Moving charge and magnitic field
गतिमान आवेश तथा चुम्बकीय क्षेत्र

Magnetic field :- किसी चुम्बक के चारो ओर का वह क्षेत्र जिसमे किसी चुम्बकीय सूई को लाने पर उस पर एक बल आघूर्णी कार्य करता है, जिसके कारण चुम्बकीय सूई एक निश्चित दिशा में ठहरती है, चुम्बकीय क्षेत्र कहलाता है। चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा दक्षिणी ध्रुव से उत्तरी ध्रुव की ओर खींची गई रेखा की दिशा होती है।

चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पति के कारण :- चुम्बकीय क्षेत्र निम्न चार कारणों से उत्पन्न होता है।

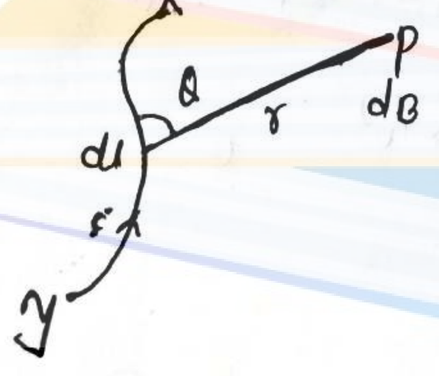
1. चुम्बक के द्वारा
2. गतिमान आवेश द्वारा
3. धारावाही चालक द्वारा
4. परिवर्ती वैद्युत क्षेत्र द्वारा

Note:- स्थिर आवेश केवल वैद्युत क्षेत्र उत्पन्न करता है। जबकी गतिमान आवेश वैद्युत तथा चुम्बकीय दोनो क्षेत्र उत्पन्न करता है।

Imp
Biot-Sawart's law :-

आर्स्टेड के अनुसार जब किसी चालक में धारा प्रवाहित होती है तो उसके चारो ओर चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है।

किसी चालक के अल्पांश भाग के कारण किसी बिन्दु पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र बायो-सर्वट के नियम से दिया जाता है।



माना किसी चालक xy मे i धारा प्रवाहित हो रही है इसके अल्पांश भाग के कारण r दूरी पर बिन्दु P पर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करना है।

बायो सवर्ट के अनुसार इस बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र निम्न कारको पर निर्भर करता है।

1. चालक मे बहने वाली धारा के आनुक्रमानुपाती होता है अर्थात $dB \propto i$

2. अल्पांश भाग की लम्बाई के अनुक्रमानुपाती होता है। अर्थात $dB \propto dl$

3. अल्पांश भाग तथा बिन्दु को मिलाने वाली रेखा के बीच बने कोण की ज्या के अनुक्रमानुपाती होता है अर्थात $dB \propto \sin\theta$

4. अल्पांश भाग से बिन्दु तक की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है अर्थात $dB \propto \frac{1}{r^2}$

So

$$dB \propto \frac{i\,dl\sin\theta}{r^2} \quad \text{or} \quad \boxed{dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{i\,dl\sin\theta}{r^2}}$$

जहाँ μ_0 एक नियतांक है जिसे निर्वात कि चुम्बक शीलता कहते है।

$$\boxed{\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}} \qquad \boxed{\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}}$$

मात्रक - New/Amp^2

विमा - $\frac{MLT^{-2}}{A^2} = [MLT^{-2}A^{-2}]$

→ निर्वात की चुम्बकीय शीलता तथा निर्वात की वैद्युत-शीलता मे सबंध :-

We know that

$$\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}\ \text{New/Amp}^2 \quad \text{--- ①}$$

and

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^{9} \quad \text{--- ②}$$

समीकरण ① and ② से-

$$\frac{\mu_0}{4\pi} \Big/ \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{10^{-7}}{9\times10^{9}}$$

$$\frac{\mu_0 \times 4\pi\varepsilon_0}{4\pi} = \frac{1}{9\times10^{16}}$$

$$\mu_0\varepsilon_0 = \frac{1}{9\times10^{16}}$$

$$\sqrt{\mu_0\varepsilon_0} = \frac{1}{3\times10^{8}}$$

$$\sqrt{\mu_0\varepsilon_0} = \frac{1}{c}$$

$$\boxed{c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}}$$ Where, c प्रकाश की चाल

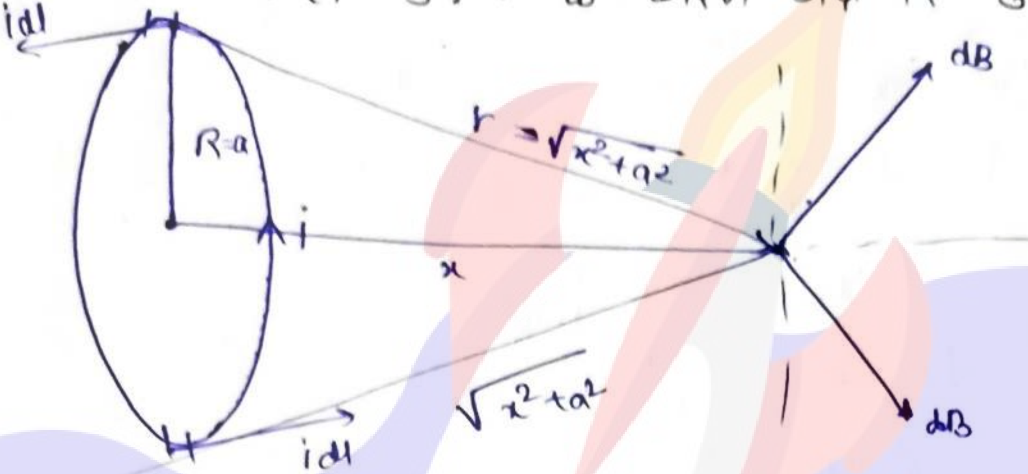
धारावाही चालक के कारण उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात करना :—

Orsted के अनुसार जब किसी चालक में धारा प्रवाहित होती है तो उसके चारों ओर चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। इस चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा निम्न नियमों से दी जाती है।

दायें हाथ की हथेली का नियम - यदि दायें हाथ के पंजे को इस प्रकार फैलायें की उंगलियाँ तथा अंगुठा परस्पर लम्बवत रहे यदि अंगुठा चालक में बहने वाली धारा कि दिशा को प्रदर्शित करे तथा अंगुलिया उस बिन्दु की ओर है, जहाँ चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करना है तो चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा हथेली की लम्बवत बाहर कि ओर होगी।

