VIDYAKUL

12TH CHAPTER NOTES

(हस्तलिखित)

विषय - भौतिक विज्ञान

अध्याय - 4

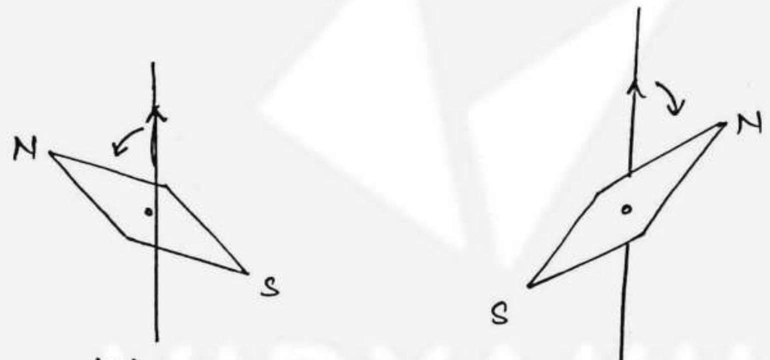
गतिमान आवेश और चुंबकत्व

विद्युत-धारा का चुंबकीय प्रभाव

धारा के प्रवाह अर्थात विद्युत-आवेश की गति के कारण चुंबकीय क्षेत्र के उत्पन्न होने की घटना को **धारा का चुंबकीय प्रभाव** कहा जाता है। भौतिक के इस नए विभाग को **विद्युत-चुंबकत्व** कहा जाता है।

- **ओर्स्टेड का प्रयोग (Ostend's Experiment):**

  जब किसी चालक से विद्युत-धारा प्रवाहित की जाती है तब चालक के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है।



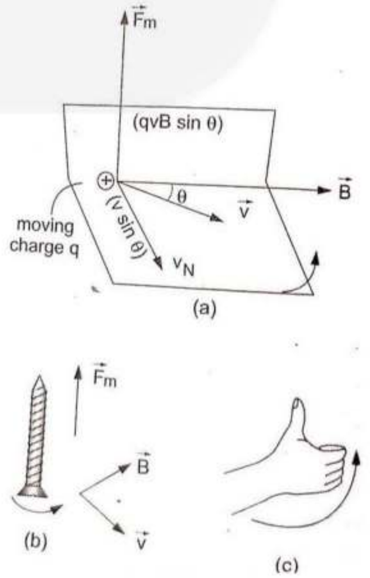
(a) Current carrying conductor above the needle

(b) Current carrying conductor below the needle

- **चुंबकीय क्षेत्र में गतिशील आवेश पर बल (Force on a Moving Charge in a Magnetic Field):**

$$\vec{F}_e = q\vec{E}$$

जब किसी विद्युत-आवेश q को एक विद्युत-क्षेत्र में रख जाता है तो आवेश पर लगनेवाला बल $\vec{F}_e$ विद्युत-क्षेत्र की तीव्रता $\vec{E}$ तथा आवेश के परिमाण पर निर्भर करता है।



$$F_m = q\, v_N B = q(v\sin\theta)B$$

$$\boxed{\vec{F}_m = q(\vec{v}\times\vec{B})} \quad \text{——— (1)}$$

बल $\vec{F_m}$ की दिशा ज्ञात करने के लिए दो नियम प्रयुक्त होते हैं-

- दक्षिण-हस्त स्क्रू नियम (Right-hand screw rule) :

यदि किसी स्क्रू को $\vec{v}$ से $\vec{B}$ की ओर दाहिने हाथ से घुमाया जाए तो स्क्रू के बढ़ने की दिशा $\vec{F_m}$ के अनुदिश (along) होती है। (चित्र (b))

- दक्षिण -हस्त नियम (Right-hand rule) :

यदि दाहिने हाथ की अँगुलियाँ $\vec{v}$ से $\vec{B}$ की ओर मुड़ी हों, तो अँगूठे की दिशा $\vec{F_m}$ के अनुदिश होती है। (चित्र (c))

$$\vec{F} = \vec{F_e} + \vec{F_m} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\boxed{\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})} \quad \text{———} \quad (2)$$

