भौतिकी

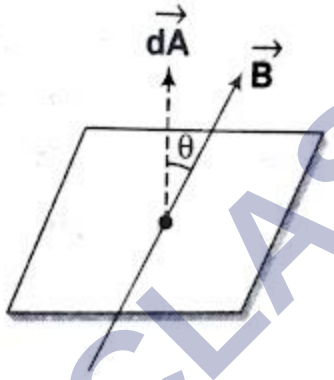
अध्याय-6: विद्युत चुम्बकीय प्रेरण

SHIVOM CLASSES 8696608541

चुम्बकीय फ्लक्स (Magnetic Flux)

चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित किसी तल से अभिलम्बवत् गुजरने वाली चुम्बकीय बल रेखाओं की कुल संख्या को उस तल से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स कहते हैं इसे से प्रदर्शित करते हैं।

यदि चुम्बकीय क्षेत्र B तथा क्षेत्रफल dA के बीच $\theta°$ कोण हो,



तब सतह से सम्बद्ध कुल फ्लक्स

$\Phi = B\ A\ \cos\theta$

यदि = 0° तब Φ = BA , यदि = 90° तब Φ = 0

चुम्बकीय फ्लक्स एक अदिश राशि है। इसका SI मात्रक वेबर (Wb) , CGS मात्रक मैक्सवेल या गॉस× (सेमी^{2}) है। (1 वेबर = 10^8 मैक्सवेल)

चुंबकीय क्षेत्र में स्थित किसी तल से उसके लंबवत् गुजरने वाली कुल बल रेखाओं की संख्या को उस तल से बद्ध चुंबकीय फ्लक्स कहते हैं| इसे Φ से प्रदर्शित करते हैं| चुंबकीय फ्लक्स एक अदिश राशि है|

चुंबकीय फ्लक्स का सूत्र

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

यदि किसी तल का क्षेत्रफल A हो तथा चुंबकीय क्षेत्र B , तल के अभिलंब से θ कोण बनाता हो, तो तल से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स

Magnetic flux symbol: Φ or Φ_B.

$\Phi_B = B.A = BA\cos\Theta$

यदि $\theta = 0°$ हो = तल चुंबकीय क्षेत्र के लम्बवत् हो तब चुंबकीय फ्लक्स

$\Phi = B\ A\ \cos0°$

$\Phi = B\ A \times 1\ (\cos0°=1)$

$\Phi = B\ A$

यदि तल चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत् ($\theta = 0°$) हो, तब चुंबकीय फ्लक्स का मान अधिकतम होगा|

यदि $\theta = 90°$ हो अर्थात तल चुंबकीय क्षेत्र के समान्तर हो तब चुंबकीय फ्लक्स का मान

$\Phi = B\ A\ \cos90°$

$\Phi = B\ A \times 0\ (\cos90°=0)$

$\Phi = 0$

यदि तल चुंबकीय क्षेत्र के समान्तर ($\theta = 90°$) हो, तो उससे बद्ध चुंबकीय फ्लक्स का मान शून्य होगा|

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

चुंबकीय फ्लक्स का मात्रक (chumbakiy flux ka SI matrak):

चुंबकीय फ्लक्स का S. I. मात्रक = वेबर (Weber)

चुंबकीय फ्लक्स का C. G. S मात्रक = मैक्सवेल (Maxwell)

चुंबकीय फ्लक्स का विमीय सूत्र

$\Phi = B\ A \cos\theta$ से,

चुंबकीय फ्लक्स का विमीय सूत्र = चुंबकीय क्षेत्र का विमीय सूत्र × क्षेत्रफल का विमीय सूत्र = $[ML^2T^{-2}A^{-1}]$

चुंबकीय फ्लक्स का उदाहरण

100 फेरे और 5 सेमी² क्षेत्रफल वाली एक कुण्डली को B = 0.2 टेसला के चुम्बकीय क्षेत्र में रखा गया है। कुण्डली के तल का अभिलम्ब चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा के साथ 60 ° का कोण बनाता है। कुण्डली से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स का मान क्या होगा?

हल . कुण्डली से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स

$\Phi = N\ B\ A\ \cos\theta$

$= 100 \times 0.2 \times 5 \times 10^{-4} \times \cos 60^\circ = 5 \times 10^{-3}$ वेबर

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण (Electromagnetic Induction)

जब किसी परिपथ से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है, तो परिपथ में एक विद्युत वाहक बल प्रेरित हो जाता है। यह घटना विद्युत चुम्बकीय प्रेरण कहलाती है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के फैराडे के नियम (Faraday's Laws of Electromagnetic Induction)

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के फैराडे का प्रथम नियम (First Law)

जब कभी परिपथ से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है , तब इसमें विद्युत वाहक बल प्रेरित हो जाता है।

परिपथ यदि बन्द है , तो विद्युत वाहक बल के कारण परिपथ में एक विद्युत धारा भी प्रेरित हो जाती है। परिपथ में विद्युत वाहक बल केवल तभी तक प्रेरित होता है , जब तक परिपथ से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है।

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के फैराडे का द्वितीय नियम (Second Law)

द्वितीय नियम (Second Law) "परिपथ में प्रेरित विद्युत वाहक बल का परिमाण परिपथ से सम्बद्ध नैट चुम्बकीय फ्लक्स के समय के सापेक्ष परिवर्तन की दर के अनुक्रमानुपाती होता है।"

यहाँ, N = कुण्डली में फेरों की संख्या तथा ऋणात्मक चिह्न दर्शाता है कि प्रेरित विद्युत वाहक बल , चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन का विरोध करता है।

फ्लेमिंग के दाएँ हाथ का नियम (Fleming's Right Hand Rule)

फ्लेमिंग के दाएँ हाथ का नियम (Fleming's Right Hand Rule) इस नियम के अनुसार, दाएँ हाथ का अंगूठा तथा इसके पास वाली दोनों अंगुलियों (तर्जनी अंगुली (forefinger) तथा मध्य अँगुली (central finger) को परस्पर लम्बवत् रखकर इस प्रकार फैलाएँ कि तर्जनी अंगुली चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को तथा अंगूठा चालक की गति की दिशा को इंगित करे, तो मध्य (केन्द्रीय) अंगुली चालक के अन्दर प्रेरित धारा की दिशा को इंगित करती है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

इस नियम को याद रखने के लिए

लेन्ज का नियम (Lenz's Law)

लेन्ज का नियम ऊर्जा संरक्षण पर आधारित है तथा यह कुण्डली में प्रेरित वि०वा० बल तथा धारा की दिशा दर्शाता है।

प्रेरित वि ० वा ० बल (अथवा प्रेरित धारा) की दिशा इस प्रकार है कि यह उस परिवर्तन का विरोध करती है जिससे यह स्वयं उत्पन्न हुई है। यह कथन लेन्ज का नियम (Lenz's law) कहलाता है।

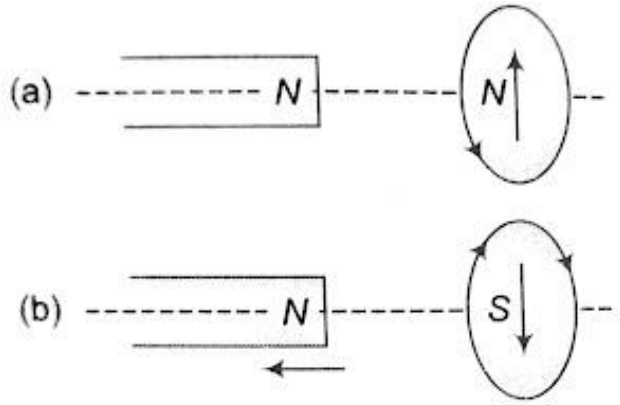
जब एक चुम्बक का N- ध्रुव किसी कुण्डली की ओर [चित्र (a)] जाता है, बहती है ताकि वह चुम्बक के कुण्डली की ओर आने का विरोध कर सके।

यह केवल तभी सम्भव है जबकि चुम्बक के निकट वाला सिरा उत्तरी ध्रुव की भाँति व्यवहार करे जो कि कुण्डली में वामावर्त (anticlockwise) धारा के कारण उत्पन्न होता है।

अतः दो समान ध्रुवों के बीच प्रतिकर्षण चुम्बक की कुण्डली की ओर गति का विरोध करता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



इसी प्रकार जब चुम्बक कुण्डली से दूर जाती है तब कुण्डली में प्रेरित धारा की दिशा इस प्रकार होती है कि वह चुम्बक का कुण्डली से दूर जाने का विरोध करती है जोकि केवल तभी सम्भव है यदि कुण्डली में धारा दक्षिणावर्त (clockwise) बहे।

इस स्थिति में चुम्बक के पास वाला कुण्डली का सिरा S- ध्रुव की भाँति व्यवहार करता है।

अत : चित्र (b) के अनुसार विपरीत ध्रुवों के बीच आकर्षण बल चुम्बक के दूर जाने का विरोध करता है। प्रत्येक स्थिति में चुम्बक की गति कराने में कार्य करना पड़ता है। अत : यह यान्त्रिक कार्य है जो कि कुण्डली में विद्युत ऊर्जा के रूप में प्रकट होता है।

अत : कुण्डली में उत्पन्न प्रेरित वि०वा० बल अथवा प्रेरित धारा ऊर्जा संरक्षण के नियम के संगत है।

