அலகு

3

காந்தவியல் மற்றும் மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்

"காந்தவிசை உயிர்போன்றது அல்லது ஆன்மாவை ஒத்தது ; உயிரோட்டமுள்ள உடலில் ஒருமுகப்படுத்தப்பட்டு வெளிப்படும்போது பல வகைகளில் அது மனித ஆன்மாவையே விஞ்சி விடுகிறது!" – வில்லியம் கில்பர்ட்

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

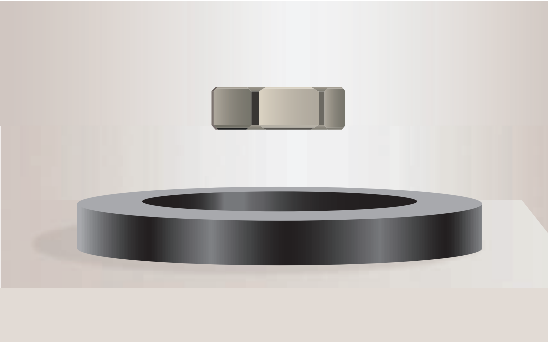
இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்துகொள்வது

8U7YNJ

- புவிகாந்தப்புலம் மற்றும் காந்தக்கூறுகள்
- காந்தங்களின் அடிப்படைப் பண்புகள்
- காந்தவியல் கூலூம் எதிர்த்தகவு இருமடி விதியின் கூற்று
- காந்த இருமுனை
- சட்டகாந்தத்தின் அச்சுக்கோடு மற்றும் நடுவரைக் கோட்டில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்
- சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள ஒரு சட்டகாந்தத்தின் மீது செயல்படும் திருப்புவிசை
- காந்தப்பண்புகள் – காந்த உட்புகுதிறன், காந்த ஏற்புத்திறன் மற்றும் சில
- காந்தப்பொருட்களின் வகைப்பாடு – டயா, பாரா மற்றும் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள்
- காந்தத்தயக்கம் பற்றிய கருத்து
- மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள் – நீண்ட நேரான கடத்தி மற்றும் வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருள்
- வலதுகை பெருவிரல் விதி மற்றும் மேக்ஸ்வெல்லின் வலதுகை திருகுவிதி
- பயட் – சாவர்ட்விதி மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்
- டேஞ்சன்ட் விதி மற்றும் டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டர்
- மின்னோட்ட சுற்று காந்த இருமுனையாக செயல்படல்
- சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் காந்த இருமுனைத்திருப்புத்திறன்
- ஆம்பியர் சுற்றுவிதி மற்றும் அதன் பயன்பாடுகள்
- வரிச்சுருள் மற்றும் வட்ட வரிச்சுருள்
- லாரன்ஸ் விசை – மின்காந்தப்புலத்தில் இயங்கும் மின்துகள்
- சைக்ளோட்ரான்
- காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசை
- மின்னோட்டம் பாயும் இரு நீண்ட இணை கடத்திகளுக்கிடையே ஏற்படும் விசை
- காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்னோட்ட சுற்று மீது ஏற்படும் திருப்புவிசை
- இயங்கு சுருள் கால்வனோமீட்டர்

3.1

காந்தவியல் ஓர் அறிமுகம்



படம் 3.1 காந்த மிதப்பு

காந்தம்! அதன் தன்மையினால் அனைவரையும் ஈர்க்கும் என்பதில் எந்த ஐயமும் இல்லை. காந்தத்தின் பயன்களைக் கொண்டு இந்த உலகம் நவீன சொகுசு வாழ்க்கையை அனுபவிக்கிறது. பல நூற்றாண்டுகளாக காந்தம் பற்றிய படிப்பானது உலகம் முழுவதும் உள்ள பல்வேறு அறிவியல் அறிஞர்களுக்கு கவர்ந்திழுக்கக் கூடியதாக இருந்து வந்துள்ளது. இன்றும் கூட காந்தம் பற்றிய ஆய்வுகள் தொடர்ந்துகொண்டே உள்ளன (படம் 3.1).

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

புவி காந்தப்புலத்தைப் பயன்படுத்தி திசை அறிவதற்காக, பெரும்பான்மையான பறவைகளும், விலங்குகளும் அவற்றின் கண்களில் காந்த நுண் உணர்வுகளைப் பெற்றுள்ளன.

கண்களின் காந்த நுண் உணர்வு – ஜீப்ராபின்ச் (Zebrafinch) என்ற பறவை, அதன் விழித்திரையில் உள்ள கிரிப்டோகுரோம்ஸ் (Protein Cryptochromes - Cry 4) என்ற புரதத்தைக் கொண்டு, புவிகாந்தப்புலத்தை உணர்ந்து அது பறக்கும் திசையை அறிந்துகொள்கிறது.

எலக்ட்ரான் போன்ற நுண்துகளிலிருந்து, பிரபஞ்சம் வரை எங்கும் காந்தவியல் நீக்கமற நிறைந்துள்ளது. வரலாற்றுப்பூர்வமாக மேக்னட்டிஸம் (Magnetism) என்ற வார்த்தை, மேக்னடைட் (Magnetite) (Fe_3O_4) என்ற இரும்புத்தாதுவின் பெயரிலிருந்து உருவானதாகும். பழங்காலத்தில் காந்தங்கள் திசைகாட்டும் கருவிகளை தயாரிக்கவும், காந்த சிகிச்சைக்காகவும் மற்றும் தந்திரக்காட்சிகளை செய்து காட்டவும் பயன்பட்டன.

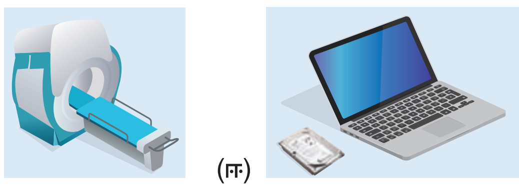
நவீன உலகில், நாம் அன்றாடம் பயன்படுத்தும் பெரும்பாலான பொருட்களில் காந்தங்கள் உள்ளன. மின் இயந்திரங்கள், மிதிவண்டி மின்னியற்றிகள், ஒலிபெருக்கிகள், ஒலி மற்றும் ஒளிப்பதிவிற்குப் பயன்படும் காந்த நாடாக்கள், அலைபேசிகள், குறுஒலிப்பான்கள் (head phones), குறுந்தகடுகள், பேனா வடிவ சேமிப்பான்கள் (Pen-drive), மடிக்கணினியில் உள்ள வன்தகடுகள், குளிர்பதனப்பெட்டியின் கதவுகள், மின்னியற்றிகள் போன்றவை இதற்கு சில உதாரணங்களாகும். இவற்றில் சில படம் 3.2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

நெடுங்காலமாக, மின்னியல் மற்றும் காந்தவியல் இரண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்பற்ற இயற்பியலின் இருவேறு பிரிவுகள் என நம்பப்பட்டது. 1820 இல், மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிக்கு அருகே காந்த ஊசிப்பெட்டியை (திசைகாட்டும் கருவி) கொண்டுவரும்போது அது விலகலடையும் என்ற H.C ஆர்ஸ்டேட்டின் கண்டுபிடிப்பு மின்னியல் மற்றும் காந்தவியல் என்று பிரிந்திருந்த இவ்விரண்டு பிரிவுகளையும் மின்காந்தவியல் என்ற இயற்பியலின் ஒரே பிரிவாக ஒருங்கிணைத்தது.

இந்த அலகில், காந்தங்கள் பற்றிய அடிப்படை மற்றும் அவற்றின் பண்புகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

(அ) (ஆ)

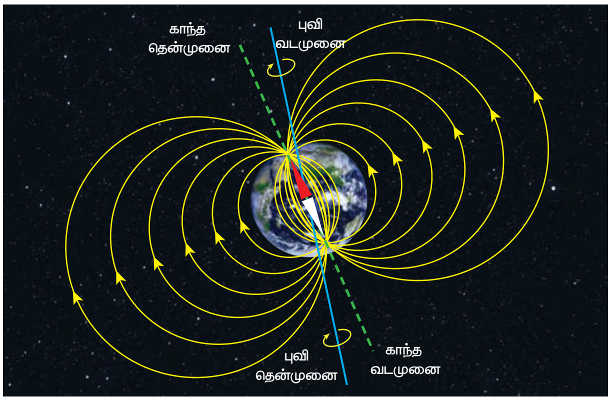
(இ) (ஈ)



படம் 3.2 நவீன உலகில் காந்தத்தின் பயன்கள் – (அ) ஒலிபெருக்கிகள் (ஆ) குறு ஒலிப்பான்கள் (இ) MRI ஸ்கேன் (ஈ) மடிக்கணினியின் வன்தகடு

மேலும், மாறா மதிப்புள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி எவ்வாறு காந்தம்போன்று செயல்படுகிறது என்று விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

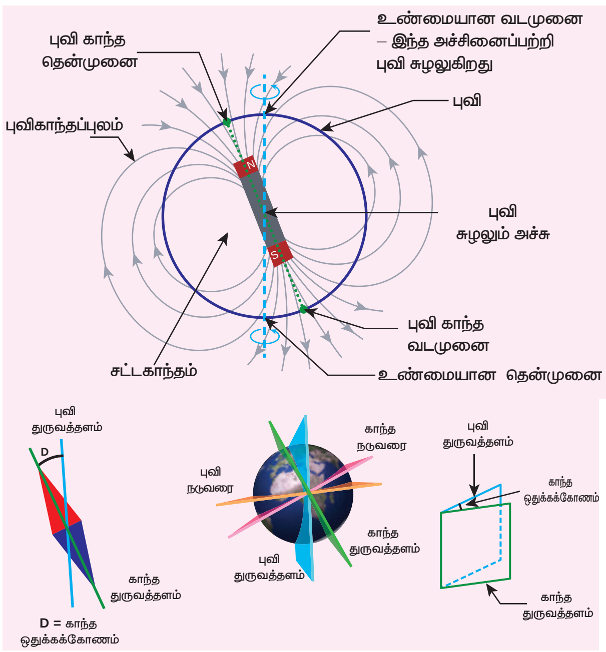
3.1.1 புவிகாந்தப்புலம் மற்றும் புவிகாந்தப்புலக் கூறுகள்



படம் 3.3 புவிகாந்தப்புலம்

திசை காட்டும் கருவியில் உள்ள காந்தஊசி அல்லது தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்ட காந்தம் போன்றவை கிட்டத்தட்ட புவியின், வடக்கு – தெற்கு திசையில் நிற்பதை சிறுவகுப்பில் நாம் நிகழ்த்திய சோதனைகளில் மூலம் அறிந்திருப்போம்.

திசை காட்டும் காந்தஊசியின் வடமுனை, புவியின் வடமுனைக்கு அருகே உள்ள காந்த தென்முனையால் ஈர்க்கப்படுகிறது (படம் 3.3). இதேபோன்று காந்தஊசியின் தென்முனை,



படம் 3.4 காந்த ஒதுக்கக்கோணம்

> **உங்களுக்குத் தெரியுமா?**
>
> 1600 – ஆம் ஆண்டில் வாழ்ந்த வில்லியம் கில்பர்ட் என்ற அறிஞர், புவி ஒரு மிகப்பெரிய ஆற்றல் வாய்ந்த சட்டகாந்தம் போன்று செயல்படுகிறது என்ற கொள்கையை முன்மொழிந்தார். ஆனால் இக்கொள்கை ஏற்றுக்கொள்ளப்படவில்லை. ஏனெனில், புவியின் உள்ளே உள்ள மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையில், அக்காந்தம், அதன் காந்தத்தன்மையை இழந்துவிடும்.
>
> சூரியனிடமிருந்து வரும் வெப்பக்கதிர்கள்தான் புவியின் காந்தப்புலத்திற்குக் காரணம் என்று கோவர் (Gover) என்ற அறிஞர் முன்மொழிந்தார். இக்கதிர்கள் பூமத்தியரேகைப் பகுதியின் (equatorial region) அருகே உள்ள காற்றை வெப்பப்படுத்தும். இந்த வெப்பக் காற்று புவியின் வட மற்றும் தென் அரைக்கோளங்களை நோக்கி வீசும்போது மின்னேற்றம் அடைகிறது. புவிப்பரப்பிலுள்ள ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள் காந்தத்தன்மையை அடைவதற்கு இந்த மின்னேற்றம் பெற்ற வெப்பக்காற்றே காரணமாக இருக்கலாம். இன்றுவரை புவியின் காந்தத்தன்மையை விளக்குவதற்கு பல்வேறு கொள்கைகள் முன்மொழியப்பட்டன. ஆனால் எந்த ஒரு கொள்கையும் புவியின் காந்தத்தன்மைக்கான காரணத்தை முழுமையாக விளக்கவில்லை.

புவியின் தென்முனைக்கு அருகே உள்ள காந்த வடமுனையால் ஈர்க்கப்படுகிறது. **புவியின் காந்தப்புலம்பற்றி படிக்கும் இயற்பியலின் பிரிவிற்கு புவிகாந்தவியல்** (Geomagnetism) **அல்லது நில காந்தவியல்** (Terrestrial magnetism) **என்று பெயர்.** புவிப்பரப்பிலுள்ள அதன் காந்தப்புலத்தை குறிப்பிடுவதற்கு மூன்று அளவுகள் தேவைப்படுகின்றன. அவற்றை சில நேரங்களில் புவிக்காந்தப்புலத்தின் கூறுகள் என்றும் அழைக்கலாம். அவை

(அ) காந்த ஒதுக்கம் D (magnetic declination)

(ஆ) காந்தச் சரிவு I (Magnetic dip or inclination)

(இ) புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு B_H (horizontal component of the Earth's magnetic field)

புவி அச்சைப் பொறுத்து, புவி தன்னைத்தானே சுற்றுவதால் இரவு–பகல் ஏற்படுகிறது. இப்புவி அச்சு (Geographic axis) வழியாகச் செல்லும் செங்குத்துத் தளத்திற்கு புவி துருவத்தளம் என்று பெயர். இப்புவி அச்சுக்கு செங்குத்தாகக் கருதப்படும் ஓர் மிகப்பெரிய

வட்டக்கோட்டிற்கு புவி நடுவரை அல்லது பூமத்தியரேகை என்று பெயர்.

புவிகாந்தமுனைகளை இணைக்கும் நேர்க்கோட்டிற்கு, காந்த அச்சு என்று பெயர். இந்த காந்தஅச்சு வழியாகச் செல்லும் செங்குத்துத் தளத்திற்கு காந்த துருவத்தளம் என்று பெயர். புவியின் காந்த அச்சுக்கு செங்குத்தாகக் கருதப்படும் ஓர் மிகப்பெரிய வட்டக்கோட்டிற்கு காந்த நடுவரை அல்லது காந்த மத்தியரேகை என்று பெயர்.

காந்த ஊசி ஒன்றினை தடையின்றி தொங்கவிடும்போது, அக்காந்த ஊசி படம் 3.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ள புவி துருவத்தளத்தில் மிகச்சரியாக நிற்காது. **புள்ளி ஒன்றில் காந்த துருவத் தளத்திற்கும், புவி துருவத்தளத்திற்கும் இடையே உள்ள கோணம் காந்த ஒதுக்கம் (D) என அழைக்கப்படுகிறது.** உயர்ந்த குறுக்குகோடுகளுக்கு காந்த ஒதுக்கம் பெருமமாகும். ஆனால் புவி நடுவரைக்கு அருகில் இதன் மதிப்பு சிறுமமாகும். இந்தியாவில் காந்த ஒதுக்கம் மிகச்சிறிய மதிப்பைப் பெற்றுள்ளது. மேலும் சென்னையில் இதன் மதிப்பு $-1^{\circ}16'$ (இது எதிர்க்குறிமதிப்பு (மேற்கு))

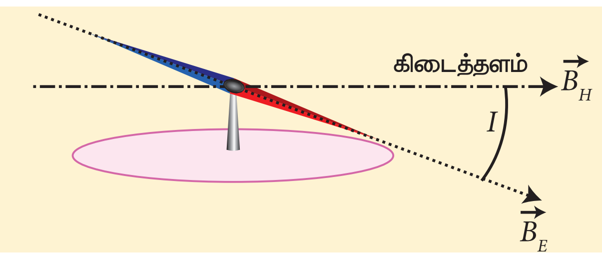
புள்ளி ஒன்றில், புவியின் மொத்த காந்தப்புலம் $\vec{B}$, காந்தத் துருவத்தளத்தின் கிடைத்தளத்திசையுடன் ஏற்படுத்தும் கோணம், சரிவு அல்லது காந்தச் சரிவு (I) என அழைக்கப்படும். (படம் 3.5). சென்னையின் சரிவுக்கோணம் $14^{\circ}28'$ ஆகும். **காந்த துருவத்தளத்தின் கிடைத்தளத்திசையில் உள்ள புவிக்காந்தப்புலத்தின் கூறு, புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு B_H என்று அழைக்கப்படும்.**

புவிப்பரப்பில் P என்ற புள்ளியில் உள்ள புவியின் காந்தப்புலம் B_E என்க. இதனை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான இரு கூறுகளாகப் பகுக்கலாம்.

கிடைத்தளக்கூறு $B_H = B_E \cos I$ (3.1)

செங்குத்துக்கூறு $B_V = B_E \sin I$ (3.2)

சமன்பாடு (3.2) ஐ (3.1) ஆல் வகுக்கும்போது கிடைப்பது



படம் 3.5 காந்த சரிவுக்கோணம்

$$\tan I = \frac{B_V}{B_H} \qquad (3.3)$$

(i) காந்த நடுவரையில் புவிக்காந்தப்புலம்

புவிக் காந்தப்புலம், புவிப்பரப்பிற்கு இணையாக உள்ளதால், (அதாவது கிடைத்தளமாக) திசைகாட்டும் கருவியின் குறிமுள் $I = 0^{\circ}$ என்ற சரிவுக்கோணத்தில் ஓய்வுநிலையை அடையும்.

$$B_H = B_E$$
$$B_V = 0$$

நடுவரையில், கிடைத்தளக்கூறு பெருமமாகவும், செங்குத்துக்கூறு சுழியாகவும் இருப்பதை இது உணர்த்துகிறது.

(ii) காந்த துருவங்களில் புவிக்காந்தப்புலம்

புவிகாந்தப்புலம், புவிப்பரப்பிற்கு செங்குத்தாக உள்ளதை திசைகாட்டும் கருவியின் குறிமுள் செங்குத்தாக $I = 90^{\circ}$ என்ற சரிவுக்கோணத்தில் ஓய்வு நிலையை அடைவதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்ளலாம்.

$$B_H = 0$$
$$B_V = B_E$$

காந்தத் துருவங்களில், செங்குத்துக்கூறு பெருமமாகவும் கிடைத்தளக்கூறு சுழியாகவும் இருப்பதை இது உணர்த்துகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 3.1

ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு மற்றும் செங்குத்துக் கூறுகள் முறையே 0.15 G மற்றும் 0.26 G எனில், அந்த இடத்தின் காந்த சரிவுக் கோணம் மற்றும் தொகுபயன் காந்தப்புலம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

(இங்கு G-gauss. CGS முறையில் காந்தபுலத்தின் அலகு காஸ் ஆகும். $1G = 10^{-4}$ T)

தீர்வு:

$B_H = 0.15$ G மற்றும் $B_V = 0.26$ G

$$\tan I = \frac{0.26}{0.15} \Rightarrow I = \tan^{-1}(1.732) = 60^{\circ}$$

புவியின் தொகுபயன் காந்தப்புலம்

$$B = \sqrt{B_H^2 + B_V^2} = 0.3 \text{ G}$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

வடதுருவ ஒளித்தோற்றம் (Aurora Borealis) மற்றும் தென்துருவ ஒளித்தோற்றம் (Aurora Australias)

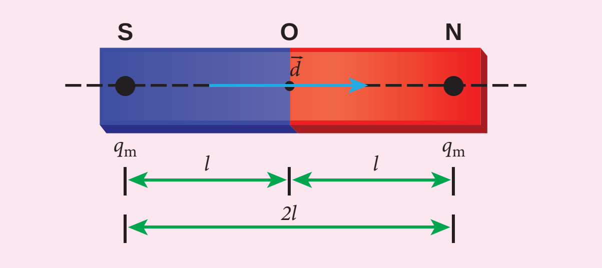
உயர்ந்த குறுக்குக்கோட்டுப் பகுதியில் வசிக்கும் மக்கள் (ஆர்டிக் அல்லது அண்டார்டிக் பகுதிக்கு அருகில்) இரவு வானில் பளிச்சிடும் வெளிர் நீல ஒளி தோன்றுவதை கண்டிருப்பார்கள். வானில் தோன்றும் இந்த ஆச்சரியமான காட்சிக்கு வடதுருவ ஒளித்தோற்றம் அல்லது தென்துருவ ஒளித்தோற்றம் என்று பெயர். சில நேரங்களில் துருவ ஒளி என்றும் இதனை அழைப்பார்கள். புவியின் வடக்கு அரைக்கோளம் மற்றும் தெற்கு அரைக்கோளங்களின் காந்தத் துருவங்களுக்கு மேல் இந்த ஒளிக்காட்சியைக் காணலாம். வடக்குதிசையில் இதனை வடதுருவ ஒளித்தோற்றம் என்றும் தெற்குத்திசையில் இதனை தென்துருவ ஒளித்தோற்றம் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. புவியின் வளிமண்டலத்தில் உள்ள வாயுத்துகள்கள், சூரியக்காற்றினால் (Solar wind) சூரியனின் வளிமண்டலத்திலிருந்து வெளியிடப்படும் அதிகமாக மின்னூட்டப்பட்ட துகள்களுடன் இடைவினை புரிவதால் இந்த ஒளித்தோற்றம் ஏற்படுகிறது. மேலும் வெவ்வேறு வகையான துகள்களின் மோதலினால் வெவ்வேறு நிறங்களில் ஒளி தோன்றுகிறது. அயனிநிலையில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகள் மோதலில் ஈடுபடும்போது பச்சை வண்ணத்துடன் கூடிய வெளிர் மஞ்சள் நிற ஒளி தோன்றும். அயனிநிலையில் உள்ள நைட்ரஜன் மூலக்கூறுகள் மோதலில் ஈடுபடும்போது, நீலம் அல்லது ஊதா–சிவப்பு வண்ண ஒளித்தோற்றம் தோன்றுகிறது.

3.1.2 காந்தத்தின் அடிப்படைப் பண்புகள்

சட்டகாந்தம் ஒன்றினை பின்வரும் கலைச் சொற்கள் மற்றும் பண்புகளின் அடிப்படையில் விவரிக்கலாம்.

(அ) காந்த இருமுனைதிருப்புத்திறன்

சட்டகாந்தம் ஒன்றை படம் 3.6 இல் உள்ளவாறு கருதுக. அதன் முனைவலிமையை q_m என்க. காந்தத்தின் வடிவியல் மையம் O விலிருந்து அதன் ஒருமுனையின் நீளம் l என்க. **காந்தத்தின் முனைவலிமை மற்றும் காந்தநீளம் இவற்றின் பெருக்கற்பலன் ஆனது காந்த இருமுனைதிருப்புத்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.** இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதனை $\vec{p}_m$ என குறிப்பிடலாம்.



படம் 3.6 சட்டகாந்தம்

$$\vec{p}_m = q_m \vec{d} \qquad (3.4)$$

இங்கு $\vec{d}$ என்பது தென்முனையிலிருந்து வடமுனைவரை வரையப்பட்ட வெக்டரைக் குறிக்கிறது. அதன் எண்மதிப்பு $|\vec{d}| = 2l$ ஆகும்.

காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பு $p_m = 2q_m l$

இதன் SI அலகு $A\,m^2$. காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் திசை தென்முனையிலிருந்து வடமுனையை நோக்கி இருக்கும்.

(ஆ) காந்தப்புலம்

ஒரு காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள பகுதி அல்லது வெளியில், அக்காந்தத்தின் தாக்கம் வேறொரு காந்தத்தை வைக்கும்போது உணரப்பட்டால், அக்காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள பகுதி அல்லது வெளி காந்தப்புலமாகும். **ஒரு புள்ளியில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஓரலகு முனைவலிமை கொண்ட சட்டகாந்தம் உணரும் விசையே, அப்புள்ளியில் காந்தப்புலம் $\vec{B}$ என்று வரையறை செய்யப்படுகிறது.**

$$\vec{B} = \frac{1}{q_m}\vec{F} \qquad (3.5)$$

இதன் அலகு $N\,A^{-1}\,m^{-1}$.

(இ) காந்தத்தின் வகைகள்

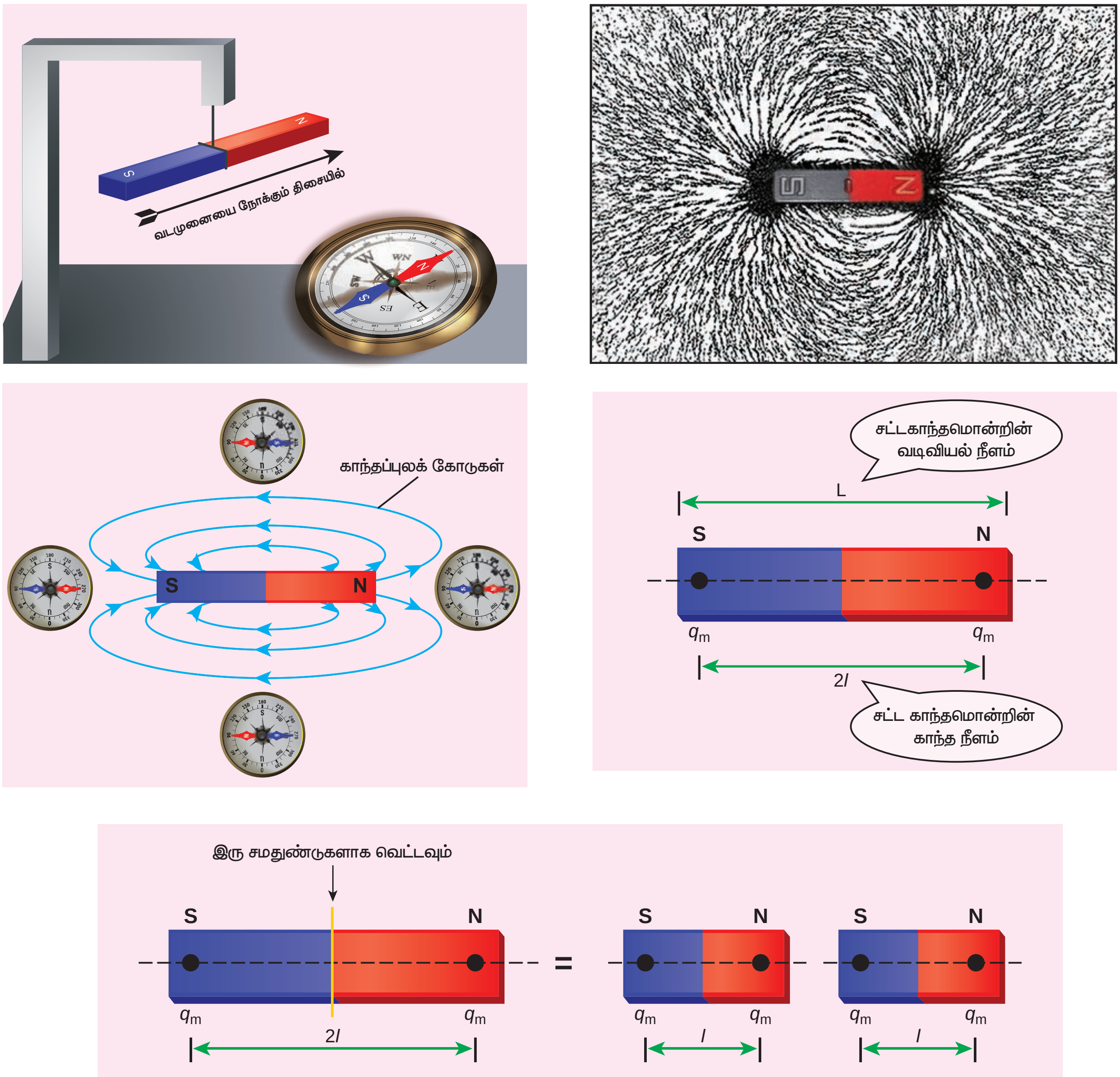
காந்தங்கள் இயற்கை காந்தங்கள் மற்றும் செயற்கை காந்தங்கள் என்று இருபெரும் பிரிவுகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக இரும்பு, கோபால்ட், நிக்கல் போன்றவை இயற்கை காந்தங்களாகும். இவ்வகை காந்தங்கள் மிகவும் வலிமை குறைந்தவை. அது மட்டுமில்லாமல் ஒழுங்கற்ற வடிவத்திலும் உள்ளன. நமக்குத்தேவையான வடிவம் மற்றும் வலிமையில் செயற்கை காந்தங்களை நாம் உருவாக்கலாம். செவ்வக வடிவிலோ அல்லது உருளை வடிவிலோ உருவாக்கப்பட்ட காந்தங்கள் சட்டகாந்தங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

காந்தத்தின் பண்புகள்

சட்டகாந்தத்தின் பண்புகள் பின்வருமாறு (படம் 3.7)

1. தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்ட சட்டகாந்தம் எப்போதும் வட–தென் திசையை நோக்கியே நிற்கும்.
2. ஒரு காந்தம் மற்றொரு காந்தத்தை அல்லது காந்தப் பொருட்களை தன்னை நோக்கி ஈர்க்கும் அல்லது விலக்கும். இந்த ஈர்ப்பு அல்லது விலக்கு விசை சட்டகாந்தத்தின் முனைகளில் வலிமையாகக் காணப்படும். சட்டகாந்தம் ஒன்றினை இரும்புத்துருவல்களில் தோய்த்து எடுக்கும்போது, அதன் முனைகளில் இரும்புத்துருவல்கள் அதிகமாக ஒட்டிக் கொள்ளும்.
3. ஒரு காந்தம் துண்டுகளாக உடையும்போது, அதன் ஒவ்வொரு துண்டும் வடமுனை மற்றும் தென்முனை கொண்ட ஒரு காந்தம் போன்று செயல்படும்.
4. காந்தத்தின் இரண்டு முனைகளும் சமமுனைவலிமையைப் பெற்றிருக்கும்.
5. சட்டகாந்தம் ஒன்றின் மொத்த நீளம் அதன் வடிவியல் நீளம் (Geometric length) என்றும், காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள நீளம் காந்த நீளம் (Magnetic length) என்றும் அழைக்கப்படும். காந்தநீளம் எப்போதும் வடிவியல் நீளத்தை விடச் சற்றே குறைவாக இருக்கும். காந்த நீளத்திற்கும் வடிவியல் நீளத்திற்கும் உள்ள தகவு, $\frac{5}{6}$ ஆகும்.

$$\frac{\text{காந்த நீளம்}}{\text{வடிவியல் நீளம்}} = \frac{5}{6} = 0.833$$



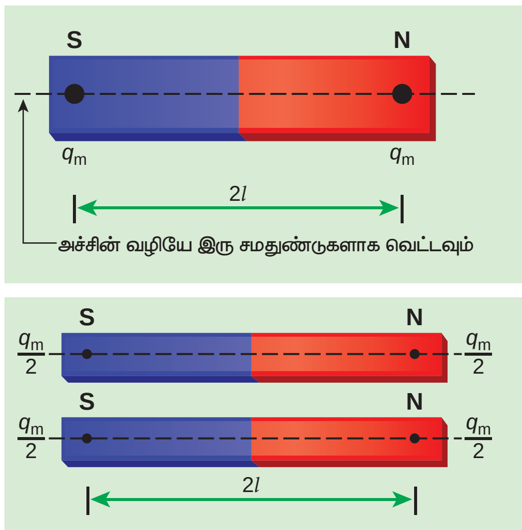
படம் 3.7 காந்தத்தின் பண்புகள்

எடுத்துக்காட்டு 3.2

சட்டகாந்தம் ஒன்றின் காந்தத்திருப்புத்திறன் $\vec{p}_m$ என்க. அதன் காந்தநீளம் $d = 2l$. மேலும் அதன் முனைவலிமை q_m ஆகும். அச்சட்டகாந்தத்தை

(அ) நீளவாக்கில் இரு சமதுண்டுகளாக வெட்டும்போது

(ஆ) நீளத்திற்கு குறுக்காக இரு சமதுண்டுகளாக வெட்டும்போது அதன் காந்தத்திருப்புத் திறனைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு

(அ) சட்டகாந்தத்தை நீளவாக்கில் இரு துண்டுகளாக வெட்டும்போது:

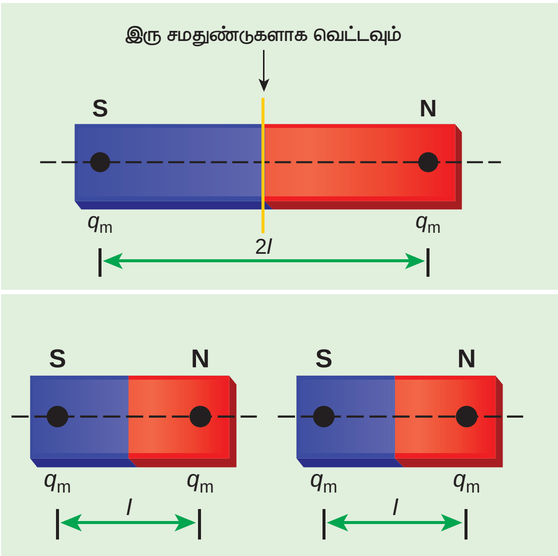
சட்டகாந்தத்தை நீளவாக்கில் அதன் அச்சின் வழியாக இருசமதுண்டுகளாக வெட்டும்போது, அதன் புதிய காந்தமுனை வலிமை $q'_m = \frac{q_m}{2}$. ஆனால் சட்டகாந்தத்தின் காந்தநீளம் மாறாது. எனவே, காந்தத்திருப்புத்திறன்.

$$p'_m = q'_m 2l$$

$$p'_m = \frac{q_m}{2} 2l = \frac{1}{2}(q_m 2l) = \frac{1}{2} p_m$$

வெக்டர் வடிவில், $\vec{p}'_m = \frac{1}{2} \vec{p}_m$

(ஆ) சட்டகாந்தத்தின் அச்சுக்கு செங்குத்தாக இரு சமதுண்டுகளாக வெட்டும்போது:



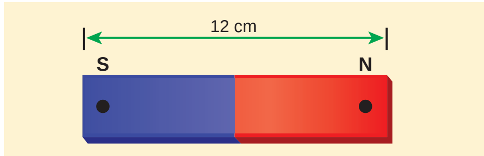
சட்டகாந்தத்தின் அச்சுக்கு செங்குத்தாக இரு சம துண்டுகளாக வெட்டும்போது அதன் முனைவலிமையில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது. ஆனால் காந்தநீளம் பாதியாகக் குறையும். எனவே காந்தத்திருப்புதிறன்

$$p'_m = q_m \times \frac{1}{2}(2l) = \frac{1}{2}(q_m \cdot 2l) = \frac{1}{2} p_m$$

வெக்டர் வடிவில், $\vec{p}'_m = \frac{1}{2} \vec{p}_m$

எடுத்துக்காட்டு 3.3

வடிவியல் நீளம் 12 cm கொண்ட சீரான சட்ட காந்தம் ஒன்றின் காந்த நீளத்தைக் கண்டறிந்து, காந்த முனைகள் அமைந்திருக்கும் இடத்தைக் குறித்துக் காட்டுக.



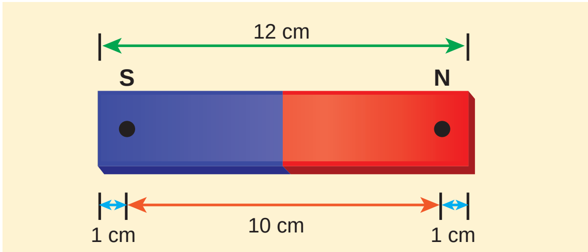
தீர்வு

காந்தத்தில் வடிவியல் நீளம் = 12 cm

$$\text{காந்த நீளம்} = \frac{5}{6} \times (\text{வடிவியல் நீளம்})$$

$$= \frac{5}{6} \times 12 = 10\,\text{cm}$$

பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள புள்ளிகள் காந்தத்தின் முனைகளைக் குறிக்கின்றன.



குறிப்பு

(i) முனைவலிமை ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். அதன் பரிமாணம் $[M^0LT^0A]$ ஆகும். இதன் SI அலகு NT^{-1} (நியூட்டன் / டெஸ்லா) அல்லது A m (ஆம்பியர் – மீட்டர்).

(ii) நிலைமின்னியலில் உள்ள நேர்க்குறி மற்றும் எதிர்க்குறி மின்துகள்களைப் போன்றே, காந்தப்புலத்தில் உள்ள ஒரு காந்தத்தின் வடமுனை, காந்தப்புலத்தின் திசையிலேயே விசையை உணரும். அதே நேரத்தில் காந்தத்தின் தென்முனை காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் விசையை உணரும்.

(iii) முனைவலிமையானது, காந்தப்பொருளின் தன்மை, அதன் குறுக்கு–வெட்டுப்பரப்பு மற்றும் எந்த அளவிற்கு அப்பொருள் காந்தமாக்கப்பட்டுள்ளது என்பவற்றைச் சார்ந்தது.

(iv) காந்தம் ஒன்றினை நீளவாக்கில் இரு சமதுண்டுகளாக வெட்டினால், அதன் முனைவலிமை பாதியாகக் குறையும்.

(v) காந்தம் ஒன்றின் நீளத்திற்கு செங்குத்தாக அதனை இருசமதுண்டுகளாக வெட்டினால், அதன் முனைவலிமையில் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது.

(vi) காந்தம் ஒன்றினை இருதுண்டுகளாக வெட்டி அதிலிருந்து தனித்த வடமுனையையோ தென்முனையையோ பெறமுடியாது. மாறாக நமக்கு இரண்டு தனித்தனியான காந்தங்கள் கிடைக்கும் வேறு வகையில் கூறுவோமாயின், இயற்கையில் தனித்த வடமுனை அல்லது தனித்த தென்முனை என்ற ஒன்று இல்லை.

காந்தப்புலக் கோடுகள்

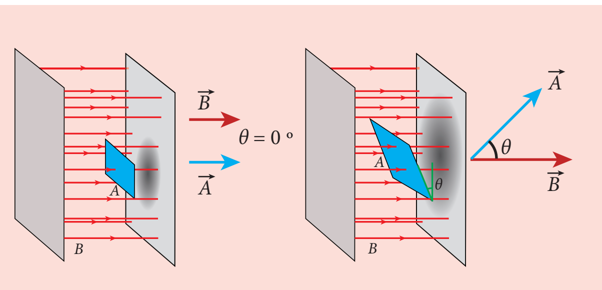
1. காந்தப் புலக்கோடுகள் தொடர்ச்சியான மூடப்பட்ட வளைகோடுகளாகும். காந்தப்புலக்கோடுகளின் திசை காந்தத்திற்கு வெளியே வடமுனையிலிருந்து தென்முனை நோக்கியும் காந்தத்திற்கு உள்ளே தென்முனையிலிருந்து வடமுனை நோக்கியும் இருக்கும்.
2. மூடப்பட்ட வளைகோட்டின் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையை, அப்புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலக்கோட்டிற்கு வரையப்படும் தொடுகோட்டின் திசையிலிருந்து அறியலாம்.
3. காந்தப்புலக்கோடுகள் எப்போதும் ஒன்றை ஒன்று வெட்டாது. அவ்வாறு வெட்டிக்கொண்டால் திசைகாட்டும் கருவியில் உள்ள காந்த ஊசி ஒரே புள்ளியில் இரண்டு வெவ்வேறு திசைகளைக் காட்டும். இது நடைமுறையில் சாத்தியமற்றது.
4. காந்தப்புலத்தின் வலிமைக்குத் தக்கவாறு, காந்தப்புலக்கோடுகள் அமைந்திருக்கும். அதாவது வலிமையான காந்தப்புலத்திற்கு கோடுகள் மிக நெருக்கமாகவும், வலிமை குறைந்த காந்தப்புலத்திற்கு கோடுகள் இடைவெளி விட்டும் காணப்படும்.

(ஈ) காந்தப்பாயம்

குறிப்பிட்ட பரப்பிற்கு செங்குத்தாக செல்லும் காந்தப்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கைக்கு காந்தப்பாயம் Φ_B என்று பெயர். கணிதவியலின்படி, ஒரு சீரான காந்தப்புலத்தில் A பரப்பு வழியாகச் செல்லும் காந்தப்பாயத்தை பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம்.

$$\Phi_B = \vec{B}.\vec{A} = BA\cos\theta = B_{\perp}A \qquad (3.6)$$

இங்கு θ என்பது $\vec{B}$ மற்றும் $\vec{A}$ வெக்டர்களுக்கு இடையே உள்ள கோணமாகும். இது படம் 3.8 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.8 காந்தப்பாயம்

சிறப்பு நேர்வுகள்

(அ) பரப்பிற்கு செங்குத்தாக $\vec{B}$ உள்ளபோது, அதாவது $\theta = 0^\circ$ எனில், காந்தப்பாயம் $\Phi_B = BA$ (பெருமம்).

(ஆ) பரப்பிற்கு இணையாக $\vec{B}$ உள்ளபோது, அதாவது $\theta = 90^\circ$ எனில், காந்தப்பாயம் $\Phi_B = 0$.

சீரற்ற காந்தப்புலம் உள்ள பரப்பிற்கு சமன்பாடு (3.6) ஐ, பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\Phi_B = \int \vec{B}.d\vec{A}$$

(இங்கு பரப்பு முழுவதும் தொகையிடல் (Integral) செய்யப்படுகிறது).

காந்தப்பாயம் ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். இதன் SI அலகு வெபர் (weber). இதனை Wb என குறிப்பிட வேண்டும். காந்தப்பாயத்தின் பரிமாண வாய்ப்பாடு $ML^2T^{-2}A^{-1}$. இதன் CGS அலகு மேக்ஸ்வெல் ஆகும்.

