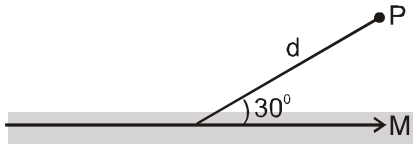
HINTS & SOLUTIONS OF EMF
EXERCISE-1

भाग - I

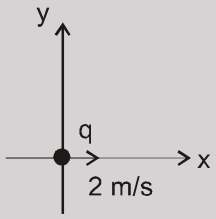
Section (A)

A-1.



$$B_P = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{M}{d^3}\sqrt{1+3\cos^2\theta} = \frac{\sqrt{13}}{2} \times 10^{-4}\ \text{wb/m}^2$$

A-2.



$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{(\vec{v}\times\vec{r})}{r^3}$$

(i) (2, 0, 0) पर $\vec{v} \| \vec{r}$ so $B = 0$ Ans.

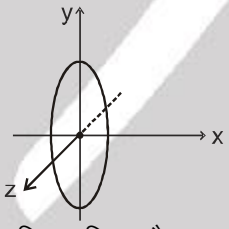
(ii) (0, 2, 0) पर $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{vr}{r^3}\hat{k} = (10^{-13})\hat{k}$ Ans.

(iii) (0, 0, 2) पर $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{vr}{r^3}(-\hat{j}) = (10^{-13})(-\hat{j})$ Ans.

(iv) (2, 1, 2) पर $\vec{r} = 2\hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{(\vec{v}\times\vec{r})}{r^3} = \frac{4}{27} \times 10^{-13}(-2\hat{j}+\hat{k})$$ Ans.

(v) $y^2 + z^2 = c^2$ पर

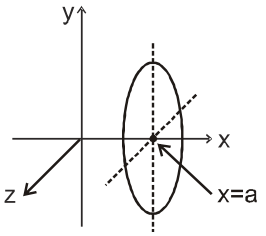


परिमाण नियत है

$\vec{v}\times\vec{r} = vr$ सभी बिन्दुओं पर

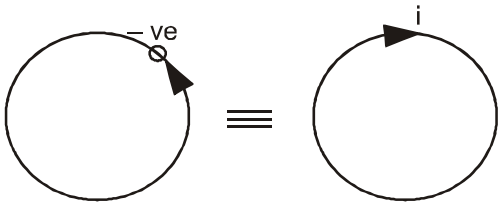
लेकिन $\vec{v}\times\vec{r}$ की दिशानुसार, दिशा परिवर्तित होती है। (हाँ / नहीं) **Ans.**

(vi)



पहले वाले प्रश्नानुसार हल करेंगे। (हाँ, नहीं) **Ans.**

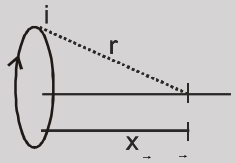
A-3.



(i) $i = qf = \frac{qv}{2\pi R}$

$B_{centre} = \frac{\mu_0 i}{2R} = \frac{\mu_0 qv}{4\pi R^2}$ अन्दर की ओर **Ans.**

(ii)



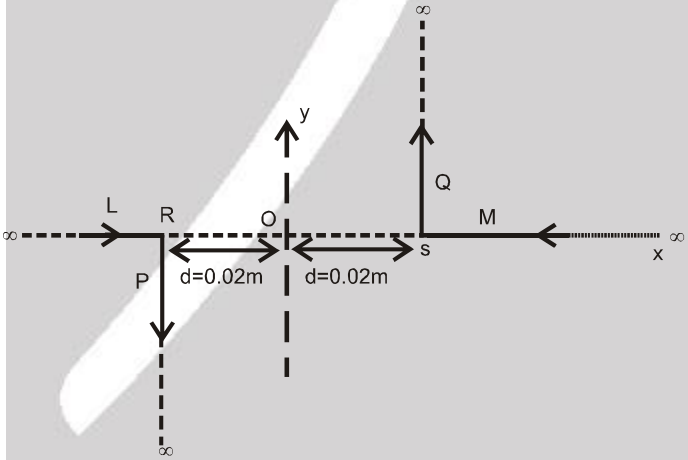
$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q(\vec{v} \times \vec{r})}{r^3}$

$r^2 = x^2 + R^2$

$\vec{B}$ की दिशा $\vec{v} \times \vec{r}$ के अनुदिश है, जो कि कण के परिभ्रमण के साथ–साथ परिवर्तित होती है।

Section (B)

B-1



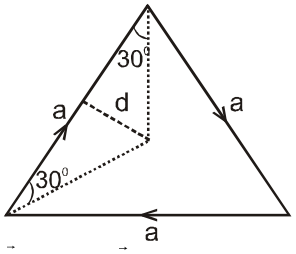
$B_{due\ to\ L} = B_{due\ to\ M} = 0$ at 0

$B_{due\ to\ P} = B_{due\ to\ Q} = \frac{\mu_0 i}{4\pi d}$ दोनों ही पेपर से बाहर की ओर

$B_{Net} = \frac{\mu_0 i}{2\pi d}$ पेपर से बाहर

$= 10^{-4}$ wb/m^2 **Ans.**

B-2.



$\vec{B}_{Net} = 3\,(\vec{B}_{\text{एक सतह के द्वारा}})$

$B_{net} = 3 \times \frac{\mu_0 i}{4\pi d}\,[\cos 30^0 + \cos 30^0]$

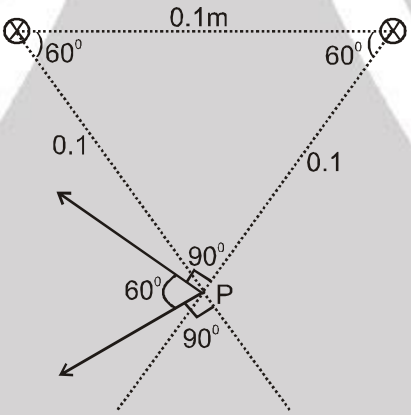
$B_{net} = 3 \times 10^{-7} \times \frac{1}{\frac{a}{2}\tan 30^0}\; 2\cos 30^0 = 4 \times 10^{-5}$ wb/m^2 **Ans.**

B-3. (i) $B_1 = B_2 = \frac{\mu_0 i}{2\pi d}$

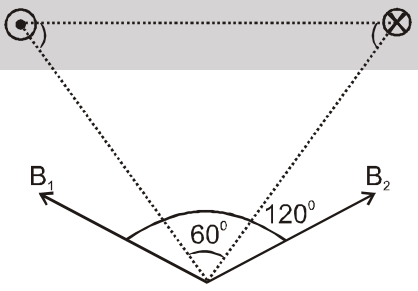
$B_{Net} = \sqrt{3}\, B_1$

$= \sqrt{3} \times \frac{2 \times 10^{-7} \times 10}{0.1}$

$= 2\sqrt{3} \times 10^{-5}$ tesla

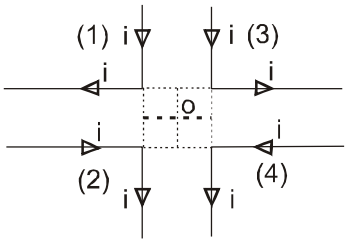


(ii)



$B_{Net} = B_1 = 2 \times 10^{-5}$ टेसला

B-4.



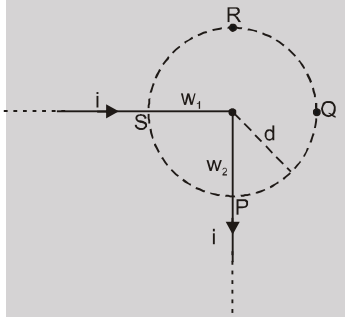
$B_{(1)\text{ के कारण}} = B_{(2)\text{ के कारण}} = B_{(3)\text{ के कारण}} = B_{(4)\text{ के कारण}}$

$B_{(1)\text{ के कारण}}$ व $B_{(2)\text{ के कारण}}$ दोनों, समान दिशा में पेपर से बाहर की ओर है।

$B_{(3)\text{ के कारण}}$ व $B_{(4)\text{ के कारण}}$ दोनों पेपर के अन्दर की ओर है।

अतः $B_{Net} = 0$ Ans.

B-5.



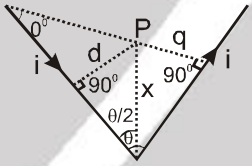
Q पर चुम्बकीय क्षेत्र

$B_Q = \frac{\mu_0 i}{4\pi d}$

R पर चुम्बकीय क्षेत्र

$B_R = \frac{\mu_0 i}{4\pi d}\sqrt{2}$

B-6.



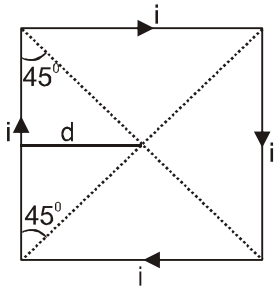
$B = 2\frac{\mu_0 i}{4\pi d}\left[\cos\frac{\theta}{2} + \cos 0^0\right]$

पेपर की सतह के बाहर

$= 2\frac{\mu_0 i}{4\pi x \sin\frac{\theta}{2}}\left[1 + \cos\frac{\theta}{2}\right] = \frac{\mu_0 i}{2\pi x}\cot\frac{\theta}{4}$

$\therefore \quad K = \frac{\mu_0 i}{2\pi x}$ **Ans.**

B-7.

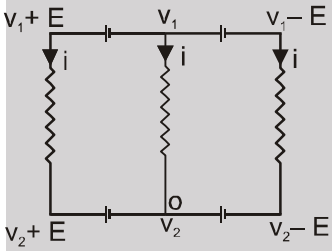


$$B = 4\frac{\mu_0 i}{4\pi d}\ [\cos 45^0 + \cos 45^0]$$

$$= 4\frac{\mu_0 i}{4\pi \frac{a}{2}}\ [2 \times \frac{1}{\sqrt{2}}]$$

$$= 2\sqrt{2}\ \frac{\mu_0 i}{\pi a}$$ पेपर की सतह के अन्दर

B-8.



o पर जंक्शन नियम से

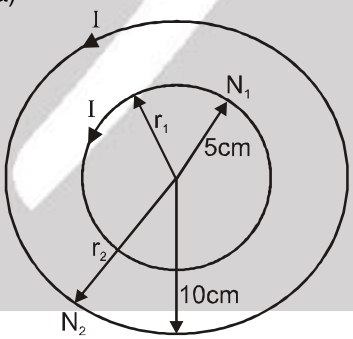
$i + i + i = 0$

अर्थात् $i = 0$

अतः किसी भी परिपथ में कोई धारा प्रवाहित नहीं होगी। अतः बिन्दु P पर B = 0

Section (C)

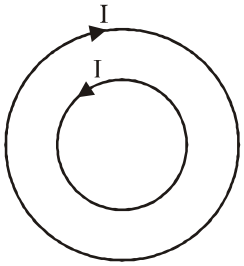
C-1. (i) (a)



$$B_{Net} = \frac{\mu_0 N_1 I}{2r_1} + \frac{\mu_0 N_2 I}{2r_2} = \frac{\mu_0 I}{2}\left[\frac{N_1}{r_1} + \frac{N_2}{r_2}\right]$$

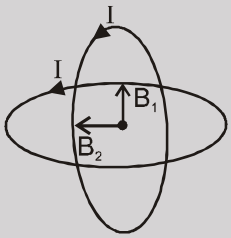
$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1}{2}\left[\frac{20}{10^{-2}}\right] = 4\pi \times 10^{-4}\ \text{wb/m}^2$$ **Ans.**

(b)



$B_{Net} = \frac{\mu_0 N_1 I}{2r_1} - \frac{\mu_0 N_2 I}{2r_2} = 0$ **Ans.**

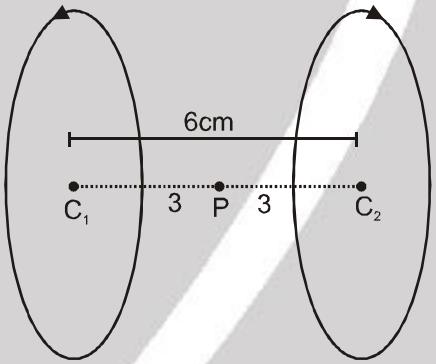
(ii)



$B_{Net} = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{2}\, B_1$

$= \sqrt{2}\, \frac{\mu_0 N_1 I}{2r_1} = 2\sqrt{2}\, \pi \times 10^{-4}$ T **Ans.**

C-2.



(a) B at $C_1 = \frac{\mu_0 iN}{2\pi} - \frac{\mu_0 N i r^2}{2(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$ x = 6cm.

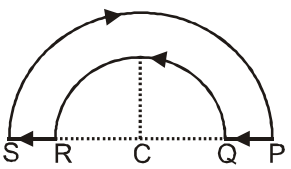
$= 13 \times 10^{-5}$ T

(b) $B_1 = \frac{\mu_0 N i r^2}{2(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$ दांये, $B_2 = \frac{\mu_0 N i r^2}{2(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$ बांये

अतः $B_{Net} = 0$

Section (D)

D-1.



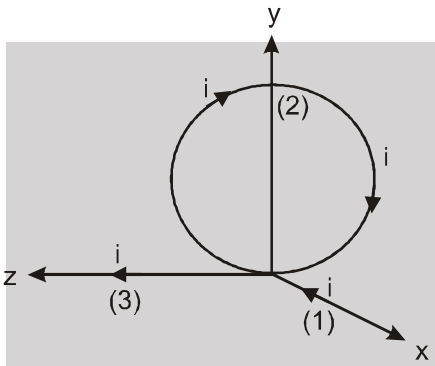
$B_{\text{सीधे भाग RS के कारण}} = B_{\text{सीधे भाग PQ के कारण}} = 0$ 'c' पर

$B_{\text{वक्र भाग QR के कारण}} = \frac{\mu_0 I}{4R_1}$ पेपर के बाहर

$B_{\text{वक्र भाग SP के कारण}} = \frac{\mu_0 I}{4R_2}$ पेपर के अन्दर

$B_{\text{कुल}} = \frac{\mu_0 I}{4}\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right]$ **Ans.**

D-2.



$\vec{B}$ due to (1) $= \frac{\mu_0 i}{4\pi R}(-\hat{k})$

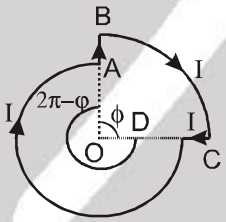
$\vec{B}$ due to (2) $= \frac{\mu_0 i}{2R}(-\hat{i})$

$\vec{B}$ due to (3) $= \frac{\mu_0 i}{4\pi R}(-\hat{i})$

$\vec{B}$ Net $= \frac{\mu_0 i}{4\pi R}\left[(-2\pi - 1)\hat{i} - 1\hat{k}\right]$

$|\vec{B}| = \frac{\mu_0 i}{4\pi R}\left[\sqrt{4\pi^2 + 1 + 4\pi + 1}\right] = \frac{\mu_0 i}{4\pi R}\left[\sqrt{4\pi^2 + 4\pi + 2}\right]k$ Ans.

D-3. **(a)**



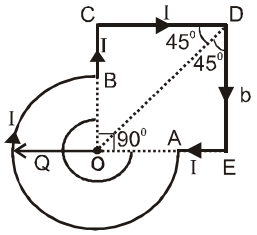
$B_{\text{सरल भाग AB के कारण}} = 0 = B_{\text{सरल(सीधे) भाग CD के कारण}}$

$B_{\text{वक्रीय भाग AD के कारण}} = \left(\frac{2\pi - \phi}{2\pi}\right)\left(\frac{\mu_0 i}{2a}\right)$ पेपर की सतह के अन्दर

$B_{\text{वक्रीय भाग BC के कारण}} = \frac{\phi}{2\pi}\left(\frac{\mu_0 i}{2b}\right)$ पेपर की सतह के अन्दर

$B_{\text{Net}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi}\left[\frac{2\pi - \phi}{a} + \frac{\phi}{b}\right]$ पेपर की सतह के अन्दर **Ans.**

(b)



$B_{BC_{\text{के कारण}}} = B_{EA_{\text{के कारण}}} = 0$

$B_{\text{वक्रीय भाग AB के कारण}} = \frac{\frac{3\pi}{2}}{2\pi}\frac{\mu_0 I}{2a}$

$= \frac{3}{8}\frac{\mu_0 I}{a}$ पेपर की सतह के अन्दर

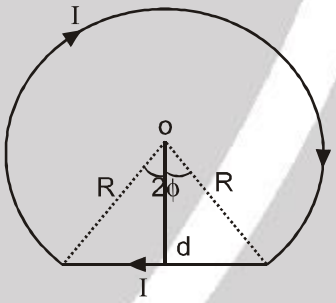
$B_{CD\text{ के कारण}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi b}\ [\cos 90^0 + \cos 45^0]$

$= \frac{\mu_0 I}{4\sqrt{2}\pi b}$ पेपर के अन्दर

$B_{DE\text{ के कारण}} = \frac{\mu_0 I}{4\sqrt{2}\pi b}$ पेपर की सतह के अन्दर

$\vec{B}_{Net} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\left[\frac{3\pi}{2a} + \frac{\sqrt{2}}{b}\right]$ पेपर की सतह के अन्दर **Ans.**

(c)



$B = B_{\text{सीधे भाग के कारण}} + B_{\text{वक्र भाग के कारण}}$ पेपर की दोनों सतह के अन्दर

$= \left(\frac{2\pi - 2\phi}{2\pi}\right)\frac{\mu_0 i}{2R} + \frac{\mu_0 i}{4\pi d}\ [\sin\phi + \sin\phi]$

$= \left(\frac{2\pi - 2\phi}{2\pi}\right)\frac{\mu_0 i}{2R} + \frac{\mu_0 i}{4\pi R\cos\phi}\ [2\sin\phi]$

$= \frac{\mu_0 i}{2\pi R}\ [\pi - \phi + \tan\phi]$

$= 28\ \mu T$ **Ans.**

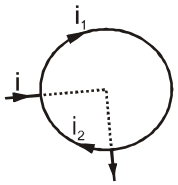
D-4. (a) $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}[-\hat{k}] + \frac{\mu_0 I}{4R}[-\hat{i}] + \frac{\mu_0 I}{4\pi R}[-\hat{k}] = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}[-\pi\hat{i} - 2\hat{k}]$ Ans.

(b) $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}[-\hat{k}] + \frac{\mu_0 I}{4R}[-\hat{i}] + \frac{\mu_0 I}{4\pi R}[-\hat{i}] = \frac{\mu_0 I}{4R}\left[\left(1 + \frac{1}{\pi}\right)(-\hat{i}) - \left(\frac{1}{\pi}\right)\hat{k}\right]$ Ans.

(c) $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4R}[-\hat{k}] + \frac{3\mu_0 I_1}{8R}[-\hat{i}] + \frac{1}{8}\frac{\mu_0 I_2}{R}[\hat{i}] + \frac{\mu_0 I}{4\pi R}[-\hat{j}]$

$i_1\left[\frac{3}{4}\pi\right] = i_2\left[\frac{1}{4}\pi\right]$

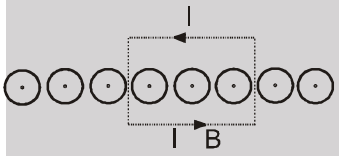
$i_2 = 3i_1$



अतः $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}[-\hat{j} - \hat{k}]$ **Ans.**

Section (E)

E-1.

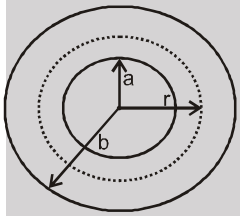


$\oint \vec{B}.d\ell = \mu_0 I$

$Bl + Bl = \mu_0 [n\ l\ i]$

$B = \frac{\mu_0 n i}{2}$ **Ans.**

E-2.



$\oint B.d\ell = \mu_0 I$

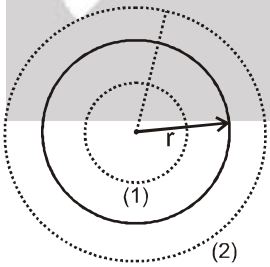
$B(2\pi r) = \mu_0 \left[\frac{i}{\pi(b^2 - a^2)}\pi(r^2 - a^2)\right]$

$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi(b^2 - a^2)} \frac{(r^2 - a^2)}{r}$

for $a \to 0$

$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi b^2} r$ Ans.

E-3.



(top view)

(a) लूप (1)

$B = \left(2\pi \frac{r}{2}\right)\mu_0 (0)$

$B = 0$

(b) लूप (2)

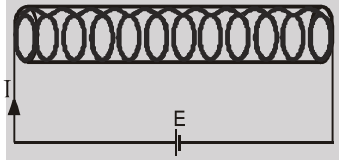
$$B\left(2\pi\frac{5r}{4}\right) = \mu_0 i$$

$$B = \frac{2\mu_0 i}{5\pi r}$$ Ans.

E-4. $B = \mu_0 ni$

$$n = \frac{B}{\mu_0 i} = 2500 \text{ घेरे/मी.}$$ Ans.

E-5.



$E = IR$

जहाँ $B = \mu_0 ni$

$= \frac{B}{\frac{\mu_0 N}{\ell}} \times T \times N \times 2\pi r$ $n = \frac{N}{\ell}$ एवं T एकांक लम्बाई का प्रतिरोध है

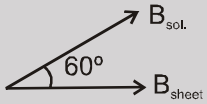
$= 1V$ Ans.

E-6 (a) $B_{Net} = 0$

$$\Rightarrow \mu_0 ni = \frac{\mu_0 k}{2}$$

$$i = \frac{k}{2n}$$

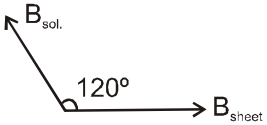
(b) $B_{Net} = \sqrt{\mu_0^2 n^2 i^2 + \frac{\mu_0^2 k^2}{4} + 2.\mu_0 ni.\frac{\mu_0 k}{2}\cos 60^\circ}$



$$= \frac{\mu_0 k}{2}\sqrt{3}$$

तथा एक कोण 120º पर होगा।

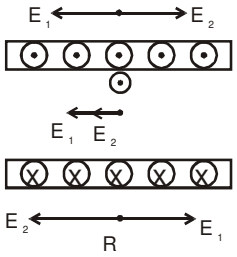
$$B_{Net} = \sqrt{\mu_0^2 n^2 i^2 + \frac{\mu_0^2 k^2}{4} + 2.\mu_0 ni.\frac{\mu_0 k}{2}\cos 120^\circ}$$



$$= \frac{\mu_0 K}{2}$$

E-7. $E_P = E_1 - E_2 = 0$

$E_R = E_1 - E_2 = 0$



$E_Q = E_1 + E_2 = \frac{1}{2}\mu_0 k + \frac{1}{2}\mu_0 k$

$E_Q = \mu_0 k$ दाहिनी ओर

Section (F) :

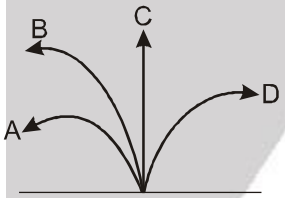
F-1. $qV = \frac{1}{2}mv^2$

$qvB = \frac{mv^2}{r}$

$\frac{q}{m} = \frac{v^2}{2V}$

$r = \frac{mv}{qB} = \frac{v}{B} \times \frac{2V}{v^2} = \frac{2V}{Bv} = 12cm$ Ans.

F-2.



C न्यूट्रॉन के लिये हैं, क्योंकि यह बिना विचलन के गतिशील है।

+ ve धनात्मक आवेश, बांयी तरफ विचलित होंगे।

– ve ऋणात्मक आवेश, दांयी तरफ विचलित होंगे।

अतः D इलेक्ट्रॉन के लिये है।

$r = \frac{mv}{qB}$

$\left(\frac{m}{q}\right)_\alpha > \left(\frac{m}{q}\right)_P$

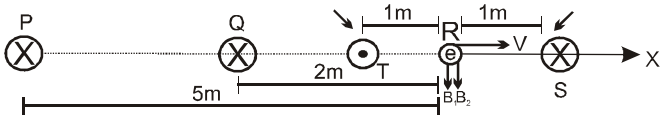
$r_\alpha > r_P$

B, α कण के लिये है।

F-3. $x = 3yz^2$

$[y] = \frac{[x]}{[z]^2} = \frac{Q^2M^{-1}L^{-2}T^2}{[MQ^{-1}T^{-1}]^2} = M^{-3}L^{-2}T^4Q^4 = M^{-3}L^{-2}T^8A^4$ Ans.

F-4.



