Padasalai

பாடம் - 3

காந்தவியல் மற்றும் மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவுகள்

பயிற்சி கணக்குகள் - தீர்வு

(1) காந்தத் திருப்புத்திறன் $|\vec{p}_m| = |\vec{M}| = (m \times 2l) \Rightarrow p_m = (m \times 2l)$

முதலில் காந்தத்தின் அச்சைப்போல இரண்டு துண்டுகளாக வெட்டப்படும்போது, $\Rightarrow p_m' = m' \times 2l$

$(m' = m/2)$

$$= \left(\frac{m}{2}\right) \times 2l$$

$$= \frac{(m \times 2l)}{2} = \frac{p_m}{2}$$

$$\vec{p}_m' = \vec{p}_m/2 \rightarrow (1)$$

ஒவ்வொரு துண்டும் மேலும் இரண்டு துண்டுகளாக வெட்டப்படும்போது $l' = \frac{(2l)}{2}$. ஒவ்வொரு துண்டின் புதிய காந்தத் திருப்புத் திறன் $|\vec{p}_{m(\text{புதிய})}| = m' \times l' = (m/2) \times \left(\frac{2l}{2}\right)$

$$= \frac{(m \times 2l)}{4} = \frac{p_m}{4}$$

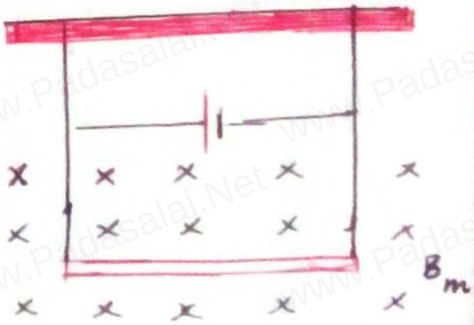
$$\boxed{\vec{p}_{m(\text{புதிய})} = \frac{\vec{p}_m}{4}} = \frac{1}{4}\vec{p}_m$$

(2) நீள் அடர்த்தி $\left(\frac{m}{l}\right) = 0.2\, g\, m^{-1} = 0.2 \times 10^{-3}\, kg\, m^{-1}$

$\left(\frac{m}{l}\right) = 2 \times 10^{-4}\, kg\, m^{-1}$

காந்தப்புல வலிமை $(B) = 1\, T$

$g = 10\, m s^{-2}$



காந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள l நீளமுள்ள கடத்தியில் (I) மின்னோட்டம் பாயும்போது கடத்தி உணரக்கூடிய காந்தவியல் விசை $F = BIl \sin\theta$, படத்தில், $\theta = 90°$

எனவே, $F = BIl \sin 90° = BIl(1)$

$$F = BIl \rightarrow (1)$$

M.RAMESH GTHSS ALANGOTTAI

'm' நிறையுள்ள கடத்தியின் எடை = mg

கடத்தியின் மீதான கம்பிகளின் இழுவிசை 'T' எனில்,

கடத்தி தொங்கவிடப்பட்டுள்ள கம்பிகளின் இழுவிசை

சுழி, எனில் $T = mg - BIl = 0$

$$BIl = mg$$

கடத்தியின் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $(I) = \left(\frac{m}{l}\right)\frac{g}{B}$

$$I = \frac{(0.2\times10^{-3})\times10}{1} = \frac{2\times10^{-3}}{1} = 2\times10^{-3}\,A$$

$$= 2mA$$

I = 2 mA

(3) சுருளின் குறுக்குப் பரப்பு $(A) = 0.1\,cm^2 = 0.1\times(10^{-2}\,m)^2$

$$= 0.1\times10^{-4}\,m^2 = 1\times10^{-5}\,m^2$$

காந்தப்புல வலிமை $(B) = 0.2\,T$

கம்பிச் சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $(I) = 3A$

கம்பிச் சுருளின் பரப்பு, காந்தப்புலத்திற்கு செங்குத்தாக உள்ளபோது, $\theta = 0^\circ$

(அ) கம்பிச் சுருளின் மீது செயல்படும் மொத்த திருப்பு விசை $\tau = NIBA\sin\theta$

$$= (1)\times(3)\times(0.2)\times10^{-5}\times\sin(0)$$

$$= 0.6\times10^{-5}\times(0) = 0$$

திருப்பு விசை **$\tau = 0$**

(ஆ) கம்பிச் சுருளின் மீது செயல்படும் மொத்த விசை, சுழி.