मैक्सवेल का दक्षिणावर्ति पेंच का नियम - यदि पेंच कसते समय पेंचकस को दायें हाथ में पकड़ कर इस प्रकार घुमायें की पेच की नोक चालक में बहने वाली धारा कि दिशा में आगे बढ़े तो अंगुठे के घुमने की दिशा चुम्बकीय बल रेखाओं की दिशा होती है।

→ वृतकार धारावाही कुड़ली के कारण अक्ष पर चुम्बकीय क्षेत्र:- (4)



माना एक वृतकार धारावाही कुडली में i एम्पियर की धारा प्रवाहित हो रही है कुड़ली की त्रिज्या a है तथा इसके केन्द्र O से x दूरी पर कोई बिन्दु P है जिसपर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करता है।

हम जानते है कि बायो-सार्वट के नियम अल्पांशो के लिए सत्य है अत: बिन्दु P पर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करने के लिए कुड़ली को कई छोटे-छोटे अल्पांशो से मिलकर बना मानते है।

माना परिधि पर बिन्दु A पर एक अल्पांश भाग की लम्बाई dl है इस अल्पांश के कारण बिन्दु P पर चुम्बकीय क्षेत्र $dB_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,dl \sin\theta}{r^2}$

जहाँ θ dl तथा r के बीच का कोण है।-

if $\theta = 90^\circ$

So $dB_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\,dl}{r^2}$

dB को दो घटको में वियोजित करने पर समांतर घटक $dB_1 \cos\theta$ जो अक्ष के लम्बवत है तथा लंबवत घटक $dB \sin\theta$ जो अक्ष के अनुदिश है इसी प्रकार परिधि पर दूसरी ओर बिन्दु B पर अल्पांश भाग के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

$$dB_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\,dl}{r^2}$$

चित्रानुसार :-

Cos घटक एक दूसरे के बराबर व विपरित होने के कारण निरस्त हो जाते हैं अतः चुम्बकीय क्षेत्र केवल sin घटक के कारण प्राप्त होगा।

सम्पूर्ण कुड़ली के कारण बिन्दु P पर चुम्बकीय क्षेत्र

$$B = \int dB \sin\theta$$

$$B = \int \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\,dl}{r^2} \cdot \frac{\theta}{r}$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\theta}{r^3} \int dl$$

from figure,

$$r^2 = a^2 + x^2$$

$$r = (a^2 + x^2)^{1/2}$$

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

So

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{(a^2+x^2)^{3/2}} a \cdot 2\pi a$$

$\int dl$ = परिधि की लं० $2\pi a$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i a^2}{(a^2+x^2)^{3/2}}}$$

इस चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में कुड़ली की अक्ष के अनुदिश बाहर की ओर होगी।

केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र -

केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र के लिए

$$x = 0$$

So

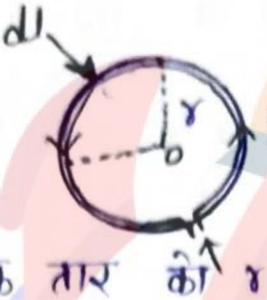
$$B = \frac{\mu_0 i a^2}{2 (a^2)^{3/2}}$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2a}$$

N फेरो की कुडली के लिए

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 N i}{2a}}$$

Imp. वृत्तकार धारावाही लूप के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र :-



माना l लम्बाई के एक तार को r त्रिज्या के वृत्तकार धारावाही लूप के रूप मे मोडा गया है तथा इसमे i एम्पीयर की धारा वामावर्त दिशा मे प्रवाहित हो रही है। बायो-सेवर्ट के नियम से चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करने के लिए इसे कई अल्पांशो से मिलकर बना मानते है।

माना एक अल्पांश भाग की लम्बाई dl है इस अल्पांश के कारण केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\,dl \sin\theta}{r^2}$$

So $\quad \{\theta = 90$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\,dl}{r^2}$$

सम्पूर्ण धारावाही लूप के कारण केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र

$$B = \Sigma dB$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{r^2} \Sigma dl$$

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

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 i}{2r}}$$

→ चुम्बकीय क्षेत्र का दूरी के साथ परिवर्तन –

We know that

धारावाही लूप के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र निम्न सूत्र से दिया जाता है

$$B = \frac{\mu_0}{2r}$$

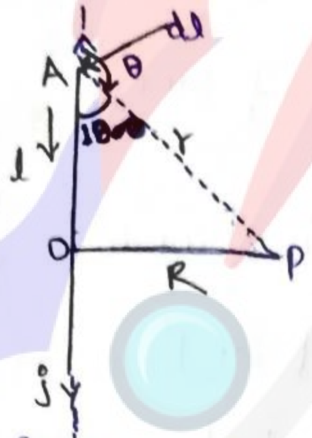
or $\quad B \propto \frac{1}{r}$

Vidyakul नोट्स

→ बायो सेवर्ट के नियम का सदिश रूप-

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i(\vec{dl} \times \vec{r})}{r^3}$$

imp अनन्त लम्बाई के धारावाही चालक के कारण चुम्बकीय क्षेत्र



माना अनन्त लम्बाई के धारावाही चालक मे i एम्पीयर की धारा नीचे से ऊपर की ओर प्रवाहित हो रही है। इसके किसी बिन्दु O से R दूरी पर कोई बिन्दु P है जिसपर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करना है।

माना O से l दूरी पर बिन्दु A पर अल्पांश भाग के कारण बिन्दु P पर चुम्बकीय क्षेत्र-

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\,dl\sin\theta}{r^2} \quad \text{--- (1)}$$

ΔPAO मे $\tan(180-\theta) = \frac{R}{l}$

$$-\tan\theta = \frac{R}{l}$$

or $l = -R\cot\theta$

or $dl = R\,\text{cosec}^2\theta \cdot d\theta$

Again in ΔPAO मे

$$\sin(180-\theta) = \frac{R}{r}$$

$$\sin\theta = \frac{R}{r}$$

$$r = R\,\text{cosec}\,\theta$$

dl तथा r के मान समीकरण (1) मे रखने पर-

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} i\sin\theta \cdot \frac{R\,\text{cosec}^2\theta\,d\theta}{R^2\,\text{cosec}^2\theta}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{R} \sin\theta\,d\theta \quad \text{--- (2)}$$

अनन्त लम्बाई के धारावाही चालक के कारण चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करने के लिए समीकरण ② को 0 से π (0→π) के बीच समाकलित करने पर अर्थात्

$$B = \int_0^{\pi} dB$$

$$B = \int_0^{\pi} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{R} \sin\theta d\theta$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{R} \int_0^{\pi} \sin\theta d\theta$$

