इकाई -III धारा के चुंबकीय तथा चुंबकत्व

Chapter -0 5चुंबकत्व एवं द्रव्य

चुंबक(Magnet):- वह पदार्थ जो लोह पदार्थों को अपनी और आकर्षित करता है तथा स्वतंत्रता पूर्वक लटकाए जाने पर हमेशा भौगोलिक उत्तर दक्षिण दिशा में ठहरता है चुंबक कहलाता है।

- ☞ चुंबक शब्द यूनान के एक द्वीप "मैग्नीशिया" के नाम से उत्पन्न हुआ है जहां सबसे पहले चुम्बकीय अयस्को के भंडार मिले थे।
- ☞ प्राचीन काल में ग्रीस में एशिया माइनर के मैग्नीशिया में एक ऐसे पदार्थ की खोज हुई जिसमें लोहे, कोबाल्ट और निकल को आकर्षित करने की क्षमता थी। इस धात्विक पदार्थ को उचित स्थान के नाम पर मैग्नेटाइट तथा इस परिघटना को चुंबकत्व कहा गया।
- ☞ इसे स्वतंत्रता पूर्वक लटकाने पर यह उत्तर दक्षिण दिशा में ठहरता है अतः दिशा बताने के कारण इसे दिख सूचक पत्थर भी कहा गया।
- ☞ चुम्बक का रासायनिक नाम फेरस ऑक्साइड (Fe_3O_4) होता है।
- ☞ चुंबक काले भूरे रंग की प्राकृतिक पदार्थ है जिसे ब्लैक स्टोन (Black Stone)या लोड स्टोन (Lode stone) या लिडिंग स्टोन (Leading Stone)या किसिंग स्टोन(kissing stone) के नाम से भी जाना जाता है।

❖ चुंबक के प्रकार :- मुख्यतः चुंबक दो प्रकार के होते हैं।

1. प्राकृतिक चुंबक(Natural magnate)
2. कृत्रिम चुंबक(Artificial magnate)

1. प्राकृतिक चुंबक (Natural magnate):- वह चुंबक जो प्रकृति से प्राप्त अयस्क Fe_3O_4 जिसे मैग्नेटाइट कहते हैं से बनी होती है वह प्राकृतिक चुंबक कहलाती है।

➢ प्राकृतिक चुंबक अनियमित या अनिश्चित आकार के होते हैं। इनका चुंबकत्व बहुत कम होता है। अतः इनका प्रायोगिक कार्य में उपयोग नहीं करते हैं ।

2. कृत्रिम चुंबक (Artificial magnate):- वे चुंबक जो मानव द्वारा निर्मित किए जाते हैं कृत्रिम चुंबक कहलाते हैं। इनकी आकृति किसी भी प्रकार की रखी जा सकती है। जैसे – छड़ चुंबक, नाल चुंबक, चुंबकीय सुई आदि।

☞ कृत्रिम चुम्बक भी दो प्रकार के होते हैं-

(i) स्थायी चुम्बक (stable magnate)

(ii) अस्थायी चुम्बक (unstable magnate)

(i) स्थायी चुम्बक:- वे 'चुम्बक जिनका चुम्बकत्व शीघ्र नष्ट नहीं होता, स्थायी चुम्बक कहलाते हैं। ये इस्पात, कोबाल्ट तथा निकिल के बनाये जाते हैं ।

(ii) अस्थायी चुम्बक तथा विद्युत चुम्बक:- वह चुम्बक जिसका चुम्बकत्व स्थायी नहीं होता, बल्कि शीघ्र नष्ट हो जाता है तथा जिसे इच्छानुसार कभी भी चुम्बकित अथवा विचुम्बकित किया जा सकता है, अस्थायी चुम्बक कहलाता है।

Note :-

- ❖ ध्रुव(magnetic pole):- चुम्बक के दोनों सिरों पर दो ऐसे बिन्दु होते हैं जिन पर चुम्बक की आकर्षण शक्ति अधिकतम होती है। इन्हें चुम्बकीय ध्रुव कहते हैं।
- ❖ प्रत्येक चुम्बक के दो ध्रुव होते हैं-उत्तरी ध्रुव (north pole) तथा दक्षिणी ध्रुव (south pole)।
- ❖ छड़-चुम्बक को स्वतंत्रतापूर्वक लटकाने पर उसका जो ध्रुव उत्तर की ओर रहता है, उसे उत्तरी ध्रुव तथा जो ध्रुव दक्षिण की ओर रहता है, उसे दक्षिणी

ध्रुव कहते हैं। दोनों ध्रुवों को मिलाने वाली सरल रेखा को चुम्बक की चुम्बकीय अक्ष (magnetic axis) कहते हैं।

❖ चुम्बक के गुण

I.किसी भी चुम्बक के दोनों ध्रुवों को पृथक् करना असम्भव है अर्थात् अकेले उत्तरी ध्रुव अथवा अकेले दक्षिणी ध्रुव का अस्तित्व संभव नहीं है।

II. चुम्बक चुम्बकीय पदार्थों, जैसे-लोहा, निकिल, कोबाल्ट, को अपनी ओर आकर्षित करता है।

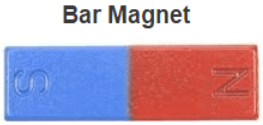
III. चुम्बक को स्वतंत्रतापूर्वक लटकाने पर यह सदैव उत्तर-दक्षिण दिशा में ही ठहरता है।

IV. चुम्बक के सजातीय ध्रुवों में परस्पर प्रतिकर्षण तथा विजातीय ध्रुवों में परस्पर आकर्षण होता है।

V. चुम्बक चुम्बकीय पदार्थों में प्रेरण द्वारा चुम्बकत्व उत्पन्न करता है।

VI. चुम्बक को गर्म करने पर, बार-बार ऊपर से गिराने पर, हथौड़े आदि से पीटने पर, घिसने पर उसका चुम्बकत्व नष्ट होता है।

❖ छड़ चुम्बक(The bar magnet):-एक छड़ चुंबक आम तौर पर चुंबक का एक आयताकार टुकड़ा होता है जिसमें समान शक्ति के दक्षिण और उत्तरी ध्रुव होते हैं जो थोड़ी दूरी से अलग होते हैं।



❖ चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं(The magnetic field lines):-चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं,चुंबक के अंदर और आसपास की काल्पनिक रेखाएं होती हैं।

❖ चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं के गुण

1.चुंबकीय क्षेत्र की रेखाएं वक्र रेखाएं होती हैं और यह उत्तरी ध्रुव से निकलकर दक्षिणी ध्रुव पर समाप्त होती हैं।

2. चुंबकीय क्षेत्र रेखाएं कभी भी एक दूसरे को नहीं काटती हैं।

3. दक्षिणी और उत्तरी ध्रुवों के पास, चुंबकीय क्षेत्र की रेखाएं सघन वाली और दूर-दूर तक फैली हुई हैं।

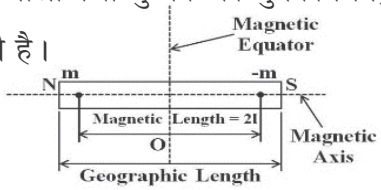
4.क्षेत्र रेखा पर खींची गई स्पर्श रेखा उस बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र की दिशा बताती है।

❖ चुंबकत्व से जुड़ी कुछ महत्वपूर्ण परिभाषा(Some important definition connected with magnetism)

★ एकसमान चुंबकीय क्षेत्र(uniform magnetic field):- किसी क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र एक समान होता है ,यदि उस क्षेत्र के सभी बिंदुओं पर समान सामर्थ्य और समान दिशा हो।

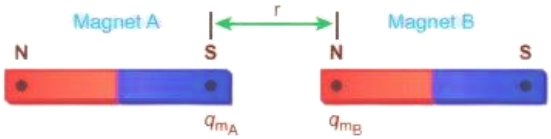
★ असमान चुंबकीय क्षेत्र(Non uniform magnetic field):- किसी क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र असमान होता है यदि क्षेत्र में अलग अलग बिंदुओं पर अलग-अलग सामर्थ्य होती है।

★ चुंबकीय विषुवत रेखा(Magnetic Equator):- चुम्बक के केंद्र से होकर चुंबकीय अक्ष पर समकोण पर जाने वाली रेखा चुम्बक की चुंबकीय विषुवत रेखा कहलाती है।



☞ कूलम्ब का चुंबकत्व का व्युत्क्रम वर्ग नियम(Coulomb's Inverse Square Law Of Magnetism)

"दो चुंबकीय ध्रुवों के बीच आकर्षण या प्रतिकर्षण का बल उनकी ध्रुव सामर्थ्य के गुणनफल के समानुपाती होता है और उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।"



$$F \propto q_{m_A} q_{m_B} \ldots\ldots (i)$$

$$F \propto \frac{1}{r^2} \ldots\ldots (ii)$$

$$F \propto k \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2}$$

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2}$$

सदिश रूप में,

$$\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{m_A} q_{m_B}}{r^2} \hat{r}$$

जहाँ k एक समानुपाती नियतांक है जिसका मान आसपास के माध्यम पर निर्भर करता है। एस.आई. इकाई में, मुक्त स्थान के लिए k का मान है

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi} \approx 10^{-7} Hm^{-1}$$

जहां μ_0 मुक्त स्थान (वायु या निर्वात) की आपेक्षिक पारगम्यता है।

★ **एक समान चुंबकीय क्षेत्र में चुंबकीय द्विध्रुव (छड़ चुंबक(Magnetic Dipole (Bar Magnet) In Uniform A Magnetic Field)**

चुंबकीय द्विध्रुव:- एक चुंबकीय द्विध्रुव में समान और विपरीत सामर्थ्य के चुंबकीय ध्रुवों की एक जोड़ी होती है जो **थोड़ी दूरी से अलग होती है।**

उदाहरण:-चुंबकीय सुई, छड़ चुम्बक, धारावाही परिनालिका, धारा लूप आदि |

☞ **चुम्बकीय ध्रुव प्रबलता (Magnetic pole strength):-** प्रत्येक चुम्बकीय ध्रुवों की एक आकर्षण शक्ति होती है जिसे इनकी चुम्बकीय ध्रुव की प्रबलत कहते हैं।

इसे m से सूचित करते हैं।

➢ इसका S.I. मात्रक ऐम्पियर मीटर $(A \times m)$ है तथा विमा $[IL]$ है।

★ **चुंबकीय द्विध्रुवीय आघूर्ण(Magnetic dipole moment (m)**

चुंबकीय द्विध्रुवीय आघूर्ण, चुंबक के ध्रुव सामर्थ्य(m) और चुंबकीय ध्रुवों के बीच की दूरी(2l) के गुणनफल को कहते है। $M = m \times 2l$