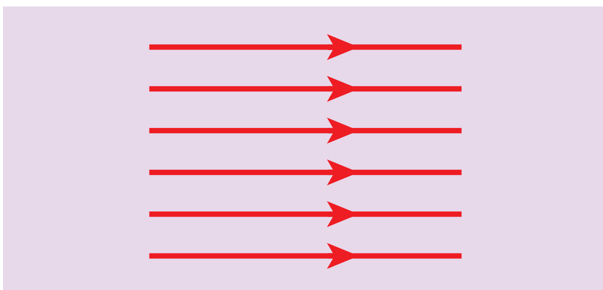
$$1 \text{ வெபர்} = 10^8 \text{ மேக்ஸ்வெல்}$$

காந்தப்புலக் கோடுகளுக்கு செங்குத்தாக உள்ள ஓரலகுப் பரப்பின் வழியாகச் செல்லும் காந்தப்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையே காந்தப்பாய அடர்த்தியாகும். இதன் அலகு $Wb\ m^{-2}$ அல்லது டெஸ்லா (T).

(உ) சீரான மற்றும் சீரற்ற காந்தப்புலம்

சீரான காந்தப்புலம்

கொடுக்கப்பட்ட பகுதியில் உள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு மற்றும் திசை ஆகியவை மாறாமல் இருந்தால், அதனை சீரான காந்தப்புலம் என்று அழைக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, குறிப்பிட்ட சிறிய பகுதியில் புவியின் காந்தப்புலம் சீரான காந்தப்புலமாகும்.

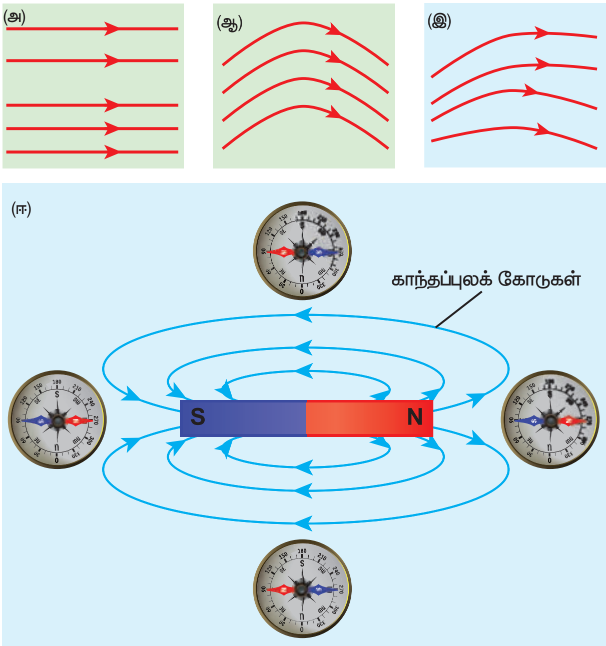


படம் 3.9 சீரான காந்தப்புலம்

உதாரணத்திற்கு உங்கள் பள்ளியின் நிலப்பரப்பு முழுவதும் புவிகாந்தப்புலம் ஒரு மாறாத மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கும்!

சீரற்ற காந்தப்புலம்

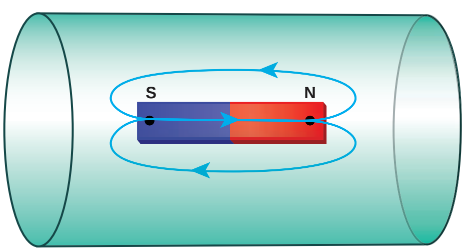
கொடுக்கப்பட்ட பகுதியில் உள்ள அனைத்து புள்ளிகளிலும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு அல்லது திசை அல்லது இரண்டுமே மாற்றமடைந்தால், அக்காந்தப்புலத்தை சீரற்ற காந்தப்புலம் என்று அழைக்கலாம். எடுத்துக்காட்டு: சட்டகாந்தம் ஒன்றின் காந்தப்புலம்.



படம் 3.10 சீரற்ற காந்தப்புலம் – (அ) மாறாத திசை (ஆ) மாறக்கூடிய திசை (இ) எண்மதிப்பு மற்றும் திசை இரண்டும் மாறக்கூடியவை (ஈ) சட்டகாந்த மொன்றின் காந்தப்புலம்

எடுத்துக்காட்டு 3.4

பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள காந்த இருமுனை (சட்ட காந்தம்) வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பிலிருந்து வெளிவரும் காந்தபாயத்தைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு

காந்த இருமுனை வைக்கப்பட்டுள்ள மூடப்பட்டப்பரப்பிலிருந்து (S) வெளிவரும் மொத்த காந்தப்பாயம் சுழியாகும். எனவே,

$$\Phi_B = \oint \vec{B}.d\vec{A} = 0$$

இங்கு மூடப்பட்ட பரப்பு S முழுவதும் தொகையிடல் செய்யப்படுகிறது. இதன் மதிப்பு எப்போதும் சுழியாகும் ஏனெனில் தனித்த காந்தமுனை (காந்த ஒருமுனை) என்ற ஒன்று இல்லை.

$$\oint \vec{B}.d\vec{A} = 0$$

இது நிலைமின்னியலில் கூறப்பட்டுள்ள காஸ்விதியினை ஒத்துள்ளது (அலகு 1 ஐப் பார்க்கவும்.

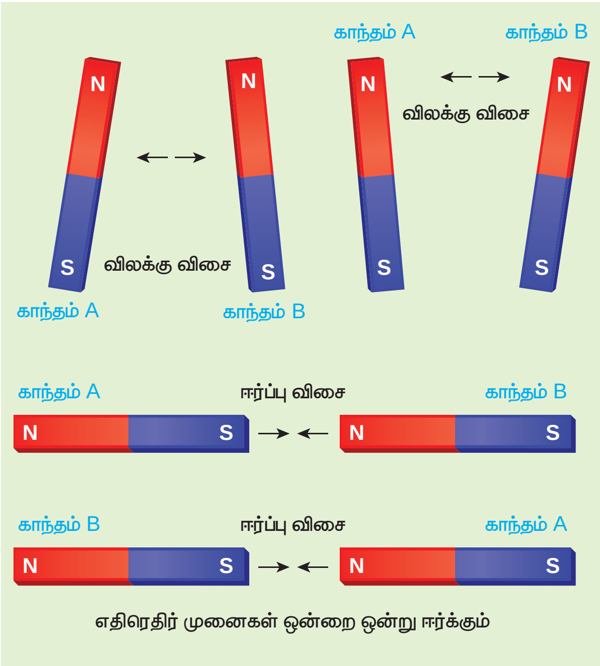
3.2 காந்தவியலின் கூலூம் எதிர்த்தகவு இருமடிவிதி

A மற்றும் B என்ற இரண்டு சட்ட காந்தங்களைக் கருதுக. அவை படம் 3.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

காந்தம் A மற்றும் B இவற்றின் வடமுனைகளை அல்லது தென்முனைகளை அருகருகே கொண்டு வரும்போது அவை ஒன்றை ஒன்று விலக்கும். மாறாக காந்தம் A யின் வடமுனையை B யின் தென்முனைக்கு அருகே அல்லது B யின் வடமுனையை A யின் தென்முனைக்கு அருகே கொண்டு செல்லும்போது அவை ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும்.

இது, அலகு 1 –இல் நாம் கற்ற நிலையான மின்துகள்களின் (Static charges) கூலூம் எதிர்த்தகவு இருமடி விதியினை ஒத்துள்ளதை அறியலாம். (எதிரெதிர் மின்துகள்கள் ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும் மற்றும் ஒத்த மின்துகள்கள் ஒன்றை ஒன்று விலக்கும்)

எனவே நிலைமின்னியலில் கற்ற கூலூம் விதியினைப் போன்றே காந்தவியலில் கூலூம் விதியினை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம் (படம் 3.12)



படம் 3.11 மின்துகள்கள் போன்று செயல்படும் காந்தமுனைகள் – ஒத்த முனைகள் ஒன்றை ஒன்று விலக்கும், எதிரெதிர் முனைகள் ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும்

இரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள ஈர்ப்புவிசை அல்லது விலக்கு விசை அவற்றின் முனைவலிமைகளின் பெருக்கல் பலனுக்கு நேர்த்தகவிலும் அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும்.

கணிதவியல் முறையில் பின்வருமாறு நாம் எழுதலாம்

$$\vec{F} \propto \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2} \hat{r}$$

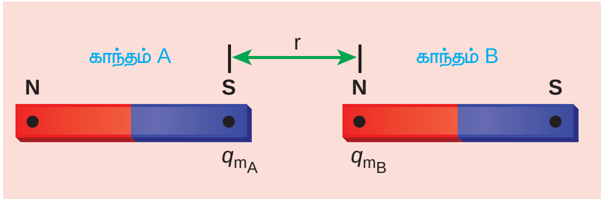
இங்கு q_{m_A} மற்றும் q_{m_B} என்பவை இரண்டு காந்த முனைகளின் முனை வலிமைகளைக் குறிக்கும். r என்பது இரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவைக் குறிக்கும்.

$$\vec{F} = k \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2} \hat{r} \qquad (3.7)$$

எண்மதிப்பில், $F = k \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2}$ (3.8)

இங்கு k என்பது விகித மாறிலியாகும். இதன் மதிப்பு காந்த முனைகளை சூழ்ந்துள்ள ஊடகத்தினைப் பொறுத்ததாகும். SI அலகின் அடிப்படையில் வெற்றிடத்தில் k இன் மதிப்பு $k = \frac{\mu_o}{4\pi} \approx 10^{-7}\,\mathrm{H\,m^{-1}}$

இங்கு μ_o என்பது வெற்றிடத்தின் அல்லது காற்றின் உட்புகுதிறன் மற்றும் H என்பது henry அலகு ஆகும்.



படம் 3.12 கூலூம் விதி – இரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள விசை

எடுத்துக்காட்டு 3.5

காற்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள விலக்கு விசை 9×10^{-3} N. இரண்டு முனைகளும் சம வலிமைகொண்டவை. மேலும் இரண்டும் 10 cm தொலைவில் பிரித்துவைக்கப்பட்டுள்ளன எனில், ஒவ்வொரு காந்த முனையின் முனைவலிமையைக் காண்க.

தீர்வு:

இரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள விசை

$$F = k \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2}$$

கொடுக்கப்பட்டவை : $F = 9 \times 10^{-3}$N,

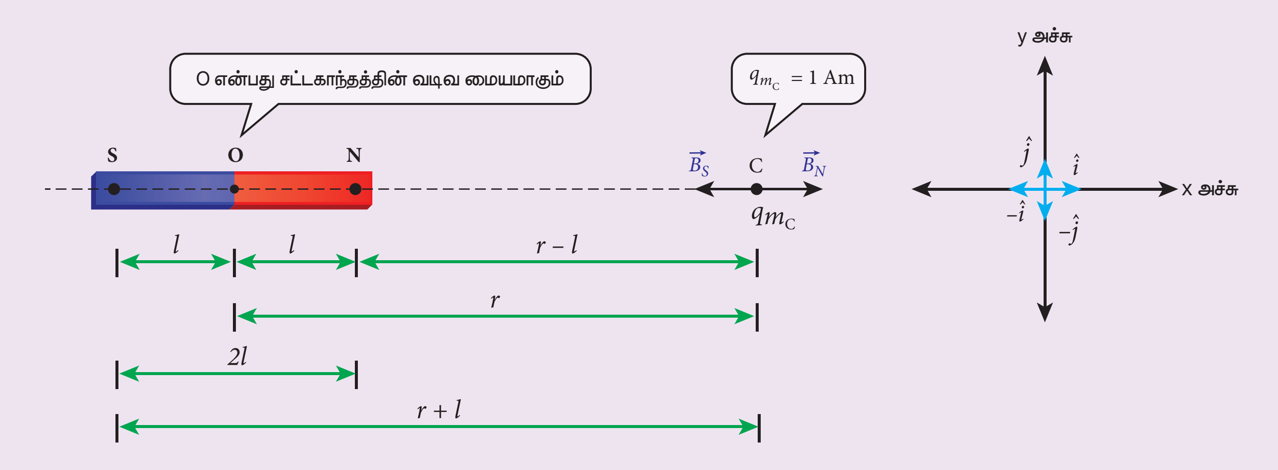
$r = 10$ cm $= 10 \times 10^{-2}$ m

எனவே, $q_{m_A} = q_{m_B} = q_m$,

$$9 \times 10^{-3} = 10^{-7} \times \frac{q_m^2}{\left(10 \times 10^{-2}\right)^2} \Rightarrow q_m = 30\ \mathrm{NT^{-1}}$$

3.2.1 காந்த இருமுனையின் (சட்டகாந்தம்) அச்சுக்கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலம்

NS என்ற சட்டகாந்தம் ஒன்றைக் கருதுக. இது படம் 3.13 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு N மற்றும் S என்பவை சட்டகாந்தத்தின் வட மற்றும் தென் முனைகளைக் குறிக்கின்றன. அவற்றின் முனைவலிமை q_m எனவும் அவற்றிற்கு



படம் 3.13 காந்த இருமுனையின் அச்சுக்கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலம்

இடையே உள்ள தொலைவு $2l$ எனவும் கொள்க. சட்டகாந்தத்தின் வடிவியல் மையம் O விலிருந்து r தொலைவில் அதன் அச்சுக்கோட்டில் அமைந்த C என்ற புள்ளியில் காந்தப்புலத்தைக் காண்பதற்கு, அப்புள்ளியில் ஓரலகு வடமுனையை ($q_{m_C} = 1$ A m) வைக்க வேண்டும்.

வடமுனையினால் புள்ளி Cல் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_N = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r-l)^2}\hat{i} \qquad (3.9)$$

இங்கு $(r - l)$ என்பது சட்டகாந்தத்தின் வடமுனை மற்றும் C புள்ளியில் உள்ள ஓரலகு வடமுனைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவாகும்.

தென்முனையினால் புள்ளி Cல் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_S = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r+l)^2}\hat{i} \qquad (3.10)$$

இங்கு $(r+l)$ என்பது சட்டகாந்தத்தின் தென்முனை மற்றும் C புள்ளியில் உள்ள ஓரலகு வடமுனைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவாகும்.

புள்ளி Cல் உருவாகும் நிகர காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \vec{B}_N + \vec{B}_S$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r-l)^2}\hat{i} + \left(-\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r+l)^2}\hat{i}\right)$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ q_m}{4\pi}\left(\frac{1}{(r-l)^2} - \frac{1}{(r+l)^2}\right)\hat{i}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ 2r}{4\pi}\left(\frac{q_m \cdot (2l)}{(r^2-l^2)^2}\right)\hat{i} \qquad (3.11)$$

காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பு $|\vec{p}_m| = p_m = q_m \cdot 2l$. எனவே C புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலத்தை (3.11) பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\vec{B}_{\text{அச்சு}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2rp_m}{(r^2-l^2)^2}\right)\hat{i} \qquad (3.12)$$

சட்டகாந்தத்தின் வடிவ மையம் O மற்றும் C புள்ளிக்கு இடையே உள்ள தொலைவுடன் ஒப்பிடும்போது, காந்தமுனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு சிறியது எனில் (சிறிய காந்தங்களுக்கு) அதாவது $r >> l$ எனில்,

$$(r^2 - l^2)^2 \approx r^4 \qquad (3.13)$$

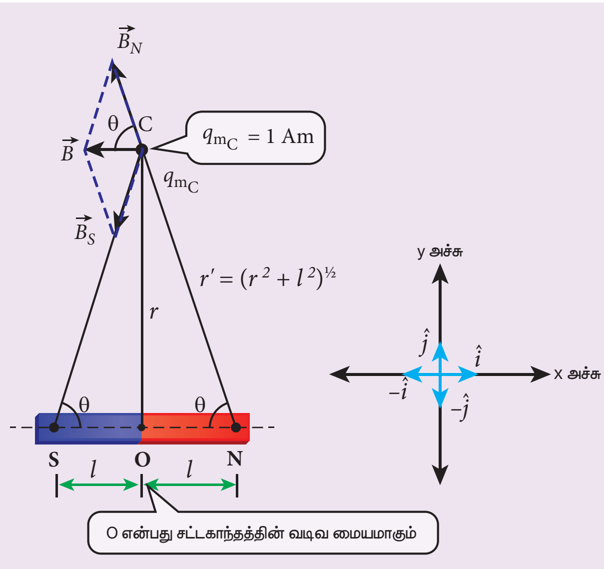
எனவே சமன்பாடு (3.13) ஐ (3.12) இல் பயன்படுத்தும்போது

$$\vec{B}_{\text{அச்சு}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2p_m}{r^3}\right)\hat{i} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{2}{r^3}\vec{p}_m \qquad (3.14)$$

இங்கு $\vec{p}_m = p_m\hat{i}$.

3.2.2 காந்த இருமுனையின் (சட்டகாந்தம்) நடுவரைக் கோட்டில் உள்ள ஒருபுள்ளியில் காந்தப்புலம்

NS என்ற சட்டகாந்தம் ஒன்றை கருதுக. இது படம் 3.14 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. N மற்றும் S என்பவை முறையே சட்டகாந்தத்தின் வட மற்றும் தென்முனைகளைக் குறிக்கின்றன. q_m முனைவலிமை கொண்ட இவ்விரண்டு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு $2l$ என்க. சட்டகாந்தத்தின் வடிவ மையம் O விலிருந்து r தொலைவில் அதன் நடுவரைக்கோட்டில் அமைந்த C என்ற புள்ளியில் காந்தப்புலத்தைக் காண்பதற்கு, அப்புள்ளியில் ஓரலகு வடமுனையை (q_{m_C} =1 A m) வைக்க வேண்டும்.



படம் 3.14 காந்த இருமுனையால் நடுவரைக்கோட்டில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலம்

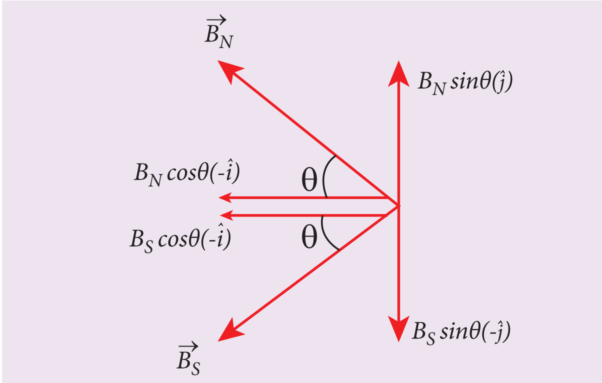
வடமுனையால் புள்ளி Cல் உருவாகும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_N = -B_N \cos\theta \hat{i} + B_N \sin\theta \hat{j} \qquad (3.15)$$

இங்கு $B_N = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{r'^2}$

Here $r' = (r^2 + l^2)^{\frac{1}{2}}$

தென்முனையால் புள்ளி Cல் உருவாகும் காந்தப்புலம்



படம் 3.15 விசையின் கூறுகள்

$$\vec{B}_S = -B_S \cos\theta \hat{i} - B_S \sin\theta \hat{j} \qquad (3.16)$$

இங்கு, $B_S = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{r'^2}$

சமன்பாடுகள் (3.15) மற்றும் (3.16) இவற்றிலிருந்து C புள்ளியில் ஏற்படும் நிகர காந்தப்புலம் $\vec{B} = \vec{B}_N + \vec{B}_S$. ஆகும். இத்தொகுபயன்விசை C புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலத்திற்குச் சமமாகும்.

$$\vec{B} = -(B_N + B_S)\cos\theta \hat{i}$$ மேலும், $B_N = B_S$ எனவே,

$$\vec{B} = -\frac{2\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{r'^2}\cos\theta \hat{i} = -\frac{2\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m}{(r^2+l^2)}\cos\theta \hat{i} \qquad (3.17)$$

படம் 3.14 –இல் காட்டப்பட்டுள்ள செங்கோண முக்கோணம் NOC இல்

$$\cos\theta = \frac{\text{அடுத்துள்ள பக்கம்}}{\text{கர்ணம்}} = \frac{l}{r'} = \frac{l}{(r^2+l^2)^{\frac{1}{2}}} \qquad (3.18)$$

சமன்பாடு (3.18) ஐ சமன்பாடு (3.17) இல் பிரதியிடும்போது, நமக்குக் கிடைப்பது

$$\vec{B} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{q_m \times (2l)}{(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}\hat{i} \qquad (3.19)$$

இங்கு காந்த இருமுனைத்திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பு $|\vec{p}_m| = p_m = q_m \cdot 2l$. இதனை சமன்பாடு (3.19) இல் பிரதியிடும்போது C புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம் நமக்குக்கிடைக்கும்

$$\vec{B}_{\text{நடுவரை}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}\hat{i} \qquad (3.20)$$

சட்டகாந்தத்தின் வடிவ மையம் O மற்றும் நாம் கருதும் புள்ளி C இவற்றுக்கு இடையே உள்ள தொலைவுடன் ஒப்பிடும்போது, காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு சிறியது எனில், (சிறிய காந்தங்களுக்கு) அதாவது $r >> l$, எனில்

$$(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}} \approx r^3 \qquad (3.21)$$

சமன்பாடு (3.21) ஐ சமன்பாடு (3.20) வில் பிரதியிடும்போது

$$\vec{B}_{\text{நடுவரை}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{r^3}\hat{i}$$

இங்கு $p_m\hat{i} = \vec{p}_m$. எனவே நடுவரைக்கோட்டில் உள்ள ஒருபுள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலத்தைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\vec{B}_{\text{நடுவரை}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{\vec{p}_m}{r^3} \qquad (3.22)$$

அச்சுக்கோட்டில் உள்ள காந்தப்புலம் ($B_{\text{அச்சு}}$) நடுவரைக்கோட்டில் உள்ள காந்தப்புலத்தைப்போன்று ($B_{\text{நடுவரை}}$) இருமடங்காக இருப்பதைக் கவனி. மேலும் இவ்விரண்டின் திசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரெதிரானது என்பதையும் நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.6

சிறியகாந்தம் ஒன்றின் காந்தத்திருப்புத்திறன் 0.5 J T^{-1}. சட்டகாந்தத்தின் மையத்திலிருந்து 0.1 m தொலைவில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு மற்றும் திசையை (அ) அச்சுக்கோட்டில் அமைந்த புள்ளியிலும் (ஆ) செங்குத்து இருசமவெட்டியில் அமைந்த புள்ளியிலும் காண்க.

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்ட காந்தத்திருப்புத்திறன் 0.5 J T^{-1} மற்றும் தொலைவு r = 0.1 m

(அ) சிறிய காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் அமைந்த புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_{\text{அச்சு}} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\left(\frac{2p_m}{r^3}\right)\hat{i}$$

$$\vec{B}_{\text{அச்சு}} = 10^{-7}\times\left(\frac{2\times 0.5}{(0.1)^3}\right)\hat{i} = 1\times 10^{-4}\hat{i}\ T$$

எனவே, அச்சுக்கோட்டில் அமைந்த புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு $B_{\text{அச்சு}}$ = 1 × 10^{-4} T. மேலும் இதன்திசை தெற்கிலிருந்து வடக்கு நேக்கி அமையும்.

(ஆ) சிறிய காந்தத்தின் செங்குத்து இருசமவெட்டிப்புள்ளியில் (நடுவரைக் கோட்டுப் புள்ளியில்) ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_{\text{நடுவரை}} = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{p_m}{r^3}\hat{i}$$

$$\vec{B}_{\text{நடுவரை}} = -10^{-7}\left(\frac{0.5}{(0.1)^3}\right)\hat{i} = -0.5\times 10^{-4}\ \hat{i}\ \text{T}$$

எனவே, நடுவரைக்கோட்டில் அமைந்த புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு = 0.5 × 10^{-4} T மேலும் இதன் திசை வடக்கிலிருந்து தெற்கு நோக்கி அமையும்.

அச்சுக்கோட்டின் ($B_{\text{அச்சு}}$) எண்மதிப்பு, நடுவரைக் கோட்டின் ($B_{\text{நடுவரை}}$) எண்மதிப்பைப் போன்று இருமடங்காக இருக்கும். மேலும் இவ்விரண்டின் திசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரெதிராக அமைவதையும் இங்கு நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

3.3 சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள சட்டகாந்தத்தின் மீது செயல்படும் திருப்புவிசை

$2l$ நீளமும் q_m முனைவலிமையும் கொண்ட காந்தமொன்று $\vec{B}$ என்ற சீரான காந்தப்புலத்தில் படம் 3.16 இல் காட்டியுள்ளவாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு காந்தமுனையும் எதிரெதிர் திசையில் செயல்படும் $q_m B$ என்ற விசையை உணர்கின்றன. எனவே காந்தத்தின் மீது செயல்படும் தொகுபயன்விசை சுழியாகும். எவ்விதமான இடப்பெயர்ச்சி இயக்கமும் இங்கு ஏற்படாது. இவ்விரண்டு விசைகளும்

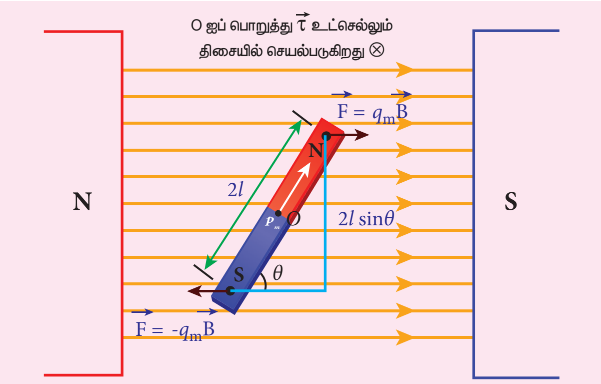
காந்தத்தின் மையத்தைப் பொறுத்து ஒரு இரட்டையை உருவாக்கும். இவ்விரட்டை காந்தத்தைச் சுழற்றி, காந்தப்புலம் $\vec{B}$ இன் திசையிலேயே அதனை ஒருங்கமைக்க முயற்சிக்கும்.

வடமுனை உணரும்விசை, $\vec{F}_N = q_m \vec{B}$ (3.23)

தென்முனை உணரும்விசை, $\vec{F}_S = -q_m \vec{B}$ (3.24)

சமன்பாடு (3.23) மற்றும் (3.24) ஐ ஒன்றுடன் ஒன்று கூட்டும்போது காந்த இருமுனையின் மீது செயல்படும் தொகுபயன்விசை.

$$\vec{F} = \vec{F}_N + \vec{F}_S = \vec{0}$$



படம் 3.16 சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள காந்த இருமுனை

புள்ளி O வைப்பொறுத்து வட மற்றும் தென்முனை உணரும் திருப்புவிசை

$$\vec{\tau} = \overrightarrow{ON} \times \vec{F}_N + \overrightarrow{OS} \times \vec{F}_S$$

$$\vec{\tau} = \overrightarrow{ON} \times q_m\vec{B} + \overrightarrow{OS} \times \left(-q_m\vec{B}\right)$$

மொத்தத் திருப்புவிசை, தாளினை நோக்கி செயல்படுவதை வலதுகை திருகு விதியினைப் பயன்படுத்தி அறியலாம்.

இங்கு எண்மதிப்புகள் $\left|\overrightarrow{ON}\right| = \left|\overrightarrow{OS}\right| = l$ மற்றும் $\left|q_m\vec{B}\right| = \left|-q_m\vec{B}\right|$. எனவே, புள்ளி O வைப் பொருத்து மொத்தத் திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு

$$\tau = l \times q_m B\sin\theta + l \times q_m B\sin\theta$$

$$= 2l \times q_m B\sin\theta$$

$$\tau = p_m B\sin\theta \qquad (\therefore q_m \times 2l = p_m)$$

வெக்டர் வடிவில், $\vec{\tau} = \vec{p}_m \times \vec{B}$ (3.25)

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

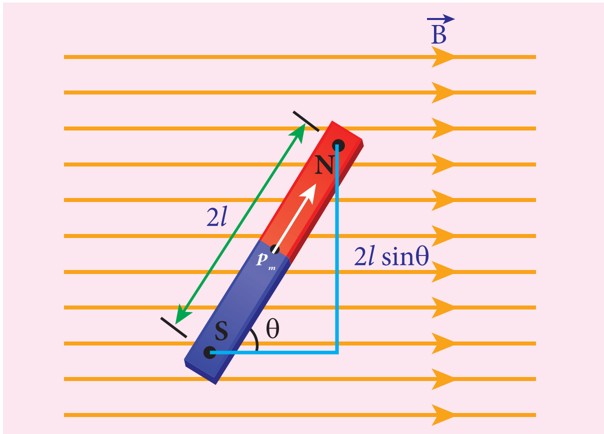
(அ) புவி ஒரு சீரற்ற காந்தப்புலத்தைப் பெற்றிருந்தாலும், உங்கள் ஆய்வுக்கூடத்தில் தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்டுள்ள சட்டகாந்தம் இடப்பெயர்ச்சி இயக்கத்தை மேற்கொள்ளாமல், சுழற்சி இயக்கத்தை மட்டுமே (திருப்புவிசை) மேற்கொள்கிறது ஏன்?

ஏனெனில், ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதிக்குள் (உங்கள் ஆய்வுக் கூடத்திற்குள்) புவியின் காந்தப்புலம் சீரானது.

(ஆ) ஒரு சீரற்ற காந்தப்புலத்தில், சட்டகாந்தமொன்று தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்டுள்ளபோது என்ன நிகழும் ?

அச்சட்டகாந்தம், இடப்பெயர்ச்சி இயக்கம் (தொகுபயன் விசை மூலமாக) மற்றும் சுழற்சி இயக்கம் (திருப்புவிசை மூலமாக) இவ்விரண்டையும் உணரும்.

3.3.1 சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள சட்டகாந்தமொன்றின் நிலையாற்றல் (Potential energy)



படம் 3.17 சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள ஓர் சட்டகாந்தம் (காந்த இருமுனை)

இருமுனை திருப்புத்திறன் $\vec{p}_m$ கொண்ட சட்டகாந்தமொன்று (காந்த இருமுனை), சீரான காந்தப்புலம் $\vec{B}$ உடன் θ கோணத்தில் படம் 3.17 இல் காட்டியுள்ளவாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இருமுனையின் மீது செயல்படும் திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு

$$\left|\vec{\tau}_B\right| = \left|\vec{p}_m\right|\left|\vec{B}\right|\sin\theta$$

τ_B க்கு எதிராக மாறாத கோண திசைவேகத்தில் $d\theta$ என்ற சிறிய கோண இடப்பெயர்ச்சிக்கு காந்த

இருமுனை (சட்டகாந்தம்) சுழற்றப்படுகிறது என்க. இந்த சிறிய கோண இடப்பெயர்ச்சிக்கு, புறத்திருப்புவிசையால் ($\vec{\tau}_{புற}$) செய்யப்பட வேலை

$$dW = \left|\vec{\tau}_{புற}\right| d\theta$$

இங்கு சட்டகாந்தம் மாறாத கோணத் திசைவேகத்தில் சுழலுகிறது.

இதிலிருந்து, $\left|\vec{\tau}_B\right| = \left|\vec{\tau}_{புற}\right|$

$$dW = p_m B \sin\theta \, d\theta$$

காந்த இருமுனையை θ' லிருந்து θ வரை சுழற்றுவதற்கு செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W = \int_{\theta'}^{\theta} \tau d\theta = \int_{\theta'}^{\theta} p_m B \sin\theta \, d\theta = p_m B \left[-\cos\theta\right]_{\theta'}^{\theta}$$

$$W = -p_m B(\cos\theta - \cos\theta')$$

θ' லிருந்து θ வரை சுழற்றுவதற்கு செய்யப்பட்ட இந்த வேலை, θ கோணத்தில் உள்ள சட்டகாந்தத்தில் நிலை ஆற்றலாக சேமித்துவைக்கப்படுகிறது. மேலும் இதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$U = -p_m B(\cos\theta - \cos\theta') \qquad (3.26)$$

உண்மையில் θ' மற்றும் θ என்ற இருவேறு கோணநிலைகளுக்கு இடையே உள்ள நிலையாற்றல் வேறுபாட்டைத்தான் சமன்பாடு (3.26) கொடுக்கிறது. $\theta' = 90^\circ$ என்ற குறிப்புப்புள்ளியை நாம் கருதும்போது மேலே உள்ள சமன்பாட்டின் இரண்டாம் பகுதி சுழியாகும். எனவே சமன்பாடு (3.26) ஐ பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$U = -p_m B\,(\cos\theta) \qquad (3.27)$$

சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள சட்ட காந்தமொன்றில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றல்

$$U = -\vec{p}_m \cdot \vec{B} \qquad (3.28)$$

நேர்வு 1

(i) $\theta = 0^\circ$, எனில்

$$U = -p_m B\,(\cos 0^\circ) = -p_m \mathrm{B}$$

(ii) $\theta = 180^\circ$, எனில்

$$U = -p_m B\,(\cos 180^\circ) = p_m \mathrm{B}$$

மேற்கண்ட இரண்டு முடிவுகளிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால், சட்டகாந்தம் புறகாந்தப்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமையும்போது அதன் நிலையாற்றல் சிறுமமாகவும், புறகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் ஒருங்கமையும்போது அதன் நிலையாற்றல் பெருமமாகவும் இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.7

புறகாந்தப்புலம் ஒன்றில் உள்ள காந்த இருமுனையைக்கருதுக. புறகாந்தப்புலம் செயல்படும்போது காந்த இருமுனை இரண்டு வழிகளில் மட்டுமே ஒருங்கமையும். அதாவது ஒன்று புறகாந்தப்புலத்தின் திசையில் (புறகாந்தப்புலத்திற்கு இணையாக) மற்றொன்று புறகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில். இவ்விரண்டு நிகழ்வுகளிலும் தோன்றும் ஆற்றலைக் கணக்கிட்டு அதற்கான வரைபடங்களை வரைக.

தீர்வு

சட்டகாந்தத்தின் இருமுனைதிருப்புத்திறன் $\vec{p}_m$ என்க. புறகாந்தப்புலம் செயல்படாத நிலையில் எவ்வித ஒருங்கமைவும் ஏற்படாது. எனவே ஆற்றல் $U = 0$.

புறகாந்தப்புலம் செயல்பட்ட உடன், காந்த இருமுனை புறகாந்தப்புலத்தின் திசையில் ($\theta = 0^\circ$) ஒருங்கமையும்போது அதன் ஆற்றல்

$$U_{இணை} = U_{சிறுமம்} = -p_m B\cos 0^\circ$$

$$U_{இணை} = -p_m B$$

ஏனெனில் $\cos 0^\circ = 1$

அவ்வாறு இல்லையெனில், காந்த இருமுனை புறகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் ($\theta = 180^\circ$) ஒருங்கமையும்போது அதன் ஆற்றல்

$$U_{எதிர்-இணை} = U_{பெருமம்} = -p_m B\cos 180^\circ$$

$$\Rightarrow U_{எதிர்-இணை} = p_m B$$

ஏனெனில் $\cos 180^\circ = -1$

3.4 காந்தப்பண்புகள்

நாம் அறிந்துள்ள, நடைமுறையில் நாம் பயன்படுத்தும் அனைத்துப் பொருட்களும் காந்தப்பொருட்கள் அல்ல. மேலும், காந்தப்பொருட்கள் அனைத்தும் ஒரே தன்மையைப் பெற்றிருக்க வில்லை. எனவே, ஒரு காந்தப்பொருளிலிருந்து மற்றொரு காந்தப்பொருளைப் பிரித்தறிய சில அடிப்படைச் செய்திகளை நாம் அறிவது அவசியமாகும் அவை:

(அ) காந்தமாக்குப் புலம் (Magnetising field)

பொருள் ஒன்றினை காந்தமாக்குவதற்குப் பயன்படும் காந்தப்புலமே, காந்தமாக்குப்புலம் எனப்படும். இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதனை $\vec{H}$ எனக் குறிப்பிடுவார்கள் இதன் அலகு $A\ m^{-1}$.

(ஆ) காந்த உட்புகுதிறன்

காந்தப்புலக்கோடுகளை தன் வழியே பாய அனுமதிக்கும் பொருளின் திறமை அல்லது காந்தமாக்கப்படுவதை ஏற்றுக்கொள்ளும் பொருளின் திறன் அல்லது பொருள் தன்வழியே காந்தப்புலத்தை உட்புக அனுமதிக்கும் அளவு காந்த உட்புகுதிறன் ஆகும்.

வெற்றிடத்தில், உட்புகுதிறன் (அல்லது தனி உட்புகுதிறன்) μ_0 எனவும், எந்த ஒரு ஊடகத்திலும் உட்புகுதிறன் μ எனவும் குறிப்பிடப்படுகிறது. **ஊடகத்தில் உட்புகுதிறனுக்கும், வெற்றிடத்தில் உட்புகுதிறனுக்கும் உள்ள தகவே ஒப்புமை உட்புகுதிறன் μ_r ஆகும்.**

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_\circ} \qquad (3.29)$$

ஒப்புமை உட்புகுதிறன் பரிமாணமற்ற ஓர் எண்ணாகும். இதற்கு அலகு இல்லை. வெற்றிடம் அல்லது காற்றில் ஒப்புமை உட்புகுதிறனின் மதிப்பு ஒன்று ஆகும். அதாவது $\mu_r = 1$.

(இ) காந்தமாகும் செறிவு

வரம்புக்குட்பட்ட அளவுடைய எந்த ஒரு பருப்பொருளும் மிக அதிக எண்ணிக்கையில் அணுக்களைப் பெற்றிருக்கும். ஒவ்வொரு அணுவிலும் சுற்றுப்பாதை இயக்கத்திலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் காணப்படும். எலக்ட்ரான்களின் இந்த சுற்றுப்பாதை இயக்கத்தினால் அவை காந்தத்திருப்புத்திறனைப் பெற்றிருக்கும். இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். பொதுவாக இந்த காந்தத் திருப்புத்திறன்கள் ஒழுங்கற்ற முறையில் எல்லா திசைகளிலும் அமைகின்றன. எனவே, ஓரலகு பருமனுடைய பருப்பொருளின் தொகுபயன் காந்தத்திருப்புத்திறன் சுழியாகும்.

இத்தகைய பொருட்களை புறகாந்தப்புலம் ஒன்றினுள் வைக்கும்போது அணுஇருமுனைகள் உருவாகி, பகுதியாகவோ அல்லது முழுவதுமாகவோ புறகாந்தப்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமைய முயற்சிக்கின்றன. **ஓரலகு பருமனுக்கான பொருளின் இந்த தொகுபயன் காந்தத்திருப்புத்திறனே காந்தமாகும் செறிவு அல்லது காந்தமாகும் வெக்டர் அல்லது காந்தமாகுதல் எனப்படும்.** இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். கணிதவியலின்படி,

$$\vec{M} = \frac{\text{காந்தத் திருப்புத்திறன்}}{\text{பருமன்}} = \frac{\vec{p}_m}{V} \qquad (3.30)$$

காந்தமாகும் செறிவின் SI அலகு ஆம்பியர் மீட்டர்$^{-1}$ ஆகும். குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு A, நீளம் $2l$ மற்றும் முனைவலிமை q_m கொண்ட சட்ட காந்தத்தின் காந்தத்திருப்புத்திறன் $\vec{p}_m = q_m \overrightarrow{2l}$ ஆகும். மேலும் அந்த சட்டகாந்தத்தின் பருமன் $V = A\left|\overrightarrow{2l}\right| = 2l\,A$ எனில், சட்டகாந்தத்தின் காந்தமாகும் செறிவு

$$\vec{M} = \frac{\text{காந்தத் திருப்புத்திறன்}}{\text{பருமன்}} = \frac{q_m \overrightarrow{2l}}{2l\,A} \qquad (3.31)$$

சமன்பாடு (3.31) ஐ எண்ணளவில் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\left|\vec{M}\right| = M = \frac{q_m \times 2l}{2l \times A} \Rightarrow M = \frac{q_m}{A}$$

சட்டகாந்தத்தின் காந்தமாகும் செறிவினை, ஓரலகு பரப்பிற்கான (முகப்பரப்பிற்கான) முனைவலிமை என்றும் வரையறை செய்யலாம் என்பதை மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து அறியலாம்.

(ஈ) காந்தத்தூண்டல் அல்லது மொத்த காந்தப்புலம்

தேனிரும்புத்துண்டு போன்ற பொருட்களை சீரான காந்தமாக்குப் புலத்தில் $\vec{H}$ வைக்கும்போது, அப்பொருள் காந்தமாக மாறும். அதாவது அப்பொருள் காந்தத்தன்மையைப் பெறுகின்றது. **பொருளின் காந்தத்தூண்டல் அல்லது மொத்த காந்தப்புலம் $\vec{B}$ என்பது, காந்தமாக்கும் புலத்தினால் வெற்றிடத்தில் உருவாக்கப்பட்ட காந்தப்புலத்திற்கும் $\vec{B}_o$, காந்தமாக்கும் புலத்தினால் பொருளில் தூண்டப்பட்ட காந்தப்புலத்திற்கும் $\vec{B}_m$ உள்ள கூடுதலாகும்.**

$$\vec{B} = \vec{B}_o + \vec{B}_m = \mu_\circ \vec{H} + \mu_\circ \vec{M}$$

$$\Rightarrow \vec{B} = \vec{B}_o + \vec{B}_m = \mu_\circ (\vec{H} + \vec{M}) \qquad (3.32)$$

(உ) காந்த ஏற்புத்திறன்

பொருளொன்றை, காந்தமாக்கும் புலத்தில் $(\vec{H})$ வைக்கும்போது, அப்பொருள் வெளியிலிருந்து அளிக்கப்படும் புறகாந்தப்புலத்தினால் எவ்வாறு பாதிக்கப்படுகிறது என்பதைப் பற்றிய புரிதலை காந்த ஏற்புத்திறன் அளிக்கிறது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் எவ்வளவு எளிதாக மற்றும் எவ்வளவு வலிமையாக பொருள் காந்தத்தன்மையை ஏற்றுக்கொள்கிறது என்பதை அளவிடுவது காந்த ஏற்புத்திறனாகும். **காந்தமாக்குப் புலத்தினால் பொருளில் தூண்டப்பட்ட காந்தமாகும் செறிவிற்கும் $(\vec{M})$, பொருளுக்கு அளிக்கப்பட்ட காந்தமாக்குப்புலத்திற்கும் $(\vec{H})$ உள்ள விகிதமே காந்த ஏற்புத்திறனாகும்.**

$$\chi_m = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{H}|} \qquad (3.33)$$

இது ஒரு பரிமாணமற்ற அளவாகும். அட்டவணை 3.1 இல் திசை ஒருமைப்பண்புடைய சில பொருட்களின் காந்த ஏற்புத்திறன் மதிப்புகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 3.1 திசை ஒருமைப்பண்புடைய சில பொருட்களின் காந்த ஏற்புத்திறன்

பொருள்	காந்த ஏற்புத்திறன் (χ_m)
அலுமினியம்	2.3×10^{-5}
தாமிரம்	-0.98×10^{-5}
வைரம்	-2.2×10^{-5}
தங்கம்	-3.6×10^{-5}
பாதரசம்	-3.2×10^{-5}
வெள்ளி	-2.6×10^{-5}
டைட்டேனியம்	7.06×10^{-5}
டங்ஸ்டன்	6.8×10^{-5}
கார்பன்டை ஆக்ஸைடு (1 வளிமண்டல அழுத்தத்தில்)	-2.3×10^{-9}
ஆக்ஸிஜன் (1 வளிமண்டல அழுத்தத்தில்)	2090×10^{-9}

எடுத்துக்காட்டு 3.8

நிறை, காந்தத்திருப்புத்திறன் மற்றும் அடர்த்தி முறையே 200 g, 2 A m², 8 g cm⁻³ கொண்ட சட்டகாந்தமொன்றின் காந்தமாகும் செறிவினைக் காண்க.

