Radio waves)

மின்சுற்றில் உள்ள அலையியற்றிகளினால் ரேடியோ அலைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் சில Hz முதல் 10^9 Hz வரை இருக்கும்.



படம் 5.10 மின்காந்த அலை நிறமாலை

இவ்வகை அலைகள் எதிரொளிப்பு மற்றும் விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுகின்றன.

இது வானொலி மற்றும் தொலைக்காட்சி செய்தித்தொடர்பு அமைப்பில் பயன்படுகிறது. மேலும் மீஉயர் அதிர்வெண் பட்டைகளில் செயல்படும் கைப்பேசிகளில் குரல் தகவல் தொடர்பிலும் ரேடியோ அலைகள் பயன்படுகின்றன.

மைக்ரோ அலைகள் (Micro waves)

சிறப்பு வெற்றிடக் குழாய்களான கிளிஸ்ட்ரான், மேக்னட்ரான் மற்றும் கன் டையோடு (gunn diode) ஆகியவற்றால் மைக்ரோ அலைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 10^9 Hz முதல் 10^{11} Hz வரை இருக்கும். இவ்வகை அலைகள் எதிரொளிப்பு மற்றும் தளவிளைவிற்கு உட்படுகின்றன.

இது ரேடார் கருவிகளில் விமானங்களை வழிநடத்தியும், அவற்றின் வேகங்களை கண்டறியவும் பயன்படுகிறது. மைக்ரோ அலை சமையல்கலனில் பயன்படுகிறது. மேலும் செயற்கைக்கோள் வழியே நடைபெறும் நீண்டதூர கம்பியில்லா செய்தித்தொடர்பிற்கும் இது பயன்படுகிறது.

அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் (infrared rays)

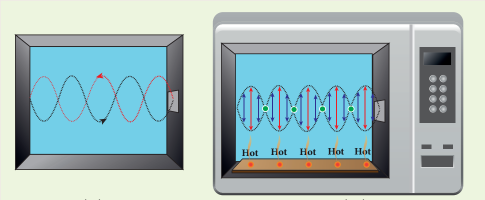
வெப்ப மூலங்களினால் அகச்சிவப்புக் கதிர்வீச்சு உருவாகிறது (இதனை வெப்ப அலைகள் என்றும் அழைக்கலாம்). மேலும் மூலக்கூறுகள் சுழற்சி இயக்கத்தையோ அல்லது அதிர்வியக்கத்தையோ மேற்கொள்ளும்போது அகச்சிவப்புக் கதிர்வீச்சு உருவாகிறது. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 10^{11} Hz முதல் 4×10^{14} Hz வரை காணப்படும்.

இவை சூரிய மின்கலன் வடிவில் செயற்கைக்கோள்களுக்கு ஆற்றலை அளிக்கிறது. அகச்சிவப்பு கதிர்களைக் கொண்டு பழங்களில் உள்ள நீரினை நீக்கி உலர் பழங்களை உருவாக்குகின்றனர். பசுமை இல்லங்களில் வெப்பக்காப்பனாக இவை பயன்படுகின்றன, தசையில் ஏற்படும் வலி மற்றும் சுளுக்கினை சரிசெய்ய வெப்ப மருத்துவ சிகிச்சை முறையில் இது பயன்படுகிறது. தொலைக்காட்சி பெட்டியில் பயன்படும்

செயல்பாடு

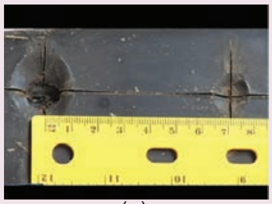
மைக்ரோ அலை சமையல்கலன் கொண்டு ஒளியின் வேகத்தை அளத்தல்:

தற்காலத்தில் உணவுப்பொருட்களை சூடாக்க மைக்ரோ அலை சமையல்கலன் பெரும்பாலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த வகை சமையல்கலன்களில் 1 mm முதல் 30 cm வரை அலைநீளமுடைய மைக்ரோ அலைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த அலைகள் மைக்ரோ அலை சமையல்கலனின் உட்புற சுவர்களுக்கிடையே ஓர் நிலைஅலை அமைப்பை (standing wave pattern) உருவாக்குகின்றன. இவ்வமைப்பினைப் பயன்படுத்தி ஒளியின் வேகத்தை பின்வரும் செயல்முறையின் மூலம் அளிக்க முடியும்.



(அ) (ஆ)

(இ)


(ஈ)

நிலை அலைகளைப்பற்றி நாம் +1 வகுப்பு தொகுதி இரண்டு, அலகு 11 – இல் பயின்றோம். நிலை அலைகள் கணுக்கள் மற்றும் எதிர்க்கணுக்களை குறிப்பிட்ட புள்ளிகளில் பெற்றிருக்கும். கணுப்பகுதியில் அலையின் வீச்சு சுழியாகும். எதிர்க்கணுவில் அலையின் வீச்சு பெருமமாகும். வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் மைக்ரோ அலையின் பெரும ஆற்றல் எதிர்கணுப்பகுதியில் அமைந்துள்ளது. சமையல்கலனின் உட்புறம் உள்ள சுழலும் மேடையை நீக்கிவிட்டு சப்பாத்தி அல்லது சாக்லேட் போன்ற உணவுப்பொருளை வைக்கும்போது எதிர்கணுப்பகுதிகள் மற்ற பகுதிகளைவிட அதிகம் சூடாகியிருப்பதைக் காணலாம். இது படம் (இ) மற்றும் (ஈ) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதிகம் சூடாகியுள்ள இரண்டு அடுத்தடுத்த பகுதிகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு மைக்ரோ அலையின் அரை அலை நீளத்தைக் கொடுக்கும். மைக்ரோ அலையின் அதிர்வெண் சமையல்கலனில் பதிவு செய்யப்பட்டிருக்கும். மைக்ரோ அலையின் அலைநீளம் மற்றும் அதிர்வெண் தெரிந்தால் $v\lambda = c$ என்ற சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி ஒளியின் வேகத்தைக் கணக்கிடலாம்.

தொலைக்கட்டுப்பாட்டு உணர்வியில் (Remote) இது பயன்படுகின்றது. மங்கலான மூடுபனியில் எதிரே வரும் வாகனங்களை பார்ப்பதற்கும், இரவு நேரங்களில் பார்ப்பதற்கும், அகச்சிவப்பு புகைப்படம் எடுக்கவும் அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் பயன்படுகிறது.

கண்ணுறு ஒளி (Visible light)

வெந்தழல் நிலையில் உள்ள பொருட்களிலிருந்து கண்ணுறு ஒளி கிடைக்கிறது. மேலும் வாயுக்களில் உள்ள கிளர்ச்சியுற்ற அணுக்களும் கண்ணுறு ஒளியை உமிழ்கின்றன. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 4×10^{14} Hz முதல் 8×10^{14} Hz வரை காணப்படும்.

எதிரொளிப்பு, ஒளிவிலகல், குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு, தளவிளைவு, ஒளிமின் விளைவு விதிகளுக்கு உட்படுகின்றது. மேலும் புகைப்படம் எடுப்பதிலும் பயன்படுகின்றது. மூலக்கூறு அமைப்பை ஆராயவும், அணுக்களின் வெளிக்கூட்டிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் அமைப்பை அறியவும், கண்களுக்கு பார்வை உணர்வை அளிக்கவும் கண்ணுறு ஒளி பயன்படுகிறது.

புறஊதாக் கதிர்கள் (ultraviolet rays)

சூரியன், மின்வில் மற்றும் அயனியாக்கப்பட்ட வாயுக்களிலிருந்து புறஊதாக் கதிர்வீச்சு கிடைக்கிறது. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 8×10^{14} Hz முதல் 10^{17} Hz வரை காணப்படும்.

இதன் ஊடுருவும் திறன் குறைவு. இப்புற ஊதாக்கதிர்கள் வளிமண்டலத்திலுள்ள ஓசோன் படலத்தால் உட்கவரப்படும். அதே நேரத்தில் இது மனித உடலுக்கு தீமை தரக்கூடியதாகும். பாக்டீரியாக்களைக் கொல்வதற்கும், அறுவை சிகிச்சை கருவிகளிலிருந்து நோய்க்கிருமிகளை நீக்குவதற்கும், திருடர் அறிவிப்பு மணியிலும், மறைந்துள்ள எழுத்துக்களை கண்டுணரவும் விரல் ரேகைகளை கண்டறியவும் மேலும் மூலக்கூறு அமைப்பை அறியவும் பயன்படுகிறது.

X–கதிர்கள் (X-rays)

உயர் அணு எண் கொண்ட தனிமத்தினால் வேகமாகச் செல்லும் எலக்ட்ரானை திடீரென எதிர்முடுக்கமடையச் செய்யும்போது(தடுக்கும்போது) X–கதிர்கள் கிடைக்கின்றன. மேலும் அணுவின் உட்புற சுற்றுப்பாதையில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் மாற்றத்தினாலும் X–கதிர்கள் உருவாகின்றன. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 10^{17} Hz முதல் 10^{19} Hz வரை காணப்படும்.

புறஊதாக்கதிர்களைவிட X–கதிர்களின் ஊடுருவுதிறன் அதிகம். அணுவின் உட்புற எலக்ட்ரான் கூடுகளின் அமைப்பை ஆராயவும், படிக அமைப்பை ஆராயவும் X–கதிர்கள் அதிகமாக பயன்படுகின்றன. மேலும எலும்புமுறிவைக் கண்டறியவும், எலும்புகள் மற்றும் சிறுநீரகக் கற்களின் உருவாக்கத்தை

கண்டறியவும், சரிசெய்யப்பட்ட எலும்பின் வளர்ச்சியை கண்டறியவும் இது பயன்படுகிறது. மேலும் உலோக வார்ப்புகளில் உள்ள வெடிப்புகளையும், குறைபாடுகளையும் மற்றும் துளைகளையும் கண்டறிய X–கதிர்கள் பயன்படுகின்றன.

காமா கதிர்கள் (Gamma rays)

அணுக்கருக்களின் மாற்றத்தினாலும், சில அடிப்படைத் துகளின் சிதைவினாலும் காமா கதிர்வீச்சு பெறப்படுகிறது. புகைப்படத்தகடுகளில் வேதி வினையினை காமா கதிர்கள் ஏற்படுத்துகின்றன. ஒளிர்தல், அயனியாதல், விளிம்புவிளைவு போன்றவற்றை ஏற்படுத்துகிறது. இதன் அதிர்வெண் நெடுக்கம் 10^{18} Hzக்கு மேலாக இருக்கும்.

X–கதிர் மற்றும் புறஊதாக்கதிரைவிட காமாகதிரின் ஊடுருவுதிறன் அதிகம். இக்கதிர்வீச்சில் எவ்வித மின்னூட்டமும் இல்லை. ஆனால் இது மனித உடலுக்கு மிகவும் ஆபத்தானதாகும். அணுக்கருவின் அமைப்பை அறிவதற்கு காமாகதிர் பயன்படுகிறது. புற்றுநோய் சிகிச்சைக்குப்பயன்படும் கதிர்வீச்சு மருத்துவ முறையில் காமா கதிர்வீச்சு பெருமளவு பயன்படுகிறது. உணவுப்பொருட்கள் தயாரிப்பிலும், நோய் உருவாக்கும் நுண்கிருமிகளை கொல்வதற்கும் காமாக் கதிர்கள் பயன்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 5.4

மைக்ரோ அலை சமையல்கலனில் உள்ள மேக்னட்ரான் ஒன்று f = 2450 MHz அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்த அலையை உமிழ்கிறது. இந்த அதிர்வெண்ணில் எவ்வளவு காந்தப்புல வலிமைக்கு எலக்ட்ரான்கள் வட்டப்பாதையில் இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும்.

தீர்வு

மின்காந்த அலையின் அதிர்வெண் f = 2450 MHz

இதற்கான கோண அதிர்வெண்

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 2450 \times 10^6$$
$$= 15{,}386 \times 10^6 \text{ Hz}$$
$$= 1.54 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

காந்தப்புலம் $B = \dfrac{m_e \omega}{|q|}$

எலக்ட்ரானின் நிறை, $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg

எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம்

$$q = -1.60 \times 10^{-19}\text{C}$$
$$\Rightarrow |q| = 1.60 \times 10^{-19}\text{C}$$

$$B = \frac{(9.11 \times 10^{-31})(1.54 \times 10^{10})}{(1.60 \times 10^{-19})} = 8.7683 \times 10^{-2}\text{T}$$

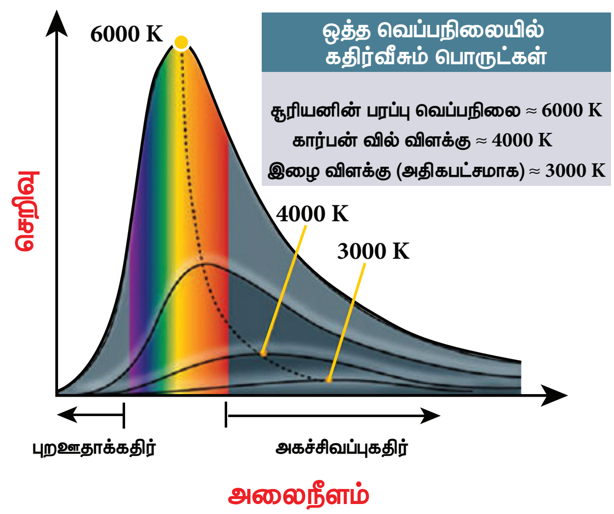
B = 0.08768 T

இந்த காந்தப்புலத்தை ஓர் நிலையான காந்தத்தைக் கொண்டு உருவாக்கலாம். எனவே 2450 MHz அதிர்வெண் கொண்ட மின்காந்த அலைகளைக் கொண்டு உணவுப்பொருட்களை சூடாக்கலாம் மற்றும் சமைக்கலாம். ஏனெனில் இம் மின்காந்த அலைகளை நீர்மூலக்கூறுகள் வலிமையாக உட்கவரும்.

5.3 நிறமாலையின் வகைகள் – வெளியிடு மற்றும் உட்கவர் நிறமாலை – ஃபிரனாஃபர் வரிகள்

UNAFWC

பொருளொன்று எரியும்போது, வண்ணங்களை உமிழ்கிறது. அதாவது அப்பொருள் மின்காந்த கதிர்வீச்சை உமிழ்கிறது. அது வெப்பநிலையைச் சார்ந்ததாகும். பொருளொன்றை வெப்பப்படுத்தும் போது அப்பொருள் வெப்பமடைந்த உடன் சிவப்புநிறத்தில் ஒளிரத் தொடங்குகிறது. மேலும் அப்பொருளை தொடர்ந்து வெப்பப்படுத்தும்போது செம்மை கலந்த ஆரஞ்சு நிறத்தில் ஒளிரும். மேலும் வெப்பப்படுத்தும்போது வெண்ணிறத்தில் ஒளிரும். படம் 5.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ள நிறமாலை



படம் 5.11 கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு நிறமாலை – வெப்பநிலையைப் பொறுத்து மாற்றம்

பொதுவாக கரும்பொருள் நிறமாலை என்று அழைக்கப்படும் (பதினோராம் வகுப்பு தொகுதி 2 அலகு 8 ஐப் பார்க்கவும்). இது தொடர் அதிர்வெண் (அல்லது அலைநீள) வளைகோடாகும். மேலும் இது பொருளின் வெப்பநிலையைச் சார்ந்ததாகும்.

படம் 5.12 இல் காட்டியுள்ளவாறு வெள்ளொளி ஒன்றை முப்பட்டகம் வழியாக செலுத்தும்போது ஏழுவண்ணங்களாகப் பிரிகை அடையும் திரையில் இதனை தொடர் நிறமாலையாகக் கணக்கிடலாம். இந்நிகழ்ச்சிக்கு ஒளியின் நிறப்பிரிகை என்று பெயர். நிறப்பிரிகையினால் திரையில் பெறப்பட்ட வண்ணங்களின் தொகுப்பே நிறமாலையாகும். இந்த நிறமாலைகள் இரண்டு மிகப்பெரிய பிரிவுகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

படம் 5.12 முப்பட்டகத்தின் வழியே வெள்ளொளியை செலுத்தும்போது நிறப்பிரிகை

(அ) வெளியிடு நிறமாலைகள் (Emission spectra)

சுயஒளிர்வுகொண்ட மூலத்திலிருந்து பெறப்படும் நிறமாலை சுய ஒளிர்வு கொண்ட வெளியிடு நிறமாலையாகும். ஒவ்வொரு ஒளிமூலமும் தனிச்சிறப்பான வெளியிடு நிறமாலையை பெற்றுள்ளது. வெளியிடு நிறமாலையை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(i) தொடர் வெளியிடு நிறமாலை (Continuous emission spectrum) அல்லது தொடர் நிறமாலை

ஒளிரும் விளக்கு (மின்னிழை விளக்கு) ஒன்றிலிருந்து வரும் ஒளியை முப்பட்டகத்தின் வழியே செலுத்தும்போது (எளிய நிறமாலைமானி) அது ஏழு வண்ணங்களாகப் பிரிகை அடையும். அதாவது ஊதாவிலிருந்து சிவப்பு வரை உள்ள கண்ணுறு வண்ணங்களின் அலைநீளங்கள் அனைத்தையும் இது பெற்றுள்ளது (படம் 5.13) எடுத்துக்காட்டுகள் : கார்பன் வில் விளக்கிலிருந்து பெறப்படும் நிறமாலை

ஒளிரும் திட, திரவப்பொருட்கள் போன்றவையும் தொடர் நிறமாலைகளைக் கொடுக்கும்.

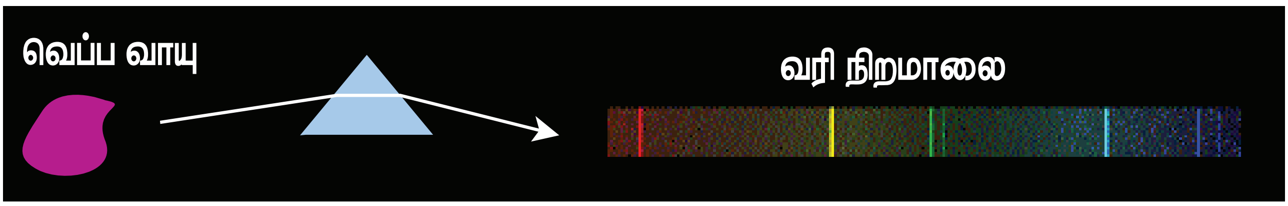
(ii) வரி வெளியிடு நிறமாலை (line emission spectrum) அல்லது வரிநிறமாலை

உயர் வெப்ப நிலையிலுள்ள வாயுவிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியை முப்பட்டகத்தின் வழியாக செலுத்தும்போது வரி நிறமாலை பெறப்படுகிறது. இது படம் 5.14 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரி நிறமாலையை தொடர்ற்ற நிறமாலை என்றும் அழைக்கலாம். வரையறுக்கப்பட்ட அலைநீளங்கள் அல்லது அதிர்வெண்களைக் கொண்ட கூர்மையான வரிகளை இந்நிறமாலை பெற்றிருக்கிறது. இவ்வகை நிறமாலைகளை கிளர்ச்சியுள்ள அணுக்கள் அல்லது அயனிகள் வெளியிடும். ஒவ்வொரு வரியும் தனிமங்களின் தனித்துவமான பண்புகளை பிரதிபலிக்கின்றன. அதாவது வெவ்வேறு தனிமங்களுக்கு வெவ்வேறு வரிகள் கிடைக்கும். எடுத்துக்காட்டுகள்: அணுநிலையிலுள்ள ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்றவை.

(iii) பட்டை வெளியிடு நிறமாலை (Band emission spectra) அல்லது பட்டை நிறமாலை

பட்டை நிறமாலையில் அதிக எண்ணிக்கையிலமைந்த, மிகவும் நெருக்கமான நிறமாலை வரிகள் ஒன்றின் மீது மற்றொன்று

படம் 5.13 தொடர் வெளியிடு நிறமாலை



படம் 5.14 வரி வெளியிடு நிறமாலை

மேற்பொருந்தி குறிப்பிட்ட பட்டைகளை உருவாக்குகிறது. இப்பட்டைகள் கருமையான இடைவெளிகளினால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன, இவ்வகை நிறமாலைகளே பட்டை நிறமாலைகள் ஆகும். இந்நிறமாலையில், பட்டையின் ஒருபுறம் கூர்மையாகவும் (அதிக ஒளிச்செறிவு) மறுபுறம் செல்லச்செல்ல மங்கலாகவும் (குறைந்த ஒளிச்செறிவுடன்) காணப்படும். கிளர்ச்சி நிலையிலுள்ள மூலக்கூறுகள் பட்டை நிறமாலைகளை வெளியிடுகின்றன.

மூலக்கூறுகளின் தனித்துவமான பண்புகளை பட்டை நிறமாலைகள் பிரதிபலிக்கின்றன. எனவே, மூலக்கூறுகளின் கட்டமைப்பை பட்டை நிறமாலையைக் கொண்டு அறியலாம். எடுத்துக்காட்டுகள்: மின்னிறக்கக் குழாயில் உள்ள ஹைட்ரஜன் வாயு, அமோனியா வாயு போன்றவை பட்டை நிறமாலைகளை உமிழ்கின்றன.

(ஆ) உட்கவர் நிறமாலை (Absorbtion spectra)

ஒரு உட்கவர் பொருள் அல்லது ஊடகத்தின் வழியே ஒளியை செலுத்தி, அதிலிருந்து பெறப்படும் நிறமாலையே உட்கவர் நிறமாலையாகும். உட்கவர் பொருளின் பண்புகளை இந்நிறமாலை பெற்றுள்ளது இவை மூன்று வகைகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

(i) தொடர் உட்கவர் நிறமாலை (continuous absorption spectrum)

நீலநிறக் கண்ணாடி வழியே வெள்ளை ஒளியை செலுத்தினால், நீல நிறத்தைத்தவிர மற்ற அனைத்து நிறங்களையும் அக்கண்ணாடி உட்கவர்ந்து கொள்ளும். இது தொடர் உட்கவர் நிறமாலைக்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

(ii) வரி உட்கவர் நிறமாலை (line absorption spectrum)

ஒளிரும் மின்னிழை விளக்கலிருந்து வரும் ஒளியை, குளிர்நிலையிலுள்ள வாயுவின் வழியே (ஊடகம்) செலுத்தியபின், முப்பட்டகத்தின் நிறப்பிரிகையினால் பெறப்பட்ட நிறமாலை வரி உட்கவர் நிறமாலையாகும். (படம் 5.15 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது) இதேபோன்று, கார்பன் வில் விளக்கிளிருந்து வரும் ஒளியை சோடிய ஆவி வழியே செலுத்திய பின் கிடைக்கும் நிறமாலையில், தொடர் நிறமாலையின் மஞ்சள் வண்ணப்பகுதியில் இரண்டு கருங்கோடுகள் காணப்படும்.

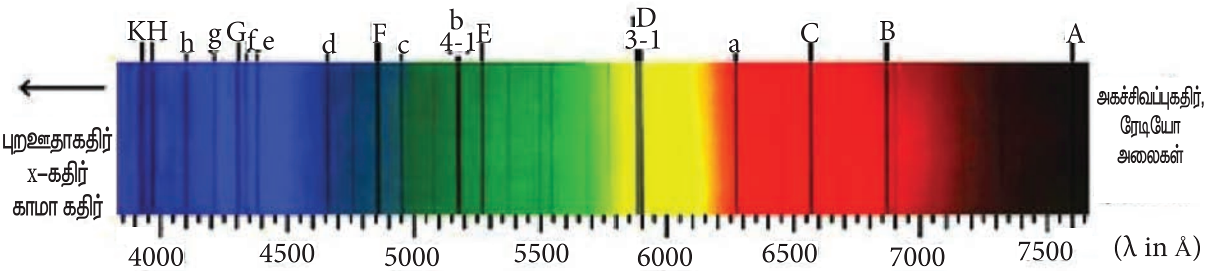
(iii) பட்டை உட்கவர் நிறமாலை (Band absorption spectrum)

வெள்ளை ஒளியை அயோடின் வாயுத்துகள்கள் வழியே செலுத்திய பின் கிடைக்கும் நிறமாலையில், பிரகாசமான தொடர் வெண்மைநிற பின்னணியில் கரும்பட்டைகள் காணப்படும். இக்கரும்பட்டைகள் பட்டை உட்கவர் நிறமாலையாகும். இது போன்றே, வெள்ளை ஒளியை நீர்த்த நிலையிலுள்ள இரத்தம் அல்லது தாவரத்தின் பச்சையம் (chlorophyll) அல்லது சில கனிம அல்லது கரிம கரைசல்களின் வழியே செலுத்தும்போது பட்டை உட்கவர் நிறமாலைகளைப் பெறலாம்.

ஃபிரனாஃபர் வரிகள்

சூரியனிலிருந்து பெறப்பட்ட நிறமாலையை ஆய்வுசெய்யும்போது, அந்நிறமாலையில் பல கருங்கோடுகள் காணப்படுகின்றன (வரி உட்கவர் நிறமாலை). சூரிய நிறமாலையில் காணப்படும் இக்கருங்கோடுகளுக்கு ஃபிரனாஃபர் வரிகள் என்று பெயர் (படம் 5.16 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது). பல்வேறு பொருட்களின் உட்கவர் நிறமாலைகளை சூரிய நிறமாலையிலுள்ள ஃபிரனாஃபர் வரிகளுடன் ஒப்பிட்டு, சூரிய வளிமண்டலத்தில் காணப்படும் தனிமங்களை கண்டறியலாம்.

படம் 5.15 வரி உட்கவர் நிறமாலை



படம் 5.16 சூரியநிறமாலை – ஃபிரனாஃபர் வரிகள்

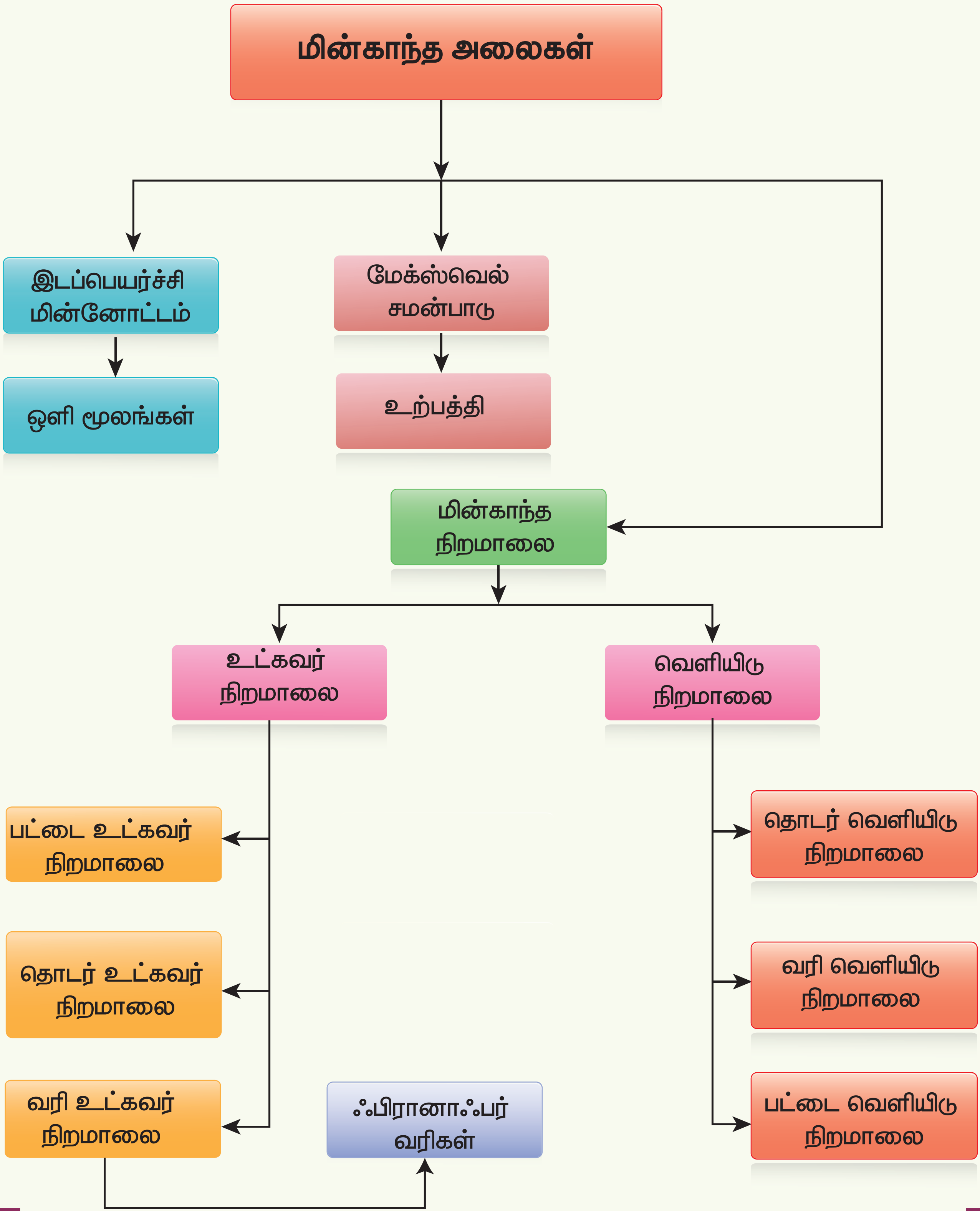
பாடச்சுருக்கம்

- நேரத்தைப் பொறுத்து எங்கெல்லாம் மின்புலமும், மின்புலபாயமும் மாற்றமடைகிறதோ அங்கெல்லாம் இடம்பெறுகின்ற மின்னோட்டமே இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டமாகும்.
- மேக்ஸ்வெல்லினால் சீரமைக்கப்பட்ட ஆம்பியரின் விதி

$$\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_o i = \mu_o\left(i_c + i_d\right).$$

- முடுக்கப்பட்ட மின்துகள்கள் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலங்களுடன் இணைந்த மின்காந்த அலைகளை வெளியில் கதிர்வீசுகின்றன. மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகவும் மேலும், மின்காந்த அலை பரவும் திசைக்கு செங்குத்தாகவும் அலைவுறுகின்றன.
- மின்காந்த அலைகள் குறுக்கலைகளாகும். அவை இயந்திர அலைகள் அல்ல. எனவே அவை பரவுவதற்கு எவ்விதமான ஊடகமும் அவசியமில்லை.
- மின்காந்த அலையின் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புல வெக்டர்களின் எண்மதிப்பு பின்வருமாறு தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளது, $c = E/B$.
- மின்காந்த அலைகள் குறுக்கீட்டு விளைவு, விளிம்பு விளைவு மேலும் தளவிளைவையும் அடைகின்றன.
- மின்காந்த அலைகளானது ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை மட்டுமல்லாமல் கோண உந்தத்தையும் சுமந்து செல்கிறது.
- வெளியிடு நிறமாலை மற்றும் உட்கவர் நிறமாலை என்று நிறமாலையை இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.
- தானாக ஒளிரும் ஒளி மூலத்திலிருந்து வெளியிடு நிறமாலையைப் பெறலாம். ஒவ்வொரு ஒளி மூலமும் அவற்றின் தனித்துவமான வெளியிடு நிறமாலையைப் பெற்றுள்ளன. வெளியிடு நிறமாலையை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். தொடர், வரி மற்றும் பட்டை நிறமாலைகள்.
- சூரியனிடமிருந்து கிடைக்கும் நிறமாலையை பகுத்து ஆராயும்போது, அதில் அதிக எண்ணிக்கையில் கருங்கோடுகள் (வரி உட்கவர் நிறமாலை) காணப்படும். சூரிய நிறமாலையில் காணப்படும் இக்கருங்கோடுகளுக்கு ஃபிரனாஃபர் வரிகள் என்று பெயர்.