(a) $B = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi(5)} + \frac{\mu_0 i_2}{2\pi(2)} = \frac{\mu_0}{10\pi}(2.5) + \frac{\mu_0 I}{4\pi}$

$F = evB$

$B = \frac{F}{ev} = \frac{3.2 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19} \times 4 \times 10^{5}} = 5 \times 10^{-7}$

हल करने पर $I = 4A$ **Ans.**

(b) R पर कुल क्षेत्र $= 5 \times 10^{-7} \downarrow$

कुल शून्य क्षेत्र उत्पन्न करने के लिये, तीसरे तार के कारण उत्पन्न क्षेत्र $= 5 \times 10^{-7} \uparrow$

$\frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 5 \times 10^{-7} \Rightarrow r = 1m$

दो संभव स्थितियाँ :

1. पेपर की सतह में अन्दर की ओर, R से 1 m दूरी पर बिन्दु S पर धारा
2. पेपर की सतह के बाहर की ओर, R से 1 m दूरी पर बिन्दु P पर धारा

F-5. $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$

Let $\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$

$(4.0\hat{i} + 3.0\hat{j}) \times 10^{-10} = (0.5 \times 10^{-9})$

$$\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ v_x & v_y & 0 \\ 0 & 0 & 8 \times 10^{-3} \end{vmatrix}$$

$(4\hat{i} + 3\hat{j}) \times 10^{-1} = \hat{i}[8 \times 10^{-3} v_y] - \hat{j}[8 \times 10^{-3} v_x]\ 0.5$

अतः $v_y = 100$ m/s & $v_x = -75$ m/s

F-6. $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$

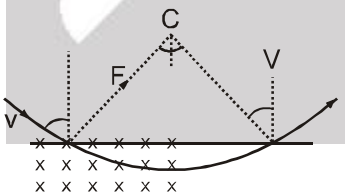
$\vec{F} \perp \vec{B} \Rightarrow \vec{a}$ लम्बवत् है $\vec{B}$ के

अतः $\vec{a} \cdot \vec{B} = 0$

$7x - 21 = 0$

$x = 3.0$ Ans.

F 7.



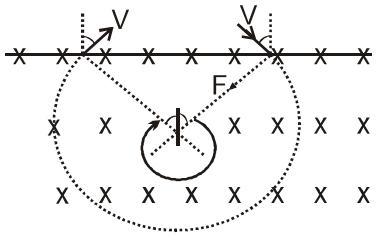
(a) $r = \frac{mv}{qB}$ **Ans.**

(b) चाप द्वारा बनाया गया कोण $= \frac{\pi}{2}$ **Ans.**

(c) $\theta = \omega t$

$\frac{\pi}{2} = \frac{qBt}{m} \Rightarrow t = \frac{\pi m}{2qB}$ Ans.

(d)

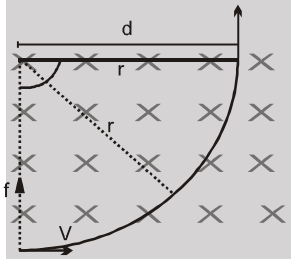


$r = \frac{m v}{q B}$

$\theta = \frac{3\pi}{2}$

$t = \frac{\theta}{\omega} = \frac{3\pi m}{2qB}$

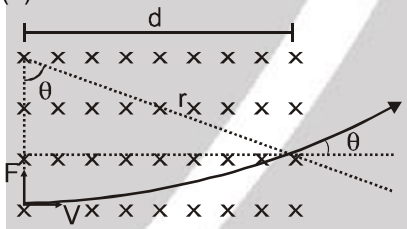
F 8.



$r = \frac{m v}{q B}$

(a) d = r अन्तरित किया कोण $= \frac{\pi}{2}$

(b) d < r

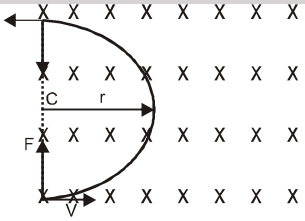


$d = \frac{r}{2}$

$\sin\theta = \frac{d}{r} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$\theta = \frac{\pi}{4}$

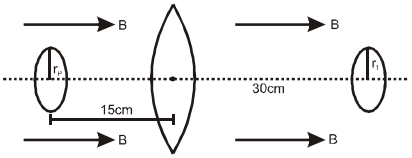
(c) d > r



d = 3r

$\theta = \pi$ radians

F-9.



$$\frac{1}{V} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{V} + \frac{1}{15} = \frac{1}{10}$$

$V = 30\text{cm}$

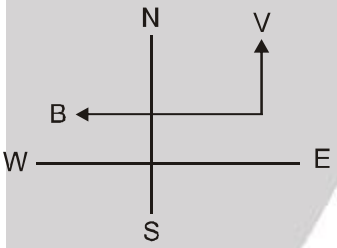
$$r_{particle} = \frac{mv}{qB}$$

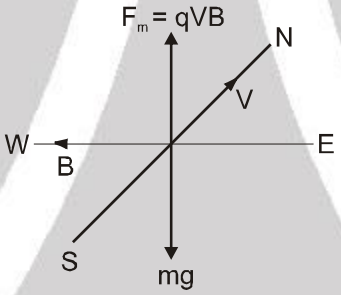
$$= \frac{2\times10^{-5}\times4.8}{2\times10^{-3}\times1.2} = 4\text{cm}$$

$$\frac{r_I}{r_P} = \frac{V}{u} = 2$$

$r_{Image} = 8\text{cm}$

F-10.

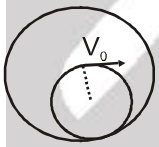




$mg = qVB$

$$V = \frac{mg}{qB} = 50\text{ m/s}$$

F-11.



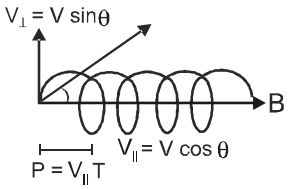
$$R = \frac{mV_0}{qB} = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{2mV_0}{qr} = B = \mu_0 ni$$

$$V_0 = \frac{\mu_0 niqr}{2m}$$

Section (G) :

G-1.



$r = \frac{m V_\perp}{qB} = \frac{5\times10^{-12}\times1\times10^{3}\times0.9}{5\times10^{-6}\times5\times10^{-3}} = 18\text{cm}$ **Ans.**

व्यास = 36cm

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

$P = V\cos\theta \times \frac{2\pi m}{qB} = 4\pi\sqrt{19}\ \text{cm}$ **Ans.**

G-2. $r = \frac{m V_\perp}{qB}$

$V_\perp = \frac{qBr}{m}$

$= \frac{1.6\times10^{-19}\times0.04\times0.05}{1.67\times10^{-27}} \approx 2\times10^{5}\ \text{m/s}$ Ans.

$P = V_\parallel \frac{2\pi r}{V_\perp}$

$V_\parallel = \frac{P\times V_\perp}{2\pi r}$

$= \frac{4}{\pi}\times10^{5}\ \text{m/s}$ Ans.

G-3. $t = \frac{.1}{V\cos60}$, $T = \frac{2\pi m}{qB}$

$nT = t$

$\frac{n2\pi m V}{qB} = 0.2$

$\frac{\pi n\sqrt{2mE}}{qB} = 0.1$

$B = \frac{\pi n\sqrt{2\times9\times10^{-31}\times2\times10^{3}\times1.6\times10^{-19}}}{e\times0.1}$

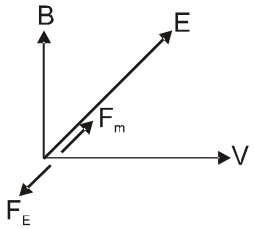
$B = \frac{\pi n}{0.1}\sqrt{\frac{36\times10^{-28}}{1.6\times10^{-19}}} = \frac{\pi n}{0.1}\sqrt{\frac{9\times10^{-8}}{4}}$

$B = 15\pi n\times10^{-4}\ T$

$B_{min} = 15\pi\times10^{-4}\ T$

Section (H)

H-1.



$F_m = F_E$

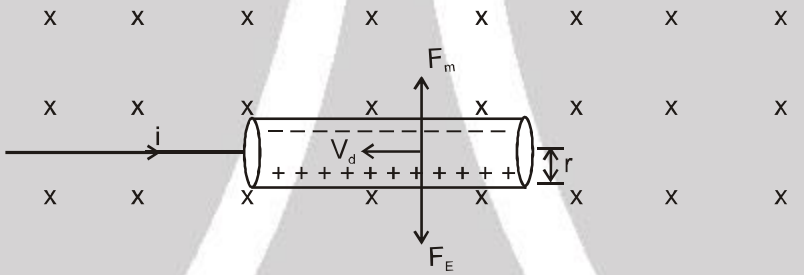
$eVB = eE$

$V = \frac{E}{B} = \frac{3.2 \times 10^4}{2 \times 10^{-3}}$

$= 16 \times 10^6$ m/s **Ans.**

$r = \frac{mV}{eB} = \frac{91}{20}$ cm **Ans.**

H-2.



$i = neAV_d$

$V_d = \frac{i}{neA} = \frac{i}{\pi r^2 ne}$

$F_m = eV_dB = \frac{iB}{nA}$ ऊपर की ओर

$F_m = \frac{iB}{\pi r^2 n}$ ऊपर की ओर

$F_m = F_E$

$eV_dB = eE$

$E = BV_d = \frac{Bi}{neA} = \frac{iB}{\pi r^2 ne}$

$P.d. = Ed = \frac{Bid}{neA} = \frac{2iB}{\pi rne}$

H-3. $r = \frac{mV}{qb}$

$\frac{q}{m} = \frac{V}{rB}$

As, $qE = qVB$

$E = VB$

$\frac{q}{m} = \frac{E}{rB^2} = \frac{5}{4} \times 10^5$ C/kg Ans.

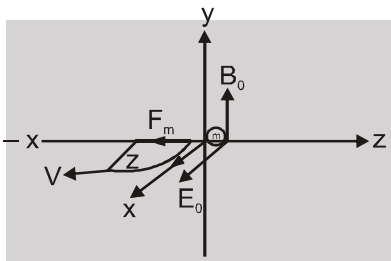
H-4. $V = \frac{E}{B}$

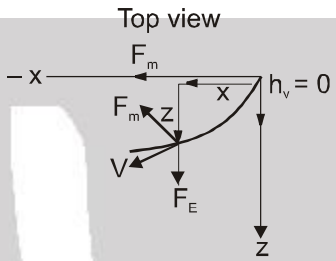
$r = \frac{m V}{q B}$

$B = \frac{m V}{rq} = \frac{1.6 \times 10^{-27} \times 2 \times 10^{5}}{4 \times 10^{-2} \times 1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{-2}$ T Ans.

$E = VB = 5 \times 10^{3}$ N/C Ans.

H-5.





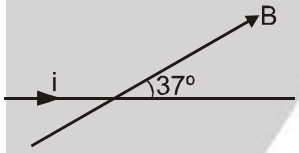
$W_E = \Delta k$

$qE_0x = \frac{1}{2}mV^2 - 0$

$V = \sqrt{\frac{2qE_0x}{m}}$ Ans.

Section (I)

I-1.

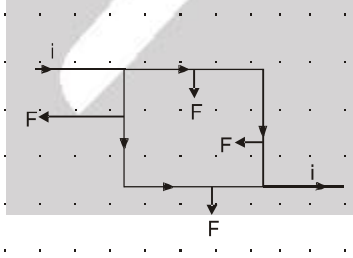


$\vec{F} = i(\vec{L} \times \vec{B})$

$F = BiL \sin\theta$

$= 0.1 \times 10 \times 0.1 \times \frac{3}{5} = 6 \times 10^{-2}$N

I-2.



$F = B\frac{i}{2}l$

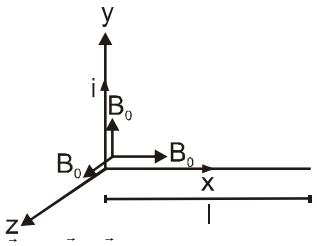
$= 0.1 \times 1 \times 0.1 = 1 \times 10^{-2}$ N Ans.

I-3. $F = BiL \qquad L = 2r$

$= Bi\,(2r)$

$= 1 \times 2 \times 4 \times 10^{-2} = 8 \times 10^{-2}$ N

I-4.

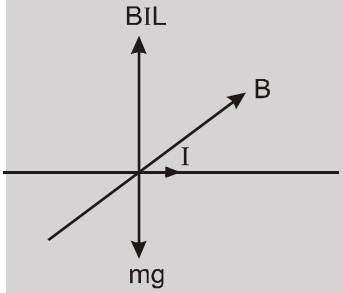


$\vec{F} = i[\vec{l} \times \vec{B}] = B_0 il[\hat{j} \times (\hat{i} + \hat{j} + \hat{k})]$

$= B_0 il[-\hat{k} + \hat{i}]$

$F = \sqrt{2}\, B_0 il$ **Ans.**

I-5.



$BIL \sin\theta = mg$

$B = \frac{mg}{IL\sin\theta}$

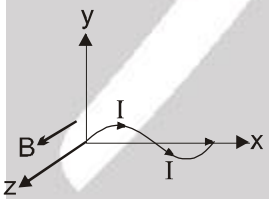
$B_{min} = \frac{mg}{IL}$

$= \frac{10^{-4} \times 10}{10 \times 0.2}$

$= 5 \times 10^{-4}\ T$

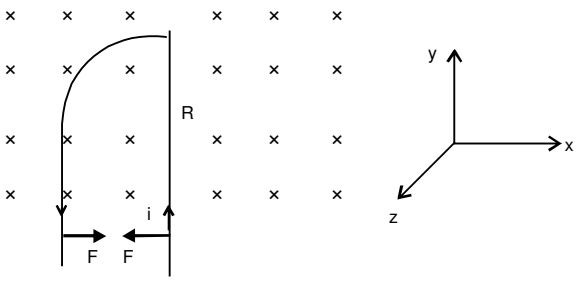
B क्षैतिज दिशा में तार के लम्बवत् होना चाहिये, अतः $F = BIL$, ऊपर की ओर होगा

I-6.



$F = BiL = Bi\lambda/2$ **Ans.**

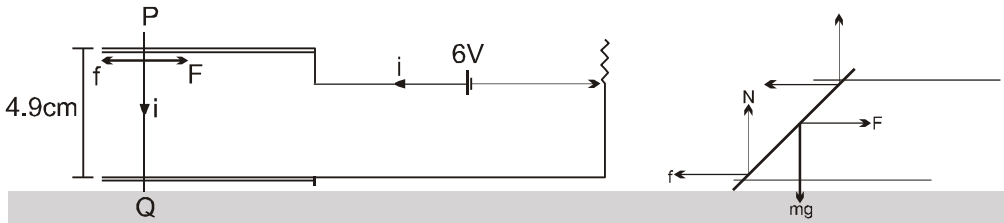
I-7.



सीधे भाग के कारण बल, एक दूसरे को निरस्त कर देगा।

वक्रीय भाग के कारण बल $= BiR(-\hat{j})$ **Ans.**

I-8.



$F = f_L$

$N = mg$

$BiL = \mu mg$

$$\mu = \frac{BIL}{mg} = \frac{0.8 \times \frac{6}{20} \times 4.9 \times 10^{-2}}{10 \times 10^{-3} \times 9.8} = 0.12$$ **Ans.**

I-9. धारा प्रवाही तार विद्युत रूप से उदासीन है। अतः दोनों तारों में केवल चुम्बकीय आकर्षण बल लगेगा।
परन्तु इलेक्ट्रॉन के दो समान्तर पुंजों में ऋणात्मक आवेश है। अतः इनमें विद्युत प्रतिकर्षण तथा चुम्बकीय आकर्षण भी होगा।
विद्युत प्रतिकर्षण चुम्बकीय आकर्षण से ज्यादा है। अतः पुंज एक दूसरे को प्रतिकर्षित करेंगे।

I-10. $\vec{B} = B_0\left(1 - \frac{x}{\ell}\right)\hat{k}$

$\vec{F}_{AB}$ $x = 0$ पर

$B = B_0\hat{k}$

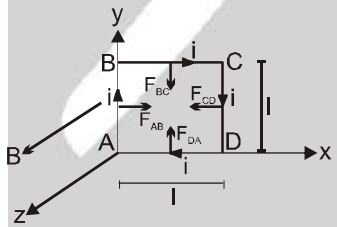
$x = \ell$ पर $B = 0$

$\vec{F}_{AB} = B_0 i \ell \hat{i}$.

$\vec{F}_{CD} = 0$

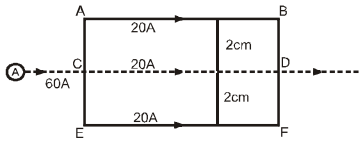
$\vec{F}_{BC} = -\vec{F}_{DA}$

अतः परिणामी बल



$F = B_0 i \ell \hat{i}$

I-11.



AB पर :

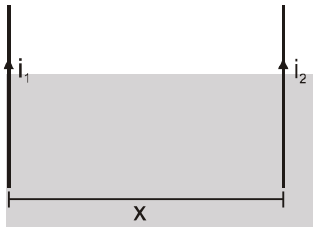
$$\frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi(2cm)} + \frac{\mu_0 i_1 i_3}{2\pi(4cm)} = \frac{F}{l} = 2 \times 10^{-7} \times 400 \times 100\left(\frac{3}{4}\right)$$

$\frac{F}{\ell} = 6 \times 10^{-3}$ N/m नीचे की ओर

CD पर :

$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi(1cm)} - \frac{\mu_0 i_1 i_3}{2\pi(1cm)} = 0$ Ans.

I-12.



$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi x}$

$\frac{dw}{\ell} = \frac{F}{\ell} dx = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi x} dx$

$\frac{w}{\ell} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$ **Ans.**

I-13. घर्षण को समाप्त करने के लिये न्यूनतम आवश्यक बल

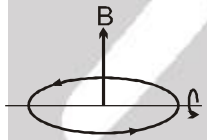
$\frac{\mu m g}{\sqrt{1+\mu^2}} = Bi\ell\sin\theta$

$B = \frac{\mu m g}{i\ell\sqrt{1+\mu^2 \sin\theta}}$

$B_{min} = \frac{\mu m g}{i\ell\sqrt{1+\mu^2}}$

Section (J)

J-1.



$U_i = -MB$

$U_f = +MB$

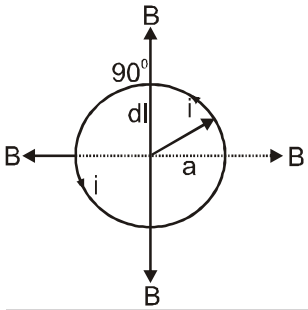
या $U_i = +MB$

$U_f = -MB$

$W = \Delta U = 2MB = 2 \times Ni\pi r^2 B$

$W = \pm 75\pi \times 10^{-3}$ J

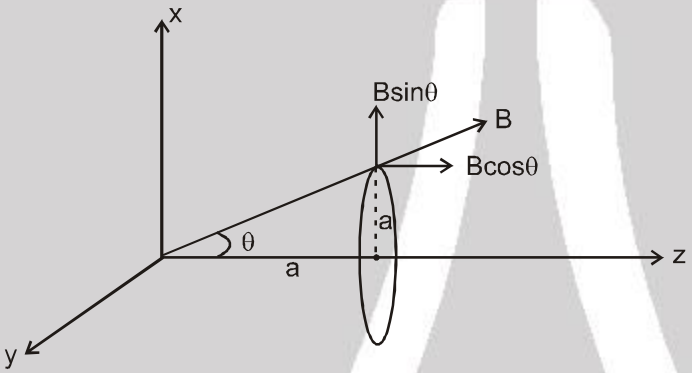
J-2.



(a) $df = BidL$

$F = Bi(2\pi a)$ पेपर की सतह के अन्दर

(b)



$\vec{B} = B_0 \vec{e}_r$

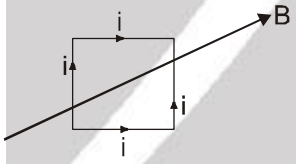
$B_0 \cos\theta$ के कारण सभी अवयवी बल जुड़ेंगे और $B_0 \sin\theta$ के कारण परस्पर निरस्त हो जाते हैं।

$dF = B_0 \frac{1}{\sqrt{2}} \cos\theta \, i \, dl$

$dF = B_0 \times i \, dl$

$F = \frac{B_0 i}{\sqrt{2}} (2\pi a) = \sqrt{2}\, iB_0\pi a$ Ans.

J-3



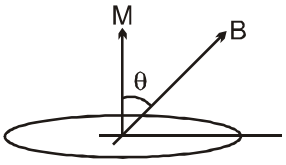
$\tau = MB$

$0.2 = iNL\,bB$

$B = \frac{0.2}{100 \times 2 \times 5 \times 4 \times 10^{-4}}$

$= 0.5$ T

J-4



$\tau = MB\sin\theta$

$\tau_{Max} = MB$

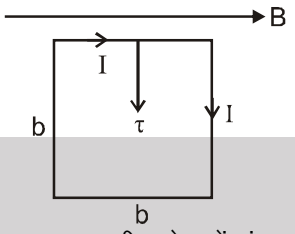
$= 50 \times \pi (0.04)^2 \times 2.5 \times 0.2$

$= 4\pi \times 10^{-2}$ N-m

$\sin\theta = \frac{1}{2}$ If $\tau = \frac{1}{2}\tau_{Max}$

i.e. M और B के मध्य कोण 30^0 या B और कुण्डली के तल के मध्य कोण = 60^0

J-5



एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में बंद लूप पर लगने वाला बल, शून्य है।

$\tau = MB$

$= i\ell^2 B$

$= 10 \times 0.1 \times 0.1 \times 0.2 = 2 \times 10^{-2}$ N-m

J-6. $\tau = MB \sin 30^0$

$= Ni\pi r^2 B \times$

$= 500 \times 1 \times \pi \times (0.01)^2 \times 0.4 \times$

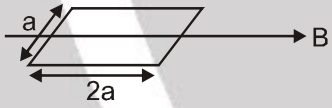
$= \pi \times 10^{-2}$ N-m

J-7.

$L = 2\pi r$

$\tau = Bi\pi r^2$

$= \frac{iL^2B}{4\pi}$



$L = 6a \Rightarrow a = L/6$

$\tau = 2Bia^2$

चूंकि $i_{लूप} > I_{वर्गाकार\ लूप}$

$= 2Bi\ \frac{L^2}{36} = \frac{BiL^2}{18}$

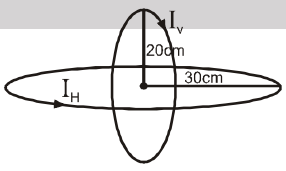
J-8. $i = Qf = \frac{Q\omega}{2\pi}$

$M = i \times \pi R^2 = \frac{Q\omega R^2}{2}$ **Ans.**

Section (K) :

K-1. जैसा कि धारावाही कुण्डली के कारण क्षेत्र उसकी अक्ष के अनुदिश है, ऊर्ध्वाधर कुण्डली क्षैतिज क्षेत्र तथा क्षैतिज कुण्डली ऊर्ध्वाधर क्षेत्र उत्पन्न करेगी। अर्थात्

$\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\pi N_V I_V}{R_V} = B_H$ तथा $\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\pi N_H I_H}{R_H} = B_V$



परन्तु जैसा कि $\tan\phi = \frac{B_V}{B_H}$, $B_V = B_H \tan\phi = \frac{B_H}{\sqrt{3}}$ [जैसा कि $\phi = (\pi/6)$]

तथा, $1\frac{A}{m} = 4\pi \times 10^{-7}\frac{Wb}{m^2}$

अतः, $10^{-7}\ \frac{2\pi \times 100 \times I_v}{0.2} = 4\pi \times 10^{-7} \times 27.8$

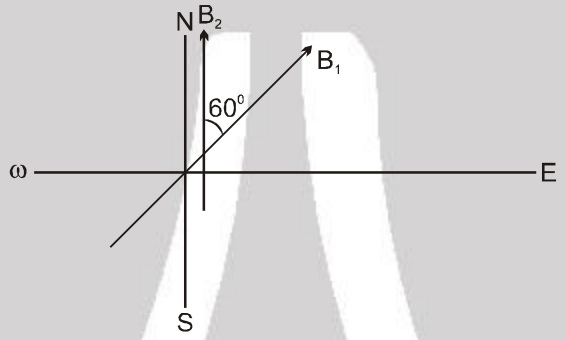
i.e., $I_v = 1112 \times 10^{-4}$ A

तथा $10^{-7}\ \frac{2\pi \times 100 \times I_H}{0.3} = 4\pi \times 10^{-7}\ \frac{27.8}{\sqrt{3}}$

i.e., $I_H = 556\sqrt{3} \times 10^{-4}$ A

K-2. $B_R = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2\cos 60^0}$

$B_1 = 2\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{M}{r^3}$



$= 2 \times 10^{-7}\frac{6}{(0.2)^3}$

$= 1.5 \times 10^{-4}$ T

$B_2 = 0.3 \times 10^{-4}$ T

$B_R = 10^{-4}\sqrt{(1.5)^2 + (0.3)^2 + 2 \times 0.15 \times 0.3 \times \frac{1}{2}} = \sqrt{2.79} \times 10^{-4}$ **Ans.**

K-3. $L = N \times 2\pi r - 50 \times 2 \times \pi \times 0.1$

$A = \pi r^2 = \pi \times (0.1 \times 10^{-3})^2$

प्रतिरोध $R = \frac{\rho L}{A}$

$= \frac{2 \times 10^{-8} \times 50 \times 2 \times \pi \times 0.1}{\pi \times 10^{-8}} = 20\Omega$

$i = \frac{\varepsilon}{R} = 1$ A

$B_H = \frac{\mu_0 N i}{2r}$

Section (L)

L-1. $B = \frac{\Phi}{A} = \frac{2.4 \times 10^{-5}\ Wb}{0.2 \times 10^{-4}\ m^2} = 1.2\ Wb/m^2$

$= 1.2\ N\ A^{-1}\ m^{-1}$.

चुम्बकन क्षेत्र (या चुम्बकीय तीव्रता) H, 1600 Am^{-1} है। इसलिए चुम्बक शीलता होगी -

$\mu = \frac{B}{H} = \frac{1.2\ N\ A^{-1}m^{-1}}{1600\ A\ m^{-1}} = 7.5 \times 10^{-4}\ N/A^2$.