தீர்வு

சட்டகாந்தத்தின் அடர்த்தி பின்வருமாறு

$$\text{அடர்த்தி} = \frac{\text{நிறை}}{\text{பருமன்}} \Rightarrow \text{பருமன்} = \frac{\text{நிறை}}{\text{அடர்த்தி}}$$

$$\text{பருமன்} = \frac{200 \times 10^{-3}\,\text{kg}}{(8 \times 10^{-3}\,\text{kg}) \times 10^{6}\,\text{m}^{-3}}$$

$$= 25 \times 10^{-6}\,\text{m}^3$$

காந்தத்திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பு $p_m = 2\,\text{A m}^2$

காந்தமாகும் செறிவு, $M = \dfrac{2}{25 \times 10^{-6}}$

$$M = 0.8 \times 10^5\,\text{A m}^{-1}$$

எடுத்துக்காட்டு 3.9

$\vec{B} = \mu_\circ(\vec{H} + \vec{M})$ என்ற தொடர்பை பயன்படுத்தி $\chi_m = \mu_r - 1$ எனக் காட்டுக.

தீர்வு

$$\vec{B} = \mu_\circ(\vec{H} + \vec{M})$$

ஆனால் சமன்பாடு (3.36) இன் வெக்டர் வடிவம்,

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$$

எனவே, $\vec{B} = \mu_\circ(\chi_m + 1)\vec{H} \Rightarrow \vec{B} = \mu\vec{H}$

இங்கு, $\mu = \mu_\circ(\chi_m + 1) \Rightarrow \chi_m + 1 = \dfrac{\mu}{\mu_\circ} = \mu_r$

$$\Rightarrow \chi_m = \mu_r - 1$$

எடுத்துக்காட்டு 3.10

X மற்றும் Y என்ற இரண்டு பொருட்களின் காந்தமாகும் செறிவுகள் முறையே 500 A m^{-1} மற்றும் 2000 A m^{-1} என்க. 1000 A m^{-1} மதிப்புடைய காந்தமாக்குப் புலத்தில் இவ்விரண்டு பொருட்களையும் வைக்கும்போது எந்த பொருள் எளிதில் காந்தமாகும்?

தீர்வு

X பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன்

$$\chi_{m,X} = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{H}|} = \frac{500}{1000} = 0.5$$

Y பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன்

$$\chi_{m,Y} = \frac{|\vec{M}|}{|\vec{H}|} = \frac{2000}{1000} = 2$$

Y பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன் அதிகம். எனவே X பொருளை விட Y பொருள் எளிதில் காந்தமாகும்.

3.5 காந்தப்பொருட்களின் வகைப்பாடு

காந்தமாக்கும் புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருட்களின் செயல்பாட்டின் அடிப்படையில் அவை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவைகள் முறையே டயா, பாரா மற்றும் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்களாகும் இவற்றைப்பற்றி இப்பகுதியில் அறியலாம்.

(அ) டயா காந்தப்பொருட்கள் (Diamagnetic materials)

அணுக்கருவைச் சுற்றியுள்ள எலக்ட்ரான்களின் சுற்றுப்பாதை இயக்கம், சுற்றுப்பாதையின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக ஒரு காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும். எனவே, ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு சுற்றுப்பாதை காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனைப் (Finite orbital magnetic dipole moment) பெற்றுள்ளது. ஆனால் சுற்றுப்பாதை தளங்கள் தற்போக்காக ஒழுங்கற்ற முறையில் எல்லா திசைகளிலும் அமைந்துள்ளதால், காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன்களின் வெக்டர் கூடுதல் சுழியாகும். எனவே எந்த ஒரு அணுவும் தொகுபயன் காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனைப் பெற்றிருக்காது.

புறகாந்தப்புலத்தில் இவற்றை வைக்கும்போது, சில எலக்ட்ரான்களின் வேகம் அதிகரிக்கும். சில எலக்ட்ரான்களின் வேகம் குறையும். லென்ஸ் விதியின் அடிப்படையில் இருமுனை திருப்புத்திறன்கள் எதிர் – இணையாக உள்ள எலக்ட்ரான்களின் வேகம் அதிகரிக்கும். இதன் காரணமாக புறகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு எதிராக ஒரு தூண்டப்பட்ட காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் உருவாகிறது. புறகாந்தப்புலம் நீக்கப்பட்ட உடன் இந்த தூண்டப்பட்ட காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் உடனடியாக மறைகிறது.

சீரற்ற காந்தப்புலத்தில் டயா காந்தப் பொருளொன்றை வைக்கும்போது, தூண்டப்பட்ட காந்த இருமுனை திருப்புத் திறனுக்கும் புறகாந்தப்புலத்திற்கும் இடையே ஓர் இடைவினை நடைபெற்று விசை உருவாகிறது. இந்த விசை டயா காந்தப்பொருளை புறகாந்தப்புலத்தின் வலிமை மிக்க பகுதியிலிருந்து, வலிமை குறைந்த பகுதிக்கு நகர்த்த முயற்சிக்கிறது. புறகாந்தப்புலத்தினால் டயா காந்தப்பொருள் விலக்கப்படுவதை இது காட்டுகிறது.

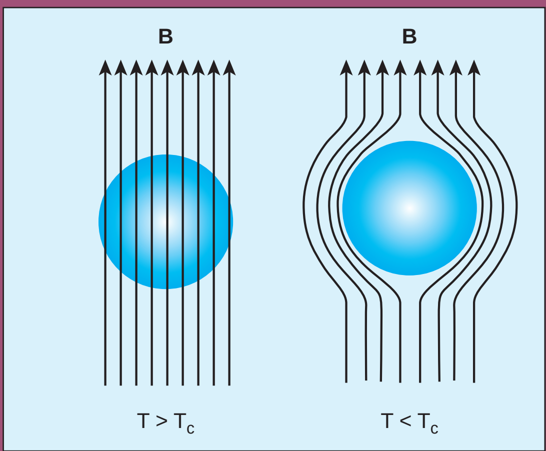
இச்செயலுக்கு டயா காந்தச்செயல் (Diamagnetic action) என்று பெயர். மேலும் இத்தகையப் பொருட்களுக்கு டயாகாந்தப்பொருட்கள் (Diamagnetic materials) என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டுகள் : பிஸ்மத், தாமிரம் மற்றும் தண்ணீர் மேலும் சில பொருட்கள்.

டயா காந்தப்பொருட்களின் பண்புகள்

i) இவை எதிர்க்குறி காந்த ஏற்புத்திறனைப் பெற்றுள்ளன.
ii) இவற்றின் ஒப்புமை காந்த உட்புகுதிறன் ஒன்றைவிட சற்றேக் குறைவாகும்.
iii) புறகாந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது, காந்தப்புலக் கோடுகள் டயா காந்தப்பொருளினால் விலக்கித் தள்ளப்படுகின்றன.
iv) காந்தஏற்புத்திறன்கிட்டத்தட்டவெப்பநிலையைச் சார்ந்ததல்ல.

குறிப்பு

மீக்கடத்திகள் முழுமையான டயாகாந்தப்பொருட்களாகும். டயா காந்தப்பொருட்கள் மீக்கடத்திகளாக மாறும்போது மீக்கடத்தியிலிருந்து காந்தப்பாயம் விலக்கித்தள்ளப்படும். இந்நிகழ் விற்கு மெய்சனர் (Meissner) விளைவு என்று பெயர். (படம் 3.18 ஐப் பார்க்கவும்)



படம் 3.18 மெய்சனர் விளைவு – மாறுநிலை வெப்பநிலை (T_C) க்கு கீழே, மீக்கடத்திகள் ஒரு முழுமையான டயாகாந்தப் பொருட்களைப் போன்று செயல்படுகின்றன.

(ஆ) பாரா காந்தப்பொருட்கள் (Paramagnetic materials)

சில காந்தப்பொருட்களில் அதன் ஒவ்வொரு அணுவும் அல்லது மூலக்கூறும் நிகர காந்த இருமுனை திருப்புதிறன்களைப் பெற்றுள்ளன. இதற்குக் காரணம் அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் சுற்றுப்பாதை மற்றும் தற்சுழற்சி காந்த இருமுனை

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

காந்த மிதப்பு இரயில் வண்டி

காந்த மிதப்பு இரயில் வண்டியை, மேக்லீவ் (Maglev) இரயில் வண்டி என்றும் அழைக்கலாம். மின்காந்தங்களைப் பயன்படுத்தி அவற்றின் ஓடுபாதையிலிருந்து சில சென்டிமீட்டர் உயரத்திற்கு இவற்றை மிதக்கச் செய்கின்றனர். மேக்லீவ் இரயில் வண்டிகளுக்கு சக்கரங்கள் தேவையில்லை மேலும் இவை மிக உயர்ந்த வேகத்தில் செல்கின்றன. இவற்றின் அடிப்படை இயந்திர நுட்பம் இரு ஜோடி காந்தங்களால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. ஒரு ஜோடி காந்தம் விலக்கு விசையைப் பயன்படுத்தி இரயில் வண்டியை அதன் ஓடுபாதையிலிருந்து சில சென்டிமீட்டர் உயரத்திற்கு காற்றில் மிதக்க வைக்கிறது. மற்றொரு ஜோடி காந்தம் மிதக்கும் இந்த இரயில் வண்டியை மிக உயர்ந்த வேகத்தில் முன்னோக்கிச் செலுத்துகின்றன. மரபாக நாம் பயன்படுத்தும் இரயில் வண்டியுடன் மேக்லீவ் இரயில் வண்டியை ஒப்பிடும்போது இது ஓசையற்றது, அதிர்வற்றது மற்றும் சுற்றுச்சூழலுக்கு எவ்வித தீங்கும் விளைவிக்காததாகும். வருங்கால தொழில் நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தி மேக்லீவ் இரயில் வண்டிகள் தற்போதுள்ள வேகத்தைவிட மிக அதிக வேகத்தில் இயங்கும் வல்லமையை பெற்றுள்ளன.

திருப்புத்திறன்களின் வெக்டர் கூடுதலாகும். இந்த காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன்கள் (Spin magnetic dipole moment) தற்போக்காக ஒழுங்கற்ற முறையில் எல்லா திசைகளில் உள்ளதால் பொருளின் நிகர காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் மதிப்பு சுழியாகும்.

புறகாந்தப்புலத்தில் இவற்றை வைக்கும்போது, அணுஇருமுனை மீது செயல்படும் திருப்புவிசை அவற்றை புறகாந்தப்புலத்தின் திசையிலேயே ஒருங்கமைக்க முயலும். இதன் பயனாக ஒரு தொகுபயன் காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் புறகாந்தப்புலத்தின் திசையிலேயே தூண்டப்படும். புறகாந்தப்புலம் உள்ளவரை இந்த தூண்டப்பட்ட இருமுனை திருப்புத்திறன் நீடிக்கும்.

இவற்றைசீரற்றகாந்தப்புலத்தில்வைக்கும்போது, பாரா காந்தப்பொருட்கள் புலத்தின் வலிமை குறைந்த பகுதியிலிருந்து வலிமை மிக்க பகுதிக்கு

நகர முயற்சிக்கும். புற காந்தப்புலம் செலுத்தப்படும் திசையில் வலிமை குறைந்த காந்தப்பண்பைக் காட்டும் பொருட்களுக்கு பாராகாந்தப் பொருட்கள் என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டுகள்: அலுமினியம், பிளாட்டினம் குரோமியம் மற்றும் ஆக்சிஜன் மேலும் சில பொருட்கள்.

பாரா காந்தப்பொருட்களின் பண்புகள்:

i) இவை குறைந்த நேர்க்குறி காந்த ஏற்புத்திறன் கொண்டவை.

ii) இவற்றின் ஒப்புமை காந்த உட்புகுதிறன் ஒன்றைவிட அதிகம்.

iii) புறகாந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது காந்தப்புலக் கோடுகள் பாரா காந்தப்பொருளுக்குள்ளே ஈர்க்கப்படுகின்றன.

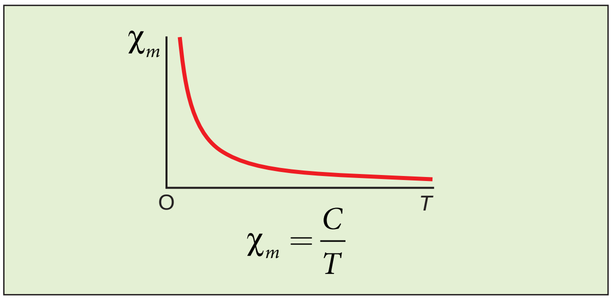
iv) காந்த ஏற்புத்திறன் வெப்பநிலைக்கு எதிர்த்தகவாகும்.

கியூரி விதி (Curie's law)

வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது, வெப்ப அதிர்வின் காரணமாக காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன்களின் ஒருங்கமைவு (alignment) சிதைந்து விடுகின்றது. எனவே வெப்பநிலை அதிகரிப்பால் காந்த ஏற்புத்திறன் குறைகிறது. பெரும்பாலான நிகழ்வுகளில் பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன்

$$\chi_m \propto \frac{1}{T} \text{ அல்லது } \chi_m = \frac{C}{T}$$

இத்தொடர்புக்கு கியூரியின் விதி என்று பெயர். இங்கு C என்று கியூரி மாறிலி மற்றும் T என்பது கெல்வின் வெப்பநிலையாகும். காந்த ஏற்புத்திறனுக்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பினை படம் 3.19 காட்டுகிறது. இது ஒரு செவ்வக அதிபரவளையம் என்பதை இங்கு கவனிக்க வேண்டும்.

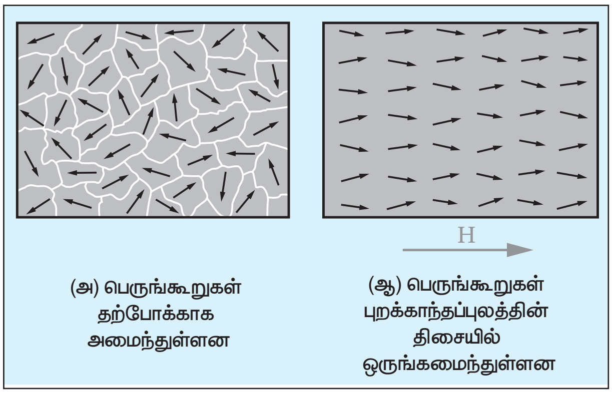


படம் 3.19 கியூரியின் விதி – காந்த ஏற்புத்திறனுக்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பு

(இ) ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள் (Ferromagnetic materials)

பாரா காந்தப்பொருளைப் போன்றே, ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளிலுள்ள ஒரு அணு அல்லது மூலக்கூறு நிகர காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனைப் பெற்றுள்ளது. ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருட்கள் ஃபெர்ரோ காந்த பெருங்கூறுகள் (domains) எனப்படும் சிறிய பகுதிகளைப் பெற்றுள்ளது. (படம் 3.20) ஒவ்வொரு பெருங்கூறின் உள்ளே உள்ள காந்தத்திருப்புத்திறன்களும் தானாகவே ஒரு குறிப்பிட திசையில் ஒருங்கமைந்துள்ளன. அணுக்களுக்கிடையேயான இடைத்தொலைவைப் பொறுத்து எலக்ட்ரான்களின் தற்சுழற்சியால் ஏற்படும் வலிமையான இடைவினையினால் இந்த ஒருங்கமைவு ஏற்பட்டுள்ளது.

ஒவ்வொரு பெருங்கூறும் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் காந்தமாக்கப்பட்டுள்ளன. இருந்த போதிலும் ஒவ்வொரு பெருங்கூறின் காந்தமாக்கத்திசையும் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று வேறுபட்டு தற்போக்காக அமைந்துள்ளன. எனவே பொருளின் நிகர காந்தமாக்கல் சுழியாகும்.



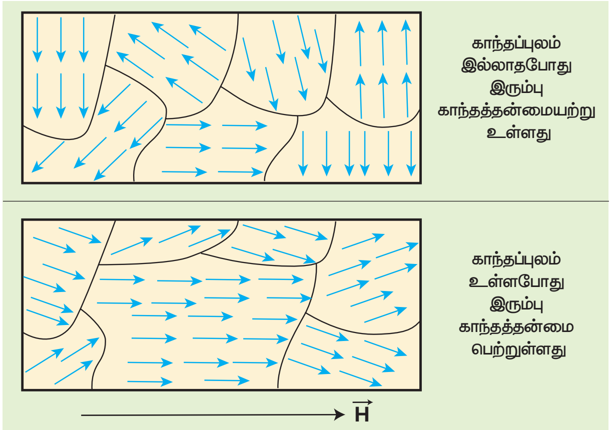
படம் 3.20 ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்களின் காந்தப்பெருங்கூறுகள்

புறகாந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது பின்வரும் இரண்டு நிகழ்வுகள் ஏற்படுகின்றன.

(1) புறகாந்தப்புலத்தின் திசைக்கு இணையாக காந்தத்திருப்புத்திறன்களைப் பெற்றுள்ள பெருங்கூறுகள் அளவில் பெரிதாகும்.

(2) புறகாந்தப்புலத்திற்கு இணையாக இல்லாத மற்ற பெருங்கூறுகள் சுழன்று புறகாந்தப்புலத்தில் திசையில் ஒருங்கமைகின்றன.

இவ்விரண்டு நிகழ்வுகளின் விளைவாக புறகாந்தப்புலத்தின் திசையிலேயே பொருளில் ஒரு



படம் 3.21 பெருங்கூறு காந்தமாதல் நிகழ்வுகள்

வலிமையான நிகர காந்தமாக்கல் ஏற்படுகிறது. இது படம் 3.21 இல் காட்டபபட்டுள்ளது.

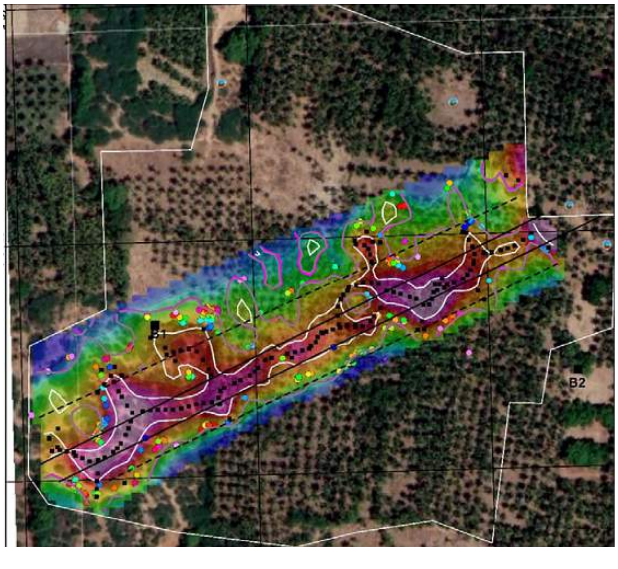
சீரற்ற காந்தப்புலத்தில் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளை வைக்கும்போது, காந்தப்புலத்தின் வலிமை குறைந்த பகுதியிலிருந்து, வலிமைமிக்கப்பகுதிக்கு நகர முயற்சிக்கும், புறகாந்தப்புலம் செலுத்தப்படும் திசையில் வலிமையாக காந்தப்பண்பைக் காட்டும் இப்பொருட்களுக்கு ஃபெர்ரோகாந்தப்பொருட்கள் என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டுகள் : இரும்பு, நிக்கல் மற்றும் கோபால்ட்

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

நம் வாழ்க்கையின் பல்வேறு அம்சங்களில் ஆர்வமூட்டும் வகையில் காந்தவியல் பங்காற்றுகிறது. தொல்லியல் சார் இடமான கீழடியிலும் அதன் தொடர்பு உள்ளது. குறிப்பிட்ட இடத்தில் பூமிக்கடியில் தொன்மையான கட்டமைப்பு ஏதேனும் உள்ளதா என்பதைக் கண்டறிய 'காந்தமானி அளவியல்' (magnetometer surveying) என்ற நன்கு நிறுவப்பட்ட அறிவியல் வழிமுறை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

படம் 1

இந்த முறையில், ஓரிடத்தின் காந்தப்புலம் அதன் அருகிலுள்ள பகுதிகளின் காந்தப்புலத்திலிருந்து எந்த அளவில் மாறுபடுகிறது என்று அளவிடப்படுகிறது. இம்மாறுபாட்டிற்குக் காரணம் அவ்விடத்தின் அடியில் ஏதேனும் பழங்கால புதையுண்ட சுவர், மண்பானைகள், செங்கற்கள், கல்லறைகள், நினைவிடங்கள், வாழ்விடங்கள் உள்ளிட்ட பல தொல்லியல் பொருட்களில் காணப்படும் மேக்னடைட் என்ற கனிமமும் அதனைச் சார்ந்த கனிமங்களுமே ஆகும். அக்கனிமங்கள் டயா, பாரா அல்லது பெர்ரோ ஆகிய இம்மூன்று காந்த இயல்புகளில் ஏதேனும் ஒரு இயல்பைப் பெற்றிருக்கும். மேலும் இவை ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு காந்த ஏற்புத்திறனையும் பெற்றிருக்கும்.



படம் 2

மும்பையிலுள்ள இந்திய புவிக்காந்தவியல் நிறுவனம் (Indian Institute of Geomagnetism) கீழடியில் மேற்கொண்ட காந்தமானி அளவியல் ஆய்வின் மூலம் அப்பகுதியின் அடியில் பழங்கால சுவர், மண்பானைகள் உள்ளிட்ட தொல்லியல் அமைப்புகள் புதைந்துள்ளன என்று கண்டறிந்தனர். 10 முதல் 100 nT வரையிலான காந்தப்புல மாறுபாடுகள் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பில் (வண்ணப்பகுதி) ஏற்பட்டுள்ளதை படம் 2ல் காணலாம். உண்மையில், செங்கற்களினால் செய்யப்பட்ட பெரும் தொல்லியல் அமைப்புகள் கீழடியில் உள்ளன என்ற உண்மை காந்தவியலின் மூலமாகவே நமக்குத் தெரிய வந்துள்ளது (படம் 1).

ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்களின் பண்புகள்:

i) இவற்றின் காந்த ஏற்புத்திறன் நேர்க்குறி மற்றும் அதிக மதிப்புடையது.

ii) ஒப்புமை உட்புகுதிறன் அதிகம்.

iii) புறகாந்தப்புலத்தில் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளை வைக்கும்போது, காந்தப்புலக் கோடுகள் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளின் உள்ளே வலிமையாக ஈர்க்கப்படும்.

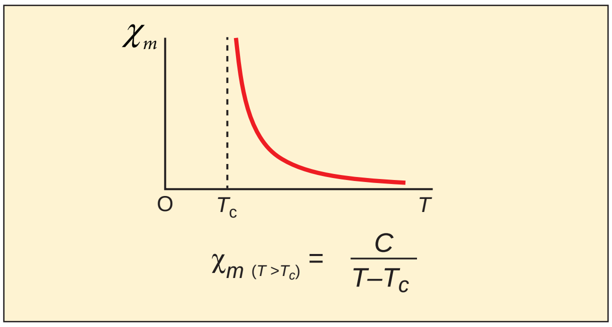
iv) காந்த ஏற்புத்திறன் வெப்பநிலைக்கு எதிர்த்தகவாகும்.

கியூரி –வெயிஸ் (Curie-Weiss) விதி

வெப்பநிலை உயரும்போது, அணு இருமுனைகளின் வெப்பக்கிளர்ச்சி அதிகரிப்பால் ஃபெர்ரோ காந்தத்தன்மை குறையும். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருள் பாரா காந்தப்பொருளாக மாறும். இந்த வெப்பநிலையே, கியூரி வெப்பநிலை (T_C) எனப்படும். கியூரி வெப்பநிலையை விட அதிக வெப்பநிலையில் உள்ள பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன் பின்வருமாறு

$$\chi_m = \frac{C}{T - T_C}$$

இச்சமன்பாடு கியூரி–வெயிஸ் விதி என்று அழைக்கப்படுகிறது. இங்கு C என்பது கியூரி மாறிலி மற்றும் T என்பது கெல்வின் வெப்பநிலையாகும். படம் 3.22 காந்த ஏற்புத்திறனுக்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டுகின்றது.



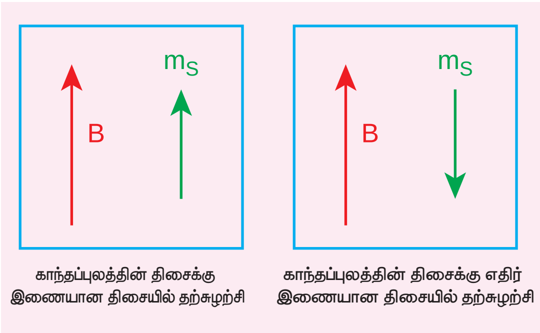
படம் 3.22 கியூரி – வெயிஸ் விதி – காந்த ஏற்புத்திறனுக்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பு

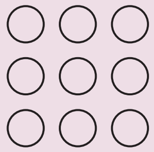
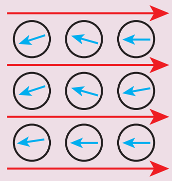
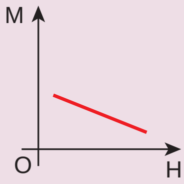
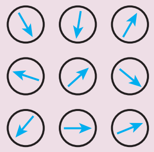
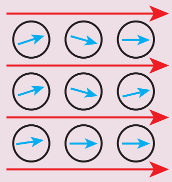
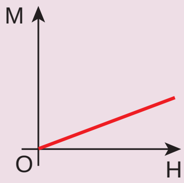
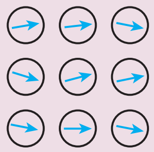
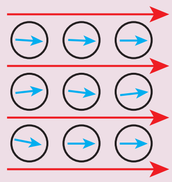
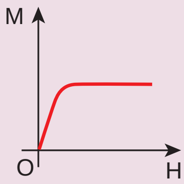
உங்களுக்குத் தெரியுமா?

தற்சுழற்சி (Spin)

நிறை, மின்னூட்டம் போன்றே அடிப்படைத்துகளின் மற்றொரு பண்பே தற்சுழற்சி ஆகும். தற்சுழற்சி என்பது குவாண்டம் எந்திரவியல் நிகழ்வாகும் (இது தொகுதி 2 இல் விவாதிக்கப்பட்டுள்ளது). பொருட்களின் காந்தப்பண்புக்கு இது ஒரு முக்கிய காரணியாகும். பழைய எந்திரவியலில் (Classical mechanics) நாம் விவரிக்கும் தற்சுழற்சி, குவாண்டம் எந்திரவியலின் தற்சுழற்சியிலிருந்து முற்றிலும் வேறுபட்டதாகும். குவாண்டம் எந்திரவியலில் கூறப்படும் தற்சுழற்சி உண்மையில் சுழற்சியைக் குறிப்பதில்லை. இது உள்ளார்ந்த கோண உந்தத்தைக் குறிக்கிறது. உள்ளார்ந்த கோண உந்தத்தினைப்பற்றி பழைய எந்திரவியலில் எவ்வித குறிப்பும் இல்லை. நெடுங்காலமாக தற்சுழற்சி என்றே வழங்கப்படுவதால் இப்பெயரே நிலைத்து விட்டது. துகளின் தற்சுழற்சி நேர்க்குறி மதிப்பை மட்டுமே பெறும். ஆனால் புறகாந்தப்புலத்தில் தற்சுழற்சி வெக்டரின் ஒருங்கமைவு (Orientation of spin) நேர்க்குறி அல்லது எதிர்க்குறி மதிப்புகளைப்பெறும்.

எடுத்துக்காட்டாக, எலக்ட்ரானின் தற்சுழற்சி $s = \frac{1}{2}$. புறகாந்தப்புலம் செயல்படும் நிலையில் தற்சுழற்சி, காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு இணையாகவோ அல்லது எதிர்–இணையாகவோ ஒருங்கமையும். இதிலிருந்து எலக்ட்ரானின் காந்தத் தற்சுழற்சி m_s இரண்டு மதிப்புகளைப் பெறும். அவை முறையே $m_s = \frac{1}{2}$ (மேல்நோக்கிய தற்சுழற்சி) மற்றும் $m_s = -\frac{1}{2}$ (கீழ்நோக்கிய தற்சுழற்சி). புரோட்டான் மற்றும் நியூட்ரானின் தற்சுழற்சி $s = \frac{1}{2}$. மேலும் போட்டானின் தற்சுழற்சி $s = 1$.

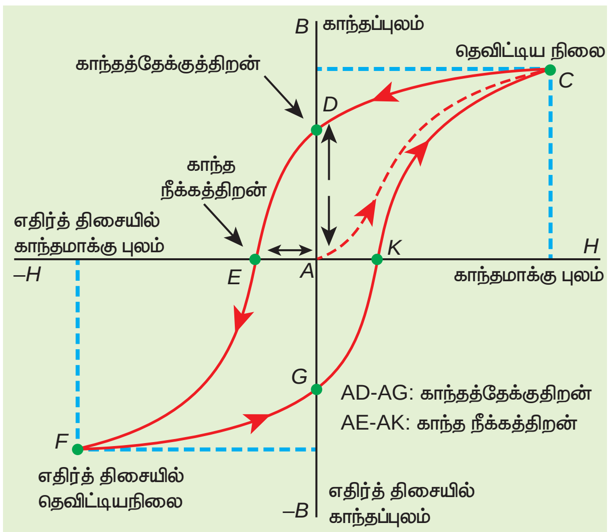


காந்தத்தன்மையின் வகைகள் – ஓர் ஒப்பிடு [தேர்வுக்கு அல்ல]					
காந்தப் பொருளின் வகை	காந்தமாக்கு புலம் அற்ற நிலை (H = 0)	காந்தமாக்கு புலம் உள்ள நிலை (H ≠ 0)	பொருளின் காந்தமாகுதல் தன்மை (M)	காந்த ஏற்புத்திறன்	ஒப்புமை உட்புகுதிறன்
டயா காந்தத்தன்மை	 (சுழி காந்தத் திருப்புத்திறன்)	 (புலத்திற்கு எதிராக ஒருங்கமைவு)		எதிர்குறி	ஒன்றைவிடக் குறைவு
பாரா காந்தத் தன்மை	 (நிகர காந்தத் திருப்புத்திறன் உள்ளது. ஆனால் தன்னிச்சையாக ஒழுங்கற்ற முறையில் அமைந்துள்ளது)	 (புலத்தின் திசையுடன் ஒருங்கமைவு)		நேர்க்குறியுள்ள சிறிய மதிப்பு	ஒன்றைவிட அதிகம்
ஃபெர்ரோ காந்தத்தன்மை	 (பெருங்கூறின் உள்ளே நிகர காந்தத்திருப்புத் திறன் உள்ளது. ஆனால் பெருங்கூறுகள் ஒழுங்கற்ற முறையில் எல்லா திசைகளிலும் ஒருங்கமைந்துள்ளன)	 (புலத்தின் திசையுடன் ஒருங்கமைவு)		நேர்க்குறியுள்ள பெரிய மதிப்பு	மிக அதிகம்

3.6 காந்தத்தயக்கம் (HYSTERESIS)

ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருளொன்றை காந்தமாக்கு புலத்தில் வைக்கும் போது தூண்டலின் விளைவாக அப்பொருள் காந்தமாக்கப்படும். ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளின் ஒரு முக்கியப்பண்பு: காந்தமாக்கு புலத்தைப் $(\vec{H})$ பொறுத்து காந்தப்புலத்தில் $(\vec{B})$ ஏற்படும் மாறுபாடு நேர்ப்போக்கு தன்மையற்றது (Non linear). அதாவது $\frac{B}{H} = \mu$ ஒரு மாறிலி அல்ல. இப்பண்பினைப் பற்றி விரிவாகக் காணலாம்.

ஒரு ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருள் (எடுத்துக்காட்டாக இரும்பு) காந்தமாக்குபுலம் $\vec{H}$ ஆல் மெதுவாக காந்தமாக்கப்படுகின்றது. காந்தமாக்கும்புலத்தின் எண்மதிப்புக்குச் சமமான காந்தப்புலம் $\vec{B}$, A புள்ளியிலிருந்து அதிகரித்துக் கொண்டே சென்று தெவிட்டு நிலையை அடைகிறது. பொருளின் இந்த மாற்றம் வரைபடம் 3.23 இல் AC வளைகோட்டுப்பாதையில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. **காந்தமாக்குப் புலத்தை செலுத்தும்போது பொருள் அடையும் பெரும காந்தத்தன்மை புள்ளியே தெவிட்டிய காந்தமாதல்** (Saturated magnetisation) என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.



படம் 3.23 காந்தத்தயக்கம் – B க்கும் H க்கும் இடையேயான வரைபடம்

காந்தமாக்குப் புலத்தை இப்போது குறைக்கும்போது காந்தப்புலமும் குறையும். ஆனால் பழைய பாதையிலேயே CA குறையாது. அது CD என்ற வேறொரு பாதை வழியாக குறையும். காந்தமாக்குப்புலம் சுழி மதிப்பை அடையும்போதும் காந்தப்புலம் சுழியாகாமல், ஒரு நேர்க்குறி மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். $H = 0$ எனினும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு காந்தத்தன்மை பொருளில் தொடர்ந்து நீடிப்பதை இது நமக்கு உணர்த்துகிறது.

பொருளில் தொடர்ந்து நீடிக்கும் இந்த எஞ்சிய காந்தத்தன்மைக்கு (AD) காந்தத்தேக்குதன்மை (Remanence) அல்லது காந்தத்தேக்குதிறன் (Retentivity) என்று பெயர். **காந்தமாக்குப்புலம் மறைந்த நிலையிலும் காந்தத்தன்மையைத் தக்கவைக்கும் பொருளின் இத்திறமையை காந்தத்தேக்குதன்மை அல்லது காந்தத்தேக்குதிறன்** என்று வரையறுக்கலாம்.

பொருளின் காந்தத்தன்மையை நீக்குவதற்காக எதிர்த்திசையில் காந்தமாக்குப் புலத்தை அதிகரிக்க வேண்டும். இப்போது DE பாதையில் காந்தப்புலம் குறைந்த E புள்ளியில் சுழி மதிப்பை அடையும். பொருளின் எஞ்சிய காந்தத்தன்மையை சுழியாக்குவதற்காக எதிர்த்திசையில் செலுத்தப்பட்ட காந்தமாக்குப் புலம் வரைபடத்தில் AE பாதையினால் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. **பொருளின் எஞ்சிய காந்தத்தன்மையை முழுவதும் நீக்குவதற்காக, எதிர்த்திசையில் செலுத்தப்பட்ட காந்தமாக்குப் புலத்தின் எண்மதிப்பே காந்தநீக்குத்திறன்** (Coercivity) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

$\vec{H}$ ஐ மேலும் எதிர்த்திசையில் அதிகரிக்கும்போது காந்தப்புலமும் EF பாதையின் வழியே தெவிட்டிய புள்ளி F ஐ அடையும்வரை எதிர்த்திசையில் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லும். எதிர்த்திசையில் காந்தமாக்கும் புலத்தை குறைத்து மீண்டும் அதிகரிக்கும்போது காந்தப்புலம் FGKC என்ற பாதையை மேற்கொள்ளும். ACDEFGKC என்ற மூடப்பட்ட இப்பாதைக்கு காந்தத்தயக்கக் கண்ணி (Hysteresis loop) என்று பெயர். இது பொருளொன்றின் காந்தமாக்கும் சுற்றை காட்டுகிறது.

இம்முழு சுற்றிலும் காந்தப்புலம் B, காந்தமாக்குப்புலம் H ஐ விட பின்தங்கி உள்ளது. **காந்தப்புலம், காந்தமாக்குப் புலத்திற்குப் பின்தங்கும் இந்நிகழ்ச்சிக்கு காந்தத்தயக்கம்** (Hysteresis) என்று பெயர். தயக்கம் என்றால் பின்தங்குதல் என்று பொருள்.

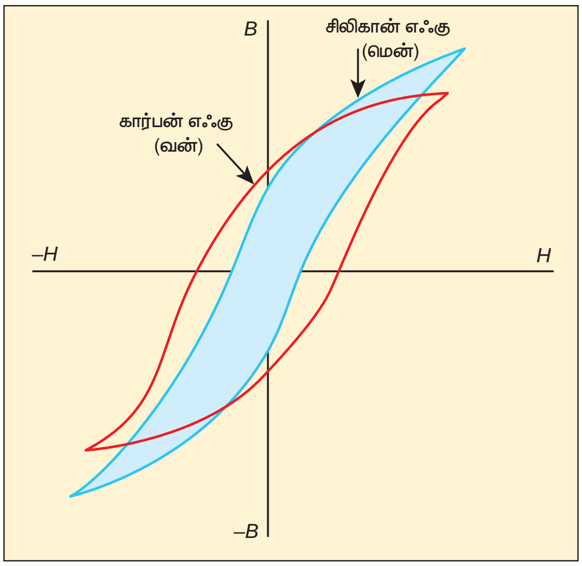
தயக்க இழப்பு

பொருளொன்றில் காந்தமாக்கும் சுற்றின்போது, வெப்ப வடிவில் ஆற்றல் இழக்கப்படும். இவ்வாற்றல் இழப்பிற்குக் காரணம் பல்வேறு திசைகளில் மூலக்கூறுகளின் சுழற்சி மற்றும் ஒருங்கமைவாகும். ஒரு முழுசுற்றில் காந்தமாக்கப்படும் பொருளின் ஓரலகு பருமனுக்கான ஆற்றல் இழப்பு, தயக்கக்கண்ணியின் பரப்புக்கு சமம் எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

வன் மற்றும் மென் காந்தப்பொருட்கள்

காந்தத்தயக்கக் கண்ணியின் வடிவம் மற்றும் அளவின் அடிப்படையில் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள், குறைந்த பரப்புடைய மென்காந்தப்பொருட்கள் மற்றும் அதிக பரப்புடைய வன்காந்தப்பொருட்கள் என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

இவ்விரண்டு காந்தப் பொருட்களின் தயக்கக் கண்ணிகள் படம் 3.24 இல் ஒப்பிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளது. மென் மற்றும் வன் காந்தப் பொருள்களின் பண்புகள் அட்டவணை 3.2ல் ஒப்பிடப்பட்டுள்ளது



படம் 3.24 இரண்டு ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்களின் தயக்கக்கண்ணிகள் ஒப்பீடு

அட்டவணை 3.2 மென் ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருட்களுக்கும் வன் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்களுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகள்

வ.எண்	பண்புகள்	மென் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள்	வன் ஃபெர்ரோ காந்தப் பொருட்கள்
1	புற காந்தப்புலத்தை நீக்கும்போது	காந்தத்தன்மை மறைந்துவிடும்	காந்தத்தன்மை மறையாது
2	தயக்கக்கண்ணியின் பரப்பு	சிறியது	பெரியது
3	காந்ததேக்குத்திறன்	குறைவு	அதிகம்
4	காந்தநீக்குத்திறன்	குறைவு	அதிகம்
5	காந்த ஏற்புத்திறன் மற்றும் காந்த உட்புகுதிறன்	அதிகம்	குறைவு
6	தயக்க இழப்பு	குறைவு	அதிகம்
7	பயன்கள்	வரிச்சுருள் உள்ளகம், மின்மாற்றி உள்ளகம் மற்றும் மின்காந்தங்கள் செய்ய பயன்படுகிறது	நிலையான காந்தங்கள் செய்ய பயன்படுகின்றது
8	எடுத்துக்காட்டுகள்	தேனிரும்பு, மியூமெட்டல் ஸ்டெல்லாய் மற்றும் சில பொருட்கள்	கார்பன் எஃகு, ஆல்நிக்கோ, காந்தக்கல் (Lode stone) மற்றும் சில பொருட்கள்

காந்தத் தயக்கக் கண்ணியின் பயன்பாடுகள்

ஒவ்வொரு ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளின் காந்த தேக்குத்திறன், காந்த நீக்குத்திறன், காந்த உட்புகுதிறன், காந்த ஏற்புத்திறன் மற்றும் ஒரு முழுசுற்றில் காந்தமாகும்போது ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பு போன்ற தகவல்களை அளிப்பதில் காந்தத் தயக்கக்கண்ணி முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட தேவைக்கேற்ப பொருளை தேர்வு செய்வதற்கு காந்தத்தயக்கக்கண்ணியைப் பற்றிய அறிவு அவசியமானதாகும். மேலும் சில உதாரணங்களை இங்கு காண்போம்.

i) நிலையான காந்தங்கள்:

அதிக காந்தத்தேக்குத்திறன், அதிக காந்த நீக்குத்திறன் மற்றும் அதிக காந்த உட்புகுதிறன் கொண்ட பொருட்கள் நிலையான காந்தங்களை உருவாக்குவதற்கு மிகவும் ஏற்றதாகும் எடுத்துக்காட்டுகள்: கார்பன் எஃகு மற்றும் ஆல்நிக்கோ

ii) மின்காந்தங்கள்:

அதிக தொடக்க காந்த ஏற்புத்திறன், குறைந்த காந்த தேக்குத்திறன், குறைந்த காந்த நீக்குத்திறன் மற்றும் குறைந்த பரப்புடைய மெல்லிய காந்த தயக்ககண்ணியைப் பெற்றுள்ள பொருட்கள் மின்காந்தங்கள் செய்ய விரும்பத்தக்கவைகளாகும்.

