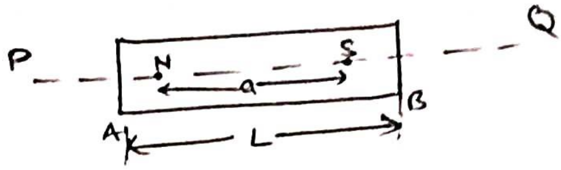
चुंबकीय क्षेत्र

• **चुंबक के गुण:**

चुंबक को दो विशिष्ट गुणों से परिभाषित किया जाता है -

• आकर्षण गुण
• दैशिक गुण



• चुंबकीय याम्योत्तर:

किसी स्थान पर चुंबकीय याम्योतर वैसा काल्पनिक ऊर्ध्वाधर तल है जो उस स्थान स्वतंत्र रूप से ~~निलि~~ निलंबित चुंबक के चुंबकीय अक्ष से होकर गुजरता है।

• **चुंबकीय बलों के मौलिक नियम:**

$$F \propto P_1 P_2$$

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

$$F \propto \frac{P_1 P_2}{r^2}$$

$$F = k \frac{P_1 P_2}{r^2}$$

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

$$\boxed{F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P_1 P_2}{r^2}}$$ ($\because \mu_0 =$ चुंबकशीलता)

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \Rightarrow \mu = \mu_r \mu_0$$

$$F = \frac{\mu_0 \mu_r}{4\pi} \frac{P_1 P_2}{r^2}$$

हवा के लिए $\mu_r = 1$

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P_1 P_2}{r^2} \Rightarrow \boxed{\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P_1 P_2}{r^2} \hat{r}}$$

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} N$$

एकांक ध्रुव वह ध्रुव है जो अपने समान प्राबल्य के सजातीय ध्रुव से निर्वात या हवा में एकांक दूरी (1m) से विलग रखने पर 10^{-7} N के प्रतिकर्षण बल का अनुभव करता है।

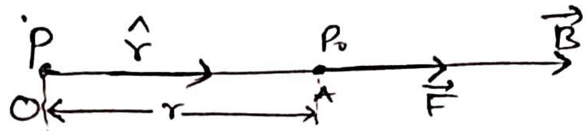
ध्रुव प्राबल्य का SI मात्रक ऐम्पियर मीटर (Am) होता है।

• **चुंबकीय क्षेत्र:**

$$\boxed{\vec{B} = \frac{\vec{F}}{p_0}}$$

किसी बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र संख्यात्मक रूप से, उस बिंदु पर प्रति एकांक परिक्षण ध्रुव पर लगनेवाला बल है।

$$\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{p\, p_0}{r^2} \hat{r}$$

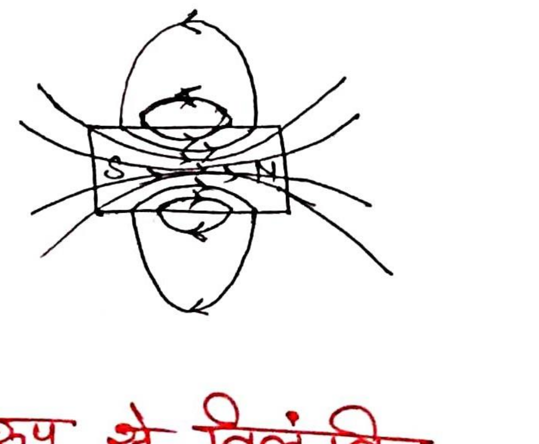


$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{p}{r^2} \hat{r}}$$

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{p}{r^2} \hat{r}$$

• **चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ:**

चुंबकीय क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ वैसे संतत काल्पनिक बंद वक्र हैं जो चुंबक के उत्तरी ध्रुव तक आते हैं।

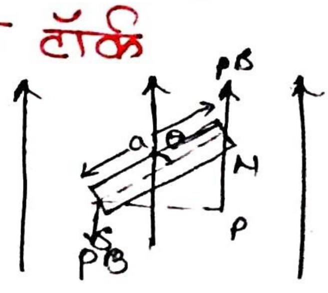


• **एकसमान चुंबकीय क्षेत्र में स्वतंत्र रूप से निलंबित चुंबक पर कार्यकारी बलयुग्म का आघूर्ण या टॉर्क**

$$\tau = pB \times SP = pB \times NS \times \frac{SP}{NS}$$

$$\tau = pB \times a\sin\theta = (pa)B\sin\theta = mB\sin\theta$$

τ = एक बल × बलों के बीच लाम्बिक दूरी



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

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

• चुंबकीय द्विध्रुव तथा धारा लूप:

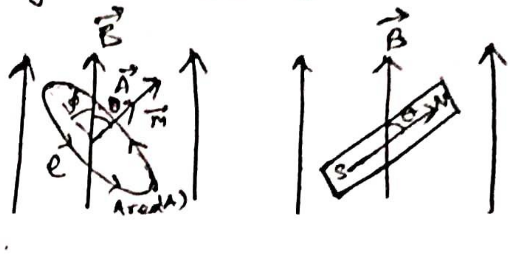
$$\tau = IAB\cos\phi$$

$$\phi = \frac{\pi}{2} - \theta \text{ और } \cos\phi = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = \sin\theta$$

$$\tau = IAB\sin\theta$$

$$\vec{\tau} = I\vec{A} \times \vec{B}$$

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



एकल उत्तरी या दक्षिणी ध्रुव नहीं होते हैं; वे हमेशा द्विध्रुव के रूप में ही प्राप्त किए जाते हैं;

विद्युत-आवेशों की गति ही चुंबकीय प्रभावों का मूल कारण है।

• परमाणु के कक्षीय इलेक्ट्रॉन का चुंबकीय द्विध्रुव-आघूर्ण चुंबकीय अनुपात तथा बोर मैग्नेटॉन:

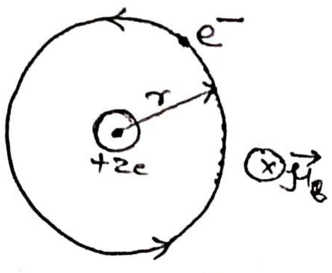
$$I = \frac{e}{T}$$

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

$$\text{तुल्य विद्युत धारा}(I) = \frac{e}{T} = \frac{ev}{2\pi r}$$

$$\mu_l = \text{धारा} \times \text{लूप में निहित क्षेत्रफल}$$

$$= I \times \pi r^2 = \left(\frac{ev}{2\pi r}\right)(\pi r^2)$$



$$\mu_l = \frac{evr}{2}$$

$$\mu_l = \frac{e(m_e v r)}{2m_e} = \frac{el}{2m_e}$$

$$\vec{\mu}_l = -\frac{e\vec{l}}{2m_e}$$

घूर्ण चुंबकीय अनुपात :-

$$\frac{\mu_l}{l} = \frac{e}{2m_e}$$

$$= \frac{(1.6 \times 10^{-19} C)}{2 \times (9.1 \times 10^{-31} kg)}$$

$$\text{घूर्ण चुंबकीय अनुपात} = 8.8 \times 10^{10}\, C\, kg^{-1}$$

बोर मैग्नेट्रॉन :

$$l = \frac{nh}{2\pi} \qquad (\because n = 1, 2, 3, \ldots)$$

h = प्लांक - नियतांक $= 6.63 \times 10^{-34}\, Js.$

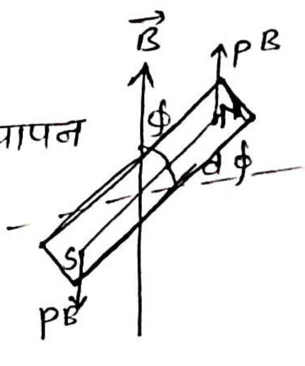
$$\mu_l = \frac{el}{2m_e} = \frac{e}{2m_e}\left(\frac{nh}{2\pi}\right) = \frac{neh}{4\pi m_e}$$

$$(\mu_l)_{min} = \frac{eh}{4\pi m_e} = \frac{(1.6 \times 10^{-19} C) \times (6.63 \times 10^{-34} Js)}{4 \times 3.14 \times (9.1 \times 10^{-31} kg)}$$

$$(\mu_l)_{min} = 9.28 \times 10^{-24}\, Am^2$$

- चुंबकीय क्षेत्र में चुंबक के विक्षेपण में किया गया कार्य :

$$\tau = mB\sin\phi$$



dW = बलयुग्म - आघूर्ण $\times$ कोणीय विस्थापन

$$dW = mB\sin\phi\, d\phi$$

$$W = \int dW = \int_0^\theta mB\sin\phi\, d\phi$$

$$W = mB[-\cos\phi]_0^\theta = mB[\cos\phi]_\theta^0$$

$$W = mB(\cos 0 - \cos\theta) = mB(1 - \cos\theta)$$

$$\boxed{W = mB(1 - \cos\theta)}$$

- एकसमान चुंबकीय क्षेत्र में चुंबकीय द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा :

$$W = mB(1 - \cos\theta)$$

$$W(\theta_1) = mB(1 - \cos\theta_1)$$

$$W(\theta_2) = mB(1 - \cos\theta_2)$$

$$\Delta W = W(\theta_2) - W(\theta_1) = (-mB\cos\theta_2) - (-mB\cos\theta_1)$$

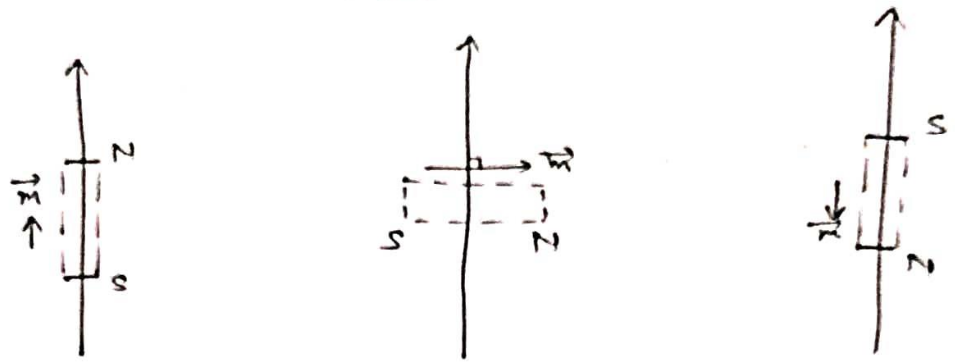
$\Delta W =$ अंतिम स्थितिज ऊर्जा − प्रारंभिक स्थितिज ऊर्जा

$$\Delta W = U(\theta_2) - U(\theta_1)$$

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

$$U(\theta) = -mB\cos\theta$$

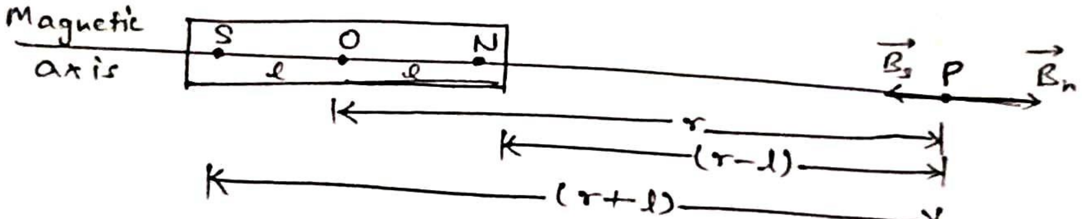
$$U(\theta) = -\vec{m}\cdot\vec{B}$$



$\theta = 0°$ $\qquad$ $\theta = 90°$ $\qquad$ $\theta = 180°$

$U = -mB$ $\qquad$ $U = 0$ $\qquad$ $U = +mB$

- **अक्षीय स्थिति में किसी चुंबक का चुंबकीय क्षेत्र :**



$$B_n = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{P}{NP^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{P}{(r-l)^2}$$

$$B_s = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{P}{SP^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{P}{(r+l)^2}$$

$$B_e = B_n - B_s = \frac{\mu_0}{4\pi}P\left[\frac{1}{(r-l)^2} - \frac{1}{(r+l)^2}\right]$$

$$B_e = \frac{\mu_0}{4\pi}P\frac{4rl}{(r^2-l^2)^2}$$

$$B_e = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2mr}{(r^2-l^2)^2} \qquad (\because P\times 2l = m)$$

परिणामी चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B_e}$, N से P की दिशा में होगा, अर्थात चुंबक के आघूर्ण ($\vec{m}$) के अनुदिश होगा।

$$\boxed{\vec{B_e} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\vec{m}r}{(r^2-l^2)^2}}$$

$(\because r >>> l)$

$$\vec{B_e} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\vec{m}r}{r^4} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\vec{m}}{r^3}$$

$$\vec{B_e} \propto \frac{1}{r^3}$$

- **निरक्षीय स्थिति में किसी चुंबक का चुंबकीय क्षेत्र:**

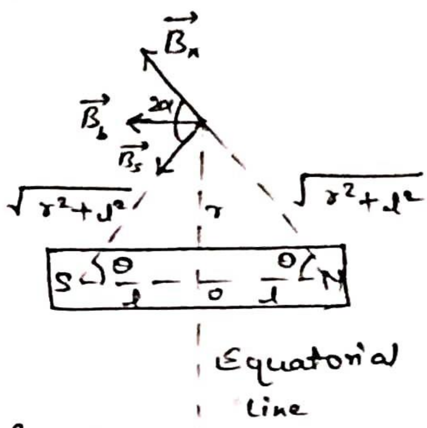
$$PS^2 = OP^2 + SO^2$$

$$PS = \sqrt{OP^2+SO^2} = \sqrt{r^2+l^2}$$

$$PN = \sqrt{OP^2+ON^2} = \sqrt{r^2+l^2}$$

$$B_n = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{P}{PN^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{P}{(r^2+l^2)}$$

$$B_s = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{P}{PS^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{P}{(r^2+l^2)}$$



परिणामी चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B_b}$ की दिशा चुंबकीय अक्ष NS के समांतर N से S की ओर होगी।

$$B_b = B_n \cos\alpha + B_s \cos\alpha = 2B_n\cos\theta \qquad (\because B_n = B_s \text{ तथा } \alpha = \theta)$$

$$B_b = 2\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{P}{(r^2+l^2)}\frac{l}{\sqrt{r^2+l^2}} \qquad \left(\because \cos\theta = \frac{ON}{NP} = \frac{SO}{NP} = \frac{l}{\sqrt{r^2+l^2}}\right)$$

$$\therefore \quad B_b = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{m}{(r^2+l^2)^{3/2}} \qquad (\because P \times 2l = m)$$

$$\boxed{\vec{B_b} = -\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\vec{m}}{(r^2+l^2)^{3/2}}}$$

$$B_b = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{m}{(r^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{m}{r^3} \qquad (\because r >>> l)$$