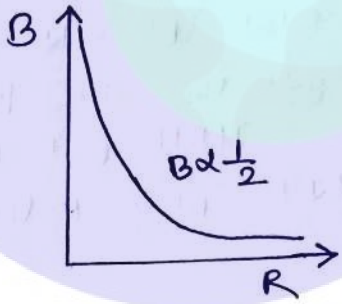
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{R} [-\cos\theta]_0^{\pi}$$

$$B = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{R} [\cos\pi - \cos 0]$$

$$B = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{R} [-1-1]$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{R} \times 2$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}}$$



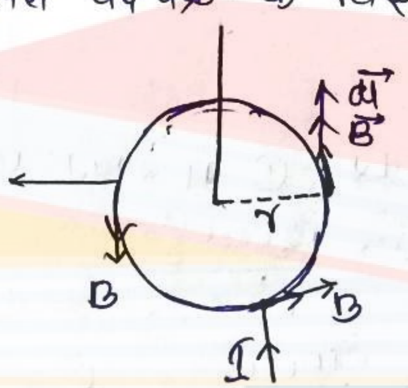
→ Imp एम्पीयर का परिपथीय नियम :- ~~इस~~ ~~नि~~ एम्पीयर का परिपथीय नियम स्थिर वैद्युतकी में गॉस के नियम के ~~अनुसार~~ समतुल्य माना जाता है, इस नियम के अनुसार-

"किसी बंद वक्र के लिए चुम्बकीय क्षेत्र का रेखीय समाकलन उस वक्र के सम्पूर्ण पृष्ठ से प्रवाहित होने वाली धारा का μ_0 गुना होता है।

अर्थात्
$$\boxed{\oint \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 I}$$

यह नियम केवल बंद वक्र के लिए ही सत्य है।

Proof :-



माना अनन्त लम्बाई के धारावाही चालक मे I एम्पीयर की धारा प्रवाहित हो रही है।

इसके किसी बिन्दु से r दूरी पर चुम्बकीय क्षेत्र निम्न सूत्र दिया जाता है

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

इस चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा मैक्सवेल के दक्षिणावर्ति पेंच के नियम से दी जाती है अतः यह चुम्बकीय क्षेत्र चालक के चारो ओर वृत के स्पर्शी होगा। अर्थात् वृत पर लिये गये अल्पांश भाग के अनुदिश होगा।

$$\oint \vec{B}\, \vec{dl} = \int B\, dl \cos\theta$$

Since

$$\theta = 0$$

$$\oint \vec{B}\, \vec{dl} = \int B\, dl$$

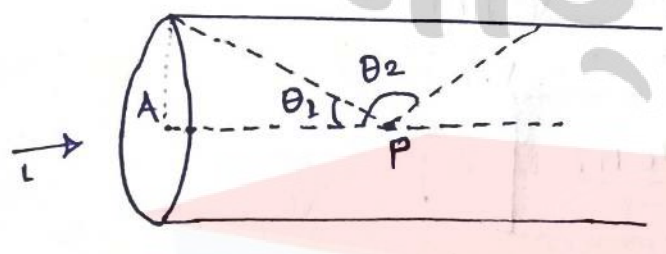
$$\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = B\, 2\pi r$$

$$\oint \vec{B}\, \vec{dl} = \frac{\mu_0 R}{4\pi r}\cdot 2\pi r$$

$$\boxed{\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 I}$$

यही एम्पीयर का परिपथीय नियम है।

एक लम्बी परिनालिका के भीतर किसी बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र-



माना एक धारावाही परिनालिका मे i एम्पियर की धारा प्रवाहित हो रही है। इसके भीतर अक्ष पर कोई बिन्दु P है। जिस पर कोई बिन्दु P है। जिस पर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करना है।

यदि एकांक लम्बाई में फेरो की संख्या n है तथा दोनो शिरो से अर्द्धशीर्ष कोण θ_1 व θ_2 है।

तो लम्बी परिनालिका के भीतर किसी बिन्दु चुम्बकीय क्षेत्र निम्न सुत्रों से दिया जाता है।

$$B = \frac{\mu_0 n i}{2}\left(\cos\theta_1 - \cos\theta_2\right)$$

<u>Imp.</u> अनन्त लम्बाई की परिनालिका के लिए –

(I) परिनालिका के भीतर किसी बिन्दु चुम्बकीय क्षेत्र के लिए

$\theta_1 = 0$ तथा $\theta_2 = 180^\circ$

$$B = \frac{\mu_0 n i}{2}\left(\cos 0^\circ - \cos\pi\right)$$

$$B = \frac{\mu_0 n i}{2}(1+1)$$

$$\boxed{B = \mu_0 n i}$$

(II) परिनालिका के किसी एक सिरे पर चुम्बकीय क्षेत्र के लिए $\theta = \frac{\pi}{2}$ or, $\theta_2 = 180^\circ$

$$B = \frac{\mu_0 n i}{2}\left(\cos\frac{\pi}{2} - \cos\pi\right)$$

$$B = \frac{\mu_0 n i}{2}(0+1)$$

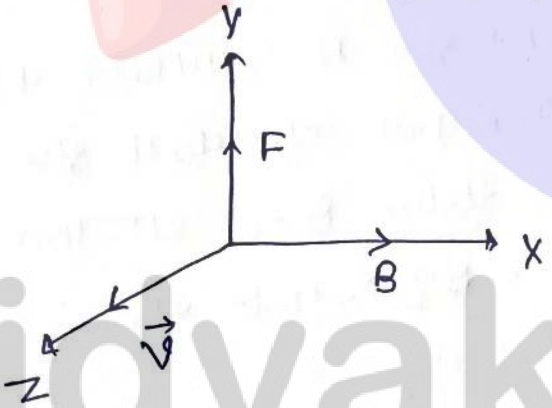
$$\boxed{B = \frac{\mu_0 n i}{2}}$$

Note:- अनन्त लम्बाई की परिनालिका के किसी एक-दुसरे पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र परिनालिका के भीतर किसी बिन्दू पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र ज्यादा होता है।

→ गतिमान आवेश पर लगनेवाले चुम्बकीय बल (लॉरेन्ज बल):-
जब कोई आवेशित कण किसी चुम्बकीय क्षेत्र में प्रवेश करता है तो उस पर एक चुम्बकीय बल कार्य करता है, जिसे लॉरेन्ज बल कहते हैं।