समीकरण (2) को लॉरेंट्ज संबंध तथा इस बल को लॉरेंट्ज बल कहा जाता है।

समीकरण (1) से चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ (चुंबकीय प्रेरण (magnetic induction)) की परिभाषा प्राप्त होती है।

$$(F_m)_{max} = qvB$$

$$\Rightarrow B = \frac{(F_m)_{max}}{qv}$$

$$1 \text{ Tesla(T) (टेस्ला)} = 1\, NA^{-1} m^{-1}$$

$$1\, G\,(\text{Gauss}) = 10^{-4}\, T$$

- चुंबकीय क्षेत्र में आवेशित कण की गति (Motion of charged particle in a Magnetic field) :

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

चुंबकीय क्षेत्र में आवेशित कण की गति हमेशा एक समान होती है।

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

R = वृत्तीय पथ की त्रिज्या

$$v = \frac{qBR}{m}$$

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

$$\frac{2\pi R}{T} = \frac{qBR}{m}$$

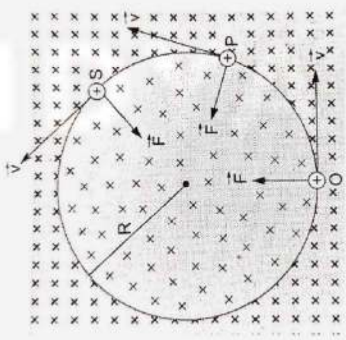
$$\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{qB}{m}}$$

ω = कोणीय आवृत्ति

वृत्तीय गति में प्रति सेकंड चक्करों की संख्या अर्थात आवृत्ति f हो, तो

$$\boxed{f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}}$$

- परस्पर लंबवत विद्युत एवं चुंबकीय क्षेत्र में आवेशित कण की गति :



$$\vec{F}_{mag} = q(\vec{v} \times \vec{B}) = q(v\hat{i}) \times (B\hat{k})$$

$$= qvB(\hat{i} \times \hat{k}) = qvB(-\hat{j})$$

$$\vec{F}_{el} = q\vec{E} = q\vec{E} \cdot \hat{j}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_{el} + \vec{F}_{mag}$$

$$\vec{F} = q\vec{E}(\hat{j}) + qvB(-\hat{j})$$

$$\vec{F} = q(\vec{E} - vB)\hat{j}$$

जब $\vec{F} = 0$, तब $E - vB = 0 \Rightarrow \boxed{v = \frac{E}{B}}$

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

R = वृत्तीय पथ की त्रिज्या

$$v = \frac{qBR}{m}$$

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

$$\frac{2\pi R}{T} = \frac{qBR}{m}$$

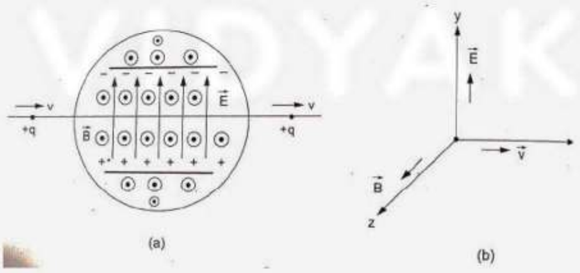
$$\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{qB}{m}}$$

ω = कोणीय आवृत्ति

वृत्तीय गति में प्रति सेकंड चक्करों की संख्या अर्थात आवृत्ति f हो, तो

$$\boxed{f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}}$$

- परस्पर लंबवत विद्युत एवं चुंबकीय क्षेत्र में आवेशित कण की गति :



(a) (b)

$$\vec{F}_{mag} = q(\vec{v} \times \vec{B}) = q(v\hat{i}) \times (B\hat{k})$$
$$= qvB(\hat{i} \times \hat{k}) = qvB(-\hat{j})$$

$$\vec{F}_{el} = q\vec{E} = q\vec{E} \cdot \hat{j}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_{el} + \vec{F}_{mag}$$
$$\vec{F} = q\vec{E}(\hat{j}) + qvB(-\hat{j})$$
$$\vec{F} = q(\vec{E} - vB)\hat{j}$$

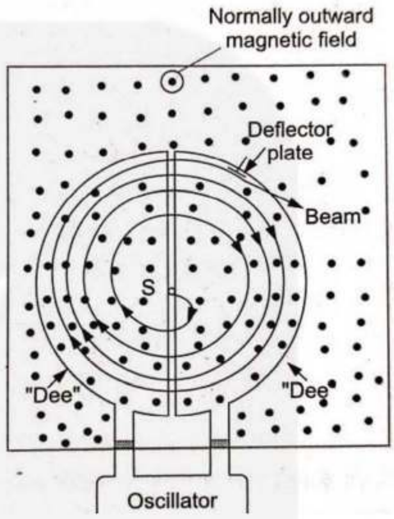
जब $\vec{F} = 0$, तब $E - vB = 0 \Rightarrow \boxed{v = \frac{E}{B}}$