கருத்து வரைபடம்



மின்காந்த அலைகள்
இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்
மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடு
ஒளி மூலங்கள்
உற்பத்தி
மின்காந்த நிறமாலை
உட்கவர் நிறமாலை
வெளியிடு நிறமாலை
பட்டை உட்கவர் நிறமாலை
தொடர் உட்கவர் நிறமாலை
வரி உட்கவர் நிறமாலை
ஃபிரானாஃபர் வரிகள்
தொடர் வெளியிடு நிறமாலை
வரி வெளியிடு நிறமாலை
பட்டை வெளியிடு நிறமாலை

I சரியான விடையை தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. $\frac{1}{\mu_o \varepsilon_\circ}$ இன் பரிமாணம்

   (a) $[L\,T^{-1}]$ (b) $[L^2\,T^{-2}]$

   (c) $[L^{-1}\,T]$ (d) $[L^{-2}\,T^2]$

2. மின்காந்த அலை ஒன்றின் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு 3×10^{-6} T எனில், அதன் மின்புலத்தின் மதிப்பு என்ன ?

   (a) 100 V m^{-1} (b) 300 V m^{-1}

   (c) 600 V m^{-1} (d) 900 V m^{-1}

3. எந்த மின்காந்த அலையைப் பயன்படுத்தி மூடுபனியின் வழியே பொருட்களைக் காண இயலும்

   (a) மைக்ரோ அலை

   (b) காமாக்கதிர்வீச்சு

   (c) X- கதிர்கள்

   (d) அகச்சிவப்புக்கதிர்கள்

4. மின்காந்த அலைகளைப் பொறுத்து பின்வருவனவற்றுள் எவை தவறான கூற்றுகளாகும்?

   (a) குறுக்கலை

   (b) இயந்திர அலைகள் அல்ல

   (c) நெட்டலை

   (d) முடுக்கப்பட்ட மின்துகள்களினால் உருவாக்கப்படுகின்றன

7JWAL8

5. அலையியற்றி ஒன்றைக் கருதுக. அதில் உள்ள மின்னூட்டப்பட்டத் துகளொன்று அதன் சராசரிப்புள்ளியைப் பொறுத்து 300 MHz அதிர்வெண்ணில் அலைவுறுகிறது எனில், அலையியற்றியால் உருவாக்கப்பட மின்காந்த அலையின் அலைநீளத்தின் மதிப்பு

   (a) 1 m (b) 10 m

   (c) 100 m (d) 1000 m

6. மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலத்தோடு இணைந்த மின்காந்த அலையொன்று எதிர்க்குறி x அச்சுத்திசையில் பரவுகிறது. பின்வருவனவற்றுள் எச்சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி அந்த மின்காந்த அலையினை குறிப்பிடலாம்.

   (a) $\vec{E} = E_\circ \hat{j}$ மற்றும் $\vec{B} = B_\circ \hat{k}$

   (b) $\vec{E} = E_\circ \hat{k}$ மற்றும் $\vec{B} = B_\circ \hat{j}$

   (c) $\vec{E} = E_\circ \hat{i}$ மற்றும் $\vec{B} = B_\circ \hat{j}$

   (d) $\vec{E} = E_\circ \hat{j}$ மற்றும் $\vec{B} = B_\circ \hat{i}$

7. வெற்றிடத்தில் பரவும் மின்காந்த அலை ஒன்றின் மின்புலத்தின் சராசரி இருமடிமூல மதிப்பு (rms) 3 V m^{-1} எனில் காந்தப்புலத்தின் உச்சமதிப்பு என்ன?

   (a) 1.414×10^{-8} T (b) 1.0×10^{-8} T

   (c) 2.828×10^{-8} T (d) 2.0×10^{-8} T

8. $\vec{v} = v\,\hat{i}$ என்ற திசைவேகத்துடன் மின்காந்த அலை ஒரு ஊடகத்தில் பரவுகின்றது. இவ்வலையின் மாறுதிசை மின்புலம் $+y$-அச்சின் திசையில் இருந்தால், அதன் மாறுதிசை காந்தப்புலம் ___________ இருக்கும்.

   (a) $-y$ திசையில் (b) $-x$ திசையில்

   (c) $+z$ திசையில் (d) $-z$ திசையில்

9. காந்த ஒரு முனை (magnetic monopole) ஒன்று தோன்றுகிறது எனக் கருதினால், பின்வரும் மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளில் எச்சமன்பாட்டை மாற்றியமைக்க வேண்டும்?

   (a) $\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{மூடப்பட்ட}}}{\epsilon_\circ}$ (b) $\oint \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$

   (c) $\oint \vec{B}\cdot \vec{dl} = \mu_\circ I_{\text{மூடப்பட்ட}} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d}{dt}\int_s \vec{E}.\vec{dA}$

   (d) $\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_B$

10. பிரான்ஹோபர் வரிகள் எவ்வகை நிறமாலைக்கு எடுத்துக்காட்டு?

   (a) வரி வெளியிடு (b) வரி உட்கவர்

   (c) பட்டை வெளியிடு (d) பட்டை உட்கவர்

11. பின்வருவனவற்றுள் எது மின்காந்த அலையாகும்?
(a) α - கதிர்கள் (b) β - கதிர்கள்
(c) γ - கதிர்கள் (d) இவை அனைத்தும

12. பின்வருவனவற்றுள் எது மின்காந்த அலையை உருவாக்கப்பயன்படுகிறது?
(a) முடுக்குவிக்கப்பட்ட மின்துகள்
(b) சீரான திசைவேகத்தில் இயங்கும் மின்துகள்
(c) ஓய்வுநிலையிலுள்ள மின்துகள்
(d) மின்னூட்டமற்ற ஒரு துகள்

13. ஒரு சமதள மின்காந்த அலையின் மின்புலம் $E = E_o \sin [10^6 x - \omega t]$ எனில் ω வின் மதிப்பு என்ன?
(a) 0.3×10^{-14} rad s^{-1}
(b) 3×10^{-14} rad s^{-1}
(c) 0.3×10^{14} rad s^{-1}
(d) 3×10^{14} rad s^{-1}

14. பின்வருவனவற்றுள் மின்காந்த அலையைப் பொறுத்து தவறான கூற்றுகள் எவை?.
(a) இது ஆற்றலைக் கடத்துகிறது
(b) இது உந்தத்தைக் கடத்துகிறது
(c) இது கோண உந்தத்தைக் கடத்துகிறது
(d) வெற்றிடத்தில் அதன் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து வெவ்வேறு வேகங்களில் பரவுகிறது.

15. மின்காந்த அலையின் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலங்கள்
(a) ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன. மேலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து
(b) ஒரே கட்டத்தில் இல்லை. மேலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து இல்லை
(c) ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன. மேலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து இல்லை
(d) ஒரே கட்டத்தில் இல்லை. மேலும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்து

விடைகள்:

1) b	**2)** d	**3)** d	**4)** c	**5)** a
6) b	**7)** a	**8)** c	**9)** b	**10)** b
11) c	**12)** a	**13)** d	**14)** d	**15)** a

II சிறு வினாக்கள்

1. இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம் என்றால் என்ன?
2. மின்காந்த அலைகள் என்றால் என்ன?
3. சீரமைக்கப்பட்ட ஆம்பியரின் சுற்று விதியின் தொகையீட்டு வடிவத்தை எழுதுக.
4. காந்தவியலின் காஸ் விதியைப் பற்றி குறிப்பு வரைக.
5. பின்வருவனவற்றின் பயன்பாடுகளைக் கூறுக: (i) அகச்சிகப்பு கதிர்கள், (ii) மைக்ரோ அலைகள் மற்றும் (iii) புற ஊதாக் கதிர்கள்
6. பிரான்ஹோபர் வரிகள் என்றால் என்ன? சூரியனிலுள்ள தனிமங்களைக் கண்டறிவதில் அவை எவ்வாறு உதவுகின்றன?
7. ஆம்பியர்–மேக்ஸ்வெல் விதியைப் பற்றி குறிப்பு வரைக.
8. மின்காந்த அலைகள் ஏன் இயந்திர அலைகள் அல்ல?

III நெடுவினாக்கள்

1. மேக்ஸ்வெல் சமன்பாடுகளை தொகை நுண்கணித வடிவில் எழுதுக.
2. சிறு குறிப்பு வரைக (அ) மைக்ரோ அலை (ஆ) X–கதிர் (இ) ரேடியோ அலைகள் (ஈ) கண்ணுறு நிறமாலை
3. ஹெர்ட்ஸ் ஆய்வை விளக்கவும்.
4. ஆம்பியரின் சுற்று விதியில் மேக்ஸ்வெல் செய்த மாற்றத்தை விளக்கவும்.
5. மேக்ஸ்வெல் செய்த திருத்தத்தின் முக்கியத்துவத்தை விளக்குக.
6. மின்காந்த அலைகளின் பண்புகளைக் கூறுக.
7. மின்காந்த அலைகளின் மூலங்களைப் பற்றி விளக்கவும்.
8. வெளியிடு நிறமாலையின் வகைகளை விளக்கவும்.
9. உட்கவர் நிறமாலையின் வகைகளை விளக்கவும்.

IV கணக்குகள்

1. இலேசான பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள இணைத்தட்டு மின்தேக்கி ஒன்றைக் கருதுக. தகடுகளின் ஆரம் R எனவும் இரண்டு தகடுகளையும் இணைக்கும் கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் 5A எனவும் கொண்டு, தகடுகளின் வழியே ஓரலகு நேரத்தில் மாற்றமடையும் மின்புலபாயத்தை நேரடியாகக்

கணக்கிட்டு, அதன்மூலம் இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் தகடுகளுக்கு நடுவே உள்ள சிறிய இடைவெளியில் தகடுகளின் வழியே பாயும் இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக

விடை: $I_d = I_c = 5$ A

2. பரப்பி ஒன்றின் LC சுற்றில் உள்ள மின்தூண்டியின் மதிப்பு 1 μH மற்றும் மின்தேக்கியின் மதிப்பு 1 μF என்க. இப்பரப்பியில் தோற்றுவிக்கப்படும் மின்காந்த அலையின் அலைநீளம் என்ன ?

விடை : 18.84×10^2 m

3. 10^{-6} s நேர அளவு கொண்ட ஒளித்துடிப்பு ஒன்று தொடக்கத்தில் ஓய்வு நிலையில் உள்ள சிறிய பொருளினால் முழுவதும் உட்கவரப்படுகிறது. ஒளித்துடிப்பின் திறன் 60×10^{-3} W எனில், அச்சிறிய பொருளின் இறுதி உந்தத்தைக் கணக்கிடு

விடை: 20×10^{-17} kg m s^{-1}

4. x அச்சுத்திசையில் பரவும் மின்காந்த அலை ஒன்றைக் கருதுக. y அச்சுத்திசையில் செயல்படும் காந்தப்புலத்தின் அலைவுகளின் அதிர்வெண் 10^{10} Hz மற்றும் அதன் வீச்சு 10^{-5} T எனில், மின்காந்த அலையின் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடு. மேலும் இந்நிகழ்வில் தோன்றும் மின்புலத்தின் சமன்பாட்டினையும் எழுதுக.

விடை: $\lambda = 3 \times 10^{-2}$ m மற்றும்

$$\vec{E}(x,t) = 3\times10^3 \sin\left(2.09\times10^2 x - 6.28\times10^{10} t\right)(-\hat{k})\,\mathrm{NC}^{-1}$$

5. ஊடகம் ஒன்றின் ஒப்புமை உட்புகுதிறன் மற்றும் ஒப்புமை விடுதிறன்கள் முறையே 1.0 மற்றும் 2.25 எனில், அவ்வூடகத்தின் வழியே பரவும் மின்காந்த அலையின் வேகத்தைக் காண்க.

விடை: $\upsilon = 2 \times 10^8$ m s^{-1}

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. H. C. Verma, *Concepts of Physics – Volume 2*, Bharati Bhawan Publisher.
2. Halliday, Resnick and Walker, *Fundamentals of Physics*, Wiley Publishers, 10th edition.
3. Serway and Jewett, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Brook/Coole publishers, Eighth edition.
4. David J. Griffiths, *Introduction to electrodynamics*, Pearson publishers.
5. Paul Tipler and Gene Mosca, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Sixth edition, W.H.Freeman and Company.

இணையச் செயல்பாடு

மின்காந்த அலைகள்

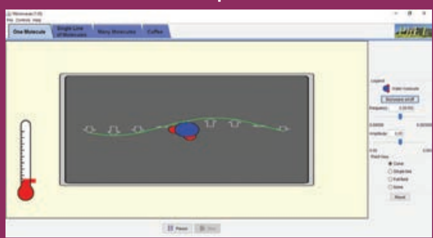
நோக்கம்: மைக்ரோ அலை சமையல்கலன் மூலம் உணவு எவ்வாறு சமைக்கப்படுகிறது என்பதை மாணவர்கள் புரிந்துகொள்வார்கள்.

தலைப்பு:
மைக்ரோ அலை சமையல்கலன்

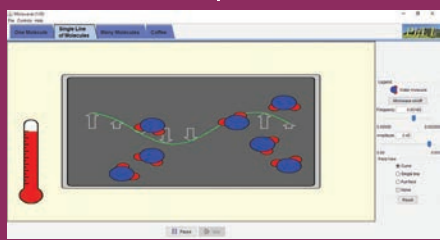
படிகள்

- "phet.colorado.edu/en/simulation/microwaves" என்ற வலைப்பக்கத்திற்கு செல்லுங்கள்.
- 'one molecule' என்ற தாவலை சொடுக்கவும். வலது பக்கத்தில் இருக்கும் on பொத்தானை சொடுக்கி சமையல்கலனை செயல்படச் செய்யுங்கள்.
- 'one molecule' என்ற தாவலை சொடுக்கி மைக்ரோ அலைகளின் விசை உணவிலிருக்கும் நீர் மீது எவ்வாறு செயல்படுகிறது என்பதை கவனியுங்கள்.
- மைக்ரோ அலைகள், உணவிலுள்ள நீர் மூலக்கூறுகளை சுழலச் செய்து வெப்ப ஆற்றலை உருவாக்கி உணவினை சமைப்பதை கவனியுங்கள்.
- மைக்ரோ அலைகளின் வீச்சு மற்றும் அதிர்வெண்ணை மாற்றம் செய்யும் போது நீர் மூலக்கூறுகளின் சுழற்சி வேகம் மாறுகிறதா ? எவ்வாறு மாறுகிறது?

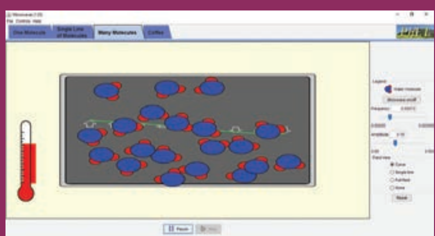
படி 1



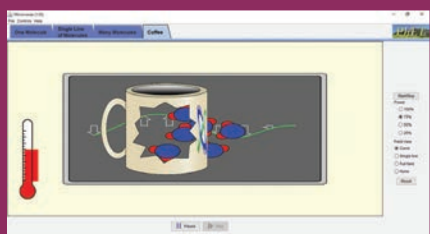
படி 2



படி 3



படி 4



நீர் மூலக்கூறுகளின் சுழற்சி வேகத்திற்கும் சமைக்கும் நேரத்திற்கான தொடர்பை விவாதியுங்கள்.

குறிப்பு:

உங்கள் உலாவியில் flash player இல்லையென்றால் அதனை நிறுவவும். நீங்கள் 'phet' பாவிப்பியை அகல்நிலையில் பயன்படுத்த இந்த உரலியை சொடுக்குங்கள். https://phet.colorado.edu/en/offline–access.

உரலி:

https://phet.colorado.edu/en/simulation/microwaves

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B226_12_PHYSICS_TM

மேனிலை இரண்டாம் ஆண்டு

இயற்பியல்

செய்முறை

சோதனைகளின் பட்டியல்

1. மீட்டர் சமனச்சுற்றைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண்ணைக் கண்டறிதல்.

2. டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரைப் பயன்படுத்தி, புவிக்காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறின் மதிப்பை கண்டுபிடித்தல்.

3. மின்னழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசையை ஒப்பிடுதல்.

4. நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி, முப்பட்டகத்தின் கோணம் மற்றும் சிறும திசை மாற்றக்கோணம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிட்டு, முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கண்டறிதல்.

5. விளிம்பு விளைவு கீற்றணி மற்றும் நிறமாலைமானி ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி செங்குத்து படுகதிர் முறை மூலம் ஒரு தொகுப்பு ஒளியின் (வெள்ளை நிற ஒளி) அலைநீளத்தை கண்டுபிடித்தல் (கீற்றணியின் ஓரலகு நீளத்தில் உள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கை கொடுக்கப்பட்டுள்ளது).

6. PN சந்தி டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு–மின்னோட்ட (V – I) பண்பு வரைகோடுகளை (Characteristic curves) ஆராய்தல்.

7. செனார் டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு–மின்னோட்ட (V – I) பண்பு வரைகோடுகளை (Characteristic curves) ஆராய்தல்.

8. பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று அமைப்பில் NPN சந்தி டிரான்சிஸ்டரின் நிலையான பண்பு வரைகோடுகளை (Static characteristic curves) ஆராய்தல்.

9. தொகுப்புச்சுற்றுகளைக் கொண்டு, தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளைச் சரிபார்த்தல்.

10. தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி, டீ மார்கன் தேற்றங்களைச் சரிபார்த்தல்.

JGI5B4

1. மீட்டர் சமனச்சுற்றைப் பயன்படுத்தி கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண் கண்டறிதல்

நோக்கம் மீட்டர் சமனச்சுற்றைப் பயன்படுத்தி கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண்ணை கண்டுபிடித்தல்.

தேவையான கருவிகள் மீட்டர் சமனச்சுற்று, கால்வனாமீட்டர், சாவி, மின்தடைப்பெட்டி, இணைப்புக் கம்பிகள், லெக்லாஞ்சி மின்கலம், தொடுசாவி மற்றும் உயர் மின்தடை.

வாய்ப்பாடு

$$\rho = \frac{X\pi r^2}{L} \quad (\Omega m)$$

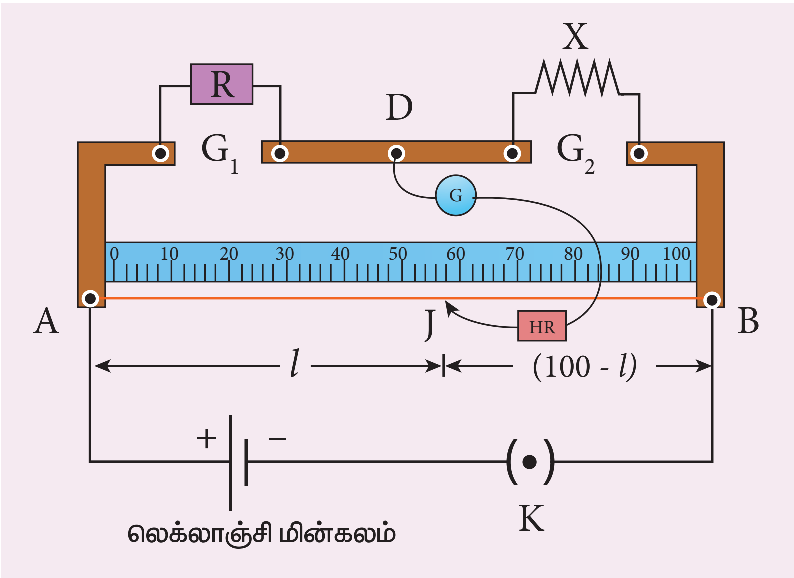
இங்கு, $\rho \rightarrow$ கம்பிச்சுருளின் மின்தடை எண் (Ωm)

$X \rightarrow$ கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருளின் மின்தடை (Ω)

$L \rightarrow$ கம்பிச்சுருளின் நீளம் (m)

$r \rightarrow$ கம்பியின் ஆரம் (m)

மின்சுற்று வரைப்படம்



செய்முறை:

- மீட்டர் சமனச்சுற்றின் இடது இடைவெளியில் மின்தடைப்பெட்டி R–ம், வலது இடைவெளியில் கண்டறிய வேண்டிய மின்தடை X–ம் இணைக்கப்படுகின்றன.
- $1\ m$ நீளமுள்ள கம்பிக்கு குறுக்கே லெக்லாஞ்சி மின்கலம் ஒன்று சாவி வழியே இணைக்கப்படுகிறது.
- உணர்திறன் மிக்க கால்வனாமீட்டர் G–ஆனது தாமிரப்பட்டையின் மையப்புள்ளிக்கும் தொடுசாவி J–க்கும் இடையே உயர் மின்தடை (HR) வழியே இணைக்கப்படுகிறது.
- மின்தடைப்பெட்டியில் தகுந்த மின்தடை தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு, மின்சுற்று இயக்கப்படுகிறது.
- மின்சுற்றின் இணைப்புகளைச் சரிபார்ப்பதற்கு தொடுசாவியானது கம்பியின் A முனையில் தொடப்படுகிறது. கால்வனாமீட்டரின் விலகல் ஒரு திசையில் அமையும். தொடுசாவியை கம்பியின்

மறுமுனையான B–ல் தொடும் போது கால்வனாமீட்டர் விலகல் எதிர்திசையில் அமைகிறது. இது மின்சுற்றின் இணைப்புகள் சரியாக உள்ளன என்பதை உறுதி செய்கிறது.

- தொடுசாவியை கம்பியின் மீது நகர்த்தி, கால்வனாமீட்டரில் சுழி விலகலை ஏற்படுத்தும் சமன்செய் புள்ளி J கண்டறியப்படுகிறது.
- அதிலிருந்து சமன்செய் நீளம் $AJ = l$ அளவிடப்படுகிறது.
- $X_1 = \dfrac{R(100-l)}{l}$ எனும் வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, மின்தடையின் மதிப்பு X_1 கண்டறியப்படுகிறது.
- R–ன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது.
- R மற்றும் X ஆகியவற்றை இடப்பரிமாற்றம் செய்து, சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது.
- $X_2 = \dfrac{Rl}{(100-l)}$ எனும் வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, மின்தடையின் மதிப்பு X_2 கண்டறியப்படுகிறது.
- முதல் நேர்வில் பயன்படுத்திய R–இன் மதிப்புகளுக்கு சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது.
- X_1 மற்றும் X_2 ஆகியவற்றின் சராசரி மதிப்பானது கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருளின் மின்தடை X ஆகும்.
- திருகு அளவியைப் பயன்படுத்தி, கம்பியின் ஆரம் r கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது.
- மீட்டர் அளவுகோலின் மூலம் கம்பிச்சுருளின் நீளம் L அளவிடப்படுகிறது.
- X, r மற்றும் L ஆகியவற்றின் மதிப்புகளிலிருந்து கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண் கண்டறியப்படுகிறது.

காட்சிப்பதிவுகள்

கம்பிச்சுருளின் நீளம், L = ______________ cm

அட்டவணை 1:

கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருளின் மின்தடையைக் கண்டுபிடித்தல்

வ.எண்	மின்தடை R (Ω)	இடப்பரிமாற்றத்திற்கு முன்பு		இடப்பரிமாற்றத்திற்கு பின்பு		சராசரி $X = \dfrac{X_1+X_2}{2}$ (Ω)
		சமன்செய் நீளம், l (cm)	$X_1 = \dfrac{R(100-l)}{l}$ (Ω)	சமன்செய் நீளம், l (cm)	$X_2 = \dfrac{Rl}{(100-l)}$ (Ω)	
1						
2						
3						

சராசரி மின்தடை, X = ______________ Ω

அட்டவணை 2:

கம்பியின் ஆரத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

சுழிப்பிழை =

சுழித்திருத்தம் (zc) = மீச்சிற்றளவு = 0.01 mm

வ.எண்	புரிக்கோல் அளவு PSR (mm)	தலைக்கோல் ஒன்றிணைவு HSC ($div.$)	மொத்த அளவீடு $TR = PSR + (HSC \times LC)$ (mm)	சரிசெய்யப்பட்ட அளவீடு $= TR \pm ZC$ (mm)
1				
2				
3				

சராசரி விட்டம் $2r$ =………………….. mm

கம்பியின் ஆரம் r =………………….. mm

r = ………………….. $\times 10^{-3} m$

கணக்கீடு

(i) $\rho = \dfrac{X\pi r^2}{L} =$

முடிவு:

கொடுக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருளின் மின்தடை எண் = ………………….. (Ωm)

குறிப்பு

1. **மின் இணைப்புகளைச் சரிபார்த்தல்:**

   மின்சுற்றின் இணைப்புகளைச் சரிபார்ப்பதற்கு தொடுசாவியானது கம்பியின் A முனையில் தொடப்படுகிறது. கால்வனாமீட்டரின் விலகல் ஒரு திசையில் அமையும். தொடுசாவியை கம்பியின் மறுமுனையான B–ல் தொடும் போது கால்வனாமீட்டரின் விலகல் எதிர்திசையில் அமைகிறது. இது மின்சுற்றின் இணைப்புகள் சரியாக உள்ளன என்பதை உறுதி செய்கிறது.

2. **உயர் மின்தடையின் பயன்பாடு:** (HR - High resistance)

   கால்வனாமீட்டர் உணர்திறன் அதிகம் உள்ள கருவியாகும். அதிக அளவு மின்னோட்டம் அதன் வழியே பாயும் போது, கால்வனாமீட்டரின் கம்பிச்சுருள் பாதிப்படையும். எனவே, கால்வனாமீட்டரை பாதுகாப்பதற்கு உயர் மின்தடை (HR) பயன்படுத்தப்படுகிறது. கால்வனாமீட்டருடன் உயர் மின்தடை தொடரிணைப்பில் உள்ளபோது, சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் குறைகிறது. ஆதலால் கால்வனாமீட்டர் பாதுகாக்கப்படுகிறது. ஆனால் சமன்செய் நீளம் துல்லியமாக இருக்காது.

3. **துல்லியமான சமன்செய் நீளத்தை கண்டுபிடித்தல்.**

   முதலில் உயர்மின் தடையை மின்சுற்றில் இணைக்க வேண்டும் (அதாவது, உயர்மின் தடையின் சொருகு சாவியை நீக்க வேண்டும்). தோராயமான சமன்செய் நீளம் கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது. பின்னர் உயர் மின்தடையை சுற்றில் இருந்து நீக்க வேண்டும் (அதாவது உயர் மின்தடையின் சொருகு சாவியை பொருத்த வேண்டும்). தற்போது கண்டறியப்படும் சமன்செய் நீளம் துல்லியமாக இருக்கும்.