माना कि कोई आवेशित कण q, चुम्बकीय क्षेत्र B मे क्षेत्र के साथ θ कोण पर प्रवेश करता है। यदि गतिमान आवेशित कण का वेग v है, तो कण पर लगनेवाला लॉरेन्ज बल $\boxed{F = Bqv\sin\theta}$

इस बल की दिशा फ्लेमिंग के बायें के नियम से दी जाती है।



यदि चुम्बकीय अक्ष के अनुदिश तथा गतिमान आवेशित कण z दिशा में हो, तो कण पर लगने वाला बल $\vec{v}$ तथा $\vec{B}$ दोनों के सम्मिलित तल के लम्बवत् y दिशा में होगा।

→ लॉरेन्ज बल की अधिकतम तथा न्यूनतम होने की शर्तें:-
आवेशित कण पर लगनेवाला लॉरेन्ज बल अधिकतम तब होगा जब $\sin\theta$ का मान अधिकतम होगा।

$\sin\theta$ का अधिकतम मान जो $\theta = \frac{\pi}{2}$ पर प्राप्त होगा। इस प्रकार जब कोई गतिमान आवेशित कण चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् प्रवेश करता है तो उस पर लगने वाला बल लॉरेन्ज बल अधिकतम होगा।

$$\boxed{F_{max.} = Bqv}$$

यदि आवेशित कण चुम्बकीय क्षेत्र मे क्षेत्र के समान्तर प्रवेश करता है तो उस पर लगनेवाला लॉरेन्ज बल न्यूनतम अर्थात् शून्य होगा। $\boxed{F_{min} = 0}$

लॉरेन्ज बल का सदिश रूप –

लॉरेन्ज बल की दिशा $\vec{v}$ तथा $\vec{B}$ दोनों के सम्मिलित तल के लम्बवत् होती है। अतः इसका सदिश रूप निम्न होगा।

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

एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र मे आवेशित कण की गति –

(I) जब कोई आवेशित कण चुम्बकीय क्षेत्र मे क्षेत्र के समान्तर प्रवेश करता है अर्थात् $\theta = 0°$ या $180°$ तो कण पर लगने वाला बल

$F = Bqv\sin\theta$ से,

$F = 0$

इस प्रकार जब कोई आवेशित कण चुम्बकीय क्षेत्र मे क्षेत्र के समान्तर प्रवेश करता है तो उस पर कोई बल कार्य नही करता है। इस स्थिती में कण का पथ ऋजुरेखीय होगा।

(II) जब कोई आवेशित कण चुम्बकीय क्षेत्र में क्षेत्र के लम्बवत् प्रवेश करता है तो उस पर लगनेवाला बल

$$\boxed{F = BqV}$$

$(\sin 90° = 1)$

यह बल सदैव वेग के लम्बवत् होता है, जिससे लगातार वेग की दिशा बदलती रहती है और कण का पथ वृत्ताकार हो जाता है।

वृत्ताकार पथ की त्रिज्या :- वृत्ताकार गति के लिए अभिकेन्द्र बल की आवश्यकता होती है। जो उसे लॉरेन्ज बल से प्राप्त होता है।

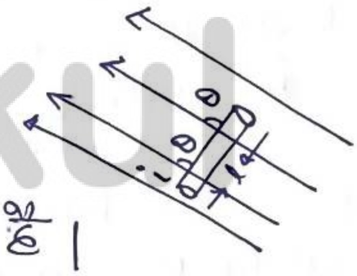
अर्थात् $\frac{mv^2}{r} = Bqv$

$$\boxed{r = \frac{mv}{Bq}}$$

iii जब कोई आवेशित कण चुम्बकीय क्षेत्र मे क्षेत्र के साथ θ कोण पर प्रवेश करता है तो कण का पथ कुण्डलिनी (ꩰꩰꩰ) के रूप मे अर्थात् कुण्डलिनी होगा।

एक समान चुम्बकीय क्षेत्र मे स्थित धारावाही चालक पर लगनेवाला बल - माना l लम्बाई तथा A अनुप्रस्थ क्षेत्रफल वाले एक धारावाही चालक मे i धारा प्रवाहित हो रही है। माना यह चालक चुम्बकीय क्षेत्र मे क्षेत्र के साथ θ कोण पर स्थित है, तो इसपर लगने वाला बल निम्न होगा।

$$\boxed{F = Bil\sin\theta}$$



जहाँ B को चुम्बकीय प्रेरण या चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता कहते है।

चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता - हम जानते है कि चुम्बकीय क्षेत्र धारावाही चालक के लम्बवत् स्थित होने पर चालक पर लगने वाला बल

$$\boxed{F = Bil}$$

if $i = 1$ Ampere

$l = 1\,m.$

So, $\boxed{F = B}$

VIDYAKUL
Vidyakul नोट्स

किसी स्थान पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता चुम्बकीय क्षेत्र की लम्बवत् रखे एकांक लम्बाई के चालक पर लगने वाले बल के बराबर होती है। जबकि चालक में एकांक धारा प्रवाहित हो रही है इसका मात्रक $\frac{\text{न्यूटन}}{\text{एम्पियर} \times m}$ या $\frac{\text{वेबर}}{m^2}$ या टेसला होता है।

$$1 \text{ Tesla} = \frac{1 \text{ Nw}}{A \times m}$$

इसका अन्य मात्रक गॉस भी है।

$$1 \text{ टेसला} = 10^4 \text{ गॉस}$$

फ्लेमिंग के बाये हाथ का नियम :- यदि बायें हाथ के अंगूठे तथा उसके पास वाली दो उंगलियो को इस प्रकार से फैलाये की तीनों परस्पर लम्बवत् हो यदि पहली अँगुली (तर्जनी) चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में तथा मध्यमा अँगुली धारा की दिशा में है तो अंगूठा चालक पर लगनेवाला बल की दिशा को बताता है।

Note:- यह नियम एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र मे स्थित धारावाही चालक पर लगनेवाले बल की दिशा को बताता है।

दायें हाथ की हथेली का नियम - यदि दायें हाथ के पंजे को इस प्रकार फैलाये कि उंगलियाँ तथा अंगूठा परस्पर लम्बवत् रहे यदि उंगलिया चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को तथा अंगूठा चालक मे बहने वाली धारा की दिशा को प्रदर्शित करे तो चालक पर लगने वाले बल हथेली की लम्बवत् बाहर की ओर होगा।

