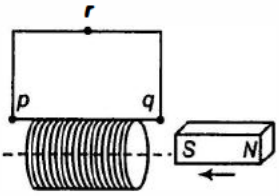
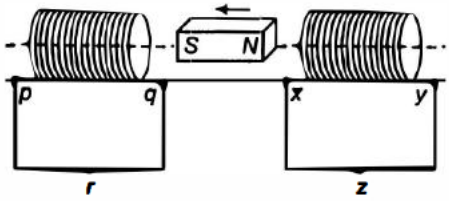
6 वैद्युत चुंबकीय प्रेरण
Electromagnetic Induction

अभ्यास प्रश्न

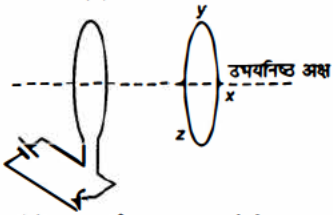
प्रश्न 1. चित्र (a) से (f) में वर्णित स्थितियों के लिए प्रेरित धारा की दिशा की प्रागुक्ति (predict) कीजिए।



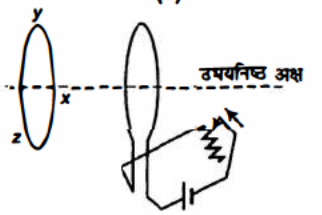
(a)



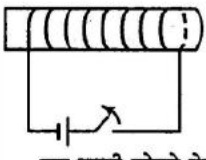
(b)



(c) दाब कुन्जी तुरन्त बन्द करने के बाद स्थिति

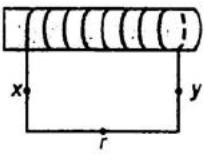


(d) धारा नियन्त्रक का समंजन बदलते हुए



दाब कुन्जी खोलने के तुरन्त बाद की स्थिति

(e)



(f)

लेन्ज के नियमानुसार, प्रेरित धारा की दिशा सदैव उस कारण का विरोध करती है जिसके कारण वह स्वयं उत्पन्न होती है।

हल

(a) यहाँ दक्षिणी ध्रुव कुण्डली की ओर गतिमान है अतः लेन्ज के नियमानुसार यह सिरा उत्तरी ध्रुव बन जाता है (दक्षिणी ध्रुव की गति प्रतिकर्षण द्वारा रोकने हेतु) अतः धारा की दिशा ऊर्जा की सुईयों के अनुरूप है तथा धारा p से q की दिशा में है।

(b) कुण्डली pq में q सिरे पर $\rightarrow S$ ध्रुव q सिरे की ओर गतिमान है अतः यह दक्षिणी ध्रुव की तरह कार्य करता है। धारा की दिशा वामावर्त है अर्थात् p से q की ओर दक्षिणी ध्रुव दूर की ओर गतिमान है। अतः यह सिरा दक्षिणी ध्रुव की भाँति कार्य करता है (गति का विरोध करने हेतु) xy कुण्डली में S ध्रुव प्रेरित होता है (लेन्ज के नियमानुसार) तथा धारा की दिशा x से y की ओर है।

https://www.evidyarthi.in/

(c) जब कुन्जी को बन्द किया जाता है, तब कुण्डली में धारा के मान में वृद्धि होती है अतः चुम्बकीय फलक्स और चुम्बकीय क्षेत्र भी बढ़ता है, मैक्सवेल के दाएँ हाथ के नियमानुसार चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा दक्षिणावर्त है अतः समीपवर्ती कुण्डली में प्रेरित धारा की दिशा इस प्रकार होती है कि चुम्बकीय क्षेत्र को कम करने का प्रयास करती है तथा समीपवर्ती कुण्डली में धारा वामावर्त दिशा में होती है मैक्सवेल के दाएँ हाथ के नियमानुसार प्रेरित धारा की दिशा दक्षिणावर्ती है अर्थात *xyz* तल में।