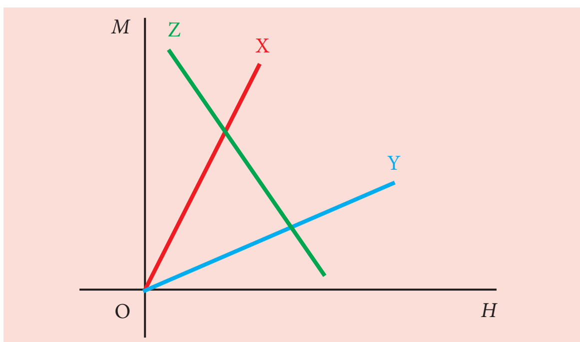
எடுத்துக்காட்டுகள்: தேனிரும்பு மற்றும் மியூமெட்டல் (நிக்கல் இரும்பு உலோகக் கலவை).

iii) மின்மாற்றி உள்ளகம்:

அதிக தொடக்க காந்த ஏற்புத்திறன், உயர்ந்த காந்தப்புலம் மற்றும் குறைந்த பரப்பு கொண்ட மெல்லிய தயக்கக்கண்ணியைப் பெற்றுள்ள பொருட்கள் மின்மாற்றி உள்ளகங்களை வடிவமைக்க பயன்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டு: தேனிரும்பு

எடுத்துக்காட்டு 3.11

X, Y மற்றும் Z என்ற மூன்று காந்தப்பொருட்களின் காந்தமாகும் செறிவு மற்றும் செலுத்தப்படும் காந்தப்புலச் செறிவு இவற்றுக்கிடையேயான வேறுபாட்டை பின்வரும் வரைபடம் காட்டுகிறது. இவ்வரைபடத்தின் உதவியுடன் இம்மூன்று பொருட்களைக் கண்டுபிடி.



தீர்வு

M-H வரைபடத்தின் சரிவு காந்த ஏற்புத்திறனைக் கொடுக்கும். அதாவது

$$\chi_m = \frac{M}{H}$$

பொருள் X: நேர்க்குறி சரிவு மற்றும் அதிகமதிப்புடையது. எனவே, இது ஒரு ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளாகும்.

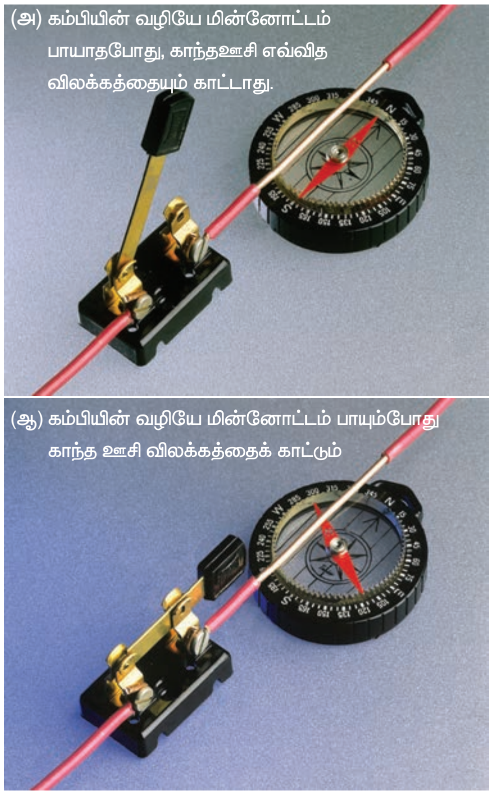
பொருள் Y: நேர்க்குறி சரிவு மற்றும் X பொருளைவிட குறைந்த மதிப்புடையது. எனவே இது ஒரு பாராகாந்தப் பொருளாக இருக்கலாம்

பொருள் Z: எதிர்க்குறி சரிவு. எனவே இது ஒரு டயா காந்தப்பொருளாகும்.

3.7 மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்

3.7.1 ஆர்ஸ்டெட் (Oersted) சோதனை

1820 இல் ஹான்ஸ் கிறிஸ்டியன் ஆர்ஸ்டெட் (Hans Christian Oersted) தன்னுடைய இயற்பியல் வகுப்புக்கு தயார் செய்து கொண்டிருக்கும்போது, கம்பியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் அருகே இருந்த திசைகாட்டும் காந்தக் கருவியில் விலகலை ஏற்படுத்துகின்றது என்பதைக் கண்டறிந்தார். முறையான ஆய்வுகளுக்குப் பின்பு திசைகாட்டும் கருவியில் விலக்கம் ஏற்படுவதற்குக் காரணம் மின்னோட்டம் பாயும் கம்பியைச் சுற்றி உருவான காந்தப்புலத்தில் ஏற்பட்ட மாற்றமாகும் எனக் கண்டறிந்தார். மின்னோட்டம் பாயும் திசையை எதிராக மாற்றும்போது, திசைகாட்டும் கருவியிலும் எதிர்திசையில் விலகல் ஏற்படுவதை அறிந்தார். இது மின்காந்தக் கொள்கையின் வளர்ச்சிக்கு வழிவகுத்து, இயற்பியலின் இரு பிரிவுகளான மின்னோட்டவியல் மற்றும் காந்தவியலை ஒன்றிணைத்தது.



படம் 3.25 ஆர்ஸ்டெட் சோதனை – மின்னோட்டம் பாயும் கம்பி மற்றும் காந்த ஊசியில் ஏற்படும் விலகல்

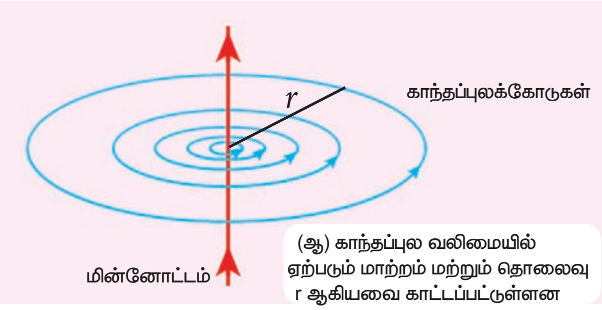
3.7.2 மின்னோட்டம் பாயும் நேரான கடத்தி மற்றும் வட்டவடிவ கம்பிச் சுருளைச் சுற்றி உருவாகும் காந்தப்புலம்

(அ) மின்னோட்டம் பாயும் நேரான கடத்தி:

மின்னோட்டம்பாயும்நேரானகடத்தியின்அருகே ஒரு திசைகாட்டும் கருவியை வைக்கும்போது, திசைகாட்டும் கருவியில் உள்ள காந்த ஊசி ஒரு திருப்புவிசையை உணர்ந்து, விலகலடைந்து அப்புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமையும். காந்த ஊசி விலகலையும் திசையைக் குறித்துக்கொண்டே சென்றால் காந்தப்புலக் கோடுகளை வரையலாம். மின்னோட்டம் பாயும் ஒரு நேரான கடத்திக்கு, படம் 3.26 (அ) வில் காட்டியுள்ளவாறு கடத்தியின் அச்சினைச் சுற்றி ஒருமைய வட்டங்களாக அதன் காந்தப்புலம் அமையும்.

கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையினைப் பொறுத்து வட்ட வடிவ காந்தப்புலக் கோடுகளின் திசை கடிகாரமுள் சுற்றும்

(அ) மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியைச் சுற்றி சுருண்டு அமைந்துள்ள காந்தப்புலக் கோடுகள்



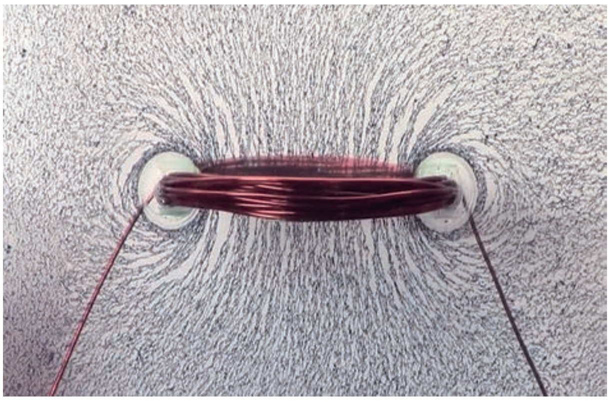
(ஆ) காந்தப்புல வலிமையில் ஏற்படும் மாற்றம் மற்றும் தொலைவு r ஆகியவை காட்டப்பட்டுள்ளன

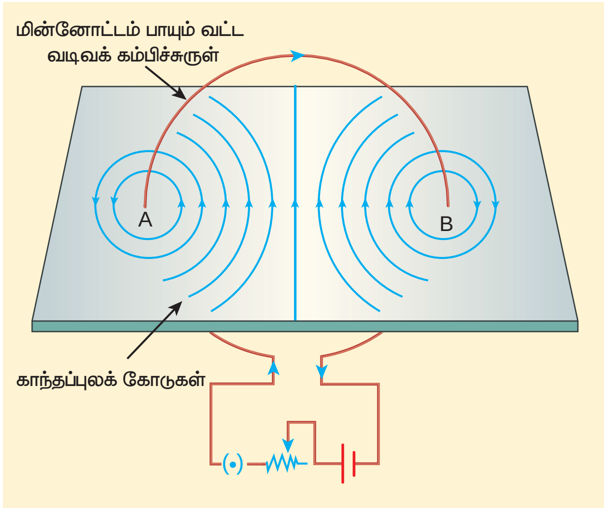
படம் 3.26 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட நேரான கடத்தியைச் சுற்றி உருவாகும் காந்தப்புலக் கோடுகள்

திசையில் அல்லது அதற்கு எதிர்த்திசையில் அமையும். கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் வலிமையை (அல்லது எண்மதிப்பை) அதிகரிக்கும்போது, காந்தப்புலத்தின் அடர்த்தியும் அதிகரிக்கும். கடத்தியிலிருந்து தொலைவு r-ஐ அதிகரிக்கும்போது, காந்தப்புலத்தின் (B) வலிமை குறையும். இது படம் 3.26 (ஆ) வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

(ஆ) மின்னோட்டம் பாயும் வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருள்

மின்னோட்டம் பாயும் வட்ட வடிவக் கம்பிச்சுருளின் அருகே ஒரு திசைகாட்டும் கருவியை வைக்கும்போது, திசைகாட்டும் கருவியில் உள்ள காந்த ஊசி ஒரு திருப்புவிசையை உணர்ந்து, விலகலடைந்து அப்புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமையும். கம்பிச்சுருளுக்கு அருகே உள்ள A மற்றும் B புள்ளிகளில் காந்தப்புலக்கோடுகள் வட்டவடிவில் உள்ளதை நாம் கவனிக்கலாம். கம்பிச்சுருளின் மையத்திற்கு அருகில் காந்தப்புலக்கோடுகள் கிட்டத்தட்ட இணையாக இருப்பதிலிருந்து, கம்பிச்சுருளின் மையத்தில் பெரும்பாலும் காந்தப்புலம் சீராக இருப்பதைக் காணலாம் (படம் 3.27).





படம் 3.27 மின்னோட்டம் பாயும் வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருளை சுற்றியுள்ள காந்தப்புலக்கோடுகள்

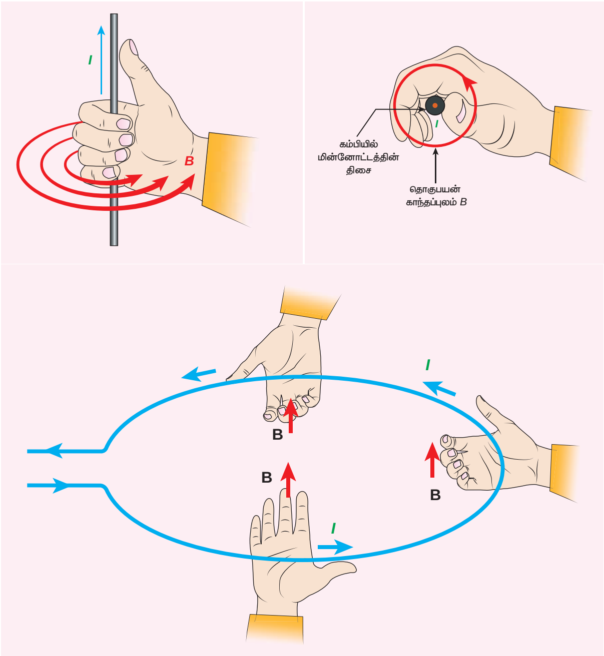
கம்பிச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் அல்லது சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அல்லது இரண்டையுமே அதிகரிக்கும்போது காந்தப்புலத்தின் வலிமை அதிகரிக்கும். கம்பிச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைப் பொருத்து காந்தமுனைகள் (வடமுனை அல்லது தென்முனை) அமையும்.

3.7.3 வலதுகை பெருவிரல் விதி

கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைக் கொண்டு காந்தப்புலத்தின் திசையை அறிய வலதுகை பெருவிரல் விதி பயன்படுகிறது.

பெருவிரல் மின்னோட்டம் பாயும் திசையைக் காட்டும் வகையில், மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியை வலது கையினால் பிடிப்பதாகக் கொண்டால், கடத்தியைச் சுற்றி பற்றியுள்ள மற்ற விரல்கள் காந்தப்புலக்கோடுகளின் திசையைக் காட்டும்.

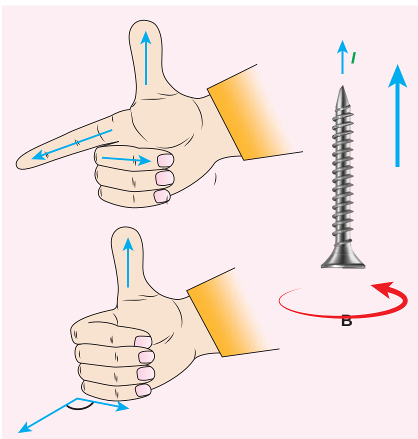
படம் 3.28 நேரான கடத்தி மற்றும் வளையத்திற்கான வலதுகை பெருவிரல் விதியைக் காட்டுகிறது.



படம் 3.28 வலதுகை பெருவிரல் விதி – நேரான கடத்தி மற்றும் வளையம்

3.7.4 மேக்ஸ்வெல்லின் வலதுகை திருகு விதி

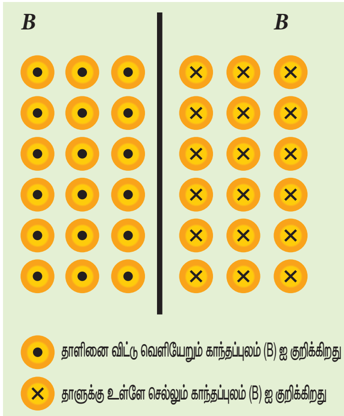
காந்தப்புலத்தின் திசையை அறிவதற்கு இவ்விதியும் பயன்படுகிறது. மின்னோட்டம் பாயும் திசையில் வலதுகை திருகு ஒன்றினை திருகு இயக்கினால் (Screw driver) முன்னோக்கி முடுக்கும்போது, திருகு சுழலும் திசை காந்தப்புலத்தின் திசையைக் கொடுக்கும். இது படம் 3.29 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



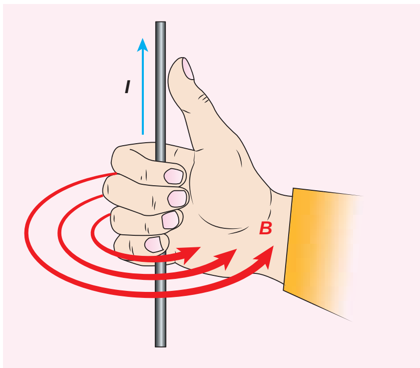
படம் 3.29 மேக்ஸ்வெல்லின் வலதுகை திருகு விதி

எடுத்துக்காட்டு 3.12

மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியினால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலத்தை பின்வரும் படம் காட்டுகிறது. இப்படத்தின் உதவியுடன் கடத்தியில் மின்னோட்டம் பாயும் திசையைக் காண்க?



தீர்வு



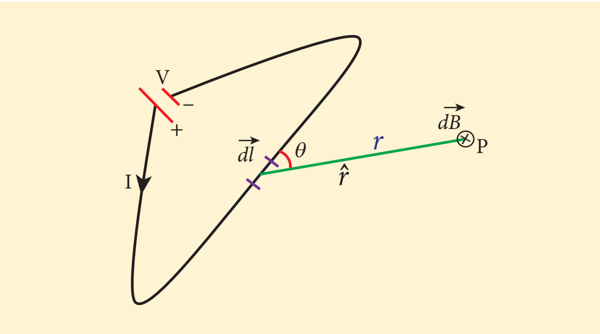
வலதுகை பெருவிரல் விதியைப் பயன்படுத்தும் போது, மின்னோட்டம் கடத்தியில் மேல் நோக்கிப் பாய்வதை அறியலாம்.

3.8 பயட் – சாவர்ட் விதி (BIOT – SAVART LAW)

ஆர்ஸ்டெட்டின் கண்டுபிடிப்பைத் தொடர்ந்து, ஜீன் – பாப்டிஸ்ட் பயட் மற்றும் பெலிக்ஸ் சாவர்ட் இருவரும் 1819 இல் மின்னோட்டம் பாயும் கடத்திக்கு அருகே வைக்கப்பட்ட காந்தம் உணரும் விசையை அளந்தறியும் சோதனைகளை மேற்கொண்டு கணிதவியல் சமன்பாட்டை உருவாக்கினார்கள்.

இச்சமன்பாடு வெளியில் ஒரு புள்ளியில் உருவாகும் காந்தப்புலத்தை, அக்காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும் மின்னோட்டத்தின் அடிப்படையில் கணக்கிடுகிறது. இது எல்லா வித வடிவ அமைப்புள்ள கடத்திகளுக்கும் பொருந்தும்.

3.8.1 பயட் – சாவர்ட் விதியின் வரையறை மற்றும் விளக்கம்



படம் 3.30 மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியினால் P புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் நீளத்தின் சிறு கூறிலிருந்து r தொலைவில் உள்ள P புள்ளியில் படம் 3.30 உருவாகும் காந்தப்புலம் $d\vec{B}$ இன் எண்மதிப்பை பயட் மற்றும் சாவர்ட் சோதனையின் அடிப்படையில் கண்டறிந்தனர். இதன் அடிப்படையில் காந்தப்புலம் $d\vec{B}$ இன் எண்மதிப்பு

(i) மின்னோட்டத்தின் (I) வலிமைக்கு நேர்த்தகவிலும்

(ii) நீளக் கூறின் $d\vec{l}$ எண்மதிப்புக்கு நேர்த்தகவிலும்

(iii) $d\vec{l}$ மற்றும் $\hat{r}$ க்கு இடையே உள்ள கோணத்தின் θ சைன் மதிப்புக்கு நேர்த்தகவிலும்

(iv) புள்ளி P மற்றும் நீளக்கூறு $d\vec{l}$ இவற்றுக்கு இடையே உள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும்.

இதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$dB \propto \frac{Idl}{r^2}\sin\theta$$

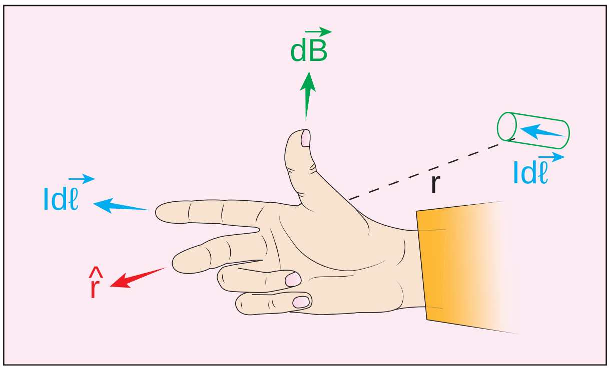
$$dB = k\frac{I\,dl}{r^2}\sin\theta$$

இங்கு $k = \frac{\mu_\circ}{4\pi}$ (SI அலகில்)

வெக்டர் குறியீட்டின்படி,

$$d\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \qquad (3.34)$$

இங்கு $d\vec{B}$ வெக்டரானது, மின்னோட்டம் பாயும் திசையைக் காட்டும் $Id\vec{l}$ மற்றும் $d\vec{l}$ யில் இருந்து P புள்ளியை நோக்கிச் செயல்படும் ஓரலகு வெக்டர் $\hat{r}$ ஆகிய இரண்டிற்கும் செங்குத்தாக இருக்கும் (படம் 3.31).



படம் 3.31 வலதுகை விதியைப் பயன்படுத்தி காந்தப்புலத்தின் திசையை அறிதல்

சமன்பாடு (3.34) ஐப் பயன்படுத்தி, கடத்தியின் சிறு நீளக்கூறினால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தை மட்டுமே கணக்கிட இயலும். அனைத்து மின்னோட்டக்கூறுகளின் $I\vec{dl}$ பங்களிப்பையும் கருத்தில் கொண்டு, மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி கடத்தியினால், P புள்ளியில் உருவாகும் நிகர காந்தப்புலத்தைக் கண்டறியலாம். எனவே சமன்பாடு (3.34) ஐ தொகைப்படுத்தும்போது

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{4\pi}\int\frac{d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} \qquad (3.35)$$

என்று கிடைக்கும். இங்கு முழு மின்னோட்டப்பகிர்விற்கும் தொகைப்படுத்த வேண்டும்.

சிறப்பு நேர்வுகள்

1. புள்ளி P கடத்தியின் மீதே அமைந்தால், $\theta = 0°$. எனவே $|d\vec{B}|$ சுழியாகும்.

2. புள்ளி P கடத்திக்கு செங்குத்தாக அமைந்தால், $\theta = 90°$. எனவே $d\vec{B}$ பெருமமாகும். மேலும் இதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl}{r^2}\hat{n}$ இங்கு $\hat{n}$ என்பது $I\,d\vec{l}$ மற்றும் $\hat{r}$ க்குச் செங்குத்தான ஓரலகு வெக்டராகும்.

குறிப்பு

மின்னோட்டம் ஒரு வெக்டர் அளவல்ல. இது ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். ஆனால் கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு திசை உண்டு. எனவே கடத்தியின் சிறு கூறில் பாயும் மின்னோட்டத்தை வெக்டர் அளவாகக் கருதலாம். அதாவது $I\,d\vec{l}$.

மின்புலம் (கூலூம் விதியிலிருந்து) மற்றும் காந்தப்புலத்திற்கு (பயட் – சாவர்ட் விதியிலிருந்து) இடையேயான ஒற்றுமைகள்

- மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் ஆகியவை எதிர்த்தகவு இருமடி விதிக்குக் கட்டுப் படுகின்றன, எனவே இவ்விரண்டும் நீண்ட நெடுக்கமுடைய புலங்களாகும் (Long range field).

- மேற்பொருந்துதல் தத்துவத்திற்குக் கட்டுப்படுகின்றன. மேலும் மூலத்தைப் பொருத்து நேர்போக்குத் தன்மை உடையவை. எண்மதிப்பில்,

$$E \propto q$$

$$B \propto Idl$$

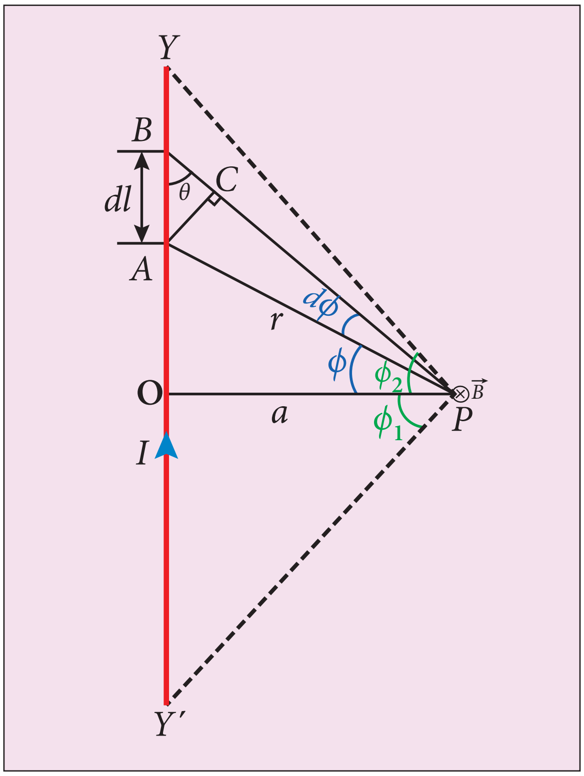
மின்புலம் (கூலும் விதியிலிருந்து) மற்றும் காந்தப்புலத்திற்கு (பயட் சாவர்ட் விதியிலிருந்து) இடையேயான வேறுபாடுகள்

வ. எண்	மின்புலம்	காந்தப்புலம்
1	ஸ்கேலார் மூலத்தினால் உருவாக்கப்படுகிறது. அதாவது q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள்களினால் ஏற்படுகிறது	வெக்டர் மூலத்தினால் உருவாக்கப்படுகிறது. அதாவது மின்னோட்டக்கூறு $Id\vec{l}$ ஆல் ஏற்படுகிறது.
2	மூலத்தையும், மின்புலத்தைக் கணக்கிடும் புள்ளியையும் இணைக்கும் நிலை வெக்டரின் வழியே மின்புலத்தின் திசை அமையும்.	நிலை வெக்டர் $\vec{r}$ மற்றும் மின்னோட்டக்கூறு $Id\vec{l}$ இவற்றுக்கு செங்குத்தாக காந்தப்புலத்தின் திசை அமையும்.
3	கோணத்தைச் சார்ந்ததல்ல.	நிலைவெக்டர் $\vec{r}$ மற்றும் மின்னோட்டக்கூறு $Id\vec{l}$ இவற்றுக்கு இடையே உள்ள கோணத்தைச் சார்ந்துள்ளது.

குறிப்பு

மின்னூட்டம் q வின் (மூலத்தின்) அடுக்கும், மின்புலம் E இன் அடுக்கும் ஒன்றாக இருக்கும். இதே போன்று மின்னோட்டக்கூறு Idl இன் (மூலத்தின்) அடுக்கும் காந்தப்புலம் B இன் அடுக்கும் ஒன்றாக இருப்பதை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். வேறுவகையாகக் கூறும்போது மின்புலம் $\vec{E}$ யானது மின்னூட்டத்திற்கு (மூலத்திற்கு) நேர்த்தகவு. ஆனால் மின்னூட்டத்தின் உயர் அடுக்குகளுக்கு $(q^2, q^3, ...)$ நேர்த்தகவல்ல. இதேபோன்று, காந்தப்புலம் $\vec{B}$ மின்னோட்டக்கூறு $Id\vec{l}$ (மூலத்திற்கு) நேர்த்தகவு. ஆனால் மின்னோட்டக்கூறின் உயர் அடுக்குகளுக்கு நேர்த்தகவல்ல. காரணம் மற்றும் விளைவு இவ்விரண்டும் நேர்ப்போக்குத் தொடர்புடையவைகளாகும்.

3.8.2 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட நேரான கடத்தியினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்



படம் 3.32 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட நேரான கடத்தியால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

YY′ என்ற ஈறிலா நீண்ட நேர்க்கடத்தியில் படம் 3.32ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது போல் மின்னோட்டம் I பாய்வதாகக் கருதுவோம். கடத்தியிலிருந்து a தொலைவில் உள்ள புள்ளி Pல் உருவாகும் காந்தப் புலத்தைக் கணக்கிடுவதற்காக dl நீளம் கொண்ட சிறு கூறு (பகுதி AB) ஒன்றைக் கருதுவோம்.

மின்னோட்டக் கூறு Idl–னால் புள்ளி Pல் உருவாகும் காந்தப் புலத்தைக் கணக்கிட பயட் – சாவர்ட் விதியைப் பயன்படுத்துவோம்:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2}\hat{n}$$

இங்கு $\hat{n}$ என்பது புள்ளி Pல் உள்நோக்கிய திசையில் செயல்படும் ஓரலகு வெக்டர், θ என்பது மின்னோட்டக் கூறு Idlக்கும் dl மற்றும் புள்ளி Pஐ இணைக்கும் கோட்டிற்கும் இடைப்பட்ட கோணம். r என்பது Aல் உள்ள கோட்டுப் பகுதிக்கும் புள்ளி Pக்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு.

திரிகோணமிதி சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்த A இலிருந்து BPக்கு செங்குத்துக்கோடு ஒன்று வரைக (படம் 3.32)

$$\Delta\text{ABC}\text{ல்},\ \sin\theta = \frac{\text{AC}}{\text{AB}}$$

$$\Rightarrow \text{AC} = \text{AB}\sin\theta$$

ஆனால் $AB = dl \Rightarrow \text{AC} = dl\sin\theta$

AP மற்றும் BPக்கு இடையேயுள்ள கோணம் $d\phi$,

அதாவது, $\angle\text{APB} = \angle\text{BPA} = d\phi$

$$\Delta\text{APC}\text{ல்},\ \sin(d\phi) = \frac{\text{AC}}{\text{AP}}$$

$d\phi$ மிக சிறியது எனவே, $\sin(d\phi) \simeq d\phi$

ஆனால் $\text{AP} = r \Rightarrow AC = rd\phi$

$$\therefore \text{AC} = dl\sin\theta = rd\phi$$

$$\therefore d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r^2}(rd\phi)\hat{n} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\phi}{r}\hat{n}$$

AP மற்றும் OPக்கு இடையேயுள்ள கோணம் ϕ என்க,

$$\Delta\text{OPA}\text{ல்},\ \cos\phi = \frac{\text{OP}}{\text{AP}} = \frac{a}{r}$$

$$\Rightarrow r = \frac{a}{\cos\phi}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{a/\cos\phi}d\phi\hat{n}$$

$$\Rightarrow d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cos\phi d\phi\hat{n}$$

கடத்தி YY′–ஆல் புள்ளி Pல் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \int_{-\phi_1}^{\phi_2} d\vec{B} = \int_{-\phi_1}^{\phi_2}\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cos\phi d\phi\hat{n}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi a}[\sin\phi]_{-\phi_1}^{\phi_2}\hat{n}$$

$$= \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\left(\sin\phi_1 + \sin\phi_2\right)\hat{n}$$

ஈறிலா நீளம் கொண்ட கடத்திக்கு

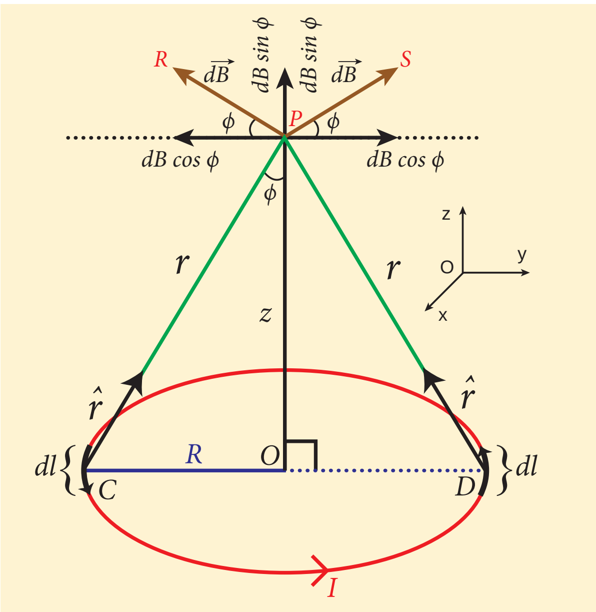
$\phi_1 = \phi_2 = 90°$

$$\therefore \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \times 2\hat{n} \Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\hat{n} \qquad (3.36)$$

3.8.3 மின்னோட்டம் பாயும் வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருளின் அச்சு வழியே ஏற்படும் காந்தப்புலம்

R ஆரமுடைய மின்னோட்டம் பாயும் வளையம் ஒன்றைக் கருதுக. இவ்வளையத்தின் வழியே I மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இம்மின்னோட்டத்தின் திசை படம் 3.33இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

வளையத்தின் மையம் O விலிருந்து z தொலைவில் அதன் அச்சின்மீது அமைந்துள்ள புள்ளி P யைக் கருதுக. இப்புள்ளியில் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிட வட்ட வளையத்தின் மீது எதிரெதிராக அமைந்துள்ள C மற்றும் D புள்ளிகளில் $Id\vec{l}$ நீளமுடைய இரு நீளக் கூறுகளைக் கருதுக. புள்ளி Cல் உள்ள மின்னோட்டக் கூறு ($Id\vec{l}$) மற்றும் புள்ளி Pயை இணைக்கும் வெக்டரை $\vec{r}$ என்க .



படம் 3.33 மின்னோட்டம் பாயும் வளையத்தினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

பயட்–சாவர்ட் விதியின் படி மின்னோட்டக் கூறு ($Id\vec{l}$) ஆல் P புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

$$d\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{Id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

$d\vec{B}$ன் எண்மதிப்பு

$$dB = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{Idl}{r^2}$$

இங்கு θ என்பது $Id\vec{l}$ மற்றும் $\vec{r}$ ஆகியவற்றிற்கு இடைப்பட்ட கோணம்; இங்கு $\theta = 90^\circ$ ஆகும்.

$d\vec{B}$ன் திசை மின்னோட்டக் கூறு $Id\vec{l}$ மற்றும் CP ஆகியவற்றிற்கு செங்குத்தாக இருக்கும். அதாவது, அது CPக்கு குத்தாக PR திசையில் இருக்கும்.

புள்ளி Dல் உள்ள மின்னோட்டக் கூறினால் Pல் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு புள்ளி Cல் உள்ள மின்னோட்டக் கூறினால் Pல் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்புக்கு சமம் ஆகும். ஏனெனில் அவையிரண்டும் சம தொலைவில் உள்ளன. ஆனால் இக்காந்தப்புலம் PS திசையில் இருக்கும்.

ஒவ்வொரு மின்னோட்டக் கூறினாலும் ஏற்படும் காந்தப்புலம் $d\vec{B}$ஐ y திசையில் $dB\cos\phi$ என்றும் z – திசையில் $dB\sin\phi$ என்றும் இரண்டு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். கிடைத்தளக் கூறுகள் ஒன்றையொன்று சமன் செய்து கொள்ளும். எனவே செங்குத்துக் கூறுகள் ($dB\sin\phi\,\hat{k}$) மட்டுமே புள்ளி P ல் ஏற்படும் மொத்த காந்தப்புலத்திற்கும் காரணமாக அமைகின்றன.

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \int dB\sin\phi\,\hat{k}$$
$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int \frac{dl}{r^2}\sin\phi\,\hat{k}$$

ΔOCPலிருந்து

$$\sin\phi = \frac{R}{\left(R^2+z^2\right)^{1/2}} \text{ மற்றும் } r^2 = R^2 + z^2 .$$

இம்மதிப்புகளை மேலே உள்ள சமன்பாட்டில் பிரதியிட,

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{R}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}\hat{k}\left(\int dl\right)$$

மின்னோட்டம் பாயும் வட்டச்சுருளினால் புள்ளி Pல் உருவாகும் நிகர காந்தப்புலம் $\vec{B}$ ஐக் கணக்கிட நீளக்கூறினை 0 இலிருந்து $2\pi R$ வரை தொகையிடவும்.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}\hat{k}$$

வட்டச்சுருள் N சுற்றுகளைக் கொண்டது எனில், காந்தப்புலம்

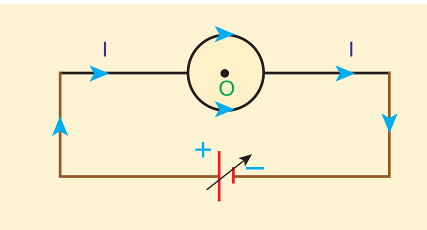
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 NI}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}\hat{k} \qquad (3.37)$$

சுருளின் மையத்தில் காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 NI}{2R}\hat{k} \quad \text{ஏனெனில் } z = 0 \qquad (3.38)$$

எடுத்துக்காட்டு 3.13

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள வளையத்தின் மையத்தில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தைக் காண்க?



தீர்வு

வளையத்தின் மேல் அரைவட்டத்தின் மற்றும் கீழ் அரைவட்டத்தின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்வதால் ஏற்படும் காந்தப்புலங்கள் எண்மதிப்பில் சமமாகவும் எதிரெதிர் திசைகளில் செயல்படுவதால், வளையத்தின் மையத்தில் (O புள்ளியில்) நிகர காந்தப்புலம் $\vec{B}$ சுழியாகும் $\vec{B} = \vec{0}$.

3.8.4 டேஞ்சன்ட் விதி

மிகக்குறைந்த மின்னோட்டங்களை அளவிடும் ஒரு கருவி டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டர் ஆகும் (படம் 3.34) டேஞ்சன்ட் விதியின் அடிப்படையில் இக்கருவி இயங்குகிறது. இது ஒரு நகரும் காந்த கால்வனோமீட்டராகும்.

படம் 3.34 டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டர்

டேஞ்சன்ட் விதி

ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகச் செயல்படும் சீரான இரண்டு காந்தப்புலங்களுக்கு நடுவே தொங்கவிடப்பட்டுள்ள காந்த ஊசி, இவ்விரண்டு புலங்களின் தொகுபயன் புலத்தின் திசையில் நிற்கும்.

டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டரின் கம்பிச்சுருள் வழியாக மின்னோட்டம் பாய்வதால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தை B என்க. புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக் கூறு B_H ஆகும். இவ்விரண்டு காந்தப்புலங்களின் செயல்பாட்டால் காந்தஊசி கிடைத்தளக்கூறு B_H உடன் θ கோணத்தை ஏற்படுத்தி ஓய்வு நிலையை அடையும், எனவே

$$B = B_H \tan\theta \qquad (3.39)$$

அமைப்பு

டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டரில் காந்தத்தன்மையற்ற வட்டவடிவ சட்டத்தின் மீது தாமிரக்கம்பிச்சுருள் சுற்றப்பட்டிருக்கும். இச்சட்டம் பித்தளை அல்லது மரத்தால் செய்யப்பட்டு கிடைத்தள மேடைக்கு (சுழல் மேடைக்கு) செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இம்மேடை சரிசெய்யும் மூன்று கிடைமட்டத் திருகுகளைப் பெற்றுள்ளது. வெவ்வேறு எண்ணிக்கையில் அமைந்த இரண்டு அல்லது மூன்று கம்பிச்சுருள்கள் டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டரில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. நாம் ஆய்வுக்கூடங்களில்

பயன்படுத்தும் பெரும்பாலானவற்றில் 2 சுற்றுகள், 5 சுற்றுகள் மற்றும் 50 சுற்றுகள் கொண்ட வெவ்வேறு தடிமனுடைய கம்பிச்சுருள்கள், வெவ்வேறு வலிமை கொண்ட மின்னோட்டங்களை அளவிட பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

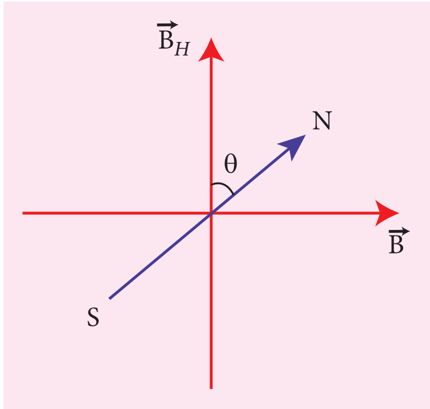
சுழல் மேடைக்கு நடுவே சற்றே மேலெழும்பிய அமைப்பு உள்ளது அதில் காந்த ஊசிப்பெட்டி (விலகு காந்தமானி) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. காந்த ஊசிப் பெட்டியின் உள்ளே கூர்முனையின் மீது பொருத்தப்பட்ட காந்த ஊசி ஒன்று உள்ளது. காந்த ஊசியின் மையமும், வட்டவடிவக்கம்பிச்சுருளின் மையமும் மிகச்சரியாக ஒன்றுடன் ஒன்று பொருந்தும் வகையில் இவ்வமைப்பு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. மெல்லிய அலுமினியக்குறிமுள் ஒன்று காந்த ஊசிக்கு செங்குத்தாக, வட்ட அளவுகோலின் மீது சுழலும்படி இணைக்கப்பட்டுள்ளளது. வட்ட அளவுகோல் நான்கு கால்வட்டங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு டிகிரி அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த அளவீட்டினைப் பயன்படுத்தி வட்ட அளவுகோலின்மீது குறிமுள்ளின் விலக்கத்தை அளக்கலாம். இடமாறு தோற்றப்பிழையைத் தவிர்க்க, குறிமுள்ளுக்கு கீழே கண்ணாடி பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

கருவியை பயன்படுத்தும்போது மேற்கொள்ள வேண்டிய முன்னெச்சரிக்கை நடவடிக்கைகள்

1. கருவியின் அருகில் உள்ள அனைத்து காந்தப்பொருட்களையும் அகற்ற வேண்டும்.
2. இரச மட்டத்தைப் பயன்படுத்தி (Sprit level), கிடைமட்டத் திருகுகளை சரிசெய்ய வேண்டும். அவ்வாறு சரிசெய்யும்போது மிகச்சரியாக காந்தஊசி கிடைத்தளத்திலும், சட்டகாந்தத்தின்மீது சுற்றப்பட்ட கம்பிச்சுருள் செங்குத்தாகவும் அமையும்.
3. கம்பிச்சுருளின் செங்குத்து அச்சைப்பொருத்து அதனைச் சுழற்றி, கம்பிச்சுருளின் தளம் காந்தஊசிக்கு இணையாக வரும்படி அதனை அமைக்க வேண்டும். அவ்வாறு அமைக்கும்போது கம்பிச்சுருள் தொடர்ந்து காந்ததுருவத் தளத்திலேயே இருக்கும்.
4. காந்தஊசிப்பெட்டியைச் சுழற்றி, குறிமுள் $0^\circ - 0^\circ$ ஐக் காட்டும்படி அமைக்க வேண்டும்.