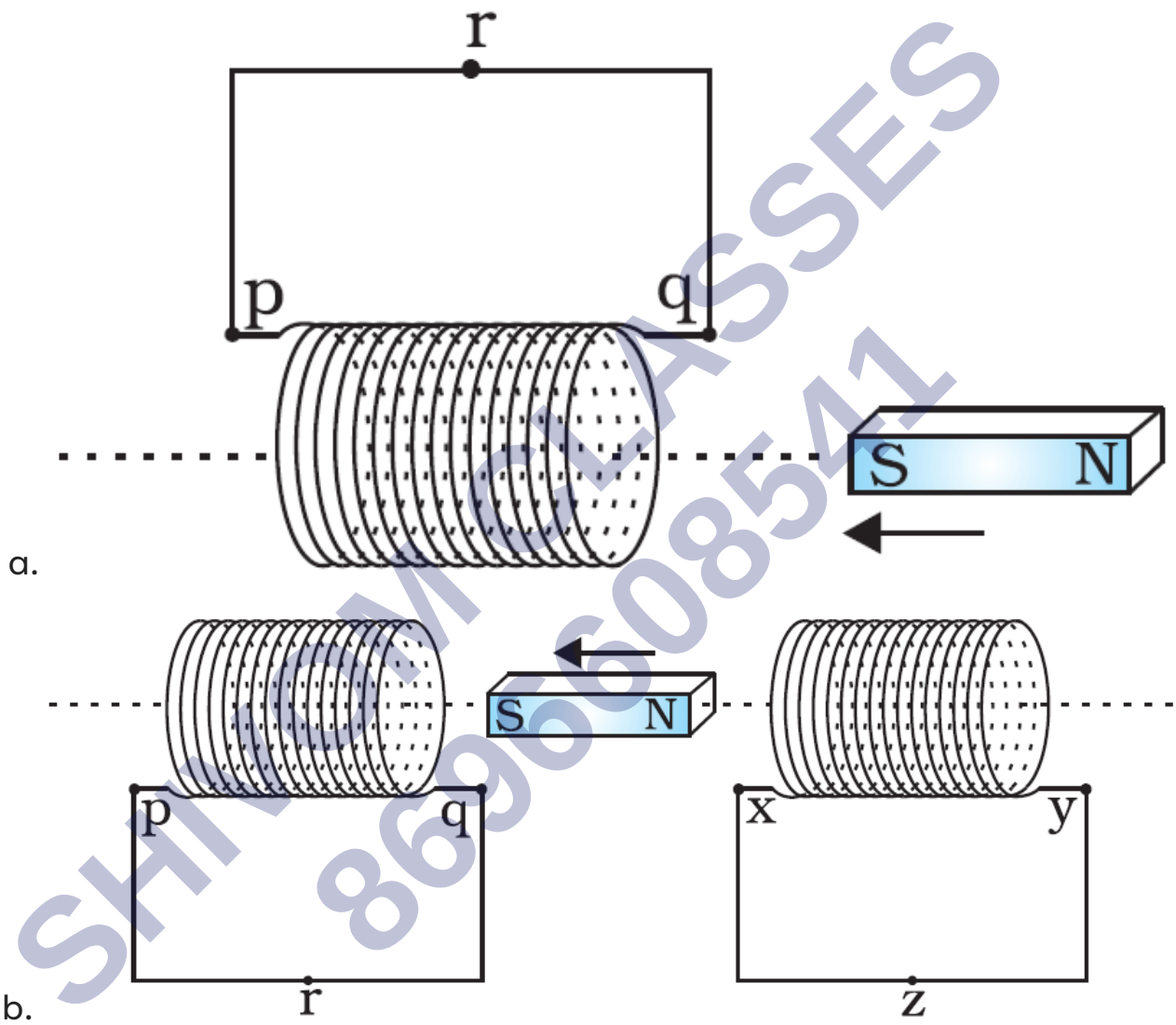
SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

NCERT SOLUTIONS

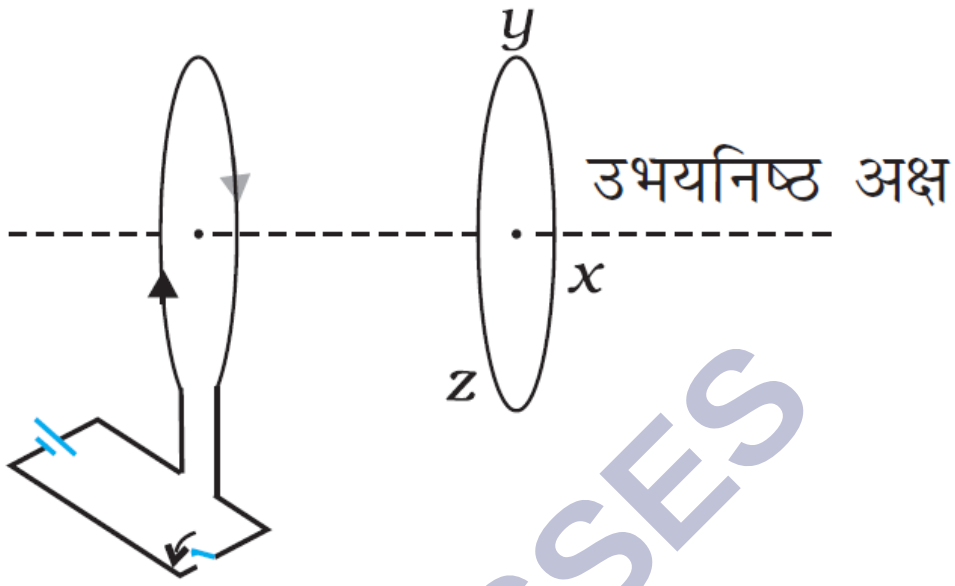
अभ्यास (पृष्ठ संख्या 229-230)

प्रश्न 1 चित्र में वर्णित स्थितियों के लिए प्रेरित धारा की दिशा की प्राग्‌उक्ति (predict) कीजिए-

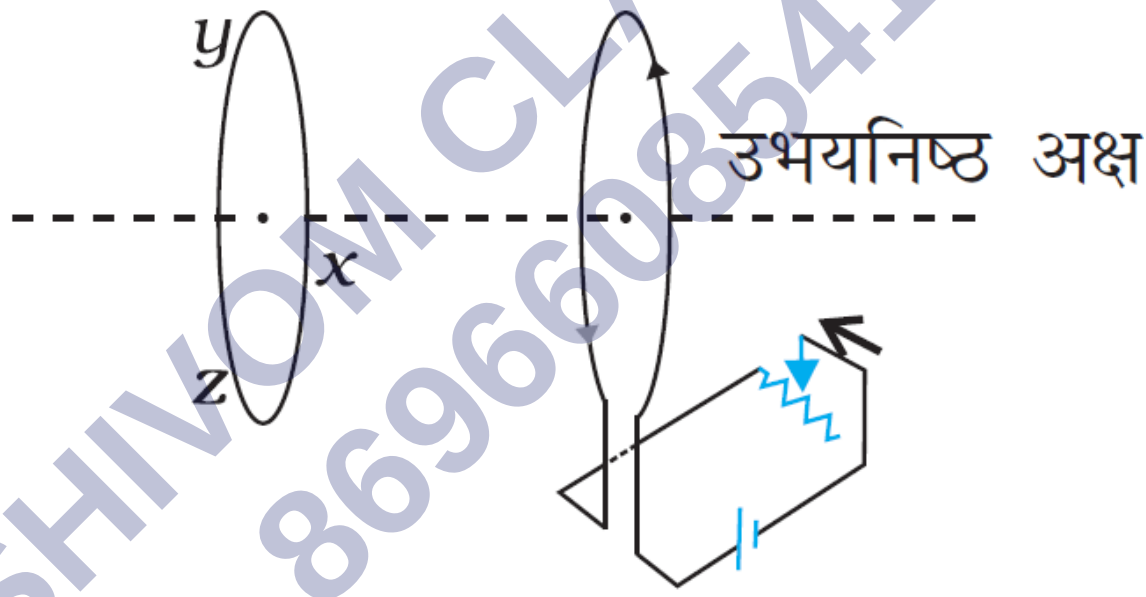


SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



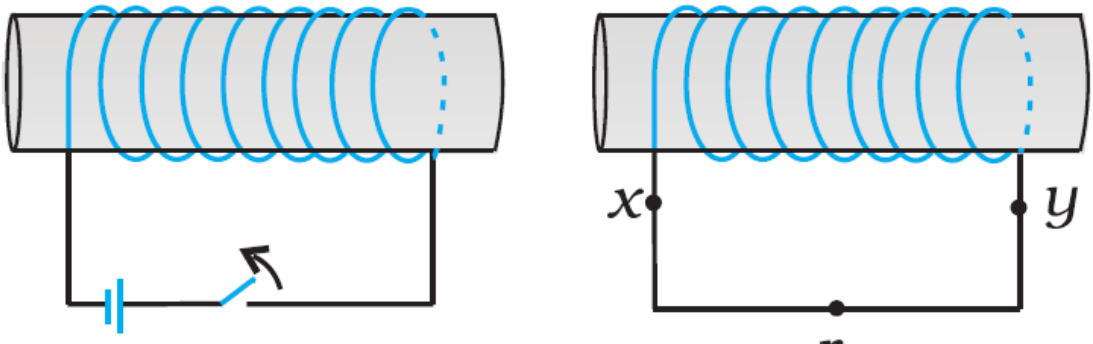
c. (दाब कुंजी तुरंत बंद करने के बाद स्थिति)