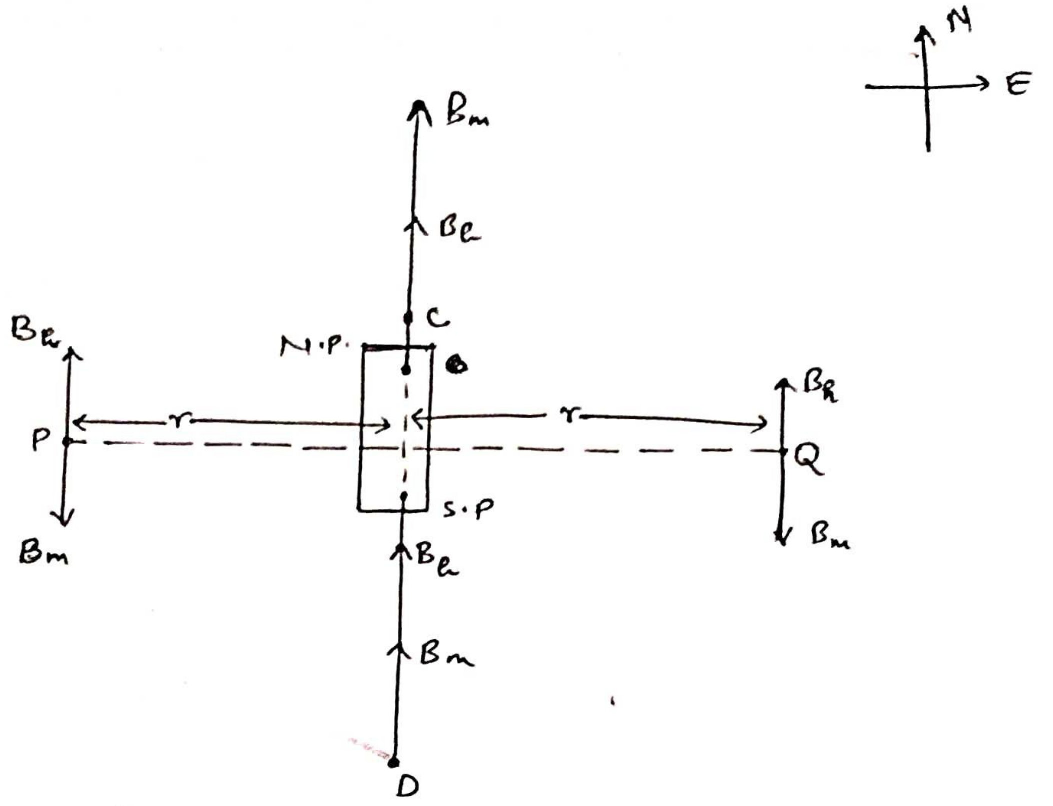
$$B_b \propto \frac{1}{r^3}$$

- **उदासीन बिंदु:**

अवस्था -(i) यदि चुंबकीय याम्योत्तर में इस प्रकार रखा हो कि उसका उत्तरीय ध्रुव भौगोलिक उत्तर की ओर हो

चुंबक के उत्तरी ध्रुव को भौगोलिक उत्तर दिशा की ओर रखने पर उदासीन बिंदुओं की स्थिति निरक्षीय रेखा पर होती है।