सदिश रूप में,

$$\vec{M} = m \times 2\vec{l}$$

➢ **चुंबकीय द्विध्रुव आघूर्ण $(\vec{M})$ एक सदिश राशि है।**

➢ चुंबकीय द्विध्रुव आघूर्ण की दिशा दक्षिण से उत्तर की ओर होती है।

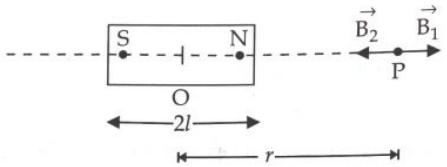
➢ इसका S.I मात्रक एम्पियर × मीटर $^2 (Am^2)$ और जूल टेस्ला $^{-1}$ (JT^{-1})होता है।

★ **चुंबकीय द्विध्रुव (छड़ चुम्बक) के कारण चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता.(Magnetic Field intensity at a point due to magnetic)**

तथा छड़ चुंबक के कारण चुंबकीय क्षेत्र की गणना छड़ चुंबक के केंद्र से गुजरने वाली रेखा पर एक बिंदु पर और छड़ चुंबक की लंबाई के लंबवत भी की जा सकती है। इस रेखा को **भूमध्य रेखा** के रूप में जाना जाता है।

(i) अक्षीय अथवा अनुदैर्ध्य स्थिति (Axial of Longitudinal or End-on Position):- एक छड़ चुंबक के कारण एक बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता की गणना चुंबक के दक्षिण और उत्तरी ध्रुव को जोड़ने वाली

रेखा पर की जा सकती है और दोनों तरफ बढ़ाई जा सकती है। इस रेखा को अक्षीय रेखा के रूप में जाना जाता है |



माना, NS एक छड़ चुम्बक है जिसकी ध्रुव-प्रबलता m तथा प्रभावी लम्बाई $2l$ है| इसका चुम्बकीय आघूर्ण $M = m \times 2l$ होगा| इस चुम्बक की चुम्बकीय अक्ष पर चुम्बक के मध्य बिंदु O से r दूरी पर एक बिंदु P है जिस पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता एवं विभव ज्ञात करने हैं|

चुम्बक क्षेत्र की तीव्रता- चुम्बक के उत्तरी ध्रुव के कारण P पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{m}{(NP)^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{m}{(r-l)^2}$$

इसकी दिशा N से P की ओर होगी|

चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव के कारण बिंदु P पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{m}{(SP)^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{m}{(r+l)^2}$$

इसकी दिशा P से S की ओर होगी|

स्पष्टतः B_1 तथा B_2 एक ही सरल रेखा में परस्पर विपरीत दिशाओं में दिष्ट है, अतः बिंदु P पर परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण

$$B = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}.\left[\frac{m}{(r-l)^2} - \frac{m}{(r+l)^2}\right]$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{m \times 4rl}{(r^2-l)^2}$$

परन्तु $m \times 2l = M$ चुम्बक का चुम्बकीय आघूर्ण है,

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{2Mr}{(r^2-l^2)^2}$$

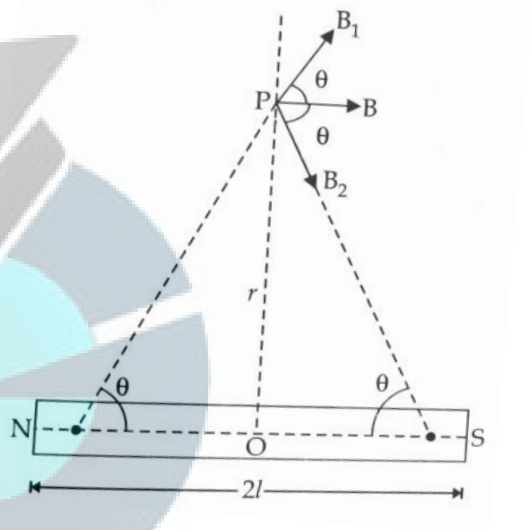
इसकी दिशा N से P की ओर अर्थात चुम्बक के आघूर्ण $\vec{M}$ की दिशा में होगी| छोटे चुम्बक के लिए $l \ll r$, अतः r^2 की तुलना में l^2 उपेक्षनीय होगा|

$$\therefore B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2M}{r^3}$$

इस प्रकार, स्पष्ट है कि छोटे चुंबक के लिए अक्षीय बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण उस बिंदु से चुंबक के केंद्र की दूरी के घन (cube)(r^3) का व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होता है, अर्थात

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

☞ निरक्षीय स्थिति (Equatorial or Broad-side-on Position)-



माना, NS एक छड़ चुम्बक है जिसकी ध्रुव प्रबलता m तथा प्रभावी लम्बाई $2l$ है| इसका चुम्बकीय आघूर्ण $M = m \times 2l$ होगा|

इस चुम्बक की निरक्षीय रेखा (लम्ब सम्द्विभाजक) पर चुम्बक के मध्य बिंदु O से r दूरी पर एक बिंदु P है जिस पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता एवं विभव ज्ञात करने हैं|

बिंदु P की चुम्बक के ध्रुवों से दूरी

$NP = SP = \sqrt{r^2 + l^2}$ होगी

चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता – उत्तरी ध्रुव के कारण बिंदु P पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{M}{(NP)^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{m}{(r^2+l^2)}$$

इसकी दिशा N से P की ओर होगी| दक्षिणी ध्रुव के कारण बिंदु P पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{m}{(SP)^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{m}{(r^2+l^2)}$$

इसकी दिशा P से S की ओर होगी|

चूँकि $\overrightarrow{B_1}$ व $\overrightarrow{B_2}$ के परिमाण परस्पर बराबर हैं, अतः इनका परिणामी इनके बीच के कोण 2θ को समद्विभाजित करेगा, चूँकि त्रिभुज PNS समद्विबाहु है, अतः आधार के बराबर कोणों का योगफल $(\theta + \theta)$ बहिष्कोण 2θ के बराबर होगा, अर्थात चुम्बक की अक्ष NS के समान्तर N से S की ओर रहेगा| चूँकि चुम्बक के चुम्बकीय चुम्बकीय आघूर्ण की दिशा S से N की ओर होती है, अतः P पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता चुम्बकीय आघूर्ण के प्रति समान्तर (Anti-parallel) होगी|

$\overrightarrow{B_1}$ तथा $\overrightarrow{B_2}$ के चुम्बकीय अक्ष NS के लम्बवत घटक क्रमशः $B_1 \sin\theta$ व $B_2 \sin\theta$ हैं जो परस्पर बराबर किन्तु विपरीत हैं, अतः एक-दुसरे को निष्फल कर देते हैं| NS के समान्तर $\vec{B}_1$ तथा $\vec{B}_2$ के घटक क्रमशः $B_1 \cos\theta$ व $B_2 \cos\theta$ हैं, जो एक ही दिशा में हैं| अतः P पर चुम्बकीय क्षेत्र की परिणामी तीव्रता का परिमाण

$$B = B_1 \cos\theta + B_2 \cos\theta = 2\, B_1 \cos\theta$$

अथवा $B = 2 \times \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{M}{(r^2+l^2)} \times \frac{1}{\sqrt{(r^2+l^2)}}$

$$\left[\because \cos\theta = \frac{ON}{NP} = \frac{l}{\sqrt{r^2+l^2}}\right]$$

लेकिन $m \times 2l = M$ चुम्बक का चुम्बकीय आघूर्ण है,

$$\therefore \quad B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{M}{(r^2+l^2)^{3/2}}$$

छोटे चुम्बक के लिए $l \ll r$, अतः r^2 की तुलना में l^2 उपेक्षनीय होगा|

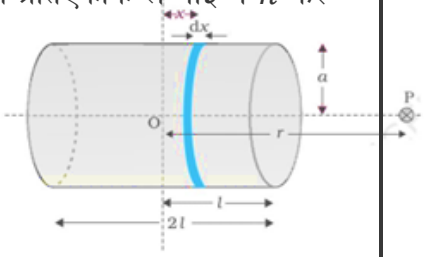
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{M}{r^3}$$

इस प्रकार, स्पष्ट है कि छोटे चुंबक के लिए निरक्षीय बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण उस बिंदु से चुंबक के केंद्र की दूरी के घन (cube) का व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होता है, अर्थात

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

☞ छड़ चुम्बक का एक धारावाही परिनालिका की तरह व्यवहार(Bar Magnet As An Equivalent Current Carrying Solenoid)

माना कि $2l$ लम्बाई की एक धारावाही परिनालिका है, जिसकी त्रिज्या a तथा इसकी प्रतिएकांक लम्बाई में n फेरें हैं, जिसमें I धारा प्रवाहित हो रही है| परिनालिका के केंद्र O से r दूरी में इसके



अक्ष में कोई बिंदु P है जहाँ परिनालिका के कारण चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करना है|

माना कि केंद्र O से x दूरी पर dx लम्बाई का परिनालिका का एक छोटा खंड है जिसमें फेरों की ndx होगी|

इस खण्ड के कारण $(r-x)$ दूरी पर स्थित बिंदु P पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र

∴ धारावाही वृताकार पाश के अक्ष पर चुम्बकीय क्षेत्र

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

$$\therefore dB = \frac{\mu_0}{2} \frac{ndxIa^2}{[a^2+(r-x)^2]^{3/2}}$$

पूरे परिनालिका के कारण उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र

$$B = \int dB$$

$$B = \int_{-l}^{l} \frac{\mu_0}{2} \frac{ndxIa^2}{[a^2+(r-x)^2]^{3/2}}$$

यदि बिंदु P बहुत अधिक दूर हो तो,

$$\therefore [a^2+(r-x)^2]^{3/2} = [r^2]^{3/2} = r^3$$

$$B = \frac{\mu_0 nIa^2}{2r^3} \int_{-l}^{l} dx$$

$$B = \frac{\mu_0 nIa^2}{2r^3}[x]_{-l}^{l}$$

$$B = \frac{\mu_0 nIa^2}{2r^3}.2l$$

$$\therefore B = \frac{\mu_0 nIa^2}{2r^3}.2l$$

अंश तथा हर में 2π से गुणा करने पर,

$$B = \frac{\mu_0}{2}\frac{nIa^2.2l.2\pi}{r^3.2\pi}$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2(n\times 2l)I.\pi a^2}{r^3}$$