Note:- यदि एक आवेशित कण ऐसे क्षेत्र मे गति करता है जिसमे विद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्र दोनो मे उपस्थित होते है तो कण पर विद्युत क्षेत्र के कारण लगने वाला बल

$$\boxed{\vec{F_e} = q\vec{E}}$$

चुम्बकीय क्षेत्र के कारण लगने वाला बल -

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

वैद्युत चुम्बकीय क्षेत्र में कण पर लगने वाला लॉरेन्ज बल

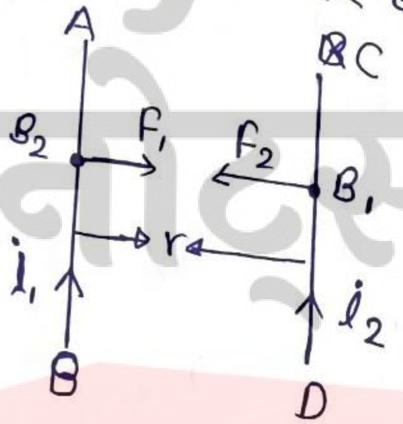
$$\vec{F} = q\vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B})$$

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

$$\boxed{\vec{F} = q[\vec{E} + (\vec{v} \times \vec{B})]}$$

दो समान्तर, सीधे, लम्बे धारावाही चालकों के बीच बल -

Oersted के अनुसार - जब किसी चालक में धारा प्रवाहित होती है तो उसके चारों ओर चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है यदि इस चालक के समीप कोई दुसरा चालक रख दे तो दुसरे चालक एक बल का अनुभव करता है। इस प्रकार समीप रखे दो धारावाही चालक के चुम्बकीय क्षेत्रों की क्रियाओं के कारण एक-दुसरे पर बल आरोपित करते हैं।



माना कि दो सीधे समान्तर धारावाही चालक AB तथा CD निर्वात में एक-दुसरे से r दुरी पर रखे हैं तथा इनमे प्रवाहित धारायें i_1, i_2 है।

बायो-सावर्ट के नियम से AB चालक द्वारा r दुरी पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र

$$\boxed{B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i_1}{r}} \quad \text{------} \quad (1)$$

इस क्षेत्र की दिशा कागज के तल के लम्बवत् होगी।
यदि AB द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र मे CD चालक को AB चालक के समानान्तर रखे तो यह क्षेत्र B_1 पर लम्बवत् होगा तब CD चालक पर लगने वाला बल

$$F = Bil\sin\theta \text{ से}$$

$$F = B_1 i_2 l$$

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{i_1}{r} i_2 . l$$

$$\boxed{\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} . \frac{i_1 i_2}{r}}$$

इस बल की दिशा दाये हाथ की हथेली नियम या फ्लेमिंग के बायें हाथ के नियम से दी जाती है।

Imp. यदि चालकों में एक ही दिशा में धाराऐ प्रवाहित हो रही है तो चालकों के बीच आकर्षण बल लगता है. और यदि चालकों में धाराऐ विपरीत दिशा मे प्रवाहित हो रही है. तो उनके बीच प्रतिकर्षण बल लगता है।

1 एम्पियर की परिभाषा - We know that

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} . \frac{i_1 i_2}{r}$$

If. $i_1 = i_2 = 1$ Ampere

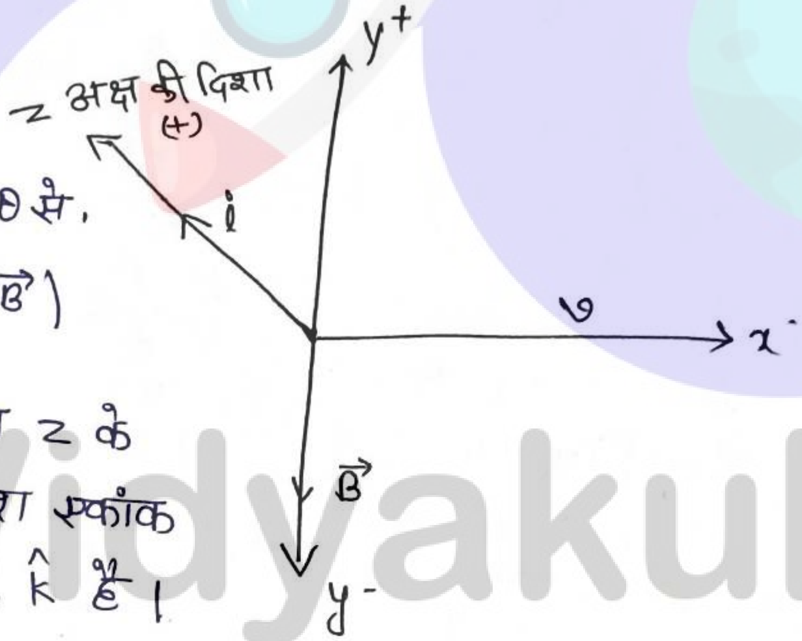
$r = 1\,m$

so, $$\boxed{\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi}}$$

$$\boxed{\frac{F}{l} = 2\times10^{-7}\ N/m}$$

यदि निर्वात् मे 1m की दूरी पर रखे दो सीधे लम्बे समान्तर धारावाही चालकों की प्रतिमीटर लम्बाई पर 2×10^{-7} N/m का बल लगे तो चालकों मे बहने वाली धारा 1 Amp. होगी

Que→ 1 इलेक्ट्रॉन x-अक्ष की दिशा मे v चाल से एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र B मे जो -y अक्ष की दिशा मे है, प्रवेश करता है तो इलेक्ट्रॉन पर कार्य करने वाले बल का सूत्र एवं दिशा ज्ञात कीजिए।



$F = Bqv\sin\theta$ से,

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

यदि x, y तथा z के अक्ष अनुदिश एकांक सदिश $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ है।

for $\bar{e}$ $\{q = -e\}$ for proton $q = e$

$\vec{F} = -e(v\hat{i}\times -B\hat{j})$

$\vec{F} = e(vB)(\hat{i}\times\hat{j})$

$\vec{F} = evB\,\hat{k}$

अर्थात् e पर काम करने वाला बल z-अक्ष की धन दिशा में है।

धारा लूप और बल-युग्म का आघूर्ण
Torque

→ एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र मे स्थित धारावाही लूप पर का आघूर्ण-