अब, समी० $\mu = \mu_0(1 + \chi_m)$, से चुम्बकीय प्रवृति होगी -

$\chi_m = \frac{\mu}{\mu_0} - 1.$

हम जानते है $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N/A^2

$\therefore \quad \chi_m = \frac{7.5 \times 10^{-4}}{4 \times 3.14 \times 10^{-7}} - 1 = 596.$

L-2. टॉरॉइड की कुण्डली जिसमें i_0 धारा प्रवाहित है के द्वारा घेरे गये खाली स्थान में चुम्बकीय क्षेत्र $\mu_0 n i_0$ है। जहाँ n टॉरॉइड में प्रति इकाई लम्बाई पर घेरों की संख्या है एवं μ_0 मुक्त आकाश की चुम्बकशीलता है।

यदि इस स्थान में कोर को μ चुम्बकशीलता के किसी पदार्थ से भर दिया जाये, तो चुम्बकीय क्षेत्र होगा

$B = \mu n i_0$

परन्तु $\mu = \mu_0 u_r$, जहाँ μ_r कोर के पदार्थ की आपेक्षिक चुम्बकशीलता है। इस प्रकार –

$B = \mu_0 u_r n i_0$ या $\mu_r = \frac{B}{\mu_0 n i_0}$

यहाँ $B = 2.5$ T, $i_0 = 0.6$ A तथा $n = \frac{3000}{2\pi r}$ m^{-1}, जहाँ r टॉरॉइड की माध्य त्रिज्या है

$(r = \frac{11+12}{2} = 11.5$ cm 11.5×10^{-2} m). इस प्रकार

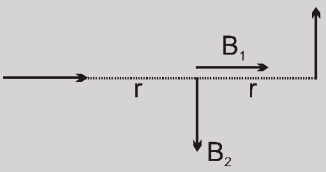
$\mu_r = \frac{2.5}{(4\pi \times 10^{-7}) \times (3000/2\pi \times 11.5 \times 10^{-2}) \times 0.6} = \frac{2.5 \times 11.5 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-7} \times 3000 \times 0.6}$

$\mu_r = 798.5$

भाग - II

A-1. $B_1 = \frac{2\mu_0}{4\pi} \frac{M}{r^3}$ (क्योंकि द्विध्रुव छोटा है)

$= \frac{10^{-7} \times 1 \times 2}{(1)^3} = 2 \times 10^{-7}$ T

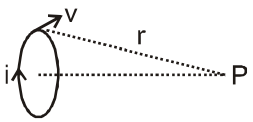


$B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{M}{r^3}$

$= 10^{-7}$ T

$B_{net} = \sqrt{5} \times 10^{-7}$ T (B) Ans.

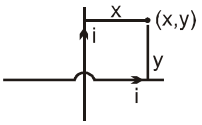
A-2. $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q(\vec{v} \times \vec{r})}{r^3}$



परिमाण नियत है, लेकिन दिशा परिवर्तित होती है। (A)

Section (B)

B-1. $\frac{\mu_0 i}{2\pi x} = \frac{\mu_0 i}{2\pi y}$



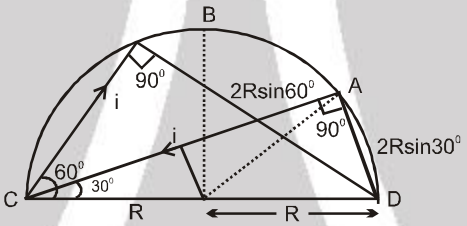
$y = x$ Ans. (A)

केवल प्रथम तथा तृतीय चतुर्थांश में चुम्बकीय क्षेत्रो की दिशा विपरित होगी

B-2. $B_{AC \text{ के कारण}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi\, 2R \sin 30^0}\ [\cos 30^0 + \cos 90^0]$

$= \frac{\mu_0 i\sqrt{3}}{8\pi R}$

$B_{BC \text{ के कारण}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi\, 2R \sin 60^0}\ [\cos 60^0 + \cos 90^0]$



$= \frac{\mu_0 i}{8\pi R\sqrt{3}}$

$B_{Net} = B_{AC \text{ के कारण}} - B_{BC \text{ के कारण}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi R\sqrt{3}}$

B-3. $\vec{B}_{\text{प्रथम लूप के कारण}} = 4\,\frac{\mu_0 i}{4\pi\,\frac{a}{2}}\ [\cos 45° + \cos 45°]$

$= \frac{2\sqrt{2}\mu_0 i}{\pi a}$

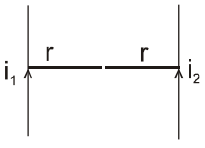
$\vec{B}_{\text{द्वितीय लूप के कारण}} = -\frac{4\mu_0 i}{4\pi\,\frac{2a}{2}}\ [\cos 45° + \cos 45°]$

$= \frac{-\sqrt{2}\mu_0 i}{\pi a}$

$\vec{B} = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 i}{\pi a}\ [1 - \frac{1}{2} + ...\infty]$

$= \frac{2\sqrt{2}\mu_0 i}{\pi a}\,\ell n\, 2$ **Ans. (C)**

B-4. $i_1 > i_2$

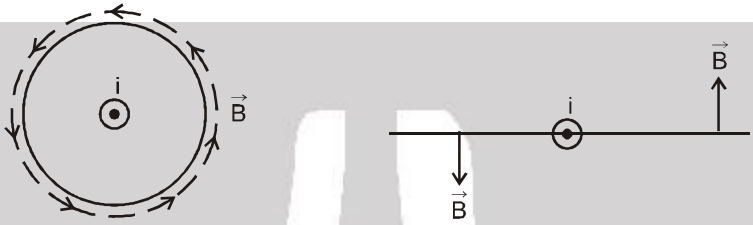


$\frac{\mu_0}{2r}(i_1 - i_2) = 20$

$\frac{\mu_0}{2r}(i_1 + i_2) = 30$

$\frac{i_1 + i_2}{i_1 - i_2} = \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{5}{1}$ **Ans.(C)**

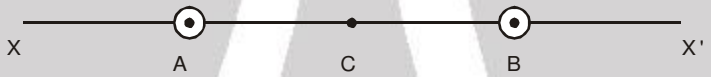
B-5. यदि धारा पेपर के बाहर प्रवाहित हो रही है तो तार के दांयी ओर स्थित बिन्दुओं पर चुम्बकीय क्षेत्र ऊपर की ओर तथा बांयी ओर स्थित बिन्दुओं पर नीचे की ओर होगा (जैसा कि चित्र में दिखाया गया है)



अब सवाल के अनुसार

C पर चुम्बकीय क्षेत्र 0 है

BX' क्षेत्र में चुम्बकीय क्षेत्र ऊपर की ओर (+ve) होगा क्योंकि इस क्षेत्र में स्थित सभी बिन्दु दोंनो तारों के दांयी ओर होंगे।



इसी तरह

AX क्षेत्र में चुम्बकीय क्षेत्र नीचे की ओर (-ve) होगा।

AC क्षेत्र में चुम्बकीय क्षेत्र ऊपर की ओर (+ve) होगा। क्योंकि B की तुलना में बिन्दु A के पास है।

इसी तरह BC क्षेत्र चुम्बकीय क्षेत्र नीचे की ओर (–ve) होगा।

इन सभी शर्तो को ग्राफ (B) पूरा करता है। अतः सही विकल्प (B) है।

B-6. H_1 = PQ के कारण M पर चुम्बकीय क्षेत्र + QR के कारण M पर चुम्बकीय क्षेत्र

चुंकि QR के कारण M पर चुम्बकीय क्षेत्र = 0

H_2 = M पर PQ के कारण चुम्बकीय क्षेत्र (धारा I) + M पर QS के कारण चुम्बकीय क्षेत्र (धारा I/2)

+ M पर QR के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

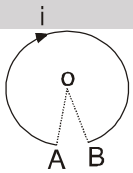
$= H_1 + \frac{H_1}{2} + 0 = \frac{3}{2}H_1 \quad \therefore \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{2}{3}$

धारा प्रवाही सीधे चालक के किसी बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र शून्य है।

Section (C)

C-1. $B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R'}(2\pi - \theta)$

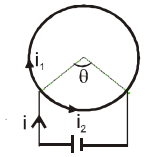
जहाँ ; $(2\pi - \theta)\, R' = 2\pi R$



$R' = \frac{2\pi R}{2\pi - \theta}$

$B = \frac{\mu_0 i}{2R}\left(\frac{2\pi - \theta}{2\pi}\right)^2$ **Ans. (A)**

C-2. $B_{\text{केन्द्र पर}} = \frac{\mu_0 i_1}{2R}\frac{[2\pi-\theta]}{2\pi} - \frac{\mu_0 i_2}{2R}\left[\frac{\theta}{2\pi}\right]$



$i_1R_1 = i_2R_2 = \varepsilon$

$i_1(2\pi-\theta) = i_2(\theta)$

अतः $B_{\text{केन्द्र पर}} = 0$ **Ans. (B)**

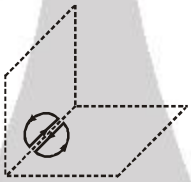
C-3. $B = \mu_0\mu_r ni$

$= 10^{-7} \times 4\pi \times 4000 \times 1000 \times 5$

$= 8\pi\ T$

$= 25.12\ T$ Ans. (D)

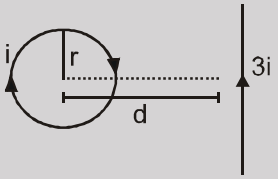
C-4. $\oint_{ABCDA}\vec{B}.d\ell = \oint_{ABCA}\vec{B}.d\ell + \oint_{CDAC}\vec{B}.d\ell$



$= \mu_0(i_1 + i_3) + \mu_0(i_2 - i_3)$

$= \mu_0(i_1 + i_2)$ Ans. (D)

C-5. $B = \frac{\mu_0 i}{2r} = \frac{\mu_0(3i)}{2\pi d}$



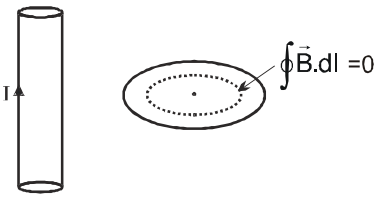
$d = \frac{3r}{\pi}$ Ans.

C-6. $n = \frac{1}{d} = \frac{2}{1\times10^{-3}}$ /m

$B = \mu_0 ni$

$= 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{2}{10^{-3}} \times 2.5 = 2\pi \times 10^{-3}T$

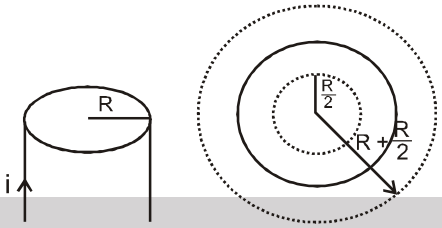
C-7.



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

$B = 0$ Ans. (B)

C-9. $B_{inside} = \dfrac{\mu_0 \dfrac{i}{\pi R^2} \times \dfrac{\pi R^2}{4}}{2\pi \dfrac{R}{2}} = \dfrac{\mu_0 i}{4\pi R}$



$B_{Outside} = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi \dfrac{3R}{2}} = \dfrac{\mu_0 i}{3\pi R}$

ऊर्जा घनत्व $\propto B^2$

$\dfrac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \left[\dfrac{B_1}{B_2}\right]^2 = \dfrac{9}{16}$

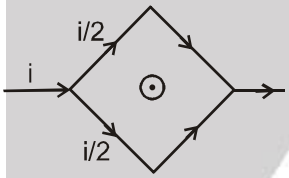
Section (D)

D-1. $F = qVB$

$F_{Min} = q_{Min}VB$ Ans. (B)

उपरोक्त विकल्पों में से प्रोटोन का आवेश न्यूनतम होगा ।

D-2.



केन्द्र पर चुम्बकीय क्षैत्र शून्य है **Ans. (D)**

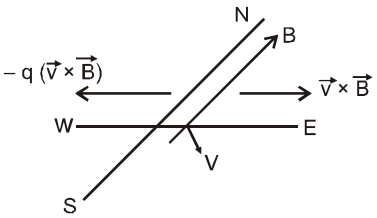
D-3. $qV = \dfrac{1}{2}mv^2$

$R = \dfrac{mv}{qB} = \dfrac{m\sqrt{\dfrac{2qV}{m}}}{qB} = \sqrt{\dfrac{2mV}{qB^2}}$

$\dfrac{R_1}{R_2} = \sqrt{\dfrac{m_1}{m_2}}$

$\dfrac{m_1}{m_2} = \left(\dfrac{R_1}{R_2}\right)^2$ **Ans. (C)**

D-4.



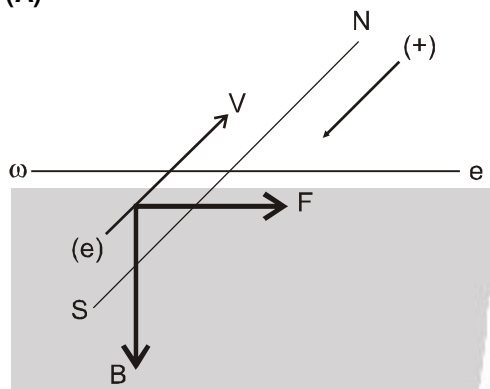
पश्चिम की ओर है

अतः कण पश्चिम की ओर विस्थापित होंगे **Ans. (B)**

D-5.

V || B
F = 0

D-6. **(A)**

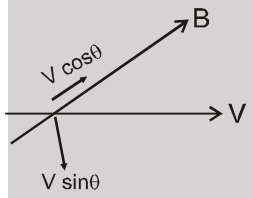


चूंकि $q_1 = q_2 = 1.6 \times 10^{-19}$ कूलॉम के मध्य लगने वाला स्थिर विद्युत बल चुम्बकीय बलों की तुलना में बहुत अधिक है। अतः आकर्षित करेंगे।

Section (E)

E- 1.

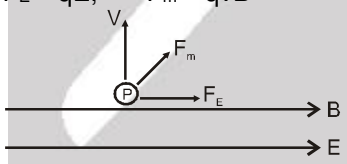
$\frac{mv^2}{R} = qv\,(B \sin\theta)$



$R = \frac{mv}{qB\sin\theta}$ **Ans. (C)**

Section (F)

F-1. $F_E = qE$, $F_m = qvB$



$R = \frac{mv}{qB}$

पिच $p = V_{||}T$

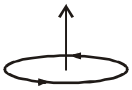
$T = \frac{2\pi R}{V}$

$V_{||} = 0 + \frac{qE\,t}{m}$ Ans. (D)

F-2. $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$

यदि विचलित नहीं होता है तो परिणामी बल शून्य ही होगा

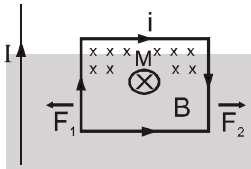
Section (G)

G-1. 

एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में बंद लूप पर लगने वाला बल शून्य होता है।

Ans. (C)

G-2. $\vec{M} \times \vec{B} = 0$



$\tau = 0$

लूप घूर्णन नहीं करेगा।

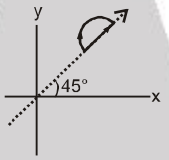
$F_1 > F_2$

अतः लूप तार की ओर गति करेगा।

Ans. (C)

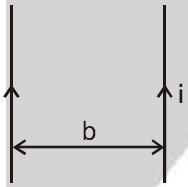
G-3. $\vec{B} = 3\hat{i} + 4\hat{j} + \hat{k}$

$\vec{I} = \frac{2}{\sqrt{2}}(\hat{i} + \hat{j})$



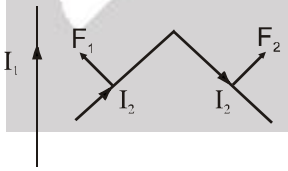
$\vec{F} = I(\vec{I} \times \vec{B}) = \sqrt{2}[(\hat{i} + \hat{j}) \times (3\hat{i} + 4\hat{j} + \hat{k})] = \sqrt{2}(\hat{i} - \hat{j} + \hat{k})$ Ans. (B)

G-4.



$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2i^2}{b} = \frac{\mu_0 i^2}{2\pi b}$

G-5.



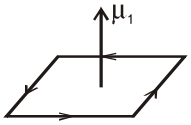
As ; $F_1 > F_2$

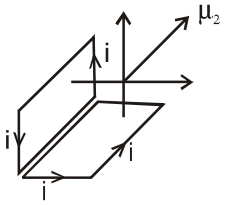
F_1 एवं F_2 का परिणामी F_1 की ओर झुका होगा

Ans. (D)

G-6. $\mu_1 = L^2$

$\mu_2 = \sqrt{2} \times L \times L/2$

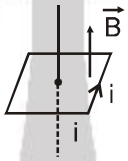




$\mu_2 = \frac{L^2}{\sqrt{2}}$

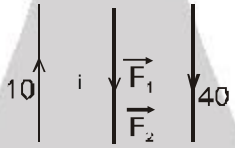
$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \sqrt{2}$

G-7. लूप द्वारा केन्द्र पर आरोपित क्षेत्र, लूप की अक्ष के अनुदिश होगा अर्थात् सीधे तार के समान्तर होगा।



अतः $F = i(\vec{i} \times \vec{B}) = 0$

G-8. $F_1 = \frac{\mu_0 (10 \times i)}{2\pi l}$



$F_2 = \frac{\mu_0 (i \times 40)}{2\pi l}$

F_1 व F_2 दोनों एक ही दिशा में 40 A तार की तरफ इंगित है।

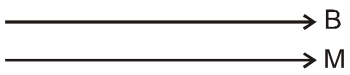
G-9. सदिश योग $\vec{PQ} + \vec{QR} + \vec{RP} = 0$

अतः PQR पर बल = 0.

SECTION (H)

H-1. $U_i = -MB$

$U_f = MB$

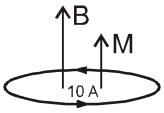


$W = \Delta U = 2MB$

$= 2 \times 2.5 \times 0.2$

$= 1$ J Ans. (B)

H-2.



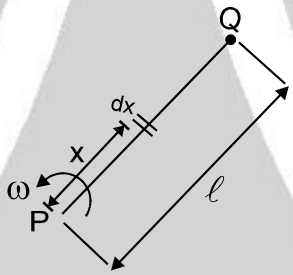
$\vec{\tau} = \vec{M} \times \vec{B} = 0$ Ans. (A)

H-3. अवकलनीय अवयव dx, पर आवेश $dq = \frac{Q}{\ell}.dx$

समतुल्य धारा $di = f\, dq$

∴ इस अवयव का चुम्बकीय आघूर्ण $d\mu = (di)\, NA$ (N = 1)

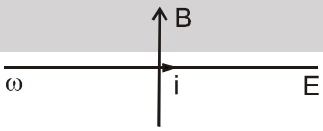
$$d\mu = \left(\pi x^2\right) f \frac{Q}{\ell} dx$$



$$\Rightarrow \mu = \frac{\pi f Q}{\ell} \int_0^{\ell} x^2 dx \; ; \; \mu = \pi f Q \ell^2$$ .....**Ans.**

Section (I)

I-1.



$F = BiL = 10^{-4} \times 10 \times 1$

$= 10^{-3}$ N Ans. (C)

I-2. $B_H \tan\theta = \frac{\mu_0 N i}{2r}$

$i = \frac{0.34 \times 10^{-4} \times 2 \times .2}{4\pi \times 10^{-7} \times 20} = \frac{17}{10\pi}$ Ans. (A)

भाग - III

1. p,q,r, t में चुम्बकीय क्षेत्र ऋणात्मक y दिशा के अनुदिश है।
सभी स्थितियों में चुम्बकीय क्षेत्र का z- घटक शून्य होगा

स्थिति r में बिन्दु P पर चुम्बकीय क्षेत्र $= \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i}{d}$

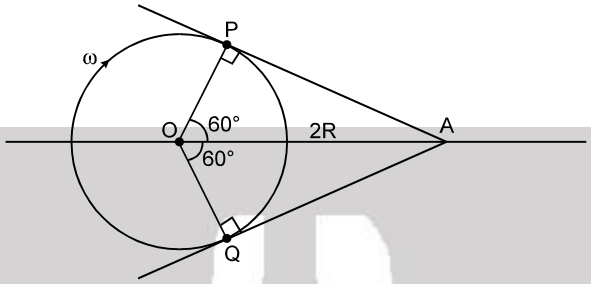
अन्य सभी स्थितियों में बिन्दु P पर चुम्बकीय क्षेत्र $\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{i}{d}$ से कम होगा

2. एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में रखे चुम्बकीय द्विध्रुव पर बल शून्य होगा अतः चारों स्थितियों में विकल्प P उभयनिष्ठ होगा।
चुम्बकीय द्विध्रव पर बलाघूर्ण होगा एवं बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$ द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$ होगी ।
(A) चुंकि $\theta=0$, अतः $\tau=0$
(B) चुंकि $\theta = \pi/2$, अतः $\tau=\mu B$
(C) चुंकि θ न्यून कोण है अतः बलाघूर्ण अशून्य होगा एवं परिमाण में μB से कम होगा
(D) चुंकि $\theta = \pi$, अतः $\tau = 0$ and $U = \mu B$
चुम्बकीय द्विध्रुव स्थायी साम्यावस्था में केवल $\theta = 0$ पर रहेगा।

EXERCISE-2

भाग-I

1. बिन्दु A शून्य चुम्बकीय क्षेत्र (α-कण के कारण) आलेखित करेगा जब α-कण स्थिति P व Q पर चित्र में दर्शाये अनुसार है। α-कण द्वारा P से Q तक जाने में लिया गया समय है–



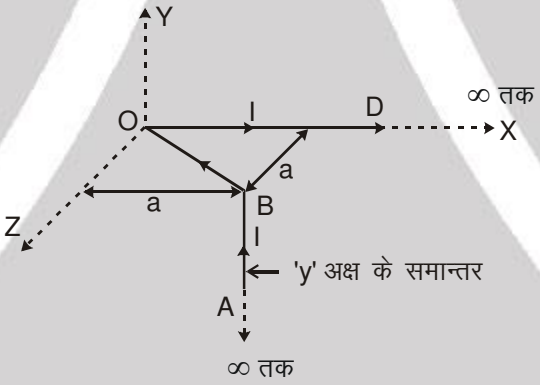
$$t = \frac{1}{3}\,\frac{2\pi}{\omega} \qquad \text{और} \qquad \omega = \frac{2\pi}{3t}$$

2. $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$ और $\vec{E} = \frac{1}{4\pi \in_0} \frac{q\vec{r}}{r^3}$ $\therefore$ $\vec{B} = \mu_0 \in_0 (\vec{v} \times \vec{E}) = \frac{\vec{v} \times \vec{E}}{c^2}$

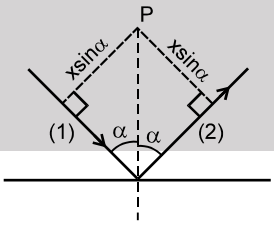
3. $B_{OD} = 0$

$B_{OB} = 0$

$B_{AB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a\sqrt{2}} [\cos 45°(-\hat{i}) + \cos 45°\hat{k}] = \frac{\mu_0 I}{8\pi a}(-\hat{i} + \hat{k})$



4. तार (1) व (2) के कारण 'P' पर चुम्बकीय क्षेत्र है –



$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi(x \sin\alpha)} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(x \sin\alpha)} = \frac{2\mu_0 I}{2\pi(x \sin\alpha)}$ (कागज के तल के बाहर)

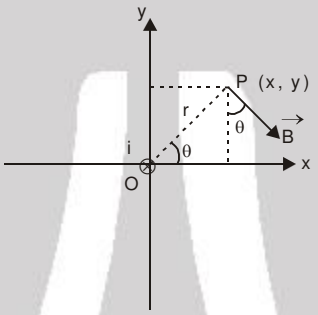
अब यदि $\frac{2I}{\sin\alpha}$ धारा तीसरे तार में प्रवाहित है तो इसके कारण चुम्बकीय क्षेत्र होगा :

$B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi x}\left(\frac{2I}{\sin\alpha}\right)$, जो B_1 को निरस्त करेगा यदि यह कागज के अन्दर की ओर , जो सम्भव है यदि तीसरे तार में धारा $\frac{2I}{\sin\alpha}$ दायें से बायीं ओर है। इसलिए (C)

5. P पर चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ है जो OP के लम्बवत् दिशा में है (चित्रानुसार)

अतः, $\vec{B} = B\sin\theta\,\hat{i} - B\cos\theta\,\hat{j}$

यहाँ $B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}$

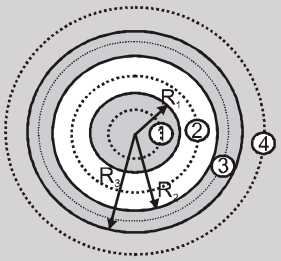


$\sin\theta = \frac{y}{r}$ और $\cos\theta = \frac{x}{r}$

$\therefore \quad \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\cdot\frac{1}{r^2}(y\hat{i} - x\hat{j}) = \frac{\mu_0 I(y\hat{i} - x\hat{j})}{2\pi(x^2 + y^2)}$ (चूंकि $r^2 = x^2 + y^2$)

6. loop लूप (1)

$B = \frac{\mu_0 \frac{i}{\pi R_1^2}\times\pi r^2}{2\pi r} = \frac{\mu_0 i}{2\pi R_1^2}r \quad B \propto r$



लूप (2)

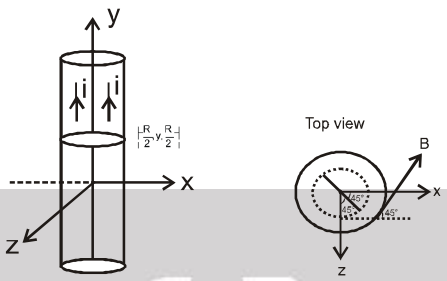
$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \qquad B \propto \frac{1}{r}$

लूप (3)

$B = \frac{\mu_0\left(i - \frac{i}{R_3^2 - R_2^2}\left[r^2 - R_2^2\right]\right.}{2\pi r} = \frac{\mu_0(R_3^2 - r^2)}{2\pi r(R_3^2 - R_2^2)}$

लूप (4) $B = \frac{\mu_0(i - i)}{2\pi r} = 0$ Ans. (C)

7. $$B = \frac{\frac{\mu_0 i}{\pi R^2} \times \pi \left(\frac{R}{\sqrt{2}}\right)^2}{2\pi \sqrt{2}\frac{R}{2}} [\cos 45° \hat{i} - \cos 45° \hat{k}]$$



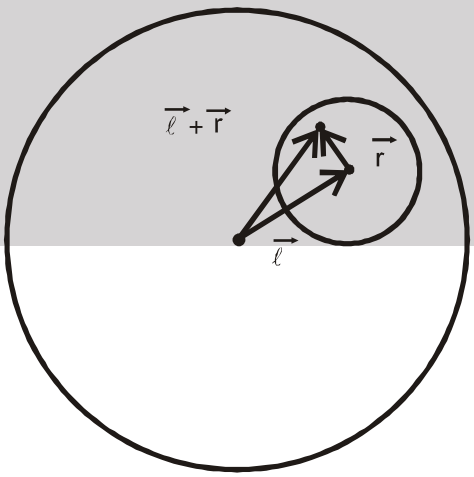
$$= \frac{\mu_0 i^2}{4\pi R}(\hat{i} - \hat{k})$$ Ans. (A)

8. $$\oint \vec{B}.d\vec{\ell} = \mu_0 \frac{i}{\pi R^2} \times \pi r^2$$

$$= \frac{\mu_0 i r^2}{R^2}$$ Ans. (B)

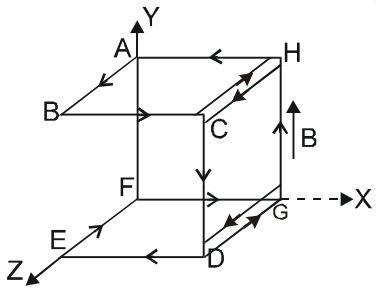
$$\oint \vec{B}.d\vec{\ell} = \mu_0 i$$

9. $$B = \frac{\mu_0}{2}[\vec{J} \times (\vec{\ell} + \vec{r})] + \frac{\mu_0}{2}[-\vec{J} \times \vec{r}]$$



$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2}[\vec{J} \times \vec{\ell}]$$

10. निकाय पर बल आघूर्ण = लूप [AFGH + BCPE + ABEF] पर बल आघूर्ण



$= ISB(-\hat{i}) + ISB(\hat{i}) + ISB\hat{k}$ (I = धारा , S = लूप का क्षेत्रफल, B = चुम्बकीय क्षेत्र.