கொள்கை

கம்பிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாயாத நிலையில் காந்தஊசி புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறின் திசையிலேயே ஒருங்கமைந்திருக்கும். மின்சுற்றினை இயக்கும்போது கம்பிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்ந்து காந்தப்புலத்தை உருவாக்கும். சுழலும் மின்னோட்டத்தினால் எவ்வாறு காந்தப்புலம் உருவாகின்றது என்பதை பிரிவு 3.8.3 இல் விரிவாகப்படிக்கப் போகிறீர்கள். தற்போது ஒன்றுகொன்று செங்குத்தாகச் செயல்படும் இரண்டு காந்தப்புலங்கள் உருவாகும் அவை



படம் 3.35 கூர்முனையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள காந்தஊசியின் தொகுபயன் நிலை

(1) மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிச்சுருளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக செயல்படும் காந்தப்புலம் (B)

(2) புவி காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு (B_H).

ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்தாகச் செயல்படும் இவ்விரண்டு காந்தப்புலங்களுக்கு நடுவே கூர்முனையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள காந்த ஊசி θ கோண அளவு விலகலை ஏற்படுத்தும். சமன்பாடு (3.39) இல் குறிப்பிட்டுள்ள டேஞ்சன்ட் விதியிலிருந்து

$$B = B_H \tan\theta$$

R ஆரமும் N சுற்றுகளும் கொண்ட வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாய்வதால் அதன் மையத்தில் தோன்றும் காந்தப்புலம்

$$B = \mu_\circ \frac{NI}{2R} \qquad (3.40)$$

சமன்பாடுகள் (3.39) மற்றும் (3.40) ஆகியவற்றிலிருந்து நாம் பெறுவது,

$$\mu_\circ \frac{NI}{2R} = B_H \tan\theta$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து பெறப்பட்ட புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தளக்கூறு

$$B_H = \frac{\mu_\circ N}{2R}\frac{I}{\tan\theta} \qquad (3.41)$$

எடுத்துக்காட்டு 3.14

100 சுற்றுகள் கொண்ட டேஞ்சன்ட் கால்வனோ மீட்டர் ஒன்றின் கம்பிச்சுருளின் விட்டம் 0.24 m. புவிகாந்தப்புலத்தின் கிடைத்தள கூறின் மதிப்பு 25×10^{-6} T என்ற நிலையில், 60° விலக்கத்தை ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

கம்பிச்சுருளின் விட்டம் 0.24 m எனவே அதன் ஆரம் 0.12 m ஆகும். சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை 100

புவிகாந்தப்புலத்தின் மதிப்பு = 25×10^{-6} T

விலக்கம்

$$\theta = 60^\circ \Rightarrow \tan 60^\circ = \sqrt{3} = 1.732$$

$$I = \frac{2RB_H}{\mu_\circ N}\tan\theta$$

$$= \frac{2 \times 0.12 \times 25 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-7} \times 3.14 \times 100} \times 1.732 = 0.82 \times 10^{-1}\text{ A.}$$

$$I = 0.082\text{ A}$$

3.8.5 மின்னோட்ட வளையம் காந்த இருமுனையாக செயல்படல்

R ஆரம் கொண்ட மின்னோட்டம் பாயும் வட்ட வளையத்தின் அச்சில் அதன் மையத்திலிருந்து z தொலைவிலுள்ள புள்ளியில் உருவாகும் காந்தப்புலம்

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2}\frac{R^2}{\left(R^2 + z^2\right)^{\frac{3}{2}}}\hat{k} \quad \text{(சமன் 3.37லிருந்து)}$$

நீண்ட தொலைவிற்கு $z >> R$ எனில், $R^2 + z^2 \approx z^2$. எனவே

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2}\frac{R^2}{z^3}\hat{k} \text{ அல்லது } \vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi}\frac{\pi R^2}{z^3}\hat{k} \qquad (3.42)$$

வட்ட வளையத்தின் பரப்பு A எனில், $A = \pi R^2$. எனவே சமன்பாடு (3.41) ஐ பரப்பினைப் பொறுத்து எழுதும்போது

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi}\frac{A}{z^3}\hat{k} \text{ (அல்லது) } \vec{B} = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{2IA}{z^3}\hat{k} \qquad (3.43)$$

சமன்பாடு (3.43) மற்றும் (3.14) ஐ பரிமாணமுறையில் ஒப்பிடும்போது

$$p_m = I\,A$$

இங்கு p_m என்பது காந்த இருமுனை திருப்புத் திறனைக் குறிக்கும். வெக்டர் குறியீட்டின்படி

$$\vec{p}_m = I\,\vec{A} \qquad (3.44)$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து மின்னோட்டம் பாயும் வளையமானது காந்தத்திருப்புத்திறன் $\vec{p}_m$ கொண்ட காந்த இருமுனையாக செயல்படும் என அறியலாம்.

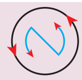
எனவே, எந்த ஒரு மின்னோட்ட வளையத்தின் காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் அம்மின்னோட்ட வளையத்தில் பாயும் மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னோட்ட வளையத்தின் பரப்பு இவற்றிற்கிடையேயான பெருக்கல் பலனுக்குச் சமமாகும்.

வலதுகை பெருவிரல் விதி

காந்தத்திருப்புத்திறனின் திசையை அறிய நாம் வலதுகை பெருவிரல் விதியைப் பயன்படுத்தலாம்.

இவ்விதியின்படி வளையத்தின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையில் வலதுகையின் மற்ற விரல்களால் வளையத்தை சுற்றி பற்றும்போது, நீட்டப்பட பெருவிரல் அம்மின்னோட்ட வளையத்தினால் உருவாகும் காந்தத்திருப்புத்திறனின் திசையைக் கொடுக்கும்.

அட்டவணை 3.3 முனை விதி – அண்மை முனையில் மின்னோட்டம் பாயும் திசையும் அம்முனையின் காந்தத் தன்மையும்

வட்ட வளையத்தின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம்	காந்த முனை	படம்
இடஞ்சுழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம்	வடமுனை	 கடிகாரமுள் சுற்றும் திசைக்கு எதிர்திசையில் மின்னோட்டம் பாயும் போது முனை அமைப்பு: வடமுனை
வலஞ்சுழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம்	தென்முனை	கடிகாரமுள் சுற்றும் திசையில் மின்னோட்டம் பாயும் போது முனை அமைப்பு: தென்முனை

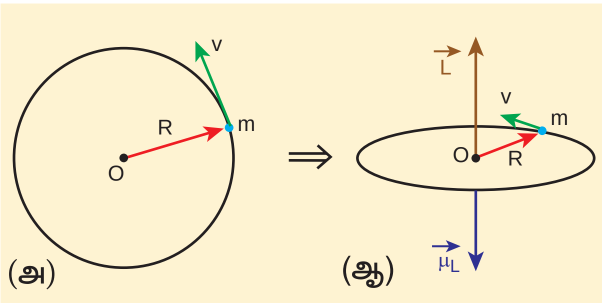
3.8.6 சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் காந்த இருமுனைத் திருப்புத்திறன்

உட்கரு ஒன்றினை வட்டப்பாதையில் எலக்ட்ரான் ஒன்று சுற்றி வருவதாகக் கொள்வோம். இந்த வட்டப்பாதையில் சுற்றி வரும் எலக்ட்ரானை, வளையத்தில் பாயும் மின்னோட்டம் போன்று கருதலாம். இது படம் 3.36 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஏனெனில் மின்துகள்களின் ஓட்டமே மின்னோட்டமாகும். எனவே மின்னோட்டம் பாயும் வளையத்தின் காந்த இருமுனைத் திருப்புத்திறன்

$$\vec{\mu}_L = I\vec{A} \qquad (3.45)$$

எண்மதிப்பில்,

$$\mu_L = IA$$



படம் 3.36 (அ) வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரான் (ஆ) காந்த இருமுனை திருப்புத்திறன் வெக்டரின் திசையும், சுற்றுப்பாதை கோண உந்த வெக்டரின் திசையும் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையில் அமையும்.

T என்பது எலக்ட்ரானின் அலைவு நேரம் எனக் கொண்டால், வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானால் ஏற்படும் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{-e}{T} \qquad (3.46)$$

இங்கு e என்பது எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டமாகும். வட்டப்பாதையின் ஆரம் R மற்றும் வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் திசைவேகம் v எனவும் கொண்டால்

$$T = \frac{2\pi R}{v} \qquad (3.47)$$

சமன்பாடுகள் (3.46) மற்றும் (3.47) ஐ சமன்பாடு (3.45) இல் பயன்படுத்தும்போது,

$$\mu_L = -\frac{e}{\frac{2\pi R}{v}}\pi R^2 = -\frac{evR}{2} \qquad (3.48)$$

இங்கு $A = \pi R^2$ வளையத்தின் பரப்பாகும். வரையறையின்படி, O வைப் பொறுத்து எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம்

$$\vec{L} = \vec{R} \times \vec{p}$$

எண்மதிப்பில்,

$$L = Rp = mvR \qquad (3.49)$$

சமன்பாடு (3.48) மற்றும் (3.49) ஐ பயன்படுத்தி பின்வரும் சமன்பாட்டைப் பெறலாம்.

$$\frac{\mu_L}{L} = -\frac{evR/2}{mvR} = -\frac{e}{2m} \Rightarrow \vec{\mu}_L = -\frac{e}{2m}\vec{L} \qquad (3.50)$$

காந்தத்திருப்புத்திறன் மற்றும் கோண உந்தம் இரண்டின் திசையும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரெதிர் என்பதை எதிர்க்குறி நமக்குக் காட்டுகிறது.

எண்மதிப்பில்,

$$\frac{\mu_L}{L} = \frac{e}{2m} = \frac{1.60\times10^{-19}}{2\times9.11\times10^{-31}} = 0.0878\times10^{12}\,\mathrm{C\,kg^{-1}}$$

$$\frac{\mu_L}{L} = 8.78\times10^{10}\,\mathrm{C\,kg^{-1}} = \text{மாறிலி}$$

$\frac{\mu_L}{L}$ விகிதம் ஒரு மாறிலியாகும். மேலும் இதனை சுழற்சி காந்த விகிதம் (gyro–magnetic ratio) $\left(\frac{e}{2m}\right)$ என அழைக்கலாம். சுழற்சி காந்த விகிதம் ஒரு விகித மாறிலி என்பதை நினைவில் கொள்ளவும். இது எலக்ட்ரானின் கோண உந்தத்தையும், காந்தத்திருப்புத்திறனையும் இணைக்கிறது.

நீல்ஸ் போரின் குவாண்டமாக்கல் நிபந்தனையின்படி நிலையான சுற்றுப்பாதையில் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம் குவாண்டமாக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது,

$$L = n\hbar = n\frac{h}{2\pi}$$

இங்கு, h என்பது பிளாங்க் மாறிலி ஆகும். ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ J s) மற்றும் n என்பது நேர்க்குறி முழு எண்களைக் குறிக்கும். அதாவது $n = 1,2,3,....$

எனவே,

$$\mu_L = \frac{e}{2m}L = n\frac{eh}{4\pi m}$$

$$\mu_L = n \times \frac{(1.60\times10^{-19})h}{4\pi m}\,\mathrm{A\,m^2}$$

$$= n \times \frac{(1.60\times10^{-19})(6.63\times10^{-34})}{4\times3.14\times(9.11\times10^{-31})}$$

$$\mu_L = n \times 9.27\times10^{-24}\,\mathrm{A\,m^2}$$

சிறும காந்தத்திருப்புத்திறனைக் கண்டறிய $n = 1$ எனப் பிரதியிட வேண்டும்.

$$\mu_L = 9.27\times10^{-24}\,\mathrm{A\,m^2} = 9.27\times10^{-24}\,\mathrm{J\,T^{-1}}$$
$$= (\mu_L)_{\min} = \mu_B$$

இங்கு $\mu_B = \frac{eh}{4\pi m} = 9.27\times10^{-24}\,\mathrm{A\,m^2}$. இதனை போர் மேக்னெட்டான் (Bohr magneton) என்று அழைக்கலாம்.

3.9 ஆம்பியரின் சுற்று விதி

சமச்சீர் (Symmetry) கொண்ட மின்னோட்ட அமைப்புகள் உள்ள கணக்குகளில், புள்ளி ஒன்றில் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிட ஆம்பியரின் சுற்று விதி பயன்படுகிறது. நிலை மின்னியலில் பயன்படுத்தப்படும் காஸ்விதியைப் போன்றதே ஆம்பியரின் சுற்று விதியாகும்.

3.9.1 ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி வரையறை மற்றும் விளக்கம்

ஆம்பியரின் விதி : ஒரு மூடிய வளையத்தின் மீதுள்ள காந்தப்புலத்தின் கோட்டு வழித் தொகையீட்டு மதிப்பு (Value of line integral) சுற்று அவ்வளையத்தினால் மூடப்பட்ட நிகர மின்னோட்டத்தின் μ_0 மடங்கிற்குச் சமம்.

$$\oint_C \vec{B}.\vec{dl} = \mu_\circ I_{\text{மூடப்பட்ட}} \quad (3.51)$$

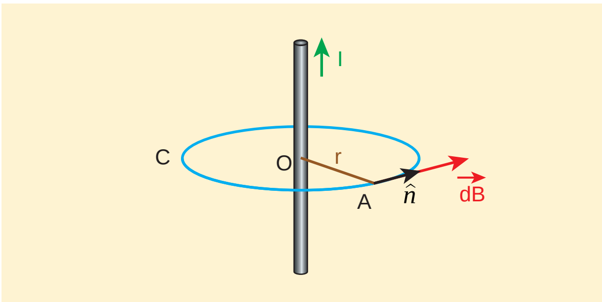
இங்கு $I_{\text{மூடப்பட்ட}}$ என்பது மூடப்பட்ட வளையத்தின் வழியாகச் செல்லும் நிகர மின்னோட்டமாகும். கோட்டு வழித்தொகையீடு பாதையின் வடிவத்தையோ அல்லது காந்தப்புலத்துடன் உள்ள கடத்தியின் நிலையையோ சார்ந்ததில்லை என்பதை கவனிக்கவும்.

குறிப்பு

கோட்டு வழித்தொகையீடு என்பது ஒரு கோடு அல்லது வளைவின் மீது செய்யப்படும் தொகையீட்டைக் குறிக்கும். $\int_c$ என்ற குறியீடு பயன்படுத்தப்படுகிறது

மூடப்பட்டக் கோட்டு வழித்தொகையீடு என்பது ஒரு மூடப்பட்ட வளைவு (அல்லது கோடு) மீது செய்யப்படும் தொகையீட்டைக் குறிக்கிறது. $\oint$ அல்லது $\oint_c$ என்ற குறியீடு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

3.9.2 ஆம்பியரின் விதியைப் பயன்படுத்தி மின்னோட்டம் பாயும் முடிவிலா நீளம் கொண்ட கம்பியினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்



படம் 3.37 மின்னோட்டம் பாயும் நேரான கடத்தியின் ஆம்பியர் வளையம்

முடிவிலா நீளம் கொண்ட I மின்னோட்டம் பாயும் நேரான கடத்தி ஒன்றைக் கருதுக. படம் 3.37 இல் காட்டியுள்ளவாறு காந்தப்புலக் கோடுகளின் திசை உள்ளது.

நுண்ணளவில் பார்க்கும்போது கம்பி உருளை வடிவிலும், அச்சினைப் பொறுத்து சமச்சீராகவும் உள்ளது. எனவே படம் 3.37 இல் காட்டியுள்ளவாறு கடத்தியின் மையத்திலிருந்து r தொலைவில் வட்ட வடிவிலான ஆம்பியரின் வளையத்தை உருவாக்கலாம்.

$$\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_\circ I$$

இங்கு $d\vec{l}$ என்பது ஆம்பியரின் வளையம் வழியேச் செல்லும் வரிக்கூறாகும் (line element) (வட்ட வளையத்தின் தொடுகோடு). எனவே, காந்தப்புல வெக்டருக்கும் வரிக்கூறுக்கும் இடையே உள்ள கோணம் சுழியாகும். ஆகையால்

$$\oint_C B\,dl = \mu_\circ I$$

இங்கு I என்பது ஆம்பியரின் வளையத்தால் சூழப்பட்ட மின்னோட்டத்தைக் குறிக்கும். சமச்சீரின் விளைவாக ஆம்பியரின் வளையம் முழுவதும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு மாறாமலிருக்கும். எனவே தொகையீட்டிலிருந்து B ஐ வெளியே எடுத்துவிடலாம்.

$$B\oint_C dl = \mu_\circ I$$

ஆம்பியர் வளையத்தின் சுற்றளவு $2\pi R$. இதிலிருந்து

$$B\int_0^{2\pi r} dl = \mu_\circ I$$

$$B \cdot 2\pi r = \mu_\circ I$$

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r}$$

வெக்டர் வடிவில் காந்தப்புலம்

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

இங்கு $\hat{n}$ என்பது படம் 3.37 இல் காட்டியுள்ளவாறு தொடுகோட்டின் வழியே ஆம்பியரின் வளையத்திற்குச் செல்லும் ஓரலகு வெக்டராகும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.15

1 A மின்னோட்டம் பாயும், நீண்ட நேரான கம்பியிலிருந்து 1 m தொலைவில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பைக் கணக்கிடுக. இதனை புவி காந்தப்புலத்துடன் ஒப்பிடுக.

தீர்வு

கொடுக்கப்பட்டவை $I = 1$ A மற்றும் ஆரம் $r = 1$ m

$$B_{\text{நேர்க்கம்பி}} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times1}{2\pi\times1} = 2\times10^{-7}\,\text{T}$$

ஆனால் புவி காந்தப்புலம் $B_{\text{புவி}} \sim 10^{-5}$ T

எனவே $B_{\text{நேர்க்கம்பி}}$, $B_{\text{புவி}}$ யை விட நூறு மடங்கு குறைவானதாகும்.

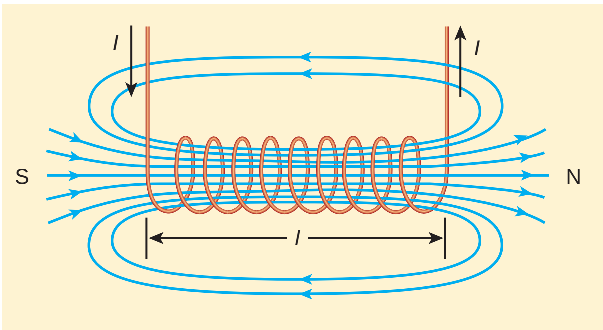
வரிச்சுருள்

வரிச்சுருள் என்பது, சுருள் வடிவில் நெருக்கமாகச் சுற்றப்பட்ட நீண்ட கம்பிச்சுருளாகும். இது படம் 3.38 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரிச்சுருளின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்போது காந்தப்புலம் உருவாகும். வரிச்சுருளின் மொத்த காந்தப்புலம் அதன் ஒவ்வொரு சுற்றுகளின் காந்தப்புலங்களும் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்பொருந்துவதால் ஏற்படுகிறது. வரிச்சுருளினால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலத்தின் திசையை வலது உள்ளங்கை விதியிலிருந்து அறியலாம்.

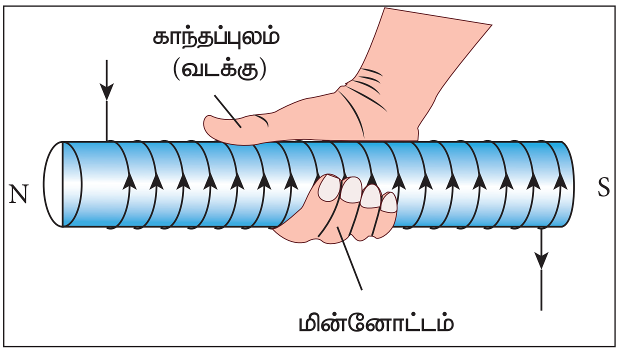
வரிச்சுருளின் உள்ளே காந்தப்புலம் கிட்டத்தட்ட சீராக இருக்கும். மேலும் இது வரிச்சுருளின் அச்சுக்கு இணையாகக் காணப்படும். ஆனால், வரிச்சுருளுக்கு வெளியே காந்தப்புலம் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு சிறிய மதிப்புடையதாக காணப்படும். வரிச்சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைப் பொருத்து வரிச்சுருளின் ஒரு முனை வடமுனை போன்றும், மற்றொரு முனை தென்முனை போன்றும் செயல்படும்.

ஒரு மின்னோட்டம் பாயும் வரிச்சுருளை வலதுகையினால் பற்றி பிடிக்கும்போது மற்ற விரல்கள் மின்னோட்டம் பாயும் திசையில் சுற்றியிருந்தால், நீட்டப்பட்ட பெருவிரல் மின்னோட்டம் பாயும் வரிச்சுருளினால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலத்தின் திசையைக் காட்டும். இது படம் 3.39 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எனவே

படம் 3.38 வரிச்சுருள்



படம் 3.39 சட்டகாந்தம் போன்று செயல்படும் வரிச்சுருள்



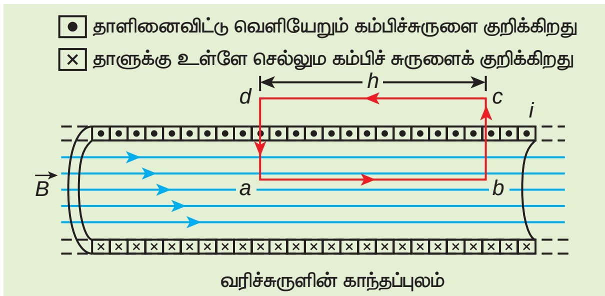
படம் 3.40 வரிச்சுருளினால் உருவாகும் காந்தப்புலத்தின் திசை

வரிச்சுருளினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம், சட்டக் காந்தத்தினால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தைப் போன்றே காணப்படும்.

வரிச்சுருளானது மிக நீண்ட நீளம் உடையதாகக் கருதப்படுகிறது. இதன் பொருள் வரிச்சுருளின் நீளம் அதன் விட்டத்தைவிட மிக மிகப் பெரியது. அதேபோல் வரிச்சுருளின் சுற்றுகள் எப்போதும் வட்டவடிவிலேயே இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை, மற்ற வடிவங்களிலும் இருக்கலாம். ஒரு எளிமைக்காக, இங்கு நாம் வட்ட வடிவில் சுற்றப்பட்ட வரிச்சுருளையே கருதுகிறோம். இது படம் 3.40 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

3.9.3 மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட வரிச்சுருளினால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்

L நீளமும் N சுற்றுகளும் கொண்ட நீண்ட வரிச்சுருள் ஒன்றைக் கருதுவோம். வரிச்சுருளின் நீளத்துடன் ஒப்பிடும்போது அதன் விட்டம் மிகவும் சிறியது. மேலும் கம்பிச்சுருள் மிக நெருக்கமாக சுற்றப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.41 வரிச்சுருள் ஒன்றுக்கான ஆம்பியரின் வளையம்

வரிச்சுருளின் உள்ளே ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிட ஆம்பியரின் சுற்று விதியைப் பயன்படுத்தலாம். படம் 3.41 இல் காட்டியுள்ளவாறு செவ்வக வடிவ ஒரு சுற்று abcd ஐக் கருதுக. ஆம்பியரின் சுற்று விதியிலிருந்து

$$\oint_C \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 I_{\text{மூடப்பட்ட}}$$

$$= \mu_0 \times (\text{ஆம்பியரின் சுற்றால் மூடப்பட்ட மொத்த மின்னோட்டம்})$$

சமன்பாட்டின் இடதுகை பக்கத்தினை பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\oint_C \vec{B}\cdot\vec{dl} = \int_a^b \vec{B}.\vec{dl} + \int_b^c \vec{B}.\vec{dl} + \int_c^d \vec{B}.\vec{dl} + \int_d^a \vec{B}.\vec{dl}$$

bc மற்றும் da பக்கங்களின் நீளக்கூறுகள் வரிச்சுருளின் அச்சின் வழியே அமைந்துள்ளது மட்டுமல்லாமல் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாகவும் அமைந்துள்ளன.

எனவே,

$$\int_b^c \vec{B}.d\vec{l} = \int_b^c |\vec{B}|\,|d\vec{l}|\cos 90^\circ = 0$$

$$\int_d^a \vec{B}.d\vec{l} = 0$$

மேலும் வரிச்சுருளுக்கு வெளியேயும் காந்தப்புலம் சுழி. எனவே தொகையீடு $\int_c^d \vec{B}.\vec{dl} = 0.$

ab வழியாக உள்ள பாதையின் தொகையீடு

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = B\int_a^b dl\cos 0^\circ = B\int_a^b dl$$

இங்கு படம் 3.41 இல் காட்டப்பட்டுள்ள கோடு ab யின் நீளம் h ஆகும். ஆனால் இந்தக் கோட்டின் நீளம் ab நமக்குத்தக்கவாறு தேர்வு செய்து கொள்ளலாம். எனவே வரிச்சுருளின் நீளம் L க்குச் சமமான பெரிய கோட்டை நாம் தேர்வு செய்யும்போது, தொகையிடல் பின்வருமாறு கிடைக்கும்

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = BL$$

N சுற்றுகளுக்கு வரிச்சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் NI என்க. எனவே

$$\int_a^b \vec{B}.d\vec{l} = BL = \mu_0 NI \Rightarrow B = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

ஓரலகு நீளத்திற்கான சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $\frac{N}{L} = n$. ஆகவே,

$$B = \mu_0 \frac{nLI}{L} = \mu_0 nI \qquad (3.52)$$

கொடுக்கப்பட்ட வரிச்சுருளுக்கு n ஒரு மாறிலி. மேலும் μ_0 இன் மதிப்பும் ஒரு மாறிலியாகும். ஒரு நிலையான மின்னோட்டத்திற்கு வரிச்சுருளின் உள்ளே ஏற்படும் காந்தப்புலமும் மாறிலியாகும்.

குறிப்பு

வரிச்சுருளை மின்காந்தமாகவும் பயன்படுத்தலாம். ஒரு வலிமையான காந்தப்புலத்தை இது உருவாக்கும். இதனை இயக்கவோ அல்லது நிறுத்தவோ முடியும். நிலையான காந்தத்தைப் பயன்படுத்தி இவ்வாறு நிகழ்த்த முடியாது. வரிச்சுருளின் உள்ளே இரும்பு சட்டமொன்றை வைப்பதன் மூலம் காந்தப்புலத்தின் வலிமையை மேலும் அதிகரிக்கலாம். எவ்வாறெனில், வரிச்சுருளினால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலம் இரும்புச் சட்டத்தையும் காந்தமாக்கும். எனவே நிகர காந்தப்புலமானது வரிச்சுருளினால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலம் மற்றும் இரும்பு சட்டம் காந்தமானதால் ஏற்பட்ட காந்தப்புலங்களின் கூடுதலாகும். இப்பண்புகளின் காரணமாகத்தான் பல்வேறு வகையான மின்சாதனங்களை வடிவமைப்பதில் வரிச்சுருள் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 3.16

வரிச்சுருளின் உள்ளே ஏற்படும் காந்தப்புலத்தை பின்வரும் நேர்வுகளில் காண்க.

(அ) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றாமல், நீளம் மட்டும் இருமடங்காகும்போது

(ஆ) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை மற்றும் வரிச்சுருளின் நீளம் இரண்டையும் இருமடங்காக்கும் போது

(இ) வரிச்சுருளின் நீளத்தை மாற்றாமல், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை மட்டும் இருமடங்காக்கும் போது

முடிவுகளை ஒப்பிடுக

தீர்வு

வரிச்சுருளின் உள்ளே ஏற்படும் காந்தப்புலம்

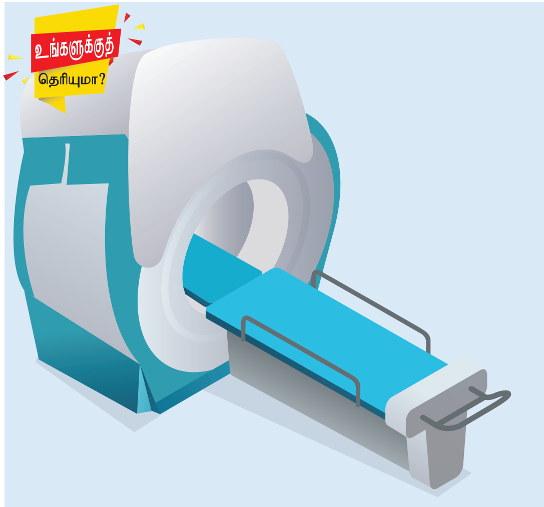
$$B_{L,N} = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

(அ) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை மாற்றாமல், நீளம் மட்டும் இருமடங்காகும் போது

$L \rightarrow 2L$ (நீளம் இருமடங்கு)

$N \rightarrow N$ (மாறாத சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை)

எனவே, காந்தப்புலம்



MRI (Magnetic Resonance Imaging) என்பது காந்த ஒத்ததிர்வு பொருட் பிம்பம் எனப்படும். தலை, மார்பு, அடிவயிறு மற்றும் இடுப்பெலும்பு போன்றவற்றில் ஏற்படும் அசாதாரணத் தன்மையை கண்டறியவும், மருத்துவம் செய்யவும் மருத்துவருக்குத் துணைபுரிகிறது. இது உடலைக் கெடுதல் செய்யாத மருத்துவச் சோதனையாகும். வட்ட வடிவ திறப்பின் உள்ளே நோயாளி படுக்கவைக்கப்படுகிறார். (உண்மையில் மீக்கடத்தியினால் உருவாக்கப்பட்ட வரிச்சுருளின் உட்பகுதியே இத்திறப்பாகும்). மீக்கடத்தியின் வழியே வலிமையான மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டு வலிமைமிக்க காந்தப்புலம் உருவாக்கப்படுகிறது. இக்காந்தப்புலம் ரேடியோ அதிர்வுத் துடிப்புகளை உருவாக்கி கணினிக்குக் கொடுக்கும் இக்கணினி உள்ளுறுப்புகளின் பிம்பத்தைக் கொடுக்கிறது. இதன் துணையுடன் மருத்துவர் உள்ளுறுப்புகளுக்கு சிகிச்சையளிப்பார்.

$$B_{2L,N} = \mu_0 \frac{NI}{2L} = \frac{1}{2} B_{L,N}$$

(ஆ) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை மற்றும் வரிச்சுருளின் நீளம் இரண்டையும் இருமடங்காக்கும் போது

$L \to 2L$ (நீளம் இருமடங்கு)

$N \to 2N$ (சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை இருமடங்கு)

எனவே, காந்தப்புலம்

$$B_{2L,2N} = \mu_0 \frac{2NI}{2L} = B_{L,N}$$

(இ) வரிச்சுருளின் நீளத்தை மாற்றாமல், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை மட்டும் இருமடங்காக்கும் போது

$L \to L$ (மாறாத நீளம்)

$N \to 2N$ (சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை இருமடங்கு)

எனவே, காந்தப்புலம்

$$B_{L,2N} = \mu_0 \frac{2NI}{L} = 2B_{L,N}$$

மேற்கண்ட முடிவுகளிலிருந்து,

$$B_{L,2N} > B_{2L,2N} > B_{2L,N}$$

எனவே, கொடுக்கப்பட்ட மின்னோட்டத்தில், வரிச்சுருளின் அதே நீளத்தில் மிக அதிக எண்ணிக்கையில் நெருக்கமாக சுற்றுகளை அமைத்தால் காந்தப்புலம் அதிகரிக்கும்.

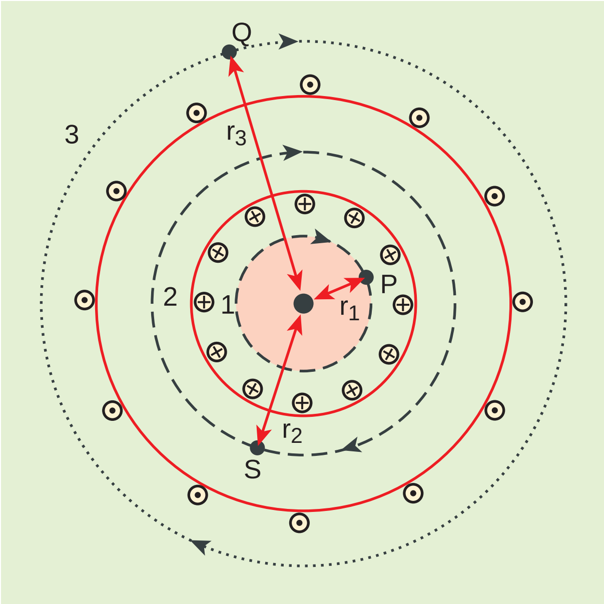
3.9.4 வட்ட வரிச்சுருள்

வரிச்சுருளின் இரண்டு முனைகளும் ஒன்றுடன் ஒன்று தொடும் வகையில் வளைக்கப்பட்ட வட்ட அமைப்பே வட்ட வரிச்சுருளாகும். இது ஒரு மூடப்பட்ட வளையம் போன்று காணப்படும். இது படம் 3.42 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வட்ட வரிச்சுருளின் உள்ளே காந்தப்புலம் மாறாத எண்மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். அதே நேரத்தில் வட்ட வரிச்சுருளின் உட்பகுதியில் (P புள்ளியில்) மற்றும் வெளிப்பகுதியில் (Q புள்ளியில்) காந்தப்புலம் சுழியாகும்.

படம் 3.42 வட்டவரிச்சுருள்

(அ) வட்ட வரிச்சுருளின் திறந்தவெளி உட்புறப்பகுதி

P புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம் B_P ஐ நாம் கணக்கிட r_1 ஆரமுடைய ஆம்பியரின் சுற்று 1 ஐ புள்ளி P ஐச் சுற்றி படம் 3.43 இல் காட்டியுள்ளவாறு



படம் 3.43 வட்ட வரிச்சுருளுக்கான ஆம்பியரின் வளையம்

அமைக்கலாம். கணக்கீட்டை எளிமையாக்க ஆம்பியர் சுற்றை வளையமாகக் கருதுவோம். எனவே, வளையத்தின் சுற்றளவு அதன் நீளமாகும்.

$$L_1 = 2\pi r_1$$

வளையம் 1 க்கான ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி

$$\oint_{\text{வளையம் 1}} \vec{B}_P.\vec{dl} = \mu_0 I_{\text{மூடப்பட்ட}}$$

இங்கு வளையம் 1 எவ்விதமான மின்னோட்டத்தையும் சூழ்ந்திருக்கவில்லை $I_{\text{மூடப்பட்ட}} = 0$

$$\oint_{\text{வளையம் 1}} \vec{B}_P.\vec{dl} = 0$$

புள்ளி P யில் உள்ள காந்தப்புலம் சுழியானால் மட்டுமே இது சாத்தியமாகும். அதாவது

$$\vec{B}_P = 0$$

(ஆ) வட்ட வரிச்சுருளின் வெளிப்புறத்தில் உள்ள திறந்தவெளிப்பகுதி

Q புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலம் B_Q வைக் கணக்கிட படம் 3.43 இல் காட்டியுள்ளவாறு Q புள்ளியைச் சுற்றி r_3 ஆரமுடைய ஆம்பியரின் வளையம் 3 ஐ அமைக்கலாம்.

$$L_3 = 2\pi r_3$$

வளையம் 3 க்கான ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி

$$\oint_{\text{வளையம் 3}} \vec{B}_Q.\vec{dl} = \mu_0 I_{\text{மூடப்பட்ட}}$$

இங்கு ஒவ்வொரு சுற்றிலும் தாளின் தளத்தை விட்டு வெளியேவரும் மின்னோட்டம், தாளின் தளத்திற்கு உள்ளே செல்லும் மின்னோட்டத்தினால் சமன்செய்யப்படுகிறது. எனவே, $I_{\text{மூடப்பட்ட}} = 0$

$$\oint_{\text{வளையம் 3}} \vec{B}_Q.\vec{dl} = 0$$

புள்ளி Q வில் உள்ள காந்தப்புலம் சுழியானால் மட்டுமே இது சாத்தியமாகும். அதாவது

$$\vec{B}_Q = 0$$

(இ) வட்ட வரிச்சுருளின் உள்ளே

S புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலம் B_S ஐக் கணக்கிட, படம் 3.43 இல் உள்ளவாறு S புள்ளியைச் சுற்றி r_2 ஆரமுடைய ஆம்பியரின் வளையம் 2 ஐ அமைக்கலாம்.

வளையத்தின் நீளம் $L_2 = 2\pi r_2$

வளையம் 2 க்கான ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி

$$\oint_{\text{வளையம் 2}} \vec{B}_S.\vec{dl} = \mu_0 I_{\text{மூடப்பட்ட}}$$

வட்டவரிச்சுருளின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தை I எனவும் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை N எனவும் கொண்டால்

$$I_{\text{மூடப்பட்ட}} = NI$$

மேலும் $\oint_{\text{வளையம் 2}} \vec{B}_S.\vec{dl} = \oint_{\text{வளையம் 2}} B_S dl \cos\theta = B_S 2\pi r_2$

$$\oint_{\text{வளையம் 2}} \vec{B}_S.\vec{dl} = \mu_0 NI$$

$$B_S = \mu_0 \frac{NI}{2\pi r_2}$$

ஓரலகு நீளத்திற்கு சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $n = \frac{N}{2\pi r_2}$. எனவே S புள்ளியில் உள்ள காந்தப்புலம்

$$B_S = \mu_0 nI \qquad (3.53)$$

3.10 லாரன்ஸ் விசை

காந்தப்புலம் ஒன்றினுள் ஓய்வு நிலையிலுள்ள q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகள் ஒன்றை வைக்கும்போது அதன்மீது எந்த விசையும் செயல்படுவதில்லை. அதே நேரத்தில் அம்மின்துகள் காந்தப்புலத்தில் இயங்கும்போது, ஒரு விசையை உணர்கிறது. இந்த விசை அலகு 1 இல் பயின்ற கூலூம் விசையிலிருந்து வேறுபட்டதாகும். இவ்விசைக்கு காந்தவிசை என்று பெயர். இது பின்வரும் சமன்பாட்டினால் குறிப்பிடப்படுகிறது.

$$\vec{F} = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \qquad (3.54)$$

பொதுவாக, மின்துகளானது மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலம் இவ்விரண்டிலும் இயங்கும்போது உணரும் மொத்த விசை $\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right)$ ஆகும். இதற்கு லாரன்ஸ் விசை என்று பெயர்.

3.10.1 காந்தப்புலத்தில் இயங்கும் மின்துகளொன்று உணரும் விசை

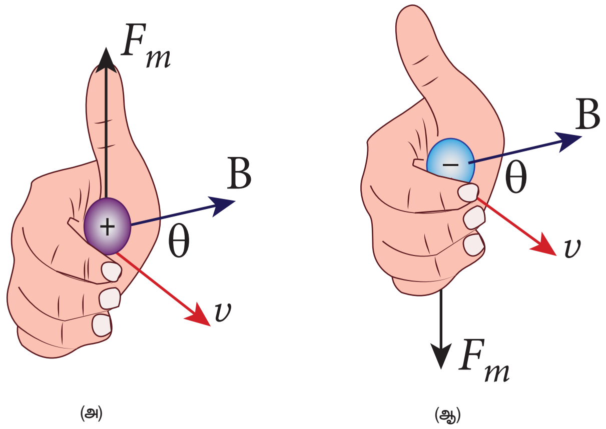
$\vec{B}$ காந்தப்புலத்தில், q மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகளானது, $\vec{v}$ திசைவேகத்தில் இயங்கும்போது அது ஒரு விசையை உணர்கிறது. அவ்விசைக்கு லாரன்ஸ் விசை என்று பெயர். கவனமாக செய்யப்பட்ட சோதனைகளுக்குப் பின்பு காந்தப்புலத்தில் இயங்கும் மின்துகள் உணரும் விசையை லாரன்ஸ் கண்டறிந்தார்.

$$\vec{F}_m = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \qquad (3.55)$$

எண் மதிப்பில், $F_m = qvB\sin\theta \qquad (3.56)$

சமன்பாடுகள் (3.55) மற்றும் (3.56) லிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது

1. $\vec{F}_m$ ஆனது காந்தப்புலம் $\vec{B}$ க்கு நேர்த்தகவு
2. $\vec{F}_m$ ஆனது திசைவேகம் $\vec{v}$ க்கு நேர்த்தகவு
3. $\vec{F}_m$ ஆனது திசைவேகம் மற்றும் காந்தப்புலத்திற்கு இடைப்பட்ட கோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கு நேர்த்தகவு
4. $\vec{F}_m$ ஆனது மின்னூட்டத்தின் எண்மதிப்பிற்கு நேர்த்தகவு
5. $\vec{F}_m$ இன் திசை, $\vec{v}$ மற்றும் $\vec{B}$ இன் திசைகளுக்கு எப்போதும் செங்குத்தாகவே இருக்கும். ஏனென்றால் $\vec{F}_m$ ஆனது $\vec{v}$ மற்றும் $\vec{B}$ இன் குறுக்குப்பெருக்கல் மூலமாக வரையறை செய்யப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.44 லாரன்ஸ் விசையின் திசை (அ) நேர் மின் துகளுக்கு (ஆ) எதிர் மின் துகளுக்கு

6. மற்ற காரணிகள் ஒன்றாக உள்ள நிலையில், படம் 3.44 (ஆ) இல் உள்ளவாறு, எதிர்மின்துகள் உணரும் $\vec{F}_m$ இன் திசையானது, நேர்மின்துகள் உணரும் $\vec{F}_m$ இன் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் இருக்கும்.
7. மின்துகள் q வின் திசைவேகம் $\vec{v}$ யானது காந்தப்புலம் $\vec{B}$ இன் திசையில் இருந்தால் $\vec{F}_m$ சுழியாகும்.

