भौतिकी

अध्याय-5: चुंबकत्व एवं द्रव्य

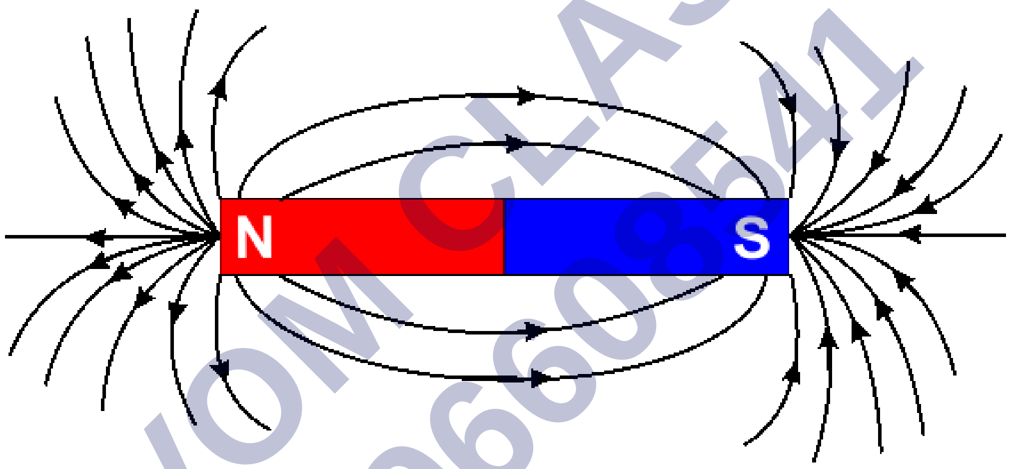
SHIVOM CLASSES 8696608541

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। अत: 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।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

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

$$\Phi_B = \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

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

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

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

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 $\vec{H}$ से प्रदर्शित करते है।

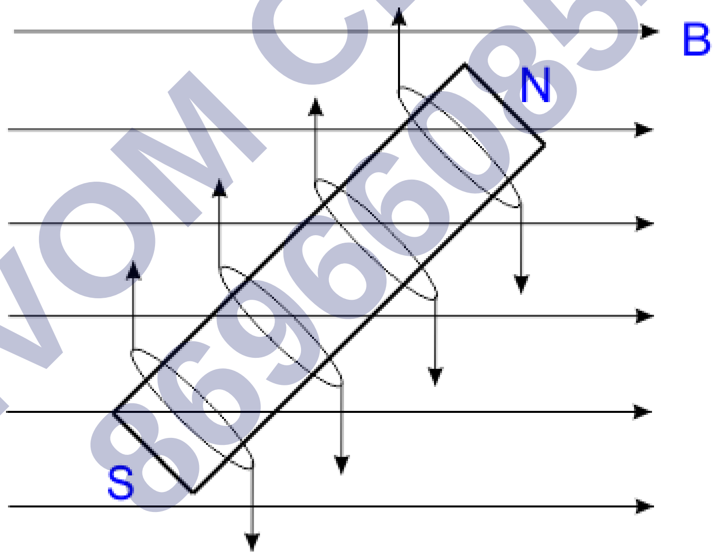
तो $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{I}$

जहां $\vec{B}$पदार्थ के भीतर का चुंबकीय प्रेरण, $\vec{I}$ चुम्बकन तीव्रता तथा μ_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

τ = (NiA)B sinθ (τ = PEsinθ से)

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

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$\tau = MB\sin\theta$

जब $\theta = 90^\circ$ 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 α से प्रदर्शित करते हैं।

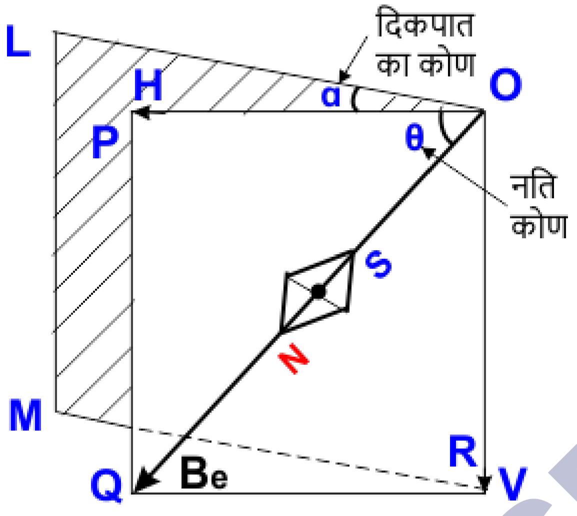
नमन कोण या नति कोण:-

पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र की दिशा क्षेत्र के साथ जो कोण बनाती है। उसे नमन कोण या नति कोण कहते हैं। इसे θ 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।

SHIVOM CLASSES 8696608541



पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक

माना चुंबकीय याम्योत्तर (OPQR) तथा भौगोलिक याम्योत्तर (OLMR) के बीच का कोण α है। जिसे दिकपात का कोण कहते हैं। तथा चुंबकीय अक्ष OQ तथा क्षैतिज दिशा OP के बीच का कोण θ 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

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

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

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

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

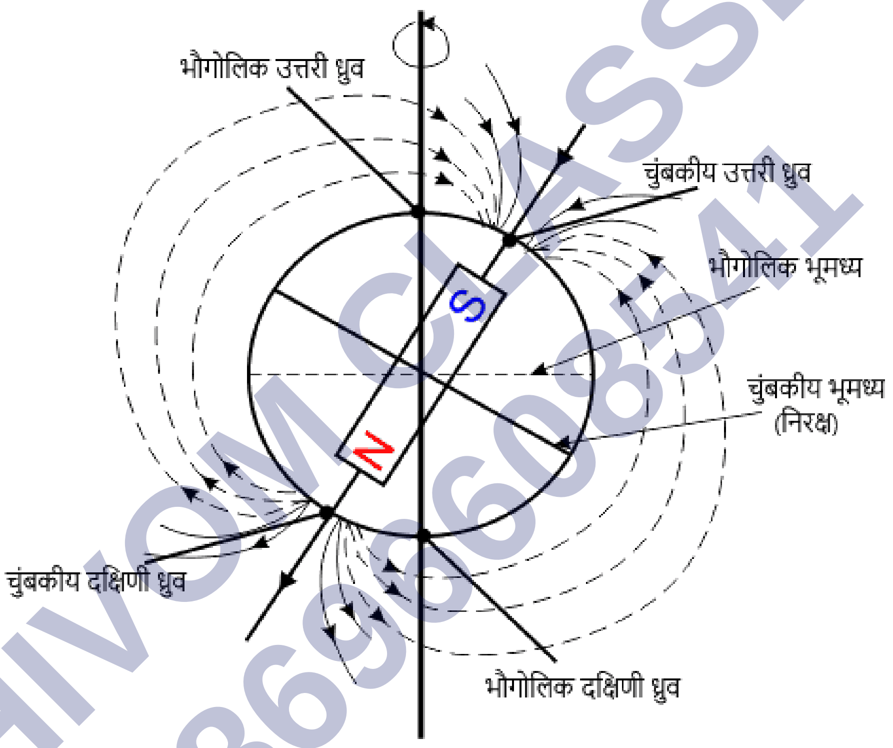
हमारी पृथ्वी एक ऐसा व्यवहार करती है। जैसे इसके अंदर एक बहुत बड़ी शक्तिशाली चुंबक रखी हो, इस चुंबक का उत्तरी ध्रुव हमारी पृथ्वी के दक्षिण ध्रुव की ओर तथा चुंबक का दक्षिणी ध्रुव हमारी पृथ्वी के उत्तरी ध्रुव की ओर है। यही कारण है कि कोई स्वतंत्र पूर्वक लटकी चुंबकीय

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

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।

SHIVOM CLASSES 8696608541

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।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

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।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

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।

SHIVOM CLASSES 8696608541

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।

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

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।

SHIVOM CLASSES 8696608541

यह ताप सेल्सियस में है केल्विन में बदलने के लिए इनमें 273 जोड़ दें। जैसे 358 + 273 = 631 K हो जाता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

NCERT SOLUTIONS

अभ्यास (पृष्ठ संख्या 200-202)

प्रश्न 1 भू-चुम्बकत्व सम्बन्धी निम्नलिखित प्रश्नों का उत्तर दीजिए-

a. एक सदिश को पूर्ण रूप से व्यक्त करने के लिए तीन राशियों की आवश्यकता होती है। उन तीन स्वतन्त्र राशियों के नाम लिखिए जो परम्परागत रूप से पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र को व्यक्त करने के लिए प्रयुक्त होती हैं।?
b. दक्षिण भारत में किसी स्थान पर नति कोण का मान लगभग 18° है। ब्रिटेन में आप इससे अधिक नति कोण की अपेक्षा करेंगे या कम की?
c. यदि आप ऑस्ट्रेलिया के मेलबोर्न शहर में भू-चुम्बकीय क्षेत्र रेखाओं का नक्शा बनाएँ तो ये रेखाएँ पृथ्वी के अन्दर जाएँगी या इससे बाहर आएँगी?
d. एक चुम्बकीय सुई जो ऊर्ध्वाधर तल में घूमने के लिए स्वतन्त्र है, यदि भू-चुम्बकीय उत्तर या दक्षिण ध्रुव पर रखी हो तो यह किस दिशा में संकेत करेगी?
e. यदि हम मान लें कि पृथ्वी के केन्द्र पर M चुम्बकीय-आघूर्ण का चुम्बकीय द्विध्रुव रखा है तो पृथ्वी के चुम्बकीय निरक्ष पर स्थित बिन्दुओं की इस द्विध्रुव के केन्द्र से दूरी पृथ्वी की त्रिज्या के बराबर होगी।
f. भूगर्भशास्त्रियों का मानना है कि मुख्य N-S चुम्बकीय ध्रुवों के अतिरिक्त, पृथ्वी की सतह पर कई अन्य स्थानीय ध्रुव भी हैं, जो विभिन्न दिशाओं में विन्यस्त हैं। ऐसा होना कैसे सम्भव है?

