UP Board Class 12 Physics Chapter 4 Important Questions गतिमान आवेश और चुंबकत्व

अति लघुत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.
चुम्बकीय क्षेत्र में धारावाही चालक पर बल का सूत्र लिखिए।
उत्तर:
F =IB lsinθ

प्रश्न 2.
ऐम्पियर की अन्तर्राष्ट्रीय परिभाषा दीजिए।
उत्तर:
यदि 1 मीटर दूरी पर रखे दो समान्तर तारों में समान धारा प्रवाहित होने पर उनके मध्य 2×10^{-7} न्यूटन/मी का बल कार्य करे तो तारों में बहने वाली समान धारा एक ऐम्पियर होगी।

प्रश्न 3.
चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात करने के लिए कोई दो नियमों के नाम लिखिए।
उत्तर:

- मैक्सवेल का कॉक स्क्रू नियम
- स्नो का नियम

प्रश्न 4.
समान्तर पथों पर गतिमान एक प्रोटॉन और एक इलेक्ट्रॉन किसी एक समान चुम्बकीय क्षेत्र, जो इनके गमनपथों के लम्बवत है, में प्रवेश करते हैं। इनमें से कौन सा उच्च आवृत्ति के वृत्तीय पथ में गति करेगा?
उत्तर:
आवृत्ति n = $\frac{qB}{2\pi m}$
दोनों पर आवेश q समान है अत:
n ∝ $\frac{1}{m}$
अत: इलेक्ट्रॉन उच्च आवृत्ति के वृत्तीय पथ में गति करेगा।

प्रश्न 5.
किसी धारावाही कुण्डली का चुम्बकीय आघूर्ण किन कारकों पर निर्भर करता है?
उत्तर:
कुण्डली में फेरों की संख्या, कुण्डली की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल व कुण्डली में प्रवाहित धारा।

प्रश्न 6.

लम्बाई l की किसी चालक छड़ को किसी एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र $\overrightarrow{\mathbf{B}}$ के समान्तर रखा रखा गया है। इस छड़ को चुम्बकीय क्षेत्र के अनुदिश वेग $\overrightarrow{\mathbf{v}}$ से गति करायी गयी है। इस चालक में प्रेरित वि. वा. बल का मान क्या होगा?

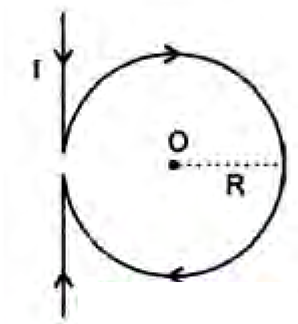
उत्तर:

F = I l B sinθ से

F = 0 (∵θ = 0°)

प्रश्न 7.

आरेख में दर्शाए अनुसार किसी लम्बे सीधे चालक, जिसे मध्य में त्रिज्या R के वृत्ताकार पाश में मोड़ा गया है, से कोई धारा I प्रवाहित हो रही है। बिन्दु 0 पर नेट चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण क्या होगा?



उत्तर:

सौधे तार के कारण R दूरी पर चुम्बकीय क्षेत्र

$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$ ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर

वृत्तीय पाश के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2R}$ अर्ध्वाधर ऊपर की ओर

अत: केन्द्र 0 पर परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र

$$\overrightarrow{\mathbf{B}} = \overrightarrow{\mathbf{B}_1} + \overrightarrow{\mathbf{B}_2}$$

$$\mathbf{B} = -\frac{\mu_0 I}{2\pi R} + \frac{\mu_0 I}{2R}$$

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{2R}\left(1 - \frac{1}{\pi}\right)$$

प्रश्न 8.
कोई आवेशित कण विभान्तर V से त्वरित होने के पश्चात किसी एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में प्रवेश करता है और त्रिज्या r के वृत्त में गमन करता है। यदि विभवान्तर V को दोगुना कर दिया जाए तो वृत्त की त्रिज्या क्या होगी?

उत्तर–हम जानते है $r = \sqrt{\frac{2mE_k}{qB}}$

जहाँ $E_k = qV$

$\therefore \quad r \propto \sqrt{V}$

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{V_1}{V_2}}$$

$$\frac{r}{r_2} = \sqrt{\frac{V}{2V}}$$

$$r_2 = \sqrt{2}\ r$$

अर्थात् $\sqrt{2}$ गुना हो जाएगी।

प्रश्न 9.
किसी चल कुण्डली गैल्वेनोमीटर की "धारा सुग्रहिता" की परिभाषा लिखिए।
उत्तर:
धारामापी में एकांक प्रबलता की धारा प्रवाहित होने पर धारामापी में उत्पन्न विक्षेप धारा सुग्राहिता कहलाती है।
धारा सुग्राहिता $S_i = \frac{\phi}{I}$