2. டேஞ்சன்ட் கால்வனா மீட்டரைப் பயன்படுத்தி புவிக் காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறு கண்டறிதல்

நோக்கம்

டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரைப் பயன்படுத்தி புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறினை கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள்

டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டர், திசைமாற்றி, மின்கலத்தொகுப்பு, மின்தடை மாற்றி, அம்மீட்டர், சாவி மற்றும், இணைப்புக்கம்பிகள்

வாய்ப்பாடு:

$$B_H = \frac{\mu_0 n k}{2r} \quad (Tesla)$$

$$k = \frac{I}{\tan\theta} \ (Ampere)$$

இங்கு, $B_H \rightarrow$ புவிக்காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு (T)

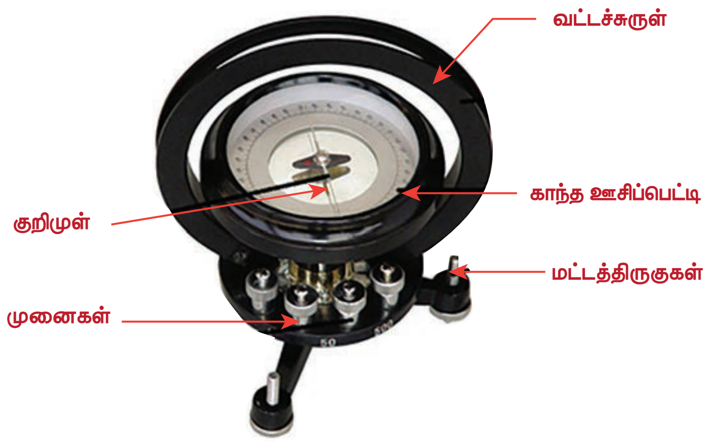
$\mu_o \rightarrow$ வெற்றிடத்தின் உட்புகுதிறன் $(4\pi \times 10^{-7}\ H\, m^{-1})$

$n \rightarrow$ சுற்றில் இணைக்கப்பட்ட டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டர் கம்பிச்சுருள்களின் எண்ணிக்கை (அலகு இல்லை)

$k \rightarrow$ டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரின் சுருக்கக்கூற்றெண் (A)

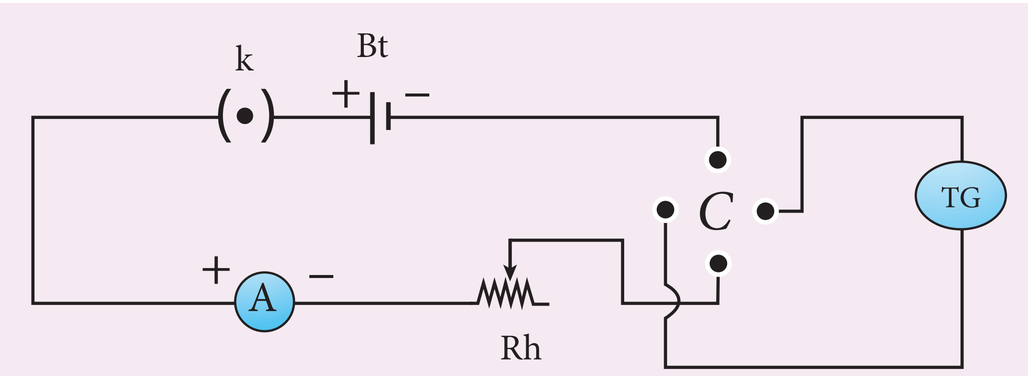
$r \rightarrow$ கம்பிச்சுருளின் ஆரம் (m)

விளக்கப்படம்



படம் (அ) டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டர்

படம் (ஆ) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை



படம் (இ) மின்சுற்று

செய்முறை:

- டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரின் தொடக்க சீரமைவுகள்

  (அ) டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரின் அடிப்பகுதியில் உள்ள மட்டத் திருகுகளை சரி செய்வதன் மூலம், கால்வனாமீட்டரின் சுழலும் வட்டத்தட்டு கிடைத்தளமாகவும், வட்ட வடிவக் கம்பிச்சுருளின் தளம் செங்குத்தாகவும் அமைக்கப்படுகிறது.

  (ஆ) வட்ட வடிவக் கம்பிச்சுருளை சுழற்றி, அதன் தளமானது காந்த துருவத்தளத்தில் (Magnetic meridian) இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. அதாவது கம்பிச்சுருளின் தளம் வடக்கு – தெற்கு திசையில் அமைய வேண்டும்.

  (இ) காந்த ஊசிப்பெட்டியை (Compass box) மட்டும் சுழற்றி, அலுமினியக் குறிமுள் $0° – 0°$ காட்டுமாறு செய்ய வேண்டும்.

- படம் (இ)–ல் உள்ளவாறு இணைப்புகள் தரப்படுகின்றன.
- கம்பிச்சுருளில் உள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு, மின்சுற்று இயக்கப்படுகிறது.
- அலுமினியக் குறிமுள்ளில் விலகலானது $30°–60°$ இடையே இருக்குமாறு மின்னோட்டத்தின் நெடுக்கம் (Current range) தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது.
- தகுந்த மின்னோட்டம் மின்சுற்றில் செலுத்தப்பட்டு, அலுமினியக் குறிமுள் முனைகளின் விலக்கங்கள் θ_1 மற்றும் θ_2 குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- திசைமாற்றியைப் பயன்படுத்தி, மின்னோட்டத்தின் திசை மாற்றப்படுகிறது. எதிர்த்திசையில் அமையும் அலுமினியக் குறிமுள் விலக்கங்கள் θ_3 மற்றும் θ_4 குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ மற்றும் θ_4 ஆகியவற்றின் சராசரி மதிப்பு θ கணக்கிடப்பட்டு, அட்டவணைப் படுத்தப்படுகிறது.
- ஒவ்வொரு மின்னோட்ட மதிப்பிற்கும், குறைப்புக்காரணி (Reduction factor) k கணக்கிடப்படுகிறது. அதன் மதிப்பு மாறிலியாக அமைவதைக் காணலாம்.
- பல்வேறு மின்னோட்ட மதிப்புகளுக்கு, சோதனையானது மீண்டும் செய்யப்பட்டு அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- கம்பிச்சுருளின் மீது நூலினைச் சுற்றி, அதன் சுற்றளவு அளவிடப்படுகிறது. பின்னர் அதிலிருந்து கம்பிச்சுருளின் ஆரம் கணக்கிடப்படுகிறது.
- r, n மற்றும் k மதிப்புகளைப் பயன்படுத்தி, புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு கண்டுபிடிக்கப்படுக்கிறது.

திசைமாற்றி (Commutator):

திசைமாற்றி என்பது மின்சுற்றுகள், மின் மோட்டார்கள் மற்றும் மின்னியற்றிகளில் பயன்படும் ஒரு வகை சாவி ஆகும். இது மின் சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டத்தின் திசையை எதிர்த்திசையில் மாற்றப் பயன்படுகிறது.

காட்சிப்பதிவுகள்:

கம்பிச்சுருள் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $n =$

கம்பிச்சுருளின் சுற்றளவு $(2\pi r) =$

கம்பிச்சுருளின் ஆரம் $r =$

வ.எண்	மின்னோட்டம் I (A)	டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டரில் விலக்கம் (டிகிரி)				சராசரி θ (டிகிரி)	$k = \frac{I}{\tan\theta}$
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4		
1							
2							
3							
4							

கணக்கீடு

$$B_H = \frac{\mu_0 n k}{2r} =$$

முடிவு

கொடுக்கப்பட்ட இடத்தில், புவிகாந்தப் புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறின் மதிப்பு = ……………… Tesla

குறிப்பு

i) டேஞ்சன்ட் கால்வனாமீட்டருக்கு அருகில் இருக்கும் காந்தப்பொருட்கள் மற்றும் காந்தங்கள் ஆகியவை அகற்றப்பட வேண்டும்.

ii) அலுமினியக் குறிமுள்ளின் முனைகளின் நிலையை இடமாறு தோற்றப்பிழை இல்லாதவாறு அளவிட வேண்டும்.

iii) டேஞ்சன்ட் கால்வனா மீட்டரின் விலக்கங்கள் 30° யிலிருந்து 60° வரை இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. ஏனெனில், இக்கருவியின் உணர்திறன் 45° என்ற கோணத்தில் பெருமம் ஆகும். மேலும் 0° மற்றும் 90° ஆகிய அளவுகளில் உணர்திறன் சிறுமம் ஆகும். அதாவது

$$I = k \tan\theta$$

$$dI = k\,sec^2\theta\, d\theta$$

$$\frac{d\theta}{dI} = \frac{\sin 2\theta}{2I}$$

கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்டத்திற்கு, $\sin 2\theta = 1$ அல்லது $\theta = 45^\circ$ எனில், உணர்திறன் $\frac{d\theta}{dI}$ ஆனது பெருமம் ஆகும்.

3. மின்னழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தி கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகளை ஒப்பிடுதல்

நோக்கம் மின்னழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தி இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகளை ஒப்பிடுதல்.

தேவையான கருவிகள் மின்கலத்தொகுப்பு, சாவி, மின்தடை மாற்றி, DPDT சாவி, லெக்லாஞ்சி மற்றும் டேனியல் மின்கலன்கள், கால்வனாமீட்டர், உயர் மின்தடைப் பெட்டி, தொடுசாவி, இணைப்புக் கம்பிகள்

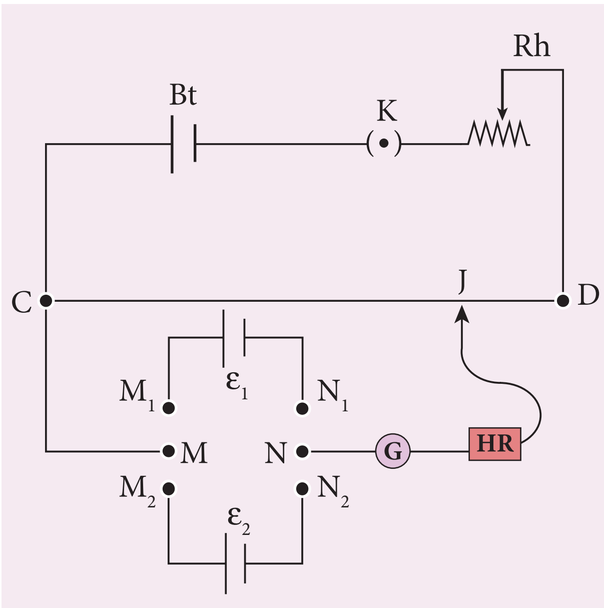
வாய்ப்பாடு

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{l_1}{l_2} \text{ (அலகு இல்லை)}$$

இங்கு ε_1 மற்றும் ε_2 ஆகியவை முறையே லெக்லாஞ்சி மற்றும் டேனியல் மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகள்

l_1 மற்றும் l_2 ஆகியவை முறையே லெக்லாஞ்சி மற்றும் டேனியல் மின்கலன்களின் சமன்செய் நீளங்கள்

மின் சுற்று



செய்முறை:

- மின்சுற்றுப் படத்தில் உள்ளவாறு கருவிகளை வைக்கவும்.
- மின்கலத்தொகுப்பு, சாவி மற்றும் மின்தடை மாற்றி ஆகியவற்றை உள்ளடக்கிய முதன்மை சுற்றை மின்னழுத்தமானியுடன் தொடர் இணைப்பில் கொடுக்கவும்.
- DPDT சாவியின் M_1 & M_2 முனைகளுடன் மின்கலன்களின் நேர்மின் முனைகளையும், N_1 & N_2 முனைகளுடன் மின்கலன்களின் எதிர்மின் முனைகளையும் இணைக்கவும். M & N ஆகிய பொது முனைகளுடன் மின்னழுத்தமானியை இணைக்கவும்.
- DPDT சாவியைக் கொண்டு லெக்லாஞ்சி மின்கலனை மின்சுற்றில் இணைக்கவும்; மின்னழுத்தமானியின் கம்பியின் மேல் தொடுசாவியை நகர்த்தி சமன்செய் புள்ளியையும் சமன்செய் நீளத்தையும் குறிக்கவும்.
- இதேபோல் டேனியல் மின்கலனின் சமன்செய் நீளத்தையும் குறித்துக் கொள்ளவும்.
- மின்தடை மாற்றியை சரிசெய்து வெவ்வேறு சமன்செய் நீளங்களை அளவிடவும்.

- வெவ்வேறு l_1 மற்றும் l_2 மதிப்புகளைக் கொண்டு இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகளின் தகவைக் கணக்கிடவும்.

காட்சிப் பதிவு

அட்டவணை: இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகளின் தகவைக் கணக்கிடுதல்

வ. எண்	லெக்லாஞ்சி மின்கலனின் சமன்செய் நீளம், l_1 (cm)	டேனியல் மின்கலனின் சமன்செய் நீளம், l_2 (cm)	$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}=\frac{l_1}{l_2}$
1			
2			
3			
4			
5			

சராசரி $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}=$

கணக்கீடு

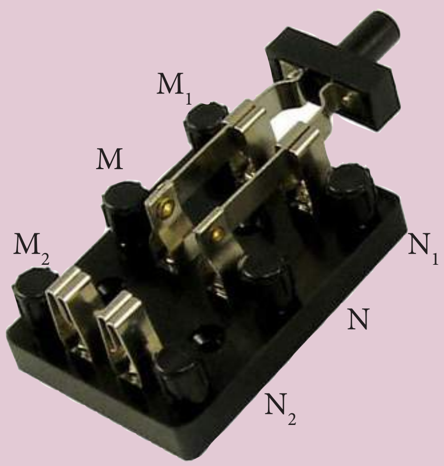
$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}=\frac{l_1}{l_2}$$

முடிவு:

இரு மின்கலன்களின் மின்னியக்குவிசைகளின் தகவு = …………………….. (அலகு இல்லை).

குறிப்பு:

DPDT சாவி



இருமுனை இருவழி சாவி (Double Pole Double Throw Switch) என்பது பொது முனைகளான M மற்றும் N ஆகியவற்றுடன் இணைப்பைக் கொடுக்கும், உலோகக் கைப்பிடி கொண்ட ஆறுமுனை சாவியாகும். கொடுக்கப்பட்ட இரு மின்கலன்களும் M_1 & N_1 மற்றும் M_2 & N_2 முனைகளுடன் இணைக்கப்படுகின்றன. கைப்பிடியை M_1 & N_1 முனைகளுடன் பொருத்தும்போது, அம்முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்கலன் முதன்மை சுற்றில் சேர்க்கப்படுகிறது.

4. முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளி விலகல் எண் கண்டறிதல்

நோக்கம் நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளி விலகல் எண்ணைக் கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள் நிறமாலைமானி, முப்பட்டகம், முப்பட்டக இறுக்கி, பாதரச மட்டம் மற்றும் சோடியம் வாயு விளக்கு.

வாய்ப்பாடு

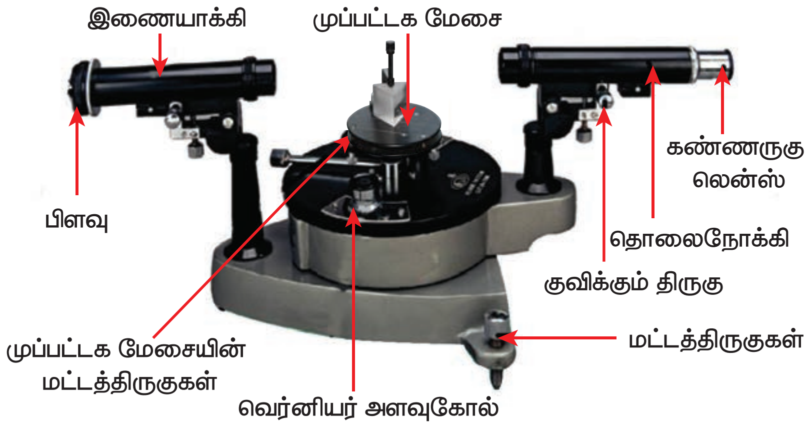
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$ **(அலகு இல்லை)**

இங்கு, $\mu \rightarrow$ முப்பட்டகப்பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் (அலகு இல்லை)

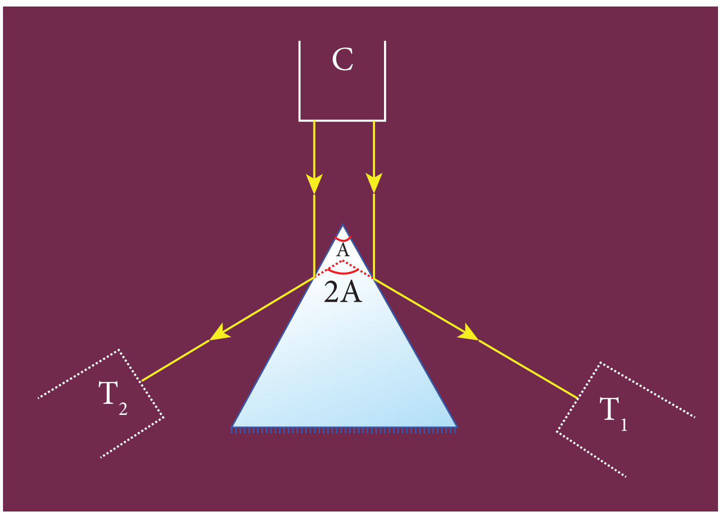
$A \rightarrow$ முப்பட்டகத்தின் கோணம் (டிகிரி)

$D \rightarrow$ சிறும திசைமாற்றக் கோணம் (டிகிரி)

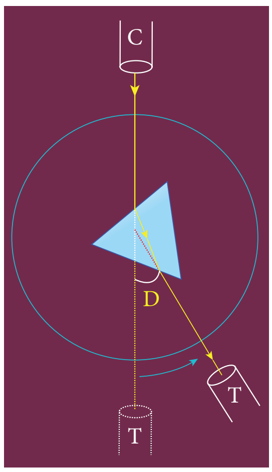
விளக்கப்படம்



படம் (அ) முப்பட்டகத்தின் கோணம்



படம் (ஆ) முப்பட்டகத்தின் கோணம்



படம் (இ) சிறும திசைமாற்றக் கோணம்

செய்முறை

1. **நிறமாலைமானியின் தொடக்கச் சீரமைவுகள்:**

- **கண்ணருகு லென்சு:** குறுக்குக்கம்பிகள் தெளிவாக தெரியுமாறு கண்ணருகு லென்ஸ் சரி செய்யப்படுகிறது.
- **பிளவு:** இணையாக்கியின் பிளவு மெல்லியதாகவும் செங்குத்தாகவும் அமைக்கப்படுகிறது.
- **நிறமாலைமானியின் அடிப்பகுதி:** மட்டத் திருகுகள் மூலம் நிறமாலைமானியின் அடிப்பகுதி கிடைத்தளமாக இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது.
- **தொலைநோக்கி:** தொலைவில் உள்ள பொருளை நோக்கி தொலைநோக்கி திருப்பப்படுகிறது. பொருளின் தெளிவான தலைகீழான பிம்பம் கிடைக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. தற்போது இணைக்கதிர்களை பெறுமாறு தொலைநோக்கியானது சரி செய்யப்பட்டுள்ளது.
- **இணையாக்கி:** தொலைநோக்கியும் இணையாக்கியும் ஒரே நேர்க்கோட்டில் அமைக்கப்படுகின்றன. பிளவின் தெளிவான பிம்பம் தொலைநோக்கியில் தெரியுமாறு, இணையாக்கி சரி செய்யப்படுகிறது. தற்போது இணையாக்கி இணையான ஒளிக்கதிர்களை தருகிறது.
- **முப்பட்டக மேசை:** பாதரச மட்டம் மற்றும் மட்டத் திருகுகளைப் பயன்படுத்தி, முப்பட்டக மேசை கிடைமட்டமாக இருக்குமாறு சரி செய்யப்படுகிறது.

2. **முப்பட்டகத்தின் கோணத்தை கண்டறிதல்** (A):

- சோடியம் வாயு விளக்கின் மூலம் பிளவு ஒளியூட்டப்படுகிறது.
- சம பக்க முப்பட்டகமானது அதன் ஒளிவிலகல் விளிம்பு, இணையாக்கியை நோக்கி இருக்குமாறு முப்பட்டக மேசை மீது வைக்கப்படுகிறது.
- இணையாக்கியிலிருந்து வெளிவரும் ஒளியானது முப்பட்டகத்தின் எதிரொளிக்கும் பக்கங்களில் பட்டு எதிரொளிக்கப்படுகிறது.
- முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தில் இருந்து எதிரொளிக்கப்படும் பிம்பத்தைப் பார்க்கும் வகையில் தொலைநோக்கியானது இடதுபுறம் திருப்பப்படுகிறது.
- பிளவின் எதிரொளிப்பு பிம்பம் செங்குத்து குறுக்குக் கம்பியில் இணையுமாறு, தொடுகோட்டுத் திருகுகள் மூலம் தொலைநோக்கி சரி செய்யப்படுகிறது.
- இரண்டு வெர்னியர் அளவுகோல்களில் இருந்தும் முதன்மைக்கோல் அளவு மற்றும் வெர்னியர் ஒன்றிணைவு ஆகியவை குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- தற்போது, முப்பட்டகத்தின் மறு பக்கத்தில் இருந்து எதிரொளிக்கப்படும் பிம்பத்தைப் பார்க்கும் வகையில் தொலைநோக்கியானது வலதுபுறம் திருப்பப்படுகிறது.
- மேற்கூறியவாறு மீண்டும் அளவீடுகள் குறித்துக்கொள்ளப்படுகின்றன.
- இந்த இரு அளவீடுகளுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு $2A$ ஆகும். இதிலிருந்து முப்பட்டகத்தின் கோணம் A கணக்கிடப்படுகிறது.

3. **சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தை கண்டறிதல்** (D):

- இணையாக்கியில் இருந்து வெளிவரும் ஒளியானது முப்பட்டகத்தின் ஒரு பக்கத்தின் வழியே ஊடுருவி, ஒளிவிலகல் அடைந்து மற்றொரு பக்கம் வழியாக வெளியேறுமாறு முப்பட்டக மேசை குறிப்பிட்ட திசையில் வைக்கப்படுகிறது.
- ஒளிவிலகல் பிம்பத்தை நோக்குமாறு தொலைநோக்கி திருப்பப்படுகிறது.
- தொலைநோக்கியினுள் பார்த்தவாறே, முப்பட்டக மேசை ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் திருப்பப்படுகிறது. அதன் மூலம் படுகதிரின் திசையை நோக்கி பிம்பம் நகருமாறு செய்யப்படுகிறது.

- படுகதிரை நோக்கி நகரும் பிம்பமானது ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் எதிர்திசையில் திரும்புகிறது. இந்நிலையே சிறும திசைமாற்ற நிலை ஆகும்.
- இந்நிலையில், பிம்பமானது செங்குத்து குறுக்குக் கம்பியோடு இணையுமாறு தொலைநோக்கி சுழற்றப்பட்டு பின் பொருத்தப்படுகிறது.
- இரண்டு வெர்னியர் அளவுகோல்களில் இருந்தும் அளவீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- முப்பட்டக மேசையிலிருந்து முப்பட்டகம் நீக்கப்பட்டு, நேர்க்கதிர் பிம்பம் செங்குத்து குறுக்குக் கம்பியோடு இணையுமாறு தொலைநோக்கி சரி செய்யப்படுகிறது. பின்னர் அளவீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- அளவீடுகள் அட்டவணைப்படுத்தப்பட்டு, இந்த இரு அளவீடுகளுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு சிறும திசைமாற்றக் கோணம் D–ஐத் தருகிறது.
- A மற்றும் D ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைப் பயன்படுத்தி, முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளி விலகல் எண் கண்டறியப்படுகிறது.

மீச்சிற்றளவு

ஒரு முதன்மைக்கோல் பிரிவு = $30'$

வெர்னியர் அளவுகோல் பிரிவுகள் எண்ணிக்கை = 30

நிறமாலைமானியில், 30 வெர்னியர் பிரிவுகள் 29 முதன்மைக்கோல் பிரிவுகளுடன் பொருந்துகின்றன.

$\therefore$ 30 VSD = 29 MSD

அல்லது 1 VSD = 29 / 30 MSD

மீச்சிற்றளவு (LC) = 1MSD – 1VSD

$$= \left(\frac{1}{30}\right)\text{MSD} = \left(\frac{1}{30}\right) \times 30'$$

$$= 1'$$

காட்சிப் பதிவு

அட்டவணை 1:

முப்பட்டகத்தின் கோணம் கண்டறிதல் (A)

பிம்பம்	வெர்னியர் A (டிகிரி)			வெர்னியர் B (டிகிரி)		
	MSR	*VSC*	*TR*	*MSR*	*VSC*	*TR*
முதல் பக்கத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்ட பிம்பம்						
இரண்டாவது பக்கத்தில் எதிரொளிக்கப்பட்ட பிம்பம்						
வேறுபாடு $2A$						

சராசரி $2A$ =

சராசரி A =

அட்டவணை 2:

சிறும திசைமாற்றக் கோணம் கண்டறிதல் (D)

பிம்பம்	வெர்னியர் A (டிகிரி)			வெர்னியர் B (டிகிரி)		
	MSR	*VSC*	*TR*	*MSR*	*VSC*	*TR*
ஒளிவிலகலடைந்த பிம்பம்						
நேர்க்கதிர் பிம்பம்						
வேறுபாடு D						

சராசரி D =

கணக்கீடு

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

முடிவு:

1. முப்பட்டகத்தின் கோணம் (A) = ……………………… (டிகிரி)
2. முப்பட்டகத்தின் சிறும திசைமாற்றக் கோணம் (D) = …………………………….(டிகிரி)
3. முப்பட்டக பொருளின் ஒளிவிலகல் எண் μ = ……………………….(அலகு இல்லை)

குறிப்பு:

i. தொடக்கச் சீரமைவுகள் செய்த பிறகு, நிறமாலைமானியின் நிலையை, குறிப்பாக இணையாக்கியை மாற்றுவது கூடாது.

ii. மொத்த அளவீடு TR = MSR + (VSL × LC)

இங்கு,

MSR = முதன்மைக்கோல் அளவீடு

VSC = வெர்னியர் கோல் ஒன்றிணைவு

LC = மீச்சிற்றளவு (= 1′)

5. விளம்பு விளைவுக் கீற்றணி மற்றும் நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி ஒரு தொகுப்பு ஒளியில் உள்ள நிறங்களின் அலைநீளம் கண்டறிதல்

நோக்கம் — விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி மற்றும் நிறமாலைமானி ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி ஒரு தொகுப்பு ஒளியில் உள்ள நிறங்களின் அலைநீளத்தைக் கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள் — நிறமாலைமானி, பாதரச வாயு விளக்கு, விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி, கீற்றணி மேசை மற்றும் பாதரச மட்டம்.

வாய்ப்பாடு

$$\lambda = \frac{\sin\theta}{nN} \quad \mathring{A}$$

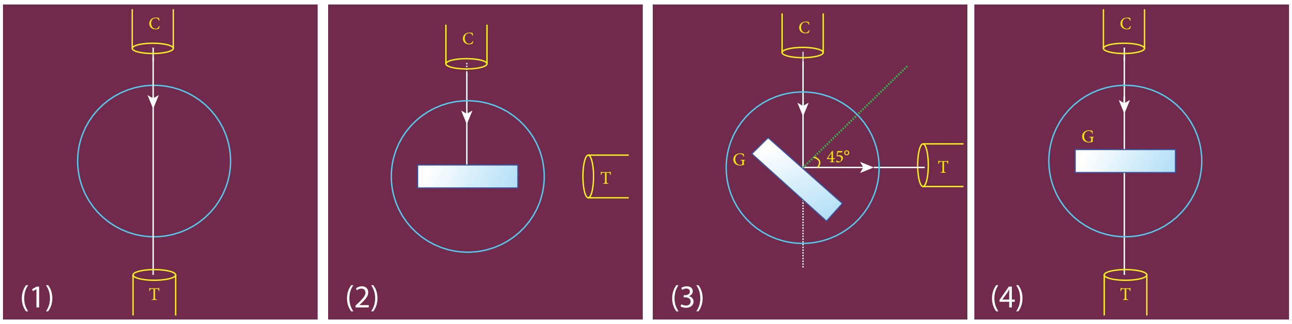
இங்கு, $\lambda \rightarrow$ தொகுப்பு ஒளியில் உள்ள நிறங்களின் அலைநீளம் ($\mathring{A}$)

$N \rightarrow$ கொடுக்கப்பட்ட கீற்றணியின் ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் உள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கை (அலகு இல்லை) (N–ன் மதிப்பு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது)

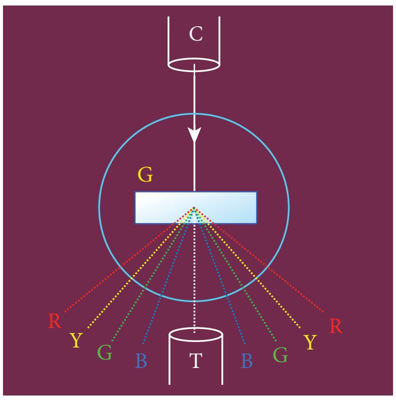
$n \rightarrow$ விளிம்பு விளைவின் வரிசை (அலகு இல்லை)

$\theta \rightarrow$ விளிம்பு விளைவுக் கோணம் (டிகிரி)

விளக்கப்படம்



படம் (அ) நேர்குத்து படுகதிர் முறை



படம் (ஆ) திசைமாற்றக்கோணம்

செய்முறை:

1. நிறமாலைமானியின் தொடக்கச் சீரமைவுகள்

- **கண்ணருகு லென்சு:** குறுக்குக்கம்பிகள் தெளிவாக தெரியுமாறு கண்ணருகு லென்ஸ் சரி செய்யப்படுகிறது.
- **பிளவு:** இணையாக்கியின் பிளவு மெல்லியதாகவும் செங்குத்தாகவும் அமைக்கப்படுகிறது.
- **நிறமாலைமானியின் அடிப்பகுதி:** மட்டத் திருகுகள் மூலம் நிறமாலைமானியின் அடிப்பகுதி கிடைத்தளமாக இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது.