उत्तर-

a. पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र को व्यक्त करने के लिए प्रयुक्त होने वाली तीन राशियाँ निम्नलिखित है।

1. नति कोण अथवा नमन कोण δ (Angle of Dip or Angle of Magnetic Inclination)
2. दिकुपात का कोण θ (Angle of Declination)

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

3. पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र का क्षैतिज अवयव BH (Horizontal Component of Earth's Magnetic Field)

b. जी हाँ, चूँकि ब्रिटेन, दक्षिण भारत की तुलना में पृथ्वी के उत्तरी ध्रुव के अधिक समीप है; अतः यहाँ नति कोण अधिक होगा। वास्तव में ब्रिटेन में नति कोण लगभग 70° है।

c. ऑस्ट्रेलिया, पृथ्वी के दक्षिण गोलार्द्ध में स्थित है। चूंकि पृथ्वी के दक्षिण ध्रुव से चुम्बकीय-क्षेत्र रेखाएँ बाहर निकलती हैं; अतः ये पृथ्वी से बाहर निकलती प्रतीत होंगी।

d. चूँकि ध्रुवों पर पृथ्वी का चुम्बकीय-क्षेत्र ऊर्ध्वाधर होता है; अतः ध्रुवों पर लटकी चुम्बकीय सुई (जो ऊर्ध्वाधर तल में घूमने के लिए स्वतन्त्र है) ऊर्ध्वाधर दिशा की ओर इंगित करेगी।

e. निरक्ष पर चुंबकीय-क्षेत्र-

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

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

प्रोयोगो द्वारा पृथ्वी के चुम्बकीय निरक्ष पर-

$$B = 0.4G = 0.4 \times 10^{-4} T$$

$$\therefore\ M = \frac{4\pi \times 0.4 \times 10^{-4} \times (6.4 \times 10^6)^3}{4\pi \times 10^{-7}}$$

$$= 10.5 \times 10^{22} A.m^2$$

स्पष्ट है कि पृथ्वी के चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण का यह मान $8 \times 10^{22} JT^{-1}$ के अत्यन्त निकट है। इस प्रकार पृथ्वी के चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण के परिमाण की कोटि की जाँच की जा सकती है।

f. यद्यपि पृथ्वी का सम्पूर्ण चुम्बकीय-क्षेत्र, एकल चुम्बकीय द्विध्रुव के कारण माना जाता है अपितु स्थानीय स्तर पर चुम्बकित पदार्थों के भण्डार अन्य चुम्बकीय ध्रुवों का निर्माण करते हैं।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 2 निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए-

a. एक जगह से दूसरी जगह जाने पर पृथ्वी का चुम्बकीय-क्षेत्र बदलता है। क्या यह समय के साथ भी बदलता है? यदि हाँ, तो कितने समय अन्तराल पर इसमें पर्याप्त परिवर्तन होते हैं?
b. पृथ्वी के क्रोड में लोहा है, यह ज्ञात है। फिर भी भूगर्भशास्त्री इसको पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र का स्त्रोत नहीं मानते। क्यों?
c. पृथ्वी के क्रोड के बाहरी चालक भाग में प्रवाहित होने वाली आवेश धाराएँ भू-चुम्बकीय क्षेत्र के लिए उत्तरदायी समझी जाती हैं। इन धाराओं को बनाए रखने वाली बैटरी (ऊर्जा स्त्रोत) क्या हो सकती है?
d. अपने 4-5 अरब वर्षों के इतिहास में पृथ्वी अपने चुम्बकीय-क्षेत्र की दिशा कई बार उलट चुकी होगी। भूगर्भशास्त्री, इतने सुदूर अतीत के पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र के बारे में कैसे जान पाते हैं?
e. बहुत अधिक दूरियों पर (30,000km से अधिक) पृथ्वी का चुम्बकीय-क्षेत्र अपनी द्विध्रुवीय आकृति से काफी भिन्न हो जाता है। कौन-से कारक इस विकृति के लिए उत्तरदायी हो सकते हैं?
f. अन्तरातारकीय अन्तरिक्ष में 10^{-12}T की कोटि का बहुत ही क्षीण चुम्बकीय-क्षेत्र होता है। क्या इस क्षीण चुम्बकीय-क्षेत्र के भी कुछ प्रभावी परिणाम हो सकते हैं। समझाइए।

उत्तर-

a. यद्यपि यह सत्य है कि पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र समय के साथ बदलता है, परन्तु चुम्बकीय-क्षेत्र में प्रेक्षण योग्य परिवर्तन के लिए कोई निश्चित समय सीमा निर्धारित नहीं की जा सकती। इसमें सैकड़ों वर्ष का समय भी लग सकता है
b. यह सुज्ञात तथ्य है कि पृथ्वी के क्रोड में पिघला हुआ लोहा है परन्तु इसका ताप लोहे के क्यूरी ताप से कहीं अधिक है। इतने उच्च ताप पर यह (लौह चुम्बकीय नहीं हो सकता) कोई चुम्बकीय-क्षेत्र उत्पन्न नहीं कर सकता।
c. यह माना जाता है कि पृथ्वी के गर्भ में उपस्थित रेडियोएक्टिव पदार्थों के विघटन से प्राप्त ऊर्जा ही आवेश धाराओं की ऊर्जा का स्त्रोत है।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

d. प्रारम्भ में पृथ्वी के गर्भ में अनेक पिघली हुई चट्टानें थीं जो समय के साथ धीरे-धीरे ठोस होती चली गईं। इन चट्टानों में मौजूद लौह-चुम्बकीय पदार्थ उस समय के पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र के अनुरूप संरेखित हो गए। इस प्रकार भूतकाल का पृथ्वी का चुम्बकीय-क्षेत्र इन चट्टानों में चुम्बकत्व एवं द्रव्य 185 चुम्बकीय पदार्थों के अनुरूपण में अभिलेखित है। इन चट्टानों का भूचुम्बकीय अध्ययन उस समय के पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र का ज्ञान प्रदान करता है।

e. पृथ्वी के आयनमण्डल में अनेक आवेशित कण विद्यमान रहते हैं जिनकी गति एक अलग चुम्बकीय-क्षेत्र उत्पन्न करती है। यही चुम्बकीय-क्षेत्र, पृथ्वी तल से अधिक दूरी पर पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र को विकृत कर देता है। आयनों के कारण उत्पन्न चुम्बकीय-क्षेत्र सौर पवन पर निर्भर करता है।

सूत्र-

$R = \frac{mv}{qB}$ से, $R \propto \frac{1}{B}$

f. इससे स्पष्ट है कि अत्यन्त क्षीण चुम्बकीय-क्षेत्र में गतिमान आवेशित कण अति विशाल त्रिज्या का मार्ग अपनाती है जो कि थोड़ी दूरी में लगभग सरल रेखीय प्रतीत होता है; अतः छोटी दूरियों के लिए सूक्ष्म चुम्बकीय-क्षेत्र अप्रभावी प्रतीत होते हैं परन्तु बड़ी दूरियों में ये प्रभावी विक्षेपण उत्पन्न करते हैं।

प्रश्न 3 एक छोटा छड़ चुम्बक जो एकसमान बाह्य चुम्बकीय-क्षेत्र 0.25T के साथ 30° का कोण बनाता है, पर 4.5 x 10^{-2}J का बल आघूर्ण लगता है। चुम्बक के चुम्बकीय-आघूर्ण का परिमाण क्या है?