(d) रियोस्टेट समायोजन को परिवर्तित करने पर धारा भी परिवर्तित होती है। मैक्सवेल के वामावर्त नियमानुसार, चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा बायीं ओर है बायीं ओर की कुण्डली में प्रेरित धारा की दिशा इस प्रकार है कि इसके द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र दायीं दिशा में है। अतः धारा की दिशा बायीं कुण्डली में घड़ी की सुईयों के विपरीत दिशा में है।

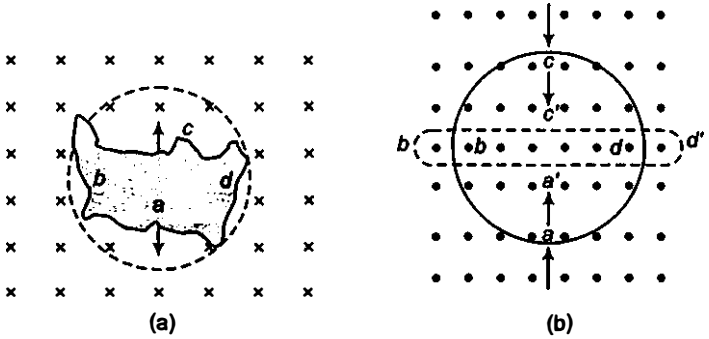
(e) जैसे ही कुन्जी को विमुक्त करते हैं, घड़ी की सुईंयों के विपरीत दिशा में बहने वाली धारा घटती है अतः प्रेरित धारा इस प्रकार उत्पन्न होती है कि बायीं ओर की कुण्डली के कारण उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र बढ़ता है, अतः दायीं ओर की कुण्डली के कारण चुम्बकीय क्षेत्र दायीं दिशा में होना चाहिए तथा प्रेरित धारा घड़ी की सुईयों के विपरीत दिशा में।

(f) धारावाही तार के कारण चुम्बकीय बल रेखाएँ लूप के समतल में हैं अतः लूप में कोई प्रेरित धारा नहीं होगी (क्योंकि लूप में $\phi = 0$)

प्रश्न 2. चित्र में वर्णित स्थितियों के लिए, लेन्ज 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।

(b) जब एक वृत्ताकार लूप एक सीधे बारीक तार में विरूपित किया जा रहा हो।



हल

(a) यहाँ पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा समतल के लम्बवत अन्दर की ओर है यदि अनियमित आकृति का तार वृत्तीय आकृति में बदल जाता है तब इसका क्षेत्रफल बढ़ जाता है (क्योंकि वृत्तीय लूप का क्षेत्रफल अन्य आकृति से अधिक होता है) अत चुम्बकीय फलक्स भी बढ़ता है अब उत्पन्न प्रेरित धारा की दिशा इस प्रकार है कि वह चुम्बकीय क्षेत्र को कम करती है। अर्थात् धारा घड़ी की सूईंयों के विपरीत दिशा में है।

https://www.evidyarthi.in/

(b) जब वृत्तीय लूप सीधे तार में विकृत होता है तब इससे समबद्ध चुम्बकीय क्षेत्र भी घटता है फलक्स परिवर्तन के कारण उत्पन्न प्रेरित धारा फलक्स परिवर्तन की कमी का विरोध करती है। अत: यह प्रेरित धारा दक्षिणावर्त दिशा में प्रवाहित होगी अर्थात् *a'd'c'b'a'* के अनुदिश तथा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र समतल के बाहर की ओर होगा।

प्रश्न 3. एक लम्बी परिनालिका के इकाई सेन्टीमीटर लम्बाई में 15 फेरें हैं। उसके अन्दर $2.0\ cm^2$ का एक छोटा-सा लूप परिनालिका की अक्ष के लम्बवत् रखा गया है। यदि परिनालिका में बहने वाली धारा का मान 2.0 A में 4.0 A से 0.1 s कर दिया जाए तो धारा परिवर्तन के समय प्रेरित विद्युत वाहक बल कितना होगा?