M.RAMESH GTHSS, ALANGOTTAI

Padasalai

(இ) காந்தப் புலத்தினால் கம்பிச் சுருளில் உள்ள ஒவ்வொரு எலக்ட்ரானின் மீதும் செயல்படும் சராசரி விசை,

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) = e(\vec{v}_d \times \vec{B}) \Rightarrow F = e v_d B \sin\theta$$

இங்கு $\theta = 90°$

$$|\vec{F}| = e v_d B \rightarrow ①$$

மேலும், $I = neAv_d$ (மின்னோட்டத்திற்கும் இழுப்பு திசைவேகத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு)

$$v_d = \frac{I}{neA} \rightarrow ②$$

② ஐ ①-ல் பிரதியிட, $F = e\left[\frac{I}{neA}\right]B$

$$\boxed{F = \frac{BI}{nA}}$$

$I = 3A$

$n = 10^{28}\ m^{-3}$

$A = 1\times10^{-5}\ m^2$

$B = 0.2\ T$

$$F = \frac{0.2\times3}{(10^{28}\times1\times10^{-5})} = \frac{0.6}{10^{23}}$$

$$\boxed{F = 0.6\times10^{-23}\ N}$$

④ காந்தப் புல வலிமை (B) = 0.8 T

சட்ட காந்தம், காந்தப்புலத்துடன் ஏற்படுத்தும் கோணம் (θ) = 30°

திருப்பு விசை (τ) = 0.2 Nm

(i) சட்ட காந்தத்தின் காந்தத் திருப்புத் திறன் (M)

$$\tau = MB\sin\theta = MB\sin30°$$

$$M = \frac{\tau}{(B\sin30°)} = \frac{0.2}{0.8\times(1/2)}$$

$$= \frac{0.4}{0.8} = \frac{1}{2} = 0.5\ A m^2$$

M.RAMESH GTHSS ALANGOTHAI

Padasalai

(ii) மிகவும் உறுதியான ஒருங்கமைப்பில் இருந்து, மிகவும் ($\theta_1 = 0°$) உறுதியற்ற ஒருங்கமைப்பிற்கு ($\theta_2 = 180°$) சட்ட காந்தத்தை நகர்த்துவதற்கு அளிக்கப்படும் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W_1 = F \times 2l\,[\cos\theta_1 - \cos\theta_2] = (m B \times 2l)[\cos\theta_1 - \cos\theta_2]$$

$$W_1 = MB(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$ இங்கு ($m \times 2l = M$)

$$= MB[\cos(0) - \cos(180)]$$

$$= 0.5 \times 0.8\,[1 - (-1)]$$

$$= 0.5 \times 0.8 \times 2$$

$$W_1 = 0.8\ J$$

செலுத்தப்படும் காந்தப்புலத்தால் செய்யப்படும் வேலை,

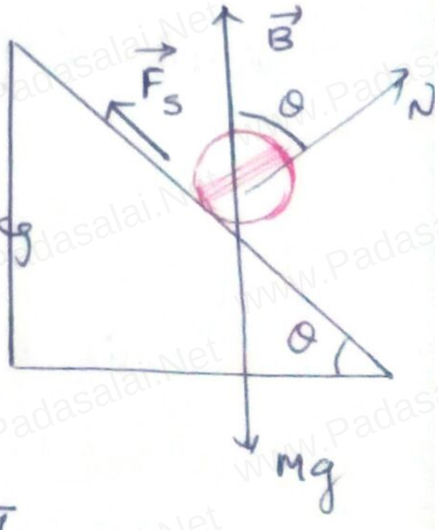
$$W_2 = -MB[\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2)]$$

$$W_2 = -MB[\cos(0) - \cos(180)] = -MB[1 - (-1)]$$

$$= -2MB = -2 \times 0.5 \times 0.8$$

$$W_2 = -0.8\ J$$

(5)