उत्तर- दिया है,

$$B = 0.25T, \tau = 4.5 \times 10^{-2} Nm, \theta = 30^\circ$$

बल-आघूर्ण-

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

SHIVOM CLASSES 8696608541

चुम्बकीय आघूर्ण-

$$M = \frac{\tau}{B\sin\theta} = \frac{4.5\times10^{-2}}{0.25\times0.5} = 0.36 \text{ ऐम्पियर-मीटर}^2$$

प्रश्न 4 चुम्बकीय-आघूर्ण M = 0.32JT^{-1} वाला एक छोटा छड़ चुम्बक, 0.15T के एकसमान बाह्य चुम्बकीय-क्षेत्र में रखा है। यदि यह छड़ क्षेत्र के तल में घूमने के लिए स्वतन्त्र हो तो क्षेत्र के किस विन्यास में यह-

a. स्थायी सन्तुलन की प्रत्येक स्थिति में चुम्बक की स्थितिज ऊर्जा का मान बताइए।
b. अस्थायी सन्तुलन की स्थिति में चुम्बक की स्थितिज ऊर्जा का मान बताइए।

उत्तर-

a. दिया है, चुम्बक का चुम्बकीय आघूर्ण M = 0.32 जूल/ टेस्ला

चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता B = 0.15 टेस्ला

चुम्बकीय क्षेत्र में छड़ चुम्बक के स्थायी सन्तुलन के लिए $\underset{M}{\rightarrow}$ तथा $\underset{B}{\rightarrow}$ एक एक ही दिशा में होने चाहिए,

अर्थात् θ = 0

इस स्थिति में चुम्बक की स्थितिज ऊर्जा-

$$U = \vec{M}.\vec{B}$$

$$-MB\cos\theta$$

$$= -0.32\times0.15\times\cos 0$$

$$= -0.32\times0.15\times1$$

$$= -0.048 \text{ जूल}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

b. दिया है, चुम्बक का चुम्बकीय आघूर्ण M = 0.32 जूल/ टेस्ला

चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता B = 0.15 टेस्ला

चुम्बकीय क्षेत्र में छड़ चुम्बक के स्थायी सन्तुलन के लिए

अर्थात् θ = 180°

इस स्थिति में चुम्बक की स्थितिज ऊर्जा-

$$U = \vec{M}.\vec{B}$$
$$= -MB\cos\theta$$
$$= -MB\cos 180$$
$$= -0.32 \times 0.15 \times (-1)$$
$$= +0.048 \text{ जूल}$$

प्रश्न 5 एक परिनालिका में पास-पास लपेटे गए 800 फेरे हैं तथा इसकी अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल $25 \times 10^{-4} m^2$ है और इसमें 3.0A धारा प्रवाहित हो रही है। समझाइए कि किस अर्थ में यह परिनालिका एक छड़ चुम्बक की तरह व्यवहार करती है। इसके साथ जुड़ा हुआ चुम्बकीय-आघूर्ण कितना है?

उत्तर- चुम्बकीय आघूर्ण M = NiA

M = 800 × 3.0 ऐम्पियर x 2.5 × 10^{-4} मी^{2}

= 0.600 ऐम्पियर-मीटर

चूँकि परिनालिका को किसी चुम्बकीय क्षेत्र में लटकाने पर दण्ड-चुम्बक के समान ही इस पर भी एक बल-युग्म कार्य करता है, अत: यह दण्ड-चुम्बक के समान व्यवहार करती है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 6 यदि प्रश्न 5 में बताई गई परिनालिका ऊर्ध्वाधर दिशा के परितः घूमने के लिए स्वतन्त्र हो और इस पर क्षैतिज दिशा में एक 0.25T का एकसमान चुम्बकीय-क्षेत्र लगाया जाए, तो इस परिनालिका पर लगने वाले बल आघूर्ण का परिमाण उस समय क्या होगा, जब इसकी अक्ष आरोपित क्षेत्र की दिशा से 30° का कोण बना रही हो?

उत्तर- बल-आघूर्ण-

$$\tau = \mathrm{MB} \sin \theta$$

$$\tau = (0.600) \times (0.25)(\sin 30^{\circ})$$

$$= (0.6 \times 0.25 \times 0.5) \text{ न्यूटन मीटर}$$

$$= 7.5 \times 10^{-2} \text{ न्यूटन-मीटर}$$

प्रश्न 7 एक छड़ चुम्बक जिसका चुम्बकीय-आघूर्ण $15JT^{-1}$ है, 0.22T के एक एकसमान चुम्बकीय-क्षेत्र के अनुदिश रखा है।

a. एक बाह्य बल आघूर्ण कितना कार्य करेगा यदि यह चुम्बक को चुम्बकीय-क्षेत्र के (i) लम्बवत (ii) विपरीत दिशा में संरेखित करने के लिए घुमा दे।
b. स्थिति (i) एवं (ii) में चुम्बक पर कितना बल आघूर्ण होता है।

उत्तर-

a.

दिया है,

चुम्बक का चुम्बकीय आघूर्ण-

M = 1.5 जूल/ टेस्ला

चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता B = 0.22 टेस्ला

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$\theta_1 = 0$

i. चुम्बक को चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् लाने के लिए-

$$\theta_2 = 90^\circ$$

अतः कृत कार्य-

$$W = MB[\cos\theta_1 - \cos\theta_2]$$

$$= 1.5 \times 0.22 \times [\cos 0 - \cos 90^\circ]$$

$$= 1.5 \times 0.22 \times [1 - 0]$$

$$= 0.33 \text{ जूल}$$

ii. चुम्बक को चुम्बकीय क्षेत्र की विपरीत दिशा में लाने के लिए-

$$\theta_2 = 180^\circ$$

अतः कृत कार्य-

$$W = MB[\cos\theta_1 - \cos\theta_2]$$

$$= 1.5 \times 0.22 \times [\cos 0 - \cos 180^\circ]$$

$$= 1.5 \times 0.22 \times [1 - (-1)]$$

$$= 0.66 \text{ जूल}$$

b.

i. जब $\theta_2 = 90^\circ$ तब चुम्बक पर बल-आघूर्ण

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$t = MB \sin \theta$$
$$= 1.5 \times 0.22 \times \sin 90^\circ$$
$$= 1.5 \times 0.22 \times 1$$
$$= 0.33 \text{ न्यूटन-मीटर}$$

ii. जब θ_2 = 180° तब चुम्बक पर बल-आघूर्ण

$$t = MB \sin \theta$$
$$= 1.5 \times 0.22 \times \sin 90^\circ$$
$$= 1.5 \times 0.22 \times 0$$
$$= 0$$

प्रश्न 8 एक परिनालिका जिसमें पास-पास 2000 फेरे लपेटे गए हैं तथा जिसके अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 1.6×10^{-4}m है और जिसमें 4.0A की धारा प्रवाहित हो रही है, इसके केन्द्र से इस प्रकार लटकाई गई है कि यह एक क्षैतिज तल में घूम सके।

परिनालिका के चुम्बकीय-आघूर्ण का मान क्या है?

परिनालिका पर लगने वाला बल एवं बल आघूर्ण क्या है, यदि इस पर, इसकी अक्ष से 30° का कोण बनाता हुआ 7.5×10^{-2}T का एकसमान क्षैतिज चुम्बकीय-क्षेत्र लगाया जाए?

उत्तर-

1. यहाँ

$$\text{यहाँ } N = 2000, A = 1.6 \times 10^{-4} m, i = 4.0A$$

1. परिनालिका का चुम्बकीय आघूर्ण-

$$M = NiA = 2000 \times 4.0 \times 1.6 \times 10^{-4} = 1.28 \text{ ऐम्पियर-मीटर}$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

धारावाही परिनालिका (अथवा चुम्बकीय द्विध्रुव) पर एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में नेट बल सदैव शून्य होगा।

2. परिनालिका पर बल-आघूर्ण-

$$\tau = \mathrm{MB}\sin\theta.$$

यहाँ $\mathrm{B} = 7.5 \times 10^{-2}\mathrm{T}, \theta = 30^\circ$

$$\tau = 1.28 \times 7.5 \times 10^{-2} \times \sin 30^\circ = 1.28 \times 7.5 \times 10^{-2} \times 0.5 = 48 \times 10^{-2}$$

न्यूटन-मीटर

प्रश्न 9 एक वृत्ताकार कुंडली जिसमें 16 फेरे हैं, जिसकी त्रिज्या 10 सेमी है और जिसमें 0.75 A धारा प्रवाहित हो रही है, इस प्रकार रखी है कि इसका तल, 5.0 x 10^{-2} T परिमाण वाले बाह्य क्षेत्र के लम्बवत है। कुंडली, चुम्बकीय-क्षेत्र के लम्बवत और इसके अपने तल में स्थित एक अक्ष के चारों तरफ घूमने के लिए स्वतन्त्र है। यदि कुंडली को जरा-सा घुमाकर छोड़ दिया जाए तो यह अपनी स्थायी सन्तुलनावस्था के इधर-उधर 2.0 s^{-1} की आवृत्ति से दोलन करती है। कुंडली का अपने घूर्णन अक्ष के परितः जड़त्व-आघूर्ण क्या है?