हल दिया है, तार के फेरों की संख्या $n = 15/cm = 1500\ m$

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

धारा परिवर्तन $\frac{dI}{dt} = \frac{4-2}{0.1} = \frac{2}{0.1} = 20\ A/s$

माना e प्रेरित वि.वा. बल है।

फैराडे के नियमानुसार,

$$e = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d}{dt}(BA) \qquad (\because \phi = BA)$$

अथवा $$e = A\frac{dB}{dt} = A\frac{d}{dt}(\mu_0 nI)$$

$(\because$ परिनालिका के अन्दर चुम्बकीय क्षेत्र $B = \mu_0 nI)$

अथवा $$e = A\mu_0 n\frac{dI}{dt}$$

$$e = 2 \times 10^{-4} \times 4 \times 3.14 \times 10^{-7} \times 1500 \times 20 \qquad (\because \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7})$$

$$e = 7.5 \times 10^6\ V$$

अत: प्रेरित वि.वा. बल 7.5×10^6 है।

प्रश्न 4. एक आयताकार लूप जिसकी भुजाएँ 8 cm एवं 2 cm 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 $1\ cm\ s^{-1}$ है तो कटे भाग के सिरों पर उत्पन्न विद्युत वाहक बल कितना होगा, जल 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?

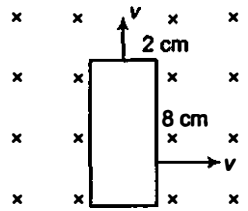
https://www.evidyarthi.in/

हल दिया है, लूप की लम्बाई $l = 8\,\text{cm} = 8 \times 10^{-2}\,\text{m}$

लूप की चौड़ाई $b = 2\,\text{cm} = 2 \times 10^{-2}\,\text{m}$

लूप का वेग $= 1\,\text{cm/s} = 0.01\,\text{m/s}$

चुम्बकीय क्षेत्र $B = 0.3\,\text{T}$



(a) **जब वेग लम्बी भुजा के लम्बवत् है** ($l = 8\,\text{cm} = 8 \times 10^{-2}\,\text{m}$)

गतिमान वि.वा. बल की स्थिति में

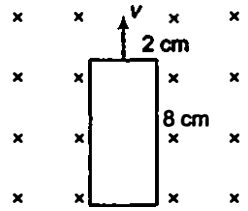
$$e = Blv = 0.3 \times 8 \times 10^{-2} \times 0.01 = 2.4 \times 10^{-4}\,\text{V}$$

$$\text{समय} = \frac{\text{दूरी}}{\text{वेग}} = \frac{\text{छोटी भुजा की लम्बाई}}{\text{वेग}}$$

$$t = \frac{2 \times 10^{-2}}{0.01} = 2\,\text{s}$$

(b) **जब वेग छोटी भुजा के लम्बवत् है**

($l = 2\,\text{cm} = 2 \times 10^{-2}\,\text{m}$)



इस अवस्था में उत्पन्न वि.वा. बल

$$e = Blv = 0.3 \times 2 \times 10^{-2} \times 0.01$$

$$e = 0.6 \times 10^{-4}\,\text{V}$$

$$\text{समय} = \frac{\text{लम्बी भुजा की लम्बाई}}{\text{वेग}} = \frac{8 \times 10^{-2}}{0.01}$$

$$t = 8\,\text{s}$$

प्रश्न 5. 1.0 मी लम्बी धातु की छड़ उसके एक सिरे से जाने वाले अभिलम्बवत् अक्ष के परित: 400 rad/s की कोणीय आवृत्ति से घूर्णन कर रही है। छड़ का दूसरा सिरा एक धात्विक वलय से सम्पर्कित है। अक्ष के अनुदिश सभी जगह 0.5 T का एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र उपस्थित है। वलय तथा अक्ष के बीच स्थापित विद्युत वाहक बल की गणना कीजिए।