• साइक्लोट्रॉन (Cyclotron):

साइक्लोट्रॉन एक ऐसे संयंत्र है जिसके द्वारा प्रोटॉन, ड्यूट्रॉन या आयनों को उच्च गतिज ऊर्जा प्रदान करने के लिए त्वरित किया जाता है। इसे आवेशित कण-त्वरित्र भी कहा जाता है।

बनावट तथा कार्यविधि:

इसमें ताँबे की प्लेट से बने अर्धवृत्ताकार चक्रिका जैसे दो पात्र होते है। दोनों 'डीज' को अत्यधिक उच्च आवृत्ति के विद्युत दोलित्र से जोड़ा जाता है ताकि उसके दोनों 'डीज' के बीच उच्च विभवांतर (लगभग $10^5 V$ की कोटि का) उत्पन्न हो।



दोनों 'डीज' के बीच की दरार अर्थात खाली स्थान में प्रबल विद्युत क्षेत्र उत्पन्न होता है जो परिमाण एवं दिशा में दोलित्र के प्रत्यावर्तन के अनुसार बदलता रहता है।

साइक्लोट्रॉन आवृत्ति:

$$F = \frac{mv^2}{r} = qvB \Rightarrow v = \frac{qBr}{m}$$

$$\frac{2\pi r}{T} = \frac{qBr}{m} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{qB} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$$

त्वरित आयन की महत्तम गतिज ऊर्जा:

$$v_{max} = \frac{qBR}{m}$$

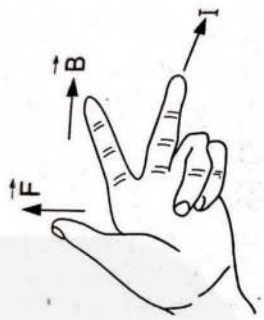
$$E_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$$

साइक्लोट्रॉन का उपयोग –

- नाभिक पर बमबारी करके नाभिकीय अभिक्रियाओं के अध्ययन में।
- रोग उपचार के लिए रेडियोएक्टिव पदार्थों को उत्पन्न करने में।

• बीयो - सावर्त नियम (Biot – Savart Law):

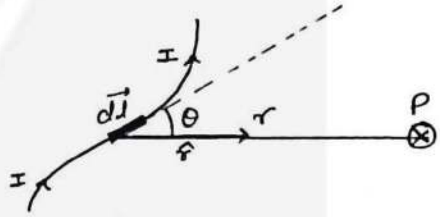
$$dB \propto I$$
$$dB \propto dl$$
$$dB \propto \sin\theta$$
$$dB \propto \frac{1}{r^2}$$



$$dB \propto \frac{I\,dl\,\sin\theta}{r^2}$$
$$dB = k\,\frac{I\,dl\,\sin\theta}{r^2}$$
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,dl\,\sin\theta}{r^2} \qquad \left(\because k = \frac{\mu_0}{4\pi}\right)$$

$$|\vec{dl} \times \hat{r}| = dl \times 1 \times \sin\theta = dl\,\sin\theta$$

$$\boxed{\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I(\vec{dl} \times \hat{r})}{r^2}}$$

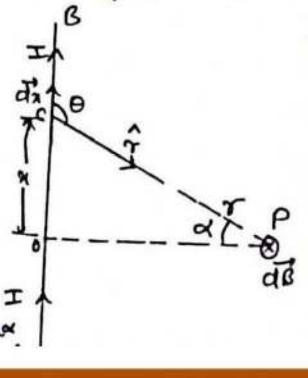


• बीयो - सावर्त नियम के अनुप्रयोग :

• वृत्ताकार धारावाही कुंडली के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र या चुंबकीय प्रेरण।

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,dl\,\sin\theta}{r^2}$$
$$\sin\theta = \sin 90^\circ = 1 \quad , \; r = R$$
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,dl\,\sin 90^\circ}{R^2}$$
$$\boxed{dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,dl}{R^2}}$$
$$B = \int dB = \int \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,dl}{R^2} \Rightarrow \boxed{B = \frac{\mu_0 N I}{2R}}$$