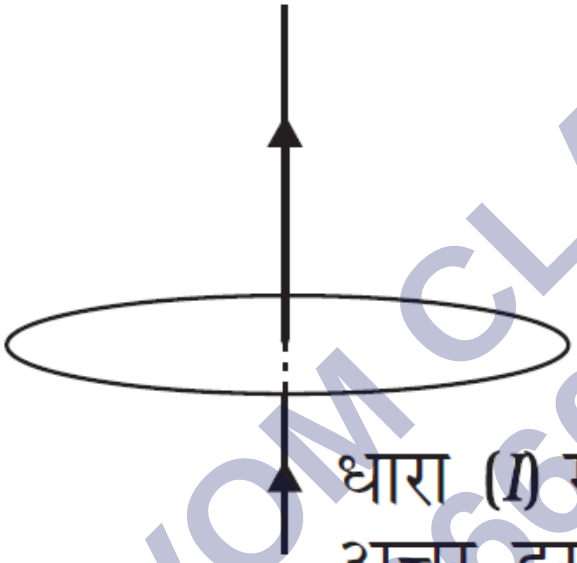
d. धारा नियंत्रक का समंजन बदलते हुए

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



e. (दाब कुंजी खोलने के तुरंत बाद की स्थिति)



f. धारा (I) में एक अचर दर पर कमी

उत्तर-

a. चुम्बक के S ध्रुव को कुण्डली की ओर ले जाया जा रहा है, अत: लेन्ज के नियम के अनुसार कुण्डली का इस ओर का सिरा भी S ध्रुव होना चाहिए ताकि यह चुम्बक की गति का विरोध करे (परस्पर प्रतिकर्षण द्वारा) इसलिए कुण्डली में प्रेरित धारा दक्षिणावर्त दिशा में अर्थात् qrpq दिशा में बहेगी।

b. (b) चुम्बक की गति के विरोध के लिए लेन्ज नियम के अनुसार बायीं ओर की कुण्डली का चुम्बक के ध्रुव S की ओर वाला सिरा S बनना चाहिए तथा दायीं ओर की कुण्डली का चुम्बक में N ध्रुव की ओर वाला सिरा भी S ध्रुव ही बनना चाहिए ताकि ध्रुव S पर प्रतिकर्षण तथा N

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

पर आकर्षण बल लगे। इसलिए बायीं ओर की कुण्डली में धारा दक्षिणावर्त दिशा में (अर्थात् prqp दिशा में), तथा दायीं ओर की कुण्डली में धारा yzxy दिशा में प्रेरित होनी चाहिए।

c. (c) दाब कुंजी तुरन्त बन्द करने पर बायीं ओर कुण्डली में धारा शून्य से बढ़ेगी, अत: दायीं ओर की कुण्डली में प्रेरित धारा बायीं ओर कुण्डली में धारा की विपरीत दिशा में (अर्थात् वामावर्त दिशा में) yzx में होनी चाहिए।

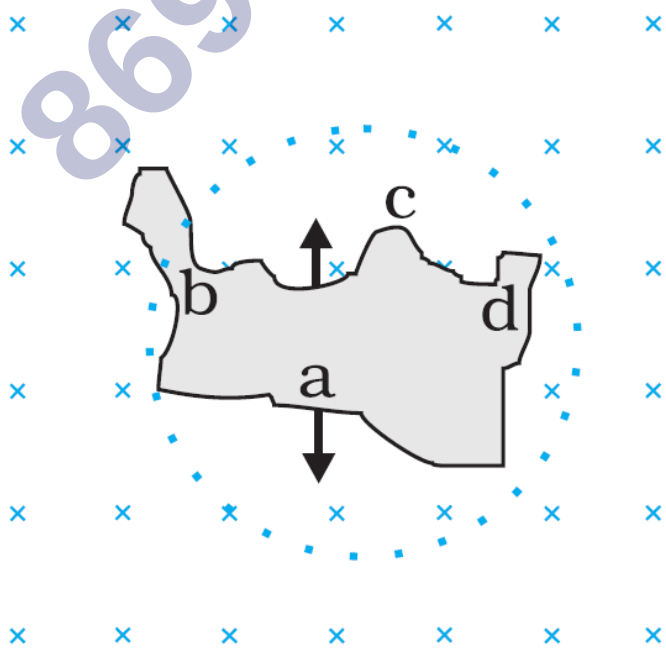
d. (d) चित्र से स्पष्ट है कि धारा नियन्त्रक द्वारा प्रतिरोध घटाया जा रहा है अर्थात् दायीं ओर कुण्डली में धारा बढ़ेगी जिसकी दिशा वामावर्त है। अतः लेन्ज के नियम के अनुसार बायीं ओर कुण्डली में प्रेरित धारा मुख्य धारा के विपरीत होनी चाहिए अर्थात् zyx दिशा में।

e. (e) दाब कुंजी को खोलने के तुरन्त बाद प्राथमिक कुण्डली में धारा घटेगी। अतः द्वितीयक कुण्डली में धारा की दिशा प्राथमिक के मुख्य धारा की दिशा में होनी चाहिए अर्थात् xry दिशा में।

f. (f) कोई प्रेरित धारा नहीं चूँकि बल रेखाएँ लूप के तल में स्थित होंगी तथा फ्लक्स में परिवर्तन नहीं होगा। चूँकि बल-रेखाएँ लूप को काटेंगी भी नहीं।

प्रश्न 2 चित्र में वर्णित स्थितियों के लिए लेंज के नियम का उपयोग करते हुए प्रेरित विद्युत धारा की दिशा ज्ञात कीजिए।

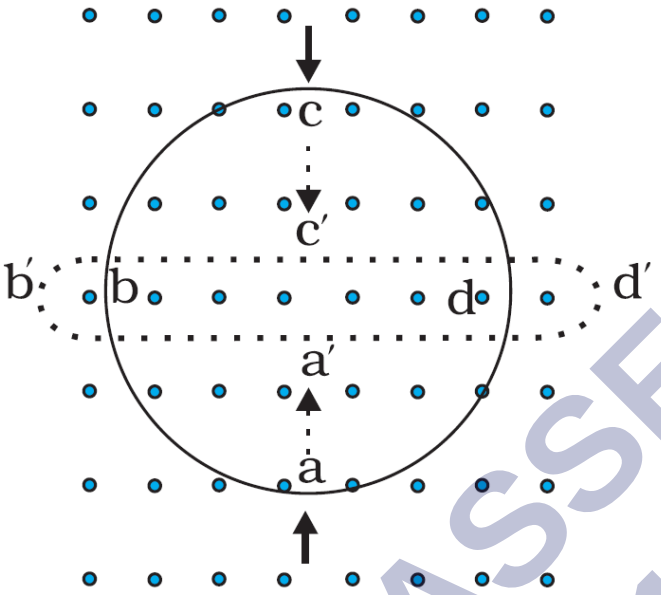
a. जब अनियमित आकार का तार वृत्ताकार लूप में बदल रहा हो;



SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

b. जब एक वृत्ताकार लूप एक सीधे तार में विरूपित किया जा रहा हो।



उत्तर-

a. क्रॉस (x) द्वारा एक ऐसे चुम्बकीय-क्षेत्र को प्रदर्शित किया गया है जिसकी दिशा कागज के तल के लम्बवत् भीतर की ओर है अनियमित आकार के लूप को वृत्तीय रूप में खींचने पर इससे गुजरने वाला फ्लक्स बढ़ेगा। अतः लूप में प्रेरित धारा इस प्रकार की होगी कि वह निम्नगामी फ्लक्स को बढ़ने से रोकेगी। प्रेरित धारी कागज के तल के लम्बवत् ऊपर की ओर चुम्बकीय-क्षेत्र उत्पन्न करेगी। अतः धारा की दिशा a d c b a मार्ग का अनुसरण करेगी।

b. चुम्बकीय-क्षेत्र कागज के तल के लम्बवत् बाहर की ओर है। लूप के आकार को बदलने पर उससे गुजरने वाला ऊर्ध्वमुखी फ्लक्स घटेगा। अत: लूप में प्रेरित धारा ऊर्ध्वमुखी चुम्बकीय-क्षेत्र उत्पन्न करेगी। इसके लिए धारा a'd'c'b'a' मार्ग का अनुसरण करेगी।

प्रश्न 3 एक लम्बी परिनालिका के इकाई सेंटीमीटर लम्बाई में 15 फेरे हैं। उसके अन्दर 2.0cm का एक छोटा-सा लूप परिनालिका की अक्ष के लम्बवत रखा गया है। यदि परिनालिका में बहने वाली धारा का मान 0.15 में 2.0A से 40A कर दिया जाए तो धारा परिवर्तन के समय प्रेरित विद्युत वाहक बल कितना होगा?

उत्तर-

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

परिनालिका में फेरों कि संख्या N = 15,

लम्बाई l = 1cm = 0.01m

i_1 = 2.0A, i_2 = 4.0A, $\triangle t = 0.1s$

लूप का क्षेत्रफल A = $2.0cm^2 = 2.0 \times 10^{-4}m^2$

लूप में प्रेरित विद्युत वाहक बल

$$e = n\frac{d\phi}{dt} = nA\frac{dB}{dt} \ldots . (1)$$

$$\left[\phi = BA \Rightarrow \frac{d\phi}{dt} = A\frac{dB}{dt}\right]$$

$$dB = \frac{\mu_0 N}{l}(i_2 - i_1)$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15}{0.01}(4.0 - 2.0)$$

$$= 120\pi \times 10^{-5}$$

$$e = \frac{1 \times 2.0 \times 10^{-4} \times 120\pi \times 10^{-5}}{0.01}$$

$$[\because n = 1]$$

$$= 7.54 \times 10^{-6}V \approx 7.5 \times 10^{-6}V$$

प्रश्न 4 एक आयताकार लूप जिसकी भुजाएँ 8cm एवं 2cm हैं, एक स्थान पर थोड़ा कटा हुआ है। यह लूप अपने तल के अभिलम्बवत 0.3 T के एकसमान चुम्बकीय-क्षेत्र से बाहर की ओर निकल रहा है। यदि लूप के बाहर निकलने का वेग 1cm s^{-1} है तो कटे भाग के सिरों पर उत्पन्न विद्युत वाहक बल कितना होगा, जब लूप की गति अभिलम्बवत हो

a. लूप की लम्बी भुजा के
b. लूप की छोटी भुजा के। प्रत्येक स्थिति में उत्पन्न प्रेरित वोल्टता कितने समय तक टिकेगी?