माना एक ABCD आयताकार लूप एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र B मे स्थित है जिसकी लम्बाई l तथा चौडाई b है।
∵ हम जानते है कि
जब कोई धारावाही चालक चुम्बकीय क्षेत्र मे स्थित होता है तो वह एक बल का अनुभव करता है अतः लूप की प्रत्येक भुजा पर बल कार्य करता है। चित्रानुसार -
फ्लेमिंग के बाये हाथ के नियम के अनुसार बल f_2 व f_4 की रेखाये एक ही है परंतु दिशाये विपरित है जिससे व एक दूसरे को निरस्त कर देते है।
∵ लूप की AB तथा BC भुजाये क्षेत्र के लम्बवत है अतः इन पर लगने वाले बल फ्लेमिंग के बायें हाथ के अनुसार f_1 व f_3 बराबर व विपरीत है परंतु इनकी क्रिया रेखाये भिन्न है।

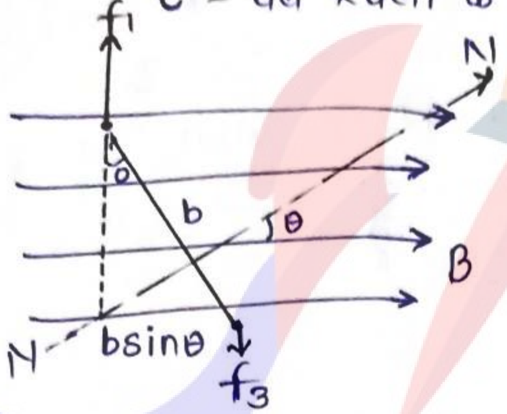
$$f_1 = f_3 = Bil$$

ये बराबर व विपरित बल ये बराबर व विपरित बल एक बलयुग्म बनाते है जो लूप को clockwise घुमता है।

Vidyakul नोट्स

इस बलयुग्म का आघूर्ण

τ = बल × बलों के बीच लम्बवत दूरी



$$\sin\theta = \frac{\text{लम्बवत -दूरी}}{b}$$

लम्बवत दूरी = $b\sin\theta$

जब लूप के तल पर खींचा गया अभिलम्ब चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा से θ कोण बनता है तो f_1 व f_3 के बीच लम्बवत दूरी $b\sin\theta$ होगी।

$\tau = Bil \times b\sin\theta$ $\{A = l \times b$ लूप का क्षे०

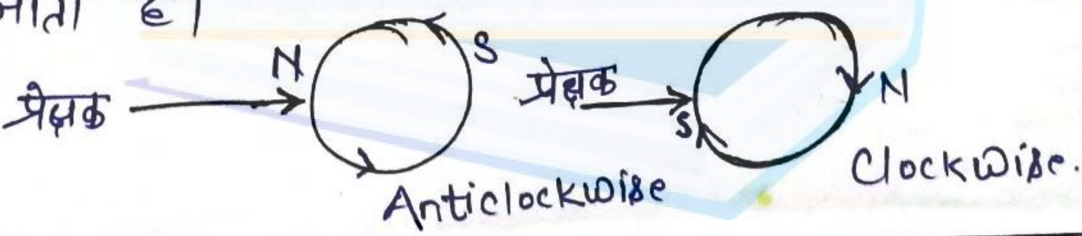
$\tau = Bi\,(l \times b)\sin\theta$

$$\boxed{\tau = BiA\sin\theta}$$

यदि लूप के स्थान पर N फेरों वाली कुंडली ले तो

$$\boxed{\tau = NiAB\sin\theta}$$

Note:- एक वृत्ताकार धारावाही कुंडली तथा धारावाही लूप एक चुम्बकीय द्विध्रुव की भाँति कार्य करता है।
यदि कुंडली में धारा की दिशा Anticlockwise (वामावर्त) है तो कुंडली का प्रेक्षक के सामने वाला सिरा उत्तरी ध्रुव तथा दूसरा सिरा दक्षिणी ध्रुव बन जाता है। और यदि धारा की दिशा clockwise है तो प्रेक्षक का सामने सिरा दक्षिणी ध्रुव तथा दूसरा सिरा उत्तरी ध्रुव बन जाता है।



◆ चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण (Magnetic dipole moment) :—

→ जब किसी चुम्बकीय द्विध्रुव (जैसे - धारावाही लूप या वृताकार कुंडली) को चुम्बकीय क्षेत्र मे रखा जाता है तो इस पर एक बल युग्म लगता है जो चुम्बकीय द्विध्रुव की अक्ष को क्षेत्र के समान्तर करने का प्रयास करता है। माना एक चुम्बकीय द्विध्रुव एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र मे क्षेत्र के साथ θ कोण बनाते हुऐ रखा है। तो इस पर लगने वाले बलयुग्म का आघूर्ण

$$\tau = NiAB\sin\theta$$

$$\tau =$$

$$\boxed{\tau = MB\sin\theta}$$

Where, $M = NiA$

इसे चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण कहते है यह एक सदिश राशि है इसकी दिशा द्विध्रुव की अक्ष के अनुदिश होती है

if $\theta = 90^\circ$

So $\tau_{Max} = MB$

$$\boxed{M = \frac{\tau_{max}}{B}}$$

if B - एकांक

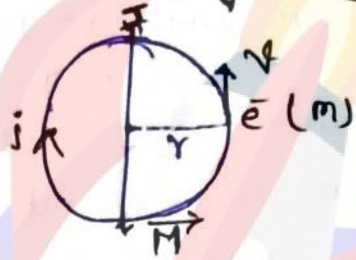
So $\boxed{\tau_{Max} = M}$

"किसी चुम्बकीय द्विध्रुव का चुम्बकीय आघूर्ण वह बल आघूर्ण जो द्विध्रुव की एकांक चुम्बकीय क्षेत्र मे ~~क्षेत्र~~ क्षेत्र के लम्बवत रखने पर द्विध्रुव पर बनाता है।"

इसकी दिशा दाये हाथ के नियम से दी जाती है। यदि दाये हाथ के पंजे को पूरा फैला कर अंगुलिया को लूप के चारो ओर धारा की दिशा में मोडे तो चुम्बकीय आघूर्ण की दिशा मे होगा।

M एक सदिश राशि है इसका मात्रक Amp×m होता है।

परिक्रमण करते हुए इलेक्ट्रॉन का चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण तथा घूर्णीय चुम्बकीय अनुपात (Gyro Magnetic Ratio) :—