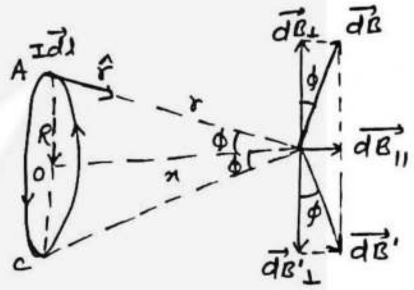
• सीधे धारावाही चालक के कारण चुंबकीय क्षेत्र या चुंबकीय प्रेरण :



$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I(\vec{dx} \times \hat{r})}{r^2}$$
$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,dx\,\sin\theta}{r^2}$$
$$\sin\theta = \sin(90^\circ + \alpha) = \cos\alpha \;, \; \tan\alpha = \frac{x}{D} \Rightarrow x = R\tan\alpha$$

$$dx = R\sec^2\alpha\, d\alpha$$
$$r = R\sec\alpha$$
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{IR\sec^2\alpha\, d\alpha}{R^2\sec^2\alpha}\cos\alpha$$
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{R}\cos\alpha\, d\alpha$$
$$B = \int dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{R}\int\cos\alpha\, d\alpha$$

- वृत्तीय धारावाही कुंडली के अक्ष पर स्थित किसी बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र :



$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\vec{dl}\times\hat{r}}{r^2}$$
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl}{r^2}$$
$$B = \int dB_{\parallel} = \int dB\sin\phi$$
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r^2}\int_0^{2\pi R} dl\sin\phi$$
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{r^2}\sin\phi\, 2\pi R$$
$$\left(\because \sin\phi = \frac{R}{r},\ r = \sqrt{R^2+x^2}\right)$$
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{(R^2+x^2)}2\pi R\frac{R}{(R^2+x^2)^{1/2}}$$
$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2+x^2)^{3/2}}}$$

- ऐम्पियर का परिपथीय नियम (Amphere's Circuital Law):

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \Rightarrow B\times 2\pi R = \mu_0 I$$
$$\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}\oint dl = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}\times 2\pi R$$
$$\boxed{\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 I}$$

- ऐम्पियर के परिपथीय नियम के अनुप्रयोग :

- **अनंत लंबाई के सीधे धारावाही तार के कारण चुंबकीय क्षेत्र**

- जब बिंदु धारावाही तार के बाहर स्थित है:

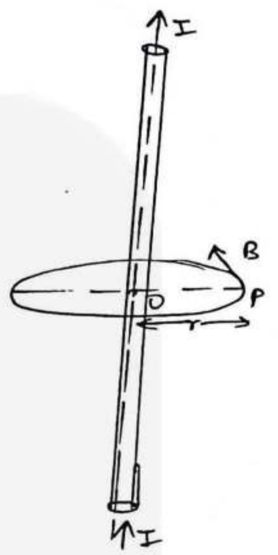
$$\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 \Sigma I$$

$$\oint B\,dl\cos 0 = \mu_0 I$$

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

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

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



- जब बिंदु धारावाही तार की सतह पर हो:

$$r = R$$

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

- जब बिंदु तार के भीतर हो:

$$\Sigma I = \frac{I(\pi r^2)}{\pi R^2} = \frac{I r^2}{R^2}$$

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

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

- **धारावाही परिनालिका के कारण चुंबकीय क्षेत्र:**

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

$$\int_a^b \vec{B}\cdot\vec{dl} + \int_b^c \vec{B}\cdot\vec{dl} + \int_c^d \vec{B}\cdot\vec{dl} + \int_d^a \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 (nhI)$$

$$\int_a^b \vec{B}\cdot\vec{dl} = \int_0^h B\cdot dl\cdot\cos 0 = B\cdot h$$

$$\int_b^c \vec{B}\cdot\vec{dl} = \int_b^c B\cdot dl\cdot\cos 90^\circ = 0$$

$$\int_c^d \vec{B}\cdot\vec{dl} = 0$$

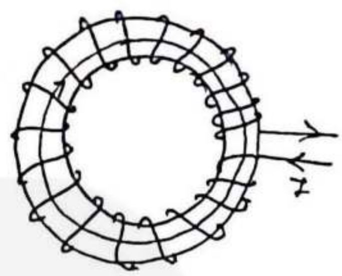
$$\int_d^a \vec{B}\cdot\vec{dl} = \int_d^a B\cdot dl\cdot\cos 90^\circ = 0$$

$$Bh = \mu_0 n h I \Rightarrow B = \mu_0 n I = \mu_0 \frac{NI}{l}$$

$$\boxed{B = \mu_0 \frac{NI}{l}}$$

• टोरॉइड द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र :