- **தொலைநோக்கி:** தொலைவில் உள்ள பொருளை நோக்கி தொலைநோக்கி திருப்பப்படுகிறது. பொருளின் தெளிவான தலைகீழான பிம்பம் கிடைக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. தற்போது இணைக்கதிர்களை பெறுமாறு தொலைநோக்கியானது சரி செய்யப்பட்டுள்ளது.
- **இணையாக்கி:** தொலை நோக்கியும் இணையாக்கியும் ஒரே நேர்க் கோட்டில் அமைக்கப்படுகின்றன. பிளவின் தெளிவான பிம்பம் தொலைநோக்கியில் தெரியுமாறு, இணையாக்கி சரி செய்யப்படுகிறது. தற்போது இணையாக்கி இணையான ஒளிக்கதிர்களை தருகிறது.
- **கீற்றணி மேசை:** பாதரச மட்டம் மற்றும் மட்டத் திருகுகளைப் பயன்படுத்தி, கீற்றணி மேசை கிடைமட்டமாக இருக்குமாறு சரி செய்யப்படுகிறது.

2. நேர்க்குத்து படுகதிரை பெறுவதற்கு கீற்றணியைச் சரி செய்தல்

- பாதரச வாயு விளக்கின் தொகுப்பு ஒளி (வெள்ளை நிற ஒளி) மூலம் பிளவானது ஒளியூட்டப்படுகிறது.
- இணையாக்கியுடன் ஒரே நேர்க் கோட்டில் இருக்குமாறு தொலைநோக்கியானது சுழற்றப்படுகிறது. பிளவின் பிம்பம் செங்குத்து குறுக்குக்கம்பியில் இணையுமாறு செய்யப்படுகிறது (படம் (அ)1).
- வெர்னியர் அளவுகோலானது $0^\circ - 180^\circ$ என்ற அளவுகளில் இருக்குமாறு, வெர்னியர் வட்டு மட்டும் சுழற்றப்படுகிறது. இதுவே நேர்க்கதிரின் அளவீடு ஆகும்.
- தொலைநோக்கியானது இடஞ்சுழியாக 90° சுழற்றப்பட்டு, பின் பொருத்தப்படுகிறது (படம் (அ)2).
- சமதள கீற்றணி ஒன்று கீற்றணி மேசை மீது ஏற்றப்படுகிறது.
- கீற்றணியில் பட்டு எதிரொளிக்கும் ஒளியானது தொலைநோக்கியில் பிடிக்கப்படுகிறது. எதிரொளிக்கப்பட்ட பிளவின் பிம்பம் வெள்ளை நிறத்தில் அமையும். இந்தப் பிம்பம், செங்குத்துக் குறுக்குக் கம்பியில் இணையுமாறு கீற்றணி மேசை மட்டும் சரி செய்யப்படுகிறது (படம் அ(3)).
- தற்போது வெர்னியர் வட்டு விடுவிக்கப்படுகிறது. வெர்னியர் வட்டு, கீற்றணி மேசை ஆகிய இரண்டும் தகுந்த திசையில் 45° சுழற்றப்படுகின்றன. இணையாக்கியில் இருந்து வரும் ஒளியானது கீற்றணி மீது நேர்க்குத்தாக விழுகிறது (படம் (அ)4).

3. பாதரச வாயு விளக்கில் உள்ள தொகுப்பு ஒளியின் அலை நீளத்தை கண்டுபிடித்தல்

- தொலைநோக்கி விடுவிக்கப்பட்டு, இணையாக்கியுடன் ஒரே நேர்க்கோட்டில் கொண்டுவரப்படுகிறது. மையத்தில் உள்ள நேர்க்கதிரின் பிம்பத்தை பெறுமாறு தொலைநோக்கி அமைக்கப்படுகிறது. நிறப்பிரிகை அடையாத இந்தப் பிம்பம் வெள்ளை நிறத்தில் இருக்கும்.
- நேர்க்கதிரின் இரு புறங்களிலும் விளிம்பு விளைவு அடைந்த பிம்பங்கள் தோன்றுகின்றன.
- விளிம்பு விளைவு அடைந்த பிம்பமானது பாதரச வாயு விளக்கின் முக்கிய நிறங்களை கொண்டிருக்கும். அலைநீளத்தின் ஏறுவரிசையில் இந்த நிறங்கள் அமைந்திருக்கும்.
- தொலைநோக்கியானது நேர்க்கதிரின் ஏதேனும் ஒரு புறம் திருப்பப்பட்டு (எ.கா. இடது புறம்), முதல் வரிசை விளம்பு விளைவு பிம்பத்தைப் பெறுமாறு சரி செய்யப்படுகிறது.
- தொலைநோக்கியின் செங்குத்து குறுக்குக் கம்பியானது முக்கிய நிறங்களின் (எ.கா. ஊதா, நீலம், மஞ்சள், சிவப்பு) நிறமாலைவரிகளுடன் இணையுமாறு செய்யப்படுகிறது. ஒவ்வொரு நிறத்திற்கும் இரண்டு வெர்னியர் அளவுகோல்களின் அளவீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- தற்போது தொலைநோக்கி நேர்க்கதிரின் வலது புறம் சுழற்றப்பட்டு, முதல் வரிசை பிம்பம் பெறப்படுகிறது.
- இடது புறம் பெறப்பட்ட அதே நிறங்களின் நிறமாலைவரிகளுடன் செங்குத்து குறுக்குக்கம்பி பொருத்தப்படுகிறது. மீண்டும் ஒவ்வொரு நிறத்திற்கும் இரண்டு வெர்னியர் அளவுகோல்களின் அளவீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.
- அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- இவ்விரு அளவீடுகளுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடு, குறிப்பிட்ட நிறத்திற்கான 2θ மதிப்பைத் தரும்.
- கொடுக்கப்பட்ட கீற்றணியில் ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் உள்ள கோடுகளின் எண்ணிக்கை N ஆனது கீற்றணியிலிருந்து குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது.
- N, n மற்றும் θ ஆகியவற்றின் மதிப்புகளிலிருந்து, பாதரச வாயு விளக்கில் உள்ள முக்கிய நிறங்களின் அலைநீளங்கள் கணக்கிடப்படுகின்றன.

காட்சிப் பதிவுகள்

பாதரச ஆவி விளக்கில் உள்ள முக்கிய நிறங்களில் அலைநீளத்தை கண்டறிதல்

ஒளியின் நிறம்	விளிம்பு விளைவு அடைந்த ஒளியின் அளவீடு (டிகிரி)												வேறுபாடு 2θ (டிகிரி)			θ (டிகிரி)
	இடது						வலது									
	வெர்னியர் *A*			வெர்னியர் *B*			வெர்னியர் *A*			வெர்னியர் *B*						
	MSR	*VSC*	*TR*	*MSR*	*VSC*	*TR*	*MSR*	*VSC*	*TR*	*MSR*	*VSC*	*TR*	வெர்னியர் *A*	வெர்னியர் *B*	சராசரி	
நீலம்																
பச்சை																
மஞ்சள்																
சிவப்பு																

கணக்கீடு

(i) நீலம், $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$

(ii) பச்சை, $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$

(iii) மஞ்சள் $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$

(iv) சிவப்பு = $\lambda = \frac{\sin\theta}{nN}$

முடிவு:

1. நீல நிற வரியின் அலை நீளம் = ________________ Å
2. பச்சை நிற வரியின் அலை நீளம் = ________________ Å
3. மஞ்சள் நிற வரியின் அலை நீளம் = ________________ Å
4. சிவப்பு நிற வரியின் அலை நீளம் = ________________ Å

குறிப்பு:

தொடக்கச் சீரமைவுகள் செய்த பிறகு, நிறமாலைமானியின் நிலையை, குறிப்பாக இணையாக்கியை, மாற்றுவது கூடாது.

மொத்த அளவீடு TR = MSR + (VSL × LC)

இங்கு,

MSR = முதன்மைக்கோல் அளவீடு

VSC = வெர்னியர் கோல் ஒன்றிணைவு

LC = மீச்சிற்றளவு (= 1′)

6. PN சந்தி டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகளை ஆராய்தல்

நோக்கம்

PN சந்தி டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகள் (Characteristic curves) வரைந்து, அதிலிருந்து வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு (Knee voltage) மற்றும் முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை ஆகியவற்றைக் கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள்

PN சந்தி டையோடு (*IN* 4007), மாறுபாட்டு *DC* மின்மூலம், மில்லி அம்மீட்டர், மைக்ரோ அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர், மின்தடை மற்றும் இணைப்புக் கம்பிகள்.

வாய்ப்பாடு

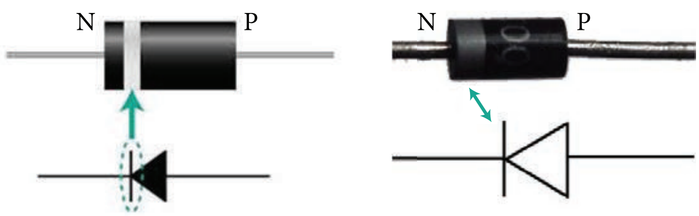
$$R_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}\ (\Omega)$$

இங்கு, R_F → டையோடின் முன்னோக்கு மின்தடை (Ω)

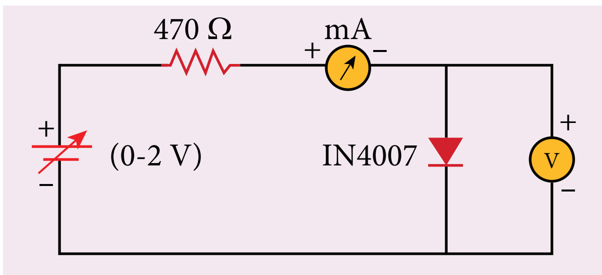
ΔV_F → முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள மாறுதல் (V)

ΔI_F → முன்னோக்கு மின்னோட்ட மாறுதல் (mA)

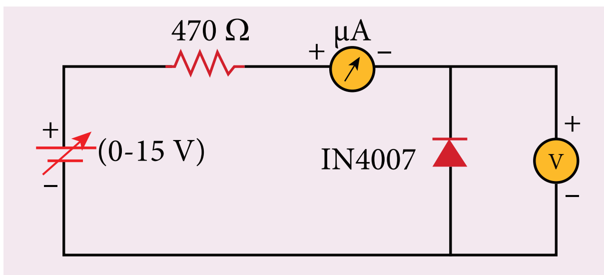
மின் சுற்று



படம் (அ) *PN* சந்திடையோடு மற்றும் அதன் குறியீடு
(வெள்ளி நிற வளையம் டையோடின் எதிர் மின்வாயைக் குறிக்கிறது)



படம் (ஆ) முன்னோக்கு சார்பில் PN சந்திடையோடு



படம் (இ) பின்னோக்கு சார்பில் PN சந்திடையோடு

முன் எச்சரிக்கை:

PN சந்தி டையோடு, அம்மீட்டர், வோல்ட்மீட்டர் மற்றும் DC மின்மூலம் ஆகியவை சரியான முனைகளில் கவனமாக இணைக்கப்பட வேண்டும்.

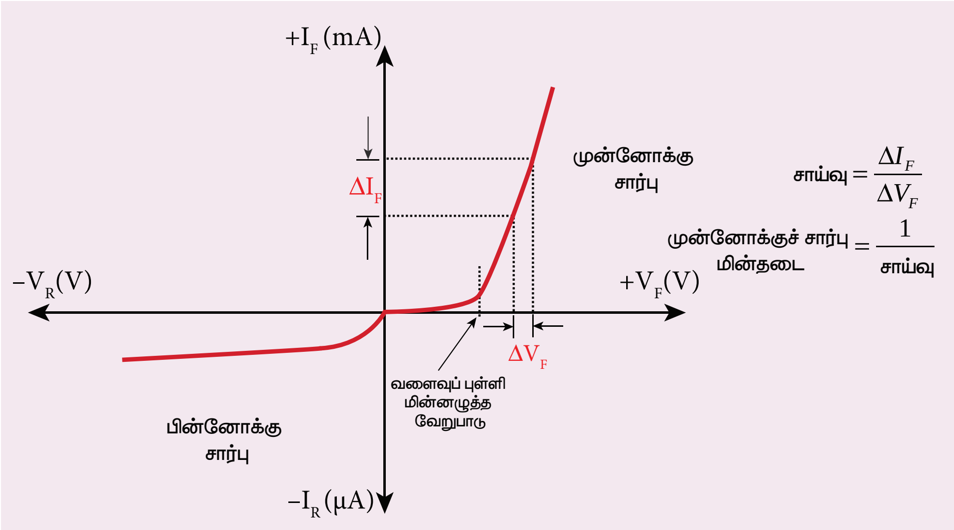
செய்முறை

1. முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

- முன்னோக்குச் சார்பில், PN சந்தி டையோடின் P–பகுதி DC மின்மூலத்தின் நேர்மின் முனையிலும், N–பகுதி எதிர்மின் முனையிலும் இணைக்கப்படுகின்றன.
- மின் சுற்றில் உள்ளபடி இணைப்புகள் தரப்படுகின்றன.
- மாறுபடு DC மின்மூலத்தின் உதவியால், டையோடிற்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றப்படுகிறது.
- கொடுக்கப்படும் முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடானது (V_F), $0.1V$–இல் இருந்து $0.8V$ வரை $0.1V$–இன் படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. டையோடு வழியே செல்லும் முன்னோக்கு மின்னோட்டம் (I_F) ஆனது மில்லி அம்மீட்டரில் இருந்து குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் முன்னோக்கு மின்னோட்டம் ஆகியவை நேர்க்குறியாக கொள்ளப்படுகின்றன.
- மின்னழுத்த வேறுபாட்டை $X-$ அச்சிலும், மின்னோட்டத்தை Y–அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் ஒன்று வரையப்படுகிறது. இது முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு எனப்படுகிறது.
- முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோட்டில் புள்ளியிடப்பட்ட கோட்டினால் குறிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு, டையோடின் வளைவுப்புள்ளி அல்லது பயன் தொடக்க அல்லது இயங்கு நிலை தொடக்க மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் தருகிறது.
- முன்னோக்குச் சார்பு வரைகோட்டின் நேர்க்கோட்டு பகுதியில் இருந்து கணக்கிடப்படும் சாய்வின் தலைகீழ் மதிப்பு, டையோடின் முன்னோக்கு மின்தடையைத் தருகிறது.

2. பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

- பின்னோக்குச் சார்பில், DC மின்மூலத்தின் முனைகள் மாற்றப்படுகின்றன. அதாவது டையோடின் P–பகுதி எதிர்மின் முனையுடனும், N–பகுதி நேர்மின் முனையுடன் இணைக்கப்படுகின்றன.
- மின்சுற்றில் உள்ளவாறு மின் இணைப்புகள் கொடுக்கப்படுகின்றன.
- மாறுபாட்டு DC மின்மூலத்தின் உதவியால், டையோடிற்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றப்படுகிறது.
- கொடுக்கப்படும் பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடானது (V_R) $1V$–இல் இருந்து $5V$ வரை $1V$–இன் படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. பின்னோக்கு சார்பு மின்னோட்டம் (I_R), மைக்ரோ அம்மீட்டர் மூலம் அளவிடப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் பின்னோக்கு மின்னோட்டம் ஆகியவை எதிர்க்குறியாக மறையாக கொள்ளப்படும்.
- பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டை எதிர்மறை $X-$ அச்சிலும், பின்னோக்கு மின்னோட்டத்தை எதிர்மறை Y–அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் வரையப்படுகிறது. இது பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு எனப்படும்.



காட்சிப்பதிவுகள்

அட்டவணை 1:

முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

வ.எண்	முன்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_F(V)$	முன்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டம் $I_F(mA)$

அட்டவணை 2:

பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

வ.எண்	பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_R(V)$	பின்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டம் $I_R(\mu A)$

கணக்கீடு

i. முன்னோக்கு மின்தடை R_F =

ii. வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு =

முடிவு

PN சந்தி டையோடில் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகள் வரையப்பட்டன.

i) PN சந்தி டையோடின் வளைவுப் புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு = _________ V

ii) PN சந்தி டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை = ___________Ω

செய்முறை குறிப்புகள்

- DC மின்மூலத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாடானது குறிப்பிட்ட நெடுக்கங்களில் மட்டுமே முன்னோக்குச் சார்பிலும் $(0-2V)$, பின்னோக்குச் சார்பிலும் $(0-15V)$ அதிகரிக்கப் படவேண்டும். முன்னோக்குச் சார்பு மிகக் குறைந்த மின்தடையை ஏற்படுத்தும் என்பதால், பாதுகாப்பு காரணங்களுக்கு 470Ω மதிப்புள்ள புற மின்தடையை சுற்றில் இணைக்க வேண்டும்.
- மேற்குறிய நெடுக்கத்திற்கு மாறாக, மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் அதிகரித்தால் மின்தடை அல்லது டையோடு பாதிப்படையும்.
- முன்னோக்குச் சார்பில், கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடானது சந்தி அல்லது வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாட்டை (தோராயமாக $0.7V$) விட அதிகரிக்கும் வரை, டையோடில் ஏறத்தாழ சுழி மின்னோட்டமே ஏற்படும். வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் கடந்த பிறகு, மின்னோட்டமானது அளிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைப் பொருத்து அதிகரிக்கும்.
- முன்னோக்குச் சார்பில், டையோடிற்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடானது பெரும மதிப்பு $0.8\,V$ வரை $0.1\,V$ என்ற படிகளில் அதிகரிக்கப்பட்டு, பின் முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை கணக்கிடப்படுகிறது.
- பின்னோக்குச் சார்பில், மின்னழுத்த வேறுபாடானது பெரும மதிப்பு $5V$ வரை $1V$ என்ற படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. இங்கு மின்னோட்டமானது மிகக் குறைவாக இருப்பதால், மைக்ரோ அம்மீட்டரைப் பயன்படுத்தி மின்னோட்டம் அளவிடப்படுகிறது. சிறுபான்மை மின்துகள்களின் ஓட்டத்தினால் உருவாகும் இந்த மின்னோட்டம், கசிவு மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது.

7. செனார் டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகளை ஆராய்தல்

நோக்கம்

செனார் டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகள் வரைந்து, அதிலிருந்து வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு, முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை மற்றும் பின்னோக்கு முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகியவற்றைக் கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள்

செனார் டையோடு $1Z5.6V$, மாறுபாட்டு DC மின்மூலம் $(0–15V)$, மில்லி அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர், 470 Ω மின்தடை மற்றும் இணைப்புக் கம்பிகள்.

வாய்ப்பாடு:

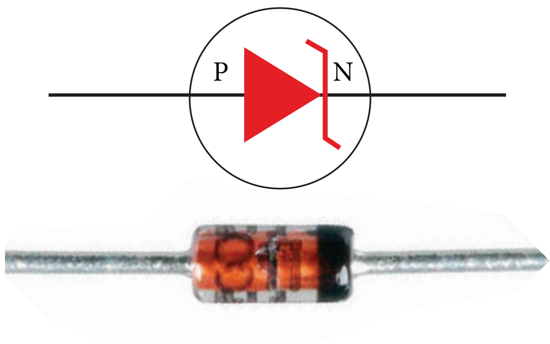
$$R_F = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F} \ (\Omega)$$

இங்கு R_F → டையோடின் முன்னோக்கு மின்தடை (Ω)

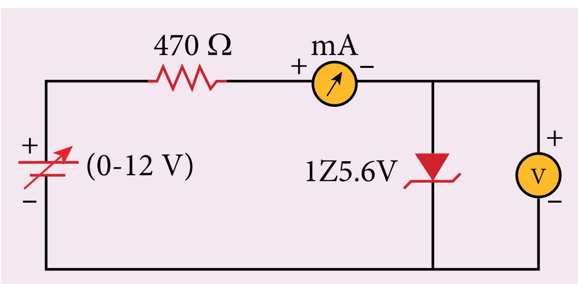
ΔV_F → முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள மாறுதல் (V)

ΔI_F → முன்னோக்கு மின்னோட்ட மாறுதல் (A)

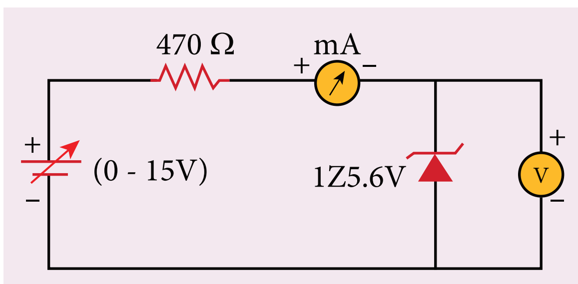
மின்சுற்று



படம் (அ) செனார் டையோடு மற்றும் அதன் குறியீடு
(கருப்பு நிற வளையம் செனார்டையோடின் எதிர் மின்வயைக் குறிக்கிறது)



படம் (ஆ) முன்னோக்குச் சார்பில் செனார் டையோடு



படம் (இ) பின்னோக்குச் சார்பில் செனார் டையோடு

முன் எச்சரிக்கை:

செனார் டையோடு, அம்மீட்டர், வோல்ட்மீட்டர் மற்றும் DC மின்மூலம் ஆகியவை சரியான முனைகளில் கவனமாக இணைக்கப்பட வேண்டும்.

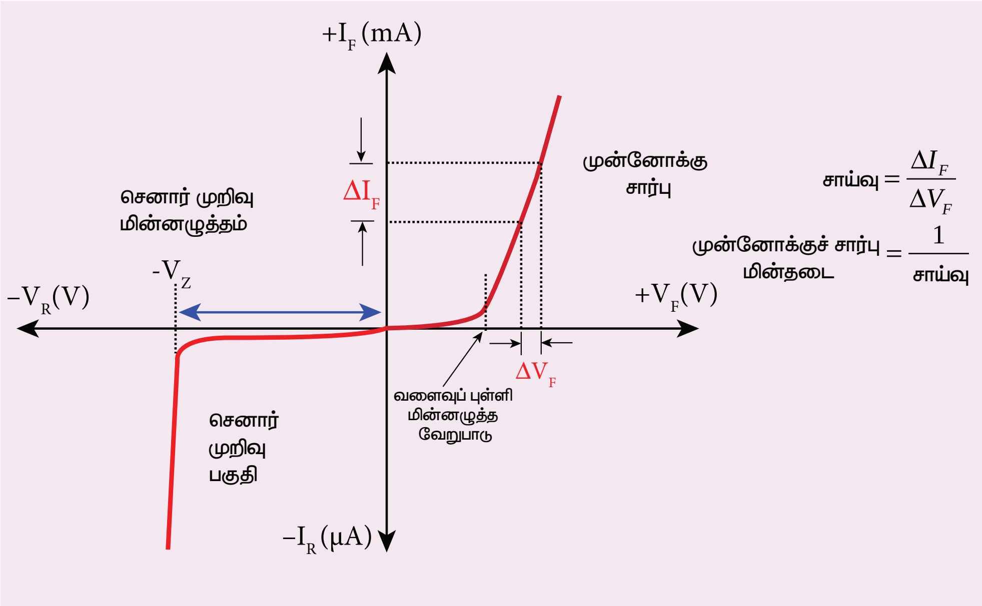
செய்முறை

1. முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

- முன்னோக்குச் சார்பில், PN சந்தி டையோடின் P–பகுதி DC மின்மூலத்தின் நேர்மின் முனையிலும், N–பகுதி எதிர்மின் முனையிலும் இணைக்கப்படுகின்றன.
- மின் சுற்றில் உள்ளபடி இணைப்புகள் தரப்படுகின்றன.
- மாறுபாட்டு DC மின்மூலத்தின் உதவியால், டையோடிற்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றப்படுகிறது.
- கொடுக்கப்படும் முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடானது (V_F), $0.1V$–இல் இருந்து $0.8V$ வரை $0.1V$–இன் படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. டையோடு வழியே செல்லும் முன்னோக்கு மின்னோட்டம் (I_F) ஆனது மில்லி அம்மீட்டரில் இருந்து குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவணை படுத்தப்படுகின்றன.
- முன்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் முன்னோக்கு மின்னோட்டம் ஆகியவை நேர்க்குறியாக கொள்ளப்படுகின்றன.
- மின்னழுத்த வேறுபாட்டை X – அச்சிலும், மின்னோட்டத்தை Y–அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் ஒன்று வரையப்படுகிறது. இது முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு எனப்படுகிறது.
- முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோட்டில் புள்ளியிடப்பட்ட கோட்டினால் குறிக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு, டையோடின் வளைவுப்புள்ளி அல்லது பயன் தொடக்க அல்லது இயங்கு நிலை தொடக்க மின்னழுத்த வேறுபாடு எனப்படும்.
- முன்னோக்குச் சார்பு வரைகோட்டின் நேர்க்கோட்டு பகுதியில் இருந்து கணக்கிடப்படும் சாய்வின் தலைகீழ் மதிப்பு, டையோடின் முன்னோக்கு மின்தடையைத் தருகிறது.

2. பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

- பின்னோக்குச் சார்பில், DC மின்மூலத்தின் முனைகள் மாற்றப்படுகின்றன. அதாவது டையோடின் P–பகுதி எதிர்மின் முனையுடனும், N–பகுதி நேர்மின் முனையுடன் இணைக்கப்படுகின்றன.
- மின்சுற்றில் உள்ளவாறு மின் இணைப்புகள் கொடுக்கப்படுகின்றன.
- மாறுபாட்டு DC மின்மூலத்தின் உதவியால், டையோடிற்கு குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றப்படுகிறது.
- கொடுக்கப்படும் பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடானது (V_R) $1V$–இல் இருந்து $6V$ வரை $0.5V$ என்ற படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. சார்ந்த பின்னோக்கு மின்னோட்டம் (I_R), மில்லி அம்மீட்டர் மூலம் அளவிடப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் பின்னோக்கு மின்னோட்டம் ஆகியவை எதிர்க்குறியாக கொள்ளப்படும்.
- பின்னோக்கு மின்னழுத்த வேறுபாட்டை எதிர்மறை X – அச்சிலும், பின்னோக்கு மின்னோட்டத்தை எதிர்மறை Y–அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் வரையப்படுகிறது. இது பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு எனப்படும்.
- பின்னோக்குச் சார்பில் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டில், செனார் முறிவு (≈ 5.6 - $5.8V$) ஏற்படுகிறது. முறிவின் போது, அதிக அளவிலான மின்னோட்டம் டையோடின் வழியே பாய்கிறது. இதுவே செனார் டையோடின் பண்பு ஆகும்.
- பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோட்டில் இருந்து, செனார் டையோடின் முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாடு காணப்படுகிறது.



காட்சிப்பதிவுகள்

அட்டவணை 1:

முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

வ.எண்	முன்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_F(V)$	முன்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டம் $I_F(mA)$

அட்டவணை 2:

பின்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடு:

வ.எண்	பின்னோக்குச் சார்பு மின்னழுத்த வேறுபாடு $V_R(V)$	பின்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டம் $I_R(mA)$

கணக்கீடு

i) **முன்னோக்கு மின்தடை** R_F =

ii) **வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு** =

iii) **செனார் டையோடின் முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாடு** =

முடிவு

செனார் டையோடின் மின்னழுத்த வேறுபாடு மற்றும் மின்னோட்டம் இடையேயான பண்பு வரைகோடுகள் வரையப்பட்டன.

i) **செனார் டையோடின் முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை** R_F = __________ Ω

ii) **செனார் டையோடின் வளைவுப் புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாடு** = ___________ V

iii) **செனார் டையோடின் முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாடு** V_Z =___________ V

செய்முறை குறிப்புகள்

- DC மின்மூலத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாடானது குறிப்பிட்ட நெடுக்கங்களில் மட்டுமே முன்னோக்குச் சார்பிலும் $(0 - 2V)$, பின்னோக்குச் சார்பிலும் $(0 - 15V)$ அதிகரிக்கப் படவேண்டும்.
- மேற்குறிய நெடுக்கத்திற்கு மாறாக, மின்னழுத்த வேறுபாடுகள் அதிகரித்தால் மின்தடை அல்லது டையோடு பாதிப்படையும்.
- முன்னோக்குச் சார்பில், செனார் டையோடானது PN சந்தி டையோடைப் போலவே செயல்படும். ஆகவே முன்னோக்குச் சார்பு பண்பு வரைகோடுகள் இரண்டிற்கும் ஒரே மாதிரியாக அமையும்.
- PN சந்தி டையோடைப் போல் அல்லாமல், செனார் டையோடின் பின்னோக்குச் சார்பு மின்னோட்டம் மிக அதிகமாக இருப்பதால், மில்லி அம்மீட்டர் மூலமே அளவிடப்படும்.

8. பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று அமைப்பில் NPN டிரான்சிஸ்டரின் பண்பு வரைகோடுகளை அராய்தல்

நோக்கம் பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று அமைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு NPN டிரான்சிஸ்டரின் பண்பு வரைகோடுகள் வரைந்து, அதன் உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பு, வெளியீடு மின்எதிர்ப்பு மற்றும் மின்னோட்டப் பெருக்கத்தைக் கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள் டிரான்சிஸ்டர் BC 548 / BC 107, மின்சுற்றுப் பலகை (Bread board), மைக்ரோ அம்மீட்டர், மில்லி அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர்கள், மாறுபாட்டு DC மின்மூலம் மற்றும் இணைப்புக் கம்பிகள்.

வாய்ப்பாடு $r_i = \left[\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right]_{V_{CE}}$ (Ω), $r_o = \left[\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right]_{I_B}$ (Ω), $\beta = \left[\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right]_{V_{CE}}$ (அலகு இல்லை)

இங்கு, r_i → உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பு (Ω)

ΔV_{BE} → அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள மாறுதல் (V)

ΔI_B → அடிவாய் மின்னோட்ட மாறுதல் (μA)

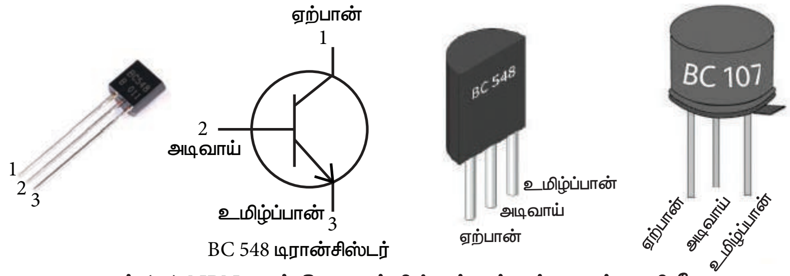
r_o → வெளியீடு மின்எதிர்ப்பு (Ω)

ΔV_{CE} → ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் உள்ள மாறுதல் (V)

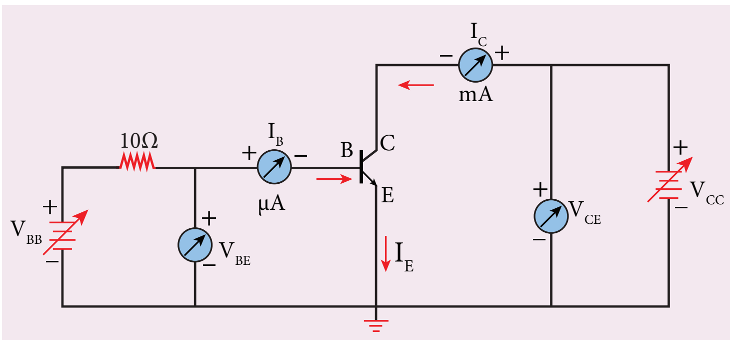
ΔI_C → ஏற்பான் மின்னோட்ட மாறுதல் (mA)

β → டிரான்சிஸ்டரின் மின்னோட்டப் பெருக்கம் (அலகு இல்லை)

மின்சுற்று



படம் (அ) NPN – சந்தி டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் அதன் குறியீடு
(டிரான்சிஸ்டரின் தட்டைப்பகுதி நம்மை நோக்கியப்படி வைக்கப்பட்டுள்ளது)



படம் (ஆ) NPN சந்தி டிரான்சிஸ்டர் – CE மின்சுற்றமைப்பு

குறிப்பு

அடிவாயுடன் தொடர் இணைப்பில் ஒரு மின்தடையாக்கியை இணைப்பதால், அடிவாய்க்கு கூடுதலாக பாயும் மின்னோட்டத்தை தடுக்கலாம்.

முன்னெச்சரிக்கைகள்

- டிரான்சிஸ்டர், அம்மீட்டர்கள், வோல்ட்மீட்டர்கள் மற்றும் DC மின்மூலம் ஆகியவை சரியான முனைகளில் கவனமாக இணைக்கப்பட வேண்டும்.
- டிரான்சிஸ்டரின் ஏற்பான் மற்றும் உமிழ்ப்பான் முனைகளை மாற்றிப் பயன்படுத்தக்கூடாது.

செய்முறை

- படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு மின்சுற்றின் இணைப்புகள் தரப்படுகின்றன.
- DC மின்மூலத்தைப் பயன்படுத்தி, உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு மின்னழுத்த வேறுபாடுகளை மாற்ற முடியும்.

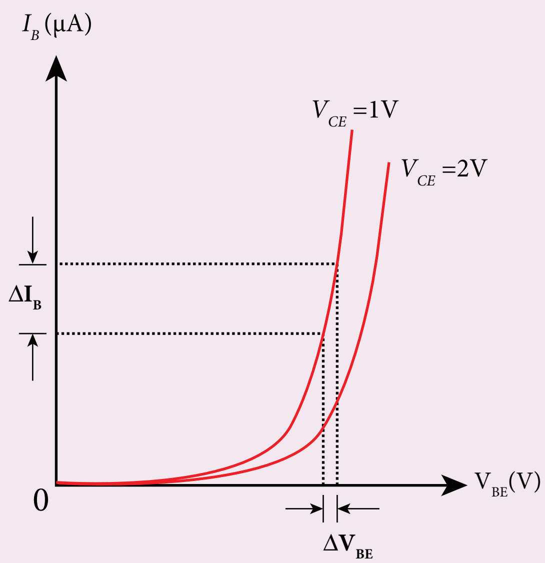
1. உள்ளீடு பண்பு வரைகோடுகள் : V_{BE} *vs* I_B (V_{CE} – மாறிலி)

- ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{CE} ஆனது மாறிலியாக வைக்கப்படுகிறது.
- அடிவாய் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடானது (V_{BE}) $0.1V$ என்ற படிகளில் அதிகரிக்கப்படுகிறது. அதனுடன் தொடர்புடைய அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது.
- V_{CE} –இன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு, சோதனை மீண்டும் செய்யப்பட்டு அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- V_{BE} இன் மதிப்பை X–அச்சிலும், I_B இன் மதிப்பை Y–அச்சிலும் கொண்டு, V_{CE} இன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு வரைகோடுகள் வரையப்படுகின்றன.
- இந்த வரைகோடுகள் டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளீடு பண்பு வரைகோடுகள் (Input characteristic curves) என அழைக்கப்படுகின்றன.
- வரைகோட்டில் இருந்து அதன் சாய்வு கணக்கிடப்படுகிறது. சாய்வின் தலைகீழ் மதிப்பு டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பின் மதிப்பைத் தருகிறது.

அட்டவணை 1:

உள்ளீடு பண்பு வரைகோடுகள்

வ.எண்	$V_{CE} = 1V$		$V_{CE} = 2V$	
	V_{BE} (V)	I_B (μA)	V_{BE} (V)	I_B (μA)



$$\text{சாய்வு} = \frac{\Delta I_B}{\Delta V_{BE}}$$

$$\text{உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பு} = \frac{1}{\text{சாய்வு}}$$

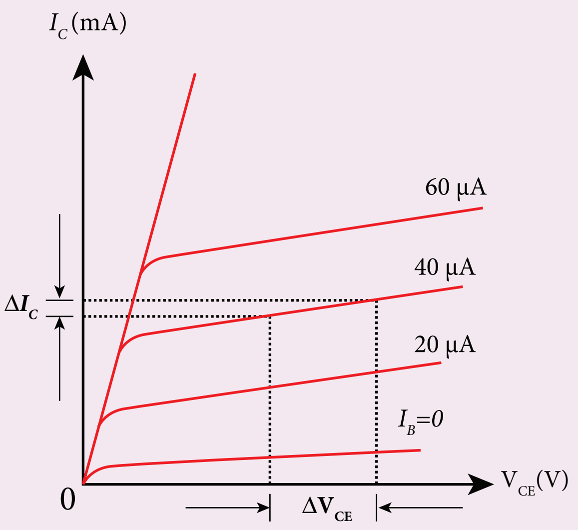
2. வெளியீடு பண்பு வரைகோடுகள் : V_{CE} vs I_c (I_B –மாறிலி)

- அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B ஆனது மாறிலியாக வைக்கப்படுகிறது.
- ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{CE} ஆனது $1V$ என்ற படிகளில் அதிகரிக்கப்பட்டு, அதற்குரிய ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. ஏற்பான் மின்னோட்டம் ஏறக்குறைய மாறிலியாகும் வரை அளவீடுகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.
- தொடக்கத்தில் I_B ன் மதிப்பு $0\ mA$ ஆக வைத்து, அதற்குரிய ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்த மின்னோட்டம் பின்னோக்குத் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் I_{CEO} ஆகும்.
- I_B இன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு, இச்சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவனைப்படுத்தப்படுகின்றன.
- V_{CE} இன் மதிப்பை X–அச்சிலும், I_C இன் மதிப்பை Y–அச்சிலும் கொண்டு, I_B இன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு வரைகோடுகள் வரையப்படுகின்றன.
- இவ்வாறு கிடைக்கும் வரைகோடுகள் டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீடு பண்பு வரைகோடுகள் (Output characteristic curves) எனப்படும்.
- வரைகோட்டில் இருந்து அதன் சாய்வு கணக்கிடப்படுகிறது. சாய்வின் தலைகீழ் மதிப்பு டிரான்சிஸ்டரின் வெளியீடு மின்எதிர்ப்பின் மதிப்பைத் தருகிறது.

அட்டவணை 2:

வெளியீடு பண்பு வரைகோடுகள்

வ.எண்	$I_B = 20\ \mu A$		$I_B = 40\ \mu A$	
	V_{CE} (V)	I_C (mA)	V_{CE} (V)	I_C (mA)



$$\text{சாய்வு} = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}}$$

$$\text{வெளியீடு மின்எதிர்ப்பு} = \frac{1}{\text{சாய்வு}}$$

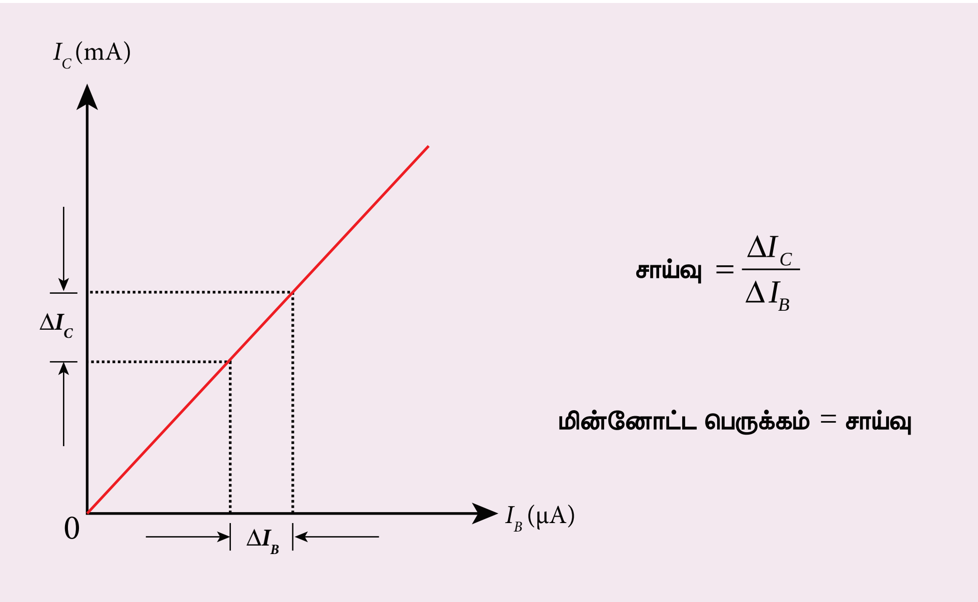
3. **பரிமாற்றுப் பண்பு வரைகோடுகள்: I_B vs I_c (V_{CE} – மாறிலி)**

- ஏற்பான் – உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{CE} ஆனது மாறிலியாக வைக்கப்படுகிறது.
- அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B ஆனது $10\mu A$ என்ற படிகளில் உயர்த்தப்பட்டு, அதனைச் சார்ந்த ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது.
- V_{CE} யின் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு, சோதனை மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. அளவீடுகள் அட்டவணைப் படுத்தப்படுகின்றன.
- V_{CE} மதிப்பை மாறிலியாகக் கொண்டு, I_B இன் மதிப்பை X–அச்சிலும், I_C இன் மதிப்பை Y–அச்சிலும் கொண்டு, பரிமாற்று பண்பு வரைகோடுகள் (Transfer characteristic curves) வரையப்படுகின்றன.
- பரிமாற்று பண்பு வரைகோட்டின் சாய்வானது மின்னோட்ட பெருக்கத்தின் β மதிப்பைத் தருகிறது.

அட்டவணை 3:

பரிமாற்று பண்பு வரைகோடுகள்

வ.எண்	$V_{CE}=1V$		$V_{CE}=2V$	
	I_B (μA)	I_C (mA)	I_B (μA)	I_C (mA)



முடிவு:

i) பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று அமைப்பில் இணைக்கப்பட்ட NPN டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளீடு, வெளியீடு மற்றும் பரிமாற்று பண்பு வரைகோடுகள் வரையப்பட்டன.

ii) (அ) உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பு r_i = ___________________ Ω

(ஆ) வெளியீடு மின்எதிர்ப்பு r_0 = ___________________ Ω

(இ) மின்னோட்டப் பெருக்கம் β = ___________________ அலகு இல்லை

9. தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளைச் சரிபார்த்தல்

நோக்கம் தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி *AND*, *OR*, *NOT*, *EX – OR*, *NAND* மற்றும் *NOR* ஆகிய தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளைச் சரிபார்த்தல்.

தேவையான கருவிகள் *AND* வாயில் (*IC* 7408), *OR* வாயில் (*IC* 7432), *NOT* வாயில் (*IC* 7404), *EX – OR* வாயில் (*IC* 7486), *NAND* வாயில் (*IC* 7400), *NOR* வாயில் (*IC* 7402), மின்மூலம், இலக்க தொகுப்புச்சுற்று பயிற்சிக் கருவி (Digital IC trainer kit) மற்றும் இணைப்புக் கம்பிகள்.

பூலியன் சமன்பாடுகள்:

i) *AND* **வாயில்** $Y = A.B$

ii) *OR* **வாயில்** $Y = A+B$

iii) *NOT* **வாயில்** $Y = \overline{A}$

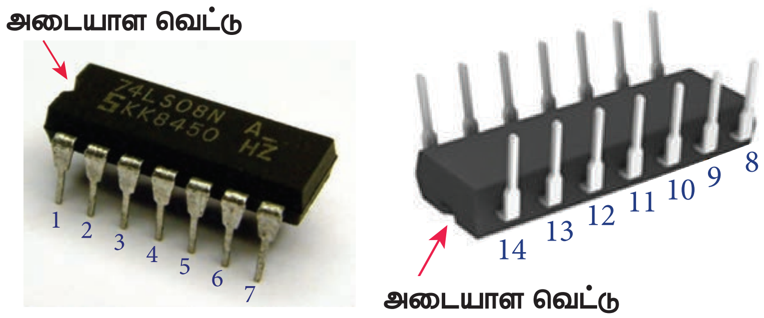
iv) *EX-OR* **வாயில்** $Y = \overline{A}B + A\overline{B}$

v) *NAND* **வாயில்** $Y = \overline{A.B}$

vi) *NOR* **வாயில்** $Y = \overline{A+B}$

மின்சுற்று

IC மின்முனைகள் அடையாளம் காணல்



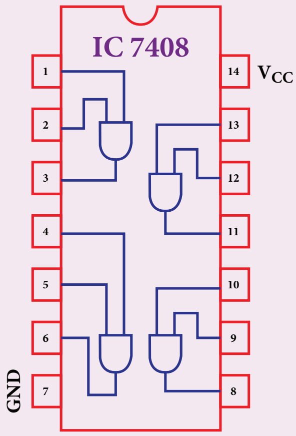
படம் (அ) தொகுப்புச் சுற்று

குறிப்பு:

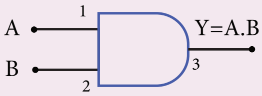
தொகுப்புச் சுற்றினை மின்சுற்றுப் பலகையில் நுழைக்கும் போது, அதன் அடையாள வெட்டு இடது புறமாக இருக்க வேண்டும். பின்னர் படத்தில் உள்ளவாறு *IC* மின்முனைகள் (*IC* pins) எண்ணப்பட வேண்டும். பின்வரும் படங்களில் உள்ள அனைத்து தொகுப்புச் சுற்றுகளுக்கும் மேற்கூறியவாறே, *IC* மின்முனைகள் அடையாளம் காணப்படுகின்றன.

AND வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7408



குறியீடு

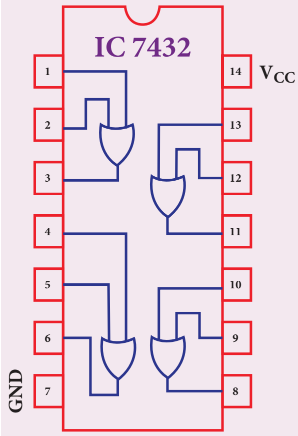


உண்மை அட்டவணை

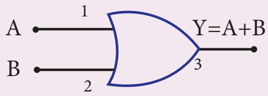
A	B	Y=AB
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7432



குறியீடு

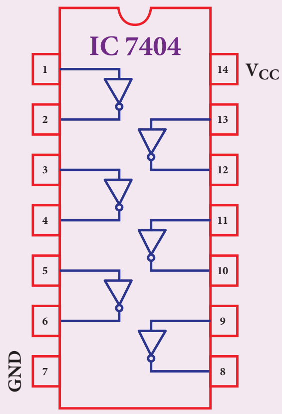


உண்மை அட்டவணை

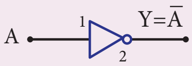
A	B	Y=A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NOT வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7404



குறியீடு

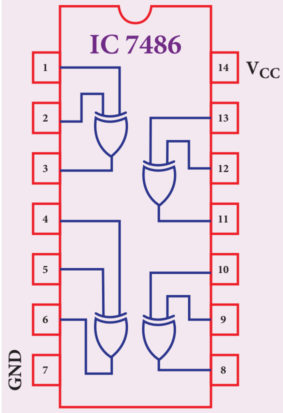


உண்மை அட்டவணை

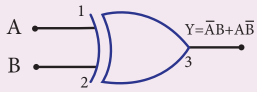
A	$Y=\overline{A}$
0	1
1	0

EX-OR வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7486



குறியீடு

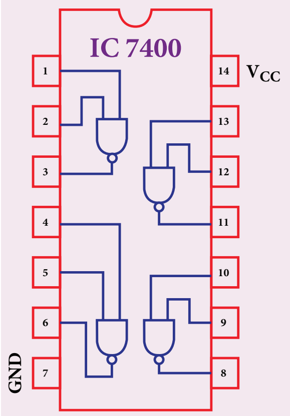


உண்மை அட்டவணை

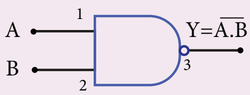
A	B	$Y=\overline{A}B+A\overline{B}$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NAND வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7400



குறியீடு

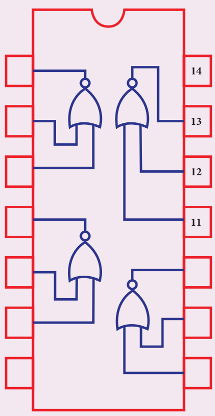


உண்மை அட்டவணை

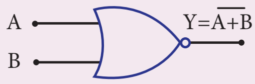
A	B	$Y=\overline{A.B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR வாயில்:

மின்முனைப் படம்-IC 7402



குறியீடு



A	B	$Y=\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

செய்முறை:

- கொடுக்கப்பட்ட தர்க்க வாயிலின் உண்மை அட்டவணையைச் சரிபார்ப்பதற்கு, உரிய தொகுப்புச் சுற்றினை எடுத்துக் கொண்டு மின்சுற்றில் உள்ளவாறு இணைப்புகள் தரப்படுகிறது.
- அனைத்து தொகுப்புச்சுற்றுகளுக்கும், 14 ஆம் IC மின்முனைக்கு $5V$ மின்னழுத்த வேறுபாடும், 7ஆம் IC மின்முனைக்கு புவி இணைப்பும் (Earthing) தரப்படுகிறது.
- உண்மை அட்டவணையில் உள்ள உள்ளீடுகளின் சேர்க்கைகளுக்கு, அதற்குரிய வெளியீடுகள் குறிக்கப்பட்டு, அட்டவணைப் படுத்தப்படுகிறது.
- இந்த வகையில், அனைத்து தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளும் சரி பார்க்கப்படுகின்றன.

முடிவு:

தொகுப்புச் சுற்றுகளை பயன்படுத்தி AND, OR, NOT, EX – OR, NAND மற்றும் NOR ஆகிய தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவனைகள் சரிபார்க்கப்பட்டன.

முன்னெச்சரிக்கைகள்

- V_{CE} மற்றும் புவி இணைப்புகளை மாற்றி இணைத்தல் கூடாது. அவ்வாறு செய்தால் தொகுப்புச் சுற்றுகள் பழுதடைந்து விடும்.
- *NOR* தர்க்க வாயிலின் *IC* மின்முனை வரைபடமானது, மற்ற தர்க்க வாயில்களின் வரைபடங்களில் இருந்து வேறுபட்டது ஆகும்.

10. டீ மார்கனின் தேற்றங்களைச் சரி பார்த்தல்

நோக்கம் டீ மார்கனின் முதல் மற்றும் இரண்டாவது தேற்றங்களைச் சரிபார்த்தல்.

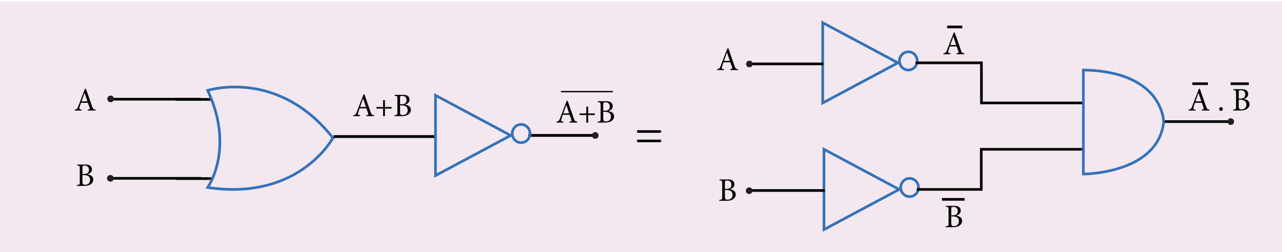
தேவையான கருவிகள் மின்மூலம் (0 – 5*V*), *IC* 7400, 7408, 7432, 7404 மற்றும் 7402 இலக்க தொகுப்புச் சுற்று பயிற்சிக்கருவி (Digital IC trainer kit) மற்றும் இணைப்புக் கம்பிகள்.

வாய்ப்பாடு: **டீ மார்கனின் முதல் தேற்றம்** $\overline{A+B}=\overline{A}.\overline{B}$

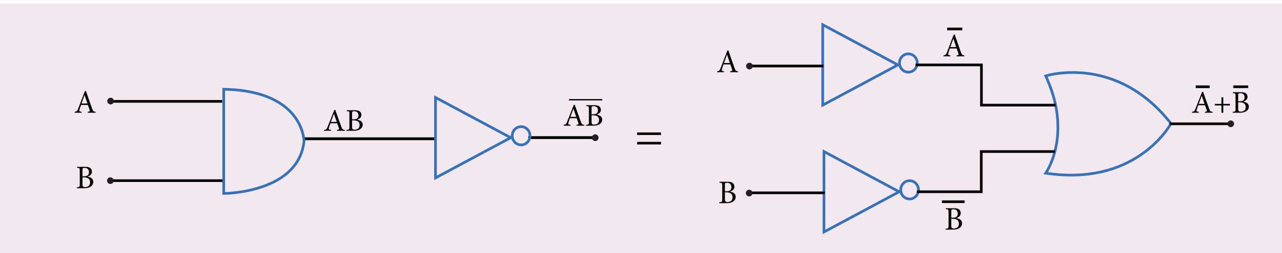
டீ மார்கனின் இரண்டாவது தேற்றம் $\overline{A.B}=\overline{A}+\overline{B}$

மின்சுற்று

டீ மார்கனின் முதல் தேற்றம்



டீ மார்கனின் இரண்டாவது தேற்றம்



செய்முறை:

1) **டீ மார்கனின் முதல் தேற்றத்தைச் சரிபார்த்தல்**

- தேற்றத்தின் இடது பக்கக் கூறுக்கான $\left[\overline{A+B}\right]$ இணைப்புகள் படத்தில் காட்டியவாறு, தகுந்த தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.
- உண்மை அட்டவணையில் உள்ள அனைத்து உள்ளீடுகளின் சேர்க்கைளுக்கும் உரிய வெளியீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்பட்டு, அட்டவணை படுத்தப்படுகின்றன.
- இதே செய்முறை, தேற்றத்தின் வலது பக்கக்கூறுக்கும் $\left[\overline{A}.\overline{B}\right]$ செய்யப்படுகிறது.
- உண்மை அட்டவணையிலிருந்து, $\overline{A+B}=\overline{A}.\overline{B}$ என நிரூபிக்கப்படுகிறது.

2) **டீ மார்கனின் இரண்டாவது தேற்றத்தைச் சரிபார்த்தல்**

- தேற்றத்தின் இடது பக்கக் கூறுக்கான $\left[\overline{A.B}\right]$ இணைப்புகள் படத்தில் காட்டியவாறு தகுந்த தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.

- உண்மை அட்டவணையில் உள்ள அனைத்து உள்ளீடுகளின் சேர்க்கைளுக்கும் உரிய வெளியீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்பட்டு, அட்டவணை படுத்தப்படுகின்றன.
- இதே செய்முறை, தேற்றத்தின் வலது பக்கக்கூறுக்கும் $\left[\overline{A}+\overline{B}\right]$ செய்யப்படுகிறது.
- உண்மை அட்டவனையிலிருந்து, $\overline{A.B}=\overline{A}+\overline{B}$ என நிரூபிக்கப்படுகிறது.

காட்சிப்பதிவுகள்

டீமார்கனின் முதல் தேற்றம்

உண்மை அட்டவனை

A	B	$\overline{A+B}$	$\overline{A}.\overline{B}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

டீ மார்கனின் இரண்டாவது தேற்றம்

உண்மை அட்டவனை:

A	B	$\overline{A.B}$	$\overline{A}+\overline{B}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

முடிவு:

டீ மார்கனின் முதல் மற்றும் இரண்டாவது தேற்றங்கள் நிரூபிக்கப்பட்டன.

குறிப்பு:

- $IC\,7408$, $IC\,7432$, மற்றும் $IC\,7404$ ஆகியவற்றின் மின் முனை படங்கள், முந்தைய சோதனையில் இருந்து எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.
- அனைத்து தொகுப்புச்சுற்றுகளுக்கும், 14 ஆம் IC மின்முனைக்கு $5V$ மின்னழுத்த வேறுபாடும், 7ஆம் IC மின்முனைக்கு புவி இணைப்பும் (Earthing) தரப்படுகிறது.

முன்னெச்சரிக்கை:

- V_{CC} மற்றும் புவி இணைப்பு IC மின்முனைகள் மாற்றி இணைத்தால், தொகுப்புச் சுற்று பழுதடைந்து விடும்.

