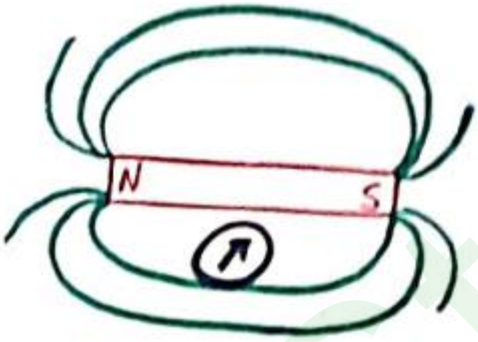
गतिमान आवेश और चुंबकत्व

चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic field):-

किसी चुम्बक के चारों ओर का वह क्षेत्र जिसमे चुम्बकीय सुई मे बल - आघूर्ण आरोपित होता है, जिससे चुम्बकीय सुई एक निश्चित दिशा मे आकर ठहरती है, ऐसे क्षेत्र को चुम्बकीय क्षेत्र कहते है।

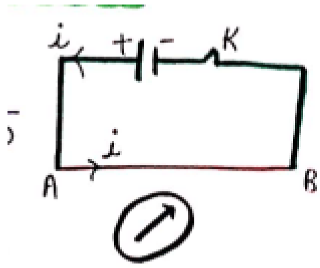


वैद्युत धारा का चुम्बकीय प्रभाव

जब किसी चालक मे विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो उस चालक के चारों ओर एक वैद्युत क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है, इस घटना को विद्युत धारा का चुम्बकीय प्रभाव कहते है।

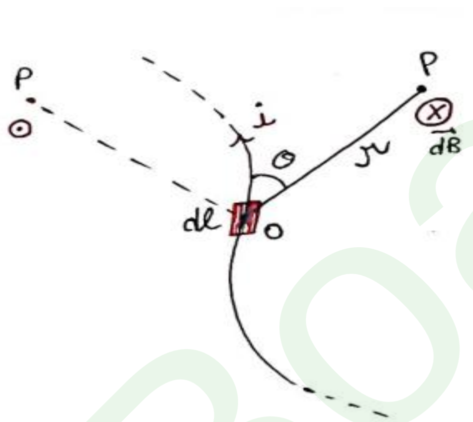
ओर्स्टेड का प्रयोग (Oersted's Experiment)

विद्युत धारा के प्रवाह से चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पत्ति को स्पष्ट करने के लिए एक बैटरी, कुंजी K और चालक तार AB को सम्बन्धित किया गया और उसके समीप एक चुम्बकीय सुई रखी गई जिससे नि०लि० प्रेक्षण प्राप्त हुए।



(i) जब तक चालक तार मे धारा प्रवाहित नहीं होती तब तक चुम्बकीय सुई में कोई विक्षेप उत्पन्न नही होता है।
(ii) जैसे ही चालक तार AB में धारा प्रवाहित होती है, वैसे ही चुम्बकीय सुई में विक्षेप उत्पन्न हो जाता है।
(iii) जब धारा की प्रबलता को बढ़ा दिया जाता है तो चुम्बकीय सुई के विक्षेप मे वृद्धि हो जाती है।
(iv) बैटरी की ध्रुवता बदलने पर विक्षेप विपरीत दिशा में होने लगता है अतः चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता एक सदिश राशि है।

धारावाही चालक के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र : बायो-सेवर्ट नियम



अल्पांश dl के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता dB निम्नलिखित तथ्यों पर निर्भर करती है -

$dB \propto i$ ... (i)

$dB \propto dl$ ... (ii)

$dB \propto \sin\theta$ ... (iii)

$dB \propto \frac{1}{r^2}$ ... (iv)

चारों समीकरणों को संयुक्त करने पर:

$$dB \propto \frac{i \cdot dl \cdot \sin\theta}{r^2}$$

यह संबंध बायो-सेवर्ट नियम कहलाता है।

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

जहां $\frac{\mu_0}{4\pi}$ एक नियतांक है।

या

$$\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}\,\mathrm{N/A^2}$$

$$dB = 10^{-7} \cdot \frac{i\,dl\sin\theta}{r^2}$$

$\mu 0$ -> वायु अथवा निर्वात की चुंबकशीलता

सदिश स्वरूप:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i \cdot dl \cdot r \cdot \sin\theta}{r^3}$$

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

चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता के मात्रक:

न्यूटन/एम्पियर-मीटर = वेबर/मीटर^2 = टेस्ला = 10^4 गौस

(N/A-m) (Wb/m2)

μ_0 का मात्रक = (न्यूटन/एम्पियर^2)

μ_0 का विमीय सूत्र $= \dfrac{[MLT^{-2}]}{[A^2]}$

$[MLT^{-2}A^{-2}]$

निर्वात अथवा वायु की चुंबकशीलता ($\mu0$) तथा विद्युतशीलता ($\epsilon0$) में संबंध:-

$$\therefore \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}\,\mathrm{N/A^2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{N/A^2} \quad \cdots \text{(i)}$$

$$\therefore \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9\,\mathrm{N \cdot m^2/C^2}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9}\,\mathrm{C^2/N \cdot m^2} \quad \cdots \text{(ii)}$$