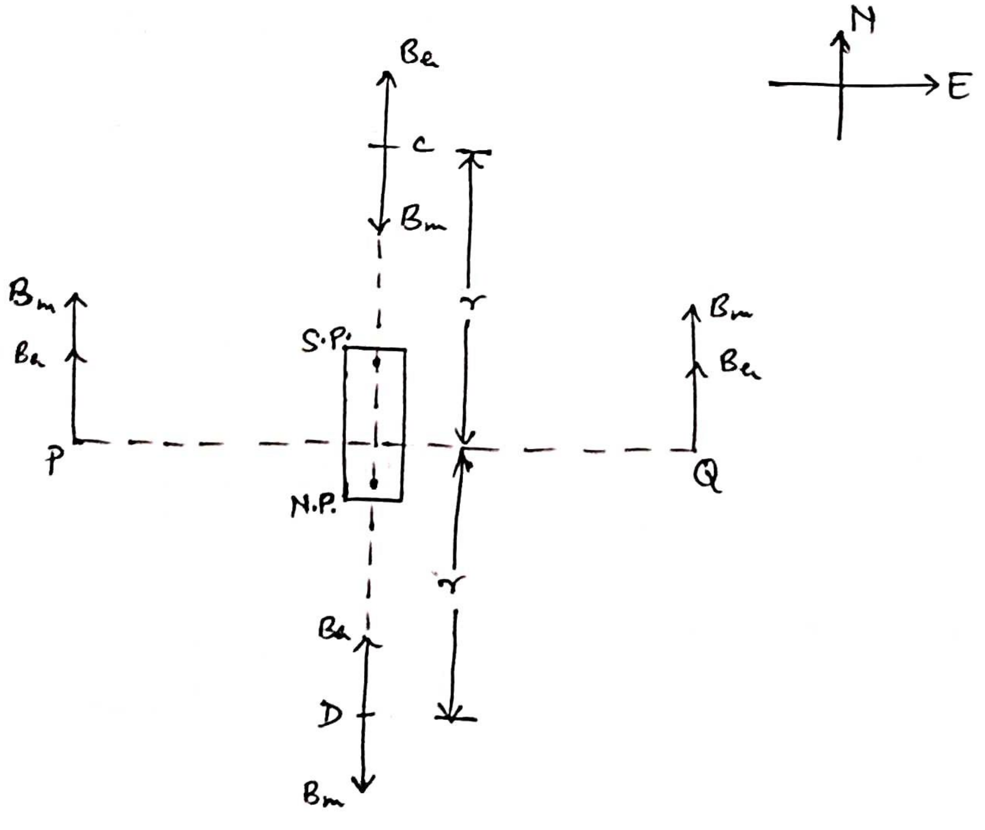
$$B_m = B_H = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{m}{(r^2+l^2)^{3/2}}$$



अवस्था -(ii): यदि चुंबक को चुंबकीय याम्योत्तर में इस प्रकार रखा जाए कि उसका उत्तरी ध्रुव भौगोलिक दक्षिण की ओर हो।

चुंबक के उत्तरी ध्रुव को भौगोलिक दक्षिण दिशा की ओर रखने पर उदासीन बिंदुओ की स्थिति अक्षीय रेखा पर होती है।

$$B_m = B_e = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2mr}{(r^2-l^2)^2}$$



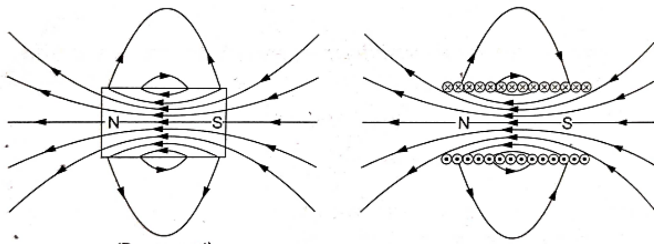
• छड़ चुंबक का एक धारावाही परिनालिका जैसा आचरण:

$$\vec{m} = N I \vec{A}$$

N = फेरों की कुल संख्या

I = प्रवाहित विद्युत-धारा

$\vec{A}$ = क्षेत्रफल सदिश



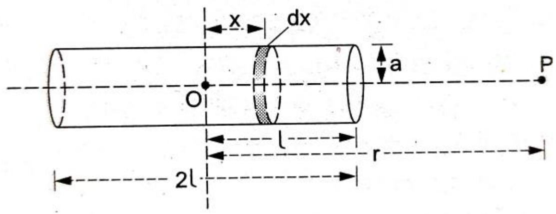
(Bar magnet) (Solenoid)

एकांक लंबाई में फेरों की संख्या $(n) = N/2l$

वृत्ती काट की त्रिज्या = a

परिनालिका की लंबाई = 2l

फेरों की कुल संख्या = N



$$dB = \frac{\mu_0 (n\,dx) I a^2}{2[(r-x)^2 + a^2]^{3/2}}$$

$$[(r-x)^2 + a^2]^{3/2} = (r^2)^{3/2} = r^3 \qquad (\because a \ll r \text{ तथा } 2l \lll r)$$

$$dB = \frac{\mu_0 n I a^2 dx}{2r^3}$$

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 n I a^2}{2r^3} \int_{-l}^{l} dx = \frac{\mu_0 n I a^2 2l}{2r^3}$$

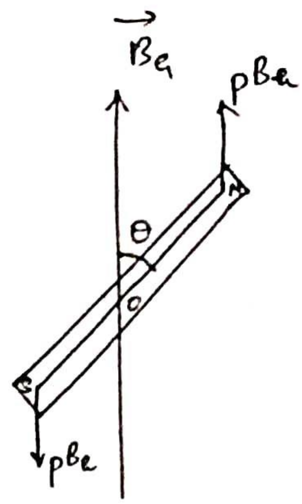
$$B = \frac{\mu_0 (N/2l) I a^2 2l}{2r^3} = \frac{\mu_0 N I a^2}{2r^3}$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2NI\pi a^2}{r^3}$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0}{4\pi} \times \frac{2NIA}{r^3}}$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2m}{r^3}} \qquad (\because m = NIA)$$