செய்முறை தேர்வுக்கு பரிந்துரைக்கப்படும் வினாக்கள்

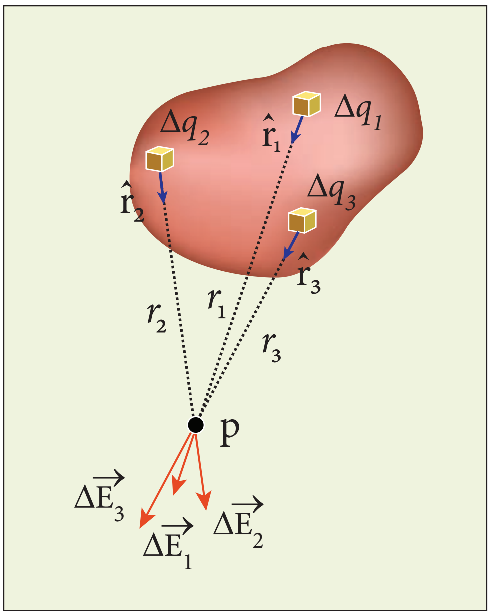
1. மீட்டர் சமனச் சுற்றைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்ட கம்பியின் மின்தடையைக் கண்டுபிடி. மேலும் திருகுஅளவியை பயன்படுத்தி கம்பியின் ஆரத்தை அளவிட்டு, அதிலிருந்து கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்ட பொருளின் மின்தடை எண்ணையும் கண்டுபிடிக்கவும் (குறைந்த பட்சம் 4 அளவீடுகள் தேவை).
2. டேஞ்சன்ட் கால்வனா மீட்டரைப் பயன்படுத்தி, புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறின் மதிப்பினை கண்டறிக (குறைந்த பட்சம் 4 அளவீடுகள் தேவை).
3. மின்னழுத்தமானியைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்டுள்ள மின்கலன்களின் மின்னியக்கு விசையை ஒப்பிடுக.
4. நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி, கொடுக்கப்பட்ட முப்பட்டகத்தின் கோணம் மற்றும் சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தை அளவிட்டு, அதிலிருந்து முப்பட்டகம் செய்யப்பட்ட பொருளின் ஒளிவிலகல் எண்ணைக் கணக்கிடுக.
5. நிறமாலைமானியைப் பயன்படுத்தி, கீற்றணியை நேர்க்குத்து படுகதிர் முறையில் சரி செய்து, பாதரச வாயு விளக்கின் நிறமாலையில் உள்ள நீலம், பச்சை, மஞ்சள், மற்றும் சிவப்பு நிறங்களின் அலைநீளத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும் (ஒரு மீட்டர் நீளத்திற்கான கோடுகளின் எண்ணிக்கை கீற்றணியிலிருந்து குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்).
6. PN சந்தி டையோடின் V – I பண்பு வரைகோடுகளை வரைந்து, முன்னோக்குச் சார்பு வரைகோடுகளில் இருந்து முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை மற்றும் வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாட்டை கண்டுபிடிக்கவும்.
7. செனார் டையோடின் V – I பண்பு வரைகோடுகளை வரைந்து, முன்னோக்குச் சார்பு வரைகோட்டில் இருந்து முன்னோக்குச் சார்பு மின்தடை மற்றும் வளைவுப்புள்ளி மின்னழுத்த வேறுபாட்டை கண்டுபிடி. மேலும் பின்னோக்குச் சார்பு வரைகோட்டில் இருந்து செனார் டையோடின் முறிவு மின்னழுத்த வேறுபாட்டையும் கண்டுபிடிக்கவும்.
8. கொடுக்கப்பட்ட NPN டிரான்சிஸ்டரை பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று முறையில் அமைத்து, உள்ளீடு மற்றும் பரிமாற்று பண்பு வரைகோடுகளை வரைக. மேலும் உள்ளீடு பண்பு வரைகோட்டில் இருந்து உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பையும், பரிமாற்று பண்பு வரைகோட்டில் இருந்து மின்னோட்டப் பெருக்கத்தையும் கண்டுபிடிக்கவும்.
9. கொடுக்கப்பட்ட NPN டிரான்சிஸ்டரின் பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று முறையில் அமைத்து, வெளியீடு மற்றும் பரிமாற்று பண்பு வரைகோடுகள் வரைக. மேலும் வெளியீடு பண்பு வரைகோட்டில் இருந்து வெளியீடு மின்எதிர்ப்பையும், பரிமாற்று பண்பு வரைகோட்டில் இருந்து மின்னோட்டப் பெருக்கத்தையும் கண்டுபிடிக்கவும்.
10. தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி, AND, NOT, EX – OR, மற்றும் NAND ஆகிய தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளைச் சரிபார்க்கவும்.
11. தொகுப்புச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி OR, NOT, EX – OR மற்றும் NOR ஆகிய தர்க்க வாயில்களின் உண்மை அட்டவணைகளைச் சரிபார்க்கவும்.
12. டீ மார்கனின் முதல் மற்றும் இரண்டாவது தேற்றங்களைச் சரிபார்க்கவும்.

பின் இணைப்பு

A1.1

மின்துகள்களின் தொடர் பரவலால் உருவாகும் மின்புலம்

ஒழுங்கற்ற வடிவங்கொண்ட, மின்னூட்டம் பெற்ற பொருள் ஒன்றைக் கருதுவோம். [படம் A1.1]. அப்பொருளை $\Delta q_1, \Delta q_2, \Delta q_3 ......\Delta q_n$ ஆகிய மின்துகள் கூறுகளாகப் பகுக்கவும்; ஒவ்வொரு Δq மின்துகள் கூறையும் புள்ளி மின்துகள்களாகக் கருதலாம்.



படம் A1.1 மின்னூட்டங்களின் தொடர் பரவல்

அனைத்து மின்துகள் கூறுகளாலும் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் மின்புலங்களின் வெக்டர் கூடுதல், அம்மின்னூட்டப் பொருளால் ஏற்படும் மின்புலத்திற்குக் கிட்டத்தட்ட சமமாகும்.

$$\vec{E} \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{\Delta q_1}{r_{1P}^2}\hat{r}_{1P} + \frac{\Delta q_2}{r_{2P}^2}\hat{r}_{2P} + ... + \frac{\Delta q_n}{r_{nP}^2}\hat{r}_{nP}\right)$$

$$\approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{\Delta q_i}{r_{iP}^2}\hat{r}_{iP} \qquad (A1.1)$$

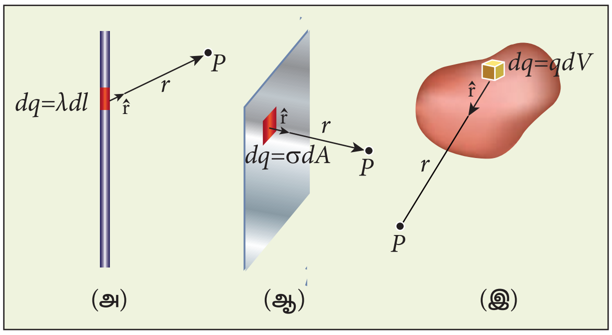
இங்கு Δq_i என்பது i^வது^ மின்துகள் கூறு, r_{iP} என்பது புள்ளி P யிலிருந்து i^வது^ மின்துகள் கூறின் தொலைவு மற்றும் $\hat{r}_{iP}$ என்பது i^வது^ மின்துகள் கூறிலிருந்து புள்ளி P க்கு வரையப்பட்ட ஓரலகு வெக்டர். எனினும் சமன்பாடு (A1.1) ஒரு தோராயமான சமன்பாடே. மின்துகள்களின் தொடர் பரவலைக் கணக்கில் கொள்ள $\Delta q \to 0 (= dq)$ என்ற எல்லையை எடுக்க வேண்டும். இந்த எல்லையில் சமன்பாடு (A1.1) ஒரு தொகையீடாக மாறுகின்றது.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}\hat{r} \qquad (A1.2)$$

இங்கு r என்பது மீச்சிறு (infinitesimal) மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள் dq விலிருந்து புள்ளி P உள்ள தொலைவு மற்றும் $\hat{r}$ என்பது dq விலிருந்து புள்ளி (P) யை நோக்கி வரையப்படும் ஓரலகு வெக்டர். மின்துகள்களின் தொடர் பரவல்களால் உருவாகும் மின்புலத்தைக் கணக்கிடுவது சற்று கடினமென்றாலும், அத்தகைய பொருளால் ஒரு சோதனை மின்துகளின் மீது செலுத்தப்படும் விசையைக் கணக்கிட இங்கும் $\vec{F} = q\vec{E}$ என்ற தொடர்பையே நாம் பயன்படுத்துகிறோம்.

(a) L நீளமுள்ள கம்பியொன்றில் Q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் சீராகப் பரவி இருந்தால், அதன் மின்னூட்ட நீள் அடர்த்தி (ஓரலகு நீளத்திலுள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மதிப்பு) $\lambda = \frac{Q}{L}$. இதன் அலகு கூலூம் / மீட்டர் (Cm^{-1}).

மீச்சிறு நீளம் dl ல் உள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்டம் $dq = \lambda dl$. [படம் A1.2 (அ)]



படம் A1.2 நீள், பரப்பு மற்றும் பருமன் மின்துகள் அமைப்புகள்

மொத்த மின்னூட்டம் Q உள்ள நீள் மின் அமைப்பினால் உருவாகும் மின்புலம்

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{\lambda dl}{r^2}\hat{r} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dl}{r^2}\hat{r}$$

(b) A பரப்பளவு கொண்ட பரப்பொன்றில் Q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் சீராகப் பரவியிருந்தால், அதன் மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி (ஓரலகு பரப்பளவிலுள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்ட மதிப்பு) $\sigma = \frac{Q}{A}$. இதன் அலகு கூலூம் / மீட்டர்² (Cm^{-2}).

மீச்சிறு பரப்பளவு dA ல் உள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்டம் $dq = \sigma dA$. படம் A1.2 (ஆ).

மொத்த மின்னூட்டம் Q உள்ள பரப்பினால் உருவாகும் மின்புலம்

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\int\frac{\sigma dA}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\sigma\int\frac{dA}{r^2}\hat{r}$$

(c) V பருமன் கொண்ட பொருளில் Q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்கள் சீராகப் பரவியிருந்தால், அதன் மின்னூட்டப் பருமன் அடர்த்தி (ஓரலகு பருமனில் உள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்டமதிப்பு) $\rho = \frac{Q}{V}$. இதன் அலகு கூலூம் / மீட்டர்³ ($C\,m^{-3}$).

மீச்சிறு பருமன் dV ல் உள்ள மின்துகள்களின் மின்னூட்டம் $dq = \rho dV$ (படம் A1.2 (இ)).

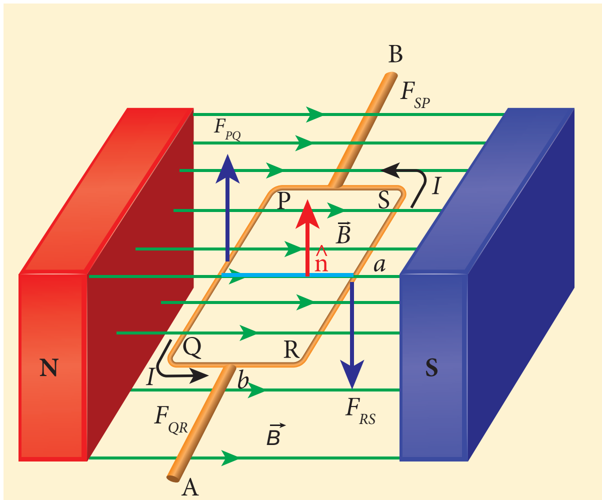
மொத்த மின்னூட்டம் Q கொண்ட பருமப்பொருளால் உருவாகும் மின்புலம்

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\int\frac{\rho dV}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\rho\int\frac{dV}{r^2}\hat{r}.$$

A3.1

சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்ட வளையத்தின் மீதான திருப்பு விசை

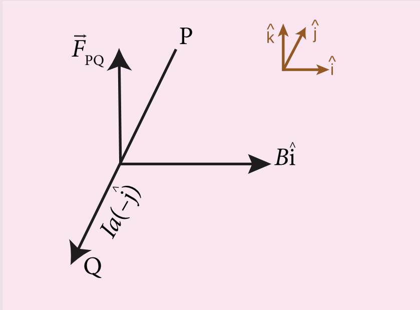
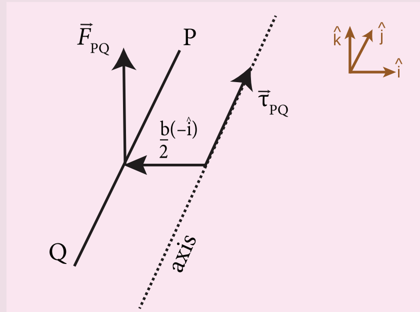
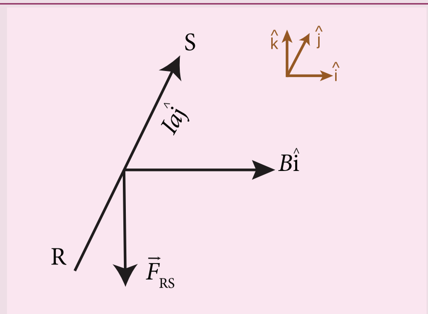
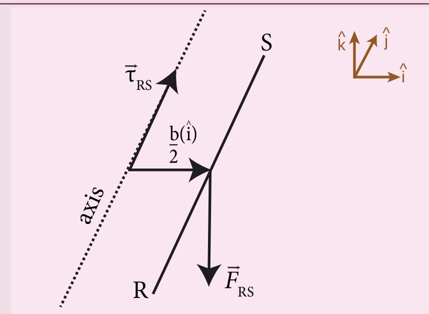
ஒரு சுற்று கொண்ட PQRS என்ற செவ்வக வளையம் ஒன்று சீரான காந்தப்புலம் $\vec{B}$ –ல் வைக்கப்பட்டுள்ளது எனக் கருதுக. a மற்றும் b முறையே வளையத்தின் நீளம் மற்றும் அகலம். $\hat{n}$ என்பது மின்னோட்ட வளையத் தளத்திற்கு செங்குத்தான திசையில் அமைந்த ஓரலகு வெக்டர்; வளையத்தின் திசையமைப்பை அறிய இது உதவுகிறது. காந்தப்புலத்தின் திசை படம் A3.1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் A3.1 காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள செவ்வக வளையம்

வளையம் PQRS வழியே சீரான மின்னோட்டம் I பாயும்போது அதன் மீது செயல்படும் நிகர விசை சுழி ஆனால் நிகர திருப்புவிசை சுழியல்ல. கணக்கிடுவதற்கு எளிதாக இருக்கும் பொருட்டு செவ்வக வளையத்தை PQ, QR, RS மற்றும் SP என்ற நான்கு பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொள்வோம்.

அட்டவணை A3.1 ஓரலகு செங்குத்து வெக்டர் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ள நிலை

பகுதி	விசை		திருப்பு விசை	
	$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$	விளக்கப்படம்	$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$	விளக்கப்படம்
PQ	$\vec{F}_{PQ} = I(-a\hat{j}) \times B\hat{i}$ $= -IaB(\hat{j} \times \hat{i})$ $= IaB\hat{k}$		$\vec{\tau}_{PQ} = \frac{b}{2}(-\hat{i}) \times \vec{F}_{PQ}$ $= \left(-\frac{b}{2}\right)(IaB)(\hat{i} \times \hat{k})$ $= \frac{b}{2} IaB\,\hat{j}$	
QR	$\vec{F}_{QR} = Ib\hat{i} \times B\hat{i} = \vec{0}$		$\vec{\tau}_{QR} = \frac{a}{2}(-\hat{j}) \times \vec{F}_{QR} = \vec{0}$	
RS	$\vec{F}_{RS} = (Ia\hat{j}) \times B\hat{i}$ $= IaB(\hat{j} \times \hat{i})$ $= -IaB\hat{k}$		$\vec{\tau}_{RS} = \frac{b}{2}\hat{i} \times \vec{F}_{RS}$ $= \frac{b}{2}\hat{i} \times (-IaB\hat{k})$ $= \left(-\frac{b}{2}\right) IaB(\hat{i} \times \hat{k})$ $= \frac{b}{2} IaB\,\hat{j}$	
SP	$\vec{F}_{SP} = Ib(-\hat{i}) \times B\hat{i} = \vec{0}$		$\vec{\tau}_{SP} = \frac{a}{2}\hat{j} \times \vec{F}_{SP} = \vec{0}$	

இப்போது வளையத்தின் தளம் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ள நிலையில் திருப்பு விசையைக் கணக்கிடுவோம், அதாவது $\hat{n} \perp \vec{B}$

$\hat{n} \perp \vec{B}$ **(ஓரலகு செங்குத்து வெக்டர் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளது)**

காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்படும் மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது விசை செயல்படும் ஆதலால், வளையத்தின் ஒவ்வொரு பகுதியின் மீது செயல்படும் விசையையும் மையத்தின் வழியே செல்லும் அச்சைப் பொறுத்து திருப்பு விசையையும் பட்டியலிடுவோம் (அட்டவணை A3.1)

நிகர விசை $\vec{F}_{net} = \vec{F}_{PQ} + \vec{F}_{QR} + \vec{F}_{RS} + \vec{F}_{SP} = \vec{0}$

நிகர திருப்பு விசை

$$\vec{\tau}_{net} = \vec{\tau}_{PQ} + \vec{\tau}_{QR} + \vec{\tau}_{RS} + \vec{\tau}_{SP} = IabB\hat{j}$$

எனவே, செவ்வக வளையத்தின் மீதான நிகர விசை சுழி ஆனால் நிகர திருப்பு விசை சுழியல்ல. A என்பது செவ்வக வளையத்தின் பரப்பளவு (A = ab) எனில்,

$$\vec{\tau}_{net} = ABI\hat{j}$$

செவ்வக வளையத்தின் மொத்த சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை N எனில்,

$$\vec{\tau}_{net} = NABI\hat{j}$$

இத் திருப்பு விசையினால் வளையம் சுழல ஆரம்பிக்கும் (இங்கு வலஞ்சுழியாக). எனவே, காந்தப்புலமும் வளையத்தின் தளமும் ஒரே திசையில் இருக்காது. ஆகையால், மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன்பாடு ஒரு சிறப்பு நேர்வு ஆகும்.

குறிப்பு: காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு சாய்வாக வளையத்தின் தளம் அமையும்போது (அதாவது, $\hat{n} \not\perp \vec{B}$), திருப்பு விசையின் கோவை $\vec{\tau}_{net} = NABI\sin\theta\,\hat{j}$. காந்த இருமுனைத் திருப்புத்திறனின் அடிப்படையில் $\vec{\tau}_{net} = \vec{p}_m \times \vec{B}$,

சிறப்பு நேர்வுகள்:

(i) $\theta = 90^\circ, \vec{\tau}_{net} = NABI\hat{j} =$ பெருமம்

$\vec{p}_m$ மற்றும் $\vec{B}$ ஒன்றுக்கொன்றுசெங்குத்தாக உள்ளன.

(ii) $\theta = 0^\circ, \vec{\tau}_{net} = \vec{0}$

$\vec{p}_m$ மற்றும் $\vec{B}$ இணையாக உள்ளன.

(iii) $\theta = 180^\circ, \vec{\tau}_{net} = \vec{0}$

$\vec{p}_m$ மற்றும் $\vec{B}$ எதிர் இணையாக உள்ளன.

எடுத்துக்காட்டு A3.1

சீரான காந்தப்புலத்தில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ள சட்டகாந்தமொன்றின் அலைவு நேரம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B}}$ வினாடி என நிறுவுக. இங்கு I என்பது சட்டகாந்தத்தின் நிலைமத்திருப்புத்திறன், p_m என்பது காந்தத்திருப்புத்திறன் மற்றும் B என்பது காந்தப்புலம்.

தீர்வு

சீரான காந்தப்புலம் $\vec{B}$ இன் திசைக்கு இணையாக சட்டகாந்தத்தை ஒருங்கமைப்பதற்காக, சட்டகாந்தத்தின் மீது செயல்படும் விலக்கத்திருப்பு விசையின் எண்மதிப்பு (பொருளை சுழற்றும் திருப்புவிசை)

$$|\vec{\tau}| = p_m B\sin\theta$$

சட்டகாந்தத்தின் மீது செயல்படும் மீட்சித்திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு

$$|\vec{\tau}| = I\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

சமநிலை நிபந்தனையின்படி, விலக்கத் திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு மற்றும் மீட்சித்திருப்பு விசையின் எண்மதிப்பு ஒன்றுக்கொன்று சமமாகவும் எதிரெதிர் திசைகளிலும் செயல்படும். எனவே,

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -p_m B\sin\theta$$

இரண்டு திருப்புவிசைகளும் எதிரெதிர் திசைகளில் செயல்படுவதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது. மேற்கண்ட சமன்பாட்டினை பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{p_m B}{I}\sin\theta$$

இது ஒரு நேர்போக்கற்ற இரண்டாம் படிவரிசை ஒருபடித்தான வகைக்கெழுச் சமன்பாடாகும். இதனை நேர்போக்குச் சமன்பாடாக மாற்ற நாம் சிறுகோண தோராயமாக்கல் நிபந்தனையை பயன்படுத்த வேண்டும். இதனை பதினோராம் வகுப்பு இரண்டாம் தொகுதி அலகு 10 – அலைவுகள் பாடப்பகுதி 10.4.4 இல் பயின்றுள்ளோம். அதாவது $\sin\theta \approx \theta$,

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{p_m B}{I}\theta$$

நேர்போக்கு இரண்டாம் வரிசை ஒருபடித்தான இச்சமன்பாடு ஒரு தனிச்சீரிசை இயக்க வகைக்கெழுச் சமன்பாடாகும்.

மேலே உள்ள சமன்பாட்டை

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

என்ற தனிச்சீரிசை வகைக்கெழு சமன்பாட்டுடன் ஒப்பிடவும். இங்கு ω என்பது அலைவுகளின் கோண அதிர்வெண் ஆகும்.

$$\omega^2 = \frac{p_m B}{I} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{p_m B}{I}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{p_m B_H}} \text{ வினாடி}$$

இங்கு, B_H என்பது புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறாகும்.

குறிப்பு

1. $I = K\tan\theta$ என்ற சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தி மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடலாம். இங்கு K என்பது டேஞ்சன்ட் கால்வனோ மீட்டரின் சுருக்கைக் கூற்றெண் இங்கு

$$K = \frac{2RB_H}{\mu_\circ N}$$

2. ஓரலகு மின்னோட்டத்திற்கு, குறிமுள்ளில் ஏற்படும் விலக்கத்தை, உணர்வு நுட்பத்தைக் கொண்டு அறியலாம். கணிதவியல் சமன்பாட்டின் அடிப்படையில்

$$\frac{d\theta}{dI} = \frac{1}{K\left(1+\frac{I^2}{K^2}\right)}$$

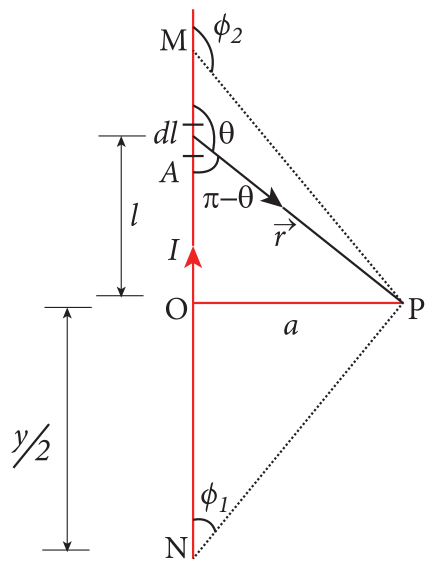
3. டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டர் 45° விலகலில் பெரும உணர்வு நுட்பத்தைப் பெற்றிருக்கும். பொதுவாக குறிமுள்ளின் விலக்கம் 30° முதல் 60° வரை இருப்பது சிறப்பு

எடுத்துக்காட்டு A3.2

படத்தில் காட்டியுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் நேர்க்கடத்தியை, செங்குத்து இரு சமவெட்டியாக பிரிக்கும் P புள்ளியில் தோன்றும் காந்தப்புலத்தைக் காண்க.

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\hat{n}$$

என்ற சமன்பாடினைப் பயன்படுத்தவும்



தீர்வு

நீளம் MN = y என்க. மேலும் P புள்ளி கடத்தியின் செங்குத்து இருசமவெட்டி என்க. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு கடத்தியின் மீதுள்ள புள்ளி O என்க

எனவே $OM = ON = \frac{y}{2}$, எனவே

$$\cos\varphi_1 = \frac{\text{அடுத்துள்ள பக்கம்}}{\text{கர்ணம்}} = \frac{ON}{PN}$$

$$= \frac{\frac{y}{2}}{\sqrt{\frac{y^2}{4}+a^2}} = \frac{y}{\sqrt{y^2+4a^2}}$$

$$\cos(\pi-\varphi_2) = \frac{\text{அடுத்துள்ள பக்கம்}}{\text{கர்ணம்}} = \frac{OM}{PM}$$

$$\cos\varphi_2 = -\frac{OM}{PM}$$

எனவே கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டை பயன்படுத்தினால்

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\hat{n}$$

நமக்கு கிடைப்பது $\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}\frac{2y}{\sqrt{y^2+4a^2}}\hat{n}$

நீண்ட நேர்கடத்திக்கு, $y \to \infty$,

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi a}\hat{n}$$

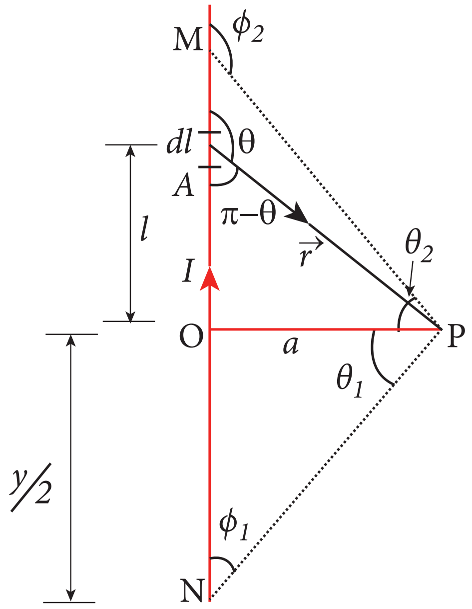
இம்முடிவு சமன்பாடு (3.39) ஐ ஒத்திருப்பதை கவனிக்கவும்.

எடுத்துக்காட்டு A3.3

ஒரு நேர்கடத்தியினால் உருவாகும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)\hat{n}$$ என நிறுவுக.



தீர்வு

செங்கோண முக்கோணம் OPN இல் கோணம் $\angle OPN = \theta_1$. இதிலிருந்து $\varphi_1 = \frac{\pi}{2} - \theta_1$ என அறியலாம். மேலும் செங்கோண முக்கோணம் OPM இல் கோணம் $\angle OPM = \theta_2$. இதிலிருந்து $\varphi_2 = \frac{\pi}{2} + \theta_2$ என அறியலாம்.

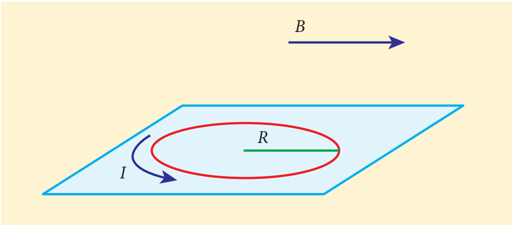
எனவே,

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}\left(\cos\left(\frac{\pi}{2}-\theta_1\right) - \cos\left(\frac{\pi}{2}+\theta_2\right)\right)\hat{n}$$

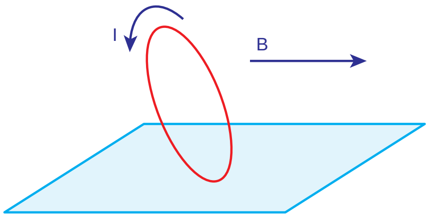
$$= \frac{\mu_\circ I}{4\pi a}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)\hat{n}$$

எடுத்துக்காட்டு A3.4

R ஆரமும் m நிறையும் கொண்ட வட்ட வடிவ உலோக வளையம் ஒன்று சொரசொரப்பான பரப்பின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு வளையத்தின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் I மற்றும் கிடைத்தளப்பரப்பிற்கு இணையாகச் செயல்படும் காந்தப்புலம் $\vec{B}$ என்க. வளையத்தின் ஒரு முனை சொரசொரப்பான பரப்பிலிருந்து மேலெழும்புவதற்கு எவ்வளவு மின்னோட்டம் வளையத்தின் வழியே செலுத்தப்பட வேண்டும்?



தீர்வு:



வளையத்தின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது, திருப்பு விசை ஏற்படும். வளையத்தின் மீது செயல்படும் திருப்புவிசை அதிகரித்தால் வளையம் சுழல ஆரம்பிக்கும். வளையத்தின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் காந்தத்திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு, புவியீர்ப்பு விசையால் ஏற்படும் திருப்புவிசைக்கு சமமானால் மட்டுமே படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு வளையத்தின் ஒருமுனை பரப்பிலிருந்து மேலெழும்பும்.

$$\tau_{\text{காந்தப்புலம்}} = \tau_{\text{புவியீர்ப்புப்புலம்}}$$

$$IAB = mgR$$

ஆனால் $p_m = IA = I\left(\pi R^2\right)$

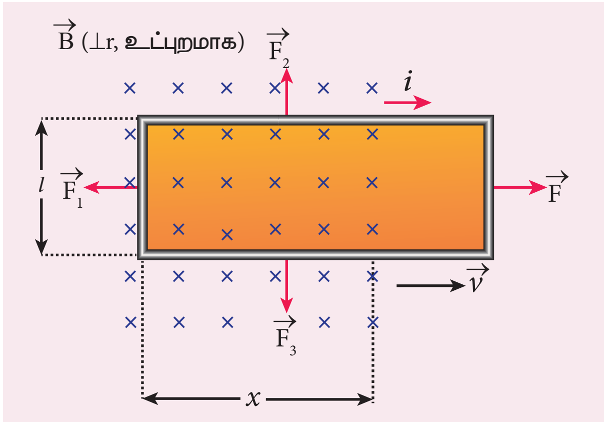
$$\pi I R^2 B = mgR$$

$$\Rightarrow I = \frac{mg}{\pi R B}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டினைக் கொண்டு கண்டறியப்பட்ட மின்னோட்டத்தை வளையத்தின் வழியே செலுத்தினால் வளையத்தின் ஒருமுனை பரப்பிலிருந்து மேலெழும்பும்.