समीकरण (i) और (ii) का गुणा करने पर

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N}{A^2} \times \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} \times \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = \frac{1}{9 \times 10^{16}} \times \frac{\mathrm{C}^2}{\mathrm{A}^2 \cdot \mathrm{m}^2}$$

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = \frac{1}{9 \times 10^{16}} \left(\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{A} \cdot \mathrm{m}}\right)^2 \quad \{C = A \cdot s\}$$

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = \frac{1}{(3 \times 10^8)^2} \quad \left(\frac{\mathrm{A} \cdot s}{\mathrm{A} \cdot \mathrm{m}}\right)^2$$

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = \frac{1}{(3 \times 10^8\,\mathrm{m/s})^2}$$

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = \frac{1}{(3 \times 10^8\,\mathrm{m/s})^2}$$

$\therefore C = 3 \times 10^8\,\mathrm{m/s}$

जहाँ C निर्वात में प्रकाश की चाल

$$\mu_0 \cdot \epsilon_0 = \frac{1}{C^2} \quad \text{या} \quad C^2 = \frac{1}{\mu_0 \cdot \epsilon_0} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}}$$

C की विमा

$$= \frac{1}{\sqrt{[MLT^{-2}A^{-2}][M^{-1}L^{-3}T^4A^2]}}$$

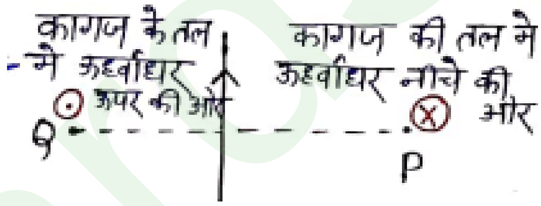
$$= \frac{1}{\sqrt{[L^{-2}T^2]}} \Rightarrow \frac{1}{[L^{-1}T^1]^2} \Rightarrow \frac{1}{[L^{-1}T^1]}$$

$$\Rightarrow [LT^{-1}]$$

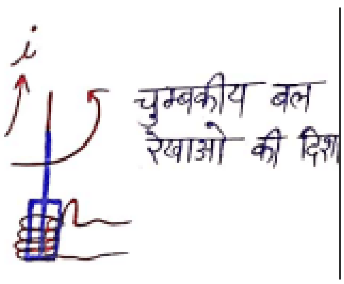
धारावाही चालक के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की दिशा-

धारावाही चालक के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के लिए दो नियम निम्नलिखित हैं।

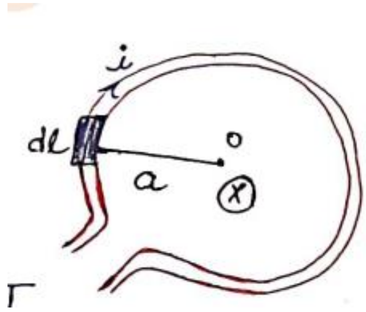
(i) दाये हाथ की हथेली का नियम नं. 1:- (Right hand Palm Rule No. 1)- यदि हम अपने हाथ के पंजे को इस प्रकार से फैलाये कि अंगूठा चालक में प्रवाहित धारा की दिशा मे हो और चारो ऊंगलिया उस बिन्दु की ओर संकेत करे जिस पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात करनी है, तो हथेली के लम्बवत् हथेली से धक्का देने की दिशा चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित करती है।



(ii) मैक्सवेल का दक्षिणावर्ती पेंच नियम (Maxwell's Right-handed Screw Law):- यदि किसी पेंचकस को दाये हाथ में लेकर चारो अंगुलियो और अँगूठे की सहायता से इस प्रकार घुमाये कि पेचकश की नोक प्रवाहित धारा की दिशा में हो तो अँगूठे की चलने की दिशा चुम्बकीय बल रेखाओं की दिशा को प्रदर्शित करती है।



धारावाही वृत्ताकार लूप अथवा कुण्डली के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र-



माना किसी तार को *a* त्रिज्या के वृत्त के रूप में मोड़कर उसमें *i* प्रबलता की विद्युत धारा प्रवाहित की जा रही है। हमें इस वृत्ताकार कुण्डली के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र ज्ञात करना है।

अल्पांश *dl* के कारण बिंदु *O* पर चुंबकीय क्षेत्र:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,dl\,\sin 90^\circ}{a^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,dl}{a^2} \quad \cdots (i)$$

अब कुण्डली के केंद्र पर परिणामी चुंबकीय क्षेत्र:

$$B = \sum dB = \sum \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,dl}{a^2} \qquad \{\sum dl = 2\pi a\}$$