उत्तर- दिया है, कुण्डली की त्रिज्या r = 10 सेमी = 0.1 मीटर
कुण्डली में तार के फेरों की संख्या N = 16
कुण्डली में प्रवाहित धारा I = 0.75 ऐम्पियर
चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता B = 5.0 x 10^{-2} टेस्ला
कुण्डली की दोलन आवृत्ति f = 2.0 प्रति सेकण्ड

$$\mathrm{A} = \pi \mathrm{r}^2$$

$$= \pi(0.1)^2 = 0.01\pi \text{ मीटर}^2$$

अतः कुंडली का चुंबकीय आघूर्ण-

SHIVOM CLASSES 8696608541

$$M = NiA$$

$$= 0.75 \times 16 \times 0.01\pi = 0.3768 \text{ ऐम्पियर-मीटर}^2$$

यदि कुंडली का दोलन काल T हो, तो $T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{K}{MB}}$

अथवा $K = \frac{MB}{4\pi f^2}$

$$= \frac{3.768 \times 5.0 \times 10^{-3}}{4 \times (314)^2 \times (2)^2}$$

$$= 1.12 \times 10^{-4} \text{ किग्रा-मीटर}^2$$

प्रश्न 10 एक चुम्बकीय सुई चुम्बकीय याम्योत्तर के समान्तर एक ऊध्र्वाधर तल में घूमने के लिए स्वतन्त्र है। इसका उत्तरी ध्रुव क्षैतिज से 22° के कोण पर नीचे की ओर झुका है। इसे स्थान पर चुम्बकीय-क्षेत्र के क्षैतिज अवयव का मान 0.35G है। इस स्थान पर पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र का परिमाण ज्ञात कीजिए।

उत्तर- यहाँ नती कोण

$\theta = 22^\circ$ तथा $H = 0.35$ गौस $= 0.35 \times 10^{-4}$ न्यूटन/ एम्पियर-मीटर

$$H = B_e \cos\theta \Rightarrow B_e = \frac{H}{\cos\theta}$$

∴ पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण-

$$B_e = \frac{0.35 \times 10^{-4}}{\cos 22^\circ} \text{ न्यूटन/ एम्पियर-मीटर}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

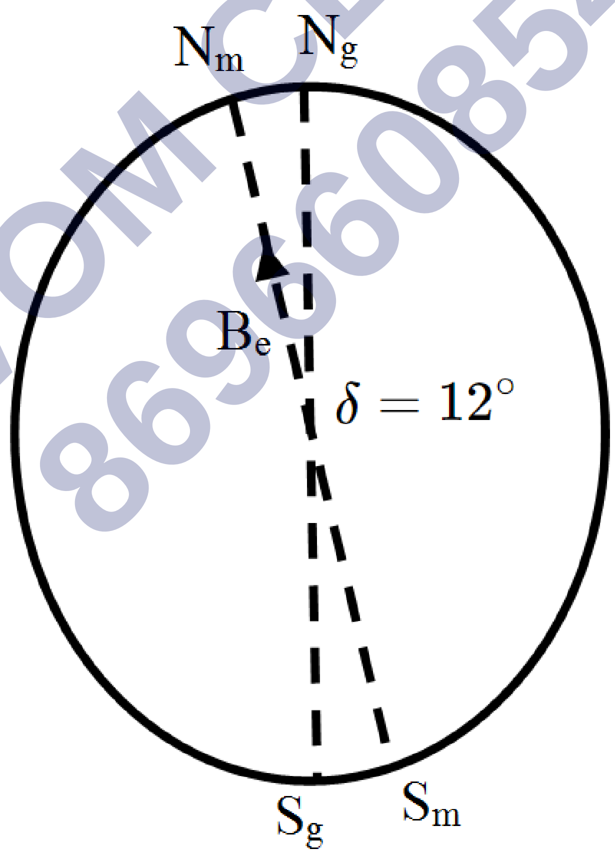
$$B_e = \frac{0.35 \times 10^{-4}}{0.927} \text{ न्यूटन/ एम्पियर-मीटर}$$

$$B_e = 0.38 \times 10^{-4} \text{ न्यूटन/ एम्पियर-मीटर}$$

$$= 0.38 \text{ गौस}$$

प्रश्न 11 दक्षिण अफ्रीका में किसी स्थान पर एक चुम्बकीय सुई भौगोलिक उत्तर से 12° पश्चिम की ओर संकेत करती है। चुम्बकीय याम्योत्तर में संरेखित नति-वृत्त की चुम्बकीय सुई का उत्तरी ध्रुव क्षैतिज से 60° उत्तर की ओर संकेत करता है। पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र का क्षैतिज अवयव मापने पर 0.16 G पाया जाता है। इस स्थान पर पृथ्वी के क्षेत्र का परिमाण और दिशा बताइए।

उत्तर-



परिणाम से, दिकपात कोण $\delta = 12^\circ$

नती कोण $\theta = 60^\circ$

SHIVOM CLASSES 8696608541

पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का क्षेतिज घटक, H = 0.16G

यदि पृथ्वी का कुल चुंबकीय क्षेत्र B_e हो, तो

$$H = B_e \cos\theta$$

$$\Rightarrow B_e = \frac{H}{\cos\theta} = \frac{H}{\cos 60^\circ} = \frac{0.16}{0.5} G$$

$$= 0.32G$$

इस प्रकार पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण = 0.32G तथा इसकी दिशा भौगोलिक याम्योत्तर के 12° पश्चिम ऊर्ध्वाधर तल में, क्षैतिज से 60° का कोण ऊपर की ओर बनाती है।

प्रश्न 12

a. किसी छोटे छड़ चुम्बक का चुम्बकीय-आघूर्ण 0.48 JT^{-1} है। चुम्बक के केन्द्र से 10cm की दूरी पर स्थित किसी बिन्दु पर इसके चुम्बकीय-क्षेत्र का परिमाण एवं दिशा बताइए यदि यह बिन्दु

b. चुम्बक के अक्ष पर स्थित हो,

चुम्बक के अभिलम्ब समद्विभाजक पर स्थित हो।

उत्तर-

a. यहाँ M = 0.48 न्यूटन-मीटर टेस्ला$^{-1}$, r = 10 सेमी = 0.10 मीटर

अक्षीय स्थिति में-

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\left(\frac{2M}{r^3}\right) = 10^{-7}\left(\frac{2 \times 0.48}{(0.10)^3}\right) \text{ न्यूटन/ एम्पियर – मीटर}$$

= 0.96 × 10^{-4} टेस्ला (दिशा S से N की ओर)

b. निरक्षीय स्थिति मेंs

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\left(\frac{M}{r^3}\right) = 10^{-7} = \left(\frac{2 \times 0.48}{(0.10)^3}\right)$$

$= 0.48 \times 10^{-4}$ टेस्ला

या B = 0.48 गौस (दिशा चुम्बक की अक्ष के समान्तर N से S की ओर)

प्रश्न 13 क्षैतिज तल में रखे एक छोटे छड़ चुम्बक का अक्ष, चुम्बकीय उत्तर-दक्षिण दिशा के अनुदिश है। सन्तुलन बिन्दु चुम्बक के अक्ष पर, इसके केन्द्र से 14 सेमी दूर स्थित है। इस स्थान पर पृथ्वी का चुम्बकीय-क्षेत्र 0.36 G एवं नति कोण शून्य है। चुम्बक के अभिलम्ब समद्विभाजक पर इसके केन्द्र से उतनी ही दूर (14 सेमी) स्थित किसी बिन्दु पर परिणामी चुम्बकीय-क्षेत्र क्या होगा ?

उत्तर-

दिया है, पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र B = 0.36 गौस = 0.36×10^{-4} टेस्ला

$\theta = 0$

चुम्बक की अक्ष पर उदासीन बिन्दु की दूरी r = 14 सेमी = 0.14 मीटर

यदि अक्षीय बिन्दु पर चुम्बक के कारण चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता B_1 हो, तो

$$B_1 = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right)\frac{2M}{r^3}$$

लेकिन उदासीन बिंदु पर-

$$H = B_1$$

अथवा $B\cos\theta = B_1$

$$\therefore B\cos\theta = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right)\frac{2M}{r^3}$$

अथवा $0.36 \times 10^{-4} \times \cos\theta = \frac{10^{-7} \times 2M}{(0.14)^3} \ldots (1)$

यदि चुम्बक की विषुवत स्थिति में चुम्बक से r दुरी पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता B_2 हो, तो

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$B_1 = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right) \cdot \frac{M}{r^3}$$

$$= \frac{10^{-7} \times 0.36 \times 10^{-4} \times 1 \times (0.14)^3}{2 \times 10^{-7} \times (0.14)^3}$$

$$= 0.18 \times 10^{-4} \text{ टेस्ला}$$

= 018 गौस

(पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में)

यदि इस बिंदु पर परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र B' हो तो

$$\vec{B'} = \vec{B}_{\text{चुम्बक}} + \vec{B}_{\text{प्रथवी}}$$

अथवा $B' = B + B$

$$= 0.18 + 0.36$$

$$= 0.54 \text{ गौस (पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में)}$$

प्रश्न 14 यदि प्रश्न 13 में वर्णित चुम्बक को 180° से घुमा दिया जाए तो सन्तुलन बिन्दुओं की नई स्थिति क्या होगी?