$= I S B\hat{k}$

$= 1 \times 1 \times 2\hat{k} = 2\hat{k}$ units

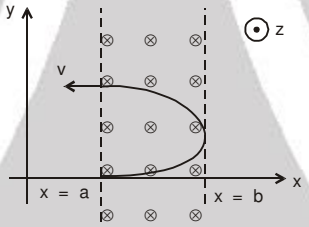
11. $F = q(\vec{V} \times \vec{B}) = Q\left[v\hat{i} \times \left[\frac{\mu_0 I}{4\pi R}(\hat{i} + \hat{j})\right]\right] = \frac{Q v . \mu_0 I}{4\pi R}(\hat{k})$.

12. यदि $(b - a) \geq r$

(r = कण के वृत्तीय पथ की त्रिज्या)

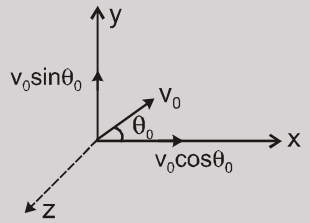
कण $x > b$ क्षेत्र में प्रवेश नही कर सकता

अतः $x > b$ क्षेत्र में प्रवेश होने के लिए $r > (b - a)$

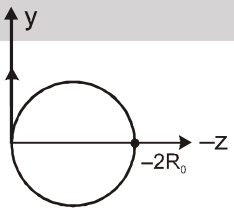


या $\frac{m v}{B q} > (b - a)$ या $v > \frac{q(b - a)B}{m}$

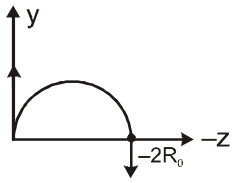
13. चूंकि चुम्बकीय क्षेत्र x-अक्ष के अनुदिश है, चुम्बकीय बल t = 0 से $t = T_0$ तक (–)z अक्ष के अनुदिश होगा। तथा $t = T_0$ से $t = 2T_0$ तक (+)ve z–अक्ष के अनुदिश होगा।



t = 0 से $t = T_0$ के लिए –



$t = \frac{T_0}{2}$ पर



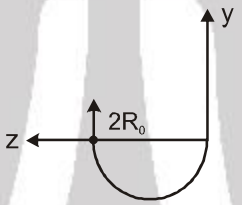
x-निर्देशांक $= \frac{(V_0 \cos\theta)T_0}{2} = \frac{P_0}{2}$ (चूंकि चूड़ी अन्तराल = $P_0 = (V_0\cos\theta)T_0$)

y-निर्देशांक = 0 (चित्र से)

व z-निर्देशांक = – 2 R_0 (चित्र से)

इस प्रकार (A) सही है।

इसी प्रकार $t = \frac{3T_0}{2}$ पर



निर्देशांक $\left(\frac{3P_0}{2}, 0, 2R_0\right)$ है। इसलिए (B) सही है।

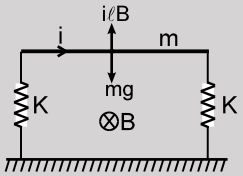
Note : z -निर्देशांक + 2R_0, होगा, चूंकि t = T_0 से t = 2T_0, $\vec{B}$ की दिशा बदलती है।

चूंकि आवेश x-अक्ष के सापेक्ष वृत्तीय गति करेगा, x-अक्ष से दो सीमान्त स्थिति एक दूसरे से 2R_0 पर है।

इस प्रकार (C) सही है।

केवल (D) गलत है।

14. छड़ पर चुम्बकीय क्षेत्र तथा गुरूत्वाकर्षण के कारण बल है।



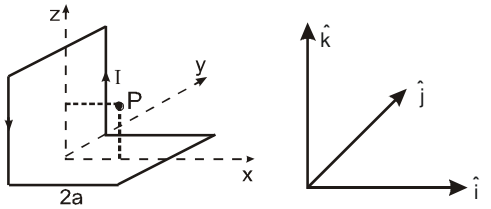
$i\ell B$ – mg (ऊपर की ओर)

चूंकि स्प्रिंग में विस्तार $\frac{i\ell B - mg}{2k}$ (Note : प्रभावी बल नियतांक 2k है।)

अतः स्प्रिंग की लम्बाई $\ell_0 + \frac{i\ell B - mg}{2k}$ है।

15. पाश के कारण बिन्दु P(a, 0) पर चुम्बकीय क्षेत्र चित्रानुसार पाश ABCDA व AFEBA द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र का सदिश योग होगा।

पाश ABCDA द्वारा चुम्बकीय क्षेत्र $\hat{i}$ दिशा में व पाश AFEBA के कारण $\hat{k}$ दिशा में होगा। दोनो पाशो के कारण चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण समान होगा। अतः P पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा $\frac{1}{\sqrt{2}}(\hat{i} + \hat{k})$ होगी।



यह सामान्य प्रथा है कि एक काल्पनिक तार में परस्पर विपरीत दिशा में समान धारा (यहाँ AB) प्रवाहित मानते हुए पाश को पूर्ण माना जाता है। व इसका हल आसान हो जाता है।

16. स्थितिज ऊर्जा में कमी = गतिज ऊर्जा में वृद्धि
$(-MB\cos 90^0) - (-MB\cos 0^0) = KE$
$= MB = KE = \pi R^2 IB = KE.$

17. $\tau_{max} = NiAB$

$\tau_{max} = 300 \cdot 10 \times 10^{-3} \times \frac{\pi 4 \times 10^{-4}}{4} \times 5 \times 10^{-2} = 4.7 \times 10^{-5}$

18. $B = \frac{\mu_0 Ir}{2} = \frac{\mu_0 Ir}{2\pi a^2}$

19. $\frac{N\mu_0 I}{2r} = B_E \Rightarrow I = \frac{B_E 2r}{N\mu_0}$

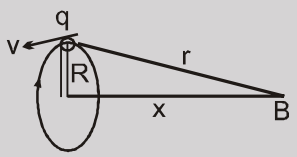
$I = \frac{7 \times 10^{-5} \times 2 \times 5 \times 10^{-2}}{10^2\left(4 \times \frac{22}{7} \times 10^{-7}\right)} = 5.57 \times 10^{-2} = 55.7 \times 10^{-3} A = 55.7\ mA$

20. $U = -\vec{M} \cdot \vec{B}$

U is max when $\theta = 180°$

भाग - II

1. $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q\left(\frac{\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}\right)$



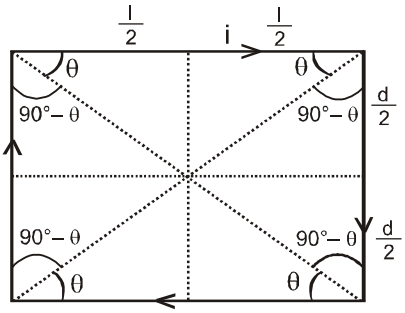
$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qv}{(x^2 + R^2)}$

$= \frac{10^{-7} \times 1 \times 0.6 \times 10^4 \pi}{1}$

$= 6\pi \times 10^{-4}\ T$

2. (a) $B = \frac{\mu_0 i}{4\pi \frac{d}{2}} 2(\cos\theta + \cos\theta) + 2\frac{\mu_0 i}{4\pi \frac{l}{2}}(\sin\theta + \sin\theta)$

$= \frac{2\mu_0 i}{\pi}\left[\frac{\cos\theta}{d} + \frac{\sin\theta}{l}\right]$



$$= \frac{2\mu_0 i}{\pi}\left[\frac{l}{d\sqrt{l^2+d^2}} + \frac{d}{l\sqrt{l^2+d^2}}\right]$$

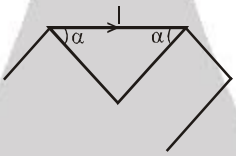
$$= \frac{2\mu_0 i}{\pi ld}\sqrt{l^2+d^2}$$

यदि $\ell >> d$

तब $\ell^2 + d^2 \approx \ell^2$

$$B = \frac{2\mu_0 i}{\pi d}$$

3. $$B = n \times \frac{\mu_0 i\, 2\cos\alpha}{4\pi \frac{l}{2}\tan\alpha} = \frac{n\mu_0 i\cos\alpha}{\pi l\ \tan\alpha}$$

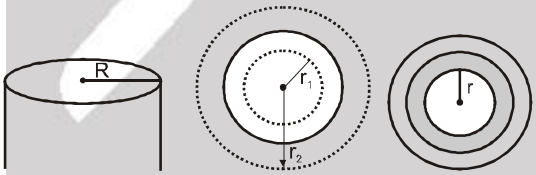


$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{n}$$

$$= \frac{\mu_0 i n^2 \sin\frac{\pi}{n}\tan\frac{\pi}{n}}{\pi L}$$

Section (E)

4.



$$B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi r_1}$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 b r_1^2}{3} \qquad \left(\because\ i_1 = \int_0^{r_1} di = \int_0^{r_1} (br)(2\pi r\, dr) = \frac{2\pi b r_1^3}{3}\right)$$

5. $$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{50\times 10^6 (20-18)}{2} = 50\ \mu C/sec$$

$B = \mu_0 ni = 4\pi \times 10^{-7} \times 8000 \times 50 \times 10^{-6}$

$= 16\pi \times 10^{-8}$ T

Alternate Sol.

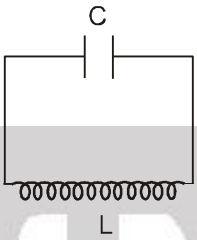
माना संधारित्र पर प्रारम्भिक आवेश q_0 है और समय t = t पर q आवेश दिया जाता है।

$i = i_0 \sin\omega t$

$\Rightarrow \quad (q_0 - q) = q_0 \cos\omega t.$

$$\frac{q_0}{C} \times \frac{90}{100} = \frac{q_0 \cos\omega t}{C}$$

$$\cos\omega t = \frac{9}{10}$$



$$\cos 2\omega = \frac{9}{10}$$

$$i_{av} = \frac{\int_0^{2\,sec} i_0 \sin\omega t\, dt}{2} = \frac{i_0}{2\omega}\left[\cos\omega t\right]_0^2$$

$$= \frac{i_0}{2\omega}\left[1 - \cos 2\omega\right] = \frac{i_0}{2\omega} \times \frac{1}{10} = \frac{i_0}{20\omega}\ .$$

$$B_{av} = \mu_0 n i_{av}$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 8000 \times \frac{i_0}{20\omega}$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 8000 \times \frac{q_0}{20}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8000 \times 50 \times 10^{-6} \times 20}{20}$$

$$B_{av} = 16\pi \times 10^{-8}\ T$$

SECTION (F)

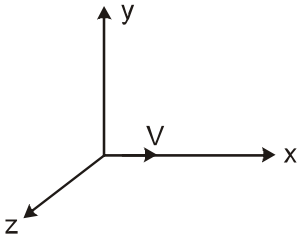
6. चूड़ी अन्तराल $= \dfrac{2\pi m v \cos\theta}{qB}$ $\qquad eV = \dfrac{1}{2}mv^2$

$$= \frac{2\pi\sqrt{2meV}}{eB} \qquad (\cos\theta \approx 1)$$

चूड़ी अन्तराल $= \sqrt{\dfrac{8\pi^2 mV}{eB^2}}$

$\therefore$ फैलाव वाले बिन्दु से दूरी $= \sqrt{\dfrac{32\pi^2 mV}{eB^2}}$

7. चुम्बकीय बल $\hat{j}$ दिशा में तथा वैद्युत क्षैत्र $-\hat{j}$ दिशा में है



परिणामी बल = qVB – qE

$= q(1.28 \times 10^6 \times 8 \times 10^{-2} - 102.4 \times 10^3)$

= 0

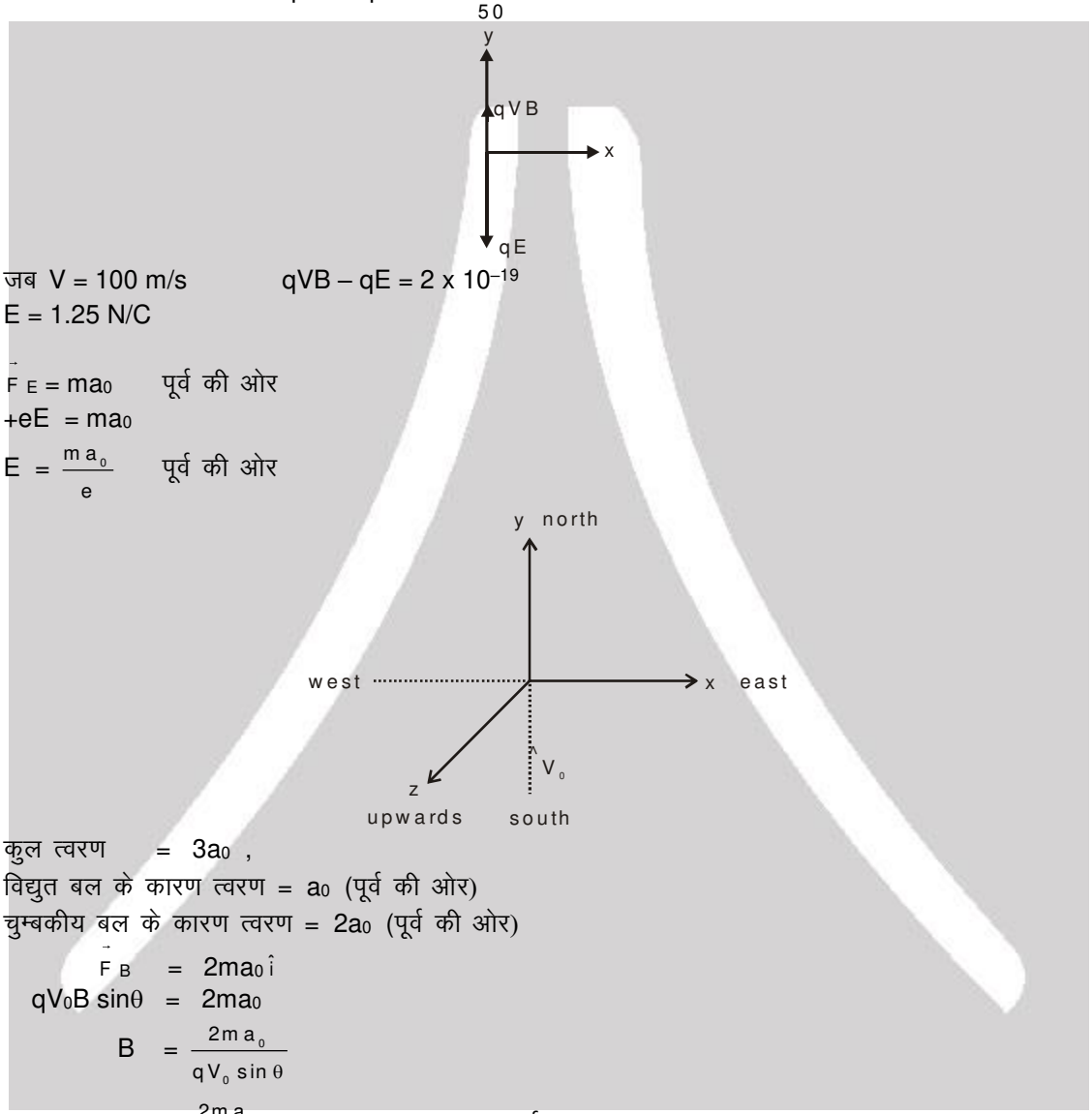
R = 100 m

आवेश केवल x दिशा में गति करेगा .

$x = V \times t = 1.28 \times 10^6 \times 5 \times 10^{-6} = 6.4$ m

अब विद्युत क्षैत्र अवरूद्ध कर दिया गया है

8. जब V = 50 m/s $qVB = qE \Rightarrow B = \frac{E}{50}$



जब V = 100 m/s $qVB - qE = 2 \times 10^{-19}$

E = 1.25 N/C

9. $\vec{F}_E = ma_0$ पूर्व की ओर

$+eE = ma_0$

$E = \frac{ma_0}{e}$ पूर्व की ओर

कुल त्वरण = $3a_0$,

विद्युत बल के कारण त्वरण = a_0 (पूर्व की ओर)

चुम्बकीय बल के कारण त्वरण = $2a_0$ (पूर्व की ओर)

$\vec{F}_B = 2ma_0\hat{i}$

$qV_0B\sin\theta = 2ma_0$

$B = \frac{2ma_0}{qV_0\sin\theta}$

$B_{min} = \frac{2ma_0}{qV_0}$ q अर्थात् +e.

पश्चिम में $\theta = 90°$ चुम्बकीय बल के लिये,

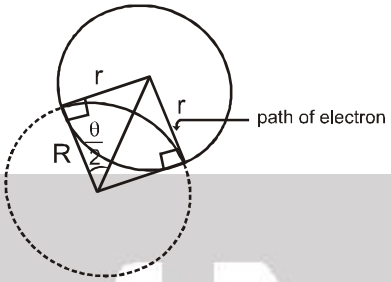
चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा + z दिशा में (ऊपर की ओर) होनी चाहिये।

10. $R = \frac{mV}{eB}$

$\tan\frac{\theta}{2} = \frac{r}{R}$

$$\frac{\theta}{2} = \tan^{-1}\left(\frac{r}{R}\right)$$

$$\theta = 2\tan^{-1}\left(\frac{r}{R}\right)$$



$$t = \frac{2\pi m}{eB} \times \frac{\theta}{2\pi}$$

$$= \frac{2m}{eB}\tan^{-1}\left(\frac{reB}{mV}\right)$$

Section (H)

11. साम्यावस्था में - (1)

$$mg = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi d} \quad \text{..... (1)}$$

अल्प विस्थापन x के लिए

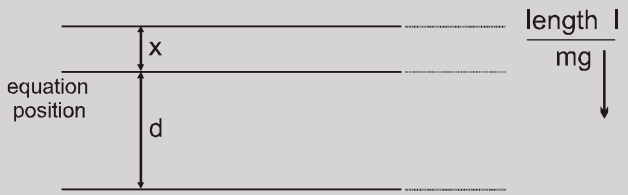
$$F_{mg} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi(d+x)} - mg$$

$$= \frac{mgd}{d+x} - mg = mg\left[\frac{d}{d+x} - 1\right]$$

$$= mg\left[\frac{d-d-x}{d+x}\right]$$

$$F_{mg} = \frac{-mgx}{d+x}$$

$$a = \frac{-g}{d}x \qquad \text{बहुत छोटे x के लिए}$$



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{d}{g}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{.01}{g}}$$

$$= \frac{2\pi \times 0.1}{\pi}$$

$$T = 0.2 = \frac{1}{5}\text{ sec.}$$

12. छड़ पर चुम्बकीय बल = iBl (बायीं ओर)

छड़ पर गुरूत्वाकर्षण बल = mg (नीचे की ओर)

$$\alpha_{Rod} = \frac{3iBL.\frac{L}{2}}{mL^2} = \frac{3iB}{2m}$$

$$a_{CM} = \frac{3iB}{2m} \times \frac{L}{2} = \frac{3iBL}{4m} \quad \text{(बायीं ओर)}$$

$$iBL - F_{क्षैतिज} = ma_{CM}$$

$$F_{क्षैतिज} = iBL - \frac{3iBL}{4} = \frac{iBL}{4} \quad \text{(दायीं ओर)}$$

$$F_{ऊर्ध्वाधर} = mg \text{ (ऊपर की ओर)}$$

13. छड़ के कारण क्षेत्र $B = \frac{\mu_0 j_0}{\pi} \tan^{-1}\left(\frac{d}{2h}\right)$ x अक्ष की ओर

तार की एकांक लम्बाई dl पर बल

$$\vec{dF} = i[dl\,\hat{j} \times B\,\hat{i}]$$

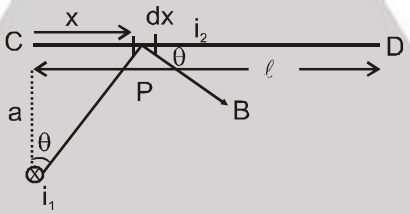
$$\Rightarrow \quad \frac{\vec{dF}}{dl} = \frac{\mu_0 j_0 i}{\pi} \tan^{-1}\left(\frac{d}{2h}\right)(-\hat{k})$$

14. बिन्दु P पर क्षेत्र

$$B = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi\sqrt{a^2 + x^2}}$$

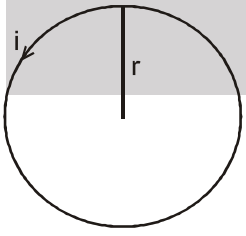
छोटे अवयव पर बल , $dF = \frac{\mu_0 i_1 i_2\, dx \sin\theta}{2\pi\sqrt{a^2 + x^2}}$

कुल बल $F = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{4\pi} \int_0^{\ell} \frac{2x}{a^2 + x^2}\, dx$



$$= \frac{\mu_0 i_1 i_2}{4\pi} \ell n\left(\frac{a^2 + \ell^2}{a^2}\right)$$

15. $i = qf = \frac{q\omega}{2\pi}$

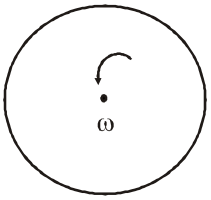


$M = \pi r^2 i$

$= \pi r^2 \frac{q\omega}{2\pi}$

$= \frac{q\omega r^2}{2}$

16. $\dfrac{M}{\frac{m r^2 \omega}{2}} = \dfrac{q}{2m}$

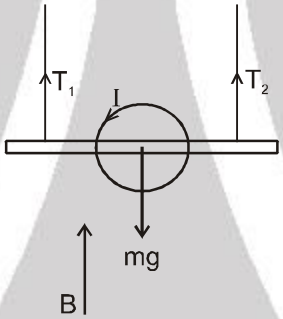


$M = \dfrac{q r^2 \omega}{4}$

17. $T_0 = \dfrac{m g}{2}$

$T_1 + T_2 = mg = 2 T_0$

$T_2 \dfrac{\ell}{2} + \pi b^2 iB = T_1 \dfrac{\ell}{2}$ (द्रव्यमान केन्द्र के परितः बलाघूर्ण समीकरण लगाने पर)

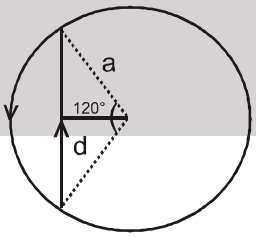


$T_1 = T_0 + \dfrac{\pi b^2 iB}{\ell}$

$T_2 = T_0 - \dfrac{\pi b^2 iB}{\ell}$

18. $\dfrac{\mu_0 i}{2a} \times \dfrac{\frac{2\pi}{3}}{2\pi} = B_{Arc}$ (out)

$\dfrac{\mu_0 i}{4\pi \frac{a}{2}} [2 \cos 30°] = B_{st.}$ (in)



$B_{Net} = \dfrac{\mu_0 i \sqrt{3}}{2\pi a} - \dfrac{\mu_0 i}{6a}$

$F = qv B_{Net}$

$= \dfrac{\mu_0 i}{6a} \left(\dfrac{3\sqrt{3}}{\pi} - 1 \right) qv \hat{i}$ **Ans.**

लूप का क्षेत्रफल $= \frac{1}{2}a^2\left(\frac{2\pi}{3}\right) - \frac{1}{2} \times 2a \sin 60° \times 9 \cos 60°$

$= \frac{\pi a^2}{3} - \frac{\sqrt{3}a^2}{4}$

$\vec{\tau} = BiA\,\hat{j} = Bia^2\left[\frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{4}\right]\hat{j}$

19. $dB = \frac{\mu_0 n i}{2x}$

$= \frac{\mu_0\left[\frac{N}{b-a}dx\right]i}{2x}$

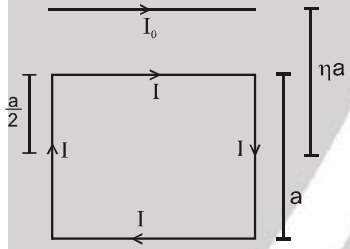
$dB = \frac{\mu_0 N i}{2(b-a)}\frac{dx}{x}$

$B = \frac{\mu_0 N i}{2(b-a)} \ln\left[\frac{b}{a}\right] = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100 \times 8 \times 10^{-3}}{2\,(50 \times 10^{-3})} \times 2.303 \times 0.3010 = 7\ \mu T$

$dM = \frac{N dx}{b-a} \times i\pi x^2$

$M = \frac{N}{b-a}\, i\pi \frac{\left[b^3 - a^3\right]}{3} = 15\ \text{mA-m}^2$ **Ans.**

20.