• एक समान चुंबकीय क्षेत्र में दोलनशील चुंबक के आवर्तकाल का व्यंजक :



$$\tau = -mB_e \sin\theta$$

$$\tau = I\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

I = धागे के पाशित चुंबक का जड़त्व-आघूर्ण

$\frac{d^2\theta}{dt^2}$ = कोणीय त्वरण

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -mB_e\sin\theta = -mB_e\theta$$

($\because$ θ (रेडियन में) के छोटे मान के लिए $\sin\theta \approx \theta$)

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{-mB_e\theta}{I}$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} \propto -\theta$$

कोणीय त्वरण $\propto$ - कोणीय विस्थापन

त्वरण = $-\omega^2$ विस्थापन

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\omega^2\theta$$

कोणीय आवृत्ति = $\omega = \frac{2\pi}{T}$

आवर्तकाल = T

$$\omega^2 = \frac{mB_e}{I} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{mB_e}{I}} \text{ या } \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{mB_e}{I}}$$

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mB_e}}}$$

चुंबक या चुंबकीय सुई का चुंबकीय आघूर्ण = m

पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक = B_e

निलंबन-धागा = I

नोट : यदि चुंबक का आकार बेलनकार हो तो

$$I = \omega\left(\frac{l^2}{12} + \frac{R^2}{4}\right)$$

ω = चुंबक का द्रव्यमान, l = लंबाई, R = त्रिज्या

पदार्थ के चुंबकीय गुण : पार्थिव चुंबकत्व

• चुंबकीय प्रेरण :

चुंबकीय पदार्थों में बाहरी चुंबकीय क्षेत्र के प्रभाव से चुंबकीय आघूर्ण के इस प्रकार प्रेरित होने की घटना को चुंबकीय प्रेरण कहा जाता है।

• चुंबकन :

पदार्थ के प्रति एकांक आयतन में निहित परिणामी चुंबकीय आघूर्ण - सदिश का परिणाम उस बिंदु पर चुंबकन कहलाता है।

अतः, परिभाषा के अनुसार,

$$\boxed{\vec{M} = \frac{\vec{m}}{V}}$$

जहाँ $\vec{m}$ = चुंबकीय आघूर्ण,
V = आयतन

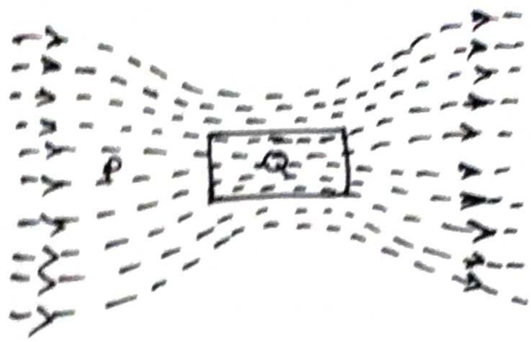
$$M = \frac{PL}{AL} = \frac{P}{A} = \frac{\text{ध्रुव - प्राबल्य}}{\text{अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल}}$$

किसी पदार्थ का चुंबकन उसके प्रति एकांक अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल के ध्रुव प्राबल्य का परिणाम है।

चुंबकन का SI मात्रक एम्पियर मीटर$^{-1}$ (Am^{-1}) होता है।

• **चुंबकीय तीव्रता :**

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_m$$
$$\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H}$$
$$\vec{B}_M = \mu_0 \vec{M}$$
$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M})$$



$$\boxed{\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}}$$

चुंबकीय तीव्रता एक सदिश राशि है तथा इसका SI मात्रक है ऐम्पियर मीटर$^{-1}$ ($A m^{-1}$)।

• **चुंबकशीलता :**

किसी चुंबकीय पदार्थ की चुंबकशीलता, पदार्थ में उत्पन्न कुल चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ तथा चुंबकीय तीव्रता $\vec{H}$ की निष्पत्ति के बराबर होती है।

अर्थात, चुंबकशीलता $\mu = \frac{B}{H}$

$$B = \mu H$$

$$\boxed{\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}} \Rightarrow \mu = \mu_0 \mu_r$$

आपेक्षिक चुंबकशीलता के ही संदर्भ में पदार्थों को तीन वर्गों मे बाँटा गया है - प्रतिचुंबकीय, अनुचुंबकीय एवं लौहचुंबकीय पदार्थ।

• **चुंबकीय प्रवृत्ति :**

$$\boxed{\chi_M = \frac{M}{H}}$$

किसी पदार्थ की चुंबकीय प्रवृत्ति एकांक चुंबकीय तीव्रता के कारण उस पदार्थ में उत्पन्न चुंबकन के बराबर होती है।