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



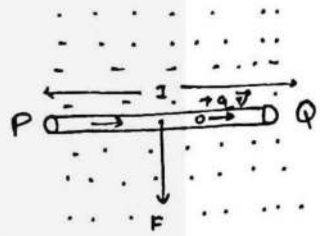
$$B \cdot 2\pi R = \mu_0 N I$$

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

• चुंबकीय क्षेत्र में धारावाही चालक पर कार्यकारी बल :

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

$$F_m = qvB \sin 90^\circ = qvB$$



$$n = Nl$$

$$F = Nl\,qvB$$

$$I = Nvq$$

$$F = IlB$$

$$F = IlB \sin\theta$$

$$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B})$$

• फ्लेमिंग के बाएँ हाथ का नियम।

यदि बाएँ हाथ का अँगूठा, तर्जनी तथा मध्यमा की अँगुली परस्पर लंबवत फैलाई जाएँ और यदि मध्य की अँगुली से धारा I की दिशा एवं तर्जनी से चुंबकीय क्षेत्र B की दिशा निरूपित हो तो अँगूठे से चालक पर लगनेवाले बल F की दिशा निरूपित होती है।

VIDYAKUL

• चुंबकीय क्षेत्र में धारा लूप पर बल - अपूर्ण!

$$\tau = IAB\sin\alpha$$

$$\tau = NIAB\sin\alpha$$

$$\boxed{\vec{\tau} = NI\vec{A}\times\vec{B}}$$

$$\vec{\tau} = \vec{m}\times\vec{B}$$

$$\vec{m} = NI\vec{A}$$

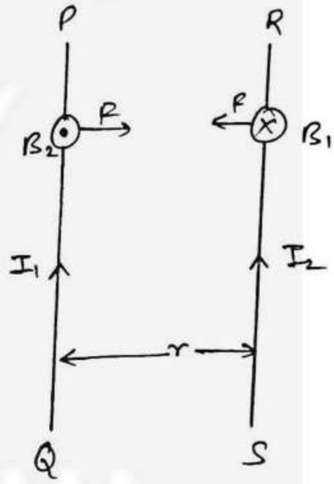
• दो समांतर धारावाही चालकों के बीच बल :

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

$$\frac{F}{l} = B_1 I_2$$

$$\boxed{\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I_1I_2}{r}}$$

$$\boxed{\frac{F}{l} = \frac{2I_1I_2}{r}\times 10^{-7}\,Nm^{-1}}$$



इसी प्रकार,

$$\frac{F}{l} = \frac{2I_1I_2}{r}\times 10^{-7}\,Nm^{-1} = B_2 I_1$$

• ऐम्पियर की परिभाषा :

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I_1I_2}{r}$$

चूँकि $\mu_0 = 4\pi\times 10^{-7}\,Hm^{-1}$, यदि $I_1 = I_2 = 1\,A$, $r = 1\,m$ मान लिया तो

$$\boxed{F = 2\times 10^{-7}\,Nm^{-1}}$$ होगा।

एक ऐम्पियर प्रबलता की विद्युत-धारा वह स्थायी धारा है जो वायु अथवा निर्वात में एक-दूसरे से एक मीटर की दूरी पर स्थित दो लंबे, सीधे व समांतर चालकों से प्रवाहित होने पर, उनके बीच $2\times 10^{-7}\,Nm^{-1}$ का बल उत्पन्न कर देती है।

विद्युतीय यंत्र

• चल - कुंडली या निलंबित कुंडली गैलवेनोमीटर :

कुंडली के प्रत्येक फेरे पर विक्षेपक बलयुग्म का आघूर्ण या टॉर्क = एक बल × दोनों बलों के बीच लंबिक दूरी।

एक बल $= I l B$

$\therefore$ विक्षेपक टॉर्कयुग्म $= I l B \times b = IBA$ $\qquad (\because l \times b = A)$