டெஸ்லா வரையறை

காந்தப்புலத்தில், ஓரலகு திசை வேகத்தில் இயங்கும் ஓரலகு மின்னூட்டம் கொண்ட மின்துகளானது ஓரலகு விசையை உணர்ந்தால், அக்காந்தப்புலத்தின் வலிமை 1 டெஸ்லாவாகும்.

$$1\ \text{T} = \frac{1\,\text{N s}}{\text{C m}} = 1\frac{\text{N}}{\text{A m}} = 1\,\text{N A}^{-1}\text{m}^{-1}$$

எடுத்துக்காட்டு 3.17

q மின்னூட்டம் பெற்ற துகளொன்று $\vec{B}$ காந்தப்புலத்தில் $\vec{v}$ என்ற திசைவேகத்தில் நேர்க்குறி y – திசையில் செல்கிறது. பின்வரும் நிபந்தனைகளின்படி லாரன்ஸ் விசையைக் கணக்கிடுக. (அ) காந்தப்புலம் நேர்க்குறி

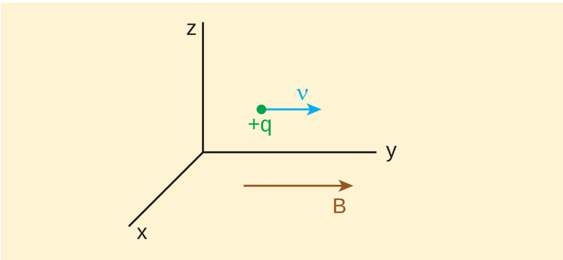
y – திசையில் உள்ளபோது (ஆ) காந்தப்புலம் நேர்க்குறி z – திசையில் உள்ளபோது (இ) துகளின் திசைவேகத்துடன் θ கோணத்தை ஏற்படுத்தும் காந்தப்புலம் zy தளத்தில் உள்ளபோது. மேற்கண்ட ஒவ்வொரு நிபந்தனைகளிலும் காந்தவிசையின் திசையினைக் குறிப்பிட்டு காட்டுக.

தீர்வு:

துகளின் திசைவேகம் $\vec{v} = v\,\hat{j}$

(அ) காந்தப்புலம், நேர்க்குறி y திசையில் உள்ளது

இதிலிருந்து $\vec{B} = B\hat{j}$

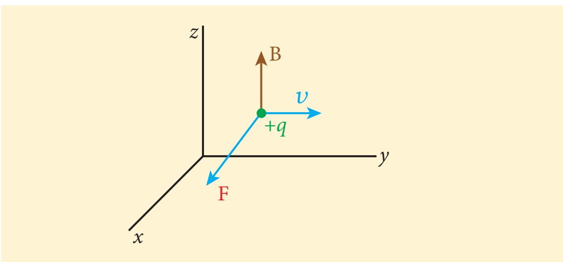


லாரன்ஸ்விசையிலிருந்து, $\vec{F}_m = q\left(v\,\hat{j} \times B\,\hat{j}\right) = \vec{0}$

எனவே, மின்துகள் காந்தப்புலத்தின் திசையில் இயங்கும்போது அதன் மீது எவ்வித விசையும் செயல்படுவதில்லை.

(ஆ) காந்தப்புலம் நேர்க்குறி z – திசையில் உள்ளது

இதிலிருந்து, $\vec{B} = B\hat{k}$



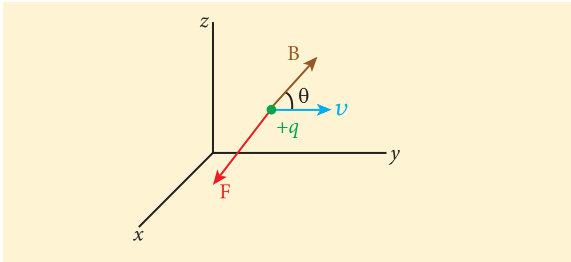
லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து, $\vec{F}_m = q\left(v\hat{j} \times B\hat{k}\right)$

$= qvB\hat{i}$

எனவே, லாரன்ஸ் விசையின் எண்மதிப்பு qvB. மேலும் அதன்திசை நேர்க்குறி x–திசையின் வழியே அமையும்.

(இ) zy தளத்திலுள்ள காந்தப்புலம், துகளின் திசைவேகத்துடன் θ கோணத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இதிலிருந்து

$\vec{B} = B\cos\theta\,\hat{j} + B\sin\theta\,\hat{k}$



லாரன்ஸ் விசையிலிருந்து,

$$\vec{F}_m = q\left(v\hat{j}\right)\times\left(B\cos\theta\hat{j} + B\sin\theta\hat{k}\right)$$
$$= q\,v\,B\sin\theta\;\hat{i}$$

எடுத்துக்காட்டு 3.18

$\vec{v}$ திசைவேகத்தில் இயங்கும், q மின்னூட்டம் கொண்ட துகள் மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை மற்றும் விடுவிக்கப்பட்ட திறன் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடு. மேலும் லாரன்ஸ் விசைக்கும், மின்துகளின் திசைவேகத்திற்கும் இடையே ஏற்படும் கோணத்தையும் காண்க. இறுதியாக முடிவுகளின் உட்கருத்தை விளக்குக.

தீர்வு

காந்தப்புலத்தில் இயங்கும் மின்னூட்டப்பட்ட துகளின் மீது செயல்படும் விசை $\vec{F} = q\left(\vec{v}\times\vec{B}\right)$

காந்தப்புலத்தால் செய்யப்பட்ட வேலை

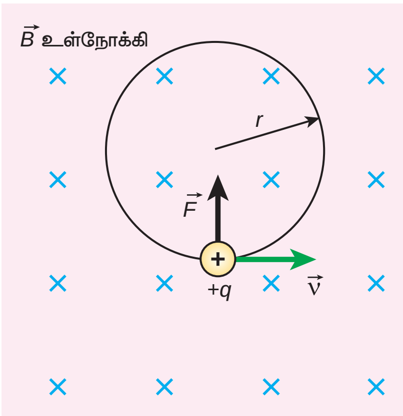
$$W = \int \vec{F}.d\vec{r} = \int \vec{F}.\vec{v}\,dt$$
$$W = q\int\left(\vec{v}\times\vec{B}\right).\vec{v}\,dt = 0$$

இங்கு $\vec{v}\times\vec{B}$, ஆனது $\vec{v}$க்கு செங்குத்தாக உள்ளது. எனவே, $\left(\vec{v}\times\vec{B}\right)\cdot\vec{v} = \vec{0}$ அதாவது லாரன்ஸ் விசை மின்துகளின் மீது எவ்வித வேலையும் செய்யவில்லை என்பது இதன் பொருளாகும். வேலை இயக்க ஆற்றல் தேற்றத்தின்படி (11 – ஆம் வகுப்பு தொகுதி 1 – இல் பாடம் 4 ல் பகுதி 4.2.6 ஐப் பார்க்கவும்)

$$\frac{dW}{dt} = P = 0$$

$\vec{F}.\vec{v} = 0 \Rightarrow \vec{F}$ மற்றும் $\vec{v}$ இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகும். எனவே லாரன்ஸ் விசைக்கும், மின்துகளின் திசைவேகத்திற்கும் உள்ள கோணம் 90° ஆகும். லாரன்ஸ் விசையானது திசைவேகத்தின் திசையை மட்டும் மாற்றும். ஆனால் திசைவேகத்தின் எண்மதிப்பை மாற்றாது. முடிவாக லாரன்ஸ் விசை எவ்வித வேலையையும் செய்யவில்லை. மேலும் மின்துகளின் இயக்க ஆற்றலில் எந்த மாற்றத்தையும் நிகழ்த்தவில்லை.

3.10.2 சீரான காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்துகளின் இயக்கம்



படம் 3.45 செங்குத்தாகச் செயல்படும் சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்துகளின் வட்டப்பாதை இயக்கம்.

m நிறையும், q மின்னூட்டமும் கொண்ட மின்துகளொன்று, காந்தப்புலம் $\vec{B}$ க்கு செங்குத்தாக, $\vec{v}$ திசைவேகத்துடன்காந்தப்புலத்தினுள்நுழைகின்றது எனக் கருதுக. துகள் காந்தப்புலத்தினுள் நுழைந்த உடன், அத்துகளின் மீது, காந்தப்புலம் $\vec{B}$ மற்றும் திசைவேகம் $\vec{v}$ இவற்றிற்கு செங்குத்தான திசையில் லாரன்ஸ் விசையானது செயல்படும்.

இதன் பயனாக மின்துகளானது வட்டப்பாதையில் சுற்றிவருகிறது. இது படம் 3.45 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இம்மின்துகளின் மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசை

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

இங்கு துகளின் மீது லாரன்ஸ் விசை மட்டுமே செயல்படுவதால், இதன்மீது செயல்படும் நிகர விசையின் எண்மதிப்பு

$$\sum_i F_i = F_m = qvB$$

இந்த லாரன்ஸ் விசை வட்டப்பாதையில் துகள் இயங்கத் தேவைப்படும் மையநோக்கு விசையை அளிக்கிறது. எனவே

$$qvB = m\frac{v^2}{r}$$

வட்டப்பாதையின் ஆரம்

$$r = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB} \qquad (3.57)$$

இங்கு $p = mv$ என்பது துகளின் நேர்க்கோட்டு உந்தத்தின் எண்மதிப்பாகும். T என்பது ஒரு முழுவட்டப்பாதையை நிறைவு செய்வதற்கான நேரம் எனக் கொண்டால்

$$T = \frac{2\pi r}{v} \qquad (3.58)$$

(3.57) ஐ (3.58) இல் பிரதியிடும்போது

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \qquad (3.59)$$

சமன்பாடு (3.59) ற்கு **சைக்ளோட்ரான் அலைவு நேரம்** என்று பெயர். அலைவு நேரத்தின் தலைகீழ் மதிப்பு அதிர்வெண் f எனப்படும். அதாவது

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{qB}{2\pi m} \qquad (3.60)$$

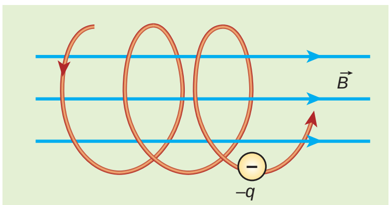
கோண அதிர்வெண் ω வின் அடிப்படையில்

$$\omega = 2\pi f = \frac{q}{m}B \qquad (3.61)$$

சமன்பாடுகள் (3.60) மற்றும் (3.61) ஐ சைக்ளோட்ரான் அதிர்வெண் அல்லது சுழல் அதிர்வெண் என்று அழைக்கலாம்.

சமன்பாடுகள் (3.59), (3.60) மற்றும் (3.61) லிருந்து அலைவுநேரம் மற்றும் அதிர்வெண் இரண்டும் மின்னூட்ட நிறை தகவை (charge to mass ratio – தன் மின்னூட்டம் அல்லது ஓரலகு நிறைக்கான மின்னூட்டம்) மட்டுமே சார்ந்துள்ளது, மாறாக திசைவேகத்தையோ அல்லது வட்டப்பாதையின் ஆரத்தையோ சார்ந்ததில்லை என்பதை அறிந்து கொள்ளலாம்.

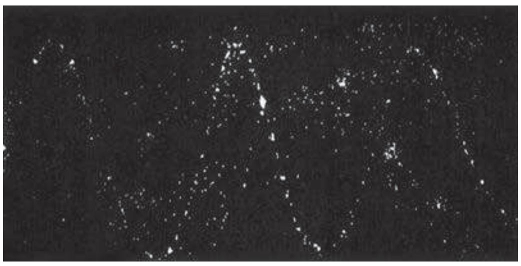
திசைவேகம், காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக இல்லாத நிலையில் மின்துகளொன்று சீரான காந்தப்புலத்தினுள் நுழையும்போது, துகளின் திசைவேகம் இரண்டு கூறுகளாக பிரியும்; ஒன்று காந்தப்புலத்திற்கு இணையாகவும், மற்றொன்று காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாகவும் இருக்கும். காந்தப்புலத்திற்கு இணையாக உள்ள திசைவேகத்தின் கூறு எவ்வித மாற்றத்திற்கும் உட்படாது. ஆனால் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தான கூறு லாரன்ஸ் விசையினால் தொடர்ந்து மாற்றமடையும். எனவே மின்துகள் வட்டப்பதையில் சுற்றாமல் படம் 3.46 இல் காட்டியுள்ளவாறு காந்தப்புலக்கோடுகளைச் சுற்றி ஒரு சுருள்வட்டப் பாதையில் (helical path) சுற்றும்.



KQTTDF

படம் 3.46 சீரான காந்தப்புலத்தில் சுருள்வட்டப்பாதையில் சுற்றும் எலக்ட்ரான்

காந்தப்புலத்தில் சுருள் வட்டப்பாதையை மேற்கொள்ளும் எலக்ட்ரானின் இயக்கம் படம் 3.47 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதற்கு ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டாகும்.



படம் 3.47 முகிற் கூடத்தினுள் (Cloud chamber) எலக்ட்ரானின் சுருள்வட்டப்பாதை

எடுத்துக்காட்டு 3.19

0.500 T அளவுள்ள சீரான காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தாக செல்லும் எலக்ட்ரான் ஒன்று 2.50 mm ஆரமுடைய வட்டப்பாதையை மேற்கொள்கிறது எனில் அதன் வேகத்தைக் காண்க.

தீர்வு

எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் $q = -1.60 \times 10^{-19}$ C

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

காந்தப்புலத்தின் எண்மதிப்பு $B = 0.500$ T

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

சுற்றுப்பாதையின் ஆரம்,

$r = 2.50$ mm $= 2.50 \times 10^{-3}$ m

எலக்ட்ரானின் திசைவேகம், $v = |q|\dfrac{rB}{m}$

$$v = 1.60 \times 10^{-19} \times \frac{2.50 \times 10^{-3} \times 0.500}{9.11 \times 10^{-31}}$$

$$v = 2.195 \times 10^{8} \text{ ms}^{-1}$$

எடுத்துக்காட்டு 3.20

X – அச்சு திசையில் செயல்படும் 0.500 T வலிமை கொண்ட காந்தப்புலத்தினுள் புரோட்டான் ஒன்று செல்கிறது. தொடக்க நேரம் $t = 0\ s$ இல், புரோட்டானின் திசைவேகம் $\vec{v} = \left(1.95 \times 10^{5}\,\hat{i} + 2.00 \times 10^{5}\,\hat{k}\right) \text{ms}^{-1}$ எனில், பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

(அ) தொடக்க நேரத்தில் புரோட்டானின் முடுக்கம்

(ஆ) புரோட்டானின் பாதை வட்டப் பாதையா? அல்லது சுருள் வட்டப்பாதையா ?

சுருள் வட்டப்பாதை எனில் அதன் ஆரத்தைக் காண்க. மேலும் ஒரு முழு சுழற்சிக்கு சுருள் வட்டப்பாதையின் அச்சின் வழியே புரோட்டான் கடந்த தொலைவைக் காண்க.

தீர்வு

காந்தப்புலம் $\vec{B} = 0.500\hat{i}$ T

துகளின் திசைவேகம்

$$\vec{v} = \left(1.95 \times 10^{5}\,\hat{i} + 2.00 \times 10^{5}\,\hat{k}\right) \text{ms}^{-1}$$

புரோட்டானின் மின்னூட்டம் $q = 1.60 \times 10^{-19}\,C$

புரோட்டானின் நிறை $m = 1.67 \times 10^{-27}\,kg$

(அ) புரோட்டான் உணரும் விசை

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$
$$= 1.60 \times 10^{-19} \times \left(\left(1.95 \times 10^5 \hat{i} + 2.00 \times 10^5 \hat{k}\right) \times \left(0.500 \hat{i}\right)\right)$$
$$\vec{F} = 1.60 \times 10^{-14} \hat{j}\ N$$

எனவே, நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியிலிருந்து,

$$\vec{a} = \frac{1}{m}\vec{F} = \frac{1}{1.67 \times 10^{-27}}\left(1.60 \times 10^{-14}\right)\hat{j}$$
$$= 9.58 \times 10^{12} \hat{j}\ m\,s^{-2}$$

(ஆ) புரோட்டானின் பாதை ஒரு சுருள் வட்டப்பாதை.

சுருள் வட்டப்பாதையின் ஆரம்

$$R = \frac{mv_z}{|q|B} = \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 2.00 \times 10^5}{1.60 \times 10^{-19} \times 0.500}$$
$$= 4.175 \times 10^{-3}\,m = 4.18\,mm$$

T நேரத்தில், x- அச்சு வழியே சுருள் வட்டப்பாதையில் புரோட்டான் கடந்த தொலைவு $P = v_x T$

T இன் மதிப்பு

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{|q|B} = \frac{2 \times 3.14 \times 1.67 \times 10^{-27}}{1.60 \times 10^{-19} \times 0.500}$$
$$= 13.1 \times 10^{-8}\,s$$

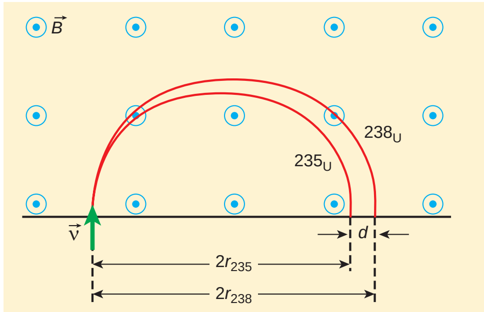
எனவே கடந்த தொலைவு

$$P = v_x T = \left(1.95 \times 10^5\right)\left(13.1 \times 10^{-8}\right)$$
$$= 25.5 \times 10^{-3}\,m = 25.5\,mm$$

புரோட்டான், காந்தப்புலத்தில் குறிப்பிடத்தக்க முடுக்கத்தைப் பெறுகிறது. எனவே ஒரு முழு சுற்றுக்கு அச்சின் வழியே கடந்த தொலைவானது, சுருள் வட்டப்பாதையின் ஆரத்தைப் போன்று ஆறு மடங்காகும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.21

ஒற்றை அயனியாக்கம் செய்யப்பட்ட இரண்டு யுரேனியம் ஐசோடோப்புகள் $^{235}_{92}U$ மற்றும் $^{238}_{92}U$ (ஒரே அணு எண்ணும், வேறுபட்ட நிறை எண்ணும் கொண்டிருப்பவை ஐசோடோப்புகளாகும்) 0.500 T வலிமை கொண்ட காந்தப்புலத்தினுள் $1.00 \times 10^5\,m\,s^{-1}$ திசைவேகத்துடன் காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்தாக செலுத்தப்படுகின்றன. அரைவட்டப்பாதையை இவ்விரண்டு ஐசோடோப்புகளும் நிறைவு செய்த உடன் அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொலைவைக் காண்க. மேலும் இவ்விரண்டு ஐசோடோப்புகளும் அரைவட்டப்பாதையை நிறைவு செய்ய எடுத்துக்கொண்ட நேரத்தையும் கணக்கிடு. (கொடுக்கப்பட்டவை: ஐசோடோப்புகளின் நிறைகள் $m_{235} = 3.90 \times 10^{-25}$ kg மற்றும் $m_{238} = 3.95 \times 10^{-25}$ kg)



தீர்வு

இவ்விரண்டு ஐசோடோப்புகள் ஒற்றை அயனியாக்கம் செய்யப்பட்டவை. எனவே அவை இரண்டும் ஒரே மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருக்கும் அதாவது எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்திற்குச் சமமான மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருக்கும். எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் $q = -1.6 \times 10^{-19}$ C. $^{235}_{92}U$ மற்றும் $^{238}_{92}U$ இன் நிறைகள் முறையே 3.90×10^{-25} kg மற்றும் 3.95×10^{-25} kg ஆகும். கொடுக்கப்படும் காந்தப்புலம் $B = 0.500\,T$. ஐசோடோப்புகளின் திசைவேகம் $1.00 \times 10^5\,m\,s^{-1}$, எனில்

(அ) $^{235}_{92}U$ இன், பாதையின் ஆரம் r_{235} என்க.

$$r_{235} = \frac{m_{235}v}{|q|B} = \frac{3.90 \times 10^{-25} \times 1.00 \times 10^5}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.500}$$
$$= 48.8 \times 10^{-2}\,m$$
$$r_{235} = 48.8\,cm$$

$^{235}_{92}U$ ஐசோடோப்பு மேற்கொண்ட அரைவட்டப் பாதையின் விட்டம் $d_{235} = 2r_{235} = 97.6$ cm

$^{238}_{92}U$ இன் பாதையின் ஆரம் r_{238} என்க

$$r_{238} = \frac{m_{238}v}{|q|B} = \frac{3.95 \times 10^{-25} \times 1.00 \times 10^5}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.500}$$
$$= 49.4 \times 10^{-2}\,m$$
$$r_{238} = 49.4\,cm$$

$^{238}_{92}U$ ஐசோடோப்பு மேற்கொண்ட அரைவட்டப் பாதையின் விட்டம் $d_{238} = 2r_{238} = 98.8$ cm

எனவே, இவ்விரண்டு ஐசோடோப்புகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவு

$\Delta d = d_{238} - d_{235} = 1.2\,\text{cm}$

(ஆ) ஒவ்வொரு ஐசோடோப்பும் அரை வட்டப்பாதையை நிறைவு செய்ய எடுத்துக்கொண்ட நேரங்கள் முறையே

$$t_{235} = \frac{\text{இடப்பெயர்ச்சியின் எண்மதிப்பு}}{\text{திசைவேகம்}}$$

$$= \frac{97.6\times10^{-2}}{1.00\times10^{5}} = 9.76\times10^{-6}\,s = 9.76\,\mu s$$

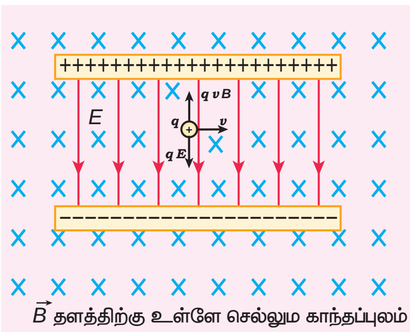
$$t_{238} = \frac{\text{இடப்பெயர்ச்சியின் எண்மதிப்பு}}{\text{திசைவேகம்}}$$

$$= \frac{98.8\times10^{-2}}{1.00\times10^{5}} = 9.88\times10^{-6}\,s = 9.88\,\mu s$$

இவ்விரண்டு ஐசோடோப்புகளின் நிறைகளின் வேறுபாடு மிகக் குறைவானதாக இருந்தாலும் இவ்வமைப்பு இக்குறைந்த நிறை வேறுபாட்டை அளந்தறியத்தக்க பிரிந்துள்ள தூரமாக மாற்றியுள்ளது. இவ்வமைப்பிற்கு நிறைமாலைமானி (mass spectrometer) என்று பெயர். நிறைமாலைமானி அறிவியலின் பல்வேறு பகுதிகளில் குறிப்பாக மருத்துவம், விண்வெளி அறிவியல், மண்ணியல் போன்றவற்றில் பயன்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டாக மருத்துவத்தில் சுவாச வாயுக்களின் அளவை அளந்தறியவும், உயிரியலில் ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ்ச்சியில் ஏற்படும் எதிர்வினை இயக்கத்தைக் கண்டறியவும் பயன்படுகிறது.

3.10.3 ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகச் செயல்படும் மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலத்தில் மின்துகளின் இயக்கம் (திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பான்)



படம் 3.48 திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பான்

திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பானை விளக்குவதற்காக ஒரு செய்முறை ஆய்வு அமைப்பைக் கருதுவோம் (படம் 3.48). மின்தேக்கியின் இணைத் தட்டுகளுக்கு இடையே உள்ள பகுதியில் சீரான மின்புலமும் $(\vec{E})$ அதற்கு செங்குத்தான திசையில் சீரான காந்தப் புலமும் $(\vec{B})$ நிறுவப்பட்டுள்ளன. மின்னூட்ட மதிப்பு q கொண்ட துகள் ஒன்று இடப்பக்கத்திலிருந்து $\vec{v}$ திசை வேகத்துடன் இவ்வெளியில் நுழையும்போது அதன்மீது செலுத்தப்படும் நிகர விசை

$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}\right)$$

துகள் நேர்மின்துகளாக இருந்தால் அதன் மீது செயல்படும் மின்விசை கீழ்நோக்கிய திசையிலும், லாரன்ஸ் விசை மேல் நோக்கிய திசையிலும் செயல்படும். இவ்விரண்டு விசைகளும் ஒன்றை ஒன்று சமன் செய்யும் போது

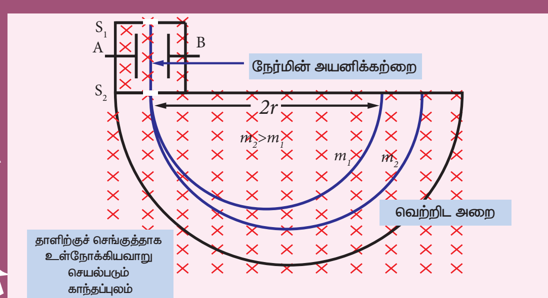
XMFN3B

$$qE = qv_{\circ}B$$

$$\Rightarrow v_{\circ} = \frac{E}{B} \qquad (3.62)$$

குறிப்பு ஐசோடோப்புகளைப் பிரித்தெடுக்க திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பானின் தத்துவம் பெயின்பிரிட்ஜ் நிறைமாலைமானியில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதன் கருத்து எடுத்துக்காட்டு (3.21)ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

பெயின்பிரிட்ஜ் நிறைமாலைமானியின் திட்ட வரைபடம்



இதன் கருத்து என்னவென்றால் கொடுக்கப்பட்ட எண்மதிப்புடைய மின்புலம் ($\vec{E}$) மற்றும் காந்தப்புலம் $\left(\vec{B}\right)$ யில் இயங்கும் குறிப்பிட்ட வேகம் கொண்ட $\left(v_{\circ} = \dfrac{E}{B}\right)$ மின்துகளின் மீது மட்டும் இவ்விசைகள் செயல்படுகின்றன என்பதாகும். இந்த வேகம் மின்துகளின் நிறையையோ, மின்னூட்ட அளவையோ சார்ந்ததல்ல.

எனவே முறையான மின்புலம் மற்றும் காந்தப்புலங்களை தேர்வு செய்வதன் மூலம் குறிப்பிட்ட வேகத்தில் செல்லும் மின்துகளை தேர்வு செய்ய இயலும். இதுபோன்ற புலங்களின் அமைப்பிற்கு **திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பான்** என்று பெயர்.

எடுத்துக்காட்டு 3.22

6.0×10^6 N C^{-1} எண்மதிப்புடைய மின்புலம் E மற்றும் 0.83 T எண்மதிப்புடைய காந்தப்புலம் B இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக செயல்படும் பகுதியில் 200 V மின்னழுத்தத்தால் எலக்ட்ரான் ஒன்று முடுக்கிவிடப்படுகிறது. முடுக்கமடைந்த எலக்ட்ரான் சுழி விலக்கத்தைக் காட்டுமா? இல்லை எனில் எந்த மின்னழுத்தத்திற்கு அது சுழி விலக்கத்தைக் காட்டும்.

தீர்வு:

மின்புலம், $E = 6.0 \times 10^6$ N C^{-1} மற்றும் காந்தப்புலம், $B = 0.83$ T. எனவே,

$$v = \frac{E}{B} = \frac{6.0\times10^6}{0.83}$$
$$= 7.23\times10^6 \text{ ms}^{-1}$$

எலக்ட்ரான் இந்த திசைவேகத்தில் செல்லும்போது சுழி விலக்கத்தைக் காட்டும். இங்கு எலக்ட்ரானை முடுக்குவிக்கப் பயன்படும் மின்னழுத்தம் 200 V. இம்மின்னழுத்தத்தினால் எலக்ட்ரான் இயக்க ஆற்றலைப் பெறும். எனவே,

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$
$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

எலக்ட்ரானின் நிறை $m = 9.1\times10^{31}$ kg. மேலும் அதன் மின்னூட்டம் $|q| = e = 1.6\times10^{-19}$ C. முடுககுவிக்கும் மின்னழுத்தத்தால் எலக்ட்ரான் பெறும் திசைவேகம்

$$v_{200} = \sqrt{\frac{2\left(1.6\times10^{-19}\right)(200)}{\left(9.1\times10^{-31}\right)}} = 8.39\times10^6 \text{ m s}^{-1}$$

இங்கு $v_{200} > v$ எனவே எலக்ட்ரான் லாரன்ஸ் விசையின் திசையில் விலக்கமடையும். எலக்ட்ரான் விலக்கமடையாமல் நேரான பாதையில் செல்லத் தேவையான முடுக்குவிக்கும் மின்னழுத்தம்

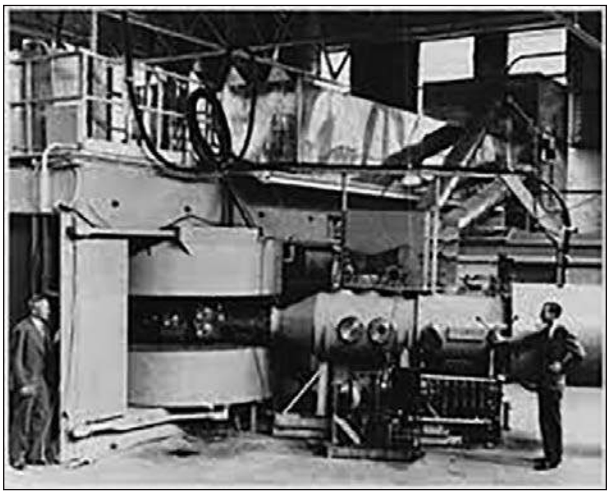
$$V = \frac{1}{2}\frac{mv^2}{e} = \frac{\left(9.1\times10^{-31}\right)\times\left(7.23\times10^6\right)^2}{2\times\left(1.6\times10^{-19}\right)}$$
$$V = 148.65 \text{ V}$$

3.10.4 சைக்ளோட்ரான்

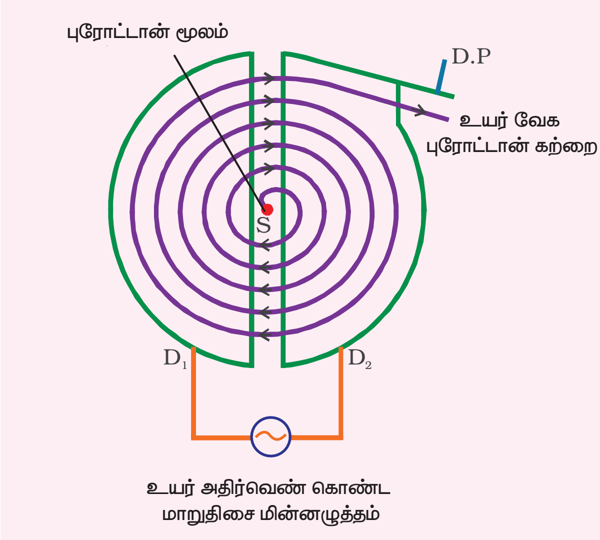
மின்துகள்களை முடுக்குவித்து, அவை பெறும் இயக்க ஆற்றலைப் பயன்படுத்த உதவும் கருவியே சைக்ளோட்ரான் ஆகும். இது படம் 3.49 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதனை உயர் ஆற்றல் முடுக்குவிப்பான் என்றும் அழைக்கலாம். இது லாரன்ஸ் மற்றும் லிவிங்ஸ்டன் என்பவர்களால் 1934 இல் உருவாக்கப்பட்டது.

தத்துவம்

மின்துகள் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக செல்லும்போது, அது லாரன்ஸ் விசையை உணரும்.



படம் 3.49 லாரன்ஸ் மற்றும் லிவிங்ஸ்டன் என்பவர்களால் உருவாக்கப்பட்ட சைக்ளோட்ரான்



படம் 3.50 சைக்ளோட்ரான் வேலை செய்யும் விதம்

கட்டமைப்பு

சைக்ளோட்ரானின் திட்ட வரைபடம் படம் 3.50 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆங்கில எழுத்து 'D' வடிவில் உள்ள இரண்டு அரைவட்ட உலோகக் கொள்கலன்களுக்கு நடுவே மின்துகள்கள் செலுத்தப்படுகின்றன. இந்த அரைவட்ட உலோகக் கொள்கலன்கள் டீக்கள் (Dees) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்த டீக்கள் வெற்றிட அரையினுள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இப்பகுதி முழுவதும் மின்காந்தங்களினால் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சீரான காந்தப்புலத்தினால் சூழப்பட்டுள்ளது. டீக்களின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக காந்தப்புலத்தின் திசை உள்ளது. இரண்டு டீக்களும் ஒரு சிறிய இடைவெளியால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவ்விடைவெளியின் நடுவே முடுக்குவிக்க வேண்டிய மின்துகள்களை உமிழும் மூலம் S உள்ளது. உயர் அதிர்வெண் கொண்ட மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டு மூலம் ஒன்றும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

வேலை செய்யும் முறை

அயனிமூலம் S, நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட அயனி ஒன்றை உமிழ்கிறது எனக் கருதுக. அயனி உமிழப்பட்ட அதே நேரத்தில் எதிர் மின்னழுத்தம் கொண்ட Dயினால் அந்த அயனி முடுக்கப்படுகிறது. (D-1 என்க). இங்கு டீக்களின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக காந்தப்புலம் செயல்படுவதால் அயனி வட்டப்பாதையை மேற்கொள்ளும். D-1 இல் அரை வட்டப்பாதையை அயனி நிறைவு செய்த உடன், டீக்களுக்கு நடுவே உள்ள இடைவெளியை அடையும் அந்நேரத்தில் டீக்களின் துருவம் (Polarity) மாற்றப்படும். (டீக்களின் மின்னழுத்தம் மாற்றப்படும்). எனவே அயனி D – 2 ஐ நோக்கி அதிக திசைவேகத்துடன் முடுக்கப்படும் இதனால் அயனி ஒரு வட்டப்பாதையை நிறைவு செய்யும். மின்துகள் q வட்டப்பாதை இயக்கத்தை மேற்கொள்ளத் தேவையான மையநோக்கு விசையை லாரன்ஸ் விசை கொடுக்கிறது.

$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$
$$\Rightarrow r = \frac{m}{qB}v$$
$$\Rightarrow r \propto v \qquad (3.63)$$

சமன்பாடு (3.63) லிருந்து, திசைவேகத்தில் ஏற்படும் அதிகரிப்பை அறியலாம். இவ்வாறு தொடர்ந்து நிகழும்போது மின்துகள் சுற்றும் சுருள் வட்டப்பாதையின் ஆரம் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்லும். மின்துகளானது டீக்களின் ஓரத்தை நெருங்கும்போது, விலக்கத்தகட்டின் (Deflection plate) உதவியுடன் அதனை வெளியேற்றி இலக்கின் (T) மீது மோதச் செய்யலாம்.

சைக்ளோட்ரான் செயல்பாட்டின் மிக முக்கிய நிபந்தனை ஒத்திசைவு நிபந்தனையாகும். காந்தப்புலத்தில் சுழலும் நேர்மின் அயனியின் அதிர்வெண் f ஆனது, மாறாத அதிர்வெண் கொண்ட மாறுதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டு மூலத்தின் அதிர்வெண்ணுக்குச் $f_{\text{அலையியற்றி}}$ சமமாக இருக்கும்போது மட்டுமே ஒத்திசைவு நிபந்தனை பூர்த்தி அடைகிறது.

சமன்பாடு (3.60) இல் இருந்து

$$f_{\text{அலையியற்றி}} = \frac{qB}{2\pi m}$$

மின்துகளின் அலைவுநேரம்

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

மின்துகளின் இயக்க ஆற்றல்

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2B^2r^2}{2m} \qquad (3.64)$$

சைக்ளோட்ரானின் வரம்புகள்

(அ) அயனியின் வேகம் வரம்புக்குட்பட்டது.
(ஆ) எலக்ட்ரானை முடுக்குவிக்க இயலாது.
(இ) மின்னூட்டமற்ற துகள்களை முடுக்குவிக்க இயலாது.

குறிப்பு

டியூட்ரான்களை (ஒரு புரோட்டான் மற்றும் ஒரு நியூட்ரான் கொண்ட தொகுப்பு) முடுக்கமுடியும். ஏனெனில், இதன் மின்னூட்டம், ஒரு புரோட்டானின் மின்னூட்டத்திற்குச் சமமானதாகும். ஆனால் நியூட்ரானை (சுழி மின்னூட்டம் கொண்ட துகள்) சைக்ளோட்ரான் கொண்டு முடுக்க இயலாது

பெரிலியத்தை, டியூட்ரான் கொண்டு மோதச் செய்யும்போது உயர் ஆற்றலுடைய நியூட்ரான் கற்றை வெளியேறும். இந்த நியூட்ரான் கற்றையை புற்றுநோய் தாக்கப்பட்ட பகுதியில் செலுத்தும்போது அது புற்றுநோய் செல்லின் DNA வைத்தாக்கி அழிக்கும் இதற்கு வேக – நியூட்ரான் புற்றுநோய் சிகிச்சை முறை (Fast – neutron cancer therapy) என்று பெயர்.

எடுத்துக்காட்டு 3.23

1T காந்தப்புல வலிமையில் செயல்படும் சைக்ளோட்ரானைப் பயன்படுத்தி புரோட்டான்களை முடுக்குவிக்கும் நிகழ்வில் Dக்களுக்கிடையே உள்ள மாறும் மின்புலத்தின் அதிர்வெண்ணைக் காண்க.

தீர்வு

காந்தப்புல வலிமை $B = 1$ T

புரோட்டானின் நிறை, $m_p = 1.67\times10^{-27}$ kg

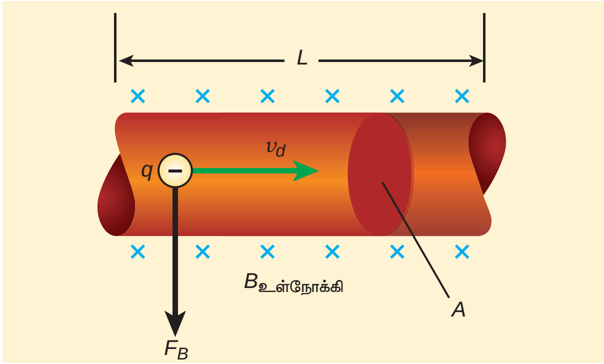
புரோட்டானின் மின்னூட்டம், $q = 1.60\times10^{-19}$ C

$$f = \frac{qB}{2\pi m_p} = \frac{(1.60\times10^{-19})(1)}{2(3.14)(1.67\times10^{-27})}$$

$$= 15.3\times10^{6}\,\text{Hz} = 15.3\,\text{MHz}$$

3.10.5 காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசை

மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி ஒன்றை காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது, கடத்தி உணரும் விசை, அக்கடத்தியில் உள்ள ஒவ்வொரு மின்துகளின் மீதும் செயல்படும் லாரன்ஸ் விசையின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும். படம் 3.51 இல் காட்டியுள்ளவாறு, I மின்னோட்டம் பாயும் A குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு கொண்ட dl நீளமுள்ள கம்பியின் (கடத்தியின்) சிறுபகுதி ஒன்றைக் கருதுக. மின்னோட்டம் பாயும் கம்பியிலுள்ள கட்டுறா



படம் 3.51 காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி

எலக்ட்ரான்கள் மின்னோட்டத்தின் (I) திசைக்கு எதிராக நகர்கின்றன. எனவே மின்னோட்டம் I மற்றும் இழுப்பு திசைவேகம் v_d யின் எண்மதிப்பு இவற்றுக்கான தொடர்பு பின்வருமாறு (அலகு 2 ஐப் பார்க்கவும்)

$$I = neAv_d \qquad (3.65)$$

மின்னோட்டம் பாயும் இந்த கடத்தியை காந்தப்புலத்தினுள் $\vec{B}$ வைக்கும்போது, கடத்தியிலுள்ள மின்துகள் உணரும் சராசரி விசை (இங்கு எலக்ட்ரான்)

$$\vec{f} = -e\left(\vec{v}_d \times \vec{B}\right)$$

n என்பதை ஓரலகு பருமனுக்கான கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை எனக் கொண்டால்

$$n = \frac{N}{V}$$

இங்கு N என்பது $V = Adl$ பருமனுள்ள கடத்தியின் சிறுபகுதியில் உள்ள கட்டுறா எலக்ட்ரான்களின் மொத்த எண்ணிக்கையாகும்.

எனவே dl நீளமுள்ள கடத்தியின் சிறுபகுதியின் மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசையானது அப்பகுதியில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையையும் ($N = nAdl$), ஒரு எலக்ட்ரானின் மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசையையும் பெருக்கினால் கிடைப்பதாகும்.

$$\vec{F} = -enAdl\left(\vec{v}_d \times \vec{B}\right)$$

dl இன் நீளம், கம்பியின் நீளத்தின் திசையிலேயே உள்ளது. எனவே கடத்தியின் மின்னோட்டக்கூறு $Id\vec{l} = -enA\vec{v}_d dl$. எனவே கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசை

$$d\vec{F} = \left(I\, d\vec{l} \times \vec{B}\right) \qquad (3.66)$$

சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள l நீளமுள்ள I மின்னோட்டம் பாயும் நேர்க்கடத்தி உணரும் விசை

$$\vec{F}_{மொத்தம்} = \left(I\vec{l} \times \vec{B}\right) \qquad (3.67)$$

எண்மதிப்பில்,

$$F_{மொத்தம்} = BIl\sin\theta$$

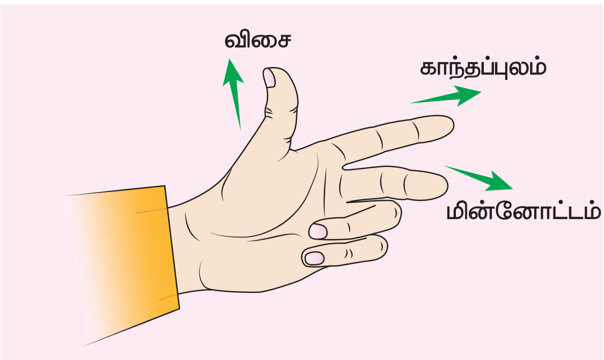
சிறப்பு நேர்வுகள்

(அ) காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு இணையாக மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியை வைக்கும்போது, இவற்றுக்கிடையேயான கோணம் $\theta = 0^{\circ}$. எனவே மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி உணரும் விசை சுழியாகும்.

(ஆ) காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு செங்குத்தாக மின்னோட்டம்பாயும்கடத்தியைவைக்கும்போது, இவற்றுக்கிடையேயான கோணம் $\theta = 90^{\circ}$. எனவே, மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி பெரும விசையை உணரும் $F_{மொத்தம்} = BIl$.