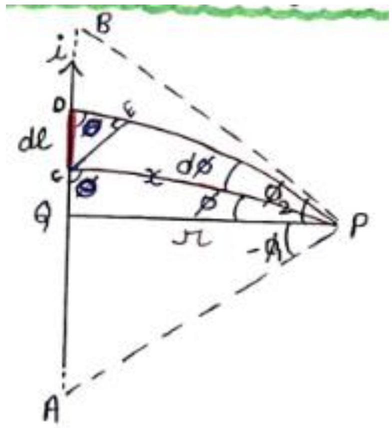
$$B = \frac{\mu_0}{2\,\cancel{4\pi}} \cdot \frac{i}{a^{\cancel{2}}} \times \cancel{2\pi}\,\cancel{a}$$

$$\left[B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2a}\right]$$

यदि कुण्डली में फेरों की संख्या *N* है, तो:

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

अनंत लंबाई के ऋजुरेखीय धारावाही चालक के कारण चुंबकीय क्षेत्र



माना $\angle CPD = d\phi$, $\angle QPC = \phi$,
$\angle CDP = \theta$

$\therefore$ dl अत्यंत अल्प है $\therefore \angle QCP = \theta$

PQ = r & PC = x

अल्पांश *dl* के कारण बिंदु *P* पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,dl \sin(180^\circ - \theta)}{x^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,dl \sin\theta}{x^2}$$

$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,CE}{x^2}$ $dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,x\,d\phi}{x^2}$	$d\phi = \frac{CE}{x}$ $CE = x \cdot d\phi$	समकोण $\triangle CED$ में: $\sin\theta = \frac{CE}{dl}$ $CE = dl\sin\theta$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\, d\phi}{r/\cos\phi}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i \cos\phi\, d\phi}{r}$$

समकोण $\triangle CQP$ में:

$$\cos\phi = \frac{x}{r} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{r}{\cos\phi}$$

अब सम्पूर्ण धारावाही चालक के कारण बिंदु P पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता-

$$B = \int_{-\phi_1}^{\phi_2} dB \Rightarrow B = \int_{-\phi_1}^{\phi_2} \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i \cos\phi\, d\phi}{r}$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} \int_{-\phi_1}^{\phi_2} \cos\phi\, d\phi \qquad \int \cos\theta\, d\theta = \sin\theta$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} [\sin\phi]_{-\phi_1}^{\phi_2}$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} (\sin\phi_2 - \sin(-\phi_1))$$

$\{ \sin(-\vartheta) = -\sin\vartheta \}$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} (\sin\phi_2 + \sin\phi_1)$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} (\sin\phi_1 + \sin\phi_2)$$

Case - I: अनंत लंबाई के चालक हेतु

$\phi 1 = \phi 2 = 90°$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} (\sin 90^\circ + \sin 90^\circ)$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r}(1+1)$$

$$B = \frac{\mu_0}{\cancel{4}_2\pi} \cdot \frac{i}{r} \times \cancel{2}$$

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

Case - 2: यदि ϕ_1 =90° & ϕ_2=0°

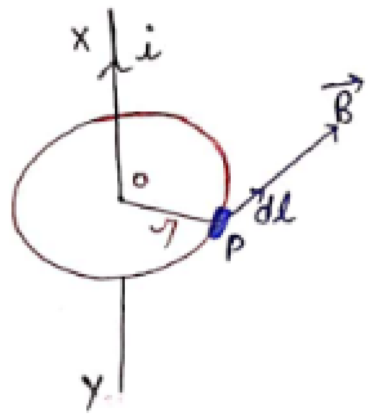
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r}(\sin 90^\circ + \sin 0^\circ)$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r}(1+0)$$

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

ऐम्पियर का परिपथीय नियम (Ampere's Circuital Law)

कथन- किसी बन्द परिपथ की सीमा के अनुदिश चुम्बकीय क्षेत्र (B) का रेखीय समाकलन पथ द्वारा घिरी नेट धारा i का μ_0 गुना होता है।



$$\oint \vec{B}\, \vec{dl} = \mu_0 i$$

उपपत्ति (Proof)- माना कागज के तल के लंबवत तार XY है जिसमें i प्रबलता विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। माना r त्रिज्या का एक वृतीय पथ है जिसका केंद्र O तार पर है। वृतीय पथ के किसी बिंदु P पर चुंबकीय क्षेत्र B का परिमाण:-

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r} \quad \text{-----------(i)}$$

चुंबकीय क्षेत्र B का पथ के अनुदिश रेखीय समाकलन-

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B\, dl\, \cos 0^\circ \quad \{B \text{ और } dl \text{ एक ही दिशा में हैं}\}$$

$$= \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} \quad (\cos 0^\circ = 1)$$

समीकरण (i) से,

$$= \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \oint dl \qquad \{\oint dl = 2\pi r\}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \times 2\pi r$$

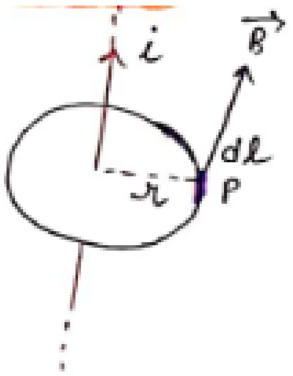
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i$$