प्रश्न 10.
m_1 और m_2 द्रव्यमान के दो कणों पर समान आवेश है। इन्हें विराम से विभवान्तर V तक त्वरित करके फिर एक समान चुम्बकीय क्षेत्र $\overrightarrow{\mathbf{B}}$ के क्षेत्र में प्रवेश कराया जाता है। यदि ये क्रमशः r_1 और r_2 त्रिज्याओं के वृत्तीय पथों पर गमन करते हैं। तो ज्ञात करो।
उत्तर:
हम जानते हैं $r = \sqrt{\frac{2mE_k}{q\,B}}$
विभवान्तर V अर्थात् ऊर्जा E_k, आवेश q व चुम्बकीय क्षेत्र B
नियत है। अतः $r \propto \sqrt{m}$

$m \propto r_2$
$\therefore \frac{m_1}{m_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$

प्रश्न 11.
चुम्बकीय क्षेत्र की विमाएँ एवं मात्रक लिखिए।
उत्तर:
विमाएँ - $[M^1L^0T^{-2}A^{-1}]$
मात्रक - टेसला (T)

प्रश्न 12.
लारेन्ज बल कब अधिकतम होता है?
उत्तर:
जब आवेश चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा के लम्बवत गतिशील होता है।

प्रश्न 13.
परिनालिका के अन्दर उत्पन्न चुम्बकीय बल रेखाएँ कैसी होती हैं?
उत्तर:
परिनालिका के अन्दर उत्पन्न चुम्बकीय बल रेखाएँ समान्तर एवं लम्बाई के अनुदिश होती हैं।

प्रश्न 14.
एक आवेशित कण, सम चुम्बकीय क्षेत्र के समान्तर गति करता है, तो कण का पथ कैसा होगा?
उत्तर:
समचुम्बकीय क्षेत्र के समान्तर गति करते कण का पथ ऋजुरेखीय होगा।

प्रश्न 15.
धारामापी के लिए दक्षतांक की परिभाषा दीजिए।
उत्तर:
धारामापी में एकांक विशेप के लिए आवश्यक धारा के मान को धारामापी का दक्षांक कहते हैं।

प्रश्न 16.
बारा सुग्राहिता का मात्रक लिखिए।
उत्तर:
डिग्री/ऐम्पियर

प्रश्न 17.
धारामापी की सुग्राहिता कैसे बढ़ाई जा सकती है?
उत्तर:
अधिक फेरे करके और अधिक क्षेत्रफल वाली कुण्डली में नरम लोहे का क्रोड लेकर धारामापी की सुग्राहिता बढ़ाई जा सकती है।

प्रश्न 18.
आप समचुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करने के लिए किस युक्ति का चयन करेंगे?
उत्तर:
हेल्महोल्ट्ज कुण्डली

लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.
(a) वह प्रतिबंध प्राप्त कीजिए जिसमें किसी चुम्बकीय क्षेत्र से गुजरते समय किसी इलेट्रॉन में कोई विचलन नहीं होता।
(b) समान चाल से गतिमान दो प्रोटॉन P और Q क्रमशः दो चुम्बकीय क्षेत्रों $\overrightarrow{\mathbf{B}_1}$ और $\overrightarrow{\mathbf{B}_2}$ से इन क्षेत्र दिशाओं के लम्बवत गति कर रहे हैं। यदि | $\overrightarrow{\mathbf{B}_1}$ | > |$\overrightarrow{\mathbf{B}_2}$| है, तो इनमें से कौन-सा प्रोटॉन छोटी त्रिज्या के वृत्तीय पथ पर गमन करेगा? व्याख्या कीजिए।
उत्तर:
(a) चुम्बकीय क्षेत्र के समानान्तर आवेश प्रवेश करें।
(b) $r \propto \frac{1}{B}$
प्रश्नानुसार | $\overrightarrow{\mathbf{B}_1}$ | > |$\overrightarrow{\mathbf{B}_2}$ | । अत: $r_1 > r_2$ अर्थात् छोटी त्रिज्या के पथ में गमन करेगा।

प्रश्न 2.
एक इलेक्ट्रॉन r त्रिज्या के वृत्तीय पथ पर समान कोणीय वेग ω से गति कर रहा है। धारावाही वृत्तीय चालक के केन्द्र पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र के सूत्र की सहायता से इलेक्ट्रॉन के पथ के केन्द्र पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।
उत्तर:
वृत्ताकार लूप के केन्द्र पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र
B = $\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi \mathrm{I}}{r}$ ....(i)
इलेक्ट्रॉन का कोणीय वेग ω है अतः इसके परिक्रमण का आवर्तकाल
T = $\frac{2\pi}{\omega}$
∴ इलेक्ट्रॉन की कक्षा में तुल्य धारा
I = $\frac{e}{\mathrm{T}} = \frac{e}{2\pi/\omega} = \frac{e\omega}{2\pi}$
समी. (i) से B = $\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{e\omega}{\pi}$

प्रश्न 3.
अमीटर व वोल्टमीटर में विभेद कीजिए।
उत्तर:

अमीटर	वोल्टमीटर
(i) यह एक कम प्रतिरोध का उपकरण है जो परिपथ में प्रवाहित धारा के मापन हेतु प्रवाहित धारा के मापन हेतु प्रयुक्त होता है।	(i) यह उच्च प्रतिरोध का उपकरण है जो परिपथ के किसी भाग के विभवान्तर के मापन के लिए प्रयुक्त होता है।

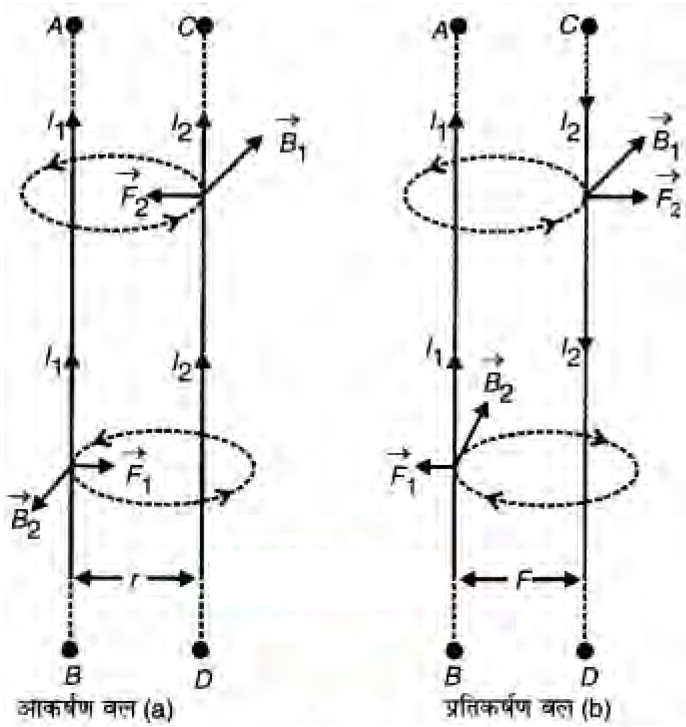
(ii) इसे सदैव श्रेणीक्रम में जोड़ते हैं।	(ii) इसे समानान्तर क्रम में जोड़ते हैं

प्रश्न 4.
एक धारावाही परिनालिका एक छड़ चुम्बक की तरह कैसे व्यवहार करती है? समझाइए।
उत्तर:
परिनालिका चुंबक की भांति व्यवहार करती है। इसका एक सिरा उत्तर ध्रुव तथा दूसरा सिरा दक्षिण ध्रुव की तरह व्यवहार करता है। परिनालिका के भीतर चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं समांतर सरल रेखाओं की भांति होती है। किसी छड़ चुंबक की सहायता से किसी विद्युत् धारावाही परिनालिका के दोनों ध्रुवों का निर्धारण किया जा सकता है। छड़ चुंबक के उत्तरी ध्रुव को परिनालिका के एक सिरे के निकट लाओ। यदि दोनों के बीच आकर्षण हो तो परिनालिका का वही सिरा, दक्षिण ध्रुव होगा। यदि उन दोनों में प्रतिकर्षण हो तो वह सिरा उत्तरी ध्रुव होगा।

प्रश्न 5.
दो समानान्तर धारावाही चालक तारों के मध्य कार्यरत बल ज्ञात कीजिए। ऐम्पियर की सैद्धान्तिक परिभाषा इसके आधार पर लिखिए।
उत्तर:
दो समान्तर धारावाही चालक तारों के मध्य चुम्बकीय बल (Magnetic force between two parallel current carrying conducting wires):
हम अध्ययन कर चुके है कि किसी धारावाही चालक तार के चारों ओर एक चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है, एवं चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित धारावाही चालक पर बल कार्य करता है। अतः यदि एक धारावाही चालक तार के निकट कोई दूसरा धारावाही चालक तार रख दिया जाये तो वे दोनों चालक चुम्बकीय बल का अनुभव करेंगे।

जब दोनों में धारा की दिशा एक ही होती है तो इनके मध्य आकर्षण बल लगता है और जब धाराएँ विपरीत दिशा में होती हैं तो इनके मध्य प्रतिकर्षण बल लगता है। बायो - सावर्ट के नियम और लॉरंज बल को मिलाकर ऐम्पियर ने धारावाही चालकों के बीच लगने वाले बल की गणना की थी, इसीलिए इसे ऐम्पियर का नियम (Ampere's law) भी कहते हैं। इसे निम्न प्रकार समझाया गया है-

माना कि AB व CD दो लम्बे, समान्तर व ऋजु धारावाही चालक तार कागज के तल में स्थित हैं जिनमें क्रमशः I_1 व I_2 धाराएँ बह रही हैं और तारों के मध्य दूरी r है। चित्र 4.59 (a) में धाराएँ समान दिशा में और चित्र 4.59 (b) में धाराएँ विपरीत दिशा में बह रही हैं।