மின்கடத்தா கோளத்தின் நிறை = 100g

$= 100 \times 10^{-3}$ kg

$= 0.1$ kg

ஆரம் $R = 20$ cm $= 20 \times 10^{-2}$ m

சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $n = 5$

காந்தப்புல வலிமை (B) $= 0.5$ T

கோளம் சாய்தளத்தின் மீது சமநிலையில் நிற்கும் எனில்,

$$F_s - mg\sin\theta = 0 \Rightarrow F_s = mg\sin\theta \rightarrow ①$$

$$F_s R - \mu B \sin\theta = 0 \rightarrow ②$$

② ல் ① ஐ பிரதியிட $(mg\sin\theta)R - \mu B\sin\theta = 0$

M.RAMESH GTHSS ALANGOTTAI

Padasalai

$\Rightarrow (mg\sin\theta)R = \mu B\sin\theta$

$mgR = \mu B \rightarrow (3)$

$\mu = NIA = NI(\pi R^2)$

$(3) \Rightarrow \mu B = mgR$

$[NI\pi R^2]B = mgR$

$$I = \frac{mgR}{\pi NBR^2} = \frac{mg}{\pi NBR} = \frac{0.1\times10}{\pi\times5\times0.5\times0.2}$$

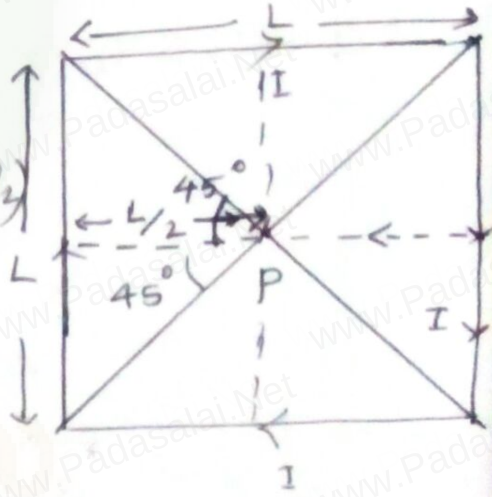
$$= \frac{1}{\pi\times0.5} = \frac{1}{\pi\times(1/2)} = \frac{2}{\pi}A$$

$$\boxed{I = \frac{2}{\pi}A}$$

(6)

$I = 1.5A$

சதுரத்தின் ஒவ்வொரு பக்கத்தின் நீளம் $(L) = 50cm = 50\times10^{-2}m$



பயாட்-சாவர்ட் விதிப்படி,

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\sin\phi_1 + \sin\phi_2)$$

$\phi_1 = \phi_2 = 45°$

$\sin45° = \frac{1}{\sqrt2}$

ஒரு பக்கத்தினால் காந்தப்புலம்

$$B_{p_1} = \frac{\mu_0 I}{4\pi(\frac{L}{2})}\left[\frac{1}{\sqrt2}+\frac{1}{\sqrt2}\right] \quad \text{இங்கு } a = L/2$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi(L/2)}\times\frac{2}{\sqrt2} = \frac{\mu_0 I(4)}{(4\pi\sqrt2)L} = \frac{\mu_0 I}{(\sqrt2\pi)L}$$

சதுர வடிவ கம்பியின் மையத்தில் நான்கு பக்கங்களினாலும் ஏற்படும் காந்தப்புலம் $B_p = 4\times B_{p_1}$

$$B_p = 4\times\left[\frac{\mu_0 I}{(\sqrt2\pi)L}\right] = \frac{4\times4\pi\times10^{-7}\times1.5}{1.414\times\pi\times(50\times10^{-2})}$$