जहाँ μ_0 => निर्वात की चुम्बकशीलता

एम्पियर के नियम के अनुप्रयोग

I. अनंत लंबाई के सीधे धारावाही तार के कारण चुंबकीय क्षेत्र

एम्पियर के परिपथीय नियम से:



$$\oint \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 i \quad \{\vec{A} \cdot \vec{B} = AB\cos\theta\}$$

B & dl एक ही दिशा में हैं, तो *θ=0*

$$\oint B\, dl \cos 0^\circ = \mu_0 i$$

$$B \oint dl \times 1 = \mu_0\, i$$

$$B \oint dl = \mu_0\, i \quad \{\oint dl = 2\pi r\}$$

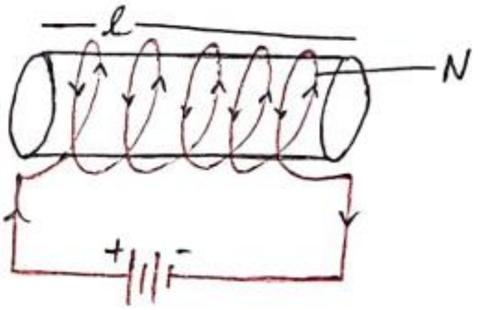
$$B \times 2\pi r = \mu_0 \cdot i$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$ *or* $$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2i}{r}$$

2. धारावाही परिनालिका के कारण चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता

माना परिनालिका की लंबाई *l* तथा इसमें लपेटे गए फेरों की संख्या *N* है।

इसमें *i* प्रबलता की विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है, परिनालिका के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता *B* अग्रलिखित तथ्यों पर निर्भर करती है:-



1. $B \propto i$ ... (i)
2. $B \propto \frac{N}{l}$ ... (ii)

समीकरण (i) और (ii) को संयुक्त करने पर:

$$B \propto \frac{N \cdot i}{l}$$

$$B = \frac{\mu_0 N i}{l}$$ जहाँ μ0 एक नियतांक है।

$$\left\{\frac{N}{l} = n\right\}$$

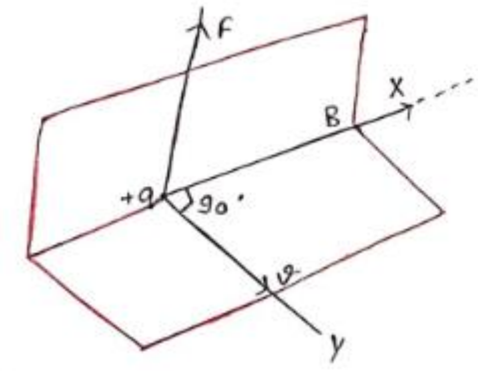
$$B = \mu_0 n i$$

परिनालिका के सिरों पर चुंबकीय क्षेत्र

$B_{\text{किनारे}} = \frac{1}{2} \times$ केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता

$$\left[B_{\text{किनारे}} = \frac{1}{2}\mu_0\, n\, i = \frac{\mu_0\, n\, i}{2}\right]$$

एक समान चुंबकीय क्षेत्र में गतिमान आवेश पर बल: लारेन्ज बल



जब कोई आवेशित कण किसी चुम्बकीय क्षेत्र मे गति करता है तो उस पर आरोपित बल को 'लारेन्ज बल' कहते हैं।

माना $+q$ परिमाण का एक धनावेशित कण चुंबकीय क्षेत्र B की दिशा के लंबवत v वेग से गतिशील हैं, तो इस पर आरोपित लॉरेंज बल निम्न सूत्र द्वारा व्यक्त किया जाएगा-

$$F = q\,v\,B$$

यदि आवेशित कण चुंबकीय क्षेत्र B से θ कोण पर गतिशील हो, तो लॉरेंज बल-

$$F = q\,(v \sin\theta)\,B$$

$$[F = q\,v\,B\,\sin\theta]$$

जहाँ:

q = आवेशित कण

v = वेग

B = चुंबकीय क्षेत्र

Case 1: यदि आवेशित कण चुंबकीय क्षेत्र की दिशा में गतिशील हो तो

$\theta = 0°$

$$F = q\,v\,B\,\sin 0^{\circ}$$

[F = 0]

Case 2: यदि v=0 हो, तो

$$F = q\,v\,B\,\sin\theta$$ v = 0

[F = 0]

एक समान चुंबकीय क्षेत्र में आवेशित कण की गति

एक समान चुंबकीय क्षेत्र में आवेशित कण की गति की तीन स्थितियाँ निम्नलिखित हैं:

Case 1: जब आवेशित कण चुंबकीय क्षेत्र में, क्षेत्र के समान्तर प्रवेश करता है:-

तो आवेशित कण पर आरोपित लॉरेंज बल:

$$F = q\,v\,B\,\sin\theta$$

आवेशित कण चुंबकीय क्षेत्र B के समान्तर v वेग से प्रवेश करता है,

$$\theta = 0^\circ$$

$$F = q\,v\,B\,\sin 0^\circ \quad \{\sin 0^\circ = 0\}$$

$$F = q\,v\,B \times 0$$

[F = 0]