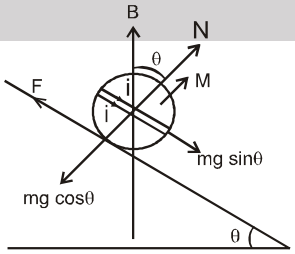
$F = \frac{\mu_0 I I_0 a}{2\pi\left[\eta a - \frac{a}{2}\right]} - \frac{\mu_0 I I_0 a}{2\pi\left[\eta a + \frac{a}{2}\right]}$

$= \frac{\mu_0 I I_0}{\pi}\left[\frac{1}{2\eta - 1} - \frac{1}{2\eta + 1}\right]$

$= \frac{2\mu_0 I I_0}{\pi\left[4\eta^2 - 1\right]}$

21. $M = L \times 2R \times i$

$MB \sin\theta = mg \sin\theta\ R$

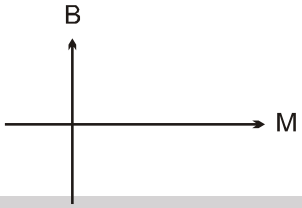


$i = \frac{mg}{2BNl} = 2.5\ A$

भाग - III

1. $\vec{\tau} = \vec{M} \times \vec{B}$

$\vec{F} = m\vec{B}$



बल युग्म बल आघूर्ण उत्पन्न कर सकता है किन्तु कुल बल शून्य होगा

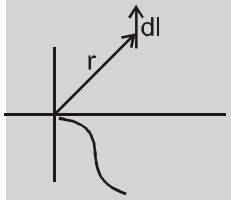
m = ध्रुव सामर्थ्य कोण पर निर्भर करेगा।

$\tau = 0$ $\tau \neq 0$, & $F = 0$ $F \neq 0$

(ABC) **Ans.**

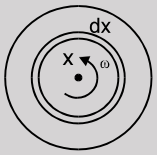
2. $B = \frac{\mu_0}{4\pi} i \left(\frac{\vec{r} \times dl}{r^3} \right)$

$B = \frac{\mu_0}{4\pi} - i \left(\frac{dl \times \vec{r}}{r^3} \right)$



3. त्रिज्या x व मोटाई dx की एक वलय पर विचार करें।

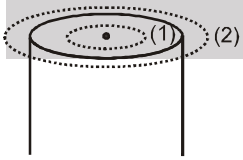
इस वलय में तुल्य धारा = $\frac{\omega}{2\pi}$ × वलय पर आवेश = $\frac{\omega}{2\pi} \times (2\pi x\, dx) \frac{Q}{\pi R^2}$



dB (इस वलय के कारण) = $\frac{\mu_0}{2x} \left(\frac{\omega}{2\pi} \frac{2xQ}{R^2} dx \right)$ $\therefore$ $B = \int_0^R \frac{\mu_0 \omega}{2\pi} \frac{Q}{R^2} dx.$

$= \frac{\mu_0 \omega Q}{2\pi R^2} . R = \frac{\mu_0 \omega Q}{2\pi R}.$

4.



लूप (1)

$B(2\pi r) = 0$

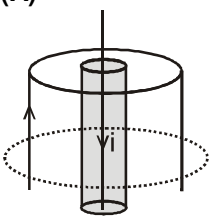
$B = 0$

लूप (2)

$B(2\pi r) = \mu_0 i$

$B \propto \frac{1}{r}$ **Ans. (B, C, D)**

5. **(A)**



$B(2\pi r) = \mu_0 (i - i) = 0$

$B = 0$

6. $W_E + W_B = \Delta k$

$\Rightarrow \quad qE(2a) = \frac{1}{2} m(2v)^2 - \frac{1}{2} mv^2$

$= \frac{3}{2} mv^2$

$E = \frac{3}{4} \frac{mv^2}{qa}$

बिन्दु P पर E के द्वारा किये गये कार्य की दर $E = qEv = \frac{3}{4} \frac{mv^3}{a}$

बिन्दु Q पर E के द्वारा किये गये कार्य की दर $E = qE(2v)\cos 90° = 0$

बिन्दु Q पर, B के द्वारा किये गये कार्य की दर = 0

7. $\vec{v}$ दिशा में नियत रहता है और परिमाण में भी नियत रह सकता है।

$\vec{a} = 0$

$q\vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B}) = 0$

I[st] प्रथम संभावना

$\vec{E} = 0 \quad \& \quad \vec{B} = 0 \longrightarrow V$

II[nd] द्वितीय संभावना

$\vec{E} = 0 \quad \& \quad \vec{v} \| \vec{B}$ i.e. $\vec{B} \neq 0$

III[rd] तृतीय संभावना $\longrightarrow V$

$\longrightarrow E \quad \vec{E} \| \vec{v} \; \& \; B = 0$

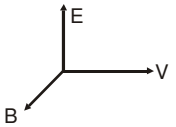
IV[th] चौथी संभावना

$\longrightarrow B$

$\longrightarrow V \quad \vec{E} \| \vec{v} \| \vec{B}$

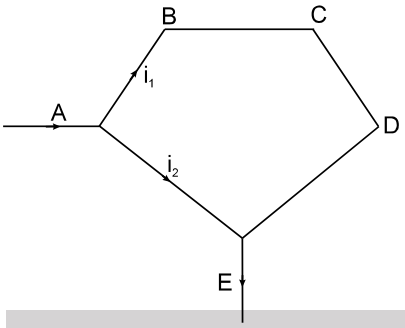
$\longrightarrow E \quad \vec{v} \times \vec{B} = 0$

V[th] पांचवी संभावना



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

8.



$B_{AB} = B_{BC} = B_{CD} = B_{DE\ A}$ $\frac{i_1}{i_2} = \frac{1}{4}$ क्योंकि V = IR

उपरोक्त परिणामों से $B_{ABCDE} = -B_{AE}$ इसलिए $B_{centre} = 0$

9.

	H^+	He^+	O^{2+}
$\frac{q}{m}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{16}$
$\frac{q}{\sqrt{m}}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{4}$

$R = \frac{mv}{qB}$

$= \frac{\sqrt{2km}}{qB}$

$= \frac{\sqrt{m}}{q}\frac{\sqrt{2k}}{B}$

$R_{He^+} = R_{O^{2+}}$

$R \propto \frac{1}{\frac{q}{\sqrt{m}}}$

$R_{H^+} : R_{He^+} : R_{O^{2+}} = 1 : 2 : 2$ **Ans.** (A, C)

10. $R = \frac{mv}{eB} = \frac{P}{eB}$

प्राप्त ऊर्जा = 0

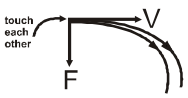
As $W_B = 0$

$F_C = \frac{mv^2}{r}$

$= evB = \frac{ePB}{m}$ **Ans. (C, D)**

11. $R = \frac{mv}{qB}$

q का मान अधिक है अर्थात् R कम है।



$\left(\frac{R_1}{R_2}\right) = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)$ **Ans. (B, D)**

14. दी गई स्थिति के लिए

$B_{\text{परिनालिका}}$ का परिमाण = $B_{\text{लूप}}$ का परिमाण

$\mu_0 ni = \frac{\mu_0 I}{2R}$ यहाँ $n = \frac{\text{फेरों की कुल संख्या}}{\text{कुल लम्बाई}} = \frac{1300}{0.65}$

$$i = \frac{I}{2R} \times \frac{1}{n} = \frac{8 \times 0.65}{2 \times 0.02 \times 1300 \times 10^{-2}} = 10 \text{ A.}$$

दी गई स्थिति के लिए :

लूप के केन्द्र पर कुल चुम्बकीय क्षेत्र

$= |B_{\text{लूप}}| + |B_{\text{परिनालिका}}|$ $\quad \therefore \quad |B_{\text{लूप}}| = ||B_{\text{परिनालिका}}|$

$$= 2|B_{\text{लूप}}| = 2 \times \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{2 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 8}{2 \times 0.02 \times 10^{-2}} = 16\pi \times 10^{-3} \text{ T.}$$

15. प्रत्येक प्लेट के कारण क्षेत्र = $\frac{1}{2}\mu_0 K = 2\mu T$

A पर क्षेत्र समान दिशा में होने के कारण जुड़ जाते हैं तथा B पर विपरीत दिशा में होने के कारण निरस्त हो जाते हैं।

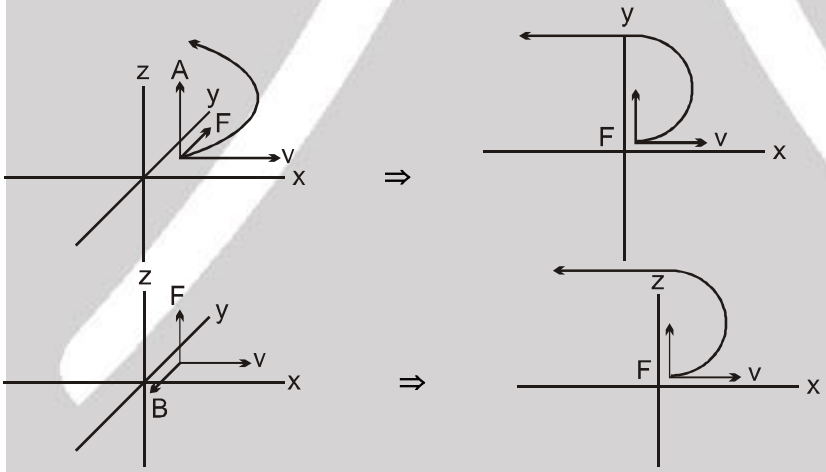
16. $F = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$

$$\therefore [\varepsilon_0] = \frac{[q_1][q_2]}{[F][r^2]} = \frac{[IT]^2}{[MLT^{-2}][L^2]} = [M^2 L^{-3} T^4 I^2]$$

प्रकाश की चाल $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$

$$\therefore \quad [\mu_0] = \frac{1}{[\epsilon_0][c]^2} = \frac{1}{[M^{-1}L^{-3}T^4I^2][LT^{-1}]^2} = [MLT^{-2}I^{-2}]$$

17.



18. $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MB}}$

$I \uparrow, T \uparrow \mid B \uparrow, T \uparrow \mid I = \frac{m\ell^2}{12}$

अतः सही विकल्प (A, D) है।

भाग - IV

1. जब आवेश विद्युत क्षेत्र द्वारा त्वरित है तो प्रथम बार यह ऊर्जा पाता है $KE_1 = \frac{qV}{2}$

दूसरी बार $KE_2 = \frac{3}{2} qV$

तीसरी बार $KE_3 = \frac{5}{2} qV$

इस प्रकार त्रिज्याओं का अनुपात है।

$r_1 : r_2 : r_3 : .... : : \frac{\sqrt{2mqv}}{qB} : \frac{\sqrt{2m3qv}}{qB} : ....$

$r_1 : r_2 : r_3 .... : : \sqrt{1} : \sqrt{3} : \sqrt{5}$ ....

2. एक पूर्ण चक्र में यह दो बार त्वरित होता है इसलिए KE में परिवर्तन है = 2 qV

3. $f = \frac{qB}{2\pi m} \Rightarrow 10^6 = \frac{10^6 B}{2\pi} \qquad \Rightarrow 2\pi T.$

4. एक आवर्तकालन में कण द्वारा तय की गई दूरी

$\pi(r_1 + r_2) : \pi(r_3 + r_4) : \pi(r_5 + r_6)$ ....

$: : \frac{\sqrt{2mqv}}{qB} + \frac{\sqrt{2m3qv}}{qB} : \frac{\sqrt{2m5qv}}{qB} + \frac{\sqrt{2m7qv}}{qB} : \frac{\sqrt{2m9qv}}{qB} + \frac{\sqrt{2m11qv}}{qB}$ ....

$S_1 : S_2 : S_3$ .... $: : (\sqrt{1} + \sqrt{3}) : (\sqrt{5} + \sqrt{7}) : (\sqrt{9} + \sqrt{11})$

5. A.C. की आवृत्ति केवल आवेश व द्रव्यमान पर निर्भर करती है इसलिए यह केवल चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा समंजित किया जा सकता है।

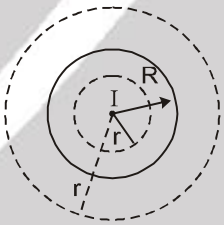
6. बेलन के अन्दर

$B.2\pi r = \mu_0 . \frac{I}{\pi R^2} \pi r^2$

$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2}.r$ ....(1)

बेलन के बाहर

$B.2\pi r = \mu_0 I$



$\therefore \qquad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ ....(2)

बेलन के अन्दर $B \propto r$ और बाहर $B \propto 1/r$

पृष्ठ पर चुम्बकीय क्षेत्र की प्रकृति बदलती है।

इसलिए ग्राफ से स्पष्ट है कि तार 'c' की त्रिज्या अधिकतम है।

7. तार 'a' के पृष्ठ पर चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण अधिकतम है।

8. तार के अन्दर

$B(r) = \frac{\mu_0}{2\pi}.\frac{I}{R^2}.r = \frac{\mu_0 J r}{2}$; $\frac{dB}{dr} = \frac{\mu_0 J}{2}$

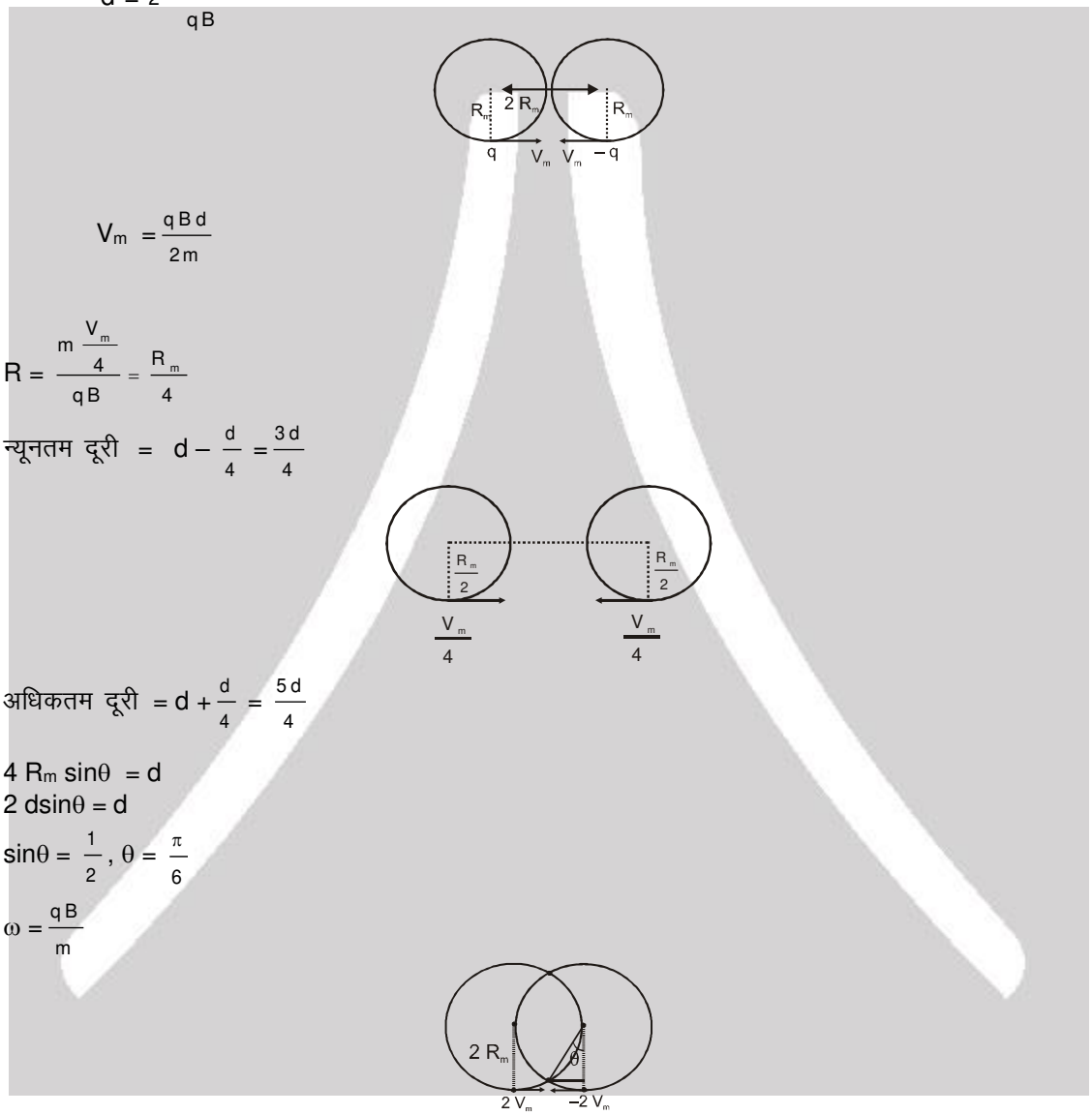
अर्थात् ढाल $\propto J$

$\propto$ धारा घनत्व

यह देखा जा सकता है कि तार a के लिए वक्र का ढाल तार C से अधिक है।

9. (a) $d = 2R_m$

$d = 2\frac{mV_m}{qB}$



$V_m = \frac{qBd}{2m}$

10. $R = \frac{m\frac{V_m}{4}}{qB} = \frac{R_m}{4}$

न्यूनतम दूरी $= d - \frac{d}{4} = \frac{3d}{4}$

11. अधिकतम दूरी $= d + \frac{d}{4} = \frac{5d}{4}$

12. $4R_m \sin\theta = d$

$2d\sin\theta = d$

$\sin\theta = \frac{1}{2}, \theta = \frac{\pi}{6}$

$\omega = \frac{qB}{m}$

$t = \frac{\pi/6}{\omega} = \frac{\pi m}{6qB}$

13. टक्कर के बाद

कुल आवेश = 0

कुल द्रव्यमान = 2 kg.

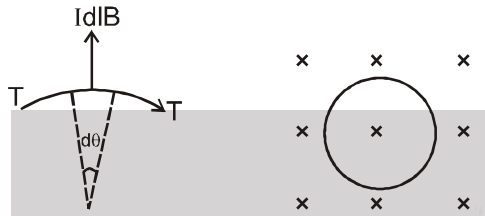
कुल बल = 0

सरल रेखा के अनुदिश एक समान वेग से गति होगी।

EXERCISE-3

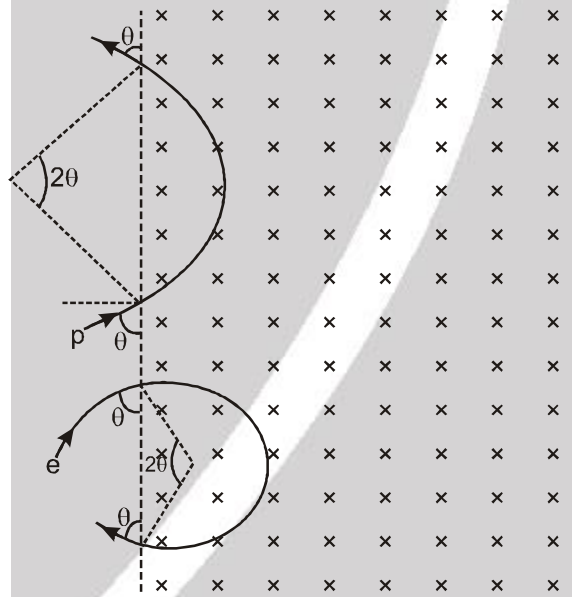
भाग – I

1.



$$2T\sin\left(\frac{d\theta}{2}\right) = IdlB \quad \Rightarrow \quad 2T\frac{d\theta}{2} = IRdlB \quad \Rightarrow \quad T = BIR = \frac{BIL}{2\pi}.$$

2.



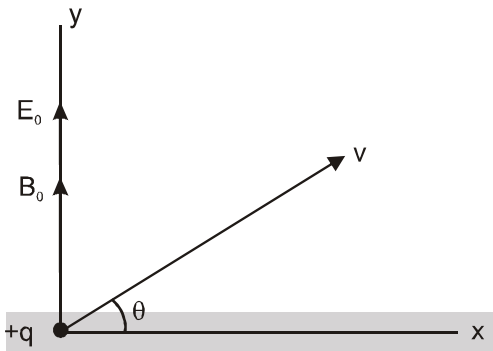
$$t_p = \frac{2\theta \times R_P}{v} = \frac{2\theta \times m_p v}{eBv} = \frac{2\theta m_p}{eB}$$

$$t_e = \frac{(2\pi - 2\theta) \times R_e}{v} = \frac{(2\pi - 2\theta)m_e v}{eBv} = \frac{(2\pi - 2\theta)m_e}{eB}$$

$\because t_e \neq t_p$

3. $$B = \int \frac{\mu_0 dN i}{2x} = \int \frac{\mu_0\left(\frac{N}{b-a}dx\right)i}{2x} = \frac{\mu_0 N i}{2(b-a)}\ell n\frac{b}{a}$$

4.



यदि $\theta = 0°$ है तो चुम्बकीय बल के कारण पथ वृत्ताकार होगा परन्तु वैद्युत बल qE_0 (↑) आवेश q को धनात्मक y–दिशा में त्वरित गति करायेगा। अतः परिणामी पथ परिवर्तित पिच का कुण्डलीनुमा पथ होगा अतः (A) तथा (B) गलत है।

यदि $\theta = 10°$ है तो $v\cos\theta$ के कारण पथ वृत्ताकार होगा तथा आवेश पर वैद्युत बल qE_0 तथा $v\sin\theta$ के कारण आवेश धनात्मक **y** दिशा में त्वरित गति करेगा, अतः परिणामी पथ परिवर्तित पिच का कुण्डलीनुमा पथ होगा अतः (C) सही है

यदि $\theta = 90°$ तब $F_B = 0$ तथा वैद्युत बल qE_0 के कारण आवेश धनात्मक y-दिशा में त्वरित गति करेगा अतः (D) सही है।

5. $B_1 = \frac{\mu_o J a}{2} - \frac{\mu_o J a}{12}$

$= \left(\frac{\mu_o J a}{2}\right)\left(1 - \frac{1}{6}\right) = \frac{5}{6}\left(\frac{\mu_o J a}{2}\right) = \frac{5\mu_o a J}{12} = \frac{N}{12}\mu_0 a J$

$N = 5$

6. क्षेत्रफल $= a^2 + 4 \times \frac{\pi\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2}$

$= a^2 + \frac{\pi a^2}{2}$

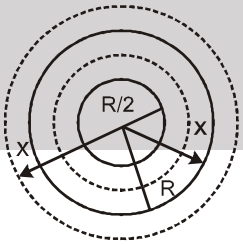
$A = \left(1 + \frac{\pi}{2}\right) a^2 I \hat{k}$

7. **Case-I** $x < \frac{R}{2}$

$|B| = 0$

Case-II $\frac{R}{2} \le x < R$

$\int \vec{B}.d\vec{\ell} = \mu_0 I$



$|B|\, 2\pi x = \mu_0 \left[\pi x^2 - \pi\left(\frac{R}{2}\right)^2\right] J$

$|B| = \frac{\mu_0 J}{2x}\left(x^2 - \frac{R^2}{4}\right)$

Case-III $x \ge R$

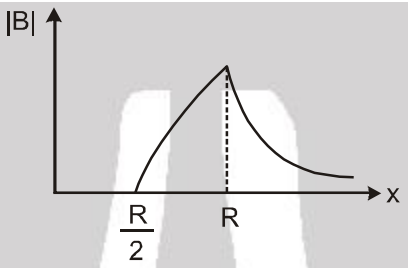
$\int \vec{B}.d\vec{\ell} = \mu_0 I$

$|B|\, 2\pi x = \mu_0 \left[\pi R^2 - \pi \left(\frac{R}{2} \right)^2 \right] J$

$|B| = \frac{\mu_0 J}{2x} \frac{3}{2} R^2$

$|B| = \frac{3\mu_0 J R^2}{8x}$

अतः



8. कण के अन्तिम वेग का घटक धनात्मक y दिशा में है

वृत्त का केन्द्र धनात्मक y अक्ष पर उपस्थित है। अतः चुम्बकीय क्षेत्र ऋणात्मक z-दिशा में उपस्थित है विचलन कोण 30° है क्योंकि

$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\theta = \frac{\pi}{6}$

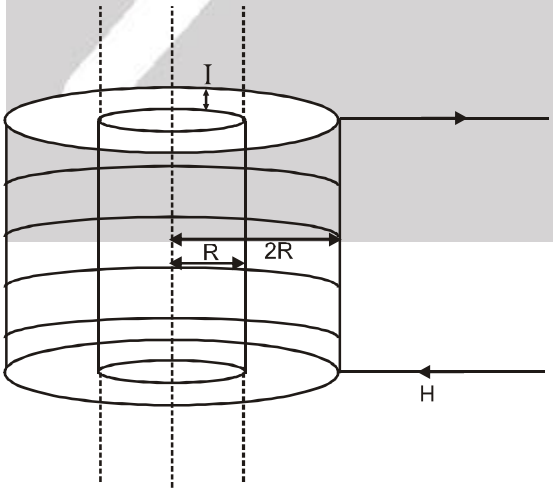
$\omega t = \theta$

$\theta = \frac{QB}{M} t$

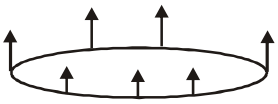
$B = \frac{M\theta}{Qt}$

$B = \left(\frac{50M\pi}{3Q} \right)$

9.