• चुंबकीय प्रवृत्ति (χ_m) एवं आपेक्षिक चुंबकशीलता (μ_r) के बीच संबंध :

$$\mu \vec{H} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M}$$

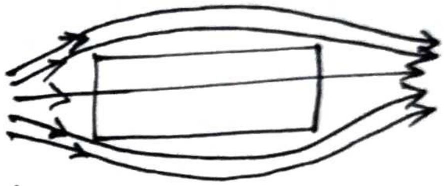
$$\frac{\mu}{\mu_0}\vec{H} = \vec{H} + \vec{M} \qquad \left(\because \mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}\right)$$

$$\mu_r = 1 + \frac{M}{H}$$

$$\boxed{\mu_r = 1 + \chi_m} \qquad \left(\because \chi_m = \frac{M}{H}\right)$$

• प्रतिचुंबकीय, अनुचुंबकीय और लौहचुंबकीय पदार्थ:

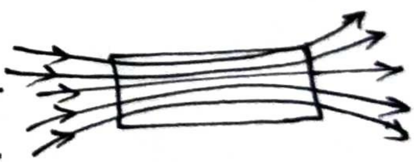
(•) प्रतिचुंबकीय :



वैसे पदार्थ प्रतिचुंबकीय होते हैं जिन्हें बाह्य चुंबकीय क्षेत्र में अधिक प्रबलता वाले भाग से कम प्रबलता वाले भाग की ओर जाने की प्रवृत्ति होती है।

प्रतिचुंबकीय पदार्थों की चुंबकीय प्रवृत्ति संख्या में एकांक से कम, लेकिन चिह्नतः ऋणात्मक होती है।

• अनुचुंबकत्व :



वैसे पदार्थ अनुचुंबकीय होती हैं जो चुंबकीय क्षेत्र में रखे जाने पर हल्का चुंबकत्व प्राप्त कर लेते हैं तथा उन्हें क्षीण चुंबकीय क्षेत्र से प्रबल क्षेत्र की ओर जाने की प्रवृत्ति होती है।

$$M = C\frac{B_0}{T} \qquad (\because B_0 = \mu H)$$

$$\boxed{\chi = \frac{C\mu_0}{T}} \qquad (\because M = \chi H)$$

• लौह-चुंबकत्व :

कुछ पदार्थ ऐसे भी होते हैं जिनकी चुंबकीय प्रवृत्ति (x_m) तो धनात्मक होती ही है, अनुचुंबकीय पदार्थों की तुलना में इनका मान बहुत अधिक (1,200 से 12,000 तक) होता है।

• ताप का प्रभाव :

$$x = \frac{C}{T - T_c}$$

C = क्यूरी ताप

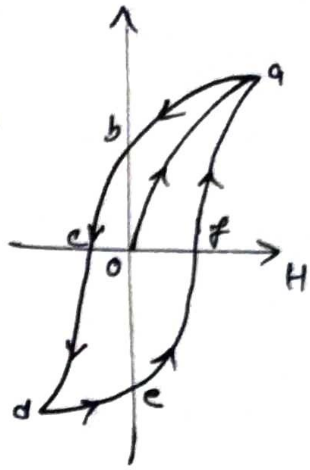
T_c = क्यूरी बिंदु

• प्रतिचुंबकीय, अनुचुंबकीय एवं लौहचुंबकीय पदार्थों का तुलनात्मक अध्ययन :

प्रतिचुंबकीय	अनुचुंबकीय	लौहचुंबकीय
• चुंबकीय क्षेत्र के तीव्र भाग में इनपर मंद विकर्षण होता है।	• लौहचुंबकीय पदार्थों की तुलना इनमें आकर्षण कम होता है।	• चुंबकीय क्षेत्र का आकर्षण बहुत ही प्रबल होता है।
• इनकी अपेक्षिक चुंबकशीलता (μ_r) एकांक कम होती है।	• इनकी अपेक्षित चुंबकशीलता एकांक से थोड़ी अधिक होती है।	• इनकी अपेक्षित चुंबकशीलता एकाक से बहुत होती है।
• इनकी चुंबकीय प्रवृत्ति (x_m) का मान छोटा और ऋणात्मक होता है।	• इनकी चुंबकीय प्रवृत्ति का मान छोटा और धनात्मक होता है।	• इनकी चुंबकीय प्रवृत्ति धनात्मक और बहुत बड़ी होती है।
• ताप के परिवर्तन से इनकी चुंबकीय प्रवृत्ति पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।	• इन पदार्थों की चुंबकीय प्रवृत्ति ताप के व्युत्क्रमानुपाती होती है। $x_m \propto \frac{1}{T}$ इसे क्यूरी नियम कहते हैं।	• ताप-वृद्धि से इनकी चुंबकीय प्रवृत्ति अनियमित और जटिल रूप से बदलती है।

• चुंबकीय शैथिल्य :

चुंबकीय तीव्रता H के शून्य हो जाने पर, पदार्थ में बचा हुआ चुंबकीय क्षेत्र Ob अवशिष्ट चुंबकत्व अथवा धारणशीलता B_r कहलाता है।



ऐसा वक्र जो किसी पदार्थ की चुंबकीय क्षेत्र B के पूर्ण परिवर्तन चक्र को प्रदर्शित करता है, शैथिल्य लूप कहलाता है।