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

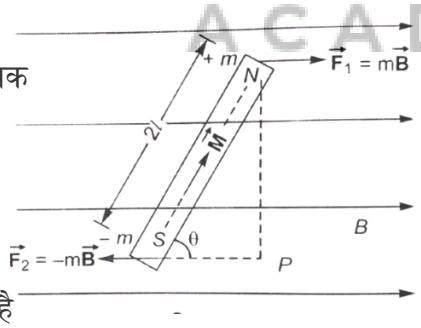
$$B = \frac{4\pi}{4\pi}\frac{2m}{r^3} \quad [\because NIA = m\ (\text{चुम्बकीय आघूर्ण})]$$

अतः समीकरण से स्प्रष्ट है की एक छड चुम्बक का आघूर्ण उतना ही चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है जितना की धारावाही परिनालिका के चुम्बकीय आघूर्ण

अतः छड़ चुम्बक समान चुम्बकीय आघूर्ण वाली धारावाही परिनालिका के समान है|

❖ एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में चुम्बकीय द्विध्रुव (Magnetic Dipole In Uniform Magnetic Field)

माना कि SN छड़ चुम्बक एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ में θ कोण बनाये हुए आघूर्ण $\vec{m}$ है



और चुम्बकीय द्विध्रुव की लम्बाई $2l$ है|

चुम्बकीय क्षेत्र के कारण छड़ चुम्बक के उत्तरी ध्रुव पर कार्यरत बल

$\vec{F_1} = m\vec{B}$ $[\vec{B}$ के अनुदिश$]$

चुम्बकीय क्षेत्र के कारण छड़ चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव पर कार्यरत बल

$\vec{F} = -m\vec{B}$ $[\vec{B}$ के विपरीत दिशा$]$

चूँकि दोनों बलों के परिमाण सामान एवं दिशा विपरीत है|

अतः द्विध्रुव पर कार्यरत नेट बल शून्य है|

दोनों बल F_1 तथा F_2 एक बल युग्म बनाते हैं जो द्विध्रुव को $\vec{B}$ की दिशा में घुमाने का प्रयास करता है|

तब इस बल का आघूर्ण

$\tau =$ एक बल का परिमाण $\times$ दोनों बलों के बीच लम्बवत दूरी

$$\tau = mB \times \text{दूरी } PN$$

$$\tau = mB \times 2l\sin\theta$$

$$\tau = m(2l)B\sin\theta$$

$$\tau = MB\sin\theta$$

सदिश रूप में

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

एकसमान बाह्य क्षेत्र में द्विध्रुव को घुमाने में किया गया कार्य

माना कि एक चुम्बकीय द्विध्रुव है, जिसका द्विध्रुव आघूर्ण $\vec{m}$ है जिसे चुम्बकीय क्षेत्र में $\vec{B}$ में θ पर रखा गया है तब द्विध्रुव पर कार्यरत बल आघूर्ण

$$\tau = mB\sin\theta$$

द्विध्रुव का अत्यंत सूक्ष्म कोण $d\theta$ से घुमाने में किया गया कार्य

$$dw = \tau d\theta$$

$$dw = mB\sin\theta \; d\theta$$

अतः द्विध्रुव को कोणीय स्थिति $\theta - \theta_1$ से $\theta - \theta_z$ तक घुमाने में किया गया कार्य

$$W = \int_{\theta_1}^{\theta} dw^2 = \int_{\theta_1}^{\theta_2} mB\sin\theta \; d\theta$$

$$W = mB\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin\theta \, d\theta$$

$$W = mB[-\cos\theta]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$W = mB[(-\cos\theta_2) - (-\cos\theta_1)]$$

$$W = mB(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \quad -(i)$$

द्विध्रुव को चुम्बकीय क्षेत्र में घुमाने में किया गया का सूत्र

यदि द्विध्रुव को साम्य स्थिति अर्थात क्षेत्र की दिशा से कोणीय स्थिति θ तक घुमाया जाये तो

$\theta_1 = 0°$ तथा $\theta_2 = \theta$

तब समी॰ (i) में,

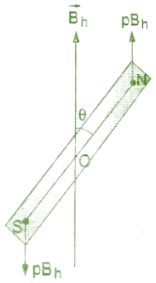
$$W = MB(\cos\theta° - \cos\theta)$$

$$W = MB(\cos 0° - \cos\theta)$$

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

❖ **कम्पास सुई का उपयोग कर चुंबकीय क्षेत्र के परिमाण का निर्धारण(Determination Of Magnitude Of Magnetic Field Using Compass Needle) या एकसमान चुंबकीय क्षेत्र में दोलनशील चुंबक के आवर्तकाल का व्यंजक (Expression for the Time-period of a Magnet Oscillating in a Uniform Magnetic Field)**

मान लिया कि एक चुंबक को पृथ्वी के क्षैतिज चुंबकीय क्षेत्र B में ऐंठनरहित (torsion less) धागे से गुरुत्व-केंद्र (centre of gravity) पर बाँधकर निलंबित किया गया है जिससे कि वह क्षैतिज तल में स्वतंत्र रूप से दोलन कर सके।



साम्यावस्था में चुंबक का चुंबकीय अक्ष क्षेत्र $\vec{B}_h$ की दिशा में होगा। जब इसे कोण से विक्षेपित किया जाता है तब इसपर एक नियंत्रक बलयुग्म (controlling couple) कार्य करने लगता है जो इसे पुनः $\vec{B}_h$ की दिशा में लाना चाहता है । इस नियंत्रक बलयुग्म का आघूर्ण

$$\tau = -mB_h sin\theta$$

ऋणात्मक चिह्न इस बात को स्पष्ट करता है कि बलयुग्म की दिशा वामावर्त (anticlockwise) है जो चुंबक के विक्षेप, या कोणीय विस्थापन के दक्षिणावर्त (clockwise) दिशा के विपरीत है।

चूंकि, कोणीय गति में बलयुग्म का आघूर्ण अर्थात टॉर्क

$$\tau = I\alpha$$

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

जहां I = धागे की परितः चुम्बक का जड़त्व आघूर्ण तथा α = कोणीय त्वरण

$$\therefore \quad I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -mB_h sin\theta$$

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

[∵ θ (रेडियन में) के छोटे मान के लिए $sin\theta = \theta$ (लगभग)

$$\therefore \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{mB_h}{I}\theta \ldots\ldots(i)$$

THE GUIDE ACADEMIC

चूँकि m, B_h तथा I नियत है,

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

अर्थात , कोणीय त्वरण ∝ −कोणीय विस्थापन |

इस, प्रकार एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में θ का मान छोटा होने पर चुम्बक कोणीय सरल आवर्त गति (Angular simple harmonic motion)निष्पन्न (Execute) करता है |

सरल आवर्त गति के सिधांत से,

त्वरण $= -\omega^2$ विस्थापन

या $\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\omega^2 \theta \dots\dots(ii)$

जहाँ ω = कोणीय आवृति $(Angular Frequency)$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ जहाँ } T = \text{अवर्तकाल}$$

समीकरण (i) तथा समीकरण (ii) से तुलना करने पर

$$\omega^2 = \frac{mB_h}{I}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{mB_h}{I}}$$

या $$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{mB_h}{I}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mB_h}}$$

यह चुम्बक या चुम्बकीय सुई के आवर्तकाल का व्यंजक है,

m = चुम्बक या चुम्बकीय सुई का चुम्बकीय आघूर्ण,

B_h = पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक

I = निलंबन धागा$(Suspension\ thread)$के परितः चुम्बक का जड़त्व आघूर्ण |

या $$B = \frac{4\pi^2 I}{mT^2}$$

❖ चुम्बकत्व और स्थिरवैधुतिकी के बीच समरूपता (Analogy Between Magnetism And Electrostatics)

भौतिक राशि	चुंबकत्व	स्थिरवैधुतिकी
द्विध्रुव आघूर्ण	$\vec{M} = m \times 2\vec{l}$	$\vec{P} = q \times 2\vec{l}$
बाह्य क्षेत्र में बल आघूर्ण	$\vec{\tau} = \vec{M} \times \vec{B}$	$\vec{\tau} = \vec{P} \times \vec{E}$
क्षेत्र में द्विध्रुव की स्थितीज उर्जा	$U = -\vec{m} \cdot \vec{B}$	$U = -\vec{P} \cdot \vec{E}$
द्विध्रुव के अक्षीय बिंदू पर विधुत क्षेत्र और चुंबकीय क्षेत्र	$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2M}{r^3}$	$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2P}{r^3}$
द्विध्रुव के विषुवतीय बिंदू पर विधुत क्षेत्र और चुंबकीय क्षेत्र)	$B = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{M}{r^3}$	$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{P}{r^3}$

❖ चुम्बकत्व एवं गॉस नियम (Magnetism And GAUSS ' Law)

गॉस के नियमानुसार,

चुम्बकीय क्षेत्र में बंद पृष्ठ से निकलने वाला चुम्बकीय फ्लक्स हमेशा शून्य होता है |

$$\phi_B = \int \vec{B}.d\vec{s} = 0$$

या

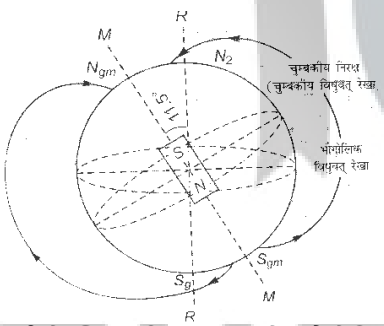
$$\phi_B = \sum \vec{B}.\Delta\vec{s} = 0$$

Note: - गॉस नियम वैद्युत चुम्बकत्व का आधारभूत नियम है |

❖ भू-चुम्बकत्व (Earth Magnetism or Terrestrial Magnetism)

पृथ्वी के चुंबकत्व के अध्ययन को भू-चुंबकत्व या स्थलीय चुंबकत्व के रूप में जाना जाता है।

- पृथ्वी अपने केन्द्र से गुजरने वाली जिस अक्ष (RR) के परितः घूर्णन गति करती है उसे भौगोलिक अक्ष अथवा घूर्णन अक्ष कहते है।
- भौगोलिक अक्ष अथवा घूर्णन अक्ष पृथ्वी की सतह को जिन दो बिन्दुओं पर काटती है उन्हें भौगोलिक ध्रुव कहते हैं।