A4.1 பாரடே விதியில் இருந்து இயக்க மின்னியக்கு விசை மற்றும் ஆற்றல் மாறா நிலை

l அகலம் கொண்ட செவ்வக வடிவ கடத்தும் சுற்று $\vec{B}$ என்ற சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ளதாகக் கொள்க. காந்தப்புலம் சுற்றின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும்



படம் A4.1 பாரடே விதியிலிருந்து இயக்க மின்னியக்கு விசை

உள்நோக்கியும் உள்ளது. படம் A4.1 இல் காட்டியுள்ளவாறு சுற்றின் ஒரு பகுதி காந்தப்புலத்திலும் எஞ்சிய பகுதி வெளியேயும் உள்ளன.

$\vec{v}$ என்ற மாறா திசைவேகத்துடன் சுற்று வலப்புறமாக இழுக்கப்பட்டால் காந்தப்புலத்திற்குள் இருக்கும் பகுதியின் பரப்பு குறையும். அதனால் சுற்றுடன் தொடர்புடைய பாயமும் குறையும். பாரடே விதிப்படி சுற்றில் ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப்பட்டு, அது சுற்றை இழுப்பதை எதிர்க்கும் திசையில் பாயும்.

காந்தப்புலத்தினுள் இருக்கும் சுற்றின் நீளம் x எனக் கொள்க. அதன் பரப்பு lx ஆகும். சுற்றோடு தொடர்புடைய காந்தப்பாயம்

$$\Phi_B = \int_A \vec{B}\cdot d\vec{A} = BA\cos\theta \quad = BA$$

இங்கு $\theta = 0^\circ$ மற்றும் $\cos 0^\circ = 1$

$$\Phi_B = Blx \qquad (A4.1)$$

சுற்றின் இயக்கத்தால் இந்த காந்தப்பாயம் குறைவதால், தூண்டப்பட்ட மின் இயக்கு விசையின் எண்மதிப்பு

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d}{dt}(Blx)$$

இங்கு B மற்றும் l ஆகியவை மாறிலிகள் ஆகும். எனவே

$$\varepsilon = Bl\frac{dx}{dt} = Blv \qquad (A4.2)$$

இங்கு $\upsilon = \frac{dx}{dt}$ என்பது சுற்றின் திசைவேகம் ஆகும். இந்த மின்னியக்கு விசை இயக்க மின்னியக்கு விசை (motional emf) எனப்படுகிறது.

லென்ஸ் விதியிலிருந்து தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் வலஞ்சுழியாக பாய்கிறது என அறியலாம். R என்பது சுற்றின் மின்தடை எனில், தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம்

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Bl\upsilon}{R} \qquad (A4.3)$$

A4.2 LC அலைவுகள் மற்றும் தனிச்சீரிசை அலைவுகள் இடையே உள்ள ஒப்புமைகள்

பண்புசார் முறை (Qualitative treatment)

சுருள்வில் – நிறை அமைப்பின் இயந்திரவியல் ஆற்றல் ஆனது

$$E = \frac{1}{2}m\upsilon^2 + \frac{1}{2}kx^2 \qquad (A4.4)$$

x மற்றும் υ இன் மாறுபடும் மதிப்புகளுக்கு, ஆற்றல் E மாறாமல் இருக்கிறது. நேரத்தைப் பொருத்து E – ஐ வகைப்படுத்த, நாம் பெறுவது

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{2}m\left(2\upsilon\frac{d\upsilon}{dt}\right) + \frac{1}{2}k\left(2x\frac{dx}{dt}\right) = 0$$

அல்லது $m\frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0 \qquad (A4.5)$

ஏனெனில் $\frac{dx}{dt} = \upsilon$ மற்றும் $\frac{d\upsilon}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$

இதுவே சுருள்வில் – நிறை அமைப்பின் அலைவுகளின் வகைக்கெழு சமன்பாடாகும். சமன்பாடு (4.68) – இன் பொதுவான தீர்வு

$$x(t) = X_m \cos(\omega t + \phi) \qquad (A4.6)$$

என்ற வடிவில் இருக்கும். இங்கு X_m என்பது $x(t)$ இன் பெரும மதிப்பு, ω என்பது கோண அதிர்வெண் மற்றும் ϕ என்பது கட்ட மாறிலி ஆகும்.

இது போன்று, LC அமைப்பின் மின்காந்த ஆற்றலானது

$$U = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{C}\right)q^2 = \text{மாறிலி} \qquad (A4.7)$$

நேரத்தைப் பொருத்து U – வை வகைப்படுத்த, நாம் பெறுவது

$$\frac{dU}{dt} = \frac{1}{2}L\left(2i\frac{di}{dt}\right) + \frac{1}{2C}\left(2q\frac{dq}{dt}\right) = 0$$

அல்லது $L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C}q = 0 \qquad (A4.8)$

ஏனெனில் $i = \frac{dq}{dt}$ மற்றும் $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$

இதன் பொதுவான தீர்வு

$$q(t) = Q_m \cos(\omega t + \phi) \qquad (A4.9)$$

என்ற வடிவில் இருக்கும். இங்கு Q_m என்பது $q(t)$ இன் பெருமமதிப்பு, ω என்பது கோண அதிர்வெண் மற்றும் ϕ என்பது கட்ட மாறிலி ஆகும்.

A5.1 மின்காந்த அலைகளின் பண்புகள்

- வெற்றிடம் அல்லது வெளியில் பரவும் மின்காந்த அலையின் ஆற்றல் அடர்த்தி (ஓரலகு பருமனுக்கான ஆற்றல்) பின்வருமாறு

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_{\circ}E^2 + \frac{1}{2\mu_{\circ}}B^2$$

இங்கு, $\frac{1}{2}\varepsilon_{\circ}E^{2} = u_{E}$ என்பது மின்புலத்தின் ஆற்றல் அடர்த்தி ஆகும். மேலும் $\frac{1}{2\mu_{0}}B^{2} = u_{B}$ என்பது காந்தப்புலத்தின் ஆற்றல் அடர்த்தி ஆகும்.

இங்கு $E = Bc \Rightarrow u_{B} = u_{E}$.

எனவே மின்காந்த அலையின் ஆற்றல் அடர்த்தி

$$u = \varepsilon_{0}E^{2} = \frac{1}{\mu_{0}}B^{2}$$

- மின்காந்த அலையின் சராசரி ஆற்றல் அடர்த்தி,

$$\langle u \rangle = \frac{1}{2}\varepsilon_{\circ}E^{2} = \frac{1}{2}\frac{1}{\mu_{\circ}}B^{2}.$$

- மின்காந்த அலைபரவும் திசைக்கு செங்குத்தாக உள்ள ஓரலகு பரப்பின் வழியே ஓரலகு நேரத்தில் கடந்து செல்லும் ஆற்றலே மின்காந்த அலையின் செறிவு எனப்படும்.

செறிவு = $\frac{\text{ஆற்றல்}}{\text{வேகம்}} = \frac{U}{c}$ (அல்லது)

$$I = \frac{\text{மொத்த மின்காந்த ஆற்றல் } (U)}{\text{மேற்பரப்பு (A)} \times \text{நேரம் (t)}}$$

$$= \frac{\text{திறன் (P)}}{\text{மேற்பரப்பு (A)}}$$

குறிப்பு

ஒரு புள்ளி ஒளிமூலத்திற்கு (point source) $I = \frac{P}{4\pi r^{2}} \Rightarrow I \propto \frac{1}{r^{2}}$

ஒரு கோட்டு மூலத்திற்கு (line source), $I \propto \frac{1}{r}$

ஒரு பரப்பு மூலத்திற்கு (area), I ஆனது r ஐச் சார்ந்ததல்ல.

- மற்ற அலைகளைப் போன்றே மின்காந்த அலைகளும் ஆற்றல் மற்றும் உந்தத்தை சுமந்து செல்கின்றன. மின்காந்த ஆற்றல் (U) மற்றும் c வேகத்தில் பரவும் மின்காந்த அலையின் நேர்கோட்டு உந்தம் $p = \frac{\text{ஆற்றல்}}{\text{வேகம்}} = \frac{U}{c}$ ஆகும். மின்காந்த அலையினால் ஓரலகு பரப்பில் செலுத்தப்படும் விசை கதிர்வீச்சு அழுத்தம் (radiation pressure) என அழைக்கப்படுகிறது.
- உலோகப்பரப்பின் மீது விழும் மின்காந்த அலை முழுவதும் உலோகப் பரப்பினால் உட்கவரப் பட்டால், செலுத்தப்பட்ட ஆற்றலானது (U) பரப்பின்மீது செலுத்திய உந்தம் $p = \frac{U}{c}$.
- படுகின்ற மின்காந்த அலையின் ஆற்றல் (U) முழுவதும் பரப்பினால் எதிரொளிக்கப்பட்டால், பரப்பிற்கு அளிக்கப்பட்ட உந்தம் $\Delta p = \frac{U}{c} - \left(-\frac{U}{c}\right) = 2\frac{U}{c}$ ஆகும்.
- ஓரலகு பரப்பு வழியே ஓரலகு நேரத்தில் பாய்ந்து செல்லும் மின்காந்த அலையின் ஆற்றல் மின்காந்த அலையின் பாயின்டிங் வெக்டர் (Poynting vector) எனப்படும். அதனைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_{\circ}}\left(\vec{E}\times\vec{B}\right) = c^{2}\epsilon_{\circ}\left(\vec{E}\times\vec{B}\right).$$

பாயிண்டிங் வெக்டரின் அலகு Wm^{-2}. எந்த ஒரு புள்ளியிலும் உள்ள பாயிண்டிங் வெக்டர், அப்புள்ளியிலிருந்து இடம்பெயரும் மின்காந்த ஆற்றலின் திசையைக் கொடுக்கும்.

கலைச்சொற்கள்
GLOSSARY

D3NUWU

1.	உட்கவர் நிறமாலை	-	Absorption spectra
2.	சுருள் தொகுப்பு	-	Armature
3.	அச்சுச் சமச்சீர்	-	Axial symmetry
4.	சராசரி மின்னோட்டம்	-	Average current
5.	சமன்செய் நீளம்	-	Balancing Length
6.	கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு	-	Blackbody radiation
7.	மின்னூட்டம்	-	Charge(Property)
8.	மின்துகள்	-	Charge(particle)
9.	மின்துகள்களின் தொடர் பரவல்	-	Continuous charge distribution
10.	மரபு மின்னோட்டம்	-	Conventional current
11.	மின்னூட்டம் மாறாத் தன்மை	-	Conservation of charges
12.	மின்தேக்கி	-	Capacitor
13.	ஒளிவட்ட மின்னிறக்கம் அல்லது சிதறொளி மின்னிறக்கம்	-	Corona discharge
14.	மின்தேக்குத்திறன்	-	Capacitance
15.	காந்த நீக்குத்திறன்	-	Coercivity
16.	மின்னோட்ட அடர்த்தி	-	Current density
17.	மின்கடத்து எண்	-	Conductivity
18.	நிலை அமைப்பு	-	Configuration
19.	கடத்து மின்னோட்டம்	-	Conduction current
20.	கார்பன் மின்தடையாக்கி	-	Carbon Resistor
21.	மின்னோட்ட உணர்திறன்	-	Current sensitivity
22.	மின்காப்புகள்	-	Dielectrics
23.	இடப்பெயர்ச்சி மின்னோட்டம்	-	Displacement current
24.	காந்த ஒதுக்கக்கோணம்	-	Declination angle
25.	மின்காப்பு வலிமை	-	Dielectric strength
26.	இழுப்பு திசைவேகம்	-	Drift velocity
27.	மின்காப்பு மாறிலி	-	Dielectric constant
28.	சுழல் மின்னோட்டம்	-	Eddy current
29.	மின்காந்தத் தணிப்பு	-	Electromagnetic damping
30.	மின்னணு சாதனங்கள்	-	Electronic devices
31.	நிலை மின்னியல்	-	Electrostatics
32.	மின்புலம்	-	Electric field
33.	மின்னிருமுனை (மின் இருமுனை)	-	Electric dipole

34. தொகுபயன் மின்தேக்குத்திறன் அல்லது இணை மின்தேக்குத்திறன் - Equivalent capacitance
35. நிலைமின் தூண்டல் - Electrostatic induction
36. நிலை மின்னழுத்த ஆற்றல் - Electrostatic potential energy
37. மின்பாயம் - Electric flux
38. சமமின்னழுத்தப் பரப்பு - Equi-potential surface
39. நிலை மின் சமநிலை - Electrostatic equilibrium
40. நிலை மின் தடுப்புறை - Electrostatic shielding
41. ஆற்றல் அடர்த்தி - Energy density
42. நிலை மின்னழுத்தம் - Electrostatic potential
43. மின்கலத் தொகுப்பு - Electric battery
44. வெளியிடு நிறமாலை - Emission spectra
45. தொகுபயன் மின்தடை - Equivalent Resistance
46. பாயக்கசிவு - Flux leakage
47. கால்வானா மீட்டரின் தர ஒப்பீட்டு எண் - Figure of merit of a galvanometer
48. வரம்பிற்குட்பட்ட மதிப்பு - Finite value
49. கட்டுறா எலக்ட்ரான்கள் - Free electrons
50. புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு - Horizontal component of the Earth's magnetic field
51. காந்தத் தயக்கம் - Hysteresis
52. சுருள்பாதை - Helical path
53. மேற்பொருந்தல் தத்துவம் - superposition principle
54. காப்பான்கள் - Insulators
55. மின் புரட்டி - Inverter
56. மின்தூண்டல் எண் - Inductance
57. மின்தூண்டி - Inductor
58. காந்தச் சரிவுக்கோணம் - Inclination angle
59. காந்தமாக்கும் செறிவு - Intensity of magnetization
60. மின்மறுப்பு - Impedance
61. மின்னூட்ட நீள் அடர்த்தி - Linear charge density
62. மின்னல் வெட்டு - Lighthing bolt
63. மென்தகட்டு உள்ளகம் - Laminated Core
64. மின்னல் கடத்தி - Lightning conductor
65. பரிமாற்று மின்தூண்டல் - Mutual-induction
66. உலோகக் கடத்தி - Metallic conductor
67. இயங்குசுருள் கால்வானா மீட்டர் - Moving Coil galvanometer
68. காந்த துருவத்தளம் - Magnetic meridian
69. காந்தப் பெருங்கூறு, காந்தக் களம் - Magnetic domain
70. காந்தத்தூண்டல் - Magnetic induction
71. காந்தமாக்கு புலம் - Magnetising field
72. காந்தப்பாயம் - Magnetic Flux
73. காந்த ஏற்புத்திறன் - Magnetic susceptibility
74. காந்த உட்புகுதிறன் - Magnetic permeability
75. காந்தப்பாயம் - Magnetic flux

76. காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் - Magnetic dipole moment
77. காந்த ஒதுக்கம் - Magnetic declination
78. காந்தச் சரிவு - Magnetic dip or inclination
79. ஓம் விதிக்கு உட்படாத கடத்தி - Non ohmic conductor
80. பரவும் வெக்டர் - Propagation vector
81. கட்ட வெக்டர் - Phasor
82. திறன் காரணி - Power factor
83. மின்னழுத்த வேறுபாடு - Potential difference
84. விடுதிறன் - Permittivity
85. குவாண்டமாக்கல் அல்லது துளிமமாக்கல் - Quantization
86. ஒத்ததிர்வு - Resonance
87. சுழலி - Rotor
88. சார்பு உட்புகுதிறன் - Relative permeability
89. மின்தடையாக்கிகளின் தொடரிணைப்பு - Resistors in series
90. காந்தப்பற்றுத்திறன் - Retentivity
91. மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி - Surface charge density
92. நழுவு வளையங்கள் - Slip rings
93. தொடரிணைப்பு, பக்கவிணைப்பு - Series and parallel
94. தன்மின்தூண்டல் - Self-induction
95. அடுத்தடுத்த மோதல்கள் - Successive collisions
96. நிலையான பகுதி - Stator
97. மீக்கடத்திகள் - Superconductors
98. குறை கடத்தி - Semiconductor
99. சூரிய நிறமாலை - Solar spectrum
100. இணை மின்தடை - Shunt resistance
101. வரிச்சுருள் - Solenoid
102. வெப்பநிலை மின்தடை எண் - Temperature coefficient of Resistivity
103. வட்ட வரிச்சுருள் - Toroid
104. முறுக்குக் கோணம் - Torsional constant
105. குறுக்கலை - Transverse wave
106. முறுக்குத் தராசு - Torsion balance
107. மின்மாற்றி - Transformer
108. வெப்பமாறு மின்தடை - Thermistor
109. மின்னழுத்த வேறுபாடு - Voltage
110. மின்னழுத்த உணர்திறன் - Voltage sensitivity
111. பருமக் கூறு - Volume element
112. அலை வரைபடம் - Wave diagram
113. முழுத்திறன் மின்னோட்டம் - Wattful current
114. சுழித்திறன் மின்னோட்டம் - Wattless current
115. கம்பிச் சுற்று - Winding

மடக்கை அட்டவணை (LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

எதிர்மடக்கை அட்டவணை (ANTI LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	3	4	4	5	6	6
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	3	4	4	5	6	6

எதிர்மடக்கை அட்டவணை (ANTI LOGARITHM TABLE)

											Mean Difference								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
.51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
.76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
.77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
.78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
.79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
.80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
.81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
.84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
.85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
.88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
.89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
.90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
.91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
.92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
.93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
.96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
.97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
.98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
.99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

சைன் மதிப்புகள் (NATURAL SINES)

0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069813	0.0087265	0.010472	0.012217	0.013962	0.015707
1	0.017452	0.019197	0.020942	0.022687	0.024432	0.026177	0.027922	0.029666	0.031411	0.033155
2	0.034899	0.036644	0.038388	0.040132	0.041876	0.043619	0.045363	0.047106	0.04885	0.050593
3	0.052336	0.054079	0.055822	0.057564	0.059306	0.061049	0.062791	0.064532	0.066274	0.068015
4	0.069756	0.071497	0.073238	0.074979	0.076719	0.078459	0.080199	0.081939	0.083678	0.085417
5	0.087156	0.088894	0.090633	0.092371	0.094108	0.095846	0.097583	0.09932	0.101056	0.102793
6	0.104528	0.106264	0.107999	0.109734	0.111469	0.113203	0.114937	0.116671	0.118404	0.120137
7	0.121869	0.123601	0.125333	0.127065	0.128796	0.130526	0.132256	0.133986	0.135716	0.137445
8	0.139173	0.140901	0.142629	0.144356	0.146083	0.147809	0.149535	0.151261	0.152986	0.15471
9	0.156434	0.158158	0.159881	0.161604	0.163326	0.165048	0.166769	0.168489	0.170209	0.171929
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.173648	0.175367	0.177085	0.178802	0.180519	0.182236	0.183951	0.185667	0.187381	0.189095
11	0.190809	0.192522	0.194234	0.195946	0.197657	0.199368	0.201078	0.202787	0.204496	0.206204
12	0.207912	0.209619	0.211325	0.21303	0.214735	0.21644	0.218143	0.219846	0.221548	0.22325
13	0.224951	0.226651	0.228351	0.23005	0.231748	0.233445	0.235142	0.236838	0.238533	0.240228
14	0.241922	0.243615	0.245307	0.246999	0.24869	0.25038	0.252069	0.253758	0.255446	0.257133
15	0.258819	0.260505	0.262189	0.263873	0.265556	0.267238	0.26892	0.2706	0.27228	0.273959
16	0.275637	0.277315	0.278991	0.280667	0.282341	0.284015	0.285688	0.287361	0.289032	0.290702
17	0.292372	0.29404	0.295708	0.297375	0.299041	0.300706	0.30237	0.304033	0.305695	0.307357
18	0.309017	0.310676	0.312335	0.313992	0.315649	0.317305	0.318959	0.320613	0.322266	0.323917
19	0.325568	0.327218	0.328867	0.330514	0.332161	0.333807	0.335452	0.337095	0.338738	0.34038
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.34202	0.34366	0.345298	0.346936	0.348572	0.350207	0.351842	0.353475	0.355107	0.356738
21	0.358368	0.359997	0.361625	0.363251	0.364877	0.366501	0.368125	0.369747	0.371368	0.372988
22	0.374607	0.376224	0.377841	0.379456	0.38107	0.382683	0.384295	0.385906	0.387516	0.389124
23	0.390731	0.392337	0.393942	0.395546	0.397148	0.398749	0.400349	0.401948	0.403545	0.405142
24	0.406737	0.40833	0.409923	0.411514	0.413104	0.414693	0.416281	0.417867	0.419452	0.421036
25	0.422618	0.424199	0.425779	0.427358	0.428935	0.430511	0.432086	0.433659	0.435231	0.436802
26	0.438371	0.439939	0.441506	0.443071	0.444635	0.446198	0.447759	0.449319	0.450878	0.452435
27	0.45399	0.455545	0.457098	0.45865	0.4602	0.461749	0.463296	0.464842	0.466387	0.46793
28	0.469472	0.471012	0.472551	0.474088	0.475624	0.477159	0.478692	0.480223	0.481754	0.483282
29	0.48481	0.486335	0.48786	0.489382	0.490904	0.492424	0.493942	0.495459	0.496974	0.498488
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.5	0.501511	0.50302	0.504528	0.506034	0.507538	0.509041	0.510543	0.512043	0.513541
31	0.515038	0.516533	0.518027	0.519519	0.52101	0.522499	0.523986	0.525472	0.526956	0.528438
32	0.529919	0.531399	0.532876	0.534352	0.535827	0.5373	0.538771	0.54024	0.541708	0.543174
33	0.544639	0.546102	0.547563	0.549023	0.550481	0.551937	0.553392	0.554844	0.556296	0.557745
34	0.559193	0.560639	0.562083	0.563526	0.564967	0.566406	0.567844	0.56928	0.570714	0.572146
35	0.573576	0.575005	0.576432	0.577858	0.579281	0.580703	0.582123	0.583541	0.584958	0.586372
36	0.587785	0.589196	0.590606	0.592013	0.593419	0.594823	0.596225	0.597625	0.599024	0.60042
37	0.601815	0.603208	0.604599	0.605988	0.607376	0.608761	0.610145	0.611527	0.612907	0.614285
38	0.615661	0.617036	0.618408	0.619779	0.621148	0.622515	0.62388	0.625243	0.626604	0.627963
39	0.62932	0.630676	0.632029	0.633381	0.634731	0.636078	0.637424	0.638768	0.64011	0.64145
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.642788	0.644124	0.645458	0.64679	0.64812	0.649448	0.650774	0.652098	0.653421	0.654741
41	0.656059	0.657375	0.658689	0.660002	0.661312	0.66262	0.663926	0.66523	0.666532	0.667833
42	0.669131	0.670427	0.671721	0.673013	0.674302	0.67559	0.676876	0.67816	0.679441	0.680721
43	0.681998	0.683274	0.684547	0.685818	0.687088	0.688355	0.68962	0.690882	0.692143	0.693402
44	0.694658	0.695913	0.697165	0.698415	0.699663	0.700909	0.702153	0.703395	0.704634	0.705872
45	0.707107	0.70834	0.709571	0.710799	0.712026	0.71325	0.714473	0.715693	0.716911	0.718126

சைன் மதிப்புகள் (NATURAL SINES)

46	0.71934	0.720551	0.72176	0.722967	0.724172	0.725374	0.726575	0.727773	0.728969	0.730162
47	0.731354	0.732543	0.73373	0.734915	0.736097	0.737277	0.738455	0.739631	0.740805	0.741976
48	0.743145	0.744312	0.745476	0.746638	0.747798	0.748956	0.750111	0.751264	0.752415	0.753563
49	0.75471	0.755853	0.756995	0.758134	0.759271	0.760406	0.761538	0.762668	0.763796	0.764921
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
50	0.766044	0.767165	0.768284	0.7694	0.770513	0.771625	0.772734	0.77384	0.774944	0.776046
51	0.777146	0.778243	0.779338	0.78043	0.78152	0.782608	0.783693	0.784776	0.785857	0.786935
52	0.788011	0.789084	0.790155	0.791224	0.79229	0.793353	0.794415	0.795473	0.79653	0.797584
53	0.798636	0.799685	0.800731	0.801776	0.802817	0.803857	0.804894	0.805928	0.80696	0.80799
54	0.809017	0.810042	0.811064	0.812084	0.813101	0.814116	0.815128	0.816138	0.817145	0.81815
55	0.819152	0.820152	0.821149	0.822144	0.823136	0.824126	0.825113	0.826098	0.827081	0.82806
56	0.829038	0.830012	0.830984	0.831954	0.832921	0.833886	0.834848	0.835807	0.836764	0.837719
57	0.838671	0.83962	0.840567	0.841511	0.842452	0.843391	0.844328	0.845262	0.846193	0.847122
58	0.848048	0.848972	0.849893	0.850811	0.851727	0.85264	0.853551	0.854459	0.855364	0.856267
59	0.857167	0.858065	0.85896	0.859852	0.860742	0.861629	0.862514	0.863396	0.864275	0.865151
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
60	0.866025	0.866897	0.867765	0.868632	0.869495	0.870356	0.871214	0.872069	0.872922	0.873772
61	0.87462	0.875465	0.876307	0.877146	0.877983	0.878817	0.879649	0.880477	0.881303	0.882127
62	0.882948	0.883766	0.884581	0.885394	0.886204	0.887011	0.887815	0.888617	0.889416	0.890213
63	0.891007	0.891798	0.892586	0.893371	0.894154	0.894934	0.895712	0.896486	0.897258	0.898028
64	0.898794	0.899558	0.900319	0.901077	0.901833	0.902585	0.903335	0.904083	0.904827	0.905569
65	0.906308	0.907044	0.907777	0.908508	0.909236	0.909961	0.910684	0.911403	0.91212	0.912834
66	0.913545	0.914254	0.91496	0.915663	0.916363	0.91706	0.917755	0.918446	0.919135	0.919821
67	0.920505	0.921185	0.921863	0.922538	0.92321	0.92388	0.924546	0.92521	0.925871	0.926529
68	0.927184	0.927836	0.928486	0.929133	0.929776	0.930418	0.931056	0.931691	0.932324	0.932954
69	0.93358	0.934204	0.934826	0.935444	0.93606	0.936672	0.937282	0.937889	0.938493	0.939094
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
70	0.939693	0.940288	0.940881	0.941471	0.942057	0.942641	0.943223	0.943801	0.944376	0.944949
71	0.945519	0.946085	0.946649	0.94721	0.947768	0.948324	0.948876	0.949425	0.949972	0.950516
72	0.951057	0.951594	0.952129	0.952661	0.953191	0.953717	0.95424	0.954761	0.955278	0.955793
73	0.956305	0.956814	0.957319	0.957822	0.958323	0.95882	0.959314	0.959805	0.960294	0.960779
74	0.961262	0.961741	0.962218	0.962692	0.963163	0.96363	0.964095	0.964557	0.965016	0.965473
75	0.965926	0.966376	0.966823	0.967268	0.967709	0.968148	0.968583	0.969016	0.969445	0.969872
76	0.970296	0.970716	0.971134	0.971549	0.971961	0.97237	0.972776	0.973179	0.973579	0.973976
77	0.97437	0.974761	0.975149	0.975535	0.975917	0.976296	0.976672	0.977046	0.977416	0.977783
78	0.978148	0.978509	0.978867	0.979223	0.979575	0.979925	0.980271	0.980615	0.980955	0.981293
79	0.981627	0.981959	0.982287	0.982613	0.982935	0.983255	0.983571	0.983885	0.984196	0.984503
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
80	0.984808	0.985109	0.985408	0.985703	0.985996	0.986286	0.986572	0.986856	0.987136	0.987414
81	0.987688	0.98796	0.988228	0.988494	0.988756	0.989016	0.989272	0.989526	0.989776	0.990024
82	0.990268	0.990509	0.990748	0.990983	0.991216	0.991445	0.991671	0.991894	0.992115	0.992332
83	0.992546	0.992757	0.992966	0.993171	0.993373	0.993572	0.993768	0.993961	0.994151	0.994338
84	0.994522	0.994703	0.994881	0.995056	0.995227	0.995396	0.995562	0.995725	0.995884	0.996041
85	0.996195	0.996345	0.996493	0.996637	0.996779	0.996917	0.997053	0.997185	0.997314	0.997441
86	0.997564	0.997684	0.997801	0.997916	0.998027	0.998135	0.99824	0.998342	0.998441	0.998537
87	0.99863	0.998719	0.998806	0.99889	0.998971	0.999048	0.999123	0.999194	0.999263	0.999328
88	0.999391	0.99945	0.999507	0.99956	0.99961	0.999657	0.999701	0.999743	0.999781	0.999816
89	0.999848	0.999877	0.999903	0.999925	0.999945	0.999962	0.999976	0.999986	0.999994	0.999998
90	1	0.999998	0.999994	0.999986	0.999976	0.999962	0.999945	0.999925	0.999903	0.999877

