# भौतिकी

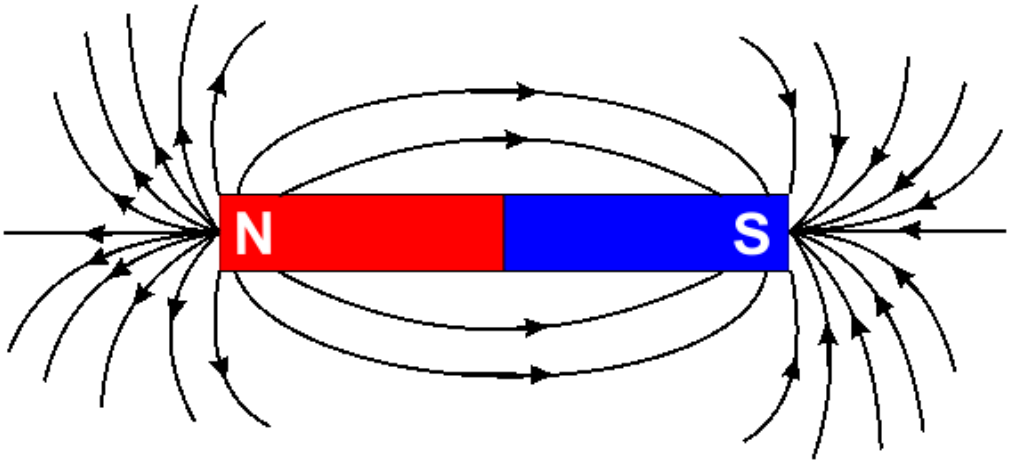
## अध्याय-5: चुंबकत्व एवं द्रव्य

## चुंबकीय बल रेखाएं

जब हम किसी चुंबक के समीप कोई चुंबकीय सुई लाते हैं। तो चुंबकीय सुई घूमकर एक निश्चित दिशा में ठहरती है। यदि हम चुंबक को घुमाकर उसकी दिशा बदल दें, तो चुंबकीय सुई की दिशा बदल जाएगी।

इससे यह स्पष्ट होता है। कि चुंबकीय सुई (या कम्पास सुई) के चलने का पथ एक वक्र रेखा है। जो चुंबक के उत्तरी ध्रुव से प्रारंभ होकर दक्षिण ध्रुव पर नष्ट (समाप्त) हो जाता है। ये वक्र रेखाएं ही चुंबकीय बल रेखाएं कहलाती है।

किसी चुंबक के चारों ओर का वह क्षेत्र जिसमें किसी चुंबकीय बल का अनुभव किया जाए। चुंबक का चुंबकीय क्षेत्र होता है।




चुंबकीय बल रेखाएं सदैव चुंबक के उत्तरी ध्रुव से निकलकर वक्र बनाती हुई चुंबक के दक्षिणी ध्रुव में प्रवेश करती है। और पुन: चुंबक के अंदर से होती हुई वापस उत्तरी ध्रुव पर लौट आती है। अतः चुंबकीय बल रेखाएं बन्द वक्र बनाती है।

चुंबकीय बल रेखाएं कभी एक-दूसरे को नहीं काटती है। यदि बल रेखाएं एक-दूसरे को आपस में काटती है। तो जिस बिंदु पर काटा गया है। उस बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र की दो दिशाएं होंगी। यह लगभग असंभव है।

चुंबक के ध्रुव (उत्तर या दक्षिणी) के निकट चुंबकीय बल रेखाएं पास-पास होती है। जिसके कारण ध्रुवों पर चुंबकीय क्षेत्र प्रबल होता है। एवं ध्रुवों से जितनी दूर जाते हैं। चुंबकीय क्षेत्र दुर्बल होता जाता है। अर्थात् चुंबकीय क्षेत्र की प्रबलता घटती जाती है। क्योंकि ध्रुवों से दूर जाने पर चुंबकीय बल रेखाएं दूर-दूर हो जाती है।