नियंत्रक टॉर्क $= c\theta$

संतुलन की अवस्था में, $N \times IBA = c\theta$

$$I = \frac{c}{NBA}\theta$$

$$\boxed{I = k\theta} \qquad \left(k = \frac{c}{NBA}\right)$$

• लैंप और स्केल $\underset{I \propto \theta}{}$ की व्यवस्था -

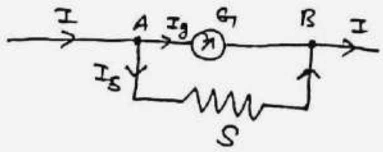
$$I = \frac{c}{NBA}\frac{d}{2D} = k\frac{d}{2D}$$

• चल - कुंडली गैलवेनोमीटर की धारा - सुग्राहिता -

$$I = \frac{c}{NBA}\theta$$

$$\frac{\theta}{I} = \frac{NBA}{c}$$

• शंट (Shunt):



$$I = I_g + I_s$$

$V = G \times I_g$ तथा $V = S \times I_s$

$\therefore \frac{I_s}{I_g} = \frac{G}{S}$ तथा $\frac{I_s}{I_g} + 1 = \frac{G}{S} + 1$

या $\frac{I_s + I_g}{I_g} = \frac{G+S}{S}$ या $\frac{I}{I_g} = \frac{G+S}{S}$

$$\boxed{I_g = \frac{S}{S+G} I}$$

$\frac{I_g}{I_s} = \frac{S}{G}$ $\quad \therefore \frac{I_g}{I_s} + 1 = \frac{S}{G} + 1$ या $\frac{I_g + I_s}{I_s} = \frac{S+G}{G}$

या $\frac{I}{I_s} = \frac{S+G}{G} \Rightarrow \boxed{I = \frac{G}{S+G} I}$

$$I_g = \frac{S}{S+G} I \Rightarrow I_g = \frac{I}{n} \quad \therefore \frac{I}{n} = \frac{S}{S+G} I$$

$S+G = nS$ या $S(n-1) = G$

$$\Rightarrow \boxed{S = \frac{G}{n-1}}$$

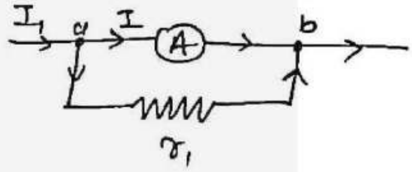
- ~~ऐमीटर~~ (Ammeter):
- ऐमीटर की माप-सीमा की वृद्धि :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r_1} = \frac{r_1 + r}{r_1 r} \quad \text{या} \quad R = \frac{r_1 r}{r_1 + r}$$

ऐमीटर के सिरों a और b के बीच विभवांतर $= I_1 R_1$

$$= I \frac{r r_1}{r + r_1}$$

$$I = I_1 \frac{r r_1}{r_1 + r} \cdot \frac{1}{r}$$



$$I(r_1 + r) = I_1 r_1$$

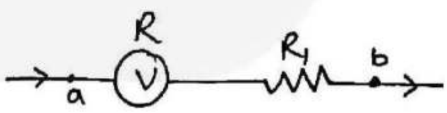
$$r_1 (I_1 - I) = I r$$

$$r_1 = \frac{I r}{I_1 - I}$$

$$\frac{I r}{n I - 1} = \frac{r}{n-1}$$

- वोल्टमीटर (Voltmeter):
- वोल्टमीटर की माप-सीमा की वृद्धि :

$$I = \frac{V_1}{R + R_1}$$



$\frac{V}{R} = \frac{V_1}{R+R_1}$ या $VR + VR_1 = V_1 R$

$R(V_1 - V) = VR_1$ या $R_1 = \frac{R(V_1 - V)}{V}$

$$\boxed{\frac{R(nV - V)}{V} = R(n-1)}$$

(अगर $\frac{V_1}{V} = n$ हो)

- ऐमीटर और वोल्टमीटर की तुलना :