பிளெமிங்கின் இடதுகை விதி

காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தி ஒன்றின் மீது செயல்படும் விசையின் திசையை படம் 3.52 இல் காட்டியுள்ளவாறு பிளெமிங்கின் இடதுகை விதியிலிருந்து (FLHR) அறியலாம்.

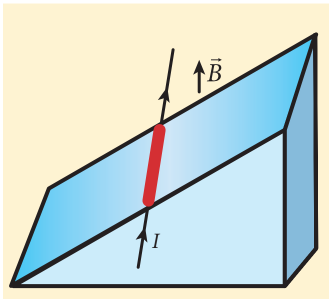


படம் 3.52 பிளெமிங்கின் இடதுகை விதி (FLHR)

ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான திசையில் உள்ளவாறு இடதுகையின் ஆள்காட்டி விரல், நடுவிரல் மற்றும் பெருவிரலை நீட்டி வைக்கும்போது, ஆள்காட்டிவிரல் காந்தப்புலத்தின் திசையையும், நடுவிரல் மின்னோட்டத்தின் திசையையும் காட்டினால், பெருவிரல் கடத்தி உணரும் விசையின் திசையைக் காட்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.24

நீள் அடர்த்தி 0.25 kg m^{-1} கொண்ட உலோகத் தண்டு ஒன்று வழுவழுப்பான சாய்தளத்தின் மீது கிடைமட்டமாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. சாய்தளம் கிடைத்தளப்பரப்புடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் 45°. உலோகத்தண்டு சாய்தளத்தில் வழுக்கிச் செல்லாமல் இருப்பதற்காக, அதன் வழியே குறிப்பிட்ட அளவு மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டு, செங்குத்துத்திசையில் 0.25 T வலிமை கொண்ட காந்தப்புலம் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. உலோகத்தண்டு வழுக்காமல், சாய்தளத்தின்மீது நிலையாக இருக்க உலோகத்தண்டின் வழியே பாய வேண்டிய மின்னோட்டத்தின் அளவைக் காண்க.

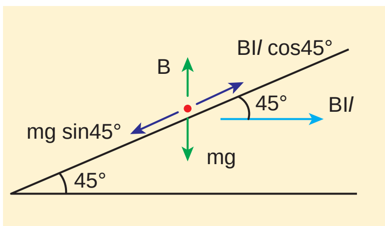


தீர்வு

தண்டின் நீள் அடர்த்தி அதாவது ஓரலகு நீளத்திற்கான நிறை 0.25 kg m^{-1} ஆகும்.

$$\Rightarrow \frac{m}{l} = 0.25 \text{ kg m}^{-1}$$

I அளவுள்ள மின்னோட்டம் இந்த உலோகத்தண்டின் வழியாக செல்வதாகக் கருதுக. இம்மின்னோட்டம் இப்புத்தகத்தாளின் உள்நோக்கிய திசையில் செல்ல வேண்டும். காந்தவிசை IBL இன் திசையை பிளெமிங்கின் இடதுகை விதியிலிருந்து அறியலாம்.



உலோகத்தண்டு சமநிலை அடைவதற்கு

$$mg\sin 45^{\circ} = IBl\cos 45^{\circ}$$

$$\Rightarrow I = \frac{1}{B}\frac{m}{l}g\tan 45^{\circ}$$

$$= \frac{0.25\,\text{kg m}^{-1}}{0.25T}\times 1\times 9.8\ \text{m s}^{-2}$$

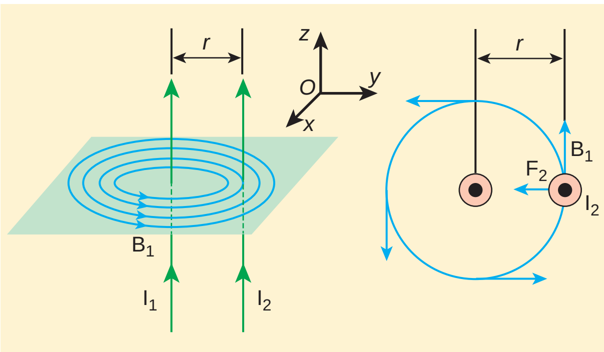
$$\Rightarrow I = 9.8\,\text{A}$$

எனவே உலோகத்தண்டு வழுக்காமல் நிலையாக சாய்தளத்தின்மீது நிற்க செலுத்த வேண்டிய மின்னோட்டம் 9.8 A ஆகும்.

3.10.6 நீண்ட இணையான மின்னோட்டம் பாயும் இரு கடத்திகளுக்கிடையே ஏற்படும் விசை

நீண்ட இணையான மின்னோட்டம் பாயும் இரண்டு கடத்திகள் r இடைவெளியில் காற்றில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை படம் 3.53 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. கடத்திகள் A மற்றும் B யின் வழியே ஒரே திசையில் பாயும் மின்னோட்டங்கள் I_1 மற்றும் I_2 என்க. (அதாவது z – அச்சுதிசையில்) A கடத்தியில் பாயும் I_1 மின்னோட்டத்தினால் r தொலைவில் ஏற்படும் நிகர காந்தப்புலம்

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}(-\hat{i}) = -\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}\hat{i}$$



படம் 3.53 இரு நீண்ட இணையான மின்னோட்டக் கடத்திகள்

வலதுகை பெருவிரல் விதியிலிருந்து, காந்தப்புலத்தின் திசை தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் உள்நோக்கிச் செயல்படும் வகையிலும் காணப்படும் (அம்புக்குறி தாளுக்கு உள்ளே செல்லும் வகையில் ⊗). அதாவது எதிர்க்குறி $\hat{i}$ திசையில்

கடத்தி B யில் dl நீளமுள்ள சிறு கூறு ஒன்றைக் கருதுக. அச்சிறு கூறு $\vec{B}_1$ காந்தப்புலத்தில் உள்ளது என்க. சமன்பாடு 3.66 லிருந்து B கடத்தியின் dl நீளமுள்ள சிறு கூறின்மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசை

$$d\vec{F} = \left(I_2 d\vec{l}\times\vec{B}_1\right) = -I_2 dl\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}(\hat{k}\times\hat{i})$$

$$= -\frac{\mu_\circ I_1 I_2 dl}{2\pi r}\hat{j}$$

எனவே B கடத்தியிலுள்ள dl நீள சிறு கூறு மீது செயல்படும் விசையின் திசை A கடத்தியை நோக்கி காணப்படும். எனவே dl நீளமுள்ள சிறுகூறு கடத்தி A வை நோக்கி ஈர்க்கப்படும். A கடத்தியினால், B கடத்தியின் ஓரலகு நீளத்தில் செயல்படும் விசை

$$\frac{\vec{F}}{l} = -\frac{\mu_\circ I_1 I_2}{2\pi r}\hat{j}$$

இதேபோன்று, I_2 மின்னோட்டம்பாயும் B கடத்தியினால் r தொலைவிலுள்ள A கடத்தியின் dl நீளமுள்ள சிறு கூறினைச் சுற்றி உருவான காந்தப்புலத்தின் $(\vec{B}_2)$ மதிப்பைக் காணலாம்.

$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r}\hat{i}$$

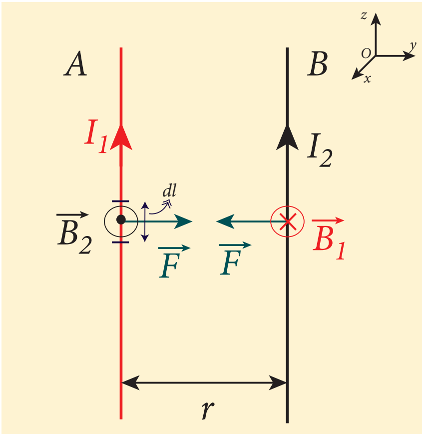
வலதுகை பெருவிரல் விதியிலிருந்து, காந்தப்புலத்தின் திசை தாளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் வெளிநோக்கிச் செயல்படும் வகையிலும் காணப்படும் (அம்புக்குறி தாளிலிருந்து வெளியேறி செல்லும் வகையில் ⊙) அதாவது நேர்க்குறி $\hat{i}$ திசையில்.

எனவே கடத்தி A யில் உள்ள dl நீள சிறு கூறின் மீது செயல்படும் காந்தவிசை

$$d\vec{F} = \left(I_1 d\vec{l}\times\vec{B}_2\right) = I_1 dl\frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r}(\hat{k}\times\hat{i})$$

$$= \frac{\mu_\circ I_1 I_2 dl}{2\pi r}\hat{j} \qquad (3.68)$$

எனவே, A கடத்தியிலுள்ள dl நீள சிறு கூறு மீது செயல்படும் விசையின் திசை B கடத்தியை நோக்கி காணப்படும். எனவே dl நீளமுள்ள சிறு கூறு B கடத்தியை நோக்கி ஈர்க்கப்படும் இது படம் (3.54) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

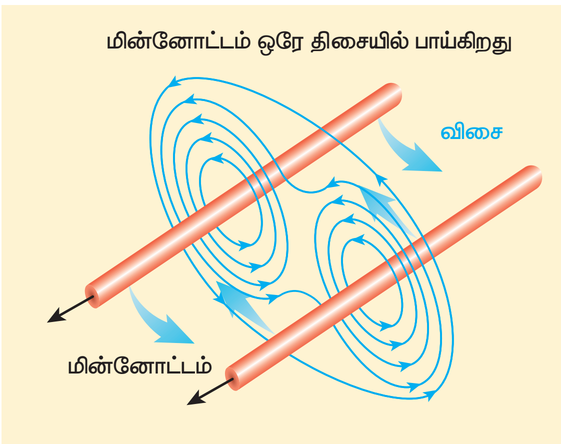


படம் 3.54 ஒரே திசையில் மின்னோட்டம் பாயும் இரண்டு கடத்திகள் – ஒன்றை ஒன்று ஈர்க்கும்.

B கடத்தியினால், A கடத்தியின் ஓரலகு நீளத்தில் செயல்படும் விசை

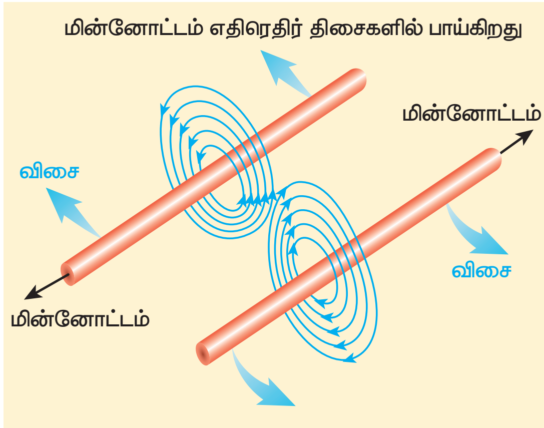
$$\frac{\vec{F}}{l} = \frac{\mu_\circ I_1 I_2}{2\pi r}\hat{j}$$

இரு இணை கடத்திகளின் வழியே, ஒரே திசையில் மின்னோட்டம் பாயும்போது, அவற்றுக்கிடையே ஈர்ப்புவிசை தோன்றும் .இது படம் 3.55 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.55 ஒரே திசையில் மின்னோட்டம் பாயும் இரு இணை கடத்திகள் ஈர்ப்பு விசையை உணரும்

இரு இணைகடத்திகளின் வழியே, எதிரெதிர் திசைகளில் மின்னோட்டம் பாயும்போது அவற்றுக்கிடையே விலக்குவிசை தோன்றும். இது படம் 3.56 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.56 விலக்கு விசையை உணரும், எதிரெதிர் திசையில் மின்னோட்டம்பாயும் இரு இணைகடத்திகள்

ஆம்பியர் வரையறை

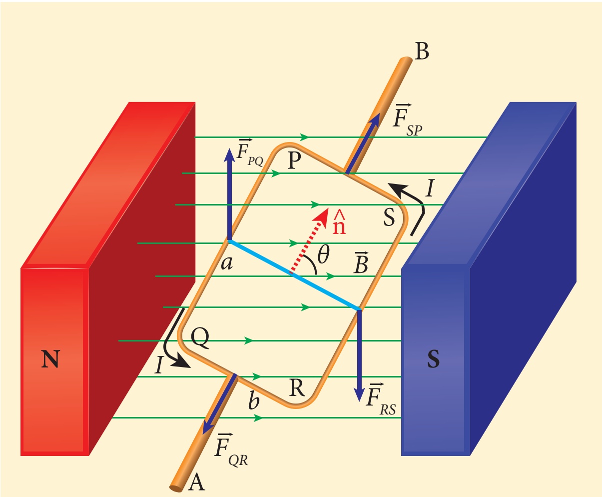
வெற்றிடத்தில் ஒரு மீட்டர் இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள முடிவிலா நீளம் கொண்ட இரு இணைகடத்திகள் ஒவ்வொன்றின் வழியாகவும் பாயும் மின்னோட்டத்தினால், ஒவ்வொரு கடத்தியும் ஓரலகு நீளத்திற்கு 2×10^{-7} N விசையை உணர்ந்தால், ஒவ்வொரு கடத்தியின் வழியாகவும் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு ஒரு ஆம்பியராகும்.

3.11 மின்னோட்டச் சுற்றின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசை

காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசை, விசைப்பொறி (motor) ஒன்றின் செயல்பாட்டிற்கு அடிப்படையாக அமைகிறது.

3.11.1 காந்தப்புலத்திலுள்ள மின்னோட்டச் சுற்றின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசை

சீரான காந்தப்புலம் $\vec{B}$ ல் வைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்டம் I பாயும் செவ்வகச் சுருள் ABCDஐக் கருதுக. சுருளின் நீளம் மற்றும் அகலம் முறையே a மற்றும் b என்க. படம் 3.57ல் காட்டியுள்ளபடி சுருளின் தளத்திற்கு செங்குத்தாக வரையப்பட்ட ஓரலகு வெக்டர் $\hat{n}$ காந்தப்புலத்திற்கு θ கோணத்தில் உள்ளது.



படம் 3.57 காந்தப்புலத்தில் உள்ள செவ்வகக் கம்பிச்சுருள்

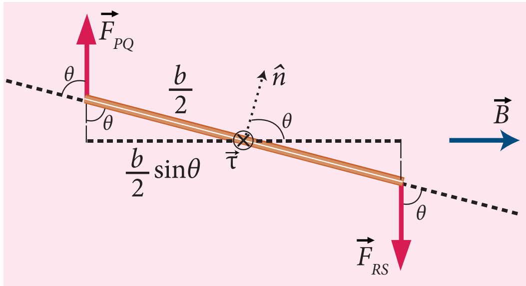


Figure 3.58 மின்னோட்ட வளையத்தின் பக்கவாட்டுத் தோற்றம்

மின்னோட்டம் தாங்கிய பகுதி PQ ன் மீது செயல்படும் விசையின் எண்மதிப்பு $F_{PQ} = IaB\sin\left(\pi/2\right) = IaB$. இது மேல்நோக்கிய திசையில் செயல்படுகிறது என்பதை வலக்கைத் திருகு விதியைப் பயன்படுத்தி அறியலாம்.

பகுதி QR மீது செயல்படும் விசையின் எண்மதிப்பு $F_{QR} = IbB\sin\left(\pi/2 - \theta\right) = IbB\cos\theta$. இவ்விசையின் திசை படம் 3.57ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

பகுதி RS மீது செயல்படும் விசையின் எண் மதிப்பு $F_{RS} = IaB\sin\left(\pi/2\right) = IaB$. இவ்விசை கீழ்நோக்கிய திசையில் செயல்படுகிறது.

பகுதி SP மீது செயல்படும் விசையின் எண் மதிப்பு $F_{SP} = IbB\sin\left(\pi/2 + \theta\right) = IbB\cos\theta$. இவ்விசையின் திசை படம் 3.57ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

F_{QR} மற்றும் F_{SP} ஆகிய இவ்விரு விசைகள் சமமாகவும் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையில் அமைந்து ஒரே நேர்க்கோட்டிலும் செயல்படுவதால் அவை ஒன்றையொன்று சமன் செய்துவிடுகின்றன. ஆனால், F_{PQ} மற்றும் F_{RS} ஆகிய இவ்விரு விசைகள் சமமாகவும் ஒன்றுக்கொன்று எதிர்த்திசையில் இருந்தாலும் ஒரே நேர்க்கோட்டில் செயல்படாததால், அவை இரட்டையை உருவாக்கி வளையத்தின் மீது ஒரு திருப்புவிசையை செலுத்துகின்றன.

அச்சு ABஐப் பொறுத்து பகுதி PQன் மீது செயல்படும் திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு

$$\tau_{PQ} = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right)IaB$$

AJ2HS7

இது AB திசையில் செயல்படுகின்றது. அச்சு ABஐப் பொறுத்து பகுதி RSன் மீது செயல்படும் திருப்புவிசையின் எண்மதிப்பு

$$\tau_{RS} = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right)IaB$$

மேலும் இதுவும் ABன் திசையிலேயே செயல்படுகின்றது (படம் 3.58).

அச்சு ABஐப் பொறுத்து வளையத்தின் மீது செயல்படும் மொத்த திருப்புவிசை

$$\tau = \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right)F_{PQ} + \left(\frac{b}{2}\sin\theta\right)F_{RS}$$
$$= Ia(b\sin\theta)B$$
$$\tau = IAB\sin\theta$$

இது ABன் திசையில் செயல்படுகிறது.

வெக்டர் வடிவில்,

$$\vec{\tau} = \left(I\vec{A}\right)\times\vec{B}$$

மேலேயுள்ள சமன்பாட்டினை காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் அடிப்படையில் எழுதினால்,

$$\vec{\tau} = \vec{p}_m \times \vec{B} \qquad \text{இங்கு } \vec{p}_m = I\vec{A}$$

இத்திருப்புவிசை வளையத்தை சுழலச் செய்து அதன் ஓரலகு செங்குத்து வெக்டரை காந்தப்புலத்தின் திசையில் ஒருங்கமைக்கும் விதத்தில் செயல்படுகின்றது.

செவ்வக வளையத்தில் சுற்றுகள் இருப்பின், திருப்புவிசை

$$\tau = NIAB\sin\theta$$

சிறப்பு நேர்வுகள்:

(அ) $\theta = 90°$ அல்லது வளையத்தின் தளம் காந்தப்புலத்திற்கு இணையாக உள்ளபோது, மின்னோட்ட வளையத்தின் மீதான திருப்புவிசை பெருமம் ஆகும்.

$$\tau_{max} = IAB$$

(ஆ) $\theta = 0°/180°$ அல்லது வளையத்தின் தளம் காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளபோது, மின்னோட்ட வளையத்தின் மீதான திருப்புவிசை சுழியாகும்.

3.11.2 இயங்கு சுருள் கால்வனோமீட்டர்

ஒரு மின்சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கண்டறியப் பயன்படும் ஒரு கருவி, இயங்குசுருள் கால்வனோமீட்டராகும்.

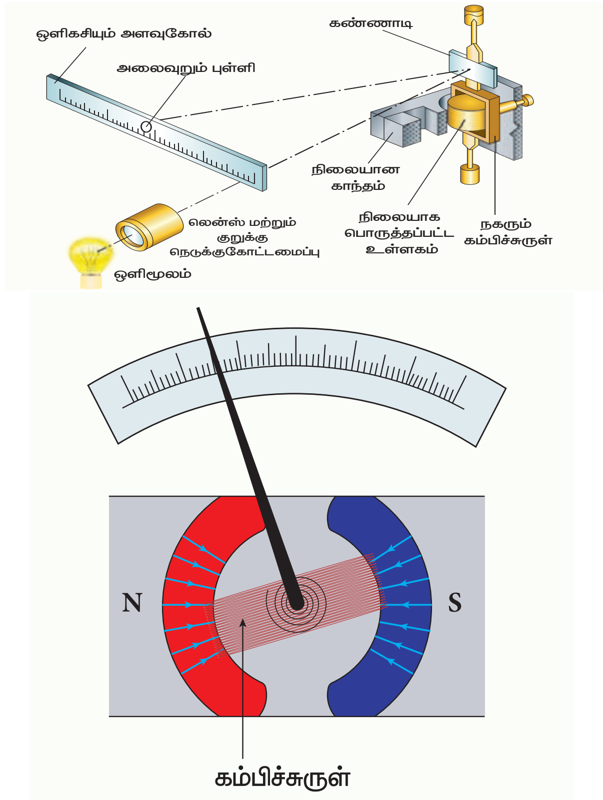
தத்துவம்

மின்னோட்டம் பாயும் வளையம் ஒன்றை சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது அது ஒரு திருப்புவிசையை உணரும்.

அமைப்பு

இயங்கு சுருள் கால்வனோ மீட்டரில், மெல்லிய காப்பிடப்பட்ட தாமிரக் கம்பியால் சுற்றப்பட்ட செவ்வக வடிவ கம்பிச்சுருள் PQRS ஒன்று உள்ளது. அதிக சுற்றுக்களை உடைய இக்கம்பிச்சுருள் இலேசான உலோகச் சட்டத்தின் மீது நெருக்கமாக சுற்றப்பட்டுள்ளது. படம் 3.59 இல் காட்டியுள்ளவாறு உருளைவடிவ தேனிரும்பு உள்ளகம் ஒன்று கம்பிச்சுருளின் உள்ளே சமச்சீராகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த செவ்வகவடிவ கம்பிச்சுருள் குதிரைலாட காந்தத்தின் இரண்டு முனைகளுக்கு நடுவே தடையின்றி தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.

செவ்வகக் கம்பிச்சுருளின் மேல்முனை பாஸ்பர் வெண்கல இழையினால் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதேபோன்று கம்பிச்சுருளின் கீழ்முனை பாஸ்பர் வெண்கலத்தால் செய்யப்பட்ட இழைச் சுருள் வில்லுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. மெல்லிய தொங்கு இழையில் சிறிய சமதள ஆடி ஒன்று பொருத்தப்பட்டுள்ளது. விளக்கு மற்றும் அளவுகோல் அமைப்பின் உதவியுடன் இந்த



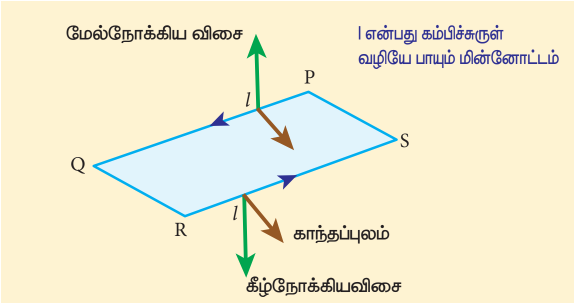
படம் 3.59 இயங்குசுருள் கால்வனோமீட்டர் மற்றும் அதன் பாகங்கள்

சமதள ஆடியைப் பயன்படுத்தி கம்பிச்சுருளில் ஏற்படும் விலகலை அளவிடலாம். அதன் மறுமுனை ஒரு திருகுமுனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பிச்சுருள் வழியே மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த மெல்லிய கம்பி இழை மற்றும் இழைச்சுருள்வில் S ஆகியவை மின்முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

வேலை செய்யும் முறை

l நீளமும் b அகலமும் கொண்ட PQRS செவ்வக கம்பிச்சுருளின் ஒரே ஒரு சுற்றை மட்டும் கருதுவோம். $PQ = RS = l$ மற்றும் $QR = SP = b$. I என்ற மின்னோட்டம் கம்பிச்சுருள் PQRS வழியே படம் 3.60 இல் காட்டியுள்ளவாறு பாய்கிறது என்க. குதிரைலாட வடிவ காந்தத்தில் அரைக்கோள காந்த முனைகள் உள்ளன. இவை ஓர் ஆரவகை காந்தப்புலத்தைத் (Radial magnetic field) தோற்றுவிக்கும். இந்த ஆரவகை காந்தப்புலத்தினால் QR மற்றும் SP பக்கங்கள் எப்போதும் காந்தப்புலத்திற்கு B இணையாக இருக்கும். மேலும் எவ்வித விசையையும் உணராது. PQ மற்றும் RS பக்கங்கள் எப்பொழுதும் காந்தப்புலத்திற்கு B செங்குத்தாக இருப்பதால் விசையை உணரும். இக்காரணத்தினால் திருப்பு விசை ஏற்படும்.

கம்பிச்சுருளின் ஒரு சுற்றுக்கு, விலகு இரட்டை



படம் 3.60 மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிச்சுருளின் மீது செயல்படும் விசை

$$\tau = bF = bBIl = (lb)\,BI = ABI$$

இங்கு கம்பிச்சுருளின் பரப்பு $A = lb$. எனவே N சுற்றுகள் கொண்ட கம்பிச்சுருளுக்கு நாம் பெறுவது

$$\tau = NABI \qquad (3.69)$$

இந்த விலகு திருப்புவிசையினால் கம்பிச்சுருள் முறுக்கப்பட்டு, கம்பியில் ஓர் மீட்சி திருப்புவிசை (restoring torque) (மீட்சி இரட்டை என்றும் அழைக்கலாம்) உருவாகும். எனவே மீட்சி இரட்டையின் எண்மதிப்பு, முறுக்குக் கோணம் θ விற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். எனவே

$$\tau = K\theta \qquad (3.70)$$

இங்கு K என்பது ஓரலகு முறுக்கத்திற்கான மீட்சி இரட்டை அல்லது சுருள்வில்லின் முறுக்குமாறிலி ஆகும்.

சமநிலையில், விலகு இரட்டை மீட்சி இரட்டைக்குச் சமமாகும். எனவே,

$$NABI = K\,\theta$$

$$\Rightarrow I = \frac{K}{NAB}\theta \text{ (அல்லது) } I = G\,\theta \qquad (3.71)$$

இங்கு $G = \frac{K}{NAB}$ என்பது கால்வனோமீட்டர் மாறிலி அல்லது கால்வனோமீட்டரின் மின்னோட்ட சுருக்கக் கூற்றெண் எனப்படும்.

தொங்கவிடப்பட்ட இயங்கு சுருள் கால்வனோமீட்டர் மிகவும் உணர்திறன் (Sensitivity) வாய்ந்ததாகும். மிக்க கவனத்துடன் இதனைக் கையாள வேண்டும். நாம் பயன்படுத்தும் பெரும்பான்மையான கால்வனோமீட்டர்கள் குறிமுள் வகை கால்வனோ மீட்டர்களாகும்.

கால்வனோமீட்டரின் தகுதியொப்பெண்

கால்வனோமீட்டர் அளவுகோலின் ஒரு பிரிவுக்கான விலகலை ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டத்தின் அளவே, கால்வனோ மீட்டரின் தகுதியொப்பெண் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

கால்வனோமீட்டரின் உணர்திறன்

ஒரு கால்வனோமீட்டர் வழியே செலுத்தப்படும் மிகக்குறைந்த மின்னோட்டத்திற்கு அல்லது அதன் முனைகளுக்கிடைய அளிக்கப்படும் மிகக்குறைந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு, மிக அதிக அளவு விலக்கத்தை ஏற்படுத்தினால், அந்த கால்வனோமீட்டரை உணர்திறன் வாய்ந்தது எனக் கூறலாம்.

மின்னோட்ட உணர்திறன்

கால்வனோ மீட்டர் வழியே பாயும் ஓரலகு மின்னோட்டத்திற்கு ஏற்படும் விலகலே அதன் மின்னோட்ட உணர்திறன் எனப்படும்.

$$I_s = \frac{\theta}{I} = \frac{NAB}{K} \Rightarrow I_s = \frac{1}{G} \qquad (3.72)$$

கால்வனோ மீட்டரின் மின்னோட்ட உணர்திறனை பின்வரும் வழிமுறைகளில் அதிகரிக்கலாம்.

(1) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை அதிகரிப்பதனால் (N)

(2) காந்தப்புலம் Bயை அதிகரிப்பதனால்

(3) கம்பிச் சுருளின் பரப்பு Aயை அதிகரிப்பதனால்

(4) கம்பிச்சுருளைத் தொங்கவிடப் பயன்படும் இழையின் ஓரலகு முறுக்கத்திற்கான இரட்டையை K குறைப்பதன் மூலம் மின்னோட்ட உணர்திறனை அதிகரிக்கலாம்.

இங்கு பாஸ்பர் வெண்கல இழை கம்பிச்சுருளை தொங்கவிடப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏனெனில் இதன் ஓரலகு முறுக்கத்திற்கான இரட்டையின் மதிப்பு மிகக் குறைவானதாகும்.

மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன்

கால்வனோமீட்டரின் முனைகளுக்கிடையே அளிக்கப்படும் ஓரலகு மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான விலகலே, அதன் மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன் எனப்படும்.

$$V_s = \frac{\theta}{V}$$

$$V_s = \frac{\theta}{IR_g} = \frac{NAB}{KR_g} \Rightarrow V_s = \frac{1}{GR_g} = \frac{I_s}{R_g} \qquad (3.73)$$

இங்கு Rg என்பது கால்வனோமீட்டரின் மின்தடையாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.25

ஒரு இயங்குசுருள் கால்வனோமீட்டர் ஒன்றின் கம்பிச்சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை ஐந்து. ஒவ்வொரு சுற்றின் நிகர பரப்பும் 2×10^{-2} m^2. இக்கம்பிச்சுருள் 4×10^{-2} Wb m^{-2} வலிமை கொண்ட காந்தப்புலம் ஒன்றினுள் 4×10^{-9} N m deg^{-1} முறுக்கு மாறிலி K கொண்ட இழையினால் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது.

(அ) கால்வனோமீட்டரின் மின்னோட்ட உணர்திறன் டிகிரி / மைக்ரோ – ஆம்பியரில் காண்க.

(ஆ) 50 பிரிவுகள் கொண்ட அளவுகோலின் முழு விலக்கத்திற்கான மின்னழுத்தம் 25 mV என்ற நிபந்தனையில் அதன் மின்னழுத்த உணர்திறனைக் காண்க.

(இ) கால்வனோமீட்டரின் மின்தடையைக் காண்க.

தீர்வு

கம்பிச் சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை = 5

ஒவ்வொரு சுற்றும் 2×10^{-2} m^2 பரப்பு கொண்டது.

காந்தப்புலத்தின் வலிமை = 4×10^{-2} Wb m^{-2}

கம்பிச்சுருளைத் தொங்கவிடப் பயன்படும் இழையின் முறுக்கு மாறிலி $K = 4 \times 10^{-9}$ N m deg^{-1}

(அ) மின்னோட்ட உணர்திறன்

$$I_S = \frac{NAB}{K} = \frac{5\times2\times10^{-2}\times4\times10^{-2}}{4\times10^{-9}}$$

பிரிவுகள் / ஆம்பியர் அல்லது ஆம்பியர் ஒன்றுக்கு 10^6 பிரிவுகள்

$1\mu A = 1$ மைக்ரோ ஆம்பியர் = 10^{-6} ஆம்பியர்

எனவே,

$I_S = 10^6$

$I_S = 1$ பிரிவு $(\mu A)^{-1}$

(ஆ) மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன்

$$I_S = 10^6 \frac{\text{பிரிவு}}{A} = 1\frac{\text{பிரிவு}}{10^{-6}A} = 1\frac{\text{பிரிவு}}{\mu A}$$

$$I_S = 1_{\text{பிரிவு}}(\mu A)^{-1}$$

(இ) கால்வனோ மீட்டரின் மின்தடை

$$R_g = \frac{I_S}{V_S} = \frac{10^6 \frac{\text{பிரிவு}}{A}}{2\times10^3 \frac{\text{பிரிவு}}{V}} = 0.5\times10^3 \frac{V}{A} = 0.5k\Omega$$

எடுத்துக்காட்டு 3.26

கால்வனோ மீட்டரின் மின்னோட்ட உணர்திறனை 50% அதிகரிக்கும்போது, அதன் மின்தடை, தொடக்க மின்தடையைப் போன்று இருமடங்காகிறது. இந்த நிபந்தனையில் கால்வனோமீட்டரின் மின்னழுத்த உணர்திறன் மாறுமா? அவ்வாறு மாற்றமடைந்தால் எவ்வளவு மாற்றமடையும்?

தீர்வு

ஆம், மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன் மாற்றமடையும். மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன்

$V_S = \frac{I_S}{R}$ கால்வனோ மீட்டரின் மின்தடை இருமடங்காக்கப்பட்டால், புதிய மின்தடை $R' = 2R$

மின்னோட்ட உணர்திறனில் ஏற்பட்ட அதிகரிப்பு

$$I'_S = \left(1+\frac{50}{100}\right)I_S = \frac{3}{2}I_S$$

புதிய மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன்

$$V'_S = \frac{\frac{3}{2}I_S}{2R} = \frac{3}{4}V_S$$

எனவே, மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன் குறையும். மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறனின் சதவிகிதக் குறைவு

$$\frac{V_S - V'_S}{V_S}\times100\% = 25\% \text{ ஆகும்.}$$

ஒரு கால்வனோமீட்டரை அம்மீட்டர் மற்றும் வோல்ட் மீட்டராக மாற்றுதல்

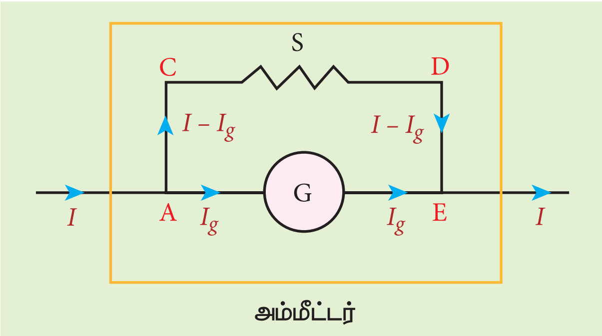
மின்னோட்டத்தைக் கண்டறியும் கால்வனோ மீட்டர் ஓர் உணர்திறன் வாய்ந்த கருவியாகும். இதனை எளிமையாக அம்மீட்டர் (Ammeter) மற்றும் வோல்ட் மீட்டராக (Voltmeter) மாற்றலாம்.

கால்வனோமீட்டரை அம்மீட்டராக மாற்றுதல்

மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை அளக்கப்பயன்படும் கருவியே அம்மீட்டராகும். அம்மீட்டர் மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு மிகக் குறைந்த மின்தடையையே கொடுப்பதால் இது மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை தடுக்காது. எனவே மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை அளக்க, அம்மீட்டரை மின்சுற்றில் தொடரிணைப்பில் இணைக்க வேண்டும்.

கால்வனோமீட்டரை அம்மீட்டராக மாற்ற, அந்த கால்வனோ மீட்டருடன் குறைந்த மின்தடை ஒன்றை பக்க இணைப்பில் இணைக்க வேண்டும்.

இக்குறைந்த மின்தடைக்கு இணைதட மின்தடை (Shunt resistance) S என்று பெயர். கால்வனோமீட்டரின் அளவுகோல் இப்போது ஆம்பியரில் குறிக்கப்பட்டு, அம்மீட்டரின் நெடுக்கம் இணைதட மின்தடையின் மதிப்பைப் பொறுத்து அமைகிறது.



படம் 3.61 இணைத்தட மின்தடை கால்வனோமீட்டருக்கு பக்க இணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது

மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் I என்க. இம்மின்னோட்டம் A சந்தியை அடையும்போது இரு கூறுகளாகப் பிரிகிறது. இது படம் 3.61 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. AGE என்ற பாதை வழியே, R_g மின்தடை கொண்ட கால்வனோமீட்டர் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தை I_g என்க. இணைதட மின்தடை S வழியே ACDE பாதை வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $(I - I_g)$ என்க. இணைதட மின்தடையை சரிசெய்து முழு அளவுகோல் விலக்கத்தைக் காட்டும் வகையில் கால்வனோமீட்டர் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தைச் I_g சரி செய்ய வேண்டும். கால்வனோமீட்டருக்குக் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும், இணைதட மின்தடைக்குக் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும்.

$$V_{\text{கால்வனோமீட்டர்}} = V_{\text{இணைதடம்}}$$

$$\Rightarrow I_g R_g = \left(I - I_g\right) S$$

$$S = \frac{I_g}{\left(I - I_g\right)} R_g \qquad \text{(அல்லது)}$$

$$I_g = \frac{S}{S + R_g} I \Rightarrow I_g \propto I$$

எனவே கால்வனோமீட்டரில் ஏற்படும் விலக்கம், அதன் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$\theta = \frac{1}{G} I_g \Rightarrow \theta \propto I_g \Rightarrow \theta \propto I$$

எனவே கால்வனோமீட்டரில் ஏற்படும் விலக்கம், மின்சுற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தை அளக்கும் (அம்மீட்டர்) கருவியாக செயல்படும்.

இணைதட மின்தடை கால்வனோமீட்டருக்கு பக்க இணைப்பாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே, தொகுபயன் மின்தடையை கணக்கிடுவதன் மூலம் அம்மீட்டரின் மின்தடையைக் கணக்கிடலாம்.

$$\frac{1}{R_{\text{நிகர}}} = \frac{1}{R_g} + \frac{1}{S} \Rightarrow R_{\text{நிகர}} = \frac{R_g S}{R_g + S} = R_a$$

இங்கு இணைத்தடத்தின் மின்தடை மதிப்பு மிகக்குறைவு. எனவே, $\frac{S}{R_g}$ இன் விகிதமும் குறைவாகவே இருக்கும். இதன்பொருள் R_a மதிப்பும் குறைவு என்பதாகும். அதாவது அம்மீட்டர் மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு குறைவான மின்தடையையே அளிக்கும். எனவே மின்சுற்றில் அம்மீட்டரை தொடராக இணைக்கும்போது சுற்றின் மின்தடை மற்றும் மின்னோட்டத்தில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றம் எதையும் ஏற்படுத்தாது. ஒரு நல்லியல்பு அம்மீட்டரின் மின்தடை சுழியாகும். ஆனால் நடைமுறையில் அம்மீட்டர் காட்டும் மின்னோட்டத்தின் அளவு, மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவைவிட சற்றுக் குறைவாகவே இருக்கும். $I_{\text{நல்லியல்பு}}$ என்பது நல்லியல்பு அம்மீட்டர் அளக்கும் மின்னோட்டம் எனவும் $I_{\text{இயல்பு}}$ என்பது அம்மீட்டர் அளக்கும் மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் எனவும் கொண்டால்

$$\frac{\Delta I}{I} \times 100\% = \frac{I_{\text{நல்லியல்பு}} - I_{\text{இயல்பு}}}{I_{\text{நல்லியல்பு}}} \times 100\%$$

முக்கியக் குறிப்புகள்

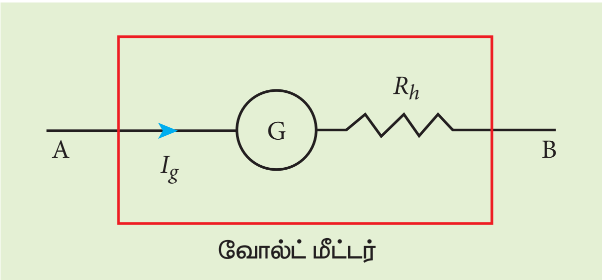
1. அம்மீட்டர் குறைந்த மின்தடை கொண்ட ஒரு கருவியாகும். இதனை எப்போதும் மின்சுற்றில் தொடராகவே இணைக்க வேண்டும்.
2. ஓர் நல்லியல்பு அம்மீட்டர் சுழி மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும்.
3. அம்மீட்டரின் நெடுக்கத்தை n மடங்கு அதிகரிக்க, பக்க இணைப்பில் இணைக்க வேண்டிய இணைதட மின்தடையின் மதிப்பு

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

கால்வனோமீட்டரை வோல்ட்மீட்டராக மாற்றுதல்

மின்சுற்றில் ஏதேனும் இரண்டு புள்ளிகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளவீடு செய்யப் பயன்படும் கருவியே வோல்ட்மீட்டராகும். வோல்ட்மீட்டர் மின்சுற்றிலிருந்து எவ்விதமான மின்னோட்டத்தையும் பெறாது. அவ்வாறு மின்னோட்டத்தைப் பெற்றால் வோல்ட்மீட்டர் அளவிடும் மின்னழுத்தத்தில் மாற்றம் ஏற்பட்டு விடும்.

வோல்ட்மீட்டர் உயர்ந்த மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும். இதனை மின்சுற்றில் பக்க இணைப்பில் இணைக்கும்போது, குறிப்பிடத்தக்க மின்னோட்டம் எதையும் மின்சுற்றிலிருந்து பெறாது. எனவே இது உண்மையான மின்னழுத்த வேறுபாட்டையே காட்டும்.



படம் 3.62 தொடராக இணைக்கப்பட்ட உயர் மின்தடை

ஒரு கால்வனோமீட்டரை வோல்ட்மீட்டராக மாற்ற, கால்வனோமீட்டருடன் தொடரிணைப்பாக உயர் மின்தடை ஒன்றை இணைக்க வேண்டும். இது படம் 3.62 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கால்வனோமீட்டரின் அளவீடுகள் இப்போது வோல்ட்டில் குறிக்கப்பட்டு, வோல்ட்மீட்டரின் நெடுக்கம் உயர் மின்தடையைச் சார்ந்து அமைகிறது. அதாவது மின்னோட்டம் I_g கால்வனோமீட்டரின் அளவுகோலில் முழு விலக்கத்தைக் காட்டும் வகையில், உயர் மின்தடையின் மதிப்பு சரிசெய்யப்படுகிறது.