**एक समान चुंबकीय क्षेत्र :-**

चुंबक के ध्रुव से दूर जाने पर एक ऐसा स्थान आता है। जहां पर चुंबकीय बल रेखाएं एक-दूसरे के समांतर व समान दूरी पर स्थित होती है। अतः चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा व परिमाण एक ही होती है। इस प्रकार के क्षेत्र को एक समान चुंबकीय क्षेत्र कहते हैं।

**चुंबकीय बल रेखाओं के गुण :-**

1. चुंबकीय बल रेखाएं एक बन्द वक्र बनती है। क्योंकि यह चुंबक के उत्तरी ध्रुव से निकलकर दक्षिणी ध्रुव में होते हुए उत्तरी ध्रुव पर वापस लौट आती है। जैसा चित्र में दर्शाया गया है।
2. चुंबकीय बल रेखाएं कभी भी एक दूसरे को काटती नहीं है।
3. जहां चुंबकीय बल रेखाएं पास-पास होती हैं। वहां चुंबकीय क्षेत्र प्रबल होता है। तथा जहां चुंबकीय बल रेखाएं दूर-दूर होती है। वहां चुंबकीय क्षेत्र दुर्बल होता है।
4. जिस स्थान पर चुंबकीय बल रेखाएं एक-दूसरी रेखाओं के समांतर व समदूरस्थ (समान दूरी) पर होती है। तो इस प्रकार के क्षेत्र को एकसमान चुंबकीय क्षेत्र कहते हैं।

चुंबकत्व के लिए गौस का नियम :-

किसी बन्द पृष्ठ से गुजरने वाला कुल चुंबकीय फ्लस्क सदैव शून्य होता है। अर्थात्

$$\Phi_B = \oint \vec{B} \cdot \vec{dA} = 0$$

## चुम्बकन तीव्रता (intensity of magnetisation)

किसी पदार्थ के प्रति एकांक आयतन के उपस्थित चुंबकीय आघूर्ण को उस पदार्थ की चुम्बकन तीव्रता कहते हैं। इसे $\vec{I}$ से प्रदर्शित करते हैं। यदि चुंबकीय पदार्थ का चुंबकीय आघूर्ण M तथा आयतन V है।

तो $\boxed{\vec{I} = \frac{\vec{M}}{V}}$

यह एक सदिश राशि है। चुम्बकन तीव्रता का मात्रक एंपियर/मीटर होता है।

**चुंबकीय तीव्रता:-**

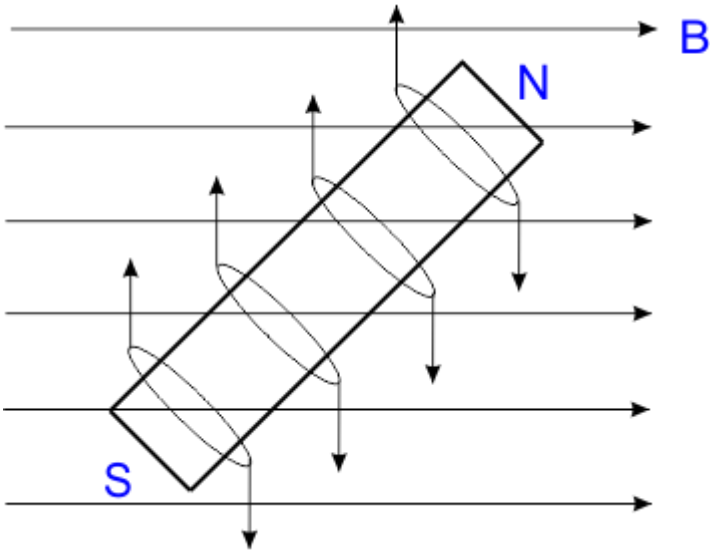
वह बाह्य चुंबकीय क्षेत्र जिसमें, इसके अन्दर रखे गये पदार्थ को चुंबकित करने की क्षमता होती है। इस बाह्य चुंबकीय क्षेत्र को चुंबकीय तीव्रता कहते हैं। इसे $\overrightarrow{H}$ से प्रदर्शित करते है। तो $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{I}$