अतः आवेशित कण चुंबकीय क्षेत्र के समान्तर ऋजुरेखीय पथ पर गति करता है।

Case 2: जब आवेशित कण चुंबकीय क्षेत्र में, क्षेत्र के लम्बवत प्रवेश करता है -

आवश्यक अभिकेंद्र बल = लॉरेंज बल

$$\frac{mv^2}{r} = qvB\sin 90^\circ = qvB$$

$$r = \frac{mv}{qB} \Rightarrow \left[r = \frac{mv}{qB}\right] \quad \text{---------------(i)}$$

यदि आवेशित कण की गतिज ऊर्जा K है तो

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{2K}{m} = v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

समीकरण (i) से,

$$r = \frac{m}{qB}\sqrt{\frac{2K}{m}} \qquad = \frac{1}{qB}\sqrt{2mK}$$

$$\left[r = \frac{\sqrt{2mK}}{qB}\right] \text{-------------------(ii)}$$

यदि आवेशित कण v वोल्ट विभवांतर द्वारा त्वरित किया गया है तो-

$$K = q \cdot V$$

$$r = \frac{\sqrt{2mqV}}{\sqrt{q}B} \Rightarrow \left[r = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}\right]$$

यदि आवेशित कण का आवर्तकाल T है तो -

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

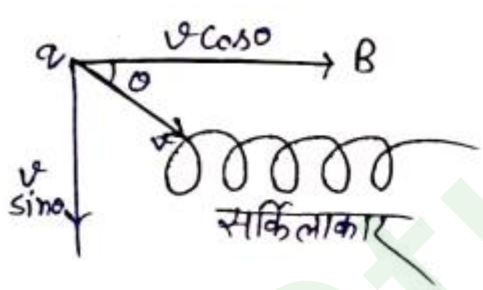
$$T = \frac{2\pi}{v} \cdot \frac{mv}{qB} \Rightarrow \left[T = \frac{2\pi m}{qB}\right]$$

आवृत्ति ज्ञात करनी हो तो -

$$\therefore \eta = \frac{1}{T}$$

$$\eta = \frac{1}{\frac{2\pi m}{qB}} \Rightarrow \left[\eta = \frac{qB}{2\pi m}\right]$$

Case - 3 जब आवेशित कण चुंबकीय क्षेत्र में तिरछी प्रवेश करता है -



अतः वृत्तीय पथ की त्रिज्या -

$$r = \frac{mv\sin\theta}{qB}$$ ------------(i)

आवर्तकाल =>

$$T = \frac{2\pi r}{v\sin\theta}$$ ------------(ii)

समीकरण (i) व (ii) से,

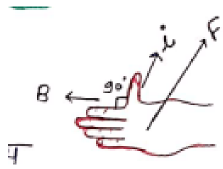
$$T = \frac{2\pi}{v\sin\theta} \times \frac{mv\sin\theta}{qB} \Rightarrow \left[T = \frac{2\pi m}{qB}\right]$$

पिचः- एक वृत्तीय चक्कर पूरा करने में आवेशित कण द्वारा चुंबकीय क्षेत्र की दिशा में चली गई दूरी को पिच कहते हैं।

चुम्बकीय बल की दिशा का निर्धारण-

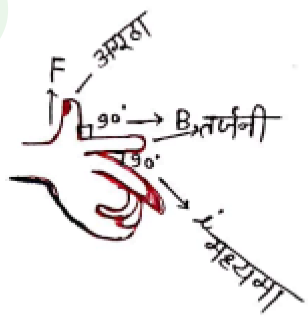
दाये हाथ की हथेली का नियम न. - 2

यदि हम अपने दाये हाथ के पंजे को इस प्रकार फैलाये कि चारो अंगुलिया तथा अंगूठा परस्पर लम्बवत रहे तो इस स्थिति मे यदि अंगूठा धारा (i) की दिशा मे तथा चारो अगुलियाँ चुम्बकीय क्षेत्र (B) की दिशा में हो तो हथेली से धक्का देने की दिशा चुम्बकीय बल की दिशा होगी।

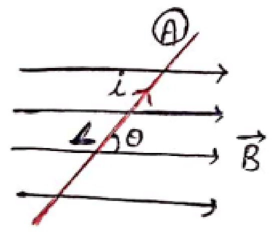


फ्लेमिंग के बाये हाथ का नियम

यदि हम अपने बायें हाथ की तर्जनी, मध्यमा और अंगूठा तीनों को परस्पर लम्बवत रखे तो इस स्थिति मे यदि मध्यमा धारा की दिशा को तथा तर्जनी चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित करे तो अंगूठा चालक पर लगने वाले बल की दिशा को प्रदर्शित करेगा।



एक समान चुंबकीय क्षेत्र में धारावाही चालक पर चुंबकीय बल का निर्धारण-



जब किसी धारावाही चालक को एक समान चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो इसमें उपस्थित सभी इलेक्ट्रॉनों पर एक लॉरेंज बल आरोपित होने लगता है।