उत्तर- चुम्बक को 180° घुमाने पर चुम्बक का उत्तरी ध्रुव भौगोलिक उत्तर की ओर हो जाएगा,

अत: अब

उदासीन बिन्दु चुम्बक की विषुवत् रेखा पर प्राप्त होगा।

यदि उदासीन बिन्दु की चुम्बके से दूरी r हो, तो

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$B_1 = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right)\frac{M}{r^3}$$

उदासीन बिंदु पर-

$$B_1 = H$$

अथवा $B_1 = B\cos\theta = B\cos 0$

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

$$= \frac{10^{-7} \times 0.36 \times 10^{-4} \times (0.14)^3}{2 \times 10^{-7} \times 0.36 \times 10^{-4}} = \frac{(0.14)^3}{2}$$

$$r = \frac{0.14}{(2)^{\frac{1}{3}}} = \frac{0.14}{1.26} = 0.111 \text{ मीटर}$$

अब अक्षीय स्थिति में उदासीन बिंदु प्राप्त नहीं होगा।

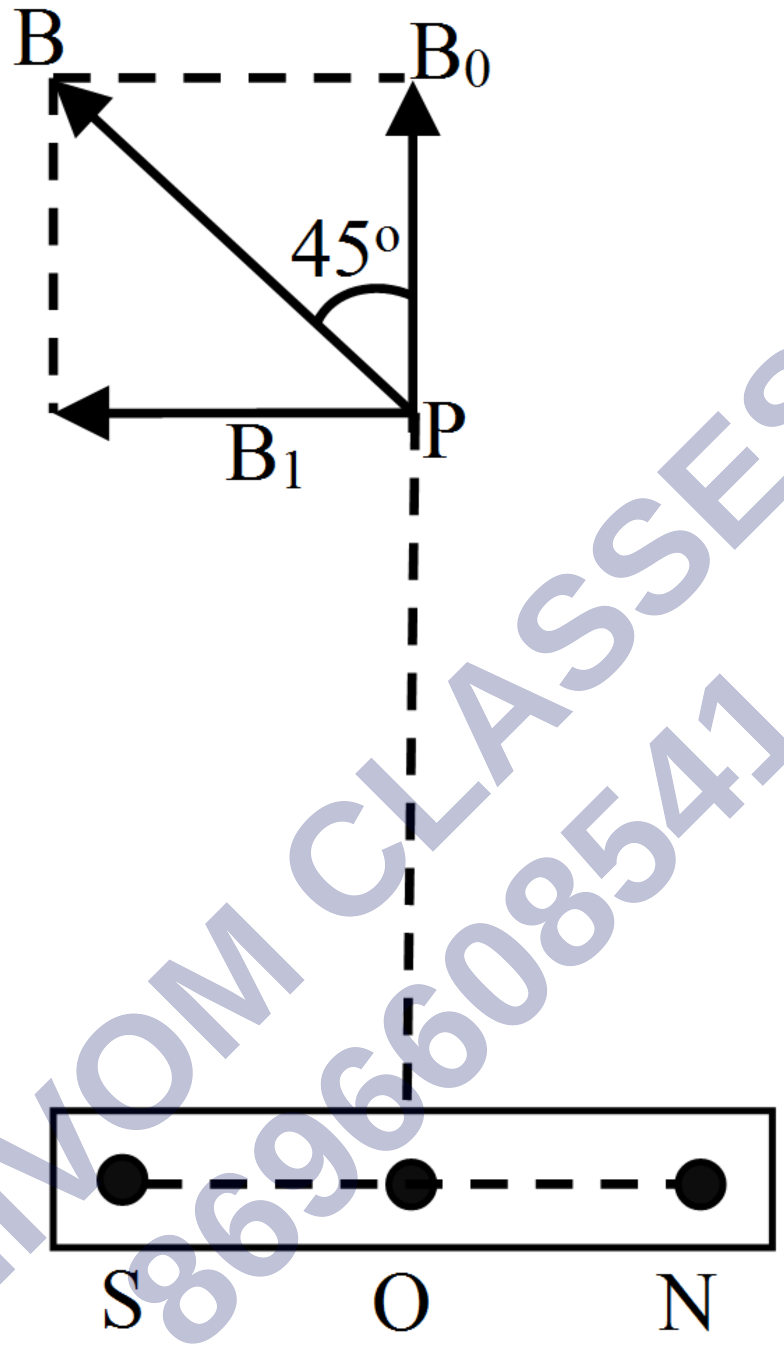
प्रश्न 15 एक छोटा छड़ चुम्बक जिसका चुम्बकीय-आघूर्ण 5.25 x 10^{-2} JT^{-1} है, इस प्रकार रखा है कि इसका अक्ष पृथ्वी के क्षेत्र की दिशा के लम्बवत है। चुम्बक के केन्द्र से कितनी दूरी पर, परिणामी क्षेत्र पृथ्वी के क्षेत्र की दिशा से 45° का कोण बनाएगा, यदि हम-

a. अभिलम्ब समद्विभाजक पर देखें,
b. अक्ष पर देखें। इस स्थान पर पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र का परिमाण 0.42 G है। प्रयुक्त दूरियों की तुलना में चुम्बक की लम्बाई की उपेक्षा कर सकते हैं।

उत्तर-

a.

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



SHIVOM CLASSES 8696608541

माना चुम्बक का लम्ब समद्विभाजक पर चुंबकीय क्षेत्र B_1 है।

$$\tan 45^\circ = \frac{B_1}{B_e} \Rightarrow B_1 = B_e$$

लम्ब समद्विभाजक पर-

$$B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m}{r_1^3}$$

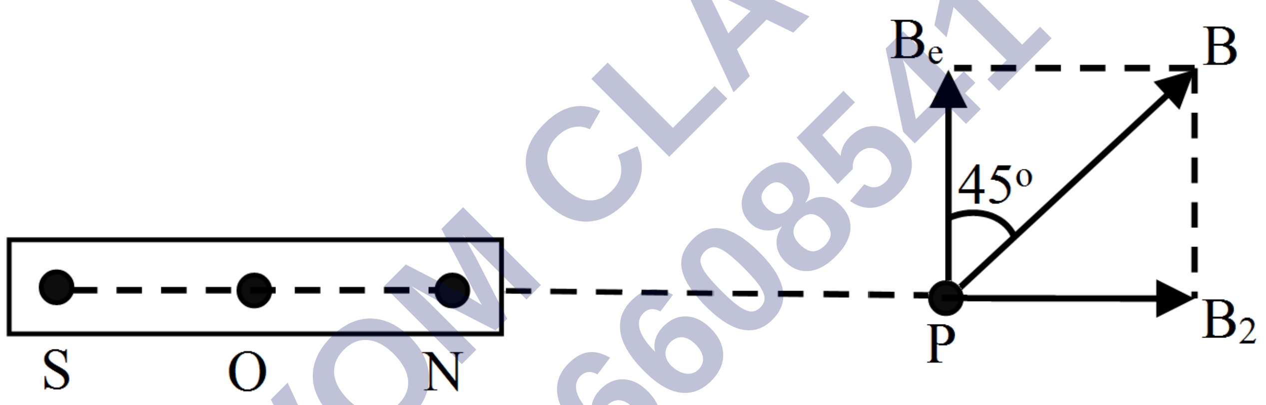
$$\Rightarrow \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{m}{r_1^3} = 0.42\times10^{-4}T$$

$$r_1^3 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{m}{B_1}$$

$$= (10^{-7})\times\frac{(5.25\times10^{-2})}{0.42\times10^{-4}} = \frac{52.5}{0.42}\times10^{-6}$$

$$\Rightarrow r_1 = \left(\frac{52.5}{0.42}\right)^{\frac{1}{3}}\times10^{-2}m = 5cm$$

b.



माना चुम्बक की अक्षीय स्थिति लम्ब पर चुंबकीय क्षेत्र B_2 है।

$$\tan 45^\circ = \frac{B_2}{B_e}$$

$$\Rightarrow B_2 = B_e$$

चुम्बक के अक्ष पर-

$$B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2m}{r_2{}^3}$$

$$B_e = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2m}{r_2{}^3}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

$$r_2^3 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2m}{B_3}$$

$$= (10^{-7}) \times \frac{2 \times 5.25 \times 10^{-2}}{0.42 \times 10^{-4}}$$

$$r_2 = \left(\frac{2 \times 52.5}{0.42}\right)^{\frac{1}{3}} \times 10^{-2} m$$

$$= 5 \times (2)^{\frac{1}{3}} \times 10^{-2} m$$

$$= 5 \times 1.26 \times 10^{-2} m$$

$$= 6.3 \times 10^{-2} m = 6.3 cm$$

अतिरिक्त अभ्यास (पृष्ठ संख्या 202-203s)

प्रश्न 16 निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए-

a. ठण्डा करने पर किसी अनुचुम्बकीय पदार्थ का नमूना अधिक चुम्बकन क्यों प्रदर्शित करता हैं? (एक ही चुम्बककारी क्षेत्र के लिए)
b. अनुचुम्बकत्व के विपरीत, प्रतिचुम्बकत्व पर ताप का प्रभाव लगभग नहीं होता। क्यों ?
c. यदि एक टोरॉइड में बिस्मथ का क्रोड लगाया जाए तो इसके अन्दर चुम्बकीय-क्षेत्र उस स्थिति की तुलना में (किंचित) कम होगा या (किंचित) ज्यादा होगा, जबकि क्रोड खाली हो?
d. क्या किसी लौह चुम्बकीय पदार्थ की चुम्बकशीलता चुम्बकीय-क्षेत्र पर निर्भर करती है? यदि हाँ, तो उच्च चुम्बकीय-क्षेत्रों के लिए इसका मान कम होगा या अधिक?
e. किसी लौह चुम्बक की सतह के प्रत्येक बिन्द पर चुम्बकीय-क्षेत्र रेखाएँ सदैव लम्बवत होती हैं (यह तथ्य उन स्थिरविद्युत क्षेत्र रेखाओं के सदृश है जो कि चालक की सतह के प्रत्येक बिन्दु पर लम्बवत होती हैं। क्यों?
f. क्या किसी अनुचुम्बकीय नमूने का अधिकतम सम्भव चुम्बकन, लौह चुम्बक के चुम्बकन के परिमाण की कोटि का होगा?