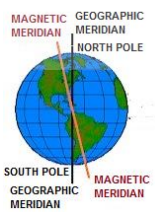
- उत्तरी गोलार्द्ध में स्थित बिन्दु N_g को भौगोलिक उत्तरी ध्रुव तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में स्थित बिन्दु s_g को भौगोलिक दक्षिणी ध्रुव कहते हैं।
- पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण व दिशा इसकी सतह के भिन्न-भिन्न बिन्दुओं पर भिन्न-भिन्न होते हैं परन्तु परिमाण की कोटि 10^{-5} टेस्ला होती है।
- पृथ्वी की सतह पर चुम्बकीय क्षेत्र रेखाएँ, इसके केन्द्र पर एक काल्पनिक द्विध्रुव (छड़ चुम्बक SN) रखा मानकर खींची जा सकती है। इस द्विध्रुव का चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण लगभग 8.0×10^{22} जूल/टेस्ला होता है। इस द्विध्रुव की अक्ष MM पृथ्वी की घूर्णन अक्ष RR के संपाती नहीं होती बल्कि वर्तमान में यह घूर्णन अक्ष से लगभग $11.5°$ कोण पर झुकी हुई है।
- द्विध्रुव की अक्ष पृथ्वी की सतह को दो बिन्दुओं पर काटती है जिन्हें भू-चुम्बकीय ध्रुव (geomagnetic poles) कहते हैं।
- वह ध्रुव जो भौगोलिक उत्तरी ध्रुव के निकट है, उत्तरी भू-चुम्बकीय ध्रुव (N_{gm}) कहलाता है।
- पृथ्वी के भौगोलिक दक्षिणी ध्रुव के निकट स्थित ध्रुव दक्षिणी भू-चुम्बकीय ध्रुव (S_{gm}) कहलाता है।
- उत्तरी भू-चुम्बकीय ध्रुव उत्तर-पश्चिम ग्रीनलैण्ड में तथा दक्षिणी भू-चुम्बकीय द्विध्रुव अंटार्कटिका में स्थित है।
- पृथ्वी की चुम्बकीय क्षेत्र रेखाएँ उत्तरी भू-चुम्बकीय ध्रुव (N_{gm}) से पृथ्वी में प्रवेश करती हैं तथा दक्षिणी भू-चुम्बकीय ध्रुव (S_{gm}) से बाहर आती हैं। अतः पृथ्वी के भीतर स्थित काल्पनिक छड़ चुम्बक का दक्षिणी ध्रुव N_{gm} की ओर तथा उत्तरी ध्रुव S_{gm} की ओर होता है |
- किसी स्थान पर पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण व दिशा समय के साथ बदलता है। ये परिवर्तन दिनों अथवा महीनों में नहीं परन्तु वर्षों में अनुभव किये जा सकते हैं। उदाहरण के लिये सन् 1580 से सन् 1820 के बीच लन्दन में चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में $35°$ का परिवर्तन प्रेक्षित हुआ। चुम्बकीय चट्टानों के अध्ययन से यह भी स्पष्ट हुआ है कि कई हजार वर्षों के अन्तराल के पश्चात् किसी स्थान पर चुम्बकीय क्षेत्र उत्क्रमित (reversed) हो जाता है। विगत् 7.6×1010^{7} वर्षों में ऐसे लगभग 171 उत्क्रमण घटित हो चुके हैं।

भू-चुम्बकत्व से सम्बन्धित कुछ प्रमुख परिभाषाएँ निम्न हैं-

(A) चुम्बकीय अक्ष (Magnetic Axis):- पृथ्वी के भीतर स्थित काल्पनिक चुम्बकीय द्विध्रुव की अक्ष को पृथ्वी की चुम्बकीय अक्ष कहते हैं।

(B) चुम्बकीय निरक्ष (Magnetic Equator):- पृथ्वी की चुम्बकीय अक्ष पर विभिन्न दिशाओं में खींचे गये लम्बार्द्धक पृथ्वी तल को जिन बिन्दुओं पर काटते हैं उन बिन्दुओं को मिलाने वाले वृत्त को चुम्बकीय विषुवत् रेखा अथवा चुम्बकीय निरक्ष कहते हैं।

- चुम्बकीय निरक्ष पर पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र क्षैतिज अर्थात् पृथ्वी की सतह के समान्तर होता है।
- चुम्बकीय विषुवत् वृत्त तथा भौगोलिक विषुवत् वृत्त के तलों के बीच कोण 11.5° है।
- चुम्बकीय निरक्ष, जो भारत में त्रिवेन्द्रम से गुजरती है पृथ्वी को दो चुम्बकीय गोलार्द्ध में विभाजित करती है।
- जिस गोलार्द्ध में भू-चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव स्थित होता है वह चुम्बकीय उत्तरी गोलार्द्ध तथा दूसरा चुम्बकीय दक्षिणी गोलार्द्ध कहलाता है।
- **(C) चुम्बकीय ध्रुव (Magnetic Poles):-**पृथ्वी तल पर वे दो बिन्दु जहाँ पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र ऊर्ध्वाधर होता है, चुम्बकीय ध्रुव कहलाते हैं।
- जिस बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर होता है उसे चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव (N) तथा जिस बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर होता है उसे चुम्बकीय दक्षिणी ध्रुव (S) कहते हैं।
- भौगोलिक याम्योत्तर (Geographics meridian) :-पृथ्वी की सतह पर किसी स्थान पर पृथ्वी के भौगोलिक उत्तरी ध्रुव तथा भौगोलिक दक्षिणी ध्रुव से गुजरने वाले उदग्र तल को उस स्थान पर भौगोलिक याम्योत्तर कहते हैं।
- चुम्बकीय याम्योत्तर (Magnetic meridian):- पृथ्वी के सतह पर किसी स्थान पर पृथ्वी के चुम्बकीय उत्तर ध्रुव तथा चुम्बकीय दक्षिणी ध्रुव से गुजरने वाले उदग्र तल को उस स्थान का चुम्बकीय याम्योत्तर कहते हैं।



❖ महत्वपूर्ण बिन्दु

1. चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव भौगोलिक उत्तरी ध्रुव के निकट तथा चुम्बकीय दक्षिणी ध्रुव भौगोलिक दक्षिणी ध्रुव के निकट है।

2. चुम्बकीय ध्रुव भू-चुम्बकीय ध्रुवों से भिन्न हैं।

3. चुम्बकीय ध्रुवों की स्थिति प्रति वर्ष लगभग 16 किमी बदल जाती है। वर्तमान में उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव की स्थिति 79.74° N अक्षांश तथा 71.8° W देशान्तर पर उत्तरी कनाडा में है। दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव की स्थिति 79.74° S अक्षांश एवं 108.22° E देशान्तर पर अंटार्कटिका में है।

4. पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र सममित नहीं है। उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव व दक्षिणी चुम्बकीय द्विध्रुव को मिलाने वाली रेखा पृथ्वी के केन्द्र से लगभग 533 किमी दूर से निकलती है।

❖ पृथ्वी के चुंबकत्व का स्रोत (या कारण)(Source (or cause) of Earth's Magnetism)

पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के कारण को समझाने के लिए कई सिद्धांत प्रचलित हैं लेकिन सटीक कारण अभी तक ज्ञात नहीं है।

प्रचलित सिद्धांत(Prevailing theories)

(a) सबसे प्रारंभिक सिद्धांत कि पृथ्वी का चुम्बकत्व उसके चुम्बकित पदार्थों के कारण है, को अस्वीकार कर दिया गया है क्योंकि पृथ्वी में ऐसे पदार्थों (जैसे लोहा) की पर्याप्त मात्रा नहीं है और पृथ्वी के अंदर बहुत अधिक तापमान होने के कारण पदार्थ में कोई चुम्बकत्व नहीं होगा।

(b) पृथ्वी का वायुमंडल आवेशित कणों से बना है, अर्थात इलेक्ट्रॉन और आयन। ये आवेशित कण पृथ्वी के घूमने के

कारण गतिशील रहते हैं। ये धाराएँ उत्पन्न करते हैं जो पृथ्वी के चुम्बकत्व का कारण हो सकती हैं।

(c) पृथ्वी का चुंबकत्व सूर्य के मूल चुंबकत्व के कारण हो सकता है क्योंकि पृथ्वी को सूर्य का एक भाग माना जाता है।

(d) पृथ्वी पर पिघला हुआ तरल पदार्थ आवेशित है। आवेशित तरल पदार्थ पृथ्वी के साथ घूमता है और धाराएँ बनाता है जो पृथ्वी के चुंबकत्व का कारण हो सकता है। इस प्रभाव को **डायनेमो प्रभाव** के रूप में जाना जाता है।

(e) प्रत्येक पदार्थ प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन से मिलकर बना होता है। जब पृथ्वी घूमती है, तो वे परिसंचारी धाराएँ बनाते हैं जो पृथ्वी के चुंबकत्व का कारण हो सकता है।

कमोबेश अब यह माना जाता है कि पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का कारण पृथ्वी के अंदर प्रवाहित विद्युत धाराएँ हैं। पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र को पूरी तरह से किसी न किसी तरह की विद्युत धारा से उत्पन्न माना जा सकता है।

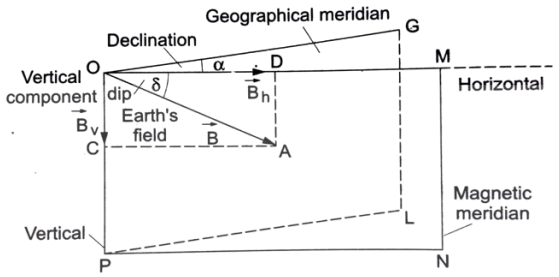
❖ पृथ्वी के चुम्बकीय तत्व (Elements Of Earth's Magnetic Field)

पृथ्वी के चुम्बकीय अवयव (Magnetic element of earth)- किसी स्थान पर पृथ्वी के चुम्बकत्व के कारण जो राशियाँ पृथ्वी के चुम्बीत क्षेत्र का मान और दिशा बतलाती है, उन्हें पृथ्वी के चुम्बकीय तत्व या अवयव (elements) कहते हैं।

पृथ्वी के तीन अवयव हैं

(i)दिकपात (ii) नमन या नति तथा (iii)पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक

(i) दिकपात (Declination):- किसी स्थान पर चुंबकीय याम्योत्तर और भौगोलिक याम्योत्तर के बीच के कोण को उस स्थान का दिकपात कहते हैं