हल छड़ की लम्बाई $l = 1$ मी

छड़ का कोणीय वेग $\omega = 400\,\text{rad/s}$

चुम्बकीय क्षेत्र $B = 0.5\,\text{T}$

दृढ़ सिरे का रेखीय वेग $= 0$

अन्य सिरे का रेखीय वेग $= l\omega$ $(\because v = r\omega)$

औसत रेखीय वेग $v = \frac{0 + l\omega}{2} = \frac{l\omega}{2}$ ...(i)

वि.वा. बल की गति का सूत्र

$$e = Bvl = \frac{Bl\omega}{2} \cdot l$$ [समीकरण (i) से]

https://www.evidyarthi.in/

$$e = \frac{0.5 \times 1 \times 400 \times 1}{2}$$

$$e = 100\,V$$

अत: केन्द्र तथा वलय के बीच उत्पन्न वि.वा. बल 100 V है।

https://www.evidyarthi.in/

Ques 6

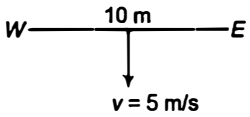
पूर्व से पश्चिम दिशा में विस्तृत एक 10 मी लम्बा क्षैतिज सीधा तार 0.30×10^{-4} Wb/m^2 तीव्रता वाले पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र के क्षैतिज घटक से लम्बवत् 5.0 m/s की चाल से गिर रहा है।

(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?

हल दिया है, सीधे तार का वेग = 5 m/s



सीधे तार का चुम्बकीय क्षेत्र

$$B = 0.30 \times 10^{-4} \text{ Wb/m}^2$$

तार की लम्बाई $l = 10 \text{ m}$

(a) तार में उत्पन्न प्रेरित वि.वा. बल $e = Blv \sin\theta$

यहाँ, $\theta = 90°$

$\therefore \quad \sin\theta = 1$

(∵ तार पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र के क्षैतिज घटक के सापेक्ष अभिलम्बवत् दिशा में गिर रहा है)

$$= 0.3 \times 10^{-4} \times 10 \times 5 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ V}$$

(b) फ्लेमिंग के दाएँ हाथ के नियमानुसार, यदि बल नीचे की ओर है तब प्रेरित वि. वा. बल की दिशा पश्चिम से पूर्व की ओर होगी।

(c) चूँकि प्रेरित वि.वा. बल या धारा की दिशा पश्चिम से पूर्व की ओर है, अतः पश्चिमी सिरा उच्चतम विभव पर है।

(धारा हमेशा उच्च विभव से निम्न विभव की ओर बहती है)

Ques 7

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

हल धारा में परिवर्तन $dI = 5 - 0 = 5 \text{ A}$

धारा परिवर्तन में लिया गया समय $dt = 0.1 \text{ s}$

प्रेरित औसत वि.वा. बल $e = 200 \text{ V}$

परिपथ में प्रेरित वि.वा. बल $e = L\dfrac{dI}{dt}$

$$200 = L\left(\frac{5}{0.1}\right) \quad \text{या} \quad L = \frac{200}{50} = 4 \text{ H}$$

https://www.evidyarthi.in/

Ques 8 **पास-पास रखे कुण्डलियों के एक युग्म का अन्योन्य प्रेरकत्व 1.5 H है। यदि एक कुण्डली में 0.5 s में धारा 0 से 20 A परिवर्तित हो, तो दूसरी कुण्डली की फ्लक्स, बन्धता में कितना परिवर्तन होगा?**

हल दिया है, कुण्डली का प्रेरण गुणांक

$$M = 1.5\,\text{H}$$

कुण्डली में धारा परिवर्तन $dI = 20 - 0 = 20\,\text{A}$

परिवर्तन में लिया गया समय $dt = 0.5\,\text{s}$

कुण्डली में प्रेरित वि.वा. बल $e = M\frac{dI}{dt} = \frac{d\phi}{dt}$

अथवा $$d\phi = M.dI$$

$$= 1.5 \times 20$$

$$d\phi = 30\,\text{Wb}$$

अत: फ्लक्स परिवर्तन 30 Wb है।

https://www.evidyarthi.in/