समान्तर धारावाही चालकों के मध्य चुम्बकीय बल

बायो - सावर्ट के नियमानुसार चालक AB के कारण चालक CD के किसी बिन्दु पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र

$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1}{r}$ $NA^{-1}m^{-1}$

दायें हाथ की हथेली के नियम नं. 1 (Right Hand Palm Rule Number 1) के अनुसार इस चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा कागज के तल के लम्बवत् नीचे की ओर (perpendicular inward to the plane of paper) होगी। इस चुम्बकीय क्षेत्र में धारावाही चालक CD की l लम्बाई पर लगने वाला लॉरंज बल,

$F_2 = I_2 B_1 l \sin 90°$

$= I_2 l B_1 = I_2 l \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1}{r}$

या $$\boxed{F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2 l}{r} \ \mathrm{N}} \quad ...(1)$$

या $F_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1 I_2 l}{r}$ N

अतः तार CD की एकांक लम्बाई पर लगने वाला बला,

$f = \frac{F_2}{l} = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1 I_2}{r}$ N - m^{-1} .... (2)

इसी प्रकार चालक CD में धारा प्रवाह के कारण चालक AB की एकांक लम्बाई पर लगने वाला बल

$$\boxed{\frac{F_1}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2}{r} \ \mathrm{Nm^{-1}}}$$

इस बल की दिशा फ्लेमिंग के बायें हाथ के नियम (Fleming's Left Hand Rule) से दी जाती है। यदि दोनों तारों में समान धारा बह रही हो (अर्थात् $I_1 = I_2 = I$) तो

$F_1 = F_2 = F$

$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I^2}{r}$

ऐम्पियर की परिभाषा: दो समान्तर सीधे धारावाही चालकों के मध्य लगने वाला बल

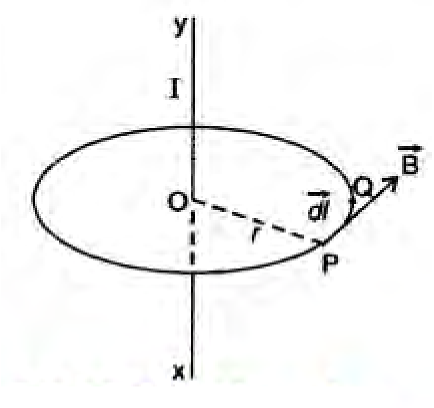
$f = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2}{r}$ Nm^{-1}

= 2 x 10^{-7} $\frac{I_1 I_2}{r}$ Nm^{-1}
यदि $I_1 = I_2$ = 1A; r = 1m तो
F = 2 x 10^{-7} Nm^{-1}
"यदि 1 m दूरी पर रखे दो समान्तर तारों में समान धारा बहने से उनके मध्य 2 x 10^{-7} Nm^{-1} का बल (आकर्षण या प्रतिकर्षण) कार्य करे तो तारों में बहने वाली प्रत्येक धारा 1A होगी।"

प्रश्न 6.
चल कुण्डल धारामापी में त्रिज्य चुम्बकीय क्षेत्र का क्या महत्व है?
उत्तर:
चम्बकीय क्षेत्र में लटकी हुई धारावाही कुण्डली पर लगने वाला बलयुग्म का आघूर्ण
τ =NIAB sinθ
जब त्रिज्य चुम्बकीय क्षेत्र में कुण्डली को लटकाया जाता है तो कुण्डली की प्रत्येक स्थिति में उसका तल किसी न किसी रेखा के अनुदिश होता है, अत: θ = 90°
∴ sinθ = 1
अत: τ = NIAB
अतः $\tau \propto$ I
अर्थात् कुण्डली पर बल आघूर्ण उसमें प्रवाहित धारा के अनुक्रमानुपाती होता है। इस प्रकार धारामापी स्केल को रेखीय बना सकते हैं।

प्रश्न 7.
स्पष्ट कीजिए कि बायो सेवर्ट नियम से, ऐम्पियर को परिपथीय नियम को समाकलन रूप में यथा
$\oint \overrightarrow{\mathrm{B}} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \mathrm{U}$ के रूप में कैसे व्यक्त किया जा सकता है। जहाँ । उस पृष्ठसे गुजरने वाली कुल धारा है।
उत्तर:
ऐम्पियर का परिपथीय नियम (Ampere's Circuital Law)
कथन: इस नियम के अनुसार, "किसी बन्द वक्र (closed curve) के परितः (around) चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता का रेखीय समाकलन (linear integral) उस बन्द वक्र (closed curve) द्वारा घिरी आकृति (bound figure) में से गुजरने वाली कुल थारा कागुना होता है।"
गणितीय रूप में, Φ $\overrightarrow{\mathrm{B}} \cdot d\vec{l}$ = μ_0 x [कुल धारा]
या Φ $\overrightarrow{\mathrm{B}} \cdot d\vec{l}$ = $\mu_0 \Sigma I$ ....(1)
जहाँ μ_0 - निर्वात् की निरपेक्ष चुम्बकशीलता (premiti - vity of free space)
उपपत्ति: ऐम्पियर के नियम की उपपत्ति दी जा सकती है, जब किसी भी आकृति के बन्द पथ से होकर धारा गुजरती है। किसी भी स्वेच्छगृहीत (arbitrary) बन्द पथ के लिए ऐम्पियर के नियम को सिद्ध करने से पूर्व एक विशेष स्थिति में अर्थात् किसी धारावाही चालक के परितः बन्द वृत्तीय पथ के लिए इसे सिद्ध करते हैं।