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर-

a. ताप के घटने पर पदार्थ के परमाण्वीय चुम्बकों का ऊष्मीय विक्षोभ कम हो जाता है जिसके कारण इन चुम्बकों के बाह्य चुम्बकीय-क्षेत्र की दिशा में संरेखित होने की प्रवृत्ति बढ़ जाती है।
b. प्रतिचुम्बकीय पदार्थ के परमाणु ऊष्मीय विक्षोभ के कारण, भले ही किसी भी स्थिति में हों, उनमें बाह्य चुम्बकीय-क्षेत्र के कारण, प्रेरित चुम्बकीय आघूर्ण सदैव ही बाह्य क्षेत्र के विपरीत दिशा में प्रेरित होता है। इस प्रकार प्रतिचुम्बकत्व पर ताप का कोई प्रभाव नहीं होता।
c. चूँकि बिस्मथ एक प्रतिचुम्बकीय पदार्थ है; अतः चुम्बकीय-क्षेत्र अपेक्षाकृत कुछ कम हो जाएगा।
d. लौह चुम्बकीय पदार्थों की चुम्बकशीलता बाह्य चुम्बकीय-क्षेत्र पर निर्भर करती है तथा तीव्र चुम्बकीय-क्षेत्र के लिए इसका मान कम होता है।
e. जब दो माध्यम किसी स्थान (UPBoardSolutions.com) पर मिलते हैं जिनमें से एक के लिए $\mu >> 1$ हो तो इनके सीमा पृष्ठ पर क्षेत्र रेखाएँ लम्बवत् हो जाती हैं।
f. हाँ, किसी अनुचुम्बकीय पदार्थ का अधिकतम सम्भव चुम्बकत्व, लौह चुम्बकीय पदार्थ के चुम्बकन के परिमाण की कोटि को हो सकता है। परन्तु किसी अनुचुम्बकीय पदार्थ को इस कोटि तक चुम्बकित करने के लिए अति उच्च चुम्बकीय-क्षेत्र की आवश्यकता होती है जिसे प्राप्त करना व्यवहार में सम्भव नहीं है।

प्रश्न 17 निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए-

a. लौह चुम्बकीय पदार्थ के चुम्बकन वक्र की अनुत्क्रमणीयता, डोमेनों के आधार पर गुणात्मक दृष्टिकोण से समझाइए।
b. नर्म लोहे के एक टुकड़े के शैथिल्य लूप का क्षेत्रफल, कार्बन-स्टील के टुकड़े के शैथिल्य लूप के क्षेत्रफल से कम होता है। यदि पदार्थ को बार-बार चुम्बकन चक्र से गुजारा जाए तो कौन-सा टुकड़ा अधिक ऊष्मा ऊर्जा का क्षय करेगा?
c. लौह चुम्बक जैसा शैथिल्य लूप प्रदर्शित करने वाली कोई प्रणाली स्मृति संग्रहण की युक्ति है। इस कथन की व्याख्या कीजिए।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

d. कैसेट के चुम्बकीय फीतों पर परत चढ़ाने के लिए या आधुनिक कम्प्यूटर में स्मृति संग्रहण के लिए, किस तरह के लौह चुम्बकीय पदार्थों का इस्तेमाल होता है?
e. किसी स्थान को चुम्बकीय-क्षेत्र से परिरक्षित करना है। कोई विधि सुझाइए।

उत्तर-

a. जब बाह्य चुम्बकीय-क्षेत्र को शून्य कर दिया जाता है तो भी लौह चुम्बकीय पदार्थ के डोमेन अपनी प्रारम्भिक स्थिति में नहीं लौट पाते अपितु उनमें कुछ चुम्बकन शेष रह जाता है। यही कारण है कि लौह चुम्बकीय पदार्थों का चुम्बकन वक्र अनुत्क्रमणीय होता है।
b. किसी पदार्थ के शैथिल्य लूप का क्षेत्रफल एक पूर्ण चुम्बकन चक्र में होने वाली ऊर्जा हानि को प्रदर्शित करता है। यह ऊर्जा हानि ही पदार्थ में ऊष्मा के रूप में उत्पन्न होती है। चूंकि कार्बन-स्टील के शैथिल्य लूप को क्षेत्रफल अधिक है; अतः इसमें अधिक ऊष्मा उत्पन्न होगी अर्थात् कार्बन-स्टील का टुकड़ा अधिक ऊष्मा क्षय करेगा।
c. किसी लौह-चुम्बकीय पदार्थ का चुम्बकन उस पर लगाए गए बाह्य चुम्बकीय-क्षेत्र के चक्रों की संख्या पर निर्भर करता है। इस प्रकार किसी लौह चुम्बकीय पदार्थ का चुम्बकन उस पर लगाए गए चुम्बकन चक्र की सूचना दे सकता है। इस प्रकार चुम्बकन चक्र की स्मृति, चुम्बकित पदार्थ के नमूने में एकत्र हो जाती है।
d. इस कार्य के लिए सिरेमिक पदार्थों का प्रयोग किया जाता है।
e. किसी स्थान को चुम्बकीय-क्षेत्र से परिरक्षित करने के लिए उस स्थान को नर्म लोहे के रिंग से घेर देना चाहिए। इससे चुम्बकीय-क्षेत्र रेखाएँ, नर्म लोहे के रिंग से होकर गुजर जाती हैं तथा रिंग के भीतर प्रवेश नहीं कर पातीं।

प्रश्न 18 एक लम्बे, सीधे, क्षैतिज केबल में 2.5 A धारा, 10° दक्षिण-पश्चिम से 10° उत्तर-पूर्व की ओर प्रवाहित हो रही है। इस स्थान पर चुम्बकीय याम्योत्तर भौगोलिक याम्योत्तर के 10° पश्चिम में है। यहाँ पृथ्वी का चुम्बकीय-क्षेत्र 0.33 G एवं नति कोण शून्य है। उदासीन बिन्दुओं की रेखा निर्धारित कीजिए। (केबल की मोटाई की उपेक्षा कर सकते हैं।) (उदासीन बिन्दुओं पर, धारावाही केबल द्वारा चुम्बकीय-क्षेत्र, पृथ्वी के क्षैतिज घटक के चुम्बकीय-क्षेत्र के समान एवं विपरीत दिशा में होता है।)

उत्तर- दिया है पृथ्वी का क्षेत्र-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$B = 0.33 \times 10^{-4} \quad T, \text{नती कोण } \delta = 0^\circ$$

∴ पृथ्वी के क्षेत्र का क्षैतिज घटक-

$$B_H = B\cos\delta = 0.33 \times 10^{-4} T$$

माना उदासीन बिंदु तार से a दुरी पर है, तब

तार के कारन a दुरी पर चुम्बकीय-क्षेत्र $= \frac{\mu_0}{2\pi} . \frac{i}{a}$

उदासीन बिंदु पर

$$= B_H = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{a}$$

$$\Rightarrow a = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{B_H} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \times \frac{2.5}{0.33 \times 10^{-4}}$$

$$= 1.5 \times 10^{-2} m = 1.5 cm$$

इस प्रकार उदासीन बिंदु रेखा केबल के समान्तर ऊपर की और केबल से 1.5cm की दुरी पर होगी।

प्रश्न 19 किसी स्थान पर एक टेलीफोन केबल में चार लम्बे, सीधे, क्षैतिज तार हैं जिनमें से प्रत्येक में 1.0 A की धारा पूर्व से पश्चिम की ओर प्रवाहित हो रही है। इस स्थान पर पृथ्वी का चुम्बकीय-क्षेत्र 0.39 G एवं नति कोण 35° है। दिक्पात कोण लगभग शून्य है। केबल के 4.0 cm नीचे और 4.0 cm ऊपर परिणामी चुम्बकीय-क्षेत्रों के मान क्या होंगे?

उत्तर- पृथ्वी का चुम्बकीय-क्षेत्र-

$$B = 0.39 \times 10^{-4} \quad T, \delta = 35^\circ, i = 1.0 A$$

पृथ्वी के क्षेत्र का क्षैतिज अवयव-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$B_H = B\cos\delta = 0.39 \times 0.819$$

= 0.319G (दक्षिण से उत्तर)

तथा ऊर्ध्वाधर अवयव-

$$B_V = B\sin\delta = 0.39 \times 0.573$$
$$= 0.224G$$

चार केबलों के कारन उनसे $a = 4.0 \times 10^{-2}$m की दुरी पर

चुम्बकीय-क्षेत्र

$$B' = 4 \times \left(\frac{\mu_0}{2\pi}.\frac{i}{a}\right)$$

$$B' = 4 \times \left(\frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \times \frac{1.0}{4.0 \times 10^{-2}}\right)$$

$= 0.2 \times 10^{-4}T = 0.2G$

नेट क्षेत्र $B_R = \sqrt{B_H'^2 + B_V^2}$

$$= \sqrt{(0.119)^2 + (0.224)^2} = 0.254G$$

$$\delta' = \tan^{-1}\left(\frac{B_V}{B_H'}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{0.224}{0.119}\right) = 62^\circ$$