(A) $0 < r < R$ के लिए $\Rightarrow B \neq 0$



(D) $r > 2R$ के लिए $\Rightarrow B \neq 0$

10. $B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi x_1} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(x - x_1)}$ (विपरीत)

$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi x_1} - \frac{\mu_0 I}{2\pi(x - x_1)}$ (समान)

Case-1 : जब धारा समान दिशा में है

$B = B_1 = \frac{3\mu_0 I}{2\pi x_0} - \frac{3\mu_0 I}{4\pi x_0} = \frac{3\mu_0 I}{4\pi x_0}$

$R_1 = \frac{m v}{q B_1}$

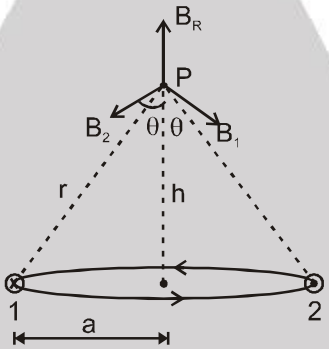
Case-2 : जब धारा विपरीत दिशा में है

$B = B_2 = \frac{9\mu_0 I}{4\pi x_0}$

$R_2 = \frac{m v}{q B_2}$

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{B_2}{B_1} = \frac{9}{3} = 3$

11. $\vec{B}_R = \vec{B}$ वलय के कारण



$\vec{B}_1 = \vec{B}$ तार - 1 के कारण

$\vec{B}_2 = \vec{B}$ तार - 2 के कारण

परिमाण में $B_1 = B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

B_1 तथा B_2 का परिणामी= $2B_1 \cos\theta = \frac{\mu_0 I a}{\pi r^2}$

$B_R = \frac{2\mu_0 I \pi a^2}{4\pi r^3}$

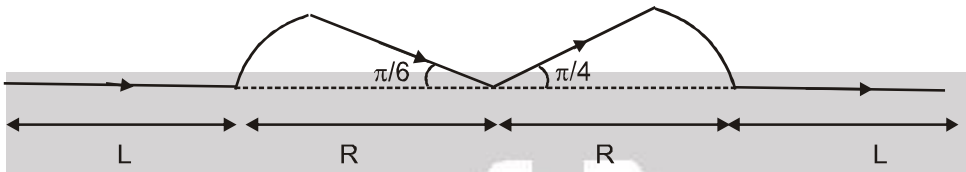
P पर शून्य चुम्बकीय क्षेत्र के लिए

$\frac{\mu_0 I a}{\pi r^2} = \frac{2\mu o I \pi a^2}{4\pi r^3} \Rightarrow h \approx 1.2a$

12. दो तारों के मध्य बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र $= \frac{\mu_0 I}{\pi d} \otimes$

लूप पर चुम्बकीय आघूर्ण $= I\pi a^2$

लूप पर बलाघूर्ण = M B sin 150°



$= \frac{\mu_0 I^2 a^2}{2d}$

13.

$\vec{F} = i(\vec{\ell} \times \vec{B})$ $= i\{2(L + R)\ \hat{i}\ \times \vec{B}\ \}$

यदि $\vec{B}$, $\hat{z}$ के अनुदिश है।

$\vec{F}$ = [i 2(L + R)B] $(-\hat{j})$

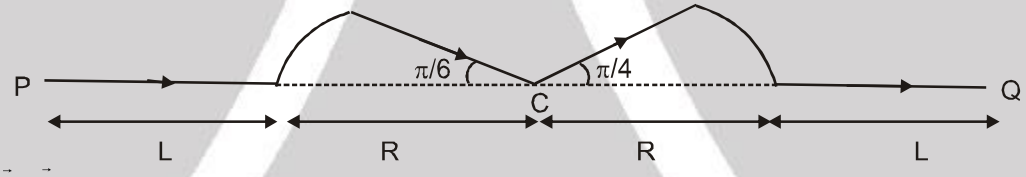
यदि $\vec{B}$, $\hat{x}$ के अनुदिश है।

$\vec{F} = 0$

यदि $\vec{B}$, $\hat{y}$ के अनुदिश है।

$\vec{F} = i\{2(L + R)B)\hat{k}\}$

वैकल्पिक हल



$d\vec{F} = i(d\vec{\ell} \times \vec{B})$

समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में

$\int d\vec{F} = \int i(d\vec{\ell} \times \vec{B}) = i(\int d\vec{\ell} \times \vec{B})$

$\Rightarrow$ $\vec{F} = i(\overrightarrow{PQ} \times \vec{B})$

(A) F = [i 2(L + R)B] = 2iB (L + R)
(B) F = 0
(C) F = [i 2(L + R)B] = 2iB (L + R)
(D) F = [i 2(L + R)B] = 2iB (L + R)

14. $q\,v\,B = \frac{q(V_m - V_k)}{w}$ v इलेक्ट्रॉन का वेग

$V_m - V_k = w\,v\,B.$

I = neAv = ne(wd)v

$wv = \frac{I}{ned}$

$V_m - V_k = \frac{I}{ned}B$

(A) $w_1 = w_2,\ d_1 = 2d_2 \Rightarrow V_2 = 2V_1$

(D) $w_1 = 2w_2,\ d_1 = d_2 \Rightarrow V_1 = V_2$

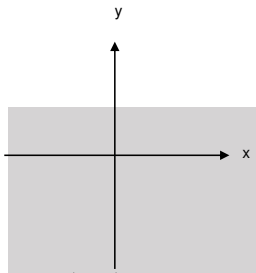
15. $V_M - V_K = \dfrac{IB}{ned}$

(A) $n_1 = 2n_2$; $B_1 = B_2 \Rightarrow V_2 = 2V_1$ (सत्य)

(C) $B_1 = 2B_2$, $n_1 = n_2$

$V_1 = 2V_2 \Rightarrow V_2 = 0.5\ V$, (सत्य)

16.



नियत वेग हेतु

$\vec{F} = q\vec{E} + q\left(\vec{V} \times \vec{B}\right) = 0$

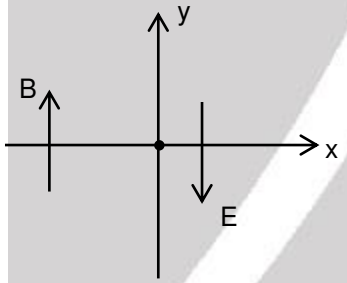
$\vec{E} = -\left(\vec{V} \times \vec{B}\right)$

Ans. (C)

$-E_0\hat{x} = -\left[\dfrac{E_0}{B_0}\hat{y} \times B_0\hat{z}\right]$

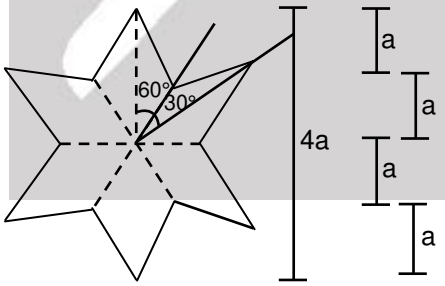
17. सर्पिलाकार पथ जिसका अक्ष z–दिशा के अनुदिश है, इस पथ हेतु चुम्बकीय क्षेत्र z–दिशा के अनुदिश होना चाहिए।

18.



विद्युत क्षेत्र के कारण बल **–y** अक्ष के अनुदिश है तथा चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ के कारण बल शून्य है।

19.

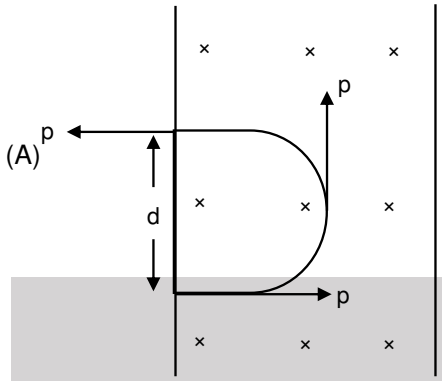


केन्द्र पर कुल चुम्बकीय क्षेत्र = एक तार के कारण उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र का 12 गुना

$B = \dfrac{12\mu_0 I}{4\pi a}\ [\sin 60° - \sin 30°] = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi a} \times 12\left[\dfrac{\sqrt{3}}{2} - \dfrac{1}{2}\right]$

$\Rightarrow B = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi a} \times 6\left(\sqrt{3} - 1\right)$

20.



(A) $\left|\Delta\vec{p}\right| = \sqrt{2}p$

(B) $R' = \dfrac{mv}{QB}$

$d = 2R' = \dfrac{2mv}{QB}$ $\qquad d \propto m$

(C) $R'(1-\cos\theta) = R$

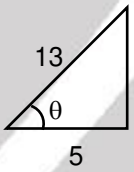
$R'\sin\theta = \dfrac{3R}{2}$

$\dfrac{\sin\theta}{1-\cos\theta} = \dfrac{3}{2}$

$\dfrac{2\sin\frac{\theta}{2}\cos\frac{\theta}{2}}{2\sin^2\frac{\theta}{2}} = \dfrac{3}{2}$

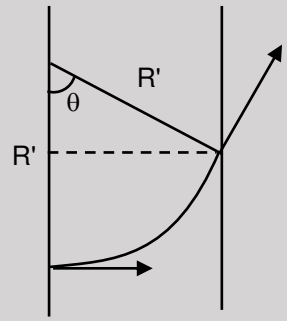
$\cot\dfrac{\theta}{2} = \dfrac{3}{2} \quad \Rightarrow \quad \tan\dfrac{\theta}{2} = \dfrac{2}{3}$

$\Rightarrow \quad \tan\theta = \dfrac{2\left(\frac{2}{3}\right)}{1-\frac{4}{9}} = \dfrac{\frac{4}{3}}{\frac{5}{9}} = \dfrac{4}{3}\times\dfrac{9}{5} = \dfrac{12}{5}$



$\sin\theta = \dfrac{12}{13}$

$R'\left(\dfrac{12}{13}\right) = \dfrac{3R}{2}$; $R' = \dfrac{13R}{8} = \dfrac{P}{QB}$; $B = \dfrac{8P}{13QR}$



(D) $\dfrac{P}{QB} < \dfrac{3R}{2}$

$B > \dfrac{2P}{3QR}$

21. वलय के कारण मूल बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र

$= \dfrac{\mu_0 \times I \times R^2}{2\times 8R^3}\left(-\hat{K}\right) = \dfrac{\mu_0 I}{16R}\left(-\hat{K}\right)$

तारो के कारण मूल बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र

$= \left(\dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi R} - \dfrac{\mu_0 I_2}{2\pi R}\right)\hat{K}$

I_1 तथा I_2 को चिन्ह सहित रखने पर

यदि $I_1 = I_2$ हो तो $\vec{B}_0 = \frac{\mu_0 I}{16R}\left(-\hat{K}\right)$

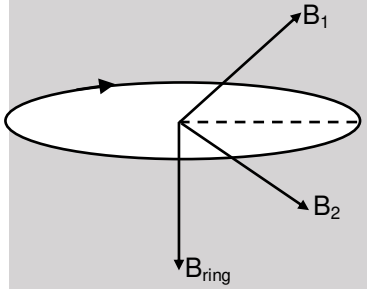
यह शून्य हो सकता है

यदि $I_1 < 0$, $I_2 > 0$

हो तो $\vec{B}_0 = -\left[\frac{\mu_0 (I_1 + I_2)}{2\pi R} + \frac{\mu . I}{16R}\right]\hat{K}$

यह शून्य नही हो सकता है

(D)



$B_1 = B_2$

z-अक्ष के अनुदिश चुम्बकीय क्षेत्र केवल वलय के कारण है

$B = \frac{\mu_0 i}{2R}$, z दिशा में है

22. यदि औसत चाल x-अक्ष के अनुदिश ली जाये

$R_1 = \frac{m v_0}{q B_1}$, $R_2 = \frac{m v_0}{q B_2} = \frac{m v_0}{4 q B_1}$

$R_1 > R_2$

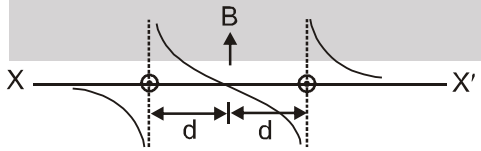
x-अक्ष के अनुदिश दूरी $\Delta x = 2(R_1 + R_2) = \frac{5 m v_0}{2 q B_1}$

कुल समय = $\frac{\pi m}{q B_1} + \frac{\pi m}{q B_2} = \frac{\pi m}{q B_1} + \frac{\pi m}{4 q B_1} = \frac{5\pi m}{4 q B_1}$

औसत चाल का परिमाण = $\frac{\frac{5 m v_0}{2 q B_1}}{\frac{5\pi m}{4 q B_1}} = 2 m / s$

भाग - II

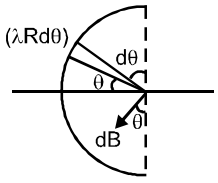
1.



दोनों तारों के बॉयी ओर, B की दिशा नीचे की ओर होगी व दोनो तारों के मध्य बिन्दु पर, चुम्बकीय क्षेत्र शून्य है।

2. $v = \frac{I}{\pi R}$

$dB = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right)\frac{2I}{R}$ $\qquad I = \lambda R\, d\theta$



$$\therefore \quad B = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} dB\cos\theta$$

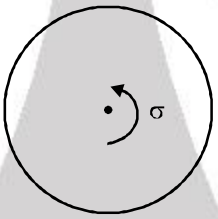
$$= \frac{\mu_0\lambda}{2\pi}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\cos\theta\, d\theta$$

$$= \frac{\mu_0\lambda}{\pi} = \frac{\mu_0 I}{\pi^2 R} \qquad \textbf{Ans.}$$

3. $\vec{F} = q[\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}]$

$= F_y = 7q\,\hat{j}$.

4. $\frac{q}{2M} = \frac{\text{चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण}}{\text{कोणीय संवेग}}$



$\therefore$ चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण (M)

$$M = \frac{q}{2M}\cdot\left(\frac{MR^2}{2}\right)\cdot\omega$$

$$= \frac{1}{4}\sigma.\pi R^4\omega.$$

5. $dB = \frac{\mu_0(dq)}{2r}\left(\frac{\omega}{2\pi}\right)$

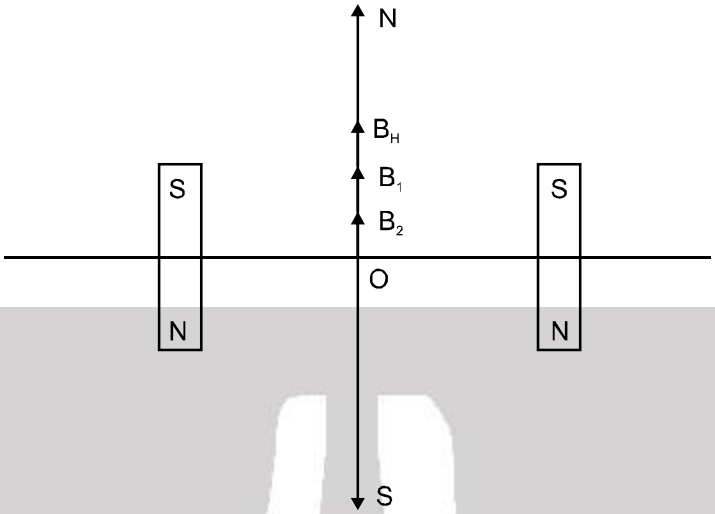
$$B = \int dB = \frac{\mu_0\omega}{4\pi}\cdot\frac{Q}{\pi R^2}2\pi\int_0^R\frac{rdr}{r}$$

$$B = \frac{\mu_0\omega Q}{2\pi R^2}.R$$

$$B = \frac{\mu_0\omega Q}{2\pi R}$$

$$B \propto \frac{1}{R}$$

6. $B_{net} = B_1 + B_2 + B_H$



$$B_{net} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{(M_1 + M_2)}{r^3} + B_H$$

$$= \frac{10^{-7}(1.2+1)}{(0.1)^3} + 3.6 \times 10^{-5} = 2.56 \times 10^{-4}\ \text{wb/m}^2$$

Ans. (2)

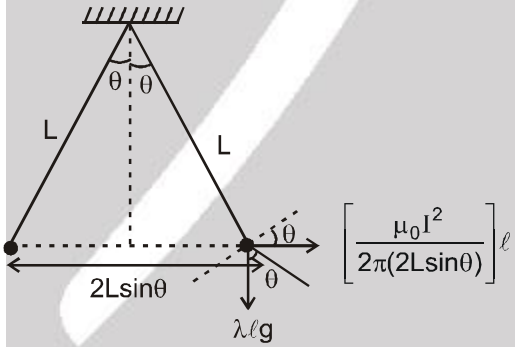
7. $F_{ext.} = B(x)\, IL$

$$P = \frac{1}{t}\int_0^2 F_{ext.}\cdot dx = \frac{1}{t}\int_0^2 B(x) IL\, dx = \frac{1}{5\times 10^{-3}}\int_0^2 3\times 10^{-4} e^{-0.2x}\times 10\times 3\, dx$$

$$= 9\,[1 - e^{-0.4}]$$

$$= 9\left[1 - \frac{1}{e^{0.4}}\right] = 2.96$$

9.



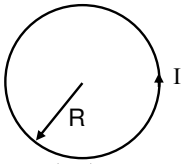
$\left[\frac{\mu_0 I^2}{2\pi(2L\sin\theta)}\right]\ell$

$$\lambda\ell g\sin\theta = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi(2L\sin\theta)}\ell\cos\theta$$

$$2\sin\theta\sqrt{\frac{\lambda g\pi L}{\mu_0\cos\theta}} = I.$$

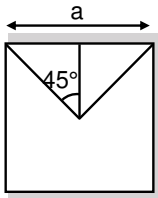
10. स्थाई साम्यवस्था के लिये $\vec{M}$ तथा $\vec{B}$ के मध्य कोण शून्य होना चाहिये, तथा अस्थायी साम्यवस्था के लिये $\vec{M}$ तथा $\vec{B}$ के मध्य कोण π होना चाहिये।

11.



वृत्त के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र

$B_A = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{\mu_0 I \pi}{\ell}$ [चुंकि $\ell = 2\pi R$]



केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र = $\frac{4\mu_0 I}{4\pi \frac{a}{2}}(2 \sin 45°)$

$= \frac{16 \mu_0 I}{\sqrt{2}\pi \ell}$ [चुंकि $4a = \ell$]

अब $\frac{B_A}{B_B} = \frac{\pi^2}{8\sqrt{2}}$

12. चूंकि हिस्टेरेसिस लूप (B) का क्षेत्रफल छोटा है अतः यह वैद्युत चुम्बक तथा ट्रांसफॉर्मर बनाने के लिये उपयुक्त है।

13. $M = 6.7 \times 10^{-2}$ A – m^2
$I = 7.5 \times 10^{-6}$ kgm^2

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

$= 2\pi\sqrt{\frac{7.5 \times 10^{-6}}{6.7 \times 10^{-2} \times 10^{-2}}}$

$= 2\pi\sqrt{\frac{7.5}{6.7} \times 10^{-2}}$

$= 2\pi \times 10^{-1}\sqrt{\frac{75}{67}}$

$t = 10T$

$= 2\pi\sqrt{\frac{75}{67}} = 6.65$ sec.

14. चुम्बकीय क्षेत्र में वृतीय पथ के लिये

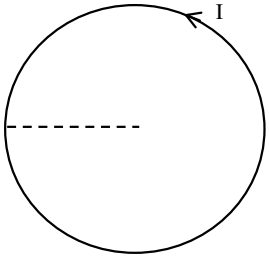
$r = \frac{\sqrt{2mE}}{qB}$ E = गतिज ऊर्जा

इसलिये

	e	p	α
m	1/1836	1	4
q	–e	+e	2e

$r_p = r_\alpha > r_e$

15.



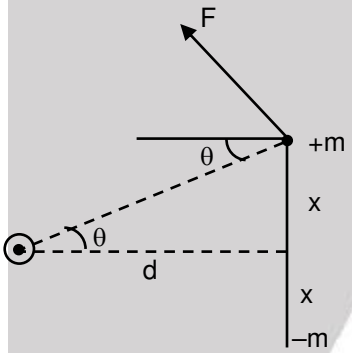
द्विध्रुव आघूर्ण (m) = $I\pi R^2$

चुम्बकीय क्षेत्र (B) = $\frac{\mu_0 I}{2R}$

$B \alpha \frac{1}{\sqrt{m}}$

$\frac{B_1}{B_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = \sqrt{2}$

16.



एक ध्रुव पर बल

$F = m \times \frac{\mu_0 I}{2\pi\sqrt{d^2 + x^2}}$

कुल बल = 2 F sinθ.

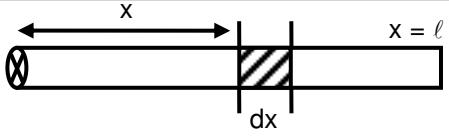
$= 2 \times \frac{\mu_0 I m}{2\pi\sqrt{d^2 + a^2}} \times \frac{x}{\sqrt{d^2 + a^2}}$

$= \frac{\mu_0 I\ mx}{\pi\left(d^2 + a^2\right)}$

$m \times 2 = M = I \times \pi a^2$ (चुम्बकीय आघूर्ण)

कुल बल = $\frac{\mu_0 I\ a^2}{2\left(d^2 + a^2\right)} \Rightarrow = \frac{\mu_0 I\ a^2}{2d^2}$ (As d >>a)

17. $\omega = 2\pi n$ rad/s



$dQ = \rho . dx$

$= \frac{\rho_0}{\ell} xdx$

$$dI = \frac{dQ \cdot \omega}{2\pi}$$

$dM = dI \times A$

$$\int dM = \int_0^{\ell} \frac{\omega}{2\pi} \cdot \frac{\rho_0}{\ell} x \cdot \pi x^2 dx$$

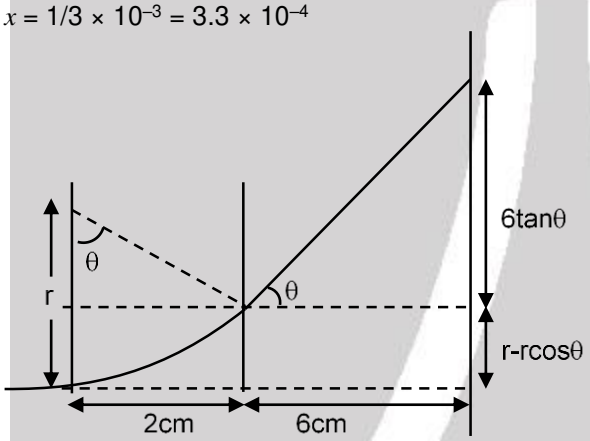
$$M = \frac{\pi n \rho_0 \ell^3}{4}$$

18. $I = xH$

$$\frac{20 \times 10^{-6}}{10^{-6}} = x\ 60 \times 10^3$$

$x = 1/3 \times 10^{-3} = 3.3 \times 10^{-4}$

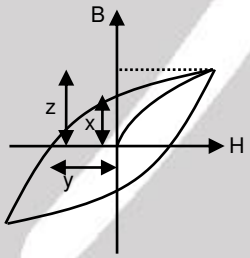
19.



$$\sin\theta = \frac{x}{r} \text{ and } r = \frac{mv}{qB} = \frac{\sqrt{2mk}}{qB}$$

so $d = r - r\cos\theta + 6\tan\theta \approx 12.87$ cm

20.