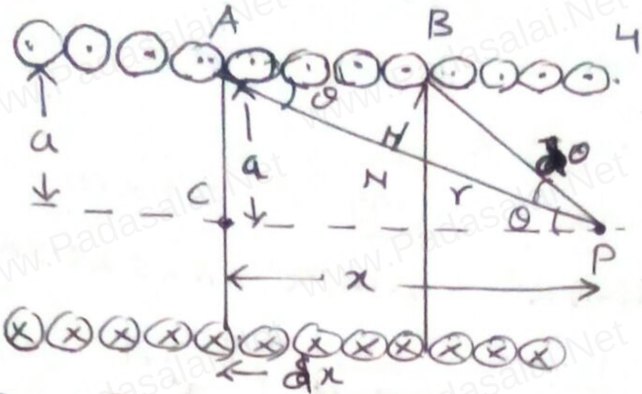
$$= \frac{24\times10^{-7}\times10^{5}}{1414\times50} = \frac{24}{70700}\times10^{-2} = 0.000339\times10^{-2}$$

Padasalai

$$B_P = 3.39 \times 10^{-6}\,T$$

$$\boxed{B_P \simeq 3.4 \times 10^{-6}\,T}$$

(7)



புள்ளி P-ல் காந்தப்புலம்.

$$dB = \frac{\mu_0 (n\,dx) I a^2}{2(a^2+x^2)^{3/2}} \rightarrow ①$$

படத்திலிருந்து, $\sin\theta = \frac{BN}{AB} = \frac{r\,d\theta}{dx}$

$$dx = \frac{r\,d\theta}{\sin\theta} \rightarrow ②$$

ΔACP-ல், $a^2 + x^2 = r^2 \Rightarrow r = (a^2+x^2)^{1/2} \rightarrow ③$

$$r^3 = (a^2+x^2)^{3/2} \rightarrow ④$$

② மற்றும் ④ ஐ ①-ல் பிரதியிட, $dB = \frac{\mu_0 \left[\frac{n\,r\,d\theta}{\sin\theta}\right] I a^2}{2r^3}$

$$dB = \frac{\mu_0 n I a^2}{2r^2} \times \frac{d\theta}{\sin\theta} \rightarrow ⑤$$

ΔACP-ல் $\sin\theta = \frac{a}{r} \rightarrow ⑥ \Rightarrow \frac{a^2}{r^2} = \sin^2\theta \rightarrow ⑦$

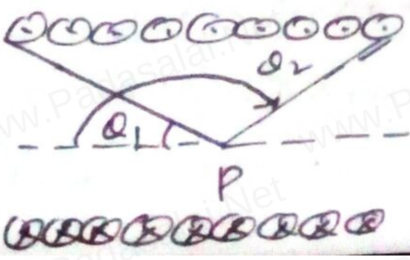
~~④ ஐ ⑤-ல்~~ ⑦ ஐ ⑤-ல் பிரதியிட, ~~$dB = \frac{\mu_0 n I a^2\,d\theta}{2r^2(a/r)}$~~

$$⑤ \Rightarrow dB = \frac{\mu_0 n I}{2}\left(\frac{a^2}{r^2}\right)\frac{d\theta}{\sin\theta} = \frac{\mu_0 n I}{2}(\sin^2\theta)\frac{d\theta}{\sin\theta}$$

$$dB = \frac{\mu_0 n I}{2}\sin\theta\,d\theta = \frac{1}{2}\mu_0 n I \sin\theta\,d\theta$$

$$dB = \frac{1}{2}\mu_0 n I \sin\theta\,d\theta \rightarrow ⑧$$

வரிச்சுருளின் அச்சில் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் காந்தப்புலம்,



$$B = \int_{\theta_1}^{\theta_2} dB = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{1}{2}\mu_0 n I \sin\theta\,d\theta$$

$$= \frac{1}{2}\mu_0 n I \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin\theta\,d\theta$$