अतः केबल के निचे नेट चुम्बकीय-क्षेत्र 0.254G है जो क्षैतिज से 62° के कोण पर हो

केबल के ऊपर चुम्बकीय-क्षेत्र

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

यहाँ B_H व B' एक ही दिशा में है।

∴ क्षैतिज अवयव B′H = BH + B′ = 0.319 + 0.2 = 0.519G

जबकि BV = 0.224G

$$\therefore \text{नेट क्षेत्र } B_R = \sqrt{B_H'^2 + B_V^2}$$

$$= \sqrt{(0.519)^2 + (0.224)^2}$$

$$\text{या } B_R = 0.556G = 0.57G$$

$$\text{जबकि } \delta' = \tan^{-1}\left(\frac{B_H}{B_H'}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{0.224}{0.566}\right) = 23^\circ$$

अतः नेट चुम्बकीय-क्षेत्र 0.57G है जो क्षैतिज से 23° के कोण पर है।

प्रश्न 20 एक चुम्बकीय सुई जो क्षैतिज तल में घूमने के लिए स्वतन्त्र है, 30 फेरों एवं 12cm त्रिज्या वाली एक कुंडली के केन्द्र पर रखी है। कुंडली एक ऊर्ध्वाधर तल में है और चुम्बकीय याम्योत्तर से 45° का कोण बनाती है। जब कुंडली में 0.35 A धारा प्रवाहित होती है, चुम्बकीय सुई पश्चिम से पूर्व की ओर संकेत करती है।

a. इस स्थान पर पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र के दौतिज अवयव का मान ज्ञात कीजिए।
b. कुंडली में धारा की दिशा उलट दी जाती है और इसको अपनी ऊध्र्वाधर अक्ष पर वामावर्त दिशा में (ऊपर से देखने पर) 90° के कोण पर घुमा दिया जाता है। चुम्बकीय सुई किस दिशा में ठहरेगी? इस स्थान पर चुम्बकीय दिक्पात शून्य लीजिए।

उत्तर-

a. दिया है, कुंडली में फेरो की संख्या N = 30

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

धारा i = 0.35A, त्रिज्या a = 0.12m

कुंडली के केंद्र पर चुम्बकीय-क्षेत्र $B = \frac{\mu_0 N i}{2a}$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30 \times 0.35}{2 \times 0.12}$$

$$= 0.55G$$

यह क्षेत्र कुंडली के तल के लम्बवत है।

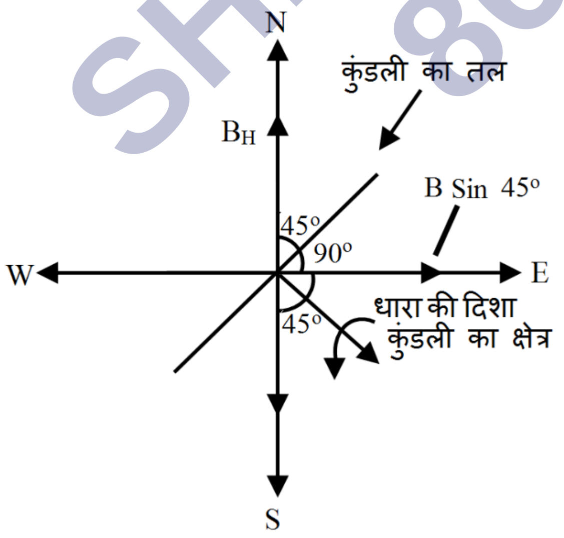
∴ चुम्बकीय सुई पूर्व-पश्चिम दिशा में ठहरती है, अतः इस स्थान पर नेट चुम्बकीय-क्षेत्र पूर्व पश्चिम दिशा में होगा।

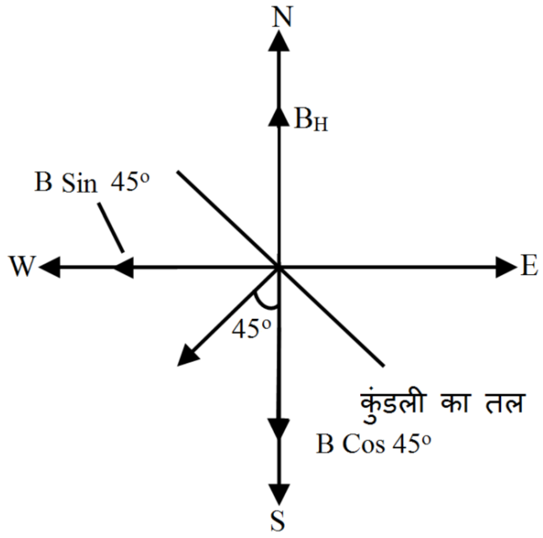
यह तभी संभव है जबकि क्षेत्र B का उत्तर-दक्षिण दिशा में अवयव BH को संतुलित कर ले।

अर्थात

$$B_H = B\cos 45^\circ = 0.55 \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

पृथ्वी के क्षेत्र का क्षैतिज अवयव B_H = 0.39G





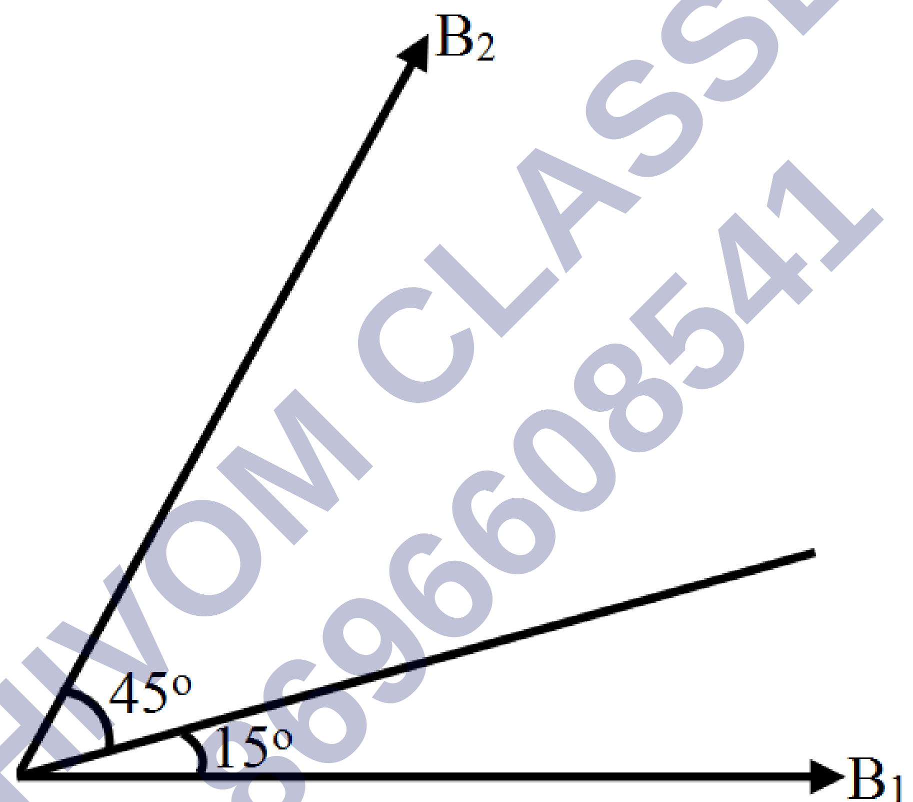
SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

b. चित्र (b) से स्पष्ट है कि इस बार नेट चुम्बकीय-क्षेत्र पूर्व से पश्चिम की ओर होगा, अतः चुम्बकीय सुई पूर्व से पश्चिम की ओर संकेत करेगी।

प्रश्न 21 एक चुम्बकीय द्विध्रुव दो चुम्बकीय-क्षेत्रों के प्रभाव में है। ये क्षेत्र एक-दूसरे से 60° का कोण बनाते हैं और उनमें से एक क्षेत्र का परिमाण 12×10^{-2} T है। यदि द्विध्रुव स्थायी सन्तुलन में इस क्षेत्र से 15° का कोण बनाए, तो दूसरे क्षेत्र का परिमाण क्या होगा ?

उत्तर-



दिया है, $B_1 = 1.2 \times 10^{-2}$T, B_2 = ?