- किसी स्थान पर दिकपात का मान कम्पास सुई अथवा दिकसूची सुई की सहायता से ज्ञात कर सकते हैं। दिकसूची सुई उस स्थान पर चुम्बकीय उत्तर दिशा को व्यक्त करती है जबकि भौगोलिक उत्तर दिशा वास्तविक उत्तर दिशा होती है।
- चुंबकीय याम्योत्तर, भौगोलिक याम्योत्तर से पूर्व या पश्चिम हो सकता है। अतः, किसी स्थान पर दिकपात '$\alpha°$ पूर्व' या '$\alpha°$ पश्चिम' के रूप में व्यक्त किया जाता है।
- लन्दन में दिकपात कोण 10°W है।

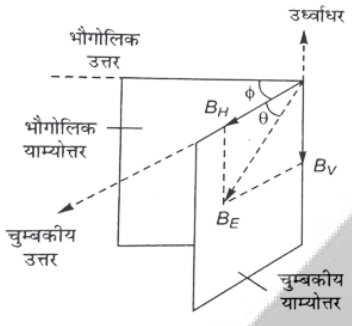
2. नति या नमन (Inclination or Dip)- किसी स्थान पर पृथ्वी का परिणामी चुबकीय क्षेत्र, क्षैतिज दिशा के साथ जो कोण बनाता है उसे उस स्थान की नति (या नमन) δ कहते हैं।

3. पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक (Horizontal Component of Earth Magnetic Field):- किसी स्थान पर चुम्बकीय याम्योत्तर पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र के क्षैतिज के अनुदिश घटक को उस स्थान पर चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक कहते हैं। इसे B_H से प्रदर्शित करते हैं।

चुम्बकीय ध्रुवों पर चुम्बकीय क्षेत्र ऊर्ध्वाधर होता है अतः B_H का मान शून्य होता है।

भू-चुम्बकत्व के तीनों अवयवों को चित्र में प्रदर्शित किया है। सर्वप्रथम भौगोलिक याम्योत्तर खींचा गया है। इससे ϕ कोण (दिक्पात) पर चुम्बकीय याम्योत्तर खींचा गया है। चुम्बकीय याम्योत्तर में क्षैतिज दिशा को चुम्बकीय उत्तर

दिशा दर्शाया गया है। पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}_E$ क्षैतिज से θ कोण (नति कोण) पर दर्शाया गया है। चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}_E$ के क्षैतिज घटक B_H तथा ऊर्ध्वाधर घटक का परिमाण B_V है। चित्र से स्पष्ट है कि



$$B_H = B_E \cos\theta \quad -(i)$$
$$B_V = B_E \sin\theta \quad -(ii)$$

समी (i) तथा (ii) को वर्ग करके जोड़ने पर,

$$B_H^2 + B_V^2 = B_E^2 \cos^2\theta + B_E^2 \sin^2\theta = B_E^2$$

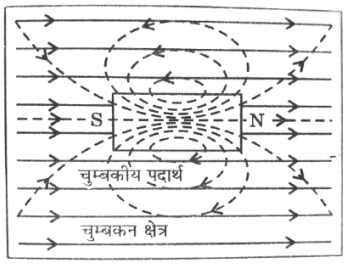
$$\therefore \quad B_E = \sqrt{B_H^2 + B_V^2} \quad -(iii)$$

समी (ii) को (i) से भाग देने पर $\frac{B_V}{B_H} = \tan\theta$

$$\therefore \quad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{B_V}{B_H}\right) \quad -(iv)$$

❖ उदासीन बिन्दु(Neutral Points)

पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक चुम्बक के क्षेत्र के ठीक बराबर तथा विपरीत दिशा में होता है। अतः इन बिन्दुओं पर परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र शून्य हो जाता है इसलिए इन बिन्दुओं से कोई चुम्बकीय बल-रेखा नहीं गुजरती। इन बिन्दुओं को उदासीन बिन्दु कहते हैं।



उदासीन बिंदु को × से दर्शाया गया है |

❖ चुम्बकीय प्रेरण (Magnetic Induction) तथा चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व (Magnetic Flux Density)

चुम्बकीय प्रेरण (Magnetic Induction):-जब कोई चुम्बकीय पदार्थ किसी बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो वह चुम्बकित हो जाता है अर्थात् उसमें चुम्बकत्व उत्पन्न हो जाता है। चुम्बकीय पदार्थों द्वारा इस प्रकार से चुम्बकत्व ग्रहण करने की यह घटना चुम्बकीय प्रेरण (magnetic induction) कहलाती है तथा पदार्थ में उत्पन्न चुम्बकत्व प्रेरित चुम्बकत्व (induced magnetism) कहलाता है। इस घटना में बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र चुम्बकन क्षेत्र (magnetising field) कहलाता है।

- **किसी चुम्बकीय क्षेत्र में चुम्बकीय बल रेखाएँ ही इस क्षेत्र को प्रदर्शित करती हैं।**
- **चुम्बकीय प्रेरण की क्रिया में दो चुम्बकीय क्षेत्र होते हैं:**

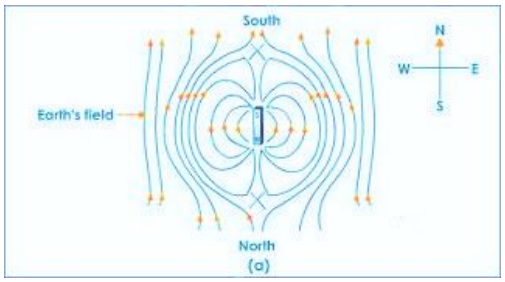
(i) चुम्बकन क्षेत्र,

(ii) पदार्थ के अन्दर चुम्बकीय प्रेरण से उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र।

- **अतः इस क्रिया में चुम्बकीय बल रेखाएँ भी दो प्रकार की होती हैं-**

(i) चुम्बकन क्षेत्र की बल-रेखाएँ,

(ii) चुम्बकित पदार्थ की बल-रेखाएँ।



इस चित्र में चुम्बकन क्षेत्र की बल-रेखाओं को अविरत (continuous) रेखाओं द्वारा तथा चुम्बकित पदार्थ की

बल-रेखाओं को बिन्दुवत् (dotted) रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया गया है।

☞ चुम्बकित पदार्थ की बल-रेखाएँ पदार्थ के अन्दर चुम्बकन क्षेत्र की बल-रेखाओं की दिशा में तथा पदार्थ के बाहर विपरीत दिशा में हैं। परिणामस्वरूप चुम्बकीय पदार्थ के अन्दर चुम्बकीय बल-रेखाओं की संख्या (सान्द्रता) बढ़ जाती है। इस प्रकार चुम्बकित पदार्थ (छड़) के अन्दर कुल चुम्बकीय बल-रेखाओं को चुम्बकीय प्रेरण रेखाएँ (magnetic lines of induction) कहते हैं।

❖ **चुम्बकीय प्रेरण का परिमाण (magnitude of magnetic induction) अथवा चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व (magnetic flux density):-** किसी चुम्बकित पदार्थ के भीतर चुम्बकीय प्रेरण रेखाओं की वह संख्या जो इनके लम्बवत् स्थित एकांक क्षेत्रफल से गुजरती हैं, पदार्थ के अन्दर चुम्बकीय प्रेरण का परिमाण (magnitude of magnetic induction) अथवा चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व (magnetic flux density) कहलाती है।

इसको B से प्रदर्शित करते हैं

$$B = \frac{\phi}{A}$$

जहां ϕ = चुम्बकीय फ्लक्स तथा A = लम्बवत क्षेत्रफल

❖ चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व एक सदिश राशि है,किसी बिंदु पर जिसकी दिशा उस बिन्दु चुम्बकीय प्रेरण रेखा की दिशा होती है।

❖ चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व (B) का SI मात्रक वेबर/मीटर अथवा टेस्ला अथवा न्यूटन/ऐम्पियर मीटर होता है तथा (CGS) मात्रक गाउस (G) होता है।

❖ **चुम्बकन की तीव्रता या चुम्बकन (Intensity of Magnetisation or Magnetisation):-**

❖ जब किसी पदार्थ को चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो उसके परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनों की घूर्णन गति में कुछ परिवर्तन होता है, जिसके कारण पदार्थ में कुछ चुम्बकीय आघूर्ण (m) उत्पन्न होता है।

❖ पदार्थ के प्रति एकांक आयतन में उत्पन्न चुम्बकीय आघूर्ण($\vec{m}$) को चुम्बकन की तीव्रता अथवा चुम्बकन कहते हैं। इसको M या I से प्रदर्शित करते हैं

$$I = \frac{\text{चुम्बकीय आघूर्ण}}{\text{आयतन}} = \frac{m}{V}$$

$\vec{M}$ या $\vec{I}$ एक सदिश राशि है|

$$\vec{I} = \frac{\vec{m}}{V}$$

$$\text{या } \vec{M} = \frac{\vec{m}_{\text{नेट}}}{V}$$

$$I \text{ का } SI \text{ मात्रक} = \frac{m \text{ का } SI \text{ मात्रक}}{V \text{का } SI \text{ मात्रक}}$$

$$= \frac{\text{एम्पियर} - \text{मीटर}^2}{\text{मीटर}^3} = A/m$$

❖ चुम्बकन की तीव्रता अथवा चुम्बकन का SI मात्रक (एम्पियर/मीटर)Am^{-1} होता है |

❖ चुम्बकन की तीव्रता अथवा चुम्बकन का विमीय सूत्र $L^{-1}A$ होता है |

❖ चुम्बकीय तीव्रता अथवा चुम्बकीय क्षेत्र सामर्थ्य (Magnetic Intensity or Magnetic Field Strength):-

❖ जब किसी पदार्थ को बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो पदार्थ चुम्बकित हो जाता है। पदार्थ के भीतर वास्तविक चुम्बकीय क्षेत्र, बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र तथा पदार्थ के चुम्बकन के कारण उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र के सदिश योग के बराबर होता है।

☞ बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की पदार्थ को चुम्बकित करने की क्षमता सदिश में द्वारा व्यक्त की जाती है जिसे चुम्बकीय

THE GUIDE ACADEMIC

तीव्रता (magnetic intensity) अथवा चुम्बकीय क्षेत्र सामर्थ्य (magnetic field strength) कहते हैं। $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$.....(i)

जहां

$\vec{B}$ पदार्थ के भीतर चुम्बकीय क्षेत्र , $\vec{M}$ चुम्बकन कि तीव्रता तथा μ_0 निर्वात कि चुम्बकशीलता है |