माना, L लंबाई तथा A अनुप्रस्थ परिच्छेद क्षेत्रफल का चालक PQ एक समान चुंबकीय क्षेत्र B में क्षेत्र की दिशा से θ कोण पर रखा गया है। इसमें i प्रबलता की विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है।

यदि चालक के मुक्त इलेक्ट्रॉनों का अनुगमन वेग vd है, तो चालक में प्रवाहित धारा-

$i = neAv_d$ *-----------(i)*

एक चालक e- पर आरोपित लॉरेंज बल-

$F' = ev_d B \sin\theta$ *------- (ii)*

चालक का आयतन = A × L

∴ एकांक आयतन में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या = n

∴ AL ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, = nAL

सम्पूर्ण धारावाही चालक पर आरोपित बल = 1 इलेक्ट्रॉन पर आरोपित लॉरेंज बल × मुक्त e- की संख्या

$F = F' \times nAL$

$F = ev_d B\sin\theta \times nAL$

$F = (neAv_d)BL\sin\theta$

समीकरण (i) से,

$F = iBL\sin\theta$

Case 1- यदि $\theta = 0°$ या $180°$ हो तो,

$F_{min} = iBL\sin 0° = 0$

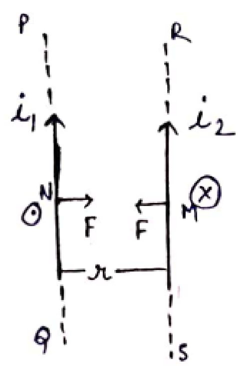
Case 2- यदि $\theta = 90°$ तो

$F = iBL\sin 90°$

$[F_{max} = iBL]$

दो समान्तर धारावाही तारों के बीच बल

माना अनन्त लंबाई के दो धारावाही तार PQ व RS वायु अथवा निर्वात में एक दूसरे से r दूरी पर रखे गए हैं। इनमें क्रमशः i_1 व i_2 प्रबलता की विद्युत धाराएँ प्रवाहित हो रही हैं।



चालक तार PQ के कारण बिंदु M पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता -

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1}{r}$$

अब तार RS की L लंबाई पर आरोपित चुंबकीय बल-

$$F = i_2 \, B_1 \, L \sin 90^\circ$$

$$F = i_2 \left(\frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1}{r} \right) L \times 1$$

अब चालक तार RS की प्रति मीटर लंबाई पर आरोपित बल-

$$\left[\frac{F}{L} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 i_2}{r} \right] \mathrm{N/m}$$

इसी प्रकार तार PQ की प्रति मीटर लंबाई पर आरोपित चुंबकीय बल-

$$\left[\frac{F}{L} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 i_2}{r} \right] \mathrm{N/m}$$

दो समान्तर धारावाही तारों के बीच बल : ऐम्पियर की परिभाषा

यदि $i_1 = i_2 = i$ तो

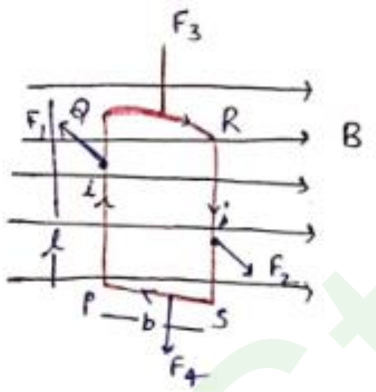
$$\left[\frac{F}{L} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i^2}{r} \right] \mathrm{N/m}$$

यदि i=1 Amp, r=1 m

$$\frac{F}{L} = \left(\frac{\mu_0}{2\pi} \right) = 2 \times 10^{-7} \, \mathrm{N/m}$$

1 ऐम्पियर- 1 ऐम्पियर वह विद्युत धारा है, जो वायु अथवा निर्वात मे परस्पर 1m दूरी पर स्थित दो ऋजुरेखीय लम्बे व समान्तर तारो में प्रवाहित होने पर प्रत्येक तार की प्रति मी. लम्बाई पर 2×10^{-7} का बल उत्पन्न करती है।

एक समान चुंबकीय क्षेत्र में धारावाही लूप पर बलयुग्म का आघूर्ण-



माना एक आयताकार लूप PQRS को एक समान चुंबकीय क्षेत्र B में लटकाया गया है।

लूप की लंबाई PQ = RS = l & चौड़ाई PS = QR = b है।

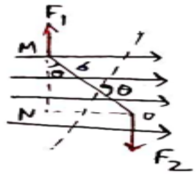
इसमें i प्रबलता की विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है।

धारावाही लूप पर आरोपित बलयुग्म का आघूर्ण = एक बल का परिमाण x दोनों बलों के बीच की लंबवत दूरी