जहां $\vec{B}$पदार्थ के भीतर का चुंबकीय प्रेरण, $\vec{I}$ चुम्बकन तीव्रता तथा $\mu_0$ निर्वात की चुम्बकशीलता है।

चुंबकीय तीव्रता का मात्रक एंपियर/मीटर होता है।

**चुंबकीय क्षेत्र में चुंबकीय द्विध्रुव पर लगाने वाला बल युग्म:-**

जब चुंबकीय क्षेत्र में किसी छड़ चुंबक NS को रखा जाता है। तो उस पर एक युग्म कार्य करता है। जो उसे घुमाकर क्षेत्र के समांतर लाने का प्रयत्न करता है।




चुंबकीय क्षेत्र में चुंबकीय द्विध्रुव पर लगाने वाला बल युग्म

चुंबक का प्रत्येक परमाणु एक नन्हें धारा लूप की तरह कार्य करता है। यदि चुंबक में N प्ररमाणु है तो उन पर लगने वाला बल युग्म का आघूर्ण

$\tau = (NiA)B \sin\theta$ ($\tau = PE\sin\theta$ से)

यहां (NiA) को चुंबकीय द्विध्रुव का आघूर्ण कहते हैं। जिसे M से प्रदर्शित करते हैं। तब बल युग्म का आघूर्ण

$\tau = MB\sin\theta$

जब $\theta = 90°$ हो तो

$\tau_{max} = MB$

चुंबकीय द्विध्रुव का आघूर्ण $M = NiA$

चुंबकीय द्विध्रुव के आघूर्ण का मात्रक एम्पीयर-मीटर$^2$ होता है। तथा विमीय सूत्र $[L^2A]$ है।

## पृथ्वी के चुंबकत्व के अवयव

पृथ्वी के चुंबकत्व के अवयवो की संख्या तीन है।

1. दिकपात का कोण
2. नमन या नति कोण
3. पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक

**दिकपात का कोण:-**

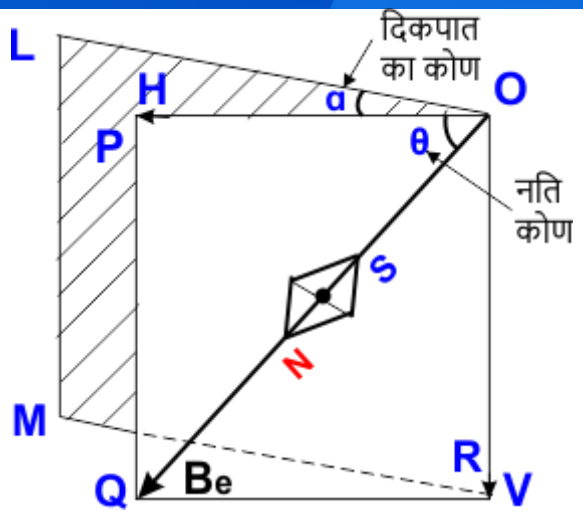
पृथ्वी तल के किसी स्थान पर चुंबकीय याम्योत्तर तथा भौगोलिक याम्योत्तर के बीच बने न्यूनकोण को दिकपात का कोण कहते हैं।
चुंबकीय याम्योत्तर तथा भौगोलिक याम्योत्तर की परिभाषाएं नीचे दी गई है दिकपात के कोण को $\alpha$ से प्रदर्शित करते हैं।

**नमन कोण या नति कोण:-**

पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र की दिशा क्षेत्र के साथ जो कोण बनाती है। उसे नमन कोण या नति कोण कहते हैं। इसे $\theta$ द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

**पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक:-**

किसी स्थान पर चुंबकीय याम्योत्तर में कार्य करने वाले पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का वह घटक जो क्षैतिज दिशा में कार्य करता है। पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक कहलाता है।




**पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक**

माना चुंबकीय याम्योत्तर (OPQR) तथा भौगोलिक याम्योत्तर (OLMR) के बीच का कोण $\alpha$ है। जिसे दिकपात का कोण कहते हैं। तथा चुंबकीय अक्ष OQ तथा क्षैतिज दिशा OP के बीच का कोण $\theta$ है। जिसे नमन या नति कोण कहते हैं।

$B_e$ पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र है। जिसे क्षैतिज व ऊर्ध्वाधर घटकों में विभाजित करने पर

क्षैतिज घटक $H = B_e\cos\theta$

ऊर्ध्वाधर घटक $V = B_e\sin\theta$

दोनों समीकरणों का आपस में वर्ग करने पर

$H^2 + V^2 = (B_e)^2 \times (\cos\theta^2 + \sin\theta^2)$

$H^2 + V^2 = (B_e)^2 \times 1$

$B_e = \sqrt{H_2 + V_2}$

अब समीकरणों को आपस में भाग करने पर

$$\frac{V}{H} = \frac{B_e sin\theta}{B_e cos\theta}$$

$$tan\theta = \frac{V}{H}$$

या $$\theta = tan^{-1}(\frac{V}{H})$$

पृथ्वी के चुंबकीय ध्रुव पर नति कोण का मान 90° होता है। तथा निरक्ष पर नति कोण का मान 0° होता है।

**चुंबकीय याम्योत्तर:-**

पृथ्वी तल के किसी स्थान पर अपने गुरुत्व केंद्र से स्वतंत्र रूप से लटकी चुंबकीय सुई की अक्ष से गुजरने वाले ऊर्ध्वाधर तल को चुंबकीय याम्योत्तर कहते हैं। प्रदर्शित चित्र में OPQR चुंबकीय याम्योत्तर है।

**भौगोलिक याम्योत्तर:-**

किसी स्थान पर पृथ्वी के भौगोलिक उत्तरी तथा दक्षिणी ध्रुवों को मिलाने वाली रेखा में से गुजरने वाले ऊर्ध्वाधर तल को भौगोलिक याम्योत्तर कहते हैं। प्रदर्शित क्षेत्र में OLMR भौगोलिक याम्योत्तर है।