वृत्तीय पञ्च के लिए (For Circular Path): माना एक लम्बे तार XY में धारा । सिरे X से Y की ओर बह रही है। चालक में धारा बहने से इसके परितः चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होगा।



चालक को केन्द्र मानते हुए O केन्द्र वाले एवं r त्रिज्या वाले वृत्तीय पथ की कल्पना करते हैं। माना वृत्तीय पथ का एक अल्पांश $\overrightarrow{PQ}$ (= $\overrightarrow{dl}$) है और बिन्दु P पर चुम्बकीय क्षेत्र $\overrightarrow{B}$ है। दाहिने हाथ के नियमानुसार चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा P पर वृत्तीय पथ की स्पर्श रेखा की दिशा (in the direction of tangent) में होगी। स्वाभाविक है कि $\overrightarrow{B}$ व अल्पांश $\overrightarrow{dl}$ एक ही दिशा में होंगे, अत: बन्द वृत्तीय पथ के लिए चुम्बकीय क्षेत्र का रेखीय समाकलन

$\oint_{B}^{\vec{d}\cdot\vec{l}} = \oint B dl \cos 0^\circ = \oint B dl$ ....(2)

लम्बे एवं सीधे धारावाही चालक के कारण बिन्दु P पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र,

B = $\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I}{r}$

अत: समी. (2) से,

$$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \oint \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I}{r} dl$$

$$\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I}{r}\oint dl = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I}{r} 2\pi r$$

क्योंकि $\oint dl = 2\pi r$ (वृत्त की परिधि)

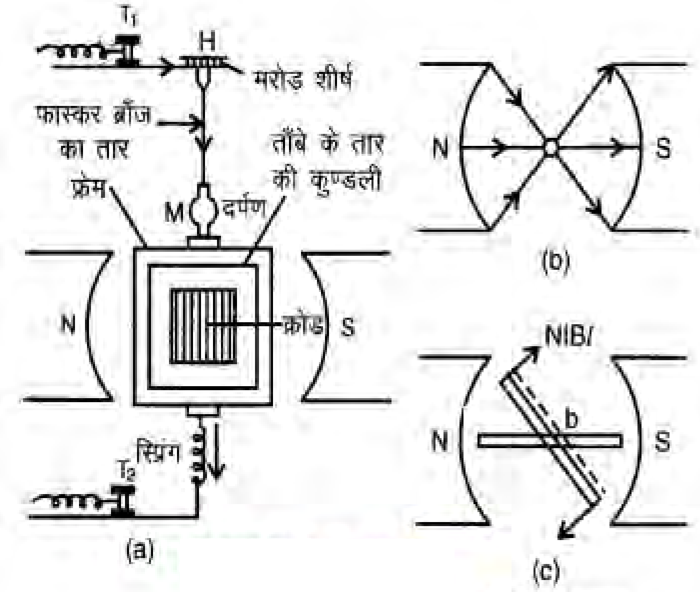
या $$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 I \quad ...(3)$$

यही ऐम्पीयर का नियम है।

प्रश्न 8.
चल कुण्डली धारामापी का सिद्धांत लिखिए।
उत्तर:
निलम्बन कुण्डली धारामापी (Suspended Coil Galvanometer)
बनावट (Construction): इसमें एक अचुम्बकीय धातु ऐलुमिनियम के फ्रेम [non - magnetic metallic aluminium frame] पर पतले विद्युत्रोधी तौबे के तार के अनेक फेरों वाली आयताकार कुण्डली लिपटी (wound) रहती है। यह कुण्डली एक पतले फॉस्फर ब्रांज (Phosphor Bronze) के तार से, एक प्रबल स्थायी चुम्बक (strong magnet) के धुवखण्डों (N व S) के बीच लटकी रहती है। कुण्डली के बीच एक नर्म लोहे (soft iron) की बेलनाकार क्रोड (cylindrical core) रखी जाती है।

कुण्डली का एक सिरा निलम्बन (suspension) से बैंधा रहता है जो धारामापी के एक टर्मिनल (T_1) का कार्य करता है। कुण्डली का दूसरा सिरा एक ढीली कुण्डलित स्प्रिंग (loosely coiled spring) से जुड़ा रहता है, जो धारामापी के