• नर्म लोहे तथा इस्पात के चुंबकीय गुणों की तुलना:

• चुंबकशीलता :

चुंबकशीलता $\mu_r = B/H$ इस्पात की अपेक्षा नर्म लोहे के लिए अधिक होती है।

• धारणशीलता :

नर्म लोहे की धारणशीलता इस्पात की अपेक्षा अधिक होती है।

• निग्राहिता :

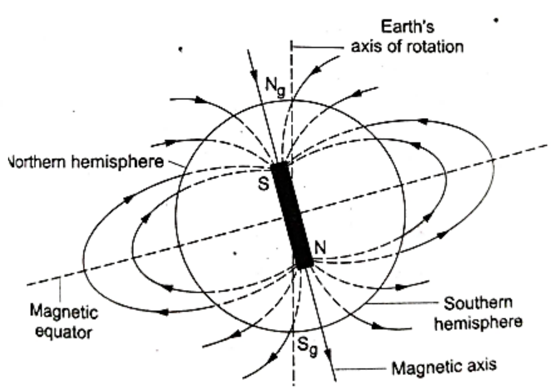
नर्म लोहे की निग्राहिता इस्पात की अपेक्षा होती है।

• शैथिल्य हानि :

चुंबकन के प्रत्येक चक्र में पदार्थ के एकांक आयतन में होनेवाली शैथिल्य हानि इस्पात की अपेक्षा नर्म लोहे के लिए कम होती है।

• पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र :

पृथ्वी के किसी स्थान पर इसके चुंबकीय क्षेत्र की दिशा से गुजरनेवाले ऊर्ध्वाधर तल को उस स्थान पर पृथ्वी का चुंबकीय याम्योत्तर कहते हैं।



किसी स्थान पर भौगोलिक अक्ष से गुजरनेवाले ऊर्ध्वाधर तल को भौगोलिक याम्योत्तर कहते हैं।

• पृथ्वी के चुंबकीय तत्व :

किसी स्थान पर पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के परिणाम और दिशा का पूर्ण ज्ञान जिन राशियों से प्राप्त होता है, उन्हें इस स्थान पर पृथ्वी के चुंबकीय तत्व कहते हैं। ये तत्व निम्नांकित हैं :—

1- दिक्पात
2- नति या नमन
3- पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक

$$B^2 = B_h^2 + B_v^2 \quad \therefore \boxed{B = \sqrt{B_h^2 + B_v^2}}$$

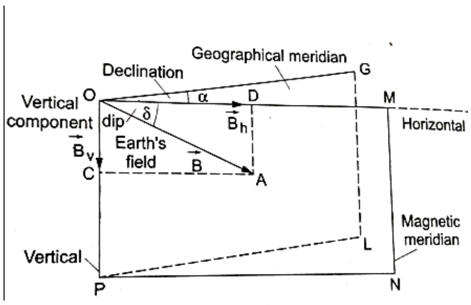
$$\cos\delta = \frac{B_h}{B} \quad \therefore \boxed{B = \frac{B_h}{\cos\delta}}$$

$$\tan\delta = \frac{B_v}{B_h} \quad \therefore \boxed{B_v = B_h \tan\delta}$$

• आभासी नमन और यथार्थ नमन में संबंध :

$$\tan\delta_1 = \frac{B_v}{B_{h_1}} = \frac{B_v}{B_h \cos\theta} \text{ (आभासी नमन)}$$

$$= \tan\delta \sec\theta$$



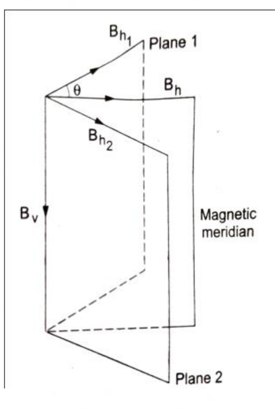
$$\cot\delta_1 = \frac{B_h}{B_v}\cos\theta$$

$$\cot^2\delta_1 = \frac{B_h^2}{B_v^2}\cos^2\theta$$

$$\tan\delta_2 = \frac{B_v}{B_{h_2}} = \frac{B_v}{B_h \sin\theta}$$

या $\cot\delta_2 = \frac{B_h}{B_v}\sin\theta$

$$\cot^2\delta_2 = \frac{B_h^2}{B_v^2}\sin^2\theta$$



$$\tan \delta = \frac{B_v}{B_h} \quad \text{(यथार्थ नमन)}$$

$$\cot^2 \delta = \frac{B_h^2}{B_v^2}$$

$$\cot^2 \delta_1 + \cot^2 \delta_2 = \frac{B_h^2}{B_v^2}(\cos^2\theta + \sin^2\theta) = \frac{B_h^2}{B_v^2}$$

$$\boxed{\cot^2 \delta_1 + \cot^2 \delta_2 = \cot^2 \delta}$$