माना परमाणु मे एक इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारो ओर r त्रिज्या के वृतीय पथ पर v वेग से चक्कर लगा रहा है।
हम जानते है कि परिक्रमण करता हुआ इलेक्ट्रॉन एक धारावाही लूप के समान होता है अतः एक चक्कर के लिए इलेक्ट्रॉन से तुल्य धारा

$$i = \frac{e}{T}$$

जहाँ T एक चक्कर मे लगा समय है।

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

So

$$i = \frac{-ev}{2\pi r}$$

चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण

$$M = NiA \text{ से}$$

एक चक्कर के लिए $N = 1$

$$M = iA$$

$$M = \frac{ev}{2\pi r} \times \pi r^2 \quad \left\{ \text{वृत्ताकार लूप का क्षेत्र } A = \pi r^2 \right.$$

$$\boxed{M = \frac{evr}{2}} \quad -(1)$$

कोणीय संवेग के पदो मे

$$J = I\omega$$

$$J = mr^2 \times \frac{v}{r} \quad \left\{ \begin{array}{l} I = mr^2 \text{ जड़त्व आघूर्ण} \\ v = r\omega \end{array} \right.$$

$$\boxed{J = mvr} \quad -(2)$$

कोणीय संवेग की दिशा लूप के तल के लम्बवत बाहर की ओर होती है ③

समीकरण ① व 2 से

$$\frac{M}{J} = \frac{evr}{2mvr}$$

$$\boxed{\frac{M}{J} = \frac{e}{2m}}$$

यह राशि घूर्णीय चुम्बकीय अनुपात कहलाती है।

In Vector from,

$$\boxed{\vec{M} = -\left(\frac{e}{2m}\right)\vec{J}}$$

जहाँ ⊖ चिन्ह यह प्रदर्शित करता है कि $\vec{M}$ vector की दिशा $\vec{J}$ के विपरीत है। जबकी धनावेशित कण के लिए $\vec{M}$, $\vec{J}$ की दिशा मे होता है।

धारामापी (galvanometer) :- वह उपकरण जो किसी वैद्युत परिपथ में धारा की उपस्थिति ज्ञात करने तथा धारा मापन के लिए प्रयुक्त होता है गैल्वेनोमीटर कहलाता है।

→ धारामापी यंत्र मुख्यत: दो प्रकार के होते है।

① रूद्ध दोलन धारामापी

② प्रेक्षेप धारामापी

→ रूद्ध दोलन धारामापी भी दो प्रकार के होते है।

A. चलकुड़ली धारामापी

B. चल चुम्बक धारामापी

Imp (Theory of moving Galvanometer) :- यह वैद्युत धारा नापने का सबसे सरल और सुग्राही यंत्र है चल कुड़ली धारामापी इस सिद्धांत पर आधारित है कि जब किसी चुम्बकीय क्षेत्र मे स्थित किसी कुड़ली से वैद्युत धारा प्रवाहित होती है। तो कुडली पर एक विक्षेपक बलयुग्म कार्य करने लगता है इस बलयुग्म का आघूर्ण वैद्युत धारा के मान पर निर्भर करता है। इस बलयुग्म के कारण उत्पन्न कुड़ली के विक्षेप को नापकर वैद्युत धारा का मान ज्ञात किया जा सकता है।

→ धारामापी की धारा सुग्राहिता तथा वोल्टेज सुग्राहिता (Current sensitivity):- धारामापी की धारा सुग्राहिता कुंडली में प्रवाहित प्रति एकांक धारा के लिए उत्पन्न विक्षेप के बराबर होती है।

धारा सुग्राहिता $\boxed{I_s = \frac{\theta}{i}}$

जहाँ θ कुंडली में उत्पन्न विक्षेप है, या ऐंठन कोण है।

कुंडली की सन्तुलन अवस्था में -

विक्षेपक बलयुग्म का आघूर्ण = ऐंठनकारी बलयुग्म का आघूर्ण

$\tau = NiAB\sin\theta$

अधिकतम विक्षेपक बलयुग्म आघूर्ण

$$NiAB = C\theta$$

$$\frac{NAB}{C} = \frac{\theta}{i}$$

$$\boxed{I_s = \frac{NAB}{C}}$$

{ मरोड़ी दृढ़ता = C

एकांक रेडियन कोण के लिए बलयुग्म। ~~Voltage sensit~~

→ Voltage sensitivity :- धारामापी की वोल्टेज सुग्राहिता कुंडली के सिरों पर लगाये गए प्रति एकांक वोल्टेज के लिए उत्पन्न विक्षेप के बराबर होती है।

वोल्टेज सुग्राहिता $\boxed{V_c = \frac{\theta}{V}}$

since $V = iR$

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

$$V_s = \frac{I_s}{R}$$

$$\boxed{V_s = \frac{NBA}{CR}}$$

→ चुम्बकीय क्षेत्र मे स्थित चुम्बकीय द्विध्रुव को घुमाने मे किया गया कार्य-
अथवा OR
→ चुम्बकीय क्षेत्र मे स्थित चुम्बकीय द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा- चुम्बकीय द्विध्रुव को चुम्बकीय क्षेत्र मे ~~अभिक्रिया~~ अभिविन्यास θ_1 से अभिविन्यास θ_2 तक घुमाने मे किया गया कार्य

$$W = MB(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

यह कार्य द्विध्रुव मे स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है।
वैद्युत द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा

$$U = MB(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

for simplification
सुविधा के लिए किसी भी स्वेच्छ अभिविन्यास के लिए स्थितिज ऊर्जा का मान शून्य मान सकते है।

$\theta = 90°$ के लिए

स्थितिज ऊर्जा $U = 0$ होती है तब द्विध्रुव की क्षेत्र से θ कोण पर स्थितिज ऊर्जा-

$$W = -MB(\cos\theta)$$
$$W = -MB\cos\theta$$
$$U = MB(\cos 90° - \cos\theta)$$
$$\boxed{U = -MB\cos\theta}$$

Imp
Special Case :-

1. जब चुम्बकीय द्विध्रुव क्षेत्र की ही दिशा मे ही अर्थात

$\theta = 0°$

तब द्विध्रुव के स्थितिज ऊर्जा $U = -MB\cos 0$

$$\boxed{U = -MB}$$

यह चुम्बकीय द्विध्रुव का स्थायी संतुलन कहलाता है।

2. जब चुम्बकीय द्विध्रुव के स्थायी संतुलन से 180° के कोण पर घुमाया जाता है। अर्थात $\theta = 180°$ $\{\cos 180° = -1$