दूसरे टर्मिनल (T_2) का कार्य करता है। निलम्बन तार (suspension wire) का ऊपरी सिरा मरोड़ शीर्ष (torsion



निलम्बन कुण्डली धारामापी की संरचना

head) H से जुड़ा रहता है जिसमें कुण्डली को शून्य स्थिति (zero position) में लाने के लिए घुमाया जा सकता है। फॉस्फर ब्रांज के साथ एक समतल दर्पण M लगा रहता है जिसकी सहायता से लैम्म व स्केल व्यवस्था (lamp and scale arrangement) द्वारा कुण्डली का विक्षेप पढ़ा जा सकता है। यन्त्र के आधार (base) पर क्षैतिजकारी पेंच (horizontal screws) भी लगे रहते हैं। स्थायी चुम्बक के ध्रुव खण्ड (pole pieces) बेलनाकार रखे जाते हैं, ताकि कुण्डली की प्रत्येक स्थिति में चुम्बकीय क्षेत्र त्रिज्यीय (radial) रहे। ध्रुव खण्ड अवतल होते हैं और घोड़े की नाल चुम्बक से बने होते हैं।

सिद्धान्त (Principle): यदि धारावाही कुण्डली को समरूप चुम्बकीय क्षेत्र (uniform magnetic field) में रखा जाये तो उस पर लगने वाले बलयुग्म का आघूर्ण,

$\tau = nIAB \sin\theta$

जहाँ n = कुण्डली में फेरों की संख्या (number of tums in coil); I = कुण्डली में प्रवाहित धारा; A = कुण्डली के तल का क्षेत्रफल; B = चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता (intensity of magnetic field); θ = कुण्डली के तल पर खींचे गये अभिलम्ब एवं क्षेत्र रेखा के मध्य कोण (angle between normal drawn on plane of coil and field line)

यदि चुम्बकीय क्षेत्र त्रिज्य है तो।

$\theta = 90°; \therefore \sin\theta = 1$

अत: $\tau = nIAB$

इस बलयुग्म के प्रभाव में कुण्डली घूमने लगेगी, फलस्वरूप फॉस्फर ब्रांज के तार में ऐंठन (twist) लगने लगेगी। यदि यह ऐंठन Φ हो तो ऐंठन बलयुग्म का आघूर्ण

$\tau' = C\Phi$

जहाँ, C = एकांक ऐंठन के लिए बलयुग्म का आपूर्ण

$\because$ सन्तुलन में $\tau = \tau'$

$\therefore nIAB = C\Phi$

या $I = \left(\frac{C}{nAB}\right)\phi$ ....(1)

या $I = k\Phi$, जहाँ $k = \frac{C}{nAB}$

k को धारामापी का परिवर्तन गुणांक (torsion constant or reduction factor) कहते हैं।

$\therefore I \propto \Phi$ या $\Phi \propto I$

तार में उत्पन्न ऐंठन (अर्थात् धारामापी कुण्डली में उत्पन्न विक्षेप) प्रवाहित धारा के अनुक्रमानुपाती होती है। यही धारामापी का सिद्धान्त है।
धारा परिवर्तन गुणांक (Current Reduction Factor)-
समी. (1) से, I = $\frac{\mathrm{C}}{n\mathrm{AB}}\phi$
या I = kΦ ....(2)
जिसमें k = $\frac{\mathrm{C}}{n\mathrm{AB}}$ को ही धारामापी का धारा परिवर्तन गुणांक कहते हैं।
∵ धारा सुग्राहिता (Current Sensitivity): धारामापी की धारा सुग्राहिता कुण्डली में प्रति एकांक धारा के लिए उत्पन्न विक्षेप (deflection) से नापी जाती है अर्थात्
धारा सुग्राहिता S_i = $\frac{\phi}{I}$
= $\frac{n\mathrm{AB}}{\mathrm{C}}$ ....(3)
वोल्टेज सुग्राहिता (Voltage Sensitivity): यदि कुण्डली के सिरों के मध्य वोल्टेज V हो तो राशि $\frac{\phi}{V}$ को वोल्टेज सुग्राहिता कहते हैं। यदि कुण्डली का प्रतिरोध R हो तो
V = RI
∴ वोल्टेज सुग्राहिता S_V = $\frac{\phi}{\mathrm{V}}=\frac{\phi}{\mathrm{IR}}=\frac{n\mathrm{AB}}{\mathrm{CR}}$ ....(4)
धारा सुग्राहिता एवं वोल्टेज सुनाहिता में सम्बन्ध (Relation between Current Sensitivity and Voltage Sensitivity)-
समी. (3) से, $\frac{n\mathrm{AB}}{\mathrm{C}}=\frac{\phi}{\mathrm{I}}$,
यह मान समी. (4) में रखने पर,
वोल्टेज सुग्राहिता = $\frac{\phi/I}{R}$