VIDYAKUL

एमीटर	वोल्टमीटर
• यह किसी विद्युत - परिपथ में धारा की प्रबलता को एम्पियर में मापता है।	• यह किसी विद्युत -परिपथ में किन्हीं दो बिंदुओं के बीच विभवांतर को वोल्ट में मापता है।
• यह विद्युत - परिपथ के श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है।	• यह विद्युत - परिपथ के समांतरक्रम में जोड़ा जाता है।
• इसका स्केल एम्पियर में अंकित रहता है।	• इसका स्केल वोल्ट में अंकित रहता है।
• यह एक गैल्वेनोमीटर है, जिसके समांतरक्रम में कम मान का एक प्रतिरोध, अर्थात शंट लगा होता है ताकि इसका तुल्य प्रतिरोध बहुत कम हो।	• यह एक गैल्वेनोमीटर है, जिसके श्रेणीक्रम में उच्च मान का प्रतिरोध लगाया जाता है ताकि इसका तुल्य प्रतिरोध बहुत अधिक हो जाए।

• **धारा - सुग्राहिता एवं वोल्टेज - सुग्राहिता :**

किसी एमीटर की **धारा - सुग्राहिता** की माप उससे प्रवाहित "प्रति एकांक धारा द्वारा उत्पन्न विक्षेप" से की जाती है।

$$\text{धारा - सुग्राहिता} = \frac{\text{विक्षेप } (\theta)}{\text{धारा } (I)} = \frac{NAB}{c}$$

किसी वोल्टमीटर की **वोल्टेज - सुग्राहिता** की माप उसके टर्मिनल के बीच "प्रति एकांक वोल्टेज द्वारा उत्पन्न विक्षेप" से की जाती है।

$$\text{वोल्टेज - सुग्राहिता} = \frac{\text{विक्षेप } (\theta)}{\text{विभवांतर } (V)}$$

$$\theta = \frac{NABI}{c}$$

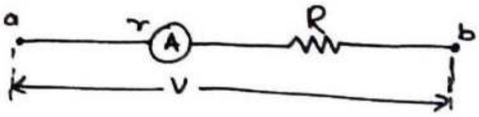
$$\text{वोल्टेज - सुग्राहिता} = \frac{\theta}{V} = \frac{NABI}{c} \cdot \frac{1}{V} = \frac{NAB}{c} \cdot \frac{1}{R}$$

• **एमीटर एवं वोल्टमीटर का अंतरबदल:**

• **एमीटर को वोल्टमीटर में बदलना :**

एमीटर को वोल्टमीटर में बदलने के लिए इसके श्रेणीक्रम में उचित मान का उच्च प्रतिरोध जोड़ दिया जाता है और स्केल का अंशांकन वोल्ट में कर दिया जाता है।

$$I = \frac{V}{R+r} \quad \text{या} \quad r+R = \frac{V}{I}$$



$$\Rightarrow \boxed{R = \frac{V}{I} - r}$$

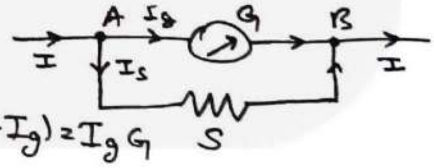
- **वोल्टमीटर को एमीटर में बदलना:**

एक वोल्टमीटर को एमीटर में बदलने के लिए वोल्टमीटर के समांतरक्रम में कम प्रतिरोध जोड़ दिया जाता है और इसके स्केल को एम्पियर में अंकित कर दिया जाता है।

- **गैल्वेनोमीटर का एमीटर में परिवर्तन:**

यदि गैल्वेनोमीटर के समांतरक्रम में बहुत कम प्रतिरोध के एक मोटे तार को शंट के रूप में जोड़ दिया जाए जिससे गैल्वेनोमीटर से होकर कम-से-कम धारा प्रवाहित हो और धारा का अधिक भाग शंट से होकर गुजरे, तो इसका व्यवहार एमीटर के रूप में किया जा सकता है।

$$I_g = \frac{S}{S+G} I$$



$$I_g (S+G) = IS \Rightarrow S(I-I_g) = I_g G$$

$$\Rightarrow \boxed{S = \frac{I_g G}{I - I_g}}$$

- **गैल्वेनोमीटर का वोल्टमीटर में परिवर्तन:**

गैल्वेनोमीटर का व्यवहार वोल्टमीटर के रूप में करने के लिए इसके श्रेणीक्रम मे बाह्य रूप से उपयुक्त उच्च प्रतिरोध जोड़ दिया जाता है।

$$I_g = \frac{V}{R+G} \Rightarrow R + G = \frac{V}{I_g} \Rightarrow \boxed{R = \frac{V}{I_g} - G}$$