கால்வனோமீட்டரின் மின்தடை R_g மற்றும் கால்வனோமீட்டரில் முழு விலக்கத்திற்கான மின்னோட்டம் I_g என்க. இங்கு உயர் மின்தடையுடன் கால்வனோமீட்டர் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டமும், கால்வனோமீட்டர் வழியாக பாயும் மின்னோட்டமும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும். அதாவது

$$I = I_g$$

$$I = I_g \Rightarrow I_g = \frac{\text{மின்னழுத்த வேறுபாடு}}{\text{மொத்த மின்தடை}}$$

கால்வனோமீட்டரும், உயர் மின்தடையும் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளதால், மொத்த மின்தடை அல்லது தொகுபயன் மின்தடை வோல்ட்மீட்டரின் மின்தடையைக் கொடுக்கும். வோல்ட்மீட்டரின் மின்தடை

$R_v = R_g + R_h$ ஆகும்

எனவே,

$$I_g = \frac{V}{R_g + R_h}$$

$$\Rightarrow R_h = \frac{V}{I_g} - R_g$$

இங்கு $I_g \propto V$ என்பதை கவனிக்கவும்

கால்வனோமீட்டரில் ஏற்படும் விலக்கம் மின்னோட்டம் I_g க்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். ஆனால் மின்னோட்டம் I_g மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்த்தகவில் உள்ளதால் கால்வனோமீட்டரில் ஏற்படும் விலக்கம் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். வோல்ட்மீட்டரின் மின்தடை மிக அதிகம். எனவே மிகக்குறைந்த மின்னோட்டத்தையே மின்சுற்றிலிருந்து வோல்ட்மீட்டர் பெறும். ஒரு நல்லியல்பு வோல்ட்மீட்டர் முடிவிலா மின்தடையைப் (Infinite resistance) பெற்றிருக்கும்.

முக்கியக் குறிப்புகள்

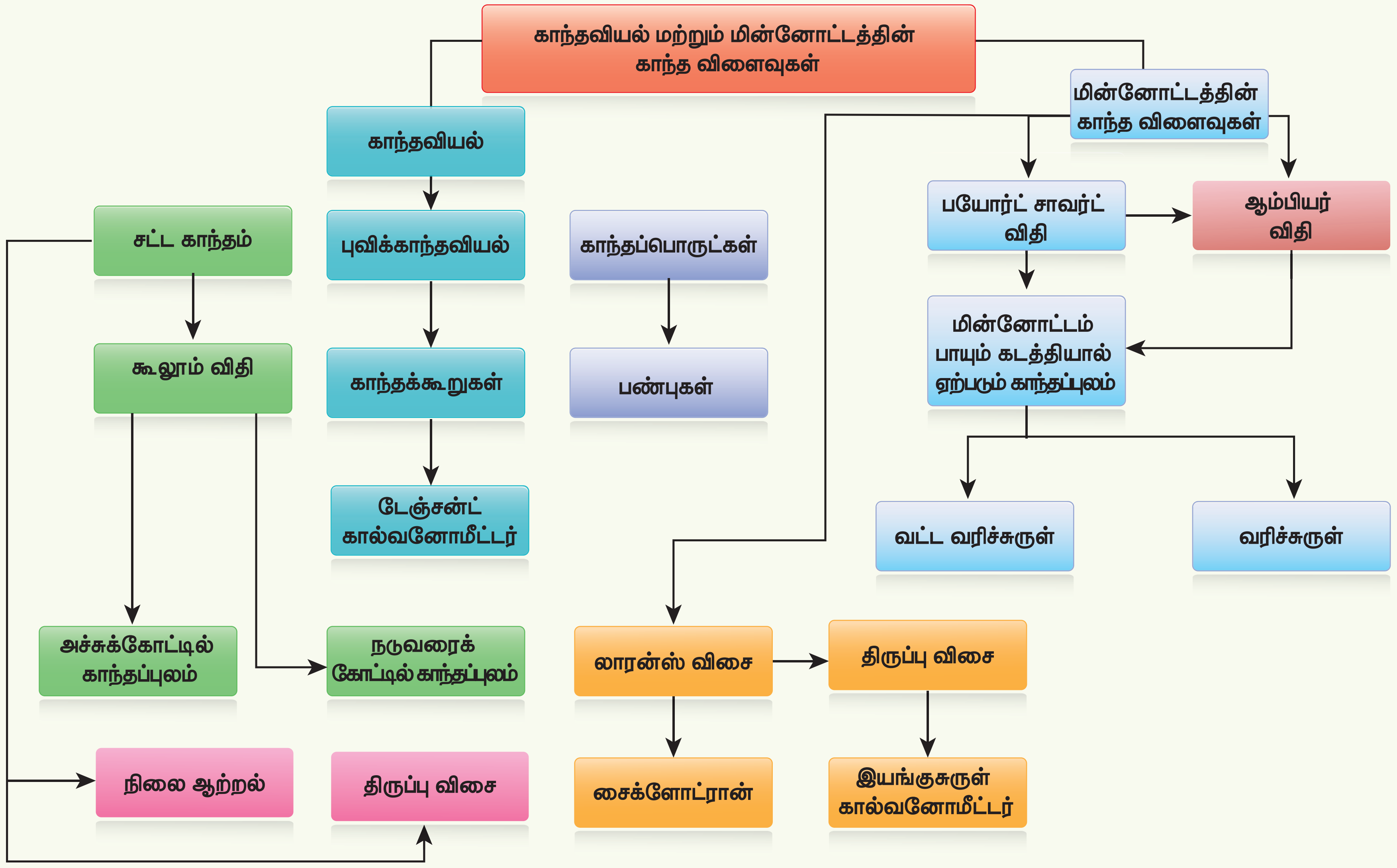
1. வோல்ட்மீட்டரின் மின்தடை மிக அதிகம் என்பதால், மின்சுற்றில் எந்த பகுதியின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் கண்டறிய வேண்டுமோ அதற்கு பக்க இணைப்பாக வோல்ட்மீட்டரை இணைக்க வேண்டும்.
2. ஒரு நல்லியல்பு வோல்ட் மீட்டர் முடிவிலா மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும்.
3. வோல்ட்மீட்டரின் நெடுக்கத்தை n மடங்கு உயர்த்த, கால்வனோமீட்டருடன் தொடரிணைப்பில் இணைக்க வேண்டிய மின்தடையின் மதிப்பு $R_h = (n-1)\, R_g$ ஆகும்.

பாடச்சுருக்கம்

- புவி அச்சின் வழியேச் செல்லும் செங்குத்துத் தளத்திற்கு புவி துருவத்தளம் என்று பெயர்.
- காந்த அச்சின் வழியேச் செல்லும் செங்குத்துத் தளத்திற்கு காந்த துருவத்தளம் என்று பெயர்.
- புள்ளி ஒன்றில் காந்தத்துருவத்தளத்திற்கும், புவிதுருவத்தளத்திற்கும் இடையே உள்ள கோணத்திற்கு சரிவு அல்லது காந்தச் சரிவு என்று பெயர்.
- புள்ளி ஒன்றில் புவியின் மொத்த காந்தப்புலம் $\vec{B}$ காந்த துருவத்தளத்தின் கிடைத்தள திசையுடன் ஏற்படும் கோணத்திற்கு, ஒதுக்கம் அல்லது காந்த ஒதுக்கம் என்று பெயர்.
- ஒரு காந்தத்தின் முனை வலிமை மற்றும் காந்த நீளத்தின் பெருக்கல் பலனுக்கு, காந்தத்திருப்புத்திறன் என்று பெயர். இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும் இதனை $\vec{p}_m$ எனக் குறிப்பிடலாம்.
- ஒரு காந்தத்தைச் சுற்றியுள்ள வெளியில் ஓரலகு வலிமை கொண்ட காந்த முனை உணரக்கூடிய விசைக்கு காந்தப்புலம் என்று பெயர். இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதனை $\vec{B}$ எனக் குறிப்பிடலாம். இதன் அலகு $\text{N A}^{-1}\,\text{m}^{-1}$ ஆகும்.
- ஓரலகு பரப்பின் வழியே செங்குத்தாகக் கடந்து செல்லும் காந்தப்புலக் கோடுகளின் எண்ணிக்கைக்கு காந்தப்பாயம் Φ_B என்று பெயர். இது ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். காந்தப்பாயத்தின் SI அலகு வெபர். குறியீடு Wb.
- காந்தவியலின் கூலூம் விதியின்படி இரு காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள ஈர்ப்பு விசை அல்லது விலக்கு விசையானது, அவற்றின் முனைவலிமைகளின் பெருக்கல் பலனுக்கு நேர்த்தகவிலும், அக்காந்த முனைகளுக்கு இடையே உள்ள தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும்.
- சீரான காந்தப்புலத்தில் உள்ள காந்த இருமுனை, திருப்புவிசையை உணரும்.
- மிகக்குறைந்த மின்னோட்டங்களை அளக்கப்பயன்படும் ஒரு கருவி டேஞ்சன்ட் கால்வனோ மீட்டராகும். இது ஒரு இயங்கு காந்தவகை கால்வனோ மீட்டராகும். இது டேஞ்சன்ட் விதியின் அடிப்படையில் இயங்குகிறது. $B = B_H \tan\theta$.
- பொருள் அல்லது மாதிரி ஒன்றினை காந்தமாக்கப் பயன்படும் காந்தப்புலத்திற்கு காந்தமாக்குப்புலம் என்று பெயர். இது ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதனை $\vec{H}$ என குறிப்பிடலாம். இதன் அலகு A m^{-1} ஆகும்.
- காந்தப்புலக் கோடுகளை அல்லது காந்தவிசை கோடுகளை தன்வழியே பாய அனுமதிக்கும் பொருளின் திறமையை அளவிடுவதற்கு காந்த உட்புகுதிறன் என்றுபெயர்.
- பொருளின் ஓரலகு பருமனுக்கான நிகர காந்தத்திருப்புத்திறனே, காந்தமாகும் செறிவு அல்லது காந்தமாகும் வெக்டர் அல்லது காந்தமாகுதல் என்று பெயர்.
- பொருளின் காந்தமாக்குப்புலத்திற்கும் $(\vec{H})$, அக்காந்தமாக்குப்புலத்தினால் பொருளில் தூண்டப்பட்ட காந்தமாகும் செறிவிற்கும் $(\vec{M})$ உள்ள தகவு பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன் எனப்படும்.
- காந்தப்பொருட்கள் மூன்று வகைகளாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன அவை: டயாகாந்தப்பொருட்கள், பாரா காந்தப்பொருட்கள் மற்றும் ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருட்கள் ஆகும்.
- பொருளொன்றை காந்தமாக்கும் சுற்றில், காந்தமாக்கு புலத்தில் $\vec{H}$ ஏற்படும் மாறுபாட்டிற்கு காந்தப்புலம் $\vec{B}$ பின்தங்கும் நிகழ்ச்சிக்கு காந்தத்தயக்கம் என்று பெயர்.
- வலதுகை பெருவிரல் விதி: வலதுகையின் பெருவிரல் கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காட்டும் வகையில் பிடிக்கும் போது, கடத்தியைச் சுற்றி பிடித்திருக்கும் மற்ற விரல்கள் கடத்தியைச் சுற்றி உருவாகும் காந்தப்புலக் கோடுகளின் திசையைக் காட்டும்.
- மேக்ஸ்வெல்லின் வலதுகை திருகுவிதி: வலதுகை திருகு ஒன்றினை திருகு சுழற்றியால் சுழற்றும்போது, திருகு முன்னேறும் திசையில் மின்னோட்டத்தின் திசையும், திருகு சுழலும் திசை கடத்தியைச் சுற்றி உருவாகும் காந்தப்புலத்தின் திசையையும் காட்டும்.

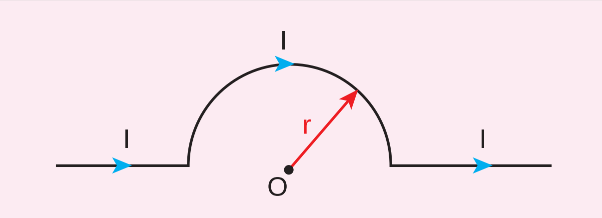
- ஆம்பியரின் சுற்றுவிதி $\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0\ I_{\text{மூடப்பட்ட}}$.
- வரிச்சுருள் ஒன்றின் உட்புறம் ஏற்படும் காந்தப்புலம் $B = \mu_0 nI$, இங்கு n என்பது வரிச்சுருளின் ஓரலகு நீளத்திலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையாகும்.
- வட்ட வரிச்சுருள் ஒன்றின் உள்ளே ஏற்படும் காந்தப்புலம் $B = \mu_0 nI$, இங்கு n என்பது வட்ட வரிச்சுருளின் ஓரலகு நீளத்திலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையாகும்.
- லாரன்ஸ் விசை: $\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}\right)$.
- சீரான காந்தப்புலத்தில் செல்லும் மின்துகள் வட்ட இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும்.
- பிளெமிங்கின் இடதுகை விதி: இடதுகையின் ஆள்காட்டிவிரல், நடுவிரல் மற்றும் பெருவிரல் மூன்றையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்ததாக நீட்டும்போது, ஆள்காட்டிவிரல் காந்தப்புலத்தின் திசையையும், நடுவிரல் மின்னோட்டத்தின் திசையையும் காட்டினால் பெருவிரல் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசையின் திசையைக் காட்டும்.
- வெற்றிடத்தில் ஒரு மீட்டர் இடைவெளியில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள முடிவிலா நீளம் கொண்ட இரு இணைகடத்திகள் ஒவ்வொன்றின் வழியாகப்பாயும் மின்னோட்டத்தினால், ஒவ்வொரு கடத்தியும் ஓரலகு நீளத்திற்கு 2×10^{-7}N விசையை உணர்ந்தால், ஒவ்வொரு கடத்தியின் வழியாகவும் பாயும் மின்னோட்டத்தின் அளவு ஒரு ஆம்பியராகும்.
- மின்னோட்டம் பாயும் கம்பிச்சுருள் ஒன்றை சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது அக்கம்பிச் சுருளின் மீது செயல்படும் நிகரவிசை சுழி. ஆனால் நிகர திருப்புவிசை சுழியல்ல. நிகரத்திருப்பு விசையின் எண்மதிப்பு $\tau = NABI\sin\theta$ ஆகும்.
- இயங்கு சுருள் கால்வனோ மீட்டரைக் கொண்டு சிறிய மின்னோட்டங்களைக் கண்டறியவும், அளக்கவும் முடியும்.
- இயங்கு சுருள் கால்வனோ மீட்டரில், கம்பிச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம். விலகலுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். கணிதவியல்படி $I = G\theta$. இங்கு $G = \frac{K}{NAB}$ ஆகும். இதற்கு கால்வனோ மீட்டர் மாறிலி அல்லது மின்னோட்ட சுருக்கக் கூற்றெண் என்று பெயர்.
- ஓரலகு மின்னோட்டத்திற்கு ஏற்படும் விலகலே மின்னோட்ட உணர்திறன் எனப்படும்.
  $I_s = \frac{\theta}{I} = \frac{NAB}{K} \Rightarrow I_s = \frac{1}{G}$.
- கால்வனோமீட்டர் முனைகளுக்கு இடையே அளிக்கப்படும் ஓரலகு மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கான விலகலே, மின்னழுத்த வேறுபாட்டு உணர்திறன் எனப்படும். $V_s = \frac{\theta}{V} = \frac{1}{GR_g} = \frac{I_S}{R_g}$, இங்கு R_g என்பது கால்வனோ மீட்டரின் மின்தடையாகும்.
- மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை அளக்க பயன்படும் கருவிக்கு அம்மீட்டர் என்று பெயர்.
- ஒரு கால்வனோ மீட்டரை தகுந்த நெடுக்கமுள்ள அம்மீட்டராக மாற்ற, கால்வனோ மீட்டருடன் பக்க இணைப்பில் குறைந்த மின்தடை S ஒன்றை அதன் நெடுக்கத்திற்கு ஏற்ப இணைக்க வேண்டும். இக்குறைந்த மின்தடைக்கு இணைதடம் என்று பெயர்.
- ஒரு நல்லியல்பு அம்மீட்டர் சுழி மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும்.
- ஒரு மின்சுற்றில் உள்ள எந்த ஒரு பகுதியின் மின்னழுத்தத்தையும் அளக்கப்பயன்படும் கருவியே வோல்ட் மீட்டராகும்.
- வோல்ட் மீட்டராக மாற்ற அதனுடன் உயர் மின்தடை R ஒன்றை நெடுக்கத்திற்கு ஏற்ப தொடராக இணைக்க வேண்டும்.
- ஒரு நல்லியல்பு வோல்ட் மீட்டர் முடிவிலா மின்தடையைப் பெற்றிருக்கும்.

கருத்து வரைபடம்


காந்தவியல் மற்றும் மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்
காந்தவியல்
புவிக்காந்தவியல்
காந்தக்கூறுகள்
டேஞ்சன்ட் கால்வனோமீட்டர்
சட்ட காந்தம்
கூலூம் விதி
அச்சுக்கோட்டில் காந்தப்புலம்
நடுவரைக் கோட்டில் காந்தப்புலம்
நிலை ஆற்றல்
திருப்பு விசை
காந்தப்பொருட்கள்
பண்புகள்
மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்
பயோர்ட் சாவர்ட் விதி
ஆம்பியர் விதி
மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியால் ஏற்படும் காந்தப்புலம்
வட்ட வரிச்சுருள்
வரிச்சுருள்
லாரன்ஸ் விசை
திருப்பு விசை
சைக்ளோட்ரான்
இயங்குசுருள் கால்வனோமீட்டர்

I சரியான விடையை தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

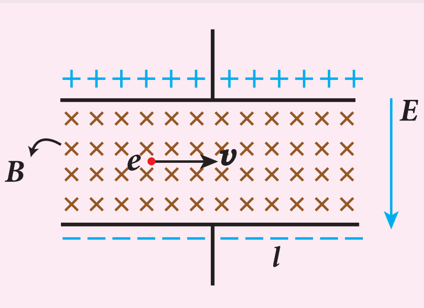
1. பின்வரும் மின்னோட்டச் சுற்றின் மையம் O வில் உள்ள காந்தப்புலத்தின் மதிப்பு



(a) $\frac{\mu_\circ I}{4r} \otimes$ (b) $\frac{\mu_\circ I}{4r} \odot$

(c) $\frac{\mu_\circ I}{2r} \otimes$ (d) $\frac{\mu_\circ I}{2r} \odot$

2. சீரான மின்னூட்ட அடர்த்தி σ கொண்ட மின்னூட்டப்பட்ட இணைத்தட்டு மின்தேக்கியின் இரண்டு தகடுகளுக்கு நடுவே எலக்ட்ரான் ஒன்று நேர்க்கோட்டுப்பாதையில் செல்கிறது. சீரான காந்தப்புலத்திற்கு $(\vec{B})$ நடுவே இந்த அமைப்பு உள்ளபோது, எலக்ட்ரான் தகடுகளைக் கடக்க எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம்



MFNCH3

(a) $\varepsilon_\circ \frac{elB}{\sigma}$ (b) $\varepsilon_\circ \frac{lB}{\sigma l}$

(c) $\varepsilon_\circ \frac{lB}{e\sigma}$ (d) $\varepsilon_\circ \frac{lB}{\sigma}$

3. செங்குத்தாக செயல்படும் காந்தப்புலத்தில் $(\vec{B})$ உள்ள, q மின்னூட்டமும் m நிறையும் கொண்ட துகளொன்று V மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் முடுக்கப்படுகிறது. அத்துகளின் மீது செயல்படும் விசையின் மதிப்பு என்ன?

(a) $\sqrt{\frac{2q^3BV}{m}}$ (b) $\sqrt{\frac{q^3B^2V}{2m}}$

(c) $\sqrt{\frac{2q^3B^2V}{m}}$ (d) $\sqrt{\frac{2q^3BV}{m^3}}$

4. 5 cm ஆரமும், 50 சுற்றுகளும் கொண்ட வட்டவடிவக் கம்பிச்சுருளின் வழியே 3 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. அக்கம்பிச்சுருளின் காந்த இருமுனைத் திருப்புத்திறனின் மதிப்பு என்ன?

(a) 1.0 A m² (b) 1.2 A m²

(c) 0.5 A m² (d) 0.8 A m²

5. மெல்லிய காப்பிடப்பட்ட கம்பியினால் செய்யப்பட்ட சமதள சுருள் (plane spiral) ஒன்றின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $N = 100$. நெருக்கமாக சுற்றப்பட்ட சுற்றுகளின் வழியே $I = 8$ mA அளவு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. கம்பிச்சுருளின் உட்புற மற்றும் வெளிப்புற ஆரங்கள் முறையே $a = 50$ mm மற்றும் $b = 100$ mm எனில், சுருளின் மையத்தில் ஏற்படும் காந்தத்தூண்டலின் மதிப்பு

(a) 5 μT (b) 7 μT

(c) 8 μT (d) 10 μT

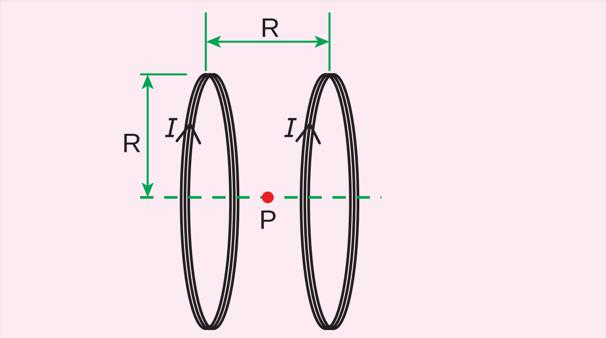
6. சமநீளமுடைய மூன்று கம்பிகள் வளைக்கப்பட்டு சுற்றுகளாக மாற்றப்பட்டுள்ளன. ஒன்று வட்ட வடிவிலும் மற்றொன்று அரை வட்ட வடிவிலும் மூன்றாவது சதுர வடிவிலும் உள்ளன. மூன்று சுற்றுகளின் வழியாகவும் ஒரே அளவு மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டு சீரான காந்தப்புலம் ஒன்றில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. மூன்று சுற்றுகளின் எந்த வடிவமைப்பில் உள்ள சுற்று பெரும திருப்பு விசையை உணரும் ?.

(a) வட்ட வடிவம் (b) அரைவட்ட வடிவம்

(c) சதுர வடிவம் (d) இவை அனைத்தும்

7. N சுற்றுக்களும் R ஆரமும் கொண்ட இரு கம்பிச்சுருள்கள் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு R தொலைவில் பொது அச்சில் அமையும் படி வைக்கப்பட்டுள்ளன. கம்பிச்சுருள்களின் வழியே ஒரே திசையில் I மின்னோட்டம் பாயும்போது கம்பிச்சுருள்களின் நடுவே மிகச்சரியாக $\frac{R}{2}$

தொலைவில் உள்ள P புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலம்



(a) $\dfrac{8N\mu_{\circ}I}{\sqrt{5}R}$ (b) $\dfrac{8N\mu_{\circ}I}{5^{3/2}R}$

(c) $\dfrac{8N\mu_{\circ}I}{5R}$ (d) $\dfrac{4N\mu_{\circ}I}{\sqrt{5}R}$

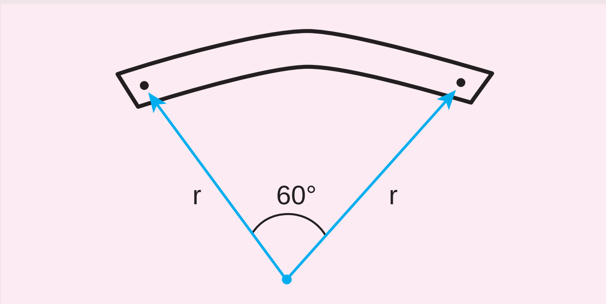
8. l நீளமுள்ள கம்பி ஒன்றின் வழியே Y திசையில் I மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இக்கம்பியை $\vec{B} = \dfrac{\beta}{\sqrt{3}}(\hat{i} + \hat{j} + \hat{k})T$ என்ற காந்தப்புலத்தில் வைக்கும்போது, அக்கம்பியின் மீது செயல்படும் லாரன்ஸ் விசையின் எண்மதிப்பு

(a) $\sqrt{\dfrac{2}{3}}\beta Il$ (b) $\sqrt{\dfrac{1}{3}}\beta Il$

(c) $\sqrt{2}\beta Il$ (d) $\sqrt{\dfrac{1}{2}}\beta Il$

9. l நீளமும் p_m திருப்புத்திறனும் கொண்ட சட்டகாந்தமொன்று படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு வில் போன்று வளைக்கப்பட்டுள்ளது. சட்டகாந்தத்தின் புதிய காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனின் மதிப்பு

(NEET 2013)



(a) p_m (b) $\dfrac{3}{\pi}p_m$

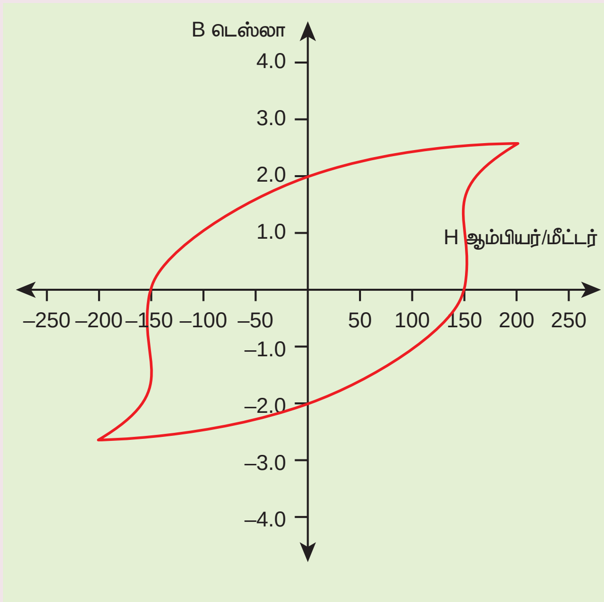
(c) $\dfrac{2}{\pi}p_m$ (d) $\dfrac{1}{2}p_m$

10. q மின்னூட்டமும், m நிறையும் மற்றும் r ஆரமும் கொண்ட மின்கடத்தா வளையம் ஒன்று ω என்ற சீரான கோண வேகத்தில் சுழற்றப்படுகிறது எனில், காந்தத்திருப்புத்திறனுக்கும் கோண உந்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம் என்ன

(a) $\dfrac{q}{m}$ (b) $\dfrac{2q}{m}$

(c) $\dfrac{q}{2m}$ (d) $\dfrac{q}{4m}$

11. ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருள் ஒன்றின் B–H வளைகோடு பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இப்பெர்ரோ காந்தப்பொருள் 1 cm க்கு 1000 சுற்றுகள் கொண்ட நீண்ட வரிச்சுருளின் உள்ளே வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஃபெர்ரோ காந்தப்பொருளின் காந்தத் தன்மையை முழுவதும் நீக்க வேண்டுமெனில் வரிச்சுருள் வழியே எவ்வளவு மின்னோட்டத்தை செலுத்த வேண்டும்?



(a) 1.00 mA

(b) 1.25 mA

(c) 1.50 mA

(d) 1.75 mA

12. இரண்டு குட்டையான சட்ட காந்தங்களின் காந்தத்திருப்புத்திறன்கள் முறையே 1.20 A m^2 மற்றும் 1.00 A m^2 ஆகும். இவை ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளவாறு அவற்றின் வடமுனை, தென்திசையை நோக்கி இருக்கும்படி கிடைத்தள மேசை மீது வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரண்டு குட்டை காந்தங்களுக்கும் காந்த நடுவரை (Magnetic equator) பொதுவானதாகும். மேலும் அவை 20.0 cm தொலைவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரண்டு காந்தமையங்களையும் இணைக்கும் கோட்டின் நடுவே O புள்ளியில் ஏற்படும் நிகர காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தள மதிப்பு என்ன? (புவிக் காந்தப்புலத்தின் கிடைத்தள மதிப்பு 3.6×10^{-5} Wb m^{-2})

(NSEP 2000-2001)

(a) 3.60×10^{-5} Wb m^{-2}
(b) 3.5×10^{-5} Wb m^{-2}
(c) 2.56×10^{-4} Wb m^{-2}
(d) 2.2×10^{-4} Wb m^{-2}

13. புவி காந்தப்புலத்தின் செங்குத்துக்கூறும், கிடைத்தளக்கூறும் சமமதிப்பைப் பெற்றுள்ள இடத்தின் சரிவுக் கோணத்தின் மதிப்பு?

(a) 30° (b) 45°
(c) 60° (d) 90°

14. R ஆரமும், σ பரப்பு மின்னூட்ட அடர்த்தியும் கொண்ட மின்காப்புப்பெற்ற தட்டு அதன் பரப்பின் மீது அதிகப்படியான மின்னூட்டங்களைப் பெற்றுள்ளது. தட்டின் பரப்பிற்கு செங்குத்தாக உள்ள அச்சைப்பொறுத்து ω என்ற கோணதிசைவேகத்துடன் இது சுற்றுகிறது. சுழலும் அச்சுக்கு செங்குத்தான திசையில் செயல்படும் B வலிமை கொண்ட காந்தப்புலத்திற்கு நடுவே இத்தகடு சுழன்றால், அதன் மீது செயல்படும் திருப்புத்திறனின் எண்மதிப்பு என்ன?

(a) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR$ (b) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR^2$
(c) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR^3$ (d) $\frac{1}{4}\sigma\omega\pi BR^4$

15. $\vec{p}_m = (-0.5\hat{i} + 0.4\hat{j})$ Am^2 என்ற வெக்டர் மதிப்புடைய காந்த இருமுனையானது, $\vec{B} = 0.2\,\hat{i}$ T என்ற சீரான காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டால் அதன் நிலையாற்றல் மதிப்பு

(a) $-0.1\,J$ (b) $-0.8\,J$
(c) $0.1\,J$ (d) $0.8\,J$

விடைகள்:

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

II சிறு வினாக்கள்:

1. காந்தப்புலம் என்றால் என்ன?
2. காந்தப்பாயத்தை வரையறு.
3. காந்த இருமுனை திருப்புத்திறனை வரையறு.
4. கூலூம் எதிர்த்தகவு இருமடி விதியைக் கூறு.
5. காந்த ஏற்புத்திறன் என்றால் என்ன?
6. பயட் – சாவர்ட் விதியைக் கூறு.
7. காந்த உட்புகுதிறன் என்றால் என்ன?
8. ஆம்பியர் சுற்று விதியைக் கூறு?
9. டயா, பாரா மற்றும் ஃபெர்ரோ காந்தவியலை ஒப்பிடு?
10. காந்தத் தயக்கம் என்றால் என்ன ?
11. காந்த ஒதுக்கம் மற்றும் காந்த சரிவு — வரையறு?
12. சைக்ளோட்ரானில் ஒத்ததிர்வு என்றால் என்ன?
13. ஆம்பியர் — வரையறு?
14. பிளெமிங் இடக்கை விதியைக் கூறு?
15. மின்சுற்று ஒன்றில் அம்மீட்டர் இணைக்கப்படுவது தொடரிணைப்பிலா அல்லது பக்க இணைப்பிலா ஏன்?
16. திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பானின் கருத்தை விளக்குக?
17. காந்தப்புலத்தின் திசைக்கு செங்குத்தாக திசைவேகத்தின் திசை இல்லாத போது அதன் பாதை ஏன் வட்டமாக இருப்பதில்லை?
18. டயா / பாரா / பெர்ரோ காந்தப் பொருள்களின் பண்புகளைக் கூறுக?
19. புற காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்படும் போது ஒரு பெர்ரோ காந்தப் பொருளில் காணப்படும் பெருங்கூறுகளுக்கு என்ன நேரிடுகிறது?
20. திசைவேகத் தேர்ந்தெடுப்பான் என்றால் என்ன? அதன் வாய்ப்பாட்டைத் தருவி.

III நெடுவினாக்கள்:

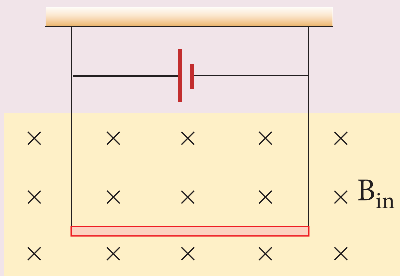
1. புவி காந்தப்புலத்தைப் பற்றி விரிவாக விளக்கவும்.
2. மின்னோட்டம் பாயும் முடிவிலா நீளம் கொண்ட நேர்க்கடத்தியால் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்துக்கான கோவையைப் பெறுக.
3. மின்னோட்டம் பாயும் வட்டவடிவக் கம்பிச் சுருளின் அச்சில் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்துக்கான கோவையைப் பெறுக.
4. சீரான காந்தப்புலத்திலுள்ள காந்த ஊசி ஒன்றின் மீது செயல்படும் திருப்பு விசைக்கான கோவையைப் பெறுக.
5. சட்ட காந்தமொன்றின் அச்சுக்கோட்டில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்துக்கான கோவையைப் பெறுக.
6. சட்ட காந்தமொன்றின் நடுவரைக்கோட்டில் ஏதேனும் ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்துக்கான கோவையைப் பெறுக.
7. ஆம்பியரின் சுற்றுவிதியைக் கொண்டு, மின்னோட்டம் பாயும் நீண்ட நேரான கடத்தியினால் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தைக் காண்க.
8. சைக்ளோட்ரான் இயங்கும் முறையை விரிவாக விளக்கவும்.
9. டேஞ்சன்ட் விதியைக்கூறி, அதனை விரிவாக விளக்கவும்.
10. இயங்கு சுருள் கால்வனோ மீட்டர் ஒன்றின் தத்துவம் மற்றும் இயங்கும் முறையை விளக்கவும்
11. கால்வனோமீட்டர் ஒன்றை அம்மீட்டர் மற்றும் வோல்ட்மீட்டராக எவ்வாறு மாற்றுவது என்பதை விவரிக்கவும்.
12. ஆம்பியரின் சுற்று விதியின் உதவியுடன் நீண்ட வரிச்சுருளின் உட்புறம் மற்றும் வெளிப்புறத்தில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தைக் கணக்கிடுக.
13. மின்னோட்டம் பாயும் இரு இணைக் கடத்திகளுக்கு இடையே உருவாகும் விசைக்கான கோவையைத் தருவி.
14. காந்தவியல் லாரன்சு விசையைப் பற்றி குறிப்பு வரைக.
15. மென் மற்றும் வன் பெர்ரோ காந்தப் பொருள்களின் பண்புகளை ஒப்பிடுக.
16. காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியின் மீது செயல்படும் விசைக்கான கோவையை வருவி.

IV கணக்குகள்:

1. காந்தத்திருப்புத்திறன் $\vec{p}_m$ கொண்ட சட்ட காந்தமொன்று நான்கு துண்டுகளாக வெட்டப்படுகிறது. அதாவது முதலில் காந்தத்தின் அச்சைப்பொறுத்து இரண்டு துண்டுகளாகவும் பின்பு ஒவ்வொரு துண்டும், மேலும் இரண்டு துண்டுகளாகவும் வெட்டப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு துண்டின் காந்தத்திருப்புத்திறனையும் காண்க.

   [விடை: $\vec{p}_{m_{\text{புதிய}}} = \frac{1}{4}\vec{p}_m$]

2. நீள் அடர்த்தி 0.2 g m^{-1} கொண்ட கடத்தி ஒன்று படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு இரண்டு நெகிழ்ச்சித்தன்மை கொண்ட கம்பிகளினால் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. தாளுக்கு உள்ளே செல்லும் திசையில் 1 T வலிமை கொண்ட காந்தப்புலத்திற்குள் இவ்வமைப்பு வைக்கப்படும்போது, கடத்தி தொங்க விடப்பட்டுள்ள கம்பிகளின் இழுவிசை சுழியாகிறது எனில், கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னோட்டம் பாயும் திசை ஆகிவற்றைக் காண்க. $g = 10$ m s^{-2} எனக் கருதுக.



   [விடை: 2 mA]

3. குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு 0.1 cm^2 கொண்ட வட்டக்கம்பிச்சுருள் ஒன்று 0.2 T வலிமை கொண்ட சீரான காந்தப்புலம் ஒன்றினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கம்பிச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் 3 A மேலும் கம்பிச்சுருளின் பரப்பு காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளபோது பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

   (அ) கம்பிச் சுருளின் மீது செயல்படும் மொத்த திருப்புவிசை

   (ஆ) கம்பிச் சுருளின் மீது செயல்படும் மொத்த விசை

(இ) காந்தப்புலத்தினால் கம்பிச்சுருளில் உள்ள ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானின் மீதும் செயல்படும் சராசரி விசை (கம்பிச்சுருள் செய்யப்பட்டுள்ள பொருளின் கட்டுறா எலக்ட்ரான் அடர்த்தி $10^{28}\ m^{-3}$ எனக் கொள்க).

[விடை: (அ) சுழி (ஆ) சுழி (இ) 0.6×10^{-23} N]

4. 0.8 T வலிமை கொண்ட சீரான காந்தப்புலம் ஒன்றினுள் சட்ட காந்தமானது வைக்கப் பட்டுள்ளது. சட்டகாந்தம் காந்தப்புலத்துடன் 30° கோணத்தை ஏற்படுத்தும்படி ஒருங்கமைந்து, 0.2 Nm திருப்புவிசையை உணர்கிறதெனில் பின்வருவனவற்றைக் கணக்கிடுக.

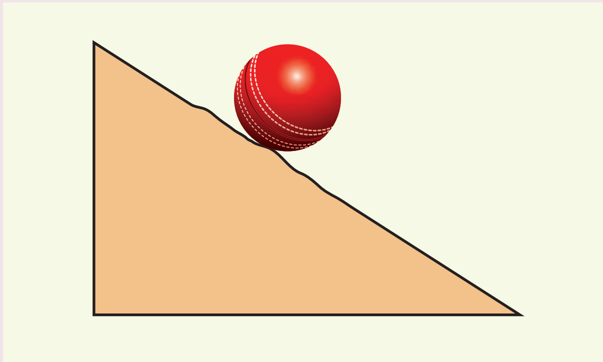
(i) சட்ட காந்தத்தின் காந்தத்திருப்புத்திறன்

(ii) மிகவும் உறுதியான ஒருங்கமைப்பில் (Most stable configuration) இருந்து மிகவும் உறுதியற்ற (Most unstable configuration) ஒருங்கமைப்பிற்கு சட்ட காந்தத்தை நகர்த்துவதற்கு அளிக்கப்படும் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை மற்றும் செலுத்தப்படும் காந்தப்புலத்தால் செய்யப்படும் வேலை ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

[விடை: (i) 0.5 A m^2 (ii) $W = 0.8$ J மற்றும் $W_{காந்தப்புலம்} = -0.8$ J]

5. 100 g நிறையும் 20 cm ஆரமும் கொண்ட மின்கடத்தா கோளத்தைச் சுற்றி தட்டையான கம்பியைக் கொண்டு 5 சுற்றுக்கள் இறுக்கமாக சுற்றப்படுகிறது. கம்பிச்சுருளின் தளம் சாய்தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும்படி கோளம் சாய்தளத்தின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளது. 0.5 T வலிமை கொண்ட காந்தப்புலம் செங்குத்தாக மேல் நோக்கிச் செயல்படும்படி அமைக்கப்பட்டு கம்பிச்சுருள் வழியே மின்னோட்டம் செலுத்தப்படுகிறது. எவ்வளவு மின்னோட்டத்தை கம்பிச்சுருள் வழியே செலுத்தினால் கோளம் சாய்தளத்தின் மீது சமநிலையில் நிற்கும்.

[விடை: $\frac{2}{\pi}A$]



6. 1.5 A மின்னோட்டம் பாயும் சதுர வடிவ கடத்தியின் மையத்தில் ஏற்படும் காந்தப்புலத்தைக் காண்க. சதுரத்தின் ஒவ்வொரு பக்கங்களின் நீளமும் 50 cm ஆகும்.

[விடை: 3.4×10^{-6} T]

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. Rita John, *Solid State Physics (Magnetism chapter)*, McGraw Hill Education (India) Pvt. Ltd.
6. Paul Tipler and Gene Mosca, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Sixth edition, W.H. Freeman and Company.

இணையச் செயல்பாடு

காந்தவியல்

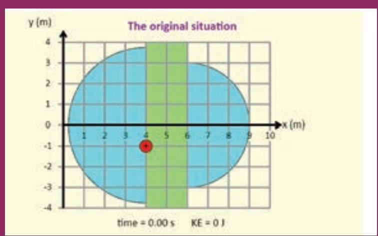
நோக்கம்: இந்த செயல்பாட்டின் மூலம் மாணவர்கள் சைக்ளோட்ரானின் அமைப்பு மற்றும் அது செயல்படும் விதம் பற்றி புரிந்து கொள்வார்கள்.

தலைப்பு: சைக்ளோட்ரான்

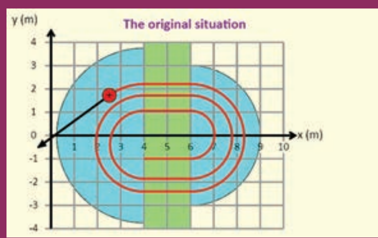
படிகள்

- 'physics.bu.edu/~duffy/HTML5/cyclotron.html' என்ற வலைப்பக்கத்துக்கு செல்லுங்கள்.
- 'play' என்ற பொத்தானை சொடுக்கி இரண்டு டீக்களுக்கிடையே இருக்கும் நேர்மின்னூட்டத்தை விடுவியுங்கள்.
- காந்தப்புலத்தில் இரண்டு டீக்களுக்கிடையே நேர்மின்னூட்டம் நகர்ந்து செல்லும் பாதையை கூர்ந்து கவனியுங்கள் .
- நேரத்தைப் பொறுத்து இயக்க ஆற்றல் அதிகரிப்பதை கவனியுங்கள்.

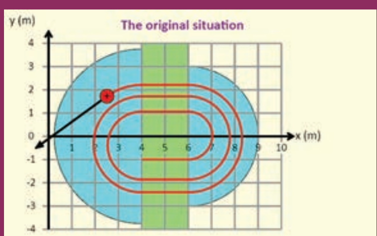
படி 1



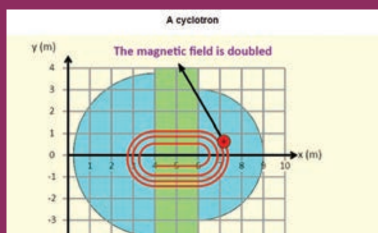
படி 2



படி 3



படி 4



ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் காந்தப்புலத்தையும் மின்புலத்தையும் இருமடங்காக்கும் போது இயக்க ஆற்றல் எவ்வாறு மாறுபடுகிறது என்பதை விவாதியுங்கள்.

உரலி:

http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/cyclotron.html

*படங்கள் அடையாளத்திற்கு மட்டும்.

* தேவையெனில் Flash Player or Java Script அனுமதிக்க.

B226_12_PHYSICS_TM