SHIVOM CLASSES 8696608541

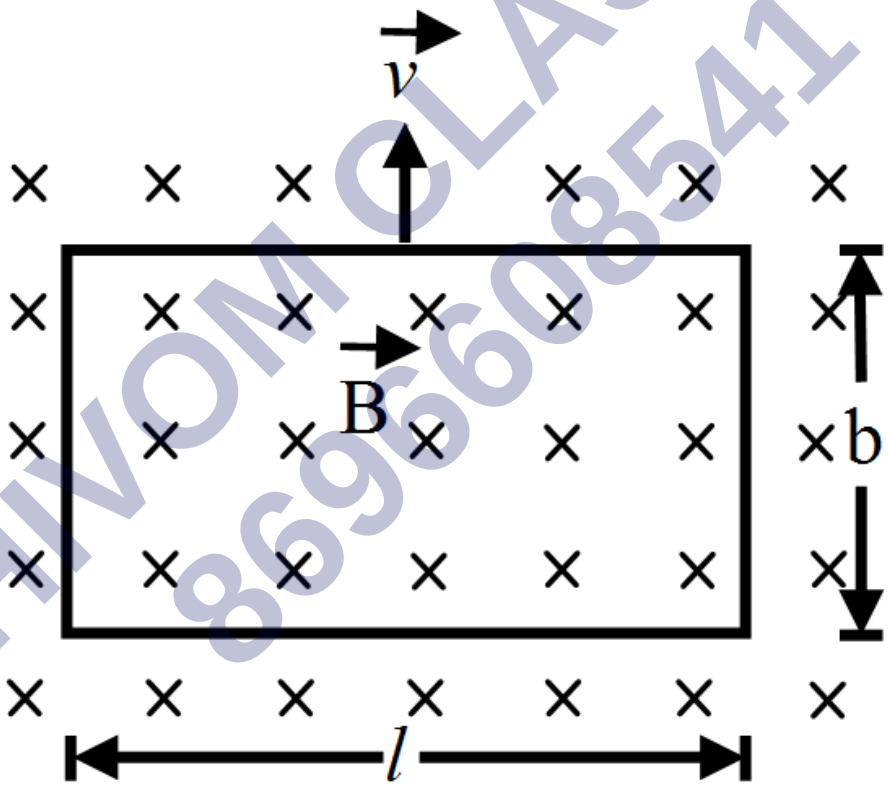
SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर- चुम्बकीय क्षेत्र B में क्षेत्र के लम्बवत् स्थित क्षेत्रफल A से गुजरने वाला चुम्बकीय फ्लक्स Φ = BA

माना लूप की लम्बाई l व चौड़ाई b है तथा इसके वेग का परिमाण है। जैसे ही लूप लम्बी भुजा के लम्बवत् चुम्बकीय क्षेत्र से बाहर निकालता है क्षेत्र से बद्ध क्षेत्रफल बदलता है, जिससे में परिवर्तन होता है। फैराडे के नियम से, प्रेरित वैद्युत वाहक बल का परिमाण

$$|e| = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d}{dt}(BA) = B\left(\frac{dA}{dt}\right)$$

अब $\frac{dA}{dt}$ = lv (प्रति सेकण्ड लूप द्वारा घिरा क्षेत्रफल)



अतः |e| = Blv = 0.3 वेबर/ मीटर^2 × (8 × 10^{-2} मीटर) ×(10^{-2} मीटर/ सेकण्ड)

= 2.4 × 10^{-4} वेबर/ सेकण्ड

= 2.4 × 10^{-4} वोल्ट

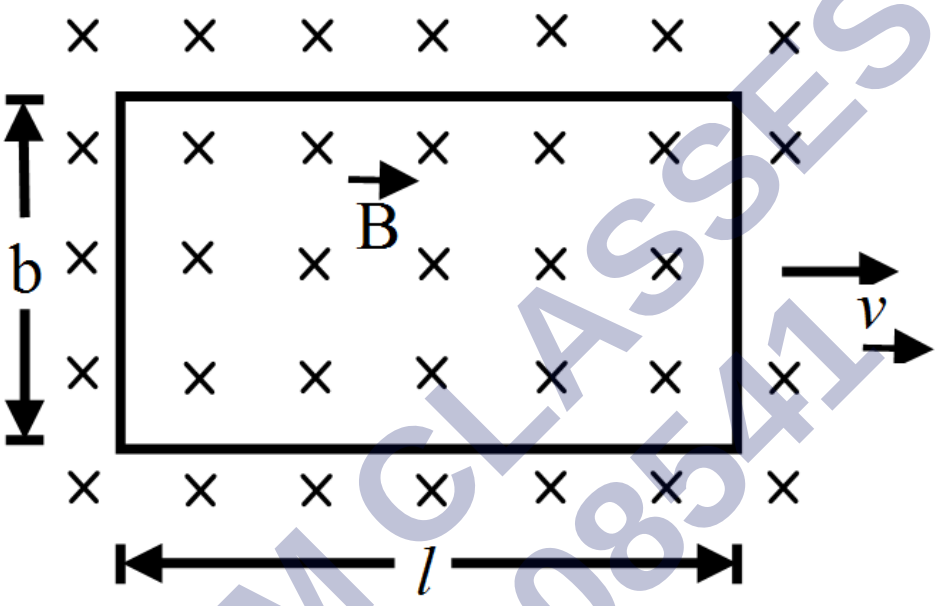
= 0.24 मिलीवोल्ट

SHIVOM CLASSES 8696608541

प्रेरित विभवान्तर तब तक रहेगा जब तक फ्लक्स परिवर्तित होगा। इस प्रकार, विभवान्तर |e| के बने रहने का समय

$$= \frac{b}{v} = \frac{2 \times 10^{-2} \text{ मीटर}}{10^{-2} \text{ मीटर/सेकण्ड}}$$

$$= \mathbf{2 \text{ सेकण्ड}}$$



चित्र से,

$\frac{dA}{dt} = bv$

$|e| = Bbv = 0.3 \times (2 \times 10^{-2}) \times 10^{-2}$

$= 0.6 \times 10^{-4}$

= 0.06 मिलीवोल्ट

$$e| \text{ के बने रहने का समय} = \frac{l}{v} = \frac{8 \times 10^{-2} \text{ मीटर}}{10^{-2} \text{ मीटर/सेकण्ड}}$$

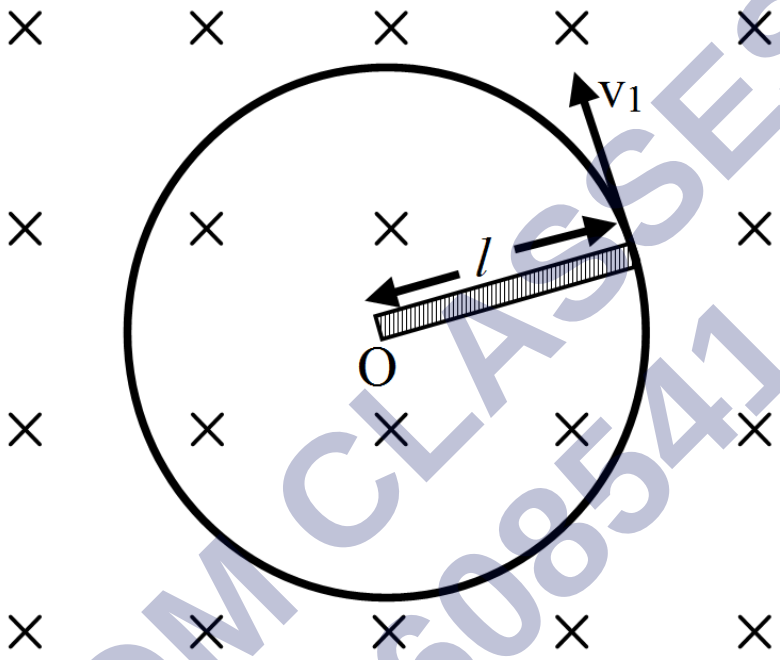
$$= \mathbf{8 \text{ सेकण्ड}}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 5 1.0m लम्बी धातु की छड़ उसके एक सिरे से जाने वाले अभिलम्बवत अक्ष के परितः 400 rad-s^{-1} की कोणीय आवृत्ति से घूर्णन कर रही है। छड़ का दूसरा सिरा एक धात्विक वलय से सम्पर्कित है। अक्ष के अनुदिश सभी जगह 0.5T का एकसमान चुम्बकीय-क्षेत्र उपस्थित है। वलय तथा अक्ष के बीच स्थापित विद्युत वाहक बल की गणना कीजिए।

उत्तर-



दिया है, धात्विक छड़ की लम्बाई l = 1.0 मीटर

कोणीय आवृत्ति ω = 400 रेडियन/ सेकण्ड

चुम्बकीय क्षेत्र B = 0.5 टेस्ला

छड़ के एक सिरे का वेग $v_1 = 0$

छड़ के दूसरे सिरे का वेग $v_2 = l\omega$

अतः छड़ का औसत रेखीय वेग

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

अथवा

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$v = \frac{0+l\omega}{2} = \frac{\omega l}{2}$$

अतः केन्द्र O व वलय के बीच प्रेरित वै. वा. बल

$$E = l\, v\, B = l \times \frac{\omega l}{2} \times B = \frac{1}{2}\omega\, Bl^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 400 \times 0.5 \times (1.0)^2$$

$$= 100 \text{ वोल्ट}$$

प्रश्न 6 एक वृत्ताकार कुंडली जिसकी त्रिज्या 8.0cm तथा फेरों की संख्या 20 है अपने ऊर्ध्वाधर व्यास के परितः 50 rad-s- की कोणीय आवृत्ति से 3.0×10^{-2}T के एकसमान चुम्बकीय-क्षेत्र में घूम रही है। कुंडली में उत्पन्न अधिकतम तथा औसत प्रेरित विद्युत वाहक बल का मान ज्ञात कीजिए। यदि कुंडली 10Ω प्रतिरोध का एक बन्द लूप बनाए तो कुंडली में धारा के अधिकतम मान की गणना कीजिए। जूल ऊष्मन के कारण क्षयित औसत शक्ति की गणना कीजिए। यह शक्ति कहाँ से प्राप्त होती है?

उत्तर- कुण्डली में बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स

$$\phi = \vec{B}.\vec{A}\cos\theta = BA\cos\omega t$$

(चूँकि $\theta = \omega t$)

कुण्डली में प्रेरित वै. वा. बल $\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt}$

$$= -N\frac{d}{dt}(BA\cos\omega t)$$

$$= NBA\,\omega\sin\omega t$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अधिकतम प्रेरित वै. वा. बल, $\varepsilon_{max} = NBA\omega = NB(\pi r^2)\omega$

यहाँ N = 20, r = 8.0 सेमी = 8.0×10^{-2} मी,

$$B = 3.0 \times 10^{-2} T,$$

$$\omega = 50 s^{-1}$$

$$\therefore \varepsilon_{max} = 20 \times 3.0 \times 10^{-2} \times 3.14 \times (8.0 \times 10^{-2})^2 \times 50$$

= 0.603V

औसत में प्रेरित वै. वा. बल,

$$\varepsilon_{av} = NBA\omega\,(\sin\omega t)_{av} = 0$$

(चूँकि पुरे चक्र के लिए $\sin\omega t$ का औसत मान शून्य होता है।)

अधिकतम प्रेरित धारा, $I_{max} = \frac{\varepsilon_{max}}{R}$

$$= \frac{0.603}{10} = 0.603 A$$

जूल ऊष्मा के कारण औसत व्यय शक्ति, $P_{max} = (I^2)av\ R$

$$\Rightarrow P_{max} = \frac{(\varepsilon^2)_{av}}{R}$$

$$= \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_{max}^2}{R}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\left[\text{क्योंकि पुरे चक्र के लिए } \sin^2 \omega t \text{ का औसत मान } \frac{1}{2} \text{ होता है। } \therefore \varepsilon_{av}^2 = \frac{\varepsilon_{max}^2}{2}\right]$$

$$\therefore P_{max} = \frac{1}{2} \times \frac{(0.603)^2}{10} = 0.018W$$

कुण्डली में प्रेरित धारा एक बल-आघूर्ण उत्पन्न करती है, जो कुण्डली के घूमने का विरोध करता है। इसलिए कुण्डली को एकसमान कोणीय वेग से घुमाए रखने के लिए एक बाह्य कारक (रोटर) बल-आघूर्ण प्रदान करता है। इसीलिए व्यय ऊष्मा का स्रोत रोटर (rotor) ही है।

प्रश्न 3 पूर्व से पश्चिम दिशा में विस्तृत एक 10m लम्बा क्षैतिज सीधा तार 0.30 x 10^{-4} Wbm^{-2} तीव्रता वाले पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र के क्षैतिज घटक के लम्बवत 5.0 $m\ s^{-1}$ की चाल से गिर रहा है।

a. तार में प्रेरित विद्युत वाहक बल का तात्क्षणिक मान क्या होगा?
b. विद्युत वाहक बल की दिशा क्या है?
c. तार का कौन-सा सिरा उच्च विद्युत विभव पर है?

उत्तर-

a. तार की लम्बाई l = 10 मीटर, B = H = 0.30 x 10^{-4} वेबर/मी^{2},

तार का वेग v = 50 मी/सेकण्ड

अतः तार के सिरों के बीच प्रेरित विभवान्तर e = Bvl sin 90°

= Bvl = 0.30 x 10^{-4} x 5.0 x 10 = 0.0015 वोल्ट

= 1.5 मिलीवोल्ट

b. फ्लेमिंग के दायें हाथ के नियम के अनुसार, तार में प्रेरित धारा की दिशा पूर्व से पश्चिम की ओर होगी। अतः प्रेरित वैद्युत वाहक बल की दिशा पश्चिम से पूर्व की ओर होगी।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

c. चूँकि तार में प्रेरित धारा की दिशा पूर्व से पश्चिम की ओर है, अत: तार में इलेक्ट्रॉन इसके विपरीत पश्चिम से पूर्व की ओर गति करेंगे। चूँकि इलेक्ट्रॉन निम्न विभव से उच्च विभव की ओर गति करते हैं, अत: तार का पूर्वी सिरा उच्च विभव पर होगा। [विशेष-यदि तार उत्तर-दक्षिण दिशा में रहते हुए गिरता, तब इसकी लम्बाई पृथ्वी के क्षेत्र के क्षैतिज घटक के समान्तर होती। अतः कोई वैद्युत वाहक बल प्रेरित नहीं होता।

प्रश्न 8 किसी परिपथ में 0.1s में धारा 5.0A से 0.0A तक गिरती है। यदि औसत प्रेरित विद्युत वाहक बल 200V है तो परिपथ में स्वप्रेरकत्व का आकलन कीजिए।

उत्तर-

यहाँ $\Delta t = 0.1$ सेकण्ड

$\Delta I = I_2 - I_1 = (0 - 5.0)$ ऐम्पियर

= - 5 ऐम्पियर, e = 200 वोल्ट

$\because e = -L\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$

$L = -\left(\frac{e \times \Delta t}{\Delta I}\right)$

$= -\left[\frac{200 \times 0.1}{-5}\right]$ हेनरी

40 हेनरी

प्रश्न 9 पास-पास रखे कुंडलियों के एक युग्म का अन्योन्य प्रेरकत्व 1.5H है। यदि एक कुंडली । में 0.5s में धारा 0 से 20A परिवर्तित हो तो दूसरी कुंडली की फ्लक्स बंधता में कितना परिवर्तन होगा?

उत्तर- यहाँ M = 1.5 हेनरी,

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$\Delta t = 0.5$ सेकण्ड,

$\Delta I = I_2 - I_1$

$= (20 - 0) = 20A$

$\Phi_1 = MI$

$\Delta\Phi_2 = M\Delta I_1$

अतः द्वितीयक कुण्डली की फ्लक्स बद्धता में परिवर्तन

$\Delta\Phi_2$ = 1.5 हेनरी × 20 ऐम्पियर

= 30 वेबर

यहाँ धारा बढ़ रही है, अत: फ्लक्स बद्धता में परिवर्तन धारा वृद्धि का विरोध करेगा।

प्रश्न 10 एक जेट प्लेन पश्चिम की ओर 1800km/h वेग से गतिमान है। प्लेन के पंख 25m लम्बे हैं। इनके सिरों पर कितना विभवान्तर उत्पन्न होगा? पृथ्वी के चुम्बकीय-क्षेत्र का मान उस स्थान पर 5×10^{-4} Tतथा नति कोण (dip angle) 30° है।

उत्तर- दिया है, पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र B= 5 × 10-4 टेस्ला

नति कोण θ = 30°

वायुयान का वेग v = 1800 किमी/ घण्टा

$= \frac{1800 \times 1000}{60 \times 60}$ मीटर/ सेकण्ड

= 500 मीटर/ सेकण्ड

तथा पंखों की लम्बाई = 25 मीटर

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का ऊर्ध्व घटक

$$B_v = B \sin\theta$$

$$= 5 \times 10^{-4} \times \sin 30^\circ$$

$$= 5 \times 10^{-4} \times \frac{1}{2}$$

$$= 25 \times 10^{-4} \text{ टेस्ला}$$

चूँकि पंखों की लम्बाई l, वायुयान का वेग v तथा चुम्बकीय क्षेत्र का ऊर्ध्व घटक Bv तीनों परस्पर लम्बवत् हैं, अतः पंखों के बीच प्रेरित औसत वैद्युत वाहक बल

E = lvBv

= 25 × 500 × 25 × 10^{-4}

= 3.125 वोल्ट

अतिरिक्त अभ्यास (पृष्ठ संख्या 231-232)

प्रश्न 11 मान लीजिए कि प्रश्न 4 में उल्लिखित लूप स्थिर है किन्तु चुम्बकीय-क्षेत्र उत्पन्न करने वाले विद्युत चुम्बक में धारा का मान कम किया जाता है जिससे चुम्बकीय-क्षेत्र का मान अपने प्रारम्भिक मान 0.3T से 0.02Ts^{-1} की दर से घटता है। अब यदि लूप का कटा भाग जोड़ दें जिससे प्राप्त बन्द लूप का प्रतिरोध 1.6Ω हो तो इस लूप में ऊष्मन के रूप में शक्ति ह्रास क्या है? इस शक्ति का स्रोत क्या है?

उत्तर- लूप का क्षेत्रफल A = 8 × 2cm^2 = 16 × $10^{-4}m^2$

$$\frac{dB}{dt} = 0.02 Ts^{-1}$$

$$R = 1.6\Omega$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रेरित विद्युत वाहक बल

$$e = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d}{dt}(BA) = A\frac{dB}{dt}$$

$$\Rightarrow e = 16 \times 10^{-4} \times 0.02$$

$$= 3.2 \times 10^{-5} V$$

$\therefore$ प्रेरित धारा $i = \frac{e}{R}$

$$= \frac{3.2 \times 10^{-5}}{1.6} = 2.0 \times 10^{-5} A$$

$\therefore$ शक्ति ह्रास $P = e \times i$

$$= 3.2 \times 10^{-5} \times 2.0 \times 10^{-5}$$

$$= 6.4 \times 10^{-10} W$$

यह शक्ति, चुम्बकीय-क्षेत्र में परिवर्तन करने वाले बाह्य स्त्रोत द्वारा प्रदान की जाती है।

प्रश्न 12 12cm भुजा वाला वर्गाकार लूप जिसकी भुजाएँ X एवं Y अक्षों के समान्तर हैं, x-दिशा में 8 cm s^{-1} की गति से चलाया जाता है। लूप तथा उसकी गति का परिवेश धनात्मक दिशा के चुम्बकीय-क्षेत्र का है। चुम्बकीय-क्षेत्र न तो एकसमान है और न ही समय के साथ नियत है। इस क्षेत्र की ऋणात्मक दिशा में प्रवणता 10^{-3} Tcm^{-1} है। (अर्थात् ऋणात्मक x-अक्ष की दिशा में इकाई सेंटीमीटर दूरी पर क्षेत्र के मान में 10^{-3} Tcm^{-1} की वृद्धि होती है) तथा क्षेत्र के मान में 10^{-3} Ts^{-1} की दर से कमी भी हो रही है। यदि कुंडली का प्रतिरोध 4.50 mΩ हो तो प्रेरित धारा का परिमाण एवं दिशा ज्ञात कीजिए।

उत्तर- लूप का प्रतिरोध $R = 4.50 \times 10^{-3}\Omega$

लूप की भुजा α = 12cm

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -10^{-3}\mathrm{Tcm}^{-1} = 10^{-1}\mathrm{Tm}^{-1}$$

$$= -0.1\mathrm{Tm}^{-1}$$

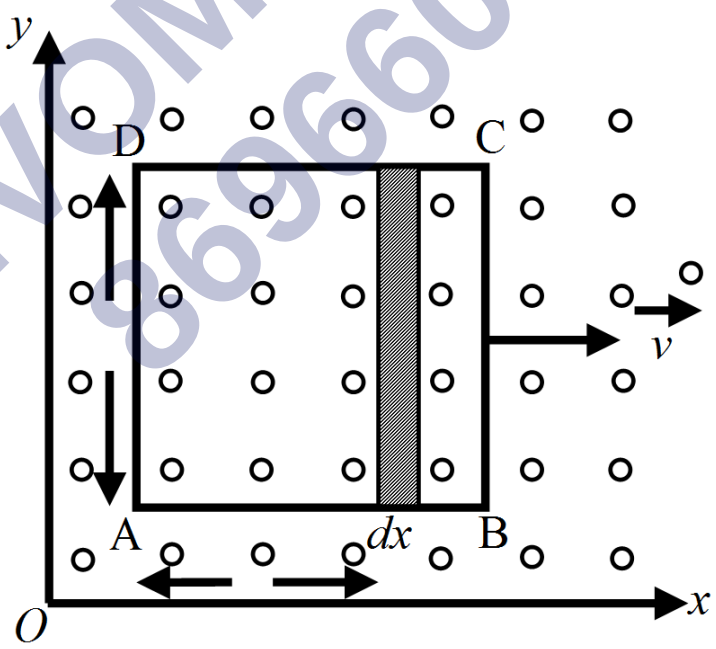
तथा $\frac{\partial x}{\partial t} = 8\mathrm{cm/\,s}^{-1} = 0.08\mathrm{m/\,s}^{-1}$

तथा $\frac{\partial B}{\partial t} = -10^{-3}\mathrm{Ts}^{-1}$

$\frac{\partial B}{\partial x}$ तथा $\frac{\partial B}{\partial t}$ दोनों का चिन्ह ऋणात्मक लिया गया है क्योंकि x तथा t दोनों के बढ़ने के साथ चुम्बकीय-क्षेत्र घट रहा है।

माना लूप की भुजा की लम्बाई 'a' है। x दुरी पर स्थिति dx चौड़ाई की एक पटटी पर विचार कीजिए।

माना इस पटटी पर चुम्बकीय-क्षेत्र है तथा इस पटटी का क्षेत्रफल dA = adx है।



∴ इस पटटी से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स

$$d\phi = BdA = B(x_1 t)a\,dx$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

∴ लूप से बद्ध कुल फ्लक्स

$$\phi = \int_{x=0}^{a} B(x, t) a \, dx$$

$$= a \int_{x=0}^{a} B(x, t) \, dx$$

$$\therefore \frac{d\phi}{dt} = a \frac{d}{dt} \int_{x=0}^{a} B(x, t) dx$$

$$= a \int_{x=0}^{a} \frac{\partial}{\partial t} [B(x, t)] dx$$

$$= a \int_{x=0}^{a} \left[\frac{\partial B}{\partial t} + \frac{\partial B}{\partial x} \times \frac{\partial x}{\partial t} \right] dx$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\left[\therefore \frac{\partial}{\partial t}B(x,t) = \frac{\partial B}{\partial t} + \frac{\partial B}{\partial x} \times \frac{\partial x}{\partial t}\right]$$

$$= a \int_{x=0}^{a} [-10^{-3} - 0.1 \times 0.08] dx$$

$$= -a(0.001 + 0.008) \int_{x=0}^{a} dx$$

$$= -(0.009) \times 144 \times 10^{-4}$$

$\therefore$ प्रेरित विद्युत वाहक बल $e = -\frac{d\phi}{dt}$

$$= \frac{1.296 \times 10^{-4}}{4.50 \times 10^{-3}}$$

$$= 2.88 \times 10^{-2} A$$

धारा की दिशा ऐसी होगी जो z-दिशा में चुम्बकीय फ्लक्स के घटने का विरोध करेगी। इसके लिए धारा वामावर्त दिशा में प्रवाहित होगी।

प्रश्न 13 एक शक्तिशाली लाउडस्पीकर के चुम्बक के ध्रुवों के बीच चुम्बकीय-क्षेत्र की तीव्रता के परिमाण का मापन किया जाना है। इस हेतु एक छोटी चपटी 2cm क्षेत्रफल की अन्वेषी कुंडली (search coil) का प्रयोग किया गया है। इस कुंडली में पास-पास लिपटे 25 फेरे हैं तथा इसे चुम्बकीय-क्षेत्र के लम्बवत व्यवस्थित किया गया है और तब इसे द्रुत गति से क्षेत्र के बाहर निकाला जाता है। तुल्यतः एक अन्य विधि में अन्वेषी कुंडली को 90° से तेजी से घुमा देते हैं जिससे कुंडली का तल चुम्बकीय-क्षेत्र के समान्तर हो जाए। इन दोनों घटनाओं में कुल 7.5mC आवेश का प्रवाह

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

होता है (जिसे परिपथ में प्रक्षेप धारामापी (ballistic galvanometer) लगाकर ज्ञात किया जा सकता है)। कुंडली तथा धारामापी का संयुक्त प्रतिरोध 0.50Ω है। चुम्बक की क्षेत्र की तीव्रता का आकंलन कीजिए।

उत्तर- $A = 2 \times 10^{-4} m^2$,

n = 25 फेरे,

प्रेरित आवेश $q = 7.5 \times 10^{-3} C$

परिपथ का प्रतिरोध R = 0.50Ω

माना चुम्बकीय-क्षेत्र की तीव्रता = B

प्रारम्भिक फ्लक्स $\phi_1 = NBA \cos 0° = NBA$

अंतिम फ्लक्स $\phi_2 = 0$

$$\therefore \text{प्रेरित विधुत वाहक बल } e = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\text{तथा प्रेरित धारा } i = \frac{e}{R} \text{ या } i = -\frac{1}{R} \times \frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore \text{प्रेरित आवेश } q = \int_{q=0}^{q} dp = \int_{0}^{t} i dt$$

$$= -\int_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{1}{R} d\phi \left[\because i = -\frac{1}{R}\frac{d\phi}{dt} \right]$$

$$\Rightarrow qR = -\int^{\phi_2} d\phi = -(\phi_2 - \phi_1)$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$= \phi_1 - \phi_2 = \mathrm{NBA} - 0$$

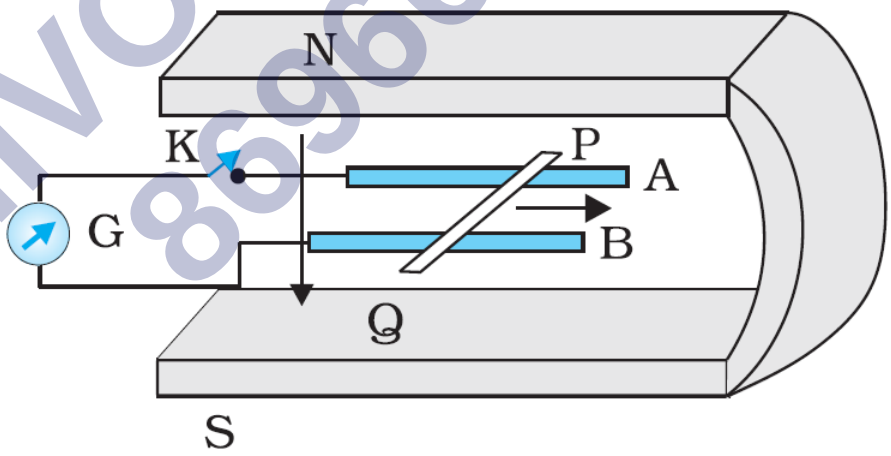
$$\mathrm{B} = \frac{\mathrm{qR}}{\mathrm{NA}}$$

$$= \frac{7.5\times10^{-3}\times0.50}{25\times2\times10^{-4}}$$

$$= 0.75\mathrm{T}$$

प्रश्न 14 चित्र में एक धातु की छड़ PQ को दर्शाया गया है जो पटरियों AB पर रखी है तथा एक स्थायी चुम्बक के ध्रुवों के मध्य स्थित है। पटरियाँ, छड़ एवं चुम्बकीय-क्षेत्र परस्पर अभिलम्बवत दिशाओं में हैं। एक गैल्वेनोमीटर (धारामापी) G को पटरियों से एक स्विच K की सहायता से संयोजित किया गया है। छड़ की लम्बाई = 15cm, B = 0.50 T तथा पटरियों, छड़ तथा धारामापी से बने बन्द लूप का प्रतिरोध = 9.0m^2 है। क्षेत्र को एकसमान मान लें।

a. माना कुंजी K खुली (open) है तथा छड़ 12cms^{-1} की चाल से दर्शायी गई दिशा में गतिमान है। प्रेरित विद्युत वाहक बल का मान एवं ध्रुवणता (polarity) बताइए।



b. क्या कुंजी K खुली होने पर छड़ के सिरों पर आवेश का आधिक्य हो जाएगा? क्या होगा यदि कुंजी K बंद (close) कर दी जाए?

c. जब कुंजी K खुली हो तथा छड़ एकसमान वेग से गति में हो तब भी इलेक्ट्रॉनों पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं करता यद्यपि उन पर छड़ की गति के कारण चुम्बकीय बल कार्य करता है। कारण स्पष्ट कीजिए।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

d. कुंजी बन्द होने की स्थिति में छड़ पर लगने वाले अवमन्दन बल का मान क्या होगा?

e. कुंजी बन्द होने की स्थिति में छड़ को उसी चाल (= $12 cms^{-1}$) से चलाने हेतु कितनी शक्ति (बाह्य कारक के लिए) की आवश्यकता होगी?

f. बन्द परिपथ में कितनी शक्ति का ऊष्मा के रूप में क्षय होगा? इस शक्ति का स्रोत क्या है?

g. गतिमान छड़ में उत्पन्न विद्युत वाहक बल का मान क्या होगा यदि चुम्बकीय-क्षेत्र की दिशा पटरियों के लम्बवत होने की बजाय उनके समान्तर हो?

उत्तर-

a. दिया है, B = 0.50 T, l = 0.15 m,

$v = 0.12 m\ s^{-1}$, $R = 9.0 \times 10^{-3}$

छड़ में प्रेरित विद्युत वाहक बल

$e = Bvl = 0.50 \times 0.12 \times 0.15$

$= 9 \times 10^{-3}$ V

= 9.0 mV

छड़ का सिरा P धनात्मक तथा २ ऋणात्मक होगा।

b. हाँ, छड़ के Q सिरे पर इलेक्ट्रॉन एकत्र हो जाएँगे जबकि P सिरे पर धनावेश की अधिकता हो जाएगी। यदि कुंजी K को बन्द कर दिया जाए तो सिरे पर एकत्र होने वाले इलेक्ट्रॉन बन्द परिपथ से होते हुए (G से होकर) सिरे P की ओर गति करने लगेंगे। इस प्रकार परिपथ में स्थायी धारा स्थापित हो जाएगी।

c. जब कुंजी K खुली है तो P सिरा धनात्मक व Q सिरा ऋणात्मक हो जाता है। इससे छड़ के भीतर सिरे P से सिरे २ की ओर एक विद्युत क्षेत्र स्थित हो जाता है। इस क्षेत्र के कारण इलेक्ट्रॉनों पर Q से P की ओर विद्युत बल लगता है जो विपरीत दिष्ट चुम्बकीय बल को सन्तुलित कर लेता है। इस प्रकार इलेक्ट्रॉनों पर कोई नैट बल कार्य नहीं करता है।

d. कुंजी K बन्द होने की स्थिति छड़ PQ से प्रवाहित धारा

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

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

$$= \frac{9\times10^{-3}V}{9.0\times10^{-3}\Omega}$$

$$1.0A$$

∴ छड़ PQ पर चुम्बकीय-क्षेत्र के कारण कार्य वाला अवमन्दन बल

F = il B sin 90°

$$= 1.0 \times 0.15 \times 0.50$$

$$= 75 \times 10^{-3}N$$

$$= 0.075N$$

e. कुंजी K के बन्द होने पर छड़ को खींचते रहने के लिए व्यय की जाने वाली शक्ति

P = Fv

= 0.075 × 0.12

= 9×10^{-3}W

f. परिपथ में व्यय ऊष्मीय शक्ति

P = R

= $(1.0) \times 9.0 \times 10^{-3}$

= 9×10^{-3}W

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

इस शक्ति का स्रोत छड़ को एकसमान वेग से खींचते रहने के लिए बाह्य स्रोत द्वारा व्यय की गई शक्ति है।

g. शून्य; इस स्थिति में छड़ चुम्बकीय बल रेखाओं को नहीं काटेगी।

अतः कोई विद्युत वाहक बल प्रेरित नहीं होगा।

प्रश्न 15 वायु के क्रोड वाली एक परिनालिका में, जिसकी लम्बाई 30cm तथा अनुप्रस्थ काट का कषेत्रफल 25cm तथा कुल फेरे 500 हैं, 2.5A धारा प्रवाहित हो रही है। धारा को 10^{-38} के अल्पकाल में अचानक बन्द कर दिया जाता है। परिपथ में स्विच के खुले सिरों के बीच उत्पन्न औसत विद्युत वाहक बल का मान क्या होगा? परिनालिका के सिरों पर चुम्बकीय क्षेत्र के परिवर्तन की उपेक्षा कर सकते हैं ?

उत्तर- परिनालिका में प्रेरित वै. वा. बल,

$$\varepsilon = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

परिनालिका का स्वप्रेरकत्व,

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$

∴ प्रेरित वै. वा. बल,

$$\varepsilon = -\left(\frac{\mu_0 N^2 A}{l}\right)\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

यहाँ N = 500,

A = 25 सेमी^{2}

= 25 × 10^{-4} मी^{2}

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\therefore \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{I_2 - I_1}{t}$$

$$= \frac{0-25}{10^{-3}}$$

$$= -2.5 \times 10^{-3} A/s$$

∴ प्रेरित वै. वा. बल

$$\varepsilon = -\left(\frac{4\pi \times 10^{-7} \times (500)^2 \times 25 \times 10^{-4}}{0.30}\right) \times (-2.5 \times 10^3)$$

$$= \frac{3.14 \times 2.5 \times 2.5}{0.30} \times 10^{-1}$$

$$= 6.5V$$

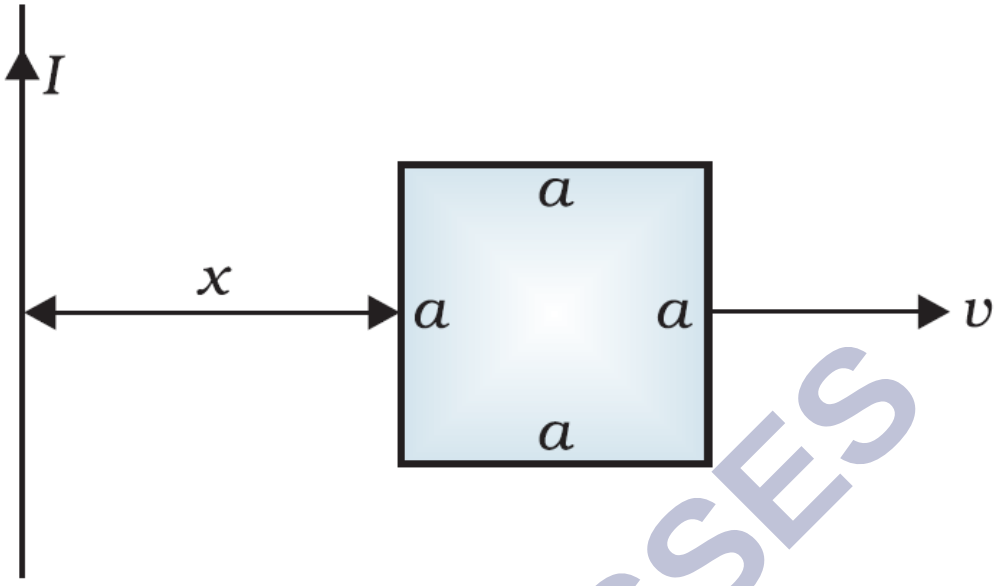
प्रश्न 16

a. चित्र में दर्शाए अनुसार एक लम्बे, सीधे तार तथा एक वर्गाकार लूप जिसकी एक भुजा की लम्बाई a है, के लिए अन्योन्य प्रेरकत्व का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

b. अब मान लीजिए कि सीधे तार में 50A की धारा प्रवाहित हो रही है तथा लूप एक स्थिर वेग v = 10m/ s से दाईं ओर को गति कर रहा है। लूप में प्रेरित विद्युत वाहक बल का परिकलन चित्र 6.7 उंस क्षण पर कीजिए जब x = 0.2m हो। लूप के लिए a = 0.1m लीजिए तथा यह मान लीजिए कि उसका प्रतिरोध बहुत अधिक है।