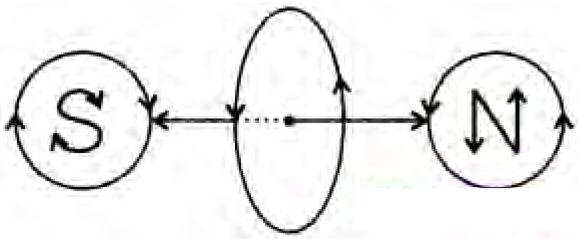
$$\Rightarrow \quad \boxed{\mathrm{Sv} = \frac{\mathrm{S}_i}{\mathrm{R}}} \quad ...(5)$$

धारामापी की धारा सुग्राहिता को प्रभावित करने वाले कारक:
समी. (3) से स्पष्ट है कि धारामापी की धारा सुग्राहिता को निम्न प्रकार से बढ़ाया जा सकता है-

1. फेरों की संख्या (n) बढ़ाकर
2. कुण्डली का क्षेत्रफल (A) बढ़ाकर
3. चुम्बकीय क्षेत्र की प्रबलता (B) बढ़ाकर
4. मरोड़ी दृढ़ता (torsion rigidity) (C) घटाकर।

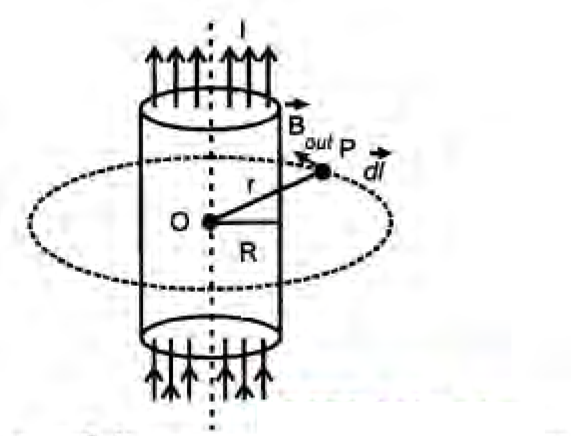
प्रश्न 9.
साइक्लोट्रॉन का सिद्धान्त समझाइए।
उत्तर:
साइक्लोट्रॉन एक ऐसी युक्ति है जिसका उपयोग प्रोटॉन जैसे आवेसो को त्वरित करने के लिए किया जाता है। ये त्वरित आवेस ही नाभिकीय अभिक्रिया को कराने में सहायक होते है।
साइक्लोट्रॉन का सिद्धांत-
जब कोई आवेश चुंबकीय क्षेत्र में समकोण पर गति करता है तो यह वर्णन करता है कि वृत्ताकार पथ द्वारा दिया गया है-
r = $\frac{Mv}{Bq}$

प्रश्न 10.
यह दर्शाइए कि किस प्रकार छोटा धारावाही लूप एक दण्ड चुम्बक की तरह व्यवहार करता है?
उत्तर:



जब एक धारावाही लूप में धारा प्रवाहित होती है तो लूप एक चुम्बकीय द्विध्रुव या दण्ड चुम्बक की तरह व्यवहार करता है। अर्थात् एक फलक चुम्बकीय दक्षिणी ध्रुव S तथा दूसरा फलक उत्तरी ध्रुव N की भांति व्यवहार करने लगता है। "जिस फलक पर धारा वामावर्त (Anticlockwise) दिशा में प्रवाहित दिखायी देती है, वह फलक उत्तरी ध्रुव N एवं जिस फलक पर धारा दक्षिणावर्त (Clock wise) दिशा में प्रवाहित हुई प्रतीत होती है, वह फलक दक्षिणी ध्रुव की भाँति व्यवहार करता है।

प्रश्न 11.
ऐम्पियर के नियम से किसी धारावाही बेलनाकार चालक के अन्दर स्थित किसी बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए।
उत्तर:
अलम्बे बेलनाकार धारावाही चालक के कारण चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic Field due to a current carrying long cylindrical conductor):
माना R त्रिज्या के एक बेलनाकार चालक में स्थायी धारा I प्रवाहित हो रही है जो इस चालक के सम्पूर्ण काट क्षेत्रफल में समान रूप से वितरित है। इस चालक से लम्बवत् r दूरी पर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करना है। धारा के सममित वितरण के कारण हम यह मान सकते हैं कि चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ की क्षेत्र रेखाएँ वृत्ताकार या संकेन्द्री वृत्त के आकार की होगी जिनके केन्द्र बेलन की अक्ष में होंगे।



धारावाही बेलनाकार चालक के कारण बाह्य बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र का परिकलन

(i) जब बिन्दु बेलनाकार चालक के बाहर स्थित हो अर्थात् (r > R)- चित्र 4.49 के अनुसार r त्रिज्या के एक वृत्तीय बन्द पथ विचार करते हैं। इस पथ के प्रत्येक बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण नियत (समान) तथा दिशा पथ के अनुदिश होता है। ऐम्पीयर के नियम से,

$$\int \overrightarrow{\mathrm{B}_{\text{out}}} \cdot \overrightarrow{dl} = \mu_0 \Sigma \mathrm{I}$$