கொசைன் மதிப்புகள் (NATURAL COSINES)

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	0.999998	0.999994	0.999986	0.999976	0.999962	0.999945	0.999925	0.999903	0.999877
1	0.999848	0.999816	0.999781	0.999743	0.999701	0.999657	0.99961	0.99956	0.999507	0.99945
2	0.999391	0.999328	0.999263	0.999194	0.999123	0.999048	0.998971	0.99889	0.998806	0.998719
3	0.99863	0.998537	0.998441	0.998342	0.99824	0.998135	0.998027	0.997916	0.997801	0.997684
4	0.997564	0.997441	0.997314	0.997185	0.997053	0.996917	0.996779	0.996637	0.996493	0.996345
5	0.996195	0.996041	0.995884	0.995725	0.995562	0.995396	0.995227	0.995056	0.994881	0.994703
6	0.994522	0.994338	0.994151	0.993961	0.993768	0.993572	0.993373	0.993171	0.992966	0.992757
7	0.992546	0.992332	0.992115	0.991894	0.991671	0.991445	0.991216	0.990983	0.990748	0.990509
8	0.990268	0.990024	0.989776	0.989526	0.989272	0.989016	0.988756	0.988494	0.988228	0.98796
9	0.987688	0.987414	0.987136	0.986856	0.986572	0.986286	0.985996	0.985703	0.985408	0.985109
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.984808	0.984503	0.984196	0.983885	0.983571	0.983255	0.982935	0.982613	0.982287	0.981959
11	0.981627	0.981293	0.980955	0.980615	0.980271	0.979925	0.979575	0.979223	0.978867	0.978509
12	0.978148	0.977783	0.977416	0.977046	0.976672	0.976296	0.975917	0.975535	0.975149	0.974761
13	0.97437	0.973976	0.973579	0.973179	0.972776	0.97237	0.971961	0.971549	0.971134	0.970716
14	0.970296	0.969872	0.969445	0.969016	0.968583	0.968148	0.967709	0.967268	0.966823	0.966376
15	0.965926	0.965473	0.965016	0.964557	0.964095	0.96363	0.963163	0.962692	0.962218	0.961741
16	0.961262	0.960779	0.960294	0.959805	0.959314	0.95882	0.958323	0.957822	0.957319	0.956814
17	0.956305	0.955793	0.955278	0.954761	0.95424	0.953717	0.953191	0.952661	0.952129	0.951594
18	0.951057	0.950516	0.949972	0.949425	0.948876	0.948324	0.947768	0.94721	0.946649	0.946085
19	0.945519	0.944949	0.944376	0.943801	0.943223	0.942641	0.942057	0.941471	0.940881	0.940288
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.939693	0.939094	0.938493	0.937889	0.937282	0.936672	0.93606	0.935444	0.934826	0.934204
21	0.93358	0.932954	0.932324	0.931691	0.931056	0.930418	0.929776	0.929133	0.928486	0.927836
22	0.927184	0.926529	0.925871	0.92521	0.924546	0.92388	0.92321	0.922538	0.921863	0.921185
23	0.920505	0.919821	0.919135	0.918446	0.917755	0.91706	0.916363	0.915663	0.91496	0.914254
24	0.913545	0.912834	0.91212	0.911403	0.910684	0.909961	0.909236	0.908508	0.907777	0.907044
25	0.906308	0.905569	0.904827	0.904083	0.903335	0.902585	0.901833	0.901077	0.900319	0.899558
26	0.898794	0.898028	0.897258	0.896486	0.895712	0.894934	0.894154	0.893371	0.892586	0.891798
27	0.891007	0.890213	0.889416	0.888617	0.887815	0.887011	0.886204	0.885394	0.884581	0.883766
28	0.882948	0.882127	0.881303	0.880477	0.879649	0.878817	0.877983	0.877146	0.876307	0.875465
29	0.87462	0.873772	0.872922	0.872069	0.871214	0.870356	0.869495	0.868632	0.867765	0.866897
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.866025	0.865151	0.864275	0.863396	0.862514	0.861629	0.860742	0.859852	0.85896	0.858065
31	0.857167	0.856267	0.855364	0.854459	0.853551	0.85264	0.851727	0.850811	0.849893	0.848972
32	0.848048	0.847122	0.846193	0.845262	0.844328	0.843391	0.842452	0.841511	0.840567	0.83962
33	0.838671	0.837719	0.836764	0.835807	0.834848	0.833886	0.832921	0.831954	0.830984	0.830012
34	0.829038	0.82806	0.827081	0.826098	0.825113	0.824126	0.823136	0.822144	0.821149	0.820152
35	0.819152	0.81815	0.817145	0.816138	0.815128	0.814116	0.813101	0.812084	0.811064	0.810042
36	0.809017	0.80799	0.80696	0.805928	0.804894	0.803857	0.802817	0.801776	0.800731	0.799685
37	0.798636	0.797584	0.79653	0.795473	0.794415	0.793353	0.79229	0.791224	0.790155	0.789084
38	0.788011	0.786935	0.785857	0.784776	0.783693	0.782608	0.78152	0.78043	0.779338	0.778243
39	0.777146	0.776046	0.774944	0.77384	0.772734	0.771625	0.770513	0.7694	0.768284	0.767165
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.766044	0.764921	0.763796	0.762668	0.761538	0.760406	0.759271	0.758134	0.756995	0.755853
41	0.75471	0.753563	0.752415	0.751264	0.750111	0.748956	0.747798	0.746638	0.745476	0.744312
42	0.743145	0.741976	0.740805	0.739631	0.738455	0.737277	0.736097	0.734915	0.73373	0.732543
43	0.731354	0.730162	0.728969	0.727773	0.726575	0.725374	0.724172	0.722967	0.72176	0.720551
44	0.71934	0.718126	0.716911	0.715693	0.714473	0.71325	0.712026	0.710799	0.709571	0.70834
45	0.707107	0.705872	0.704634	0.703395	0.702153	0.700909	0.699663	0.698415	0.697165	0.695913

கொசைன் மதிப்புகள் (NATURAL COSINES)

46	0.694658	0.693402	0.692143	0.690882	0.68962	0.688355	0.687088	0.685818	0.684547	0.683274
47	0.681998	0.680721	0.679441	0.67816	0.676876	0.67559	0.674302	0.673013	0.671721	0.670427
48	0.669131	0.667833	0.666532	0.66523	0.663926	0.66262	0.661312	0.660002	0.658689	0.657375
49	0.656059	0.654741	0.653421	0.652098	0.650774	0.649448	0.64812	0.64679	0.645458	0.644124
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
50	0.642788	0.64145	0.64011	0.638768	0.637424	0.636078	0.634731	0.633381	0.632029	0.630676
51	0.62932	0.627963	0.626604	0.625243	0.62388	0.622515	0.621148	0.619779	0.618408	0.617036
52	0.615661	0.614285	0.612907	0.611527	0.610145	0.608761	0.607376	0.605988	0.604599	0.603208
53	0.601815	0.60042	0.599024	0.597625	0.596225	0.594823	0.593419	0.592013	0.590606	0.589196
54	0.587785	0.586372	0.584958	0.583541	0.582123	0.580703	0.579281	0.577858	0.576432	0.575005
55	0.573576	0.572146	0.570714	0.56928	0.567844	0.566406	0.564967	0.563526	0.562083	0.560639
56	0.559193	0.557745	0.556296	0.554844	0.553392	0.551937	0.550481	0.549023	0.547563	0.546102
57	0.544639	0.543174	0.541708	0.54024	0.538771	0.5373	0.535827	0.534352	0.532876	0.531399
58	0.529919	0.528438	0.526956	0.525472	0.523986	0.522499	0.52101	0.519519	0.518027	0.516533
59	0.515038	0.513541	0.512043	0.510543	0.509041	0.507538	0.506034	0.504528	0.50302	0.501511
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
60	0.5	0.498488	0.496974	0.495459	0.493942	0.492424	0.490904	0.489382	0.48786	0.486335
61	0.48481	0.483282	0.481754	0.480223	0.478692	0.477159	0.475624	0.474088	0.472551	0.471012
62	0.469472	0.46793	0.466387	0.464842	0.463296	0.461749	0.4602	0.45865	0.457098	0.455545
63	0.45399	0.452435	0.450878	0.449319	0.447759	0.446198	0.444635	0.443071	0.441506	0.439939
64	0.438371	0.436802	0.435231	0.433659	0.432086	0.430511	0.428935	0.427358	0.425779	0.424199
65	0.422618	0.421036	0.419452	0.417867	0.416281	0.414693	0.413104	0.411514	0.409923	0.40833
66	0.406737	0.405142	0.403545	0.401948	0.400349	0.398749	0.397148	0.395546	0.393942	0.392337
67	0.390731	0.389124	0.387516	0.385906	0.384295	0.382683	0.38107	0.379456	0.377841	0.376224
68	0.374607	0.372988	0.371368	0.369747	0.368125	0.366501	0.364877	0.363251	0.361625	0.359997
69	0.358368	0.356738	0.355107	0.353475	0.351842	0.350207	0.348572	0.346936	0.345298	0.34366
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
70	0.34202	0.34038	0.338738	0.337095	0.335452	0.333807	0.332161	0.330514	0.328867	0.327218
71	0.325568	0.323917	0.322266	0.320613	0.318959	0.317305	0.315649	0.313992	0.312335	0.310676
72	0.309017	0.307357	0.305695	0.304033	0.30237	0.300706	0.299041	0.297375	0.295708	0.29404
73	0.292372	0.290702	0.289032	0.287361	0.285688	0.284015	0.282341	0.280667	0.278991	0.277315
74	0.275637	0.273959	0.27228	0.2706	0.26892	0.267238	0.265556	0.263873	0.262189	0.260505
75	0.258819	0.257133	0.255446	0.253758	0.252069	0.25038	0.24869	0.246999	0.245307	0.243615
76	0.241922	0.240228	0.238533	0.236838	0.235142	0.233445	0.231748	0.23005	0.228351	0.226651
77	0.224951	0.22325	0.221548	0.219846	0.218143	0.21644	0.214735	0.21303	0.211325	0.209619
78	0.207912	0.206204	0.204496	0.202787	0.201078	0.199368	0.197657	0.195946	0.194234	0.192522
79	0.190809	0.189095	0.187381	0.185667	0.183951	0.182236	0.180519	0.178802	0.177085	0.175367
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
80	0.173648	0.171929	0.170209	0.168489	0.166769	0.165048	0.163326	0.161604	0.159881	0.158158
81	0.156434	0.15471	0.152986	0.151261	0.149535	0.147809	0.146083	0.144356	0.142629	0.140901
82	0.139173	0.137445	0.135716	0.133986	0.132256	0.130526	0.128796	0.127065	0.125333	0.123601
83	0.121869	0.120137	0.118404	0.116671	0.114937	0.113203	0.111469	0.109734	0.107999	0.106264
84	0.104528	0.102793	0.101056	0.09932	0.097583	0.095846	0.094108	0.092371	0.090633	0.088894
85	0.087156	0.085417	0.083678	0.081939	0.080199	0.078459	0.076719	0.074979	0.073238	0.071497
86	0.069756	0.068015	0.066274	0.064532	0.062791	0.061049	0.059306	0.057564	0.055822	0.054079
87	0.052336	0.050593	0.04885	0.047106	0.045363	0.043619	0.041876	0.040132	0.038388	0.036644
88	0.034899	0.033155	0.031411	0.029666	0.027922	0.026177	0.024432	0.022687	0.020942	0.019197
89	0.017452	0.015707	0.013962	0.012217	0.010472	0.0087265	0.0069813	0.0052360	0.0034907	0.0017453
90	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069813	0.0087265	0.010472	0.012217	0.013962	0.015707

டேஞ்சன்ட் மதிப்புகள் (NATURAL TANGENTS)

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.0017453	0.0034907	0.0052360	0.0069814	0.0087269	0.010472	0.012218	0.013964	0.015709
1	0.017455	0.019201	0.020947	0.022693	0.024439	0.026186	0.027933	0.029679	0.031426	0.033173
2	0.034921	0.036668	0.038416	0.040164	0.041912	0.043661	0.04541	0.047159	0.048908	0.050658
3	0.052408	0.054158	0.055909	0.05766	0.059411	0.061163	0.062915	0.064667	0.06642	0.068173
4	0.069927	0.071681	0.073435	0.07519	0.076946	0.078702	0.080458	0.082215	0.083972	0.08573
5	0.087489	0.089248	0.091007	0.092767	0.094528	0.096289	0.098051	0.099813	0.101576	0.10334
6	0.105104	0.106869	0.108635	0.110401	0.112168	0.113936	0.115704	0.117473	0.119243	0.121013
7	0.122785	0.124557	0.126329	0.128103	0.129877	0.131652	0.133428	0.135205	0.136983	0.138761
8	0.140541	0.142321	0.144102	0.145884	0.147667	0.149451	0.151236	0.153022	0.154808	0.156596
9	0.158384	0.160174	0.161965	0.163756	0.165549	0.167343	0.169137	0.170933	0.17273	0.174528
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.176327	0.178127	0.179928	0.181731	0.183534	0.185339	0.187145	0.188952	0.19076	0.19257
11	0.19438	0.196192	0.198005	0.19982	0.201635	0.203452	0.205271	0.20709	0.208911	0.210733
12	0.212557	0.214381	0.216208	0.218035	0.219864	0.221695	0.223526	0.22536	0.227194	0.229031
13	0.230868	0.232707	0.234548	0.23639	0.238234	0.240079	0.241925	0.243774	0.245624	0.247475
14	0.249328	0.251183	0.253039	0.254897	0.256756	0.258618	0.26048	0.262345	0.264211	0.266079
15	0.267949	0.269821	0.271694	0.273569	0.275446	0.277325	0.279205	0.281087	0.282971	0.284857
16	0.286745	0.288635	0.290527	0.29242	0.294316	0.296213	0.298113	0.300014	0.301918	0.303823
17	0.305731	0.30764	0.309552	0.311465	0.313381	0.315299	0.317219	0.319141	0.321065	0.322991
18	0.32492	0.32685	0.328783	0.330718	0.332656	0.334595	0.336537	0.338481	0.340428	0.342377
19	0.344328	0.346281	0.348237	0.350195	0.352156	0.354119	0.356084	0.358052	0.360022	0.361995
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	0.36397	0.365948	0.367928	0.369911	0.371897	0.373885	0.375875	0.377869	0.379864	0.381863
21	0.383864	0.385868	0.387874	0.389884	0.391896	0.39391	0.395928	0.397948	0.399971	0.401997
22	0.404026	0.406058	0.408092	0.41013	0.41217	0.414214	0.41626	0.418309	0.420361	0.422417
23	0.424475	0.426536	0.428601	0.430668	0.432739	0.434812	0.436889	0.438969	0.441053	0.443139
24	0.445229	0.447322	0.449418	0.451517	0.45362	0.455726	0.457836	0.459949	0.462065	0.464185
25	0.466308	0.468434	0.470564	0.472698	0.474835	0.476976	0.47912	0.481267	0.483419	0.485574
26	0.487733	0.489895	0.492061	0.494231	0.496404	0.498582	0.500763	0.502948	0.505136	0.507329
27	0.509525	0.511726	0.51393	0.516138	0.518351	0.520567	0.522787	0.525012	0.52724	0.529473
28	0.531709	0.53395	0.536195	0.538445	0.540698	0.542956	0.545218	0.547484	0.549755	0.55203
29	0.554309	0.556593	0.558881	0.561174	0.563471	0.565773	0.568079	0.57039	0.572705	0.575026
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.57735	0.57968	0.582014	0.584353	0.586697	0.589045	0.591398	0.593757	0.59612	0.598488
31	0.600861	0.603239	0.605622	0.60801	0.610403	0.612801	0.615204	0.617613	0.620026	0.622445
32	0.624869	0.627299	0.629734	0.632174	0.634619	0.63707	0.639527	0.641989	0.644456	0.646929
33	0.649408	0.651892	0.654382	0.656877	0.659379	0.661886	0.664398	0.666917	0.669442	0.671972
34	0.674509	0.677051	0.679599	0.682154	0.684714	0.687281	0.689854	0.692433	0.695018	0.69761
35	0.700208	0.702812	0.705422	0.708039	0.710663	0.713293	0.71593	0.718573	0.721223	0.723879
36	0.726543	0.729213	0.731889	0.734573	0.737264	0.739961	0.742666	0.745377	0.748096	0.750821
37	0.753554	0.756294	0.759041	0.761796	0.764558	0.767327	0.770104	0.772888	0.77568	0.778479
38	0.781286	0.7841	0.786922	0.789752	0.79259	0.795436	0.79829	0.801151	0.804021	0.806898
39	0.809784	0.812678	0.81558	0.818491	0.821409	0.824336	0.827272	0.830216	0.833169	0.83613
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	0.8391	0.842078	0.845066	0.848062	0.851067	0.854081	0.857104	0.860136	0.863177	0.866227
41	0.869287	0.872356	0.875434	0.878521	0.881619	0.884725	0.887842	0.890967	0.894103	0.897249
42	0.900404	0.903569	0.906745	0.90993	0.913125	0.916331	0.919547	0.922773	0.92601	0.929257
43	0.932515	0.935783	0.939063	0.942352	0.945653	0.948965	0.952287	0.955621	0.958966	0.962322
44	0.965689	0.969067	0.972458	0.975859	0.979272	0.982697	0.986134	0.989582	0.993043	0.996515
45	1	1.0035	1.00701	1.01053	1.01406	1.01761	1.02117	1.02474	1.02832	1.03192

டேஞ்சன்ட் மதிப்புகள் (NATURAL TANGENTS)

46	1.03553	1.03915	1.04279	1.04644	1.0501	1.05378	1.05747	1.06117	1.06489	1.06862
47	1.07237	1.07613	1.0799	1.08369	1.08749	1.09131	1.09514	1.09899	1.10285	1.10672
48	1.11061	1.11452	1.11844	1.12238	1.12633	1.13029	1.13428	1.13828	1.14229	1.14632
49	1.15037	1.15443	1.15851	1.16261	1.16672	1.17085	1.175	1.17916	1.18334	1.18754
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
50	1.19175	1.19599	1.20024	1.20451	1.20879	1.2131	1.21742	1.22176	1.22612	1.2305
51	1.2349	1.23931	1.24375	1.2482	1.25268	1.25717	1.26169	1.26622	1.27077	1.27535
52	1.27994	1.28456	1.28919	1.29385	1.29853	1.30323	1.30795	1.31269	1.31745	1.32224
53	1.32704	1.33187	1.33673	1.3416	1.3465	1.35142	1.35637	1.36134	1.36633	1.37134
54	1.37638	1.38145	1.38653	1.39165	1.39679	1.40195	1.40714	1.41235	1.41759	1.42286
55	1.42815	1.43347	1.43881	1.44418	1.44958	1.45501	1.46046	1.46595	1.47146	1.47699
56	1.48256	1.48816	1.49378	1.49944	1.50512	1.51084	1.51658	1.52235	1.52816	1.534
57	1.53986	1.54576	1.5517	1.55766	1.56366	1.56969	1.57575	1.58184	1.58797	1.59414
58	1.60033	1.60657	1.61283	1.61914	1.62548	1.63185	1.63826	1.64471	1.6512	1.65772
59	1.66428	1.67088	1.67752	1.68419	1.69091	1.69766	1.70446	1.71129	1.71817	1.72509
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
60	1.73205	1.73905	1.7461	1.75319	1.76032	1.76749	1.77471	1.78198	1.78929	1.79665
61	1.80405	1.8115	1.81899	1.82654	1.83413	1.84177	1.84946	1.8572	1.86499	1.87283
62	1.88073	1.88867	1.89667	1.90472	1.91282	1.92098	1.9292	1.93746	1.94579	1.95417
63	1.96261	1.97111	1.97966	1.98828	1.99695	2.00569	2.01449	2.02335	2.03227	2.04125
64	2.0503	2.05942	2.0686	2.07785	2.08716	2.09654	2.106	2.11552	2.12511	2.13477
65	2.14451	2.15432	2.1642	2.17416	2.18419	2.1943	2.20449	2.21475	2.2251	2.23553
66	2.24604	2.25663	2.2673	2.27806	2.28891	2.29984	2.31086	2.32197	2.33317	2.34447
67	2.35585	2.36733	2.37891	2.39058	2.40235	2.41421	2.42618	2.43825	2.45043	2.4627
68	2.47509	2.48758	2.50018	2.51289	2.52571	2.53865	2.5517	2.56487	2.57815	2.59156
69	2.60509	2.61874	2.63252	2.64642	2.66046	2.67462	2.68892	2.70335	2.71792	2.73263
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
70	2.74748	2.76247	2.77761	2.79289	2.80833	2.82391	2.83965	2.85555	2.87161	2.88783
71	2.90421	2.92076	2.93748	2.95437	2.97144	2.98868	3.00611	3.02372	3.04152	3.0595
72	3.07768	3.09606	3.11464	3.13341	3.1524	3.17159	3.191	3.21063	3.23048	3.25055
73	3.27085	3.29139	3.31216	3.33317	3.35443	3.37594	3.39771	3.41973	3.44202	3.46458
74	3.48741	3.51053	3.53393	3.55761	3.5816	3.60588	3.63048	3.65538	3.68061	3.70616
75	3.73205	3.75828	3.78485	3.81177	3.83906	3.86671	3.89474	3.92316	3.95196	3.98117
76	4.01078	4.04081	4.07127	4.10216	4.1335	4.1653	4.19756	4.2303	4.26352	4.29724
77	4.33148	4.36623	4.40152	4.43735	4.47374	4.51071	4.54826	4.58641	4.62518	4.66458
78	4.70463	4.74534	4.78673	4.82882	4.87162	4.91516	4.95945	5.00451	5.05037	5.09704
79	5.14455	5.19293	5.24218	5.29235	5.34345	5.39552	5.44857	5.50264	5.55777	5.61397
x	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
80	5.67128	5.72974	5.78938	5.85024	5.91236	5.97576	6.04051	6.10664	6.17419	6.24321
81	6.31375	6.38587	6.45961	6.53503	6.61219	6.69116	6.77199	6.85475	6.93952	7.02637
82	7.11537	7.20661	7.30018	7.39616	7.49465	7.59575	7.69957	7.80622	7.91582	8.02848
83	8.14435	8.26355	8.38625	8.51259	8.64275	8.77689	8.9152	9.05789	9.20516	9.35724
84	9.51436	9.6768	9.84482	10.0187	10.1988	10.3854	10.5789	10.7797	10.9882	11.2048
85	11.4301	11.6645	11.9087	12.1632	12.4288	12.7062	12.9962	13.2996	13.6174	13.9507
86	14.3007	14.6685	15.0557	15.4638	15.8945	16.3499	16.8319	17.3432	17.8863	18.4645
87	19.0811	19.7403	20.4465	21.2049	22.0217	22.9038	23.8593	24.8978	26.0307	27.2715
88	28.6363	30.1446	31.8205	33.6935	35.8006	38.1885	40.9174	44.0661	47.7395	52.0807
89	57.29	63.6567	71.6151	81.847	95.4895	114.589	143.237	190.984	286.478	572.957
90	∞									

மேல்நிலை இரண்டாம் ஆண்டு இயற்பியல், தொகுதி – 1
பாடநூல் தயாரிப்பில் பணியாற்றியவர்கள்

பாட வல்லுநர் மற்றும் நெறியாளர்

பேராசிரியர் முனைவர். ரீட்டா ஜான்
பேராசிரியர் மற்றும் துறைத்தலைவர்
கோட்பாட்டு இயற்பியல் துறை
சென்னைப் பல்கலைக்கழகம், சென்னை.

மேலாய்வாளர்கள்

முனைவர். வி.என். மணி
முதன்மை அறிவியல் அறிஞர் F. Head (C– MET)
மின்னணுவியல் மற்றும் தகவல் தொழில்நுட்பத் துறை
ஹைதராபாத், இந்திய அரசு.

பேராசிரியர் முனைவர். பி. ரவீந்திரன்
இயற்பியல் துறை அடிப்படை மற்றும்
பயன்பாட்டு அறிவியல் துறை
தமிழ்நாடு மத்திய பல்கலைக்கழகம், திருவாரூர்.

முனைவர். ரஜீவ் ஷேஷா ஜோஷி
உதவிப்பேராசிரியர்
இயற்பியல் புலம்
கர்நாடகா மத்தியப்பல்கலைக்கழகம்.

பாடநூல் ஆசிரியர்கள்

திரு சி. ஜோசப் பிரபாகர்
உதவிப்பேராசிரியர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
லயோலா கல்லூரி (தன்னாட்சி), சென்னை.

முனைவர். சா. ச. நெய்னா முஹம்மது
உதவிப்பேராசிரியர்
முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை
அரசுக் கலைக் கல்லூரி
உடுமலைப்பேட்டை, திருப்பூர் மாவட்டம்.

முனைவர் ப.பாலமுருகன்
உதவிப்பேராசிரியர்
இயற்பியல் முதுகலை மற்றும் ஆராய்ச்சி துறை
அரசினர் ஆடவர் கலைக்கல்லூரி (தன்னாட்சி)
நந்தனம், சென்னை

முனைவர்.சி.இராமச்சந்திர ராஜா
இணைப்பேராசிரியர், இயற்பியல் துறை
அரசினர் கலைக்கல்லூரி (தன்னாட்சி)
கும்பகோணம்

கலை மற்றும் வடிவமைப்புக் குழு

வரைபடம்
சசிகுமார்.K
துர்காதேவி.S

வடிவமைப்பு
அஸ்கர் அலி.மு, ஸ்ரீதர் வேலு

In-House - QC
ராஜேஷ் தங்கப்பன்

அட்டை வடிவமைப்பு
கதிர் ஆறுமுகம்

ஒருங்கிணைப்பாளர்
ரமேஷ் முனிசாமி

தமிழாக்கம் செய்தோர்

திரு.ஏ.இளங்கோவன்
தலைமை ஆசிரியர்,
அரசு மேல்நிலைப்பள்ளி
இராமநாயக்கன்பேட்டை,
வேலூர் மாவட்டம்.

முனைவர்.கொ.வாசுதேவன்
முதுகலைப் பட்டதாரி ஆசிரியர் (இயற்பியல்)
அரசு.ஆ.தி.நல மேல்நிலைப்பள்ளி
களங்காணி,
நாமக்கல் மாவட்டம்

திரு.வா.பாலமுருகன்
முதுகலை ஆசிரியர்,
அரசு மேல்நிலைப் பள்ளி,
கடம்பத்தூர்,
திருவள்ளூர் மாவட்டம்.

திரு.சு.ரவிசங்கர்,
முதுகலை ஆசிரியர்,
எஸ்.ஆர்.எம்.மேல்நிலைப் பள்ளி,
அம்பத்தூர், திருவள்ளூர் மாவட்டம்.

பாட ஒருங்கிணைப்பாளர்கள்

திருமதி. பா. நந்தா
முதுநிலை விரிவுரையாளர்
மாநிலக் கல்வியியல் ஆராய்ச்சி மற்றும் பயிற்சி நிறுவனம்
சென்னை.

திருமதி. த. சண்முகசுந்தரி
பட்டதாரி ஆசிரியை (அறிவியல்)
ஊராட்சி ஒன்றிய நடுநிலைப் பள்ளி
மேலதுலுக்கன்குளம், காரியாப்பட்டி ஒன்றியம்
விருதுநகர் மாவட்டம்.

திரு. ஞா. அருள்ராஜா
பட்டதாரி ஆசிரியர் (கணிதம்)
ம.க.வி. அரசு ஆண்கள் மேல்நிலைப் பள்ளி
ஆரணி, திருவள்ளூர் மாவட்டம்.

தகவல் தொழிநுட்ப ஒருங்கிணைப்பாளர்கள்

திரு.ஞா. பெர்ஜின்
முதுகலை ஆசிரியர் இயற்பியல்
அரசு ஆண்கள் மேல்நிலைப் பள்ளி
சாயல்குடி, இராமநாதபுரம் மாவட்டம்.

விரைவுக் குறியீடு மேலாண்மைக் குழு

இரா. ஜெகநாதன், இ.நி.ஆ,
ஊ.ஒ.ந.நி.பள்ளி, கணேசபுரம், போளூர்,
திருவண்ணாமலை மாவட்டம்.

சூ.ஆல்பர்ட் வளவன் பாபு, ப.ஆ,
அ.உ.நி.பள்ளி, பெருமாள் கோவில் பரமக்குடி, இராமநாதபுரம்.

ம. முருகேசன், ப.ஆ,
ஊ.ஒ.ந.நி. பள்ளி, பெத்தவலங்கோட்டகம்,
முத்துப்பேட்டை, திருவாரூர்

தட்டச்சு செய்தவர்

திருமதி. தெ. கவிதா

இந்நூல் 80ஜி.எஸ்.எம். எலிகண்ட் மேப்லித்தோ தாளில் அச்சிடப்பட்டுள்ளது.

ஆப்செட் முறையில் அச்சிட்டோர்: