UNIT-4

Topics :-

→ Magnetization Current and magnetization Vector M.
→ Three magnetic vectors and their relationship.
→ Magnetic permeability and susceptibility.
→ Diamagnetic, Paramagnetic and Ferromagnetic substances.
→ B.H. Curve Cycle
→ Biot-Savart's Law and its applications.
→ B due to → ① a Straight Current Carrying Conductor and
② Current Loop
→ Current loop as a Magnetic Dipole and its Dipole Moment (Analogy with Electric Dipole)
→ Ampere's Circuital law (Integral and Differential Forms).

MAGNETOSTATICS

चुम्बकन धारा तथा चुम्बकन सदिश (Magnetization Current and Magnetising Vector) - प्रत्येक पदार्थ परमाणुओं से मिलकर बना होता है तथा प्रत्येक परमाणु एक चुम्बकीय द्विध्रुव की भाँति व्यवहार करता है। अचुम्बकीय पदार्थ में परमाणुओं के कुल द्विध्रुव आघूर्णों का सदिश योग शून्य होता है। यदि किसी पदार्थ में N परमाणु हैं जिनका द्विध्रुव आघूर्ण क्रमशः $\mu_1, \mu_2, \ldots \mu_n$ हैं तो

$$\vec{\mu}_1 + \vec{\mu}_2 + \ldots + \vec{\mu}_n = 0 \quad \text{--- (1)}$$

किसी चुम्बकीय पदार्थ के एकांक आयतन में सन्निहित चुंबकीय आघूर्ण को चुम्बकन सदिश (magnetising vector) कहते हैं, इसे $\vec{M}$ से व्यक्त करते हैं।

Scanned with CamScanner

$$\vec{M} = \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n \quad (2)$$

यदि n परमाणु है तो तथा $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$ है तो

$$\vec{M} = n\mu \quad (3)$$

अब यदि कोई चुम्बकीय पदार्थ इस प्रकार चुम्बकित किया जाता है कि इसका चुम्बकन सदिश $\vec{M}$ पदार्थ के अन्दर नियत न हो बल्कि यह स्थिति निर्देशांकों पर निर्भर करता है। अर्थात् $\vec{M} = \vec{M}(x,y,z)$ हो, तो इस प्रकार के चुम्बकन को असमान चुम्बकन कहते हैं।

→ Three Magnetic Vectors (B, H, M) and Their Relationship:-

(i) चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ / Magnetic field $\vec{B}$:- चुंबकीय क्षेत्र को एक vector $\vec{B}$ द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। $\vec{B}$ को चुंबकीय प्रेरण (Magnetic Induction) या चुंबकीय फ्लक्स घनत्व (Magnetic flux density) भी कहते हैं।

इसे एक अनन्त सूक्ष्म और धनात्मक परीक्षण आवेश q_0 पर कार्य करने वाले बल $\vec{F}$ से परिभाषित किया जाता है। माना कि परीक्षण आवेश q_0 से किसी बिंदु से एकसमान वेग $\vec{V}$ से गुजरते हुए एक बल $\vec{F}$ अपने ऊपर अनुभव करता है।

$$\vec{F} = q_0(\vec{V} \times \vec{B})$$

$$\boxed{\vec{F} = q_0 \vec{V} B \sin\theta}$$ (जहाँ θ वेक्टरों $\vec{V}$ और $\vec{B}$ के बीच का कोण है।)

When: (i) If $\theta = 0^\circ$ then $\vec{F}_{min} = 0$

(ii) If $\theta = 90^\circ$ then $F = F_{max} = q_0 V B \Rightarrow F_{max}/q_0 V = B$

$$\boxed{B \text{ unit } N/Am\text{-}m \text{ or Tesla or Weber}/m^2}$$

(ii) (चुम्बकन की तीव्रता या चुम्बकन $\vec{M}$) (Intensity of magnetization or magnetization $\vec{M}$):— $\vec{B}$ का मान (पदार्थ) माध्यम पर निर्भर करता है। जिसका कारण आकाश में चुंबकीय क्षेत्र पर किसी माध्यम (पदार्थ) को रखने पर परिमित (finite) चुम्बकीय आघूर्ण प्रेरित हो जाता है, जिससे वह पदार्थ चुम्बकित हो जाता है और प्रेरण रेखाएँ पुनर्वितरित हो जाती हैं अत: पदार्थ द्वारा प्रति एकांक आयतन प्राप्त किया गया चुम्बकीय आघूर्ण उस माध्यम (पदार्थ) की चुम्बकन की तीव्रता या चुम्बकन कहलाता है।

(iii) (चुम्बकन क्षेत्र $\vec{H}$) Magnetising field $\vec{H}$:— (चुंबकीय क्षेत्र) $\vec{B}$ का मूल स्रोत विद्युत धारा है तथा विद्युत धारा से उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र को Amphere के परिपथीय नियम से निम्नानुसार व्यक्त कर सकते हैं:—

$$\oint_l \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

or

$$\text{Curl } \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$$

when:
$\vec{B} \Rightarrow$ Magnetic field, I = Current and $\vec{J}$ = Current density.

There are two types:

(1) Free currents (मुक्त धाराएँ)

(2) Bound Currents (बद्ध धाराएँ)

→ Relation between $\vec{B}$, $\vec{H}$, and $\vec{M}$ Magnetic Vectors:— $\vec{B}$ पदार्थ के अन्दर इकाई क्षेत्रफल से सम्बद्ध चुंबकीय फ्लक्स को दर्शाता है, जिसे चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व कहते हैं।

→ स्वतंत्र धाराओं के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र $\vec{H}$

→ चुंबकीय आघूर्ण vector $\vec{M}$ पदार्थ की चुंबकीय तीव्रता

Scanned with CamScanner

→ चुंबकीय क्षेत्र vector $\vec{B_0}$ and $\vec{B}$ हो
जहाँ μ_0 : (constant) ($4\pi \times 10^{-10}$ weber/Am-m) निर्वात की चुम्बकनशीलता है।

$$\Rightarrow \text{Curl}\,\vec{B} = \mu_0 \vec{J}_T$$

जहाँ कुल धारा घनत्व = मुक्त धारा घनत्व + बद्ध धारा घनत्व

$$\Rightarrow \vec{J}_T = \vec{J}_f + \vec{J}_b$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\mu_0}\text{Curl}\,\vec{B} = \vec{J}_f + \vec{J}_b$$

$$\Rightarrow \vec{J}_b = \text{Curl}\,\vec{m}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\mu_0}\text{Curl}\,\vec{B} = \vec{J}_f + \text{Curl}\,\vec{m}$$

$$\Rightarrow \text{Curl}\,\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \text{Curl}\,\vec{m} = \vec{J}_f$$

$$\Rightarrow \text{Curl}\left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{m}\right) = \vec{J}_f$$

$$\Rightarrow \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{m} = \vec{H}$$

जहाँ सदिश $\vec{H}$ को चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic field) कहा जाता है।

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

$$\Rightarrow \boxed{\text{Curl}\,\vec{H} = \vec{J}_f}$$ यही $\vec{B}$, $\vec{H}$ तथा $\vec{m}$ में सम्बन्ध है।

Scanned with CamScanner

(6)

प्रतिचुम्बकत्व, अनुचुम्बकीय व लौह चुम्बकीय पदार्थ :-

प्रतिचुम्बकत्व पदार्थ (Diamagnetic) युग्मित e^-	अनुचुंबकीय पदार्थ (Paramagnetic) अयुग्मित e^-	लौह चुम्बकत्व (Ferromagnetic) अयुग्मित e^-
Intro (1) जब कोई पदार्थ चुंबकीय क्षेत्र में रखने पर क्षेत्र की विपरीत दिशा में अल्प चुंबकत्व प्राप्त करते है तथा किसी शक्तिशाली चुंबक के सिरे के पास लाने पर प्रतिकर्षित होते हैं।	Intro (1) - जब कोई पदार्थ चुंबकीय क्षेत्र में रखने पर क्षेत्र की दिशा में अल्प चुंबकत्व प्राप्त कर लेते हैं तथा किसी शक्तिशाली चुंबक के सिरे के पास लाने पर आकर्षित होते हैं।	Intro (1) - जब कोई पदार्थ चुंबकीय क्षेत्र में रखने पर क्षेत्र की दिशा में ही प्रबल चुम्बकत्व प्राप्त करता है तथा शक्तिशाली चुम्बक के सिरे के पास लाने पर तेजी से आकर्षित होते हैं।
(2) Ex - Zn, Cu, Ag, Au	(2) Ex - Al, Na, Pt, Mn	(2) Ex - Fe, Co, Ni
(3) (अल्प प्रतिकर्षित)	(3) (अल्प आकर्षित)	(3) (प्रबल आकर्षित)
(4) शक्तिशाली चुंबक के मध्य रखने पर ये चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत हो जाते हैं।	(4) इसे ~~चुंबकीय क्षेत्र~~ शक्तिशाली चुंबकीय के मध्य रखने पर चुंबकीय क्षेत्र के समान्तर हो जाते हैं।	(4) ये पदार्थ अनुचुंबकीय पदार्थ की भांति व्यवहार करते हैं।
(5) ये पदार्थ अधिक चुंबकीय तीव्रता वाले भागों से हट कर कम तीव्रता वाले भागों की ओर जाते हैं।	(5) ये पदार्थ कम तीव्रता वाले भागों से हट कर अधिक तीव्रता वाले भागों की ओर जाते हैं।	(5) ये अनुचुंबकीय पदार्थ की भाँति व्यवहार करते हैं।
(6) ये पदार्थ किसी प्रबल चुंबक द्वारा हल्का प्रतिकर्षण बल अनुभव करता है।	(6) ये पदार्थ किसी प्रबल चुंबक द्वारा हल्का आकर्षण बल अनुभव करता है।	(6) ये पदार्थ निर्बल चुंबक द्वारा भी तीव्र आकर्षण बल का अनुभव करते हैं।
(7) इन पदार्थों के अन्दर चुंबकीय बल रेखाएं वायु की अपेक्षा दूर-दूर होती है।	(7) इसमें पास-पास	(7) अत्याधिक पास
(8) इन पदार्थों के स्थायी चुंबक नहीं बनते हैं।	(8) इसके भी नहीं बनते हैं।	(8) इसके बनते हैं।
(9) इन पदार्थों की चुंबकीय प्रवृत्ति ऋणात्मक होती है।	(9) इन पदार्थों की चुंबकीय प्रवृत्ति धनात्मक लेकिन कम होती है।	(9) इन पदार्थों की चुंबकीय प्रवृत्ति धनात्मक लेकिन अधिक होती है।
(10) इसके लिए μ_r का मान 1 से कम होता है।	(10) इसके लिए μ_r का मान 1 से अधिक होता है।	(10) इसके लिए μ_r का मान 1 से बहुत अधिक होता है।
(11) ताप का चुंबकीय प्रवृत्ति पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।	(11) ताप बढ़ाने से घटती है।	(11) ताप बढ़ाने से घटती है।

Scanned with CamScanner

(चुंबकीय प्रवृत्ति और चुंबकनशीलता) Magnetic Susceptibility and permeability) :-

→ (चुंबकीय प्रवृत्ति) Magnetic Susceptibility :- अधिकांश पदार्थों के लिए $\vec{m}$ संगत क्षेत्र $\vec{H}$ के समानुपाती होता है और इसकी दिशा $\vec{H}$ की दिशा के समान्तर या प्रतिसमान्तर होती है, अर्थात,

$$\Rightarrow \vec{m} = \chi \vec{H}$$

$$\Rightarrow \chi = \vec{m} / \vec{H}$$

→ (चुम्बकनशीलता) Permeability :- किसी माध्यम या पदार्थ में चुम्बकन क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ और चुम्बकन $\vec{m}$ के बीच संबंध $\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{m})$ होता है।

→ (आपेक्षिक चुम्बकनशीलता μ_r एवं चुंबकीय प्रवृत्ति χ_m में संबंध) Relative magnetic Permeability μ_r and magnetic Susceptibility χ_m) :-

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

यदि ये संरेखीय हों तो,

$$\Rightarrow B = \mu_0(H + m)$$

या $\frac{B}{\mu_0 H} = 1 + \frac{m}{H}$ —— (1)

चूंकि $\frac{B}{H} = \mu$ —— (2)

$\Rightarrow$ $\boxed{B = \mu \vec{H}}$ —— (3)

अनुपात $\frac{m}{H}$ को $= \chi_m$

$\frac{m}{H} = \chi_m$ —— (4)

$\boxed{\vec{m} = \chi_m \vec{H}}$ —— (5)

dividing eq. (1), (2) and (4) :- $\frac{\mu}{\mu_0} = 1 + \chi_m \Rightarrow \frac{\mu}{\mu_0} = \mu_r$ (आपेक्षिक चुम्बकनशीलता)

$\Rightarrow \boxed{\mu_r = 1 + \chi_m}$ Ans.

Scanned with CamScanner