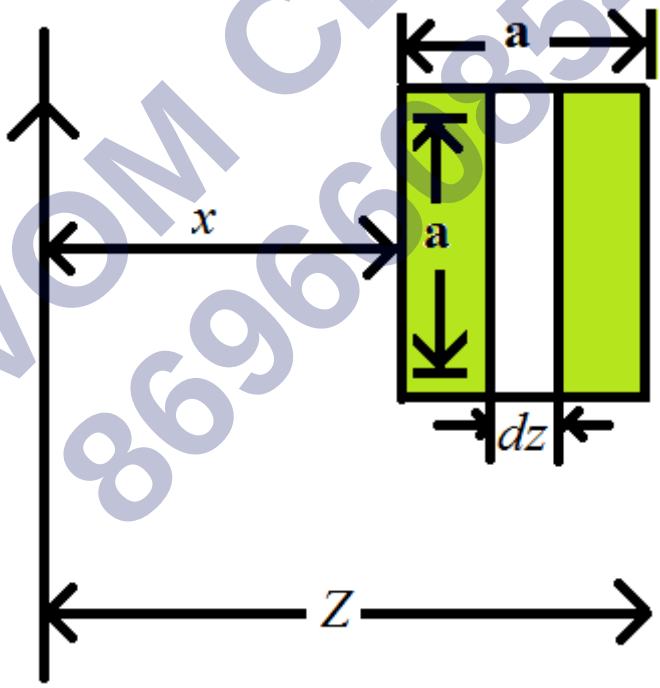
SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



उत्तर-

a.



यदि अन्योन्य प्रेरण गुणांक M है तो

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\phi = Mi$$

$$\therefore Mi = \frac{\mu_0 ia}{2\pi} \log\left(1 + \frac{a}{x}\right)$$

अतः अन्योन्य प्रेरकत्व $M = \frac{\mu_0 a}{2\pi} \log_e\left(1 + \frac{a}{x}\right)$

b. लूप के भीतर तार से z दूरी पर स्थित dz चौड़ाई की एक ऐसी पट्टी पर विचार कीजिए जो कि तार के समान्तर है।

इस पट्टी का क्षेत्रफल dA = adz

तार के कारण पट्टी पर चुम्बकीय-क्षेत्र

$$B = \frac{\mu_o}{2\pi} \times \frac{i}{z}$$

यह क्षेत्र पट्टी के तल के लम्बवत् भीतर की ओर है।

∴ पट्टी से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स

$$d\phi = BdA = \frac{\mu_0}{2\pi} \times \frac{i}{z} \times adz$$

∴ पूरे लूप द्वारा परिबद्ध चुम्बकीय फ्लक्स

$$\phi = \int_{z=x}^{x+a} dB = \frac{\mu_0}{2\pi} ia \int_{z=x}^{x+a} \frac{1}{z} dz$$

या $\phi = \frac{\mu_0 ia}{2\pi} (\log z)_x^{x+a}$

$$= \frac{\mu_0 ia}{2\pi} [\log(x+a) - \log x]$$

$$\Rightarrow \phi = \frac{\mu_0 ia}{2\pi} \log\left(\frac{x+a}{x}\right)$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

दिया है,

i= 50A,

V= 10m/ s

e = ?,

जबकि x = 0.2m, a = 0.1m

लूप में प्रेरित विद्युत वाहक बल,

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$= -\frac{d}{dt} \times \frac{\mu_0 ia}{2\pi}[\log(x+a) - \log x]$$

$$= \frac{\mu_0 ia}{2\pi}\left[\frac{1}{x+a} \times \frac{dx}{dt} - \frac{1}{x} \times \frac{dx}{dt}\right]$$

$$= \frac{\mu_0 ia}{2\pi}\left[\frac{1}{x+a} - \frac{1}{x}\right]\frac{dx}{dt}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50 \times 0.1}{2\pi}\left[\frac{1}{0.2+0.1} - \frac{1}{0.2}\right] \times 10$$

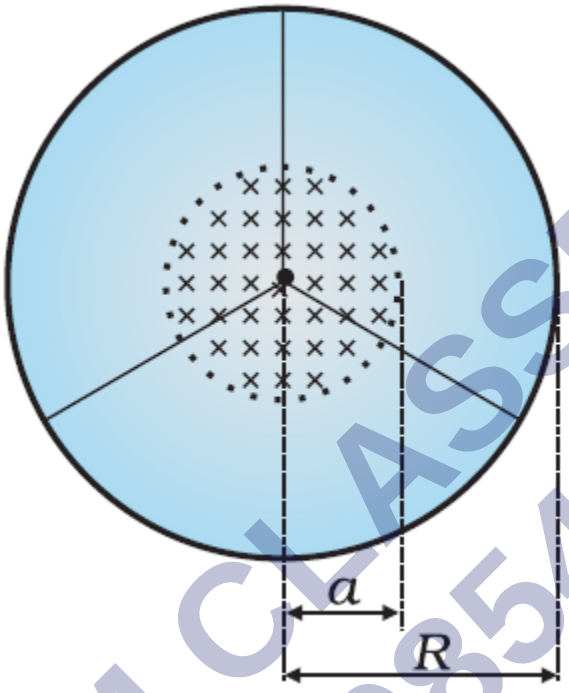
$$\left[\because \frac{dx}{dt} = v\right]$$

$$\text{या } e = 10^{-5}\frac{(0.3-0.2)}{0.3 \times 0.2}$$

$$1.7 \times 10^{-5} V$$

प्रश्न 17 किसी M द्रव्यमान तथा R त्रिज्या वाले एक पहिए के किनारे (rim) पर एक रैखिक आवेश स्थापित किया गया है जिसकी प्रति इकाई लम्बाई पर आवेश का मान 2 है। पहिए के स्पोक

(spoke) हल्के एवं कुचालक हैं तथा वह अपनी अक्ष के परितः घर्षण रहित घूर्णन हेतु स्वतन्त्र हैं जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। पहिए के वृत्तीय भाग पर रिम, के अन्दर एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र विस्तरित है। इसे इस प्रकार परिभाषित किया गया है-



$$\vec{B} = -B_0\vec{k}\ (r \leq a; a < r)$$

= 0 (अन्यथा)

चुम्बकीय-क्षेत्र को अचानक 'ऑफ (Switched off) करने के पश्चात्, पहिए का कोणीय वेग ज्ञात कीजिए।

उत्तर- माना चुम्बकीय-क्षेत्र को स्विच ऑफ करने पर E विद्युत-क्षेत्र उत्पन्न होता है तथा पहिया ω कोणीय वेग से घूमना प्रारम्भ करता है।

यदि पहिए पर कुल आवेश q है तो एक पूर्ण चक्र के दौरान विद्युत-क्षेत्र द्वारा आवेश को घुमाने में कृत कार्य

$$W = F \times s = qE \times 2\pi R$$

∴ उत्पन्न विद्युत वाहक बल

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$e = \frac{W}{q} = e \times 2\pi R \ \ldots 1$$

परिपथ से बद्ध कुल फ्लक्स

$$\phi = \pi a^2 B \left[\therefore 0 \leq r \leq a \Rightarrow B = -B_0 K, a < r \right.$$
$$\left. \Rightarrow B = 0 \right]$$

∴ प्रेरित विद्युत वाहक बल

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\pi a^2 \frac{dB}{dt}$$

अतः $E = \times 2\pi R = -\pi a^2 \frac{dB}{dt}$

q dt से गुणा करने पर

$$qEdt \times 2\pi R = -q\pi a^2 dB$$

या $F\,dt = -\frac{qa^2}{2R} dB \left[\therefore qE = F \right]$

परन्तु F dt = बल का आवेग = पहिए के संवेग में परिवर्तन

$$= Mv - M.0 = M\omega R \left[\therefore v = \omega R \right]$$

अतः $M\omega\, R = -\frac{qa^2}{2R} dB$

परन्तु dB = चुम्बकीय - क्षेत्र में परिवर्तन

= स्विच ऑफ करने के बाद क्षेत्र - स्विच ऑफ करने के पूर्व क्षेत्र

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$= 0 - (-B_0\ k) = B_0 k$$

$$\therefore M\omega\ R = -\frac{qa^2}{2R} B_0\ k = -\pi a^2 B_0\ k \times \frac{q}{2\pi\ R}$$

परन्तु $\frac{q}{2\pi\ R} = \lambda$ आवेश का रेखीय घनत्व

क्षेत्र को स्विच ऑफ करने के तुरंत बाद पहिए का

कोणिय वेग

$$\vec{\omega} = -\frac{\pi\lambda a_0^{2B}}{Mr}\hat{k}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)