- चुम्बकीय तीव्रता (magnetic intensity) अथवा चुम्बकीय क्षेत्र सामर्थ्य (magnetic field strength) का SI मात्रक (एम्पियर/मीटर) Am^{-1} होता है |
- चुम्बकीय तीव्रता (magnetic intensity) अथवा चुम्बकीय क्षेत्र सामर्थ्य (magnetic field strength) एक सदिश राशि है |

❖ SPECIAL POINT

1.यदि निर्वात हो (जब कोई पदार्थ उपस्थित न हो)

तब $\vec{M} = 0$

तब समीकरण (i) से हैं। $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0}$

तब किसी धारावाही परिनालिका के भीतर चुम्बकीय क्षेत्र

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{\mu_0 nI}{\mu_0}$$

$$H = nI$$

इसी प्रकार लम्बे धारा वाही तार से r दूरी पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता

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

$$H = \frac{I}{2\pi R}$$

पुनः समीकरण (i)से , $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$

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

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

➢ चुम्बकीय प्रवृत्ति (Magnetic Susceptibility) χ : –किसी चुम्बकीय पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृत्ति पदार्थ पर बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र के प्रभाव की माप है।

➢ किसी पदार्थ की चुंबकीय प्रवृत्ति से यह पता चलता है कि उस पदार्थ को किसी निश्चित शक्ति के चुंबकीय क्षेत्र में रखने पर वह कितनी सुगमता से चुंबकत्व ग्रहण कर सकता है।

यदि किसी चुंबकीय पदार्थ में उत्पन्न चुंबकन (magnetization) $\vec{M}$ और चुंबकीय तीव्रता (magnetic intensity) $\vec{H}$ हो, तो उस पदार्थ की चुंबकीय प्रवृत्ति ,

पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृत्ति पदार्थ के भीतर चुम्बकन की तीव्रता तथा बाह्य चुम्बकीय तीव्रता के परिमाणों के अनुपात के बराबर होती है। इसे χ से प्रदर्शित करते हैं। अत:

$$\chi = \frac{M/I}{H}$$.....(i)

➢ चुम्बकीय प्रवृत्ति को सुग्राहिता भी कहते हैं।

➢ यह एक अदिश राशि है जिसका कोई मात्रक तथा विमीय सूत्र नहीं होता है |

समीकरण (i) से,

$$\vec{M} = \chi\vec{H}$$

$$\vec{M} \propto \vec{H}$$

अर्थात,

चुम्बकीय प्रेरण की इस प्रक्रिया में चुम्बकीय पदार्थ की चुम्बकन तीव्रता $\vec{M}$ चुम्बकन क्षेत्र की तीव्रता अर्थात चुम्बकन क्षेत्र $\vec{H}$ के अनुक्रमानुपाती होती है।

अतः

$$\chi = \frac{\vec{M}}{\vec{H}}$$

अदिश रूप में,

$$\chi = \frac{M}{H}$$

यदि $H = 1$ तो $\chi = 1$

अतः संख्यात्मक रूप से चुम्बकीय प्रवृत्ति चुम्बकीय पदार्थ में एकांक तीव्रता के चुम्बकत्व क्षेत्र द्वारा प्रेरित चुम्बकन तीव्रता के बराबर होती है।

क्योंकि चुम्बकीय प्रवृत्ति दो एकसमान मात्रक वाली राशियों का अनुपात है |

- **अतः इसका(चुम्बकीय प्रवृत्ति या सुग्राहिता) कोई मात्रक नहीं होता अर्थात् यह एक विमाहीन राशि है।**

❖ **विशेष स्थिति (Special case)**

(i) जिन पदार्थों में $\vec{M}$ की दिशा $\vec{H}$ के समान होगी उनके लिये χ का मान धनात्मक होगा।

(ii) जिन पदार्थों में $\vec{M}$ की दिशा $\vec{H}$ के विपरीत होगी उनके लिये χ का मान ऋणात्मक होगा।

(iii) निर्वात् में $\vec{M} = 0$, अतः निर्वात् के लिये $\chi = 0$ होता है।

❖ चुम्बकशीलता (Magnetic Permeability)- जब किसी चुम्बकीय पदार्थ को बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो पदार्थ के भीतर कुल चुम्बकीय क्षेत्र (B) बाह्य क्षेत्र की चुम्बकीय तीव्रता (H) के अनुक्रमानुपाती होता है। अर्थात्

$$B \propto H$$

$$B = \mu H$$

सदिश रूप में , $\vec{B} = \mu\vec{H}$

जहां μ समानुपाती नियतांक है जिसे माध्यम कि चुम्बकशीलता कहते है

या $\mu = \frac{B}{H}$

अतः किसी माध्यम की चुम्बकशीलता माध्यम के भीतर उत्पन्न कुल चुम्बकीय क्षेत्र तथा बाह्य क्षेत्र की चुम्बकीय तीव्रता के अनुपात के बराबर होती है।

चुम्बकशीलता (μ) का SI मात्रक

$$\frac{B \text{ का } SI \text{ मात्रक}}{H \text{ का } SI \text{ मात्रक}} = \frac{\text{न्यूटन/ ऐम्पियर – मीटर}}{\text{ऐम्पियर/मीटर}}$$

$$= \text{न्यूटन/मीटर}^2$$

- चुम्बकशीलता (μ) का अन्य SI मात्रक वेबर/ऐम्पियर मीटर है।
- चुम्बकशीलता (μ) का विमीय सूत्र $[MLT^{-2}A^{-2}]$ है।
- चुम्बकशीलता (μ) एक अदिश राशि है।

आपेक्षिक चुम्बकशीलता (Relative Permeability) -

किसी माध्यम की चुम्बकशीलता (μ) तथा निर्वात् की चुम्बकशीलता (μ_0) के अनुपात को माध्यम की आपेक्षिक चुम्बकशीलता (μ_r) कहते हैं।

अर्थात् $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$.....(i)

➢ आपेक्षिक चुम्बकशीलता विमाहीन राशि है जिसका कोई मात्रक नहीं होता है। वैद्युत में इसके संगत भौतिक राशि परावैद्युतांक (K) है।

समीकरण (i)से

$$\mu_r = \frac{\mu H}{\mu_{0H}} = \frac{B}{B_0}$$

❖ आपेक्षिक चुम्बकशीलता μ_r तथा चुम्बकीय प्रवृत्ति χ में सम्बन्ध-

हम जानते हैं कि चुम्बकीय पदार्थ के भीतर कुल चुम्बकीय क्षेत्र

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

जहाँ $\vec{H}$ बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता तथा $\vec{M}$ चुम्बकन तीव्रता है

तथा $$\vec{M} = \chi\vec{H}$$

$$\therefore \quad \vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \chi\vec{H})$$

$$\vec{B} = \mu_0\vec{H}(1 + \chi)$$

$$\mu\vec{H} = \mu_0\vec{H}(1 + \chi)$$

$$\frac{\mu}{\mu_0} = 1 + \chi$$

$$\mu_r = 1 + \chi$$

(i) यदि $\chi = -ve$

तब $\mu_r < 1$ (प्रतिचुम्बकीय)

(ii) यदि $\chi = 0$ तब $\mu_r = 1$ (निर्वात)

(iii) यदि $\chi = +ve$ तब

तब $\mu_r > 1$ (अनुचुम्बकीय तथा लौह चुम्बकीय पदार्थ)

❖ पदार्थों के चुम्बकीय (Magnetic properties of materials)

Q.विभिन्न प्रकार के चुंबकीय पदार्थों की व्याख्या करें।

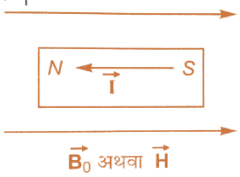
Explain different types of magnetic materials.

➢ 1846 फैराडे ने पदार्थों को उनके चुंबकीय व्यवहार के अनुसार तीन वर्गों में विभाजित किया |

1. प्रतिचुम्बकीय (Diamagnetic Materials)
2. अनुचुम्बकीय (Paramagnetic Materials)
3. लौहचुम्बकीय (Ferromagnetic Materials)

1. प्रतिचुम्बकीय (Diamagnetic Materials)

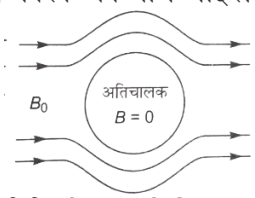
: - वे पदार्थ जो बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखे जाने पर चुम्बकीय क्षेत्र की विपरीत दिशा में मामूली से चुम्बकित हो जाते हैं प्रतिचुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं |



उदाहरण: सोना, चांदी, तांबा, जस्ता, सीसा, बिस्मथ, पारा, हीरा, संगमरमर, कांच, सिलिकॉन, क्वार्ट्ज, पानी, एल्कोहोल, हवा, हीलियम, आर्गन, हाइड्रोजन, नाइट्रोजन, सोडियम क्लोराइड जैसे लवण आदि प्रतिचुंबकीय पदार्थ हैं।

☞ माइस्नर प्रभाव (Meisner effect):- जब किसी अतिचालक पदार्थ (सीसा, पारा, बैरियम) को बाह्य चुम्बकीय में रखा जाता है, तो अतिचालक के भीतर चुम्बकीय क्षेत्र शून्य रहता है| इस घटना को माइस्नर प्रभाव कहते हैं|

☞ इस घटना के आविष्कारक का नाम माइस्नर था



☞ अतिचालक वे पदार्थ हैं जो एक निश्चित तापमान से नीचे ठंडा होने पर शून्य विद्युत प्रतिरोधकता प्रदान करते हैं और पूर्ण प्रतिचुम्बकत्व दिखाते हैं।

THE GUIDE ACADEMIC

इस प्रकार अतिचालक पूर्ण चालकता तथा पूर्ण प्रतिचुम्बकत्व को प्रदर्शित करता है। अतः अतिचालक के लिये

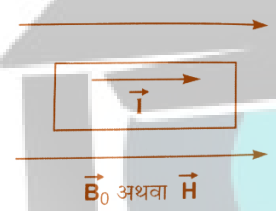
$$\mu_r = \frac{B}{B_0} = 0$$

$$\mu_r = 0$$

तथा $1 + \chi = 0, \quad \chi = -1$

2.अनुचुम्बकीय (Paramagnetic Materials):-

वे पदार्थ जो बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखे जाने पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में मामूली से चुम्बकित हो जाते हैं प्रतिचुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं |



उदाहरण:एलुमीनियम (AI),

सोडियम (Na), लिथियम (Li),

कैल्शियम (Ca), प्लेटिनम (Pt), क्रोमियम (Cr), यूरेनियम (U), मैंगनीज (Mn), मैग्नीशियम (Mg), ऑक्सीजन, वायु, कॉपर सल्फेट, लोहे एवं निकिल के लवणों के घोल आदि।

☞ **क्युरी का नियम (Curie's Law):-** अनुचुम्बकीय पदार्थों की चुम्बकीय प्रवृत्ति इनके केल्विन ताप के व्युत्क्रमानुपाती होती है|

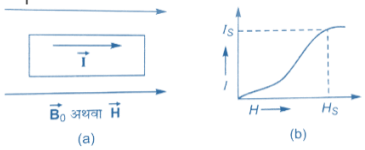
चुम्बकीय प्रवृत्ति $\chi \propto \frac{1}{T}$

$\chi = C.\frac{1}{T} \quad \Rightarrow \chi = \frac{C}{T}$

जहाँ C को क्युरी नियतांक कहते हैं|

3.लौहचुंबकीय पदार्थ (Ferromagnetic Substance):- वे चुम्बकीय पदार्थ जो बाह्य चुंबकीय क्षेत्र की दिशा में प्रबल रूप से चुम्बकीय हो जाता हैं, लौह चुम्बकीय पदार्थ कहलाता है |

उदाहरण-लोहा (Fe),



कोबाल्ट(Co), निकिल (Ni),

स्टील एवं इनकी मिश्र धातुयें जैसे गैडोलिनियम, एलनिको आदि।

❖ **क्युरी ताप (Curie Temperature) (T_C):-** वह ताप जिसके ऊपर कोई लौहचुम्बकीय पदार्थ अनुचुम्बकीय हो जाता है पदार्थ का क्युरी ताप(T_C) कहलाता है|

Note:- जब किसी लौहचुम्बकीय पदार्थ को गर्म किया जाता है चुम्बकीय प्रवृत्ति घटती है एक निश्चित ताप पर लौहचुम्बकीय पदार्थ अनुचुम्बकीय पदार्थ हो जाता है, और ठण्डा करने पर वह पुनः लौहचुम्बकीय हो जाता है|

क्युरी का समीकरण से,

$$\chi \propto \frac{1}{(T - T_C)}$$

$$\chi = C.\frac{1}{(T - T_C)}$$

$$\chi = \frac{C}{(T - T_C)}$$

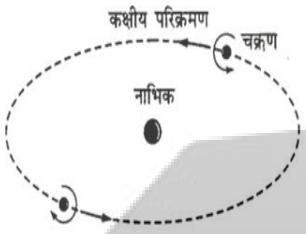
$$(T > T_C)$$

पदार्थ का नाम	क्युरी ताप T_C (K)
कोबाल्ट	1334
लोहा	1043
Fe_3o_3	893
निकल	631
गैडोलिनियम	317

❖ चुम्बकत्व के परमाणवीय मॉडल के आधार पर प्रतिचुम्बकत्व, अनुचुम्बकत्व तथा लौहचुम्बकत्व की व्याख्या(Explanation of Diamagnetism, Para magnetism and Ferromagnetism

on the basis of Atomic Model of Magnetism)

चुम्बकत्व का परमाणवीय मॉडल के अनुसार - प्रत्येक पदार्थ असंख्य परमाणुओं से मिलकर बना है। प्रत्येक परमाणु के केन्द्र पर एक धनावेशित नाभिक होता है जिसके चारों ओर विभिन्न कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन घूमते रहते हैं। ये इलेक्ट्रॉन कक्षीय परिक्रमण के अतिरिक्त अपनी धुरी पर भी घूमते रहते हैं।

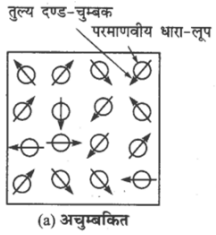


इसे 'चक्रण (spin) कहते हैं। चूंकि प्रत्येक इलेक्ट्रॉन आवेशित होता है; अतः कक्षीय अथवा चक्रण गति करता हुआ इलेक्ट्रॉन एक धारावाही लूप या चुम्बकीय द्विध्रुव की भाँति व्यवहार करता है। इसी कारण परमाणु में चुम्बकीय आघूर्ण उत्पन्न होता है। परमाणु में चुम्बकीय आघूर्ण का अधिकांश भाग (90%) इलेक्ट्रॉनों के 'चक्रण के कारण होता है; कक्षीय परिक्रमण के कारण आघूर्ण बहुत कम (10%) होता है।

चुम्बकत्व के परमाणवीय मॉडल के आधार पर प्रतिचुम्बकत्व, अनुचुम्बकत्व तथा लौहचुम्बकत्व की व्याख्या

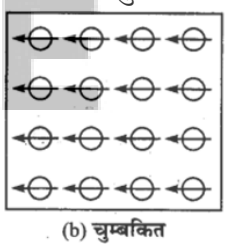
(A)प्रतिचुम्बकत्व की व्याख्या- प्रतिचुम्बकत्व का गुण प्रायः उन पदार्थों के अणुओं अथवा परमाणुओं में पाया जाता है जिनमें इलेक्ट्रॉनों की संख्या सम (even) होती है तथा दो-दो इलेक्ट्रॉन मिलकर युग्म बना लेते हैं। प्रत्येक युग्म में एक इलेक्ट्रॉन का चक्रण दूसरे इलेक्ट्रॉन के चक्रण की विपरीत दिशा में होता है, जिससे ये एक-दूसरे के चुम्बकीय आघूर्ण को निरस्त कर देते हैं। अतः प्रतिचुम्बकीय पदार्थ के परमाणु का नेट चुम्बकीय आघूर्ण शून्य होता है। जब ऐसे पदार्थ को किसी बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो युग्म के एक इलेक्ट्रॉन का चक्रण धीमा तथा दूसरे का त्वरित हो जाता है। अब युग्म के इलेक्ट्रॉन एक-दूसरे के चुम्बकीय प्रभाव को निरस्त नहीं कर पाते और परमाणु में चुम्बकीय आघूर्ण प्रेरित हो जाता है, जिसकी दिशा बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा के विपरीत होती है; अर्थात् पदार्थ बाह्य क्षेत्र की विपरीत दिशा में चुम्बकित हो जाता है। ताप के बदलने पर इन पदार्थों के प्रतिचुम्बकत्व गुण पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है |

(B)अनुचुम्बकत्व की व्याख्या- अनुचुम्बकत्व का गुण उन पदार्थों में पाया जाता है जिनके परमाणुओं या अणुओं में कुछ ऐसे आधिक्य इलेक्ट्रॉन होते हैं जिनका चक्रण एक ही दिशा में होता है। अतः प्रत्येक परमाणु में स्थायी चुम्बकीय आघूर्ण होता है और वह एक सूक्ष्म दण्ड चुम्बक की भाँति व्यवहार करता है, जिसे 'परमाणवीय चुम्बक' कहते हैं। परन्तु किसी बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की अनुपस्थिति में ये पदार्थ कोई चुम्बकीय प्रभाव नहीं दिखाते।



इसका कारण परमाणवीय चुम्बकों का अनियमित रूप से अभिविन्यासित (randomly oriented) होना है [चित्र (a)]।

बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखने पर प्रत्येक परमाणवीय चुम्बक पर एक बल-आघूर्ण कार्य करता है। जिससे ये क्षेत्र की दिशा में संरेखित हो जाते हैं। इस प्रकार पूरा पदार्थ क्षेत्र की दिशा में चुम्बकीय आघूर्ण प्राप्त कर लेता है; अर्थात् क्षेत्र की दिशा में चुम्बकित हो जाता है [चित्र (b)]

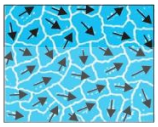


(C)लौहचुम्बकत्व की व्याख्या (डोमेन सिद्धान्त)-

डोमेन (Domain):- किसी लौह चुम्बकीय पदार्थ के बड़ी संख्या में परमाणुओं से बना छोटा क्षेत्र को डोमेन कहते हैं|

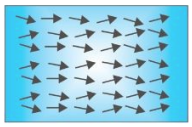
- डोमेन का आकार लगभग $1mm$ तथा एक डोमेन में लगभग -10^{11} परमाणु होते है |

प्रत्येक डोमेन एक छोटे चुम्बक की भाँति व्यवहार करता है। लौहचुम्बकीय पदार्थ के



(a)

अचुम्बकीय टुकड़े में डोमेनअनियमित रूप से

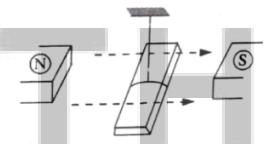


अभिविन्यसित होते हैं और उनकी चुम्बकीय आघूर्ण निरस्त हो जाता है। पदार्थ को चुम्बकीय क्षेत्र में रखने पर सभी डोमेन चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में अभिविन्यसित हो जाते हैं और प्रबल चुम्बकीय प्रभाव उत्पन्न होती है। चुम्बकीय क्षेत्र को हटा लेने पर भी डोमेनों का क्रम बना रहता है और लौहचुम्बकीय पदार्थ स्थायी चुम्बक बन जाते हैं। चुम्बकीय पदार्थों की यह प्रवृत्ति लौहचुम्बकत्व कहलाती है।

❖ प्रतिचुम्बकीय पदार्थ (Dia-magnetism) के गुण

1. ये चुम्बक द्वारा दुर्बल रूप से प्रतिकर्षित होता है|

2. एक मुक्त रूप से लटकी हुई प्रतिचुम्बकीय पदार्थ की छड़ धीरे-धीरे क्षेत्र की दिशा के समकोण पर व्यवस्थित हो जाती है|



3. इसका चुम्बकत्व की तीव्रता (I) का मान कम ऋणात्मक होता है|

4. इसका सुग्रहिता (χ) कुछ ऋणात्मक होता है |

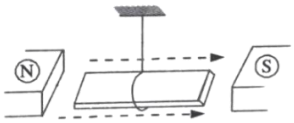
($\therefore \chi_m = \frac{I}{H}$, I कुछ ऋणात्मक होता है , अतः χ_m कुछ ऋणात्मक है)