$\tau = F_1 \times ON$

समकोण △MNO में

$$\tau = i\,B\,l\,\sin 90^\circ \times b\,\sin\theta$$



$$\sin\theta = \frac{\text{लंब}}{\text{कर्ण}} = \frac{ON}{OM}$$

$$\tau = i\,B\,(l \times b) \times 1 \times \sin\theta$$ (l*b=A)

$$\sin\theta = \frac{ON}{b}$$

$$ON = b\,\sin\theta$$

$$\tau = i\,B\,A\,\sin\theta$$

$$[\tau = i\,A\,B\,\sin\theta]$$

यदि फेरों की संख्या N है लूप में तो -

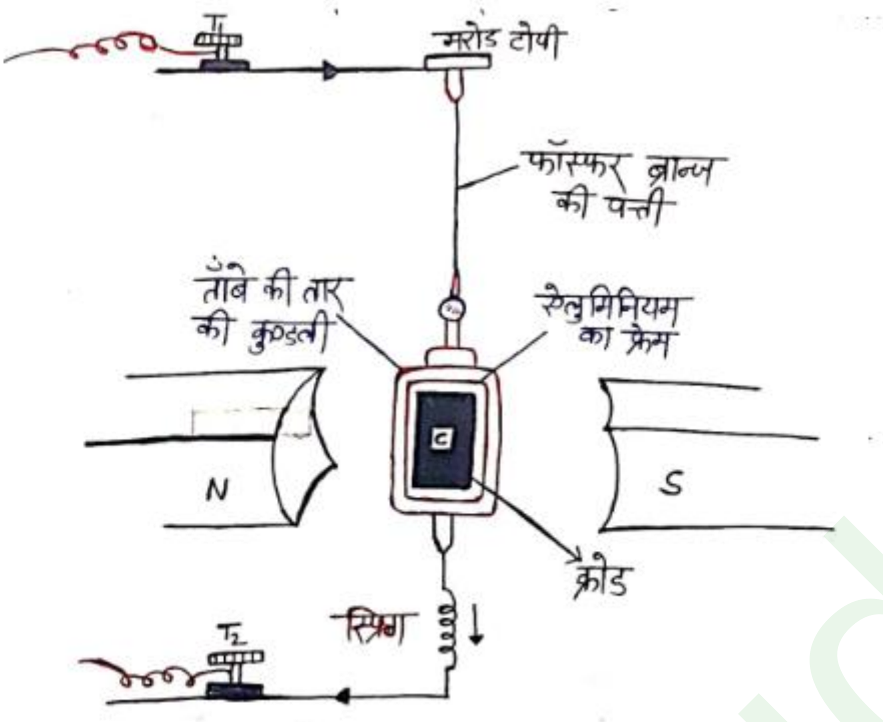
$$[\tau = N\,i\,A\,B\,\sin\theta] \quad \text{न्यूटन} \times \text{मी.}$$

चल कुण्डली धारामापी (Moving coil Galvanometer)-

ये धारामापी दो प्रकार के होते हैं:

1. निलंबित कुण्डली धारामापी (Suspended will Galvanometer)

यह विद्युत-धारा के संसूचन तथा मापन के लिए प्रयुक्त किया जाने वाला उपकरण है। इसकी क्रिया, चुम्बकीय क्षेत्र मे धारावाही कुण्डली पर कार्यरत बलाघूर्ण पर आधारित हैं।



सिद्धांत- जब कुंडली के तल पर अभिलम्ब चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत है तो-
$\theta = 90°$

$\tau = NiAB\sin 90°$

$\tau = NiAB$

यदि निलंबन पत्ती की मरोड़ दृढ़ता C हो तथा निलंबन पत्ती की ऐठन φ हो तो प्रत्यानयन बलयुग्म -

$C\phi$

साम्यावस्था के लिए -

प्रत्यानयन बलयुग्म का आघूर्ण = विक्षेपक बलयुग्म आघूर्ण

$C\phi = NiAB$

$$i = \left(\frac{C}{NAB}\right)\phi = K\phi$$

$i \propto \phi$ जहाँ $\frac{C}{NAB}$ एक उपकरण नियतांक है। जिसे धारामापी गुणांक कहते हैं।

अतः धारामापी मे प्रवाहित धारा विक्षेप के अनुक्रमानुपाती होती है।

धारामापी की धारा सुग्राहिता:- धारामापी की धारा सुग्राहिता, कुण्डली मे प्रति एकांक धारा के लिए उत्पन्न विक्षेप से मापी जाती है-

$$Si = \frac{\phi}{i}$$

$$\left[Si = \frac{NAB}{C}\right]$$

$$\begin{cases} i = \frac{C}{NAB}\phi \\ \frac{\phi}{i} = \frac{NAB}{C} \end{cases}$$