∵ द्विध्रुव एक क्षेत्र से 15° का कोण बनाता है, अतः दूसरे क्षेत्र से 45° का कोण बनाएगा।

संतुलन की स्थिति में दोनों के कारण द्विध्रुव पर कार्यरत बल-युग्म के आघूर्ण परस्पर संतुलित हो जायेंगे।

$$\therefore MB_1 \sin 15^\circ = MB_2 \sin 45^\circ$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\Rightarrow B_2 = \frac{B_1 \sin 15^\circ}{\sin 45^\circ}$$

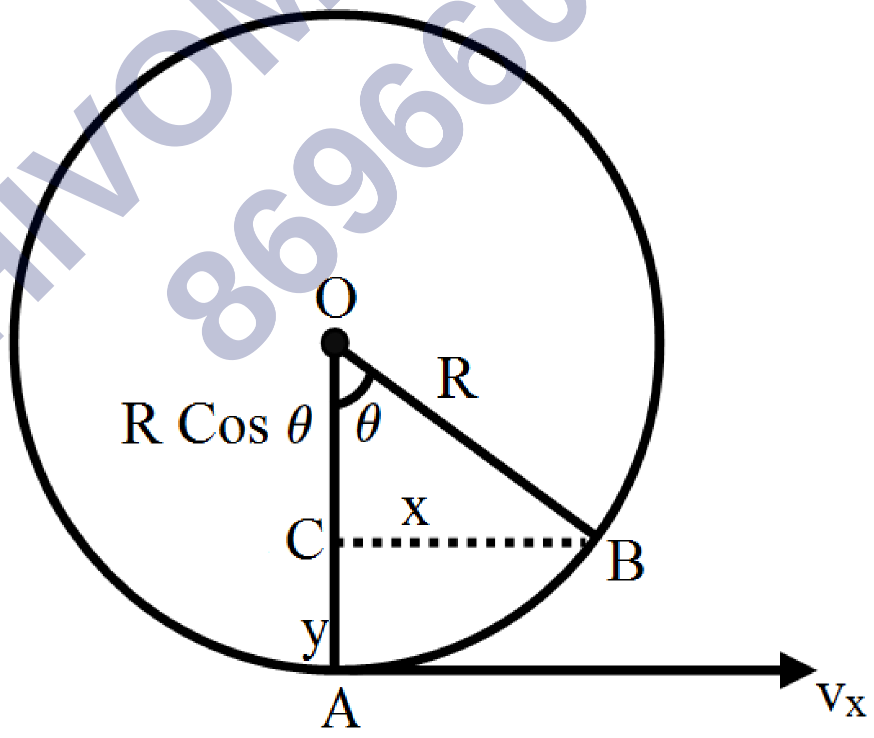
$$= \frac{1.2\times10^{-2}\times0.2588}{0.707}$$

$$= 4.39 \times 10^{-3}T = 4.4 \times 10^{-3}T$$

प्रश्न 22 एक समोर्जी 18keV वाले इलेक्ट्रॉनों के किरण पुंज पर जो शुरू में क्षैतिज दिशा में गतिमान है, 0.04G का एक क्षैतिज चुम्बकीय-क्षेत्र, जो किरण पुंज की प्रारम्भिक दिशा के लम्बवत है, लगाया गया है। आकलन कीजिए 30 सेमी की क्षैतिज दूरी चलने में किरण पुंज कितनी दूरी ऊपर या नीचे विस्थापित होगा ? (m_e = 911 x 10^{-31} kg, e = 160 x 10^{-19} C) I

[नोट: इस प्रश्न में आँकड़े इस प्रकार चुने गए हैं कि उत्तर से आपको यह अनुमान हो कि TV सेट में इलेक्ट्रॉन गन से पर्दे तक इलेक्ट्रॉन किरण पुंज की गति भू-चुम्बकीय-क्षेत्र से किस प्रकार प्रभावित होती है।]

उत्तर-



दिया है, B = 0.04 G = 4 × 10^{-6}T

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

माना इलेक्ट्रानो का वेग V_x है, तब-

$$\frac{1}{2}m_e v_x^2 = K$$

$$v_x = \sqrt{\frac{2K}{m_e}}$$

इलेक्ट्रान, चुम्बकीय-क्षेत्र के कारन वृतीय मार्ग पर गति करते है जिसकी त्रिज्या निम्नलिखित है-

$$R = \frac{m_e v_x}{eB} = \frac{m_e}{eB}\sqrt{\frac{2K}{m_e}}$$

$$= \sqrt{\frac{2Km_e}{eB}}$$

$$= \frac{\sqrt{2(18\times10^3\times1.6\times10^{-19})\times9.11\times10^{-31}}}{1.6\times10^{-19}\times4\times10^{-6}}$$

$$= 11.3m$$

माना इलेक्ट्रान-पुंज बिंदु A पर चुम्बकीय क्षेत्र में क्षैतिज दिशा में प्रवेश करते है तथा क्षैतिज दिशा में x = 0.30m दुरी तय करने तक बिंदु B पर पहुँच जाते है, तब चित्र से-

$$\sin\theta = \frac{x}{R} = \frac{0.30}{11.3} = 0.0265$$

$$\Rightarrow \theta = \sin^{-1}(0.0265) = 1.52^\circ$$

∴ इलेक्ट्रानो का ऊपर अथवा निचे की और विस्थापन-

$$y = OA - OC = R - R\cos\theta$$

$$R(1-\cos\theta) = 11.3(1-0.9996) = 4.0\times10^{-3}m$$

अथवा y = 4mm.

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 23 अनुचुम्बकीय लवण के एक नमूने में 2.0 x 10^{24} परमाणु द्विध्रुव हैं जिनमें से प्रत्येक का द्विध्रुव आघूर्ण 1.5 x 10^{-23} JT^{-1} है। इस नमूने को 0.64 T के एक एकसमान चुम्बकीय-क्षेत्र में रखा गया है और 4.2 K ताप तक ठण्डा किया गया। इसमें 15% चुम्बकीय संतृप्तता आ गई। यदि इस नमूने को 0.98 T के चुम्बकीय-क्षेत्र में 2.8 K ताप पर रखा हो तो इसका कुल द्विध्रुव आघूर्ण कितना होगा? (यह मान सकते हैं कि क्यूरी नियम लागू होता है।)

उत्तर- दिया है, N = 2.0 × 10^{24}, m = 1.5 × 10-^{23}JT-1

B_1 = 0.64T, T_1 = 4.2K, चुम्बकीय संतृप्तता M_1 = 15%

B_2 = 0.98T, T_2 = 2.8K, चुम्बकीय संतृप्तता M_2 = ?

चुम्बकीय संतृप्तता की स्थिति में,

पदार्थ का चुम्बकीय-आघूर्ण M = Nm = 2.0 × 10^{24} × 1.5 × 10^{-23} = 30JT^{-1}

∵ क्योरी नियम लागु होता है, अतः

$$M \propto \frac{B}{T} \Rightarrow \frac{M_2}{M_1} = \frac{B_2}{T_2} \times \frac{T_1}{B_1}$$

$$M_2 = \frac{B_2}{B_1} \times \frac{T_1}{T_2} \times M_1 = \frac{0.98}{0.64} \times \frac{4.2}{2.8} \times 4.5$$

$$= 7.88 \approx 7.9 JT^{-1}$$

प्रश्न 24 एक रोलैंड रिंग की औसत त्रिज्या 15 सेमी है और इसमें 800 आपेक्षिक चुम्बकशीलता के लौह चुम्बकीय क्रोड पर 3500 फेरे लिपटे हुए हैं। 1.2 A की चुम्बककारी धारा के कारण इसके क्रोड में कितना चुम्बकीय-क्षेत्र $(\vec{B})$ होगा?

उत्तर- दिया है, औसत त्रिज्या a = 0.15m

$$\mu_r = 800, N = 3500, i = 1.2A, B = ?$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

सूत्र $B = \frac{\mu Ni}{L} = \frac{\mu_0 \mu_r Ni}{2\pi a}$ से, $[\because \mu = \mu_0 \mu_r, L = 2\pi a]$

अभीस्ट क्षेत्र $B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 800 \times 3500 \times 1.2}{2\pi \times 0.15}$

B = 4.48T

प्रश्न 25 किसी इलेक्ट्रान के नैज चक्रणी कोणीय सवेंग S एवं कक्षीय कोणिय सवेंग I के साथ जुड़े चुम्बकीय-आघूर्ण क्रमशः $\vec{\mu_S}$ और $\vec{\mu_1}$ है। क्वांटम सिद्धांत के आधार पर (और प्रयोगात्मक रूप से अत्यंत परिशुद्धतापूर्वक पुस्ट) इनके मान क्रमशः निम्न प्रकार दिए जाते है-

$\mu_S = -\left(\frac{e}{m}\right) S$ एवं $\mu_s = \left(\frac{e}{2m}\right) l$

इनमे से कोन सा व्यंजक चिरसम्मत सिधान्तो के आधार पर प्राप्त करने की आशा की जा सकती है? उस चिरसम्मत आधार पर प्राप्त होने वाले वयंजक को व्युत्पन्न कीजिए।

उत्तर-

व्यंजक $\vec{\mu_l} = -\left(\frac{e}{2m}\right)\vec{l}$, चिरसम्मत सिधान्तो के आधार पर प्राप्त किया जा सकता है।

माना इलेक्ट्रान r त्रिज्या की वृतीय कक्षा में चक्कर लगा रहा है तथा इसका परिक्रमण काल T है, तब परिक्रमण के कारन कक्षा में धारा

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

∴ परिक्रमण के कारण उत्पन्न चुम्बकीय-आघूर्ण का परिमाण

$\mu_l = iA = \left(\frac{e}{T}\right) \times \pi r^2$

जबकि कक्षा में घूमते इलेक्ट्रान का कोणीय संवेग-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$l = mvr = m\left(\frac{2\pi r}{T}\right)r$$

$$= \frac{2\pi mr^2}{T}$$

$$\therefore \frac{\mu_l}{l} = \left(\frac{e}{T} \times \pi r^2\right) \times \frac{T}{2\pi mr^2} = \frac{e}{2m}$$

$$\Rightarrow \mu_l = \frac{e}{2m} l$$

∵ इलेक्ट्रान का आवेश e ऋणात्मक है, अतः $\vec{\mu_l}$ व $\vec{l}$ सदिशों की दिशाए परस्पर विपरीत होगी।

∵ सदिश रूप में लिखने पर, $\vec{\mu_l} = -\left(\frac{e}{2m}\right)\vec{l}$

SHIVOM CLASSES 8696608541