5. इसकी आपेक्षिक चुम्बकशीलता (μ_r) का मान 1 से कम होता है|

❖ अनुचुम्बकीय (para-magnetism) के गुण

1. ये चुम्बक द्वारा दुर्बल रूप से आकर्षित होते हैं|

2. एक मुक्त रूप से लटकी हुई प्रतिचुम्बकीय पदार्थ की छड़ बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में धीरे-धीरे व्यवस्थित हो जाती है|



3. इसका चुम्बकत्व तीव्रता (I) का मान कम धनात्मक होता है|

4. इसका सुग्रहिता (χ_m) का मान कम धनात्मक_होता है|

($\therefore \chi_m = \frac{I}{H}$,

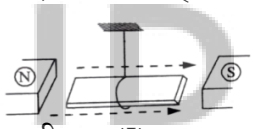
I कम धनात्मक होता है , अतः χ_m कम धनात्मक है)

5. इसकी आपेक्षिक चुम्बकशीलता (μ_r) का मान 1 से कुछ अधिक_होता है|

❖ लौह चुम्बकीय (Ferro-magnetism)के गुण

1. ये चुम्बक द्वारा प्रबल रूप से आकर्षित होते हैं|

2. एक मुक्त रूप से लटकी हुई लौह चुम्बकीय छड़ बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में शीघ्र ही व्यवस्थित हो जाता है|



3 इसका चुम्बकत्व तीव्रता (I) का मान अधिक धनात्मक होता है|

4. इसका सुग्रहिता का मान अधिक धनात्मक होता है

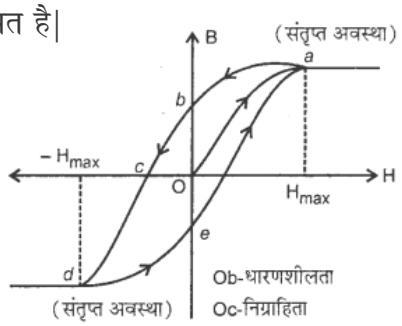
5. इसकी आपेक्षिक चुम्बकशीलता (μ_r) का मान 1 से बहुत अधिक होता है |

❖ शैथिल्य वक्र (B-H वक्र) (I-H) वक्र (Hysteresis Curve)

माना कि शुरू में पदार्थ बिलकुल विचुम्बकित है|(i) इसको परिनालिका के भीतर रखते हैं और परिनालिका में धारा का

THE GUIDE ACADEMIC

मान बढाते हैं| जब परिनालिका में धारा का मान बढाते हैं तो चुम्बकीय क्षेत्र B का मान बढ़ता है जैसा कि वक्र Oa में चित्रित है|



इससे आगे धारा बढाने पर यानी चुम्बकीय तीव्रता (H) को बढाने पर चुम्बकीय क्षेत्र (B) का मान नहीं बढ़ता है इस बिंदु को संतृप्त बिंदु कहते हैं,फिर हम (H) को घटाते हैं और शून्य पर ले जाते हैं लेकिन (B) का मान शून्य नहीं होता है (B) के इस मान को चुम्बकीय धारणशीलता या चुम्बकत्वाशेष कहते हैं|

(ii) अब परिनालिका में धारा दिशा को उलट देते हैं और धीरे-धीरे इसका मान बढाते हैं तब तक जब तक की चुम्बकीय क्षेत्र (B) का मान शून्य नहीं हो जाये जिसे वक्र bc से दर्शाया गया है बिंदु C पर H का मान निग्राहिता कहलाता है | धारा बढाए जाने पर एक बार फिर संतृप्त स्थिति को प्राप्त कर लेता है एक बार फिर धारा के मान को विपरीत दिशा में कम किया जाये तो चक्र दोहराया जाता है|

❖ **धारणशीलता(Retentivity):-** चुम्बकीय क्षेत्र पूर्ण रूप से हटाने या शून्य के बाद भी पदार्थ में चुम्बकत्व का गुण बना रहता है इस गुण को धारणशीलता कहते हैं|

❖ **निग्राहिता(coercivity):-** जब चुम्बकीय क्षेत्र को हटाया जाता है तथा विपरीत दिशा में बढाया जाता है तो चुम्बकीय क्षेत्र के एक निश्चित मान पर चुम्बकत्व का मान शून्य हो जाता है , चुम्बकीय क्षेत्र के इस मान को ही निग्रहिता कहते है।

❖ **चुम्बकीय शैथिल्य (Magnetic Hysteresis):-** लौह चुम्बकीय पदार्थों के लिए चुम्बक तीव्रता B या I के चुम्बक क्षेत्र H से पीछे रह जाने की प्रक्रिया को चुम्बकीय शैथिल्य कहते हैं|

☞ चुम्बकीय क्षेत्र B तथा चुंबकीय तीव्रता H के मध्य खिंचा गया ग्राफ ही B-H वक्र या चुम्बकीय शैथिल्य वक्र कहते है।

❖ **शैथिल्य हानि(Hysteresis loss):-** पदार्थ को चुम्बकीत करने और विचुम्बकीत करने में ऊर्जा की हानि होती है। इसे शैथिल्य हानि कहते है।

☞ जिसका मान शैथिल्य वक्र के क्षेत्रफल के समानुपाती होते है।

☞ विचुम्बकन (Demagnetization):-हम पढ़ चुके हैं कि किसी लौहचुम्बकीय पदार्थ के टुकड़े को चुम्बक बनाने के लिये उसके डोमेनों को व्यवस्थित एवं संरेखित करना पड़ता है। यदि व्यवस्थित डोमेनों को अव्यवस्थित कर दिया जाये तो चुम्बक का चुम्बकत्व नष्ट हो जाता है। इस परिघटना को विचुम्बकन कहते हैं।

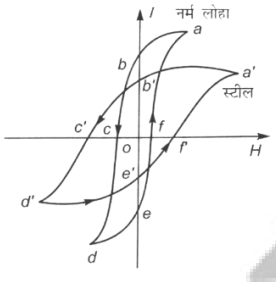
☞ **विचुम्बकन मुख्यतः दो प्रकार से हो सकता है**

1. गर्म करके - यदि हम किसी चुम्बक को हथौड़े से पीटें अथवा क्यूरी ताप के ऊपर गर्म करें तो ऊष्मीय विक्षोभ इतना बढ़ जाता है कि चुम्बक के डोमेन अस्त व्यस्त हो जाते हैं। अतः चुम्बक का चुम्बकत्व समाप्त हो जाता है।

2. प्रत्यावर्ती बाह्य क्षेत्र का प्रयोग करके- इसके लिये पदार्थ को परिनालिका में रखकर परिनालिका में प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित करके धारा का मान धीरे-धीरे घटाते हैं। इस प्रकार शैथिल्य वक्र का आकार धीरे-धीरे घटता है तथा अन्त में शून्य हो जाता है। इस स्थिति में पदार्थ विचुम्बकित हो जाता है।

☞ नर्म लोहे तथा स्टील के चुम्बकीय गुणों की तुलना(Comparison of Magnetic Properties of Soft Iron and Steel)

नर्म लोहा तथा स्टील के चुम्बकीय गुणों की तुलना उनके शैथिल्य वक्रों की तुलना के आधार पर की जा सकती है। इनके शैथिल्य वक्र में प्रदर्शित हैं। चित्र से स्पष्ट है कि-



(1) नर्म लोहे की धारणशीलता (ob) स्टील की धारणशीलता (ob') से कुछ अधिक है।

(2) नर्म लोहे की निग्राहिता (oc) स्टील की निग्राहिता (oc') से बहुत कम है।.

(3) नर्म लोहे के शैथिल्य वक्र $abcdef$ का क्षेत्रफल (अर्थात् शैथिल्य ह्रास) स्टील के शैथिल्य वक्र $a'b'c'd'e'f'$ के क्षेत्रफल से बहुत कम है।

उपर्युक्त से स्पष्ट है कि **नर्म लोहे का चुम्बकन तथा विचुम्बकन दोनों ही सुगमता से हो जाते हैं परन्तु फौलाद का चुम्बकन व विचुम्बकन कठिनता से होता है। अतः नर्म लोहे का प्रयोग अस्थायी चुम्बक बनाने में तथा स्टील का प्रयोग स्थायी चुम्बक बनाने में किया जाता है।**

स्थायी चुम्बक एवं विद्युत चुम्बक (Permanent Magnets and Electromagnets)

स्थायी चुम्बक : स्थायी चुम्बक वे पदार्थ है जिनमें कमरे के ताप पर लौह चुम्बकीय गुण दीर्घ काल तक बना रहता है।

स्थायी चुम्बक बनाने की विधियाँ

(1) लौह चुम्बकीय छड़ को उत्तर-दक्षिण दिशा में रखकर इस पर बार बार हथौड़े का प्रहार करके।

(2) किसी परिनालिका के भीतर लौहे चुम्बकीय पदार्थ की छड़ रखकर, परिनालिका में दिष्ट धारा प्रवाहित करने पर परिनालिका के भीतर का चुम्बकीय क्षेत्र छड़ को चुम्बकित कर देता है।

(3) स्टील की एक छड़ के ऊपर किसी छड़ चुम्बक का एक सिरा आर-पार घिसकर चुम्बकित किया जा सकता है |

स्थायी चुम्बक बनाने के लिए पदार्थ का चयन चुम्बकीय शैथिल्य वक्र के आधार पर किया जाता **है। स्थायी चुम्बक बनाने के लिए अपेक्षायें हैं: उच्च धारणशीलता एवं उच्च निग्राहिता।** अतः स्थायी चुम्बक बनाने के लिए सबसे प्रमुख पदार्थ है- स्टील

☞ **अन्य उपयुक्त पदार्थ एलनिको (लोहे, ऐलुमिनियम, निकल कोबाल्ट एवं ताँबे की मिश्रधातु), कोबाल्ट स्टील आदि है ।**

Note:-स्टील की धारणशीलता नर्म लौहे से कम है परन्तु नर्म लौहे की निग्राहिता अत्यन्त कम है। इसलिये स्थायी चुम्बक बनाने के लिए स्टील, नर्म लोहे से अधिक उपयुक्त है।

☞ विद्युत्-चुम्बक (Electromagnet)

जब किसी नर्म लोहे के टुकड़े में से विद्युत धारा गुजारी जाती है तो नर्म लोहे के टुकड़े में चुंबक के गुण आ जाते हैं, जिसे **विद्युत चुंबक** कहते हैं।

☞ नर्म लोहे के क्रोड के ऊपर ताँबे के तार की कुंडली लपेट कर उसमें यदि विद्युत् धारा प्रवाहित की जाय तो नर्म लोहे का क्रोड चुम्बकित हो जाता है।