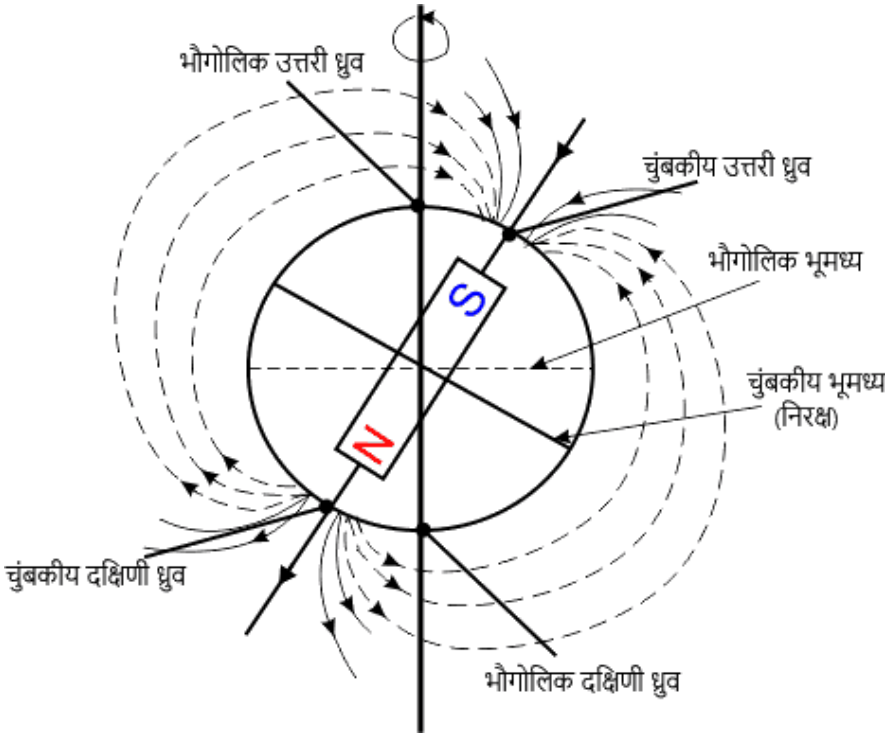
## भू-चुंबकत्व

भौतिक विज्ञान की वह शाखा, जिसके अंतर्गत हम पृथ्वी के चुंबकत्व का अध्ययन करते हैं। उसे भू-चुंबकत्व कहते हैं।

**पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र**

हमारी पृथ्वी एक ऐसा व्यवहार करती है। जैसे इसके अंदर एक बहुत बड़ी शक्तिशाली चुंबक रखी हो, इस चुंबक का उत्तरी ध्रुव हमारी पृथ्वी के दक्षिण ध्रुव की ओर तथा चुंबक का दक्षिणी ध्रुव हमारी पृथ्वी के उत्तरी ध्रुव की ओर है। यही कारण है कि कोई स्वतंत्र पूर्वक लटकी चुंबकीय सुई सदैव उत्तरी-दक्षिणी ध्रुव की ओर ही ठहरती है। इसकी व्याख्या निम्न बिंदुओं के आधार पर की जा सकती है।

(i) स्वतंत्र पूर्वक लटकी चुंबकीय सुई सदैव उत्तरी-दक्षिणी दिशा में ही ठहरती है। इसका कारण यह है, कि हम कोई चुंबकीय सुई को इस प्रकार लटका दें। कि वह चुंबकीय सुई न ही धरती और न ही किसी वस्तु से स्पर्श हो अर्थात् वह स्वतंत्र रहे। तो इस चुंबकीय सुई का उत्तरी ध्रुव हमारी पृथ्वी की उत्तरी दिशा की ओर तथा चुंबकीय सुई का दक्षिणी ध्रुव पृथ्वी की दक्षिण दिशा की ओर आकर रूक जाएगा। अर्थात चुंबकीय सुई उत्तर-दक्षिण दिशा में ही आकर ठहरती है।




(ii) दक्षिणी चुंबकीय ध्रुव, भौगोलिक उत्तरी ध्रुव के निकट होता है तथा उत्तरी चुंबकीय ध्रुव, भौगोलिक दक्षिणी ध्रुव के निकट होता है। जैसा चित्र में स्पष्ट किया गया है।
(iii) यदि हम लोहे की छड़ को उस दिशा में जिस दिशा में चुंबकीय सुई ठहरती है। उसी दिशा में जमीन की नीचे गाड़ दें। तो कुछ समय बाद यह लोहे की छड़ एक चुंबक के समान ही रूप ले लेगी। अर्थात् यह चुंबक बन जाती है।

**चुंबकीय अक्ष:-** पृथ्वी के चुंबकीय उत्तरी ध्रुव तथा चुंबकीय दक्षिणी ध्रुवों को मिलाने वाली रेखा को चुंबकीय अक्ष कहते हैं।

पृथ्वी की चुंबकीय अक्ष अपने भौगोलिक अक्ष से 11.3° का कोण बनाती है।

**चुंबकीय निरक्ष (magnetic equator):-**

जिन स्थानों पर चुंबकीय सुई पृथ्वी की सतह के क्षैतिज अर्थात् समांतर होती है। उन स्थानों से गुजर कर जाने वाली तथा पृथ्वी के ध्रुवों को मिलाने वाली रेखा के लंबवत तल, पृथ्वी की गोलीय सतह को एक व्रत के रूप में काटता है इस काटे गए व्रत को पृथ्वी की चुंबकीय निरक्ष कहते हैं। जैसे चित्र में दर्शाया गया है।