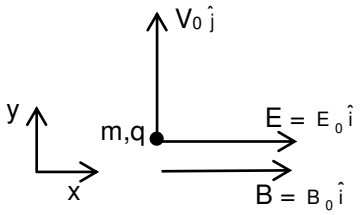


x = अवरोधन

y = निग्राहिता

z = परिपूर्ण चुम्बकत्व

21.

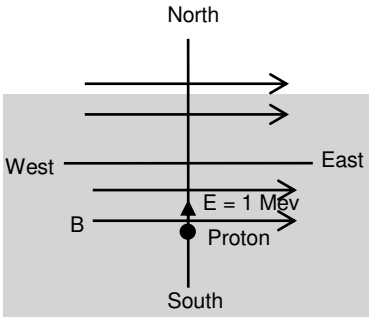


चूंकि $\vec{v} = v_0 \hat{j}$ (y–z तल में वेग का परिमाण नहीं बदलता है)

$(2v_0)^2 = v_0^2 + v_x^2$; $v_x = \sqrt{3} v_0$

$\therefore$ $\sqrt{3} v_0 = 0 + \frac{qE}{m} t$; $t = \frac{m v_0 \sqrt{3}}{qE}$

22.



$\because$ K.E. $= 1.6 \times 10^{-13} = \frac{1}{2} \times 1.6 \times 10^{-27} v^2$

$v = \sqrt{2} \times 10^7$ m/s

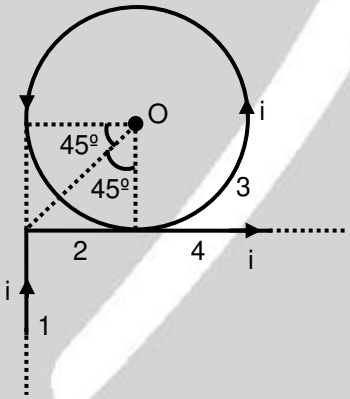
$\therefore$ Bqv = ma

$B = \frac{1.6 \times 10^{-27} \times 10^{12}}{1.6 \times 10^{-19} \times \sqrt{2} \times 10^7}$

$= 0.71 \times 10^{-3}$ T

अतः, 0.71 mT

23.



$\vec{B}_0 = (\vec{B}_0)_1 + (\vec{B}_0)_2 + (\vec{B}_0)_3 + (\vec{B}_0)_4$

$\frac{\mu_0 i}{4\pi R}[\sin 90^\circ - \sin 45^\circ] \otimes + \frac{\mu_0 i}{2R} \odot + \frac{\mu_0 i}{4\pi R} (\sin 45^\circ + \sin 90^\circ) \odot$

$= \frac{-\mu_0 i}{4\pi R}\left[1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right] + \frac{\mu_0 i}{2R} + \frac{\mu_0 i}{4\pi R}\left[\frac{1}{\sqrt{2}} + 1\right] \odot$

$= \frac{\mu_0 i}{4\pi R}\left[-1 + \frac{1}{\sqrt{2}} + 2\pi + \frac{1}{\sqrt{2}} + 1\right] \odot = \frac{\mu_0 i}{4\pi R}\left[\sqrt{2} + 2\pi\right] \odot = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}\left[\frac{1}{\sqrt{2}} + \pi\right] \odot$

24. (A) कार्य ऊर्जा प्रेमय से

$$W_{mag} + W_{ele} = \frac{1}{2}m(2v)^2 - \frac{1}{2}m(v)^2$$

$$0 + qE_0 2a = \frac{3}{2}mv^2$$

$$E_0 = \frac{3}{4}\frac{mv^2}{qa}$$

(B) A पर कार्य की दर = विद्युत बल की शक्ति

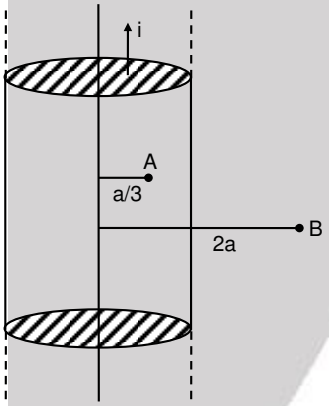
$$= qE_0V$$

$$= \frac{3}{4}\frac{mv^3}{a}$$

(C) Q पर, $\frac{dw}{dt} = 0$, दोनों बलो के लिये

(D) $\Delta\vec{L} = (-m2v2a\hat{k}) - (-mva\ \hat{k}) \Rightarrow \left|\Delta\vec{L}\right| = 3mva$

25.



$$B_A = \frac{\mu_0 ir}{2\pi a^2} = \frac{\mu_0 i\frac{a}{3}}{2\pi a^2} = \frac{\mu_0 i}{\pi a^2}\frac{a}{6} = \frac{\mu_0 i}{6\pi a}$$

$$B_B = \frac{\mu_0 i}{2\pi(2a)} \Rightarrow \frac{B_A}{B_B} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

26. $R_{max} = \frac{R}{2} = \frac{mv_{max}}{e\mu_0 in}$

$$V_{max} = \frac{Re\ \mu_0 in}{2m}$$

27. $\tau = MB\sin\theta = I\alpha$

$$\pi R^2 I B\theta = \frac{mR^2}{2}\alpha$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2\pi IB}{m}} = \frac{2\pi}{T}$$

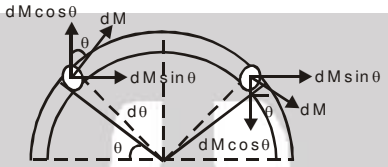
$$T = \sqrt{\frac{2\pi m}{IB}}$$

HIGH LEVEL PROBLEMS [HLP]

विषयात्मक प्रश्न (**SUBJECTIVE QUESTIONS**)

1. $M = \int_{\theta=0}^{\pi} dM \sin\theta$

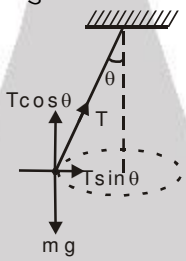
$= \int_{\theta=0}^{\pi} (dN).i.A.\sin\theta = \int_{0}^{\pi} \frac{N}{\pi}.i.\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)\sin\theta d\theta$



$M = \frac{1}{2} N.i.d^2$

$M = \frac{1}{2}$ (Amp. m^2)

2. आवेशित गेंद शंकु लोलक की तरह गति करेगी। चुम्बकीय बल त्रिज्यीय अनुदिश होगा।



$T\sin\theta = mr\omega^2 \pm q.(r\omega).B$

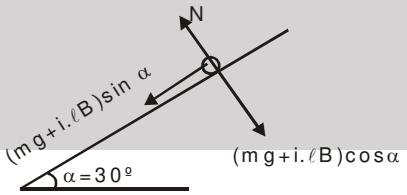
$T\cos\theta = mg$

$\tan\theta = \frac{(m\omega^2 \pm q\omega B)\, r}{mg}$

$$\frac{r}{\sqrt{r^2 + L^2}} = \frac{(m\omega^2 \pm q\omega B)r}{mg} \Rightarrow r = \left[L^2 - \left\{\frac{mg}{m\omega^2 \pm q\omega B}\right\}^2\right]^{1/2}.$$

3. $N = (mg + i.\ell B)\cos\alpha$

$F_{max} = (mg + i.\ell.B)\sin\alpha + \mu N$



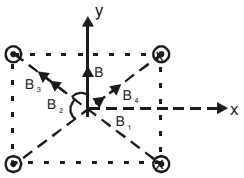
$F_{max} = \frac{3}{4}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{4}\right)$ N

$F_{min} = (mg + i.\ell B)\sin\alpha - \mu N$

$F_{min} = \frac{3}{4}\left(1 - \frac{\sqrt{3}}{10}\right)$ N

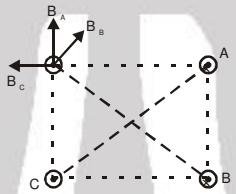
4. (a) $B = 4B_1 \cos 45^\circ$

$= 4 \times \frac{\mu_0}{2\pi} , \frac{I}{a\sqrt{2}} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$



$B = \frac{\mu_0 I}{\pi a}$ Y-अक्ष के अनुदिश

(b) D-बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र



$\vec{B}_A = \frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{I}{2a}\right)(\hat{j})$

$\vec{B}_B = \frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{I}{2\sqrt{2}\,a}\right)\left(\frac{\hat{i}+\hat{j}}{\sqrt{2}}\right)$

$\vec{B}_C = \frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{I}{2a}\right)(-\hat{i})$

D पर कुल चुम्बकीय क्षेत्र

$\vec{B} = \vec{B}_A + \vec{B}_B + \vec{B}_C = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\left(\frac{\hat{i}}{2} - \frac{3\hat{j}}{2}\right)$

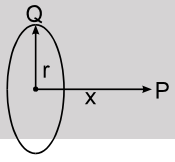
बिन्दु D पर स्थित तार की एकांक लम्बाई पर कार्यरत बल–

$\vec{F} = I\left[(+\hat{k}) \times \vec{B}\right] = \frac{\mu_0 I^2}{8\pi a}(-3\hat{i} - \hat{j})$

5. P पर विद्युत क्षेत्र

$$E = \frac{Qx}{4\pi \in_0 (x^2 + r^2)^{3/2}}$$

P पर चुम्बकीय क्षेत्र $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi i r^2}{(x^2 + r^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi Q f r^2}{(x^2 + r^2)^{3/2}}$



यहाँ f = घूर्णन की आवृत्ति $\frac{B^2}{2\mu_0}$

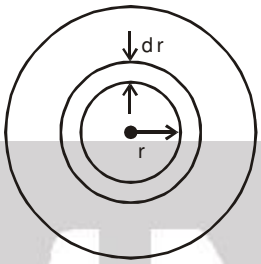
विद्युत ऊर्जा घनत्व = $\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$; चुम्बकीय ऊर्जा घनत्व $\frac{B^2}{2\mu_0}$

$$\frac{\text{विद्युत ऊर्जा घनत्व}}{\text{चुम्बकीय ऊर्जा घनत्व}} = \frac{\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2}{\frac{B^2}{2\mu_0}} = \frac{x^2}{4\pi^2 \in_0 \mu_0 f^2 r^4} = \frac{x^2 c^2}{4\pi^2 f^2 r^4} = \frac{9}{\pi^2} \times 10^{10} = 9 \times 10^9 \text{ J}$$

6. अल्पांश में धारा = $J(2\pi r \, . \, dr)$

$\frac{a}{2}$ त्रिज्या के ऐम्पिरियन लूप से परिबद्ध धारा

$$I = \int_0^{a/2} \frac{J_0 r}{a} \, . \, 2\pi r \, . \, dr = \frac{2\pi J_0}{3a}\left(\frac{a}{2}\right)^3 = \frac{\pi J_0 a^2}{12}$$



ऐम्पियर का नियम लगने पर

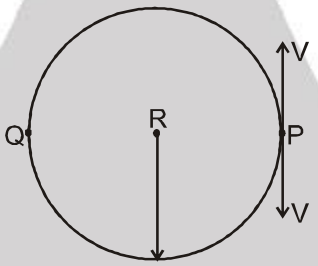
$$B \, . \, 2\pi \, . \, \frac{a}{2} = \mu_0 \, . \, \frac{\pi J_0 a^2}{12} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 J_0 a}{12}$$

मान रखने पर

$B = 10 \, \mu T$

7. चूंकि प्रारम्भ में कुल आवेश शून्य है इस प्रकार दो कण विपरीत आवेश के होंगे। प्रारम्भ में उदासीन कण विराम पर है,। इसलिए दोनों की चाल समान होगी। क्योंकि दोनों कण विपरीत दिशा में गति करते हैं, उन पर चुम्बकीय बल समान दिशा में व समान परिमाण का होगा।

$R = \frac{mV}{qB}$ का उपयोग करते हुए, दोनों समान त्रिज्या के वृत्त में गति कर रहे होंगे। इसलिए वे बिन्दु Q पर मिलेंगे। अर्थात् प्रारम्भिक बिन्दु P के व्यासतः विपरीत।



इसलिए लिया गया समय होगा –

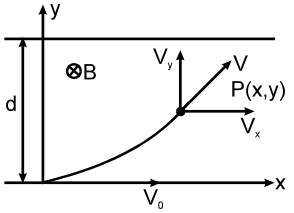
$$t = \frac{\pi R}{V} = \frac{\pi m}{qB} \text{ ..... } \textbf{Ans.}$$

8. माना समय t पर कण बिन्दु P (x, y) पर है व इसका वेग है –

$$\vec{V} = \left(V_x \hat{i} + V_y \hat{j}\right).$$

$$\left|\vec{V}\right| = \left|\vec{V}_0\right| \Rightarrow V_0^2 = V_x^2 + V_y^2 \, .$$

(चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा किया गया कार्य सदैव शून्य इसलिए वेग के परिमाण में परिवर्तन)



बिन्दु P पर चुम्बकीय बल है –

$$\vec{F} = q\left(V_x\hat{i} + V_y\hat{j}\right)B_0 \Rightarrow \left(1+\frac{y}{d}\right)\left(-\hat{k}\right) \qquad -qB_0\left[1+\frac{y}{d}\right]dy = mdv_x$$

अब जब कण बिन्दु $y = d$ पर बाहर आ रहा होगा। माना x-दिशा में वेग V_x है तो समाकलन करने पर हम पाते हैं

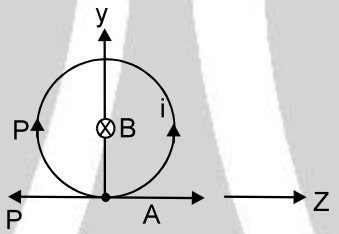
$$\int_{v_0}^{v_x} dv_x = -\frac{qB_0}{m}\int_0^d\left[1+\frac{y}{d}\right]dy = -\frac{qB_0}{m}\left[d+\frac{d^2}{2d}\right] = -\frac{3qB_0d}{2m}$$

इसलिए $V_x = V_0 - \frac{3qB_0d}{2m}$ **...Ans.**

अब $\Rightarrow$ $V_y = \sqrt{V_0^2 - V_x^2}$

$\Rightarrow$ $V_y = \sqrt{V_0^2 - \left(V_0 - \frac{3qB_0}{2m}d\right)^2}$ **...Ans.**

9. A व P के संवेग का परिमाण समान है और वे विपरित दिशाओं में जायेगे। वे एक समान त्रिज्या के व एक ही केन्द्र के वृत्त में तथा विपरित दिशाओं में घूमेंगे। यदि वे t समय बाद मिलते हैं तो –



$$\omega_A t + \omega_P t = 2\pi$$

$$\Rightarrow \quad t = \frac{2\pi}{\omega_A + \omega_P} = \frac{2\pi}{\frac{2e.B}{4m} + \frac{2eB}{(A-4)m}}$$

$$t = \frac{4(A-4)m\pi}{eBA} \; ; \; \theta_A = \omega_A t = \frac{2eB}{4m} \times \frac{4m(A-4)}{eBA}$$

$$= \frac{2(A-4)\pi}{A} = \frac{48}{25}\pi \Rightarrow n = 48$$

10. चूंकि कण चुम्बकीय क्षेत्र में प्रवेश कर रहा है। अतः यह वृत्ताकार पथ में गति करेगा जिसकी त्रिज्या है

$R = \frac{mv}{qB} = 1$ m इसका केन्द्र O पर है। तथा $\omega = \frac{qB}{m} = 1$ rad/sec.

हमने ऐसा माना हुआ है कि 'd' इतना पर्याप्त है जिससे की कण चुम्बकीय क्षेत्र से Q बिन्दु से निकल सके। चित्र (a)

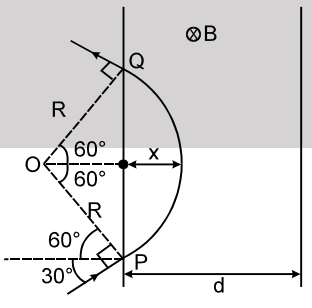


figure - a

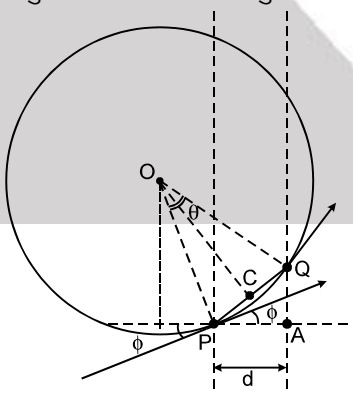


figure - b

$\therefore$ $x = R - R\cos 60° = 0.5 > d$

$\therefore$ आवेश क्षेत्र को पार कर जायेगा तथा दाहिनी तरफ से बाहर आ जायेगा।

$\therefore$ चित्र (b) में चुम्बकीय क्षेत्र में कण का पथ प्रदर्शित है।

चित्र (b) में PQ जीवा तथा OC, रेखा PQ का लम्बअर्द्धक है। Q वह बिन्दु है। जहाँ से कण बाहर आयेगा।

ज्यामिति से हम देख सकते हैं $\angle APQ = \phi + \frac{\theta}{2}$

$\therefore \quad PQ = d \sec\left(\phi + \frac{\theta}{2}\right) = 2R \sin\frac{\theta}{2}$

$\Rightarrow \quad d = 2R \sin\frac{\theta}{2} \cos\left(\phi + \frac{\theta}{2}\right) = R\left[\sin\left(\frac{\theta}{2} + \phi + \frac{\theta}{2}\right) + \sin(-\phi)\right]$

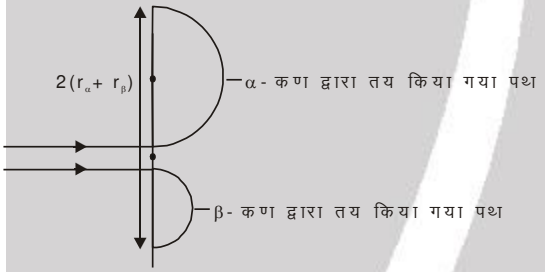
$\Rightarrow \quad d = R[\sin(\theta + \phi) - \sin\phi] \quad \Rightarrow \quad \sin(\theta + \phi) = \frac{d}{R} + \sin\theta = 0.7$

$\Rightarrow \quad \theta + \phi = 45° \quad \Rightarrow \quad \theta = 15°$

$\therefore$ अब $\omega t = \theta$

$\Rightarrow \quad 1 \times t = \frac{15 \times \pi}{180} \quad \Rightarrow \quad t = \frac{\pi}{12}$ sec. **Ans.**

11.



$\frac{mv^2}{r} = qVB \quad \Rightarrow \quad r = \frac{mv}{qB} = \frac{\sqrt{2mT}}{qB}$

$\therefore$ α तथा β कण के बीच की दूरी

$= 2(r_\alpha + r_\beta) = 2\left\{\frac{\sqrt{2m_\alpha T}}{(2e)B} + \frac{\sqrt{2m_e T}}{eB}\right\} = \frac{2\sqrt{2T}}{eB}\left\{\frac{\sqrt{m_\alpha}}{2} + \sqrt{m_e}\right\}$

12. $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$, Let $\vec{B} = B_x\hat{i} + By\hat{j} + B_z\hat{k}$

$\vec{F}_1 = -e(1\hat{i}) \times \{B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k}\} = -e\hat{j}$

$\Rightarrow \quad eB_y\hat{k} - eB_z\hat{j} = e\hat{j}$

$\Rightarrow \quad B_y = 0 ; B_z = -1$

$\vec{F}_2 = e(\hat{i} - \hat{j}) \times \{B_x\hat{i} + 1\hat{k}\} = -e(\hat{i} + \hat{j})$

$\Rightarrow \quad e(-\hat{j} + B_x\hat{k} - \hat{i}) = -e(\hat{i} + \hat{j})$

$\Rightarrow \quad B_x = 0$

$\Rightarrow \quad \vec{B} = -1\hat{k} = -\hat{k}$ wb/m^2

अब, $\vec{v}_3 = \vec{v}_1 \times \vec{v}_2 = 1\hat{i} \times (\hat{i} - \hat{j}) = -\hat{k}$

अब, $\vec{F} = e\vec{v}_3 \times \vec{B} = e(-\hat{k} \times \hat{k}) = 0$

13. $B_{sol} = \mu_0 \frac{N}{L} i$ जहाँ N कुल फेरों की संख्या तथा L परिनालिका की लम्बाई है।

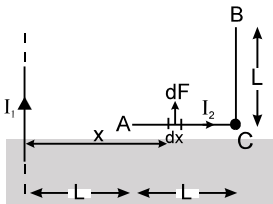
$T = \frac{2\pi m}{qB}$ तथा पिच $= V_{||} T$

घूर्णनों की संख्या $= \frac{L}{\text{पिच}} = \frac{L.qB}{V_{||}.2\pi m}$

$B = \mu_0 \frac{N}{L}$ का प्रयोग करने पर $i \Rightarrow \frac{\mu_0 . N i}{V_{||} . 2\pi} . \frac{q}{m}$

मानों का प्रयोग करने पर $\Rightarrow \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8000 \times 4 \times \sqrt{3} \times 10^{11}}{400 \cdot \sqrt{3} \times 2\pi} = 16 \times 10^5$

14.



धारावाही तार AC, के अल्पांश 'dx' पर C के सापेक्ष बल आघूर्ण है

$d\tau = (dF).(2L - x)$ दक्षिणावर्त

$dF = (I_2\, dx)\ \frac{\mu_0}{2\pi}\ \frac{I_1}{x}$

$\therefore$ AC पर C के सापेक्ष कुल बल आघूर्ण

$\tau_1 = \int_L^{2L} \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 (2L - x)}{x}\ dx = \frac{\mu_0}{2\pi} I_1 I_2 L\,(\ell n\, 4 - 1) = \frac{0.4 \mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi}$ (दक्षिणावर्त दिशा)

BC भाग के प्रत्येक बिन्दु पर अनन्त लम्बाई के तार के कारण चुम्बकीय क्षेत्र समरूप है।

$\therefore$ तार BC पर C के सापेक्ष बल आघूर्ण है

$\tau_2 = \left(\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1}{2L}\right) I_2 L \times \frac{L}{2} = \frac{\mu_0}{8\pi} I_1 I_2 L$ (वामावर्त दिशा)

$\because$ $\tau_1 > \tau_2 \Rightarrow$ कुल बल आघूर्ण $\tau = \tau_1 - \tau_2 = \frac{\mu_0}{8\pi} (0.6)\, I_1 I_2 L$ (दक्षिणावर्त दिशा)

L आकृति की छड़ का C के सापेक्ष जड़त्व आघूर्ण $I = \frac{m L^2}{3}$ है

कोणीय त्वरण $\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{0.6 \mu_0 I_1 I_2 L}{8\pi} \times \frac{3}{m L^2} = \frac{9 \mu_0 I_1 I_2}{40 \pi m L}$ ↻

15. ऊर्जा संरक्षण का नियम लगाने पर प्रारम्भ में गतिज ऊर्जा = 0

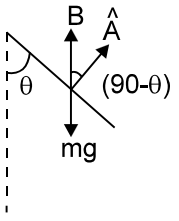
गुरूत्वीय स्थितिज ऊर्जा = 0 तथा चुम्बकीय स्थितिज ऊर्जा = μB

जहाँ, μ = लूप का चुम्बकीय आघूर्ण है = $i.\left(\frac{\sqrt{3} a^2}{4}\right)$

अन्ततः जब लूप क्षैतिज हो जाये तो गतिज ऊर्जा = 0

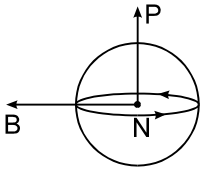
गुरूत्वीय स्थितिज ऊर्जा = $\left(\frac{a}{\sqrt{3}}\right)$ mg(क्योंकि mg द्रव्यमान केन्द्र की ओर लगता है)

चुम्बकीय स्थितिज ऊर्जा = 0



$\Rightarrow$ $0 + 0 + \mu B = 0 + \frac{m g a}{\sqrt{3}} + 0 \Rightarrow$ $B = \frac{m g a}{\sqrt{3}\ \mu} = \frac{4 m g}{3 i a}$

16.



कुण्डली से प्रवाहित आवेशो के कारण बलआघूर्ण (कुण्डली + गोले पर)

$\left|\vec{p} \times \vec{B}\right|$ = (जहाँ $\vec{p}$ कुण्डली का द्विध्रुव आघूर्ण है तथा $\vec{B}$ भूगोलीय चुम्बकीय क्षेत्र है।)

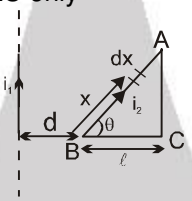
$= i N \pi r^2 B = I \frac{d\omega}{dt}$

$\therefore \quad d\omega = \frac{N\pi r^2 B}{I} i dt$ or $\omega = \frac{N\pi r^2 B}{\frac{2}{3}mr^2} \int_0^{\Delta t} i dt = \frac{3N\pi BQ}{2M}$ **Ans.**

[Ans: $\omega = \frac{3}{2}\frac{BN\pi Q}{M}$ = 2.7 π × 10^{-2} rad/s.]