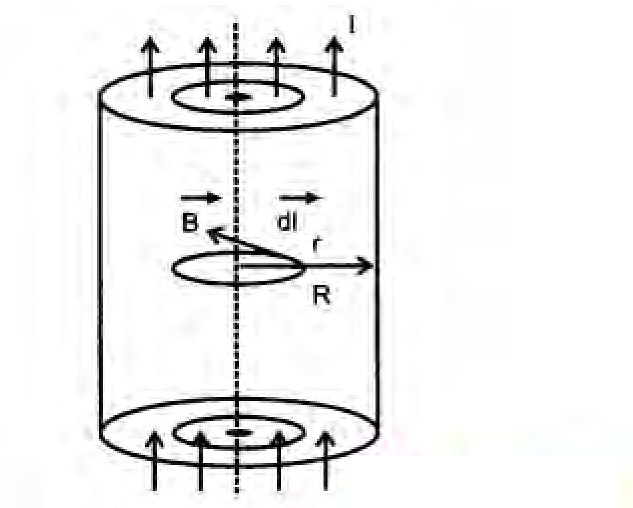
$\int B_{out}\, dl \cos\theta = \mu_0 \Sigma I$
यहाँ $\theta = 0°$, $\cos\theta = 1$ तथा $\Sigma I = I$
$\int B\, dl = \mu_0 I$
चूँकि $\int dl = 2\pi r$ = वृत्तीय पथ की परिधि
अतः $B_{out}\, 2\pi r = \mu_0 I$

या $$\boxed{B_{out} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}} \quad ...(1)$$

$\therefore B_{out} \propto \frac{1}{r}$
स्पष्ट है कि लम्बे बेलनाकार धारावाही चालक के कारण बाहरी बिन्दुओं पर चुम्बकीय क्षेत्र, दूरी के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

(ii) जब बिन्दु बेलनाकार चालक के पृष्ठ पर हो अर्थात् r = R समीकरण (1) r = R रखने पर
$B_s = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$

(iii) जब बिन्दु बेलनाकार धारावाही चालक के अन्दर स्थित हो (r < R)
चित्र 4.50 के अनुसार बेलनाकार चालक के अन्दर r त्रिज्या के वृत्ताकार बन्द पथ पर विचार करते हैं।
ऐम्पीयर के नियम से
$$\int \overrightarrow{B} \cdot \overrightarrow{dl} = \mu_0 \Sigma I$$
$\int B_{in}\, dl \cos\theta = \mu_0 \Sigma I$
यहाँ $\theta = 0°$, $\cos\theta = 1$



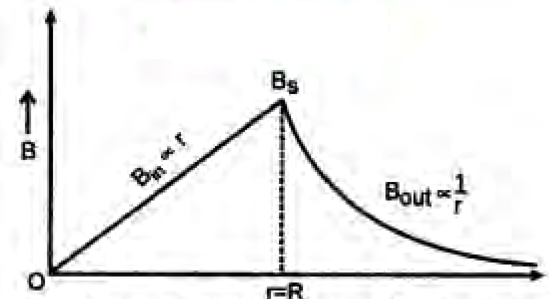
धारावाही बेलनाकार चालक तार के कारण आन्तरिक बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र का परिकलन

यहाँ ऐम्पियरियन लप में परिबद्ध धारा ΣI लूप के क्षेत्रफल πr^2 परिबद्ध धारा है। क्योंकि धारा एक समान वितरित है अतः r (r < R) त्रिज्या के वृत्ताकार पथ या परिबद्ध धारा इस वृत्त के क्षेत्रफल तथा चालक के काटक्षेत्र πR^2 का अनुपात होगी।
अर्थात्

अर्थात्
$$\Sigma I = \frac{1}{\pi R^2}\pi r^2$$
$$\Sigma I = \frac{Ir^2}{R^2}$$
या
$$\int B_{in}\, dl = \frac{\mu_0 I r^2}{R^2}$$
या
$$B_{in}(2\pi r) = \frac{\mu_0 I r^2}{R^2}$$
या
$$B_{in} = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$$
या
$$B_{in} = \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\right)\frac{r}{R}$$
या
$$B_{in} = B_s \frac{r}{R} \quad ...(2)$$
या
$$B_{in} \propto r$$

स्पष्ट है कि बेलनाकार धारावाही चालक के अन्दर चुम्बकीय क्षेत्र, अक्ष से दूरी के समानुपाती होता है। यदि r = 0 तब B = 0

अर्थात् अक्ष पर चुम्बकीय क्षेत्र शून्य होता है तथा सतह पर अधिकतम होता है। इस प्रकरण में चुम्बकीय क्षेत्र का अक्ष से दूरी के साथ आलेख निम्न प्रकार होगा-



बेलनाकार धारावाही चालक के लिए चुम्बकीय क्षेत्र का अक्ष से दूरी के साथ परिवर्तन