## चुम्बकीय पदार्थ

वैज्ञानिक माइकल फैराडे ने यह अनुमान लगाया कि सभी पदार्थों में चुंबकत्व का गुण पाया जाता है वैज्ञानिक ने अनेकों पदार्थों पर चुंबकीय क्षेत्र में रखकर प्रयोग किये। और पदार्थों को तीन भागों में बांटा गया।

1. प्रतिचुंबकीय पदार्थ
2. अनुचुंबकीय पदार्थ
3. लौहचुंबकीय पदार्थ

**प्रतिचुंबकीय पदार्थ:-**

वे पदार्थ जो किसी चुंबक के सिरों के निकट लाए जाने पर हल्के-से (मामूली से) प्रतिकर्षित होते हैं। एवं चुंबकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की विपरीत दिशा में बहुत कम (मामूली से) चुंबकित होते हैं। इस प्रकार के पदार्थों को प्रतिचुंबकीय पदार्थ कहते हैं। तथा इन पदार्थों के इस गुण को प्रतिचुंबकत्व कहते हैं।
प्रतिचुंबकीय पदार्थ के उदाहरण - विस्मित (Bi), चांदी(Ag), सोना(Au), हाइड्रोजन ($H_2$), नाइट्रोजन ($N_2$), जस्ता (Zn), नमक (Nacl), तथा तांबा (Cu) आदि प्रतिचुंबकीय पदार्थ के उदाहरण हैं।

प्रतिचुंबकीय पदार्थों की चुंबकीय प्रवृत्ति कम तथा ऋणात्मक होती है। प्रतिचुंबकीय पदार्थों को चुंबकीय क्षेत्र में रखे जाने पर इनमें चुंबकीय फ्लक्स घनत्व, निर्वात की तुलना में कुछ कम हो जाता है। जिसके कारण प्रतिचुंबकीय पदार्थों की आपेक्षिक चुम्बकशीलता का मान 1 से कम हो जाता है। एवं प्रतिचुंबकीय पदार्थ की चुंबकीय सुग्राहिता ताप पर निर्भर नहीं करती है।

**अनुचुंबकीय पदार्थ:-**

वे पदार्थ जो किसी चुंबक के सिरों के निकट लाए जाने पर हल्के-से (मामूली से) आकर्षित होते हैं। एवं चुंबकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की दिशा में मामूली से (बहुत कम) चुंबकित होते हैं। इस प्रकार के पदार्थों को अनुचुंबकीय पदार्थ कहते हैं। एवं इन पदार्थों की इस गुण को अनुचुंबकत्व कहते हैं। अनुचुंबकीय पदार्थ के उदाहरण - प्लैटिनम (Pt), एल्युमीनियम (Al), सोडियम (Na), ऑक्सीजन ($O_2$), कैल्शियम (Ca) आदि अनुचुंबकीय पदार्थ के गुण हैं।

अनुचुंबकीय पदार्थ की चुंबकीय प्रवृत्ति कम तथा धनात्मक होती है। अनुचुंबकीय पदार्थ को चुंबकीय क्षेत्र में रखे जाने पर इनमें चुंबकीय फ्लक्स घनत्व का मान, निर्वात की तुलना में कुछ बढ़ जाता है। जिसके कारण अनुचुंबकीय पदार्थों की आपेक्षित चुम्बकशीलता का मान 1 से कुछ बड़ा हो जाता है।
अनुचुंबकीय पदार्थों की चुंबकीय सुग्राहिता, केल्विन ताप के व्युत्क्रमानुपाती होती है। अतः

$$X_m = \frac{1}{T}$$

**लौहचुंबकीय पदार्थ:-**

वे पदार्थ जो किसी चुंबक के समीप लाए जाने पर तेजी से आकर्षित होते हैं। एवं किसी चुंबकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की दिशा में प्रबलता से चुंबकित होते है। इन पदार्थों को लौहचुंबकीय पदार्थ कहते हैं। एवं पदार्थों के इस गुण को लौहचुंबकत्व कहते हैं। लौहचुंबकीय के पदार्थ के उदाहरण - निकिल (Ni), कोबाल्ट (Co), तथा आयरन (Fe) लौहचुंबकीय पदार्थ के उदाहरण हैं।