$U = -MB\cos 180°$ $\boxed{U = MB}$

Note:- चुम्बकीय द्विध्रुव की स्थायी तथा अस्थायी सन्तुलन की स्थितियों में ⑧
स्थितिज ऊर्जा में अन्तर 2MB होता है।

$$\Delta U = U_{180} - U_0$$
$$= MB - (-MB)$$
$$= 2MB$$

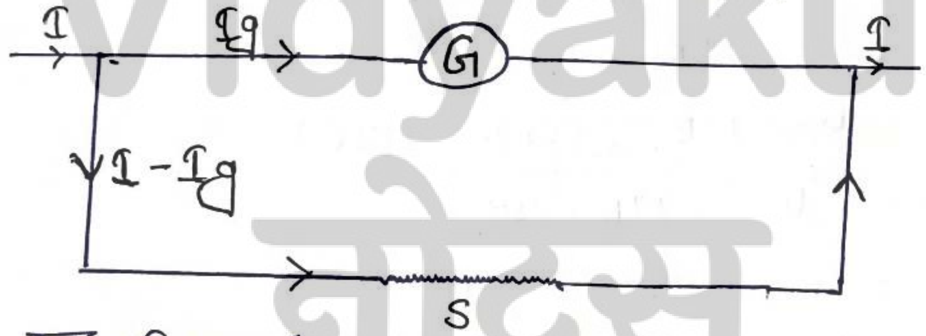
☆ धारामापी का अमीटर मे रूपान्तरण -

→ अमीटर निम्न प्रतिरोध का एक धारामापी होता है। जिसका प्रयोग किसी वैद्युत प्रतिरोध में प्रवाहित होने वाली वैद्युत धारा के मापन मे किया जाता है अमीटर को सदैव वैद्युत परिपथ के श्रेणीक्रम मे जोडा जाता है धारा के शुद्ध मापन के लिए अमीटर का वैद्युत प्रतिरोध कम से कम होना है/चाहिए।

Note:- एक आदर्श अमीटर का वैद्युत प्रतिरोध शून्य होता है।

→ धारामापी को अमीटर मे बदलने के लिए एक निम्न प्रतिरोध को धारामापी के समान्तर क्रम मे जोड देते है। जिसे सन्ट कहते है।

माना एक धारामापी का वैद्युत प्रतिरोध G है तथा इसके समांतर क्रम में प्रतिरोध S सन्ट किया गया है।



माना परिपथ मे प्रवाहित अधिकतम धारा I है, यदि धारामापी मे प्रवाहित I_g है तो सन्ट प्रतिरोध S मे प्रवाहित धारा $I - I_g$ होगी।

∴ यह समायोजन समान्तर क्रम है अतः इसके कारण सिरो पर विभवांतर समान होगा।

$$I_g \cdot G = (I - I_g) \cdot S$$

$$\boxed{S = \left(\frac{I_g}{I - I_g}\right) \times G}$$

Note:- 1. धारामापी को अमीटर मे बदलने के लिए समान्तर क्रम मे निम्न प्रतिरोध का सन्ट लगाना पड़ता है।

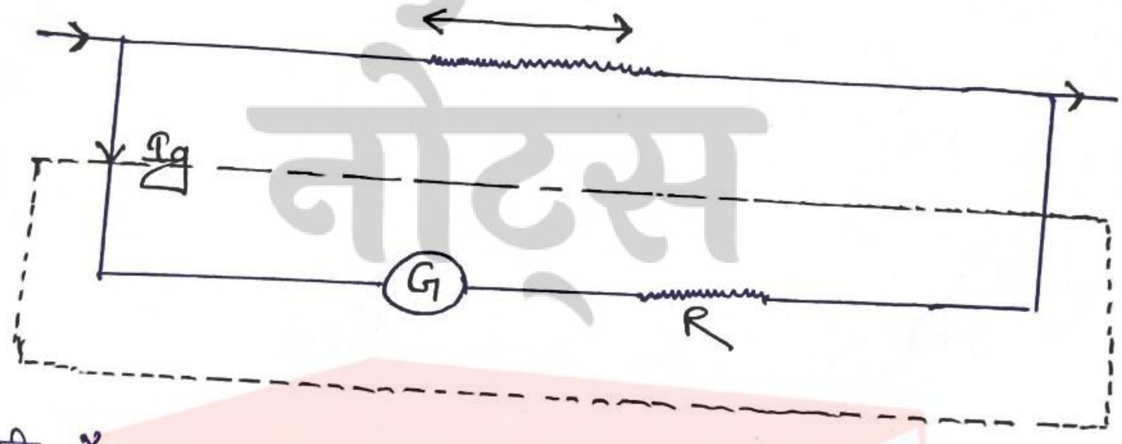
2. किसी वैद्युत परिपथ मे अमीटर को श्रेणी क्रम मे संयोजन करते है

☆ धारामापी का वोल्टमीटर मे रूपान्तरण :— वोल्टमीटर एक ऐसा उपकरण है जिसका प्रयोग किसी वैद्युत परिपथ के किन्ही दो बिन्दुओ के बीच वैद्युत विभवांतर को सीधे वोल्ट मे नापने के लिए किया जाता है। विभवांतर के शुद्ध मापन के लिए वोल्टमीटर का प्रतिरोध जितना अधिक से अधिक सम्भव हो सके, होना चाहिए।

Note:- एक आदर्श वोल्ट वोल्टमीटर का वैद्युत प्रतिरोध अनन्त होता है

धारामापी को वोल्टमीटर में परिवर्तित करने के लिए धारामापी के श्रेणी क्रम में उच्च प्रतिरोध को जोड़ देते है। माना धारामापी का वैद्युत प्रतिरोध G है तथा इसके श्रेणी क्रम मे जोड़ा गया उच्च प्रतिरोध R है यदि संयोजन मे I_g धारा प्रवाहित होने से इसके सन्टो पर विभवांतर V है।

$$\boxed{V = I_g (G+R)}$$



Note:- 1. किसी वैद्युत परिपथ मे वोल्टमीटर का समान्तर क्रम मे संयोजन किया जाता है।

2. धारामापी को वोल्टमीटर मे बदलने के लिए धारामापी की कुड़ली के श्रेणी क्रम में उच्च प्रतिरोध का सन्ट लगाना होगा।

Note :– चुम्बकीय द्विध्रुव की स्थायी सतुंलन की परिस्थिति में ($\theta = 0$) पर स्थितिज ऊर्जा न्यूनतम ($-MB$) तथा अस्थायी सन्तुलन में ($\theta = 180^\circ$) स्थितिज ऊर्जा अधिकतम (MB) होती है।

VIDYAKUL
Vidyakul
नोट्स