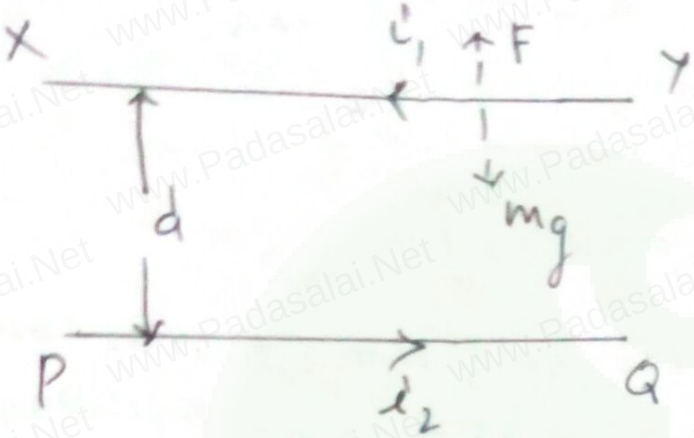
Padasalai

$$B = \frac{1}{2}\mu_0 nI\left[-\cos\theta\right]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$= \frac{1}{2}\mu_0 nI\left[-\cos\theta_2 - (-\cos\theta_1)\right]$$

$$\boxed{B = \frac{1}{2}\mu_0 nI\left[\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right]}$$

(8)



PQ-ல் பாயும் மின்னோட்டம் (i_2) ஆனால் XY ன் மீதான காந்தவியல் விசை $\Rightarrow F = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I_1 I_2}{d}$

$F_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$ (மேல்நோக்கி)

கீழ்நோக்கிய விசை $F_2 = mg$

சமநிலையில், $mg = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$ $\rightarrow$ (1) $\left[\because F_1 = F_2,\ F_2 = mg\right.$

தற்போது XY கம்பியை சிறிது இறக்கிவிட்டால் (PQ யை நோக்கி 'y' தொலைவிற்கு)

$F' = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi(d-y)}$ (மேல்நோக்கிய விசை) $\rightarrow$ (2)

XY ன் ஏதேனும் நிலைக்கான தொகுபயன் விசை,

$$F_R = F' - mg = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi(d-y)} - mg$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi(d-y)} - \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} \quad \left[\because mg = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}\right]$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\left[\frac{1}{(d-y)} - \frac{1}{d}\right] = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\left[\frac{d-(d-y)}{d(d-y)}\right]$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\left[\frac{y}{d(d-y)}\right] = \left(\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d^2}\right) y \quad (\because d >> x \text{ எனில்})$$

$$F_R = \left(\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d^2}\right) y \rightarrow (3)$$

$$F_R \propto y \Rightarrow F_R = -m\omega^2 y$$

$$F_R = ma_y \Rightarrow \boxed{a_y = -\omega^2 y}$$

F_R எனவேதான் மின்னோட்ட தாங்கு பகுதி சிறிய xy அமைய உருவாகிறது. அதாவது xy கம்பியானது சீரிசை இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது.

மேலும் $F_R = -ky \rightarrow (4)$ $\quad (3) \Rightarrow F_R = \left(\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d^2}\right) y$

(3) மற்றும் (4) ஐ ஒப்பிட, $\quad k = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d^2} = \frac{mg}{d}$

அலைவுநேரம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{m}{(mg/d)}}$$

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{d/g}}$$

PREPARED BY, M. RAMESH, M.Sc., M.Phil., B.Ed.,
P.G. ASSISTANT,
GOVT. THIRUVALLUVAR, HSS
ALANGOTTAI,
MANNARGUDI (POST)
THIRUVARUR (D.T)
9715275924.

M.RAMESH ALANGOTTAI