लौहचुंबकीय पदार्थों की चुंबकीय प्रवृत्ति बहुत अधिक तथा धनात्मक होती है। और अपेक्षित चुंबकशीलता का मान 1 से बहुत बड़ा होता है।

**प्रतिचुंबकीय, अनुचुंबकीय तथा लौहचुंबकीय पदार्थों में अंतर:-**

| क्रम संख्या | प्रतिचुंबकीय पदार्थ | अनुचुंबकीय पदार्थ | लौहचुंबकीय पदार्थ |
|---|---|---|---|
| 1 | इनकी अपेक्षित चुंबकशीलता का मान 1 से कम होता है। | इनकी अपेक्षित चुंबकशीलता का मान 1 से थोड़ा ज्यादा होता है। | इनकी अपेक्षित चुंबकशीलता का मान 1 से बहुत ज्यादा होता है। |
| 2 | यह पदार्थ चुंबकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की विपरीत दिशा में हल्के से चुंबकित होते हैं। | यह पदार्थ चुंबकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की दिशा में हल्के से चुंबकित होते हैं। | यह पदार्थ चुंबकीय क्षेत्र में रखे जाने पर क्षेत्र की दिशा में प्रबलता से चुंबकित होते हैं। |
| 3 | इन पदार्थों की चुंबकीय प्रवृत्ति कम तथा ऋणात्मक होती है। | इन पदार्थों की चुंबकीय प्रवृत्ति कम तथा धनात्मक होती है। | इन पदार्थों की चुंबकीय प्रवृत्ति बहुत अधिक तथा धनात्मक होती है। |
| 4 | यह पदार्थ ठोस, द्रव तथा गैस में होते हैं। | यह पदार्थ ठोस, द्रव तथा गैस में होते हैं। | यह पदार्थ केवल क्रिस्टलीय ठोसों में होते हैं। |
| 5 | उदाहरण - Bi, Ag, Au, Cu, $N_2$, $H_2$ etc. | उदाहरण - Pt, Al, Na, $O_2$, Ca etc. | उदाहरण - Ni, Co, Fe I |

## क्यूरी का नियम

वैज्ञानिक क्यूरी ने सन् 1985 ई० में अनेकों प्रयोग द्वारा यह अध्ययन किया। कि अनुचुंबकीय पदार्थ की चुंबकन तीव्रता, चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता H के अनुक्रमानुपाती होती है। तथा परमताप T के व्युत्क्रमानुपाती होती है। तो

$$I \propto \frac{H}{T}$$

$$I = C\left(\frac{H}{T}\right)$$

जहां C एक नियतांक है। जिसे क्यूरी नियतांक कहते हैं। एवं यह समीकरण क्यूरी का नियम (Curie's law in hindi) कहलाता है।

$$C = I(\frac{T}{H})$$

**क्यूरी ताप**

यदि हम किसी लौहचुंबकीय पदार्थ को गर्म करें, तो एक निश्चित ताप पर पदार्थ का लौहचुंबकत्व का गुण एकाएक नष्ट हो जाता है। तथा पदार्थ अनुचुंबकीय में परिवर्तित हो जाता है। एवं पदार्थ को ठंडा करने पर वह पुनः लौहचुंबकीय हो जाता है। अर्थात् "वह उच्चतम ताप जिस पर लौहचुंबकीय पदार्थ, अनुचुंबकीय पदार्थ में परिवर्तित हो जाता है। उसे क्यूरी ताप कहते हैं।"

**उदाहरण** - निकिल (Ni), आयरन (Fe) तथा कोबाल्ट (Co) के क्यूरी ताप क्रमशः 358°C, 770°C तथा 1121°C होता है।
यह ताप सेल्सियस में है केल्विन में बदलने के लिए इनमें 273 जोड़ दें। जैसे 358 + 273 = 631 K हो जाता है।