वोल्टेज सुग्राहिता- यदि कुंडली के सिरों के बीच वोल्टेज V है तो -

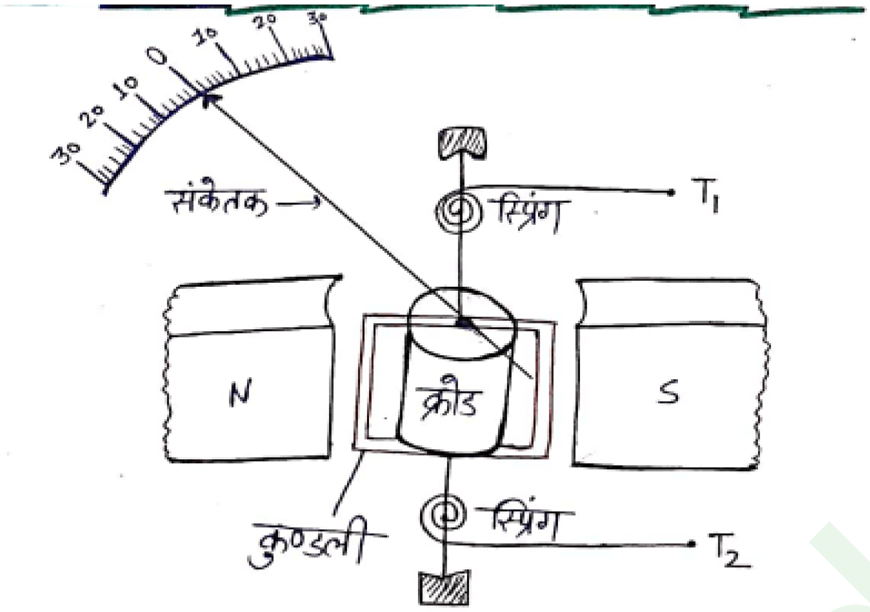
$$V = iR$$

$$S_v = \frac{\phi}{V} = \frac{\phi}{i \cdot R}$$

$$S_v = \left(\frac{\phi}{i}\right) \cdot \frac{1}{R}$$

$$\left[S_v = \frac{NAB}{C \cdot R}\right]$$

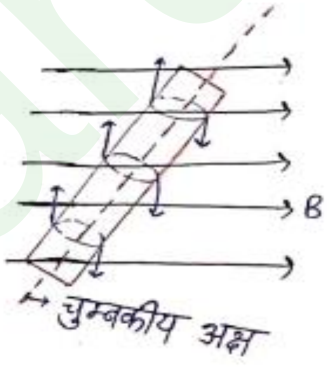
2. कीलकित – कुण्डली अथवा वेस्टन धारामापी-



चुम्बकीय द्विध्रुव (Magnetic dipole)-

चुम्बकीय द्विध्रुव एक ऐसी युक्ति है, जिसे बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखने पर उस पर एक बलयुग्म आरोपित होता है जो उस द्विध्रुव के अक्ष को चुम्बकीय क्षेत्र के समान्तर कर देता है।

जैसे- धारावाही कुण्डली, दण्ड चुम्बक।



चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण- माना किसी चुंबकीय द्विध्रुव को एक समान चुंबकीय क्षेत्र B में θ कोण पर रखा गया है तो इस पर आरोपित बल आघूर्ण -

$\tau = MB \sin\theta$ ------------(i)

जहाँ M = चुंबकीय द्विध्रुव आघूर्ण

यदि चुंबकीय द्विध्रुव का अक्ष चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत हो तो

$\theta = 90°$

$\tau_{max} = MB \sin 90°$ {sin90° = 1}

$\tau_{max} = MB$

$$\left[M = \frac{\tau_{\max}}{B}\right]$$

किसी चुम्बकीय द्विध्रुव का चुम्बकीय आघूर्ण वह बल आघूर्ण है जो इस द्विध्रुव के एकांक व एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में क्षेत्र की दिशा के लम्बवत रखने पर द्विध्रुव पर आरोपित होता है।

∴ चुंबकीय द्विध्रुव आघूर्ण = ध्रुव प्रबलता x प्रभावी लंबाई

$[M = m.2l]$

अब द्विध्रुव पर आरोपित बलयुग्म-

$\tau = NiA\,B\sin\theta$ -------------(ii)

समी (i) व (ii) से

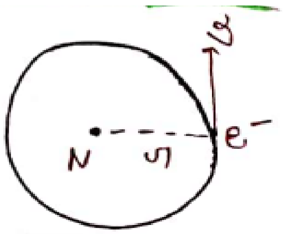
$[M = NiA]$

यह एक सदिश राशि है।

मात्रक → ऐम्पियर – मीटर^2

विमीय सूत्र → [AL^2] या [L^2A]

परमाणु में परिक्रमण करने वाले इलेक्ट्रॉन का चुंबकीय द्विध्रुव आघूर्ण-



माना किसी परमाणु में एक e- नाभिक N के परितः r त्रिज्या के वृत्ताकार पथ पर v वेग से गति कर रहा है -

तो e- के तुल्य वैद्युत धारा-

$$i = \frac{e}{T}$$ -------------(i)

जहाँ e इलेक्ट्रॉन का आवेश तथा T परिक्रमण काल है

अब-

काल $T = \frac{2\pi r}{v}$

समी (i) से

$$i = \frac{e}{\frac{2\pi r}{v}} = \frac{ve}{2\pi r}$$

e- की कक्षा का क्षेत्रफल = πr^2

कक्षीय e- के कारण चुंबकीय आघूर्ण M = i.A

$$\Rightarrow M = \frac{ve}{2\pi r} \times \pi r^2$$

$$\left[M = \frac{evr}{2}\right]$$