17. $(2\mu_0 - \mu_0) + (-\mu_0 + 2\mu_0) + (-2\mu_0 + 4\mu_0) + (4\mu_0 - 2\mu_0) = \mu_0 I \Rightarrow I = 6\ A$

18. Force of interaction will act an AB and AC only



$F_{AB} = \int_0^{\ell/\cos\theta} \frac{\mu_0 i_1 i_2 \sin\theta}{2\pi(d + x\cos\theta)} dx$

$= \frac{\mu_0 i_1 i_2 \tan\theta}{2\pi} \ell n \frac{d+\ell}{d}$ बायीं तरफ

$F_{AC} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 \tan\theta}{2\pi} \frac{\ell}{d+\ell}$ दायीं तरफ

$F_{net} = F_{AB} - F_{AC}$

$F_{net} = \frac{\mu_0 i_1 i_2 \tan\theta}{2\pi} \left[\ell n \frac{d+\ell}{d} - \frac{\ell}{d+\ell}\right]$ बायीं तरफ

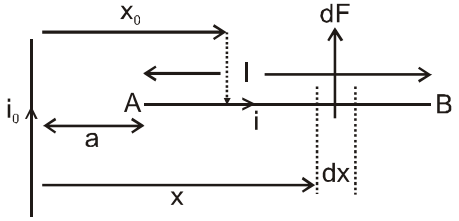
19. छोटे अवयव (लम्बाई) पर बल $dF = i \cdot \frac{\mu_0 i_0}{2\pi} dx$

कुल बल $F = \frac{\mu_0 i_0 i}{2\pi} \int_a^{\ell+a} \frac{dx}{x}$

$= \frac{\mu_0 i_0 i}{2\pi} \ell n \left(\frac{\ell + a}{a}\right)$

उपयोगित बिन्दु के सापेक्ष बलाघूर्ण = 0

माना उपयोगिता बिन्दु, तार i_0 से x_0 दूरी पर है।



$$d\tau = \frac{\mu_0 i_0 i (x - x_0)}{2\pi x} dx$$

$$\tau = \frac{\mu_0 i_0 i}{2\pi} \int_a^{\ell+a} \left(1 - \frac{x_0}{x}\right) dx$$

$$\Rightarrow \quad \left[x - x_0 \ell n x\right]_a^{\ell+a} = 0$$

$$\Rightarrow \quad \ell + a - x_0 \ell n (\ell + a) - a + x_0 \ell n\, a = 0$$

$$x_0 \ell n \left(\frac{\ell + a}{a}\right) = \ell$$

$$x_0 = \frac{\ell}{\ell n \left(1 + \frac{\ell}{a}\right)}$$

20. $\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}$

$\vec{v}_x = \frac{qE}{m} t$, $v_y = v_0 \cos\left(\frac{qB}{m} t\right)$

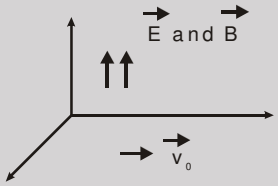
$v_z = - v_0 \sin\left(\frac{qB}{m} t\right)$

$i = \frac{\vec{E}}{|E|} = \frac{\vec{B}}{|B|}$

$\hat{j} = \frac{\vec{v}_0}{|\vec{v}_0|}$, $\hat{k} = \frac{-\vec{v}_0 \times \vec{B}}{|\vec{v}_0 \times B|} = \frac{\vec{v}_0 \times \vec{E}}{|\vec{v}_0 \times E|}$

Sol. (II) $\hat{j} = \frac{\vec{E}}{E}$ or $\frac{\vec{B}}{B}$: $\hat{i} = \frac{\vec{v}_0}{v_0}$

$\hat{k} = \frac{\vec{v}_0 \vec{B}}{v_0 B}$



विद्युत क्षेत्र के कारण बल y-दिशा में होगा चुम्बकीय क्षेत्र, विद्युत क्षेत्र की दिशा में गतिमान कण (y-axis) को प्रभावित नहीं करता अतः

$$a_y = \frac{F_e}{m} = \frac{qE}{m} = \text{नियत. अतः therefore, } v_y = a_y t = \frac{qE}{m} . t \quad .....(1)$$

चुम्बकीय क्षेत्र के प्रभाव में गतिशिल आवेशित कण x-z तल में ($\vec{B}$ के लम्बवत्) वृत्तीय गति करेगा जिसके लिए

$$T = \frac{2\pi m}{Bq} \text{ or एवं } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{qE}{m} \text{ होगा}$$

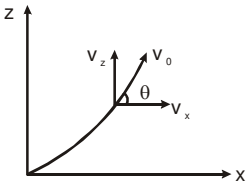
प्रारम्भ में (t = 0) वेग x-अक्ष के अनुदिश था अतः चुम्बकीय बल ($\vec{F}_m$) धनात्मक z-अक्ष के अनुदिश होगा [$\vec{F}_m = q(\vec{v}_0 \times \vec{B})$]. माना t समय पर यह x-अक्ष के साथ θ कोण बनाता है तब

$$\theta = \omega t$$

$$\therefore \quad v_x = v_0 \cos \omega t = v_0 \cos\left(\frac{qB}{m} t\right) \text{ and } \quad ....(2)$$

$$v_z = v_0\left(\frac{qB}{m}t\right)\sin\omega t = v_0 \sin\left(\frac{qB}{m}t\right) \qquad .....(3)$$

(1), (2) एवं (3) से



$\therefore \quad \vec{v} = v_x + v_y\hat{j} + v_z\hat{k}$

$$\therefore \quad \vec{v} = v_0\cos\left(\frac{qB}{m}t\right)\left(\frac{\vec{v}_0}{v_0}\right) + \frac{qB}{m}t\left(\frac{\vec{E}}{E}\right) + v_0\sin\left(\frac{qB}{m}t\right)\left(\frac{\vec{v}_0\times\vec{B}}{v_0B}\right)$$

या $$\vec{v} = \cos\left(\frac{qB}{m}t\right)(\vec{v}_0) + \left(\frac{q}{m}t\right)(\vec{E}) + \sin\left(\frac{qB}{m}t\right)\left(\frac{\vec{v}_0\times\vec{B}}{B}\right) \qquad \textbf{Ans.}$$

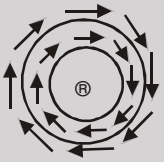
$\Rightarrow$ कण का पथ बढ़ते हुए चूडी अन्तराल वाला हेलिक्स होगा जिसका अक्ष y-अक्ष के अनुदिश होगा

21. **(a)** दिया गया है $i = 10A$, $r_1 = 0.08$ m व $r_2 = 0.12$m सीधे भाग i.e., CD केन्द्र पर शून्यू चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करेगे। शेष आठ भाग केन्द्र पर एक ही दिशा में चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करेगे। पृष्ठतल के लम्बवत् बाहर की और व इसका परिमाण होगा–

$$B = B_{\text{inner arcs}} + B_{\text{outer arcs}}$$

$$= \frac{1}{2}\left\{\frac{\mu_0 i}{2r_1}\right\} + \frac{1}{2}\left\{\frac{\mu_0 i}{2r_2}\right\} = \left\{\frac{\mu_0 i}{4\pi}\right\}(\pi\, i)\left(\frac{r_1 + r_2}{r_1r_2}\right)$$

मान प्रतिस्थापित करने पर



$$B = \frac{(10^{-7})(3.14)(10)(0.08+0.12)}{(0.08\times 0.12)}\text{ Tesla}$$

$B = 6.54 \times 10^{-5}$ T (उर्ध्व ऊपर की ओर व प्रष्ठतल के लम्बवत् बाहर की और) **Ans**

AC पर बल

(b) परिपथ के वृत्तीय भाग AC पर केन्द्रीय तार के कारण बल शून्य होगा क्योकि केन्द्रीय तार के कारण चुम्बकीय क्षेत्र स्पर्श रेखीय होगा ($\theta = 180^0$)

CD पर बल

10 A केन्द्रीय तार में धारा

केन्द्रीय तार के कारण P पर चुम्बकीय क्षेत्र

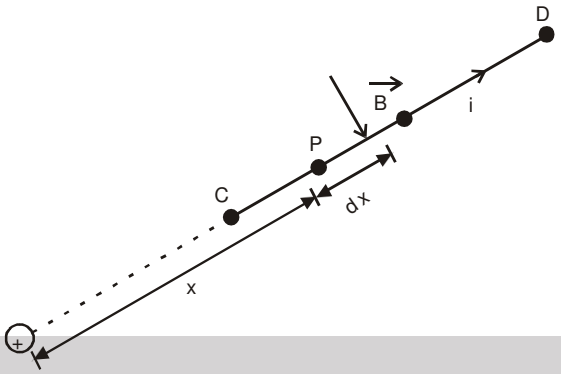
$$B = \frac{\mu_0}{2\pi}.\frac{i}{x}$$

$\therefore$ इस चुम्बकीय क्षेत्र के कारण घटक dx पर चुम्बकीय बल

$$dF = (i)\left(\frac{\mu_0}{2\pi}.\frac{i}{x}\right).dx = \left(\frac{\mu_0}{2\pi}\right)i^2\frac{dx}{x} \qquad (F = i/B\sin 90^0)$$

अतः CD पर कुल बल

$$F = \int_{x=r_1}^{x=r_2} dF = \frac{\mu_0 i^2}{2\pi} - \int_{0.08}^{0.12}\frac{dx}{x} = \frac{\mu_0}{2\pi}i^2\ln\left(\frac{3}{2}\right)$$



F का मान प्रतिस्थापित $= (2\times10^{-7})\,(10)^2\,\ln(1.5)$

या $F = 8.1 \times 10^{-6}$ N (अन्दर की ओर)

केन्द्री तार पर बल

केन्द्र पर कुल चुम्बकीय क्षेत्र उर्ध्व दिशा में होगा व केन्द्रीय तार में धारा भी उर्ध्व दिशा में होगी। अतः केन्द्रीय तार पर कुल बल शून्य

($q = 180^0$) होगा।

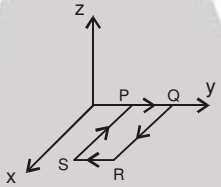
(i) केन्द्र पर तार पर कुल बल शून्य होगा।

(ii) चाप AC पर बल = 0 **Ans**

(iii) भाग CD पर बल 8.1×10^{-6} N (अन्दर की ओर).

22. (a) व (c)

माना तार PQ में धारा P से Q की ओर है व इसका मान I है।



दिए गए पाश का चुम्बकीय आघूर्ण है :

$$\vec{M} = -Iab\hat{k}$$

चुम्बकीय बलो के कारण पाश पर बलाघूर्ण :

$$\vec{\tau}_1 = \vec{M} \times \vec{B}$$

$$= (-Iab\hat{k}) \times \{(3\hat{i} + 4\hat{k})B_0\}$$

$$= -3IabB_0\hat{j}$$

पाश के भार का PQ अक्ष के सापेक्ष बलाघूर्ण :

$$\vec{\tau}_2 = \vec{r} \times \vec{F} = \left(\frac{a}{2}\hat{i}\right) \times (-mg\hat{k}) = \frac{mga}{2}\hat{j}$$

हम पाते है कि जब तार PQ में धारा P से Q की ओर प्रवाहित है तो, $\vec{\tau}_1$ व $\vec{\tau}_2$ विपरीत दिशा में होगें। अतः परस्पर निरस्त कर देगे व पाश साम्यवस्था में रहेगा। अतः PQ तार में धारा P से Q की ओर है।

पाश की साम्यावस्था के लिए : $|\vec{\tau}_1| = |\vec{\tau}_2|$

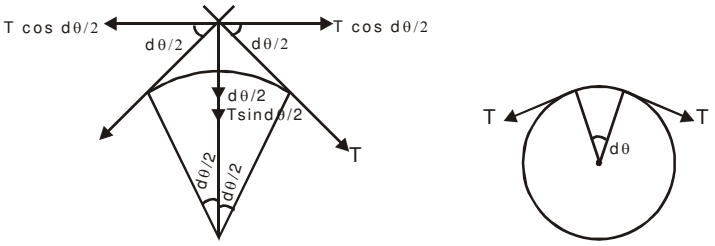
या $3IabB_0 = \frac{mga}{2}$ $\Rightarrow$ $I = \frac{mg}{6bB_0}$ **Ans.**

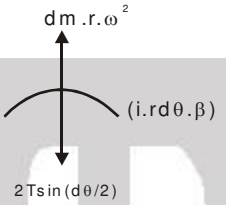
(b) तार RS पर चुम्बकीय बल :

$$\vec{F} = I(\vec{\ell} \times \vec{B}) = I[(-b\hat{j}) \times \{(3\hat{i} + 4\hat{k})B_0\}]$$

या $\vec{F} = \mathbf{IbB_0\,(3\hat{k} - 4\hat{i})}$ **Ans.**

23. समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में रखे बंद लूप पर लगने का कुल ऐम्पियर बल शून्य होता है।





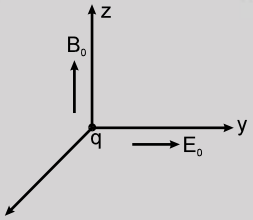
$2T\sin = \frac{d\theta}{2}(dm.r.\omega^2) + r.d\theta.iB$

$T.d\theta = \frac{m}{2\pi r}.rd\theta.r.\omega^2 + r.d\theta.i.B$

$T = \frac{r}{2\pi}(m\omega_0^2 + 2\pi i.B)$.

24. $m\frac{dv}{dt} = qE_0\hat{j} + q\left[v_x\hat{i} + v_y\hat{j}\right] \times B_0\hat{k}$

$m\frac{dv_y}{dt}\hat{j} + m\frac{dv_x}{dt}\hat{i} = [qE_0 - qv_xB_0]\hat{j} + qv_yB_0\hat{i}$



$m\frac{dv_y}{dt} = [qE_0 - qv_xB_0]$ .....(1)

$m\frac{dv_x}{dt} = qv_yB_0$ .....(2)

समीकरण (1) से $v_x = \left[qE_0 - m\frac{dv_y}{dt}\right]\frac{1}{qB_0}$

समीकरण (2) से $\frac{m}{qB_0}\frac{d}{dt}\left[qE_0 - m\frac{dv_y}{dt}\right] = qv_yB_0$

$-\frac{d^2v_y}{dt^2} = \frac{q^2v_yB_0^2}{m^2}$ or $\frac{d^2v_y}{dt^2} + \frac{q^2v_yB_0^2}{m^2} = 0$

उपरोक्त समीकरण का हल :

$v_y = A\sin(\omega t + \phi)$ .....(3)

where जहाँ $\omega = \frac{qB_0}{m}$ at t = 0, $v_y = 0$, $\phi = 0$ $v_y = A\sin\omega t$

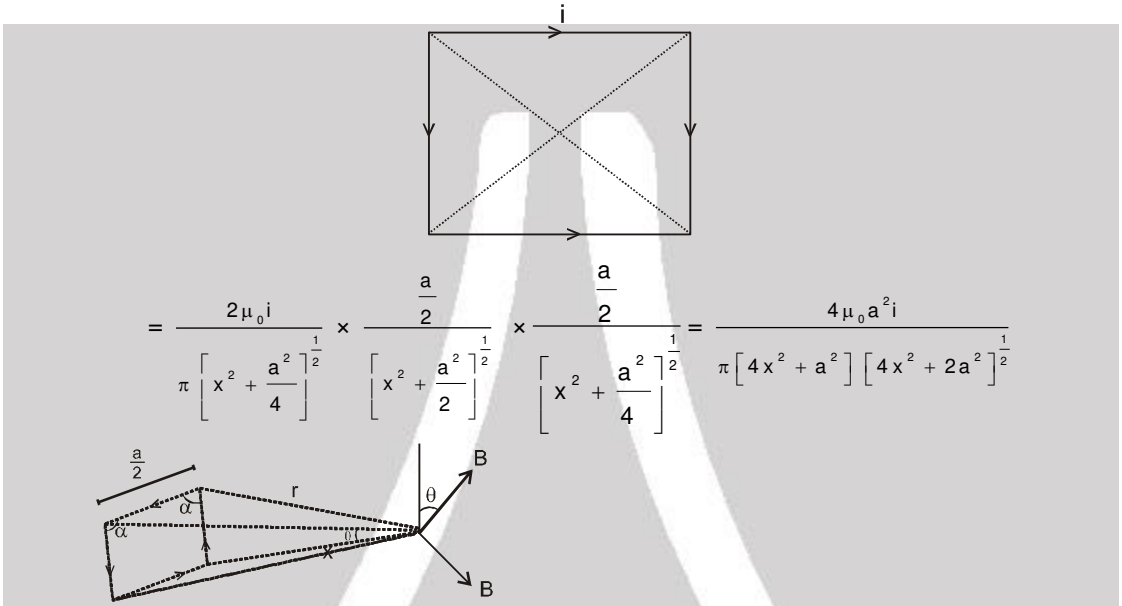
at t = 0 पर , $a = \frac{qE_0}{m}$ $a = \frac{dv_y}{dt} = A\omega\cos\omega t$ $\frac{qE_0}{m} = A \times \frac{qB_0}{m} \Rightarrow A = \frac{E_0}{B_0}$

समीकरण (3) से $v_y = \frac{E_0}{B_0}\sin\omega t \frac{dy}{dt} = \frac{E_0}{B_0}\sin\omega t \Rightarrow y = \left[-\frac{E_0}{B_0}\cos\omega t\right]_0^t$

$y = \frac{E_0 m}{B_0 \times q B_0}[1 - \cos\omega t] \qquad \Rightarrow y = \frac{E_0 m}{qB_0^2}\left[1 - \cos\frac{q B_0}{m} t\right]$

25. (a) $B_R = 4B\sin\theta$

$= 4 \times \frac{\mu_0 i}{4\pi r \sin\alpha}[\cos\alpha + \cos\alpha] \times \sin\theta$



$= \frac{2\mu_0 i}{\pi\left[x^2 + \frac{a^2}{4}\right]^{\frac{1}{2}}} \times \frac{\frac{a}{2}}{\left[x^2 + \frac{a^2}{2}\right]^{\frac{1}{2}}} \times \frac{\frac{a}{2}}{\left[x^2 + \frac{a^2}{4}\right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{4\mu_0 a^2 i}{\pi\left[4x^2 + a^2\right]\left[4x^2 + 2a^2\right]^{\frac{1}{2}}}$

(b) $x = 0$

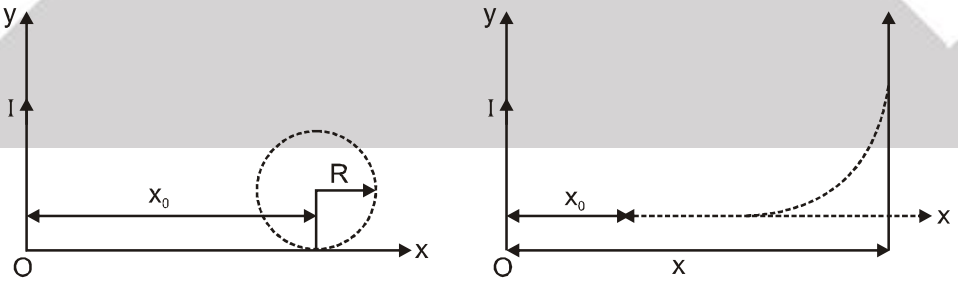
$B_R = \frac{4\mu_0 a^2 i}{\pi(a^2)(\sqrt{2}a)}$

$= 2\sqrt{2}\frac{\mu_0 i}{\pi a}$

(c) $x >> a$

$B = \frac{4\mu_0 a^2 i}{\pi\, 4x^2(2-x)} = \frac{\mu_0 a^2 i}{2\pi x^3} = \frac{\mu_0 M}{2\pi x^3}$

26. चूकि चुम्बकीय क्षेत्र असमान है, कण वृत्ताकार पथ का अनुसरण नहीं करेगा लेकिन कण की चाल (v) नियत रहेगी constant.



यहाँ सीधे धारावाही तार द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र ऋणात्मक z-अक्ष के अनुदिश है, कण का प्रारम्भिक वेग x-अक्ष के अनुदिश है एवं बल F x-y तल में है।

P बिन्दू से शुरू करने के t समय पश्चात् बल होगा

$F = q(v \times B)$

या $F = q\left[(v_x\hat{i} + v_y\hat{j}) \times \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi x}(-k)\right)\right]$

$= \frac{\mu_0 qI}{2\pi x}(-v_y\hat{i} + v_x\hat{j})$

अतः So, $F_x = \frac{-\mu_0}{2\pi}\frac{qIv_y}{x}$ $\therefore$ $a_x = \frac{-\mu_0 qIv_y}{2\pi m x}$

या $\frac{v_x dv_x}{dx} = \frac{\mu_0 qIv_y}{2\pi m x}$ .....(i)

लेकिन $v_x^2 + v_y^2 = v^2$

$\therefore$ $2v_x dv_x + 2v_y dv_y = 0$

या $v_x dv_x = -v_y dv_y$ .....(ii)

समीकरण (i) तथा (ii) से

$$\frac{2\pi m}{\mu_0 qI} = dv_y = \frac{dx}{x}$$

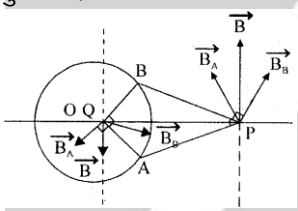
या $\frac{2\pi m}{\mu_0 qI}\int_0^v dv_y = \int_{x_0}^{x}\frac{dx}{x}$ या $\frac{2\pi m}{\mu_0 qI}v = \ell n\frac{x}{x_0}$

$\therefore$ $x = x_0 e^{2\pi m v/\mu_0 qI}$

27. $\frac{M}{\frac{2}{5}mr^2\omega} = \frac{q}{2m}$

$M = \frac{1}{5}q\omega r^2$

28. (a) एक बेलनाकार पतले कोश पर विचार कीजिए, जो एक वृत्त के चारों ओर रखे हुए, समान्तर लम्बे तारों के समुह के तुल्य है। दो तार A व B लीजिये जो OQP से समान दूरी पर हैं।



माना कि तार A के कारण चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}_A$ एवं तार B के कारण चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}_B$ है। बायो–सावर्ट नियम के अनुसार दोनों चुम्बकीय क्षेत्र समान परिमाण में हैं एवं रेखा OQP पर उनके प्रक्षेप्य भी समान हैं लेकिन ज्यामिती से विपरीत दिशा में हैं। परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = \vec{B}_A + \vec{B}_B$ हमेशा रेखा OQP के लम्बवत् है एवं इसलिए हमेशा प्रक्षेपण बिन्दु से गुजरने वाले वृत्त के स्पर्शरेखीय है।

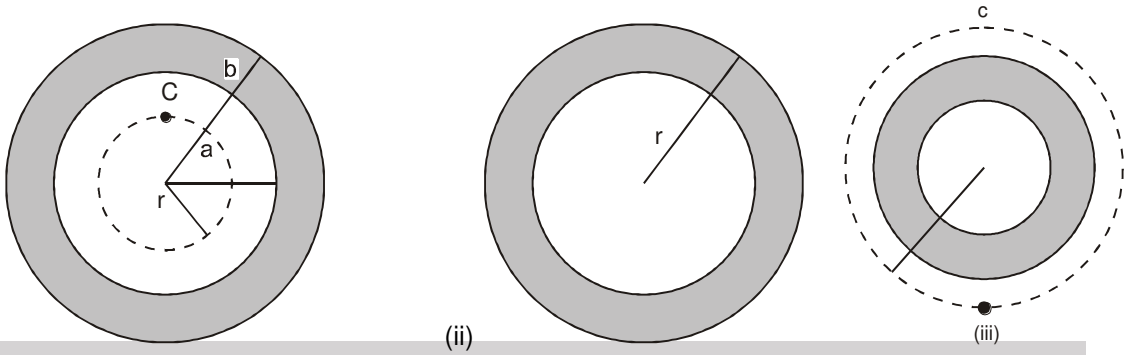
(b)

(i) $r \le a$: ऐम्पियर नियम के उपयोग से

$\oint_c \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 i$

$B2\pi r = 0$

$B = 0$



(i) (ii) (iii)

(ii) $a \le r \le b$

$$B 2\pi r = \mu_0 I \frac{\pi\left(r^2 - a^2\right)}{\pi\left(b^2 - a^2\right)}$$

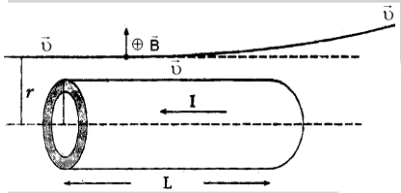
$$B = \frac{\mu_0 I\left(r^2 - a^2\right)}{2\pi r\left(b^2 - a^2\right)}$$

(iii) $r \ge b$:

$$B 2\pi r = \mu_0 I$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

(c)



$$\vec{F} = q\left(\vec{\upsilon} \times \vec{B}\right); F_r = qvB = qv\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

आवेग :

$$\int F_r dt = \frac{q\upsilon\mu_0 I}{2\pi}\int \frac{dt}{r} = \frac{q\upsilon\mu_0 I}{2\pi}\int \frac{dx}{r\upsilon} = \frac{q\mu_0 I}{2\pi}\int \frac{dx}{r} = \frac{q\mu_0 I}{2\pi}\frac{L}{r}$$

त्रिज्य दिशा के अनुदिश संवेग में परिवर्तन

$$P_r = \int F_r dt = \frac{q\mu_0 IL}{2\pi r}$$

विक्षेप :

$$\theta \approx \frac{P_r}{P} = \frac{q\mu_0 IL}{2\pi r m\upsilon} = \frac{\mu_0 Iq L}{2\pi\, m\upsilon}\cdot\frac{1}{r}$$