विद्युत चुम्बकीय प्रेरण

1. फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम

(i) जब लूप से पारित फ्लक्स समय के साथ परिवर्तित होता है या चालक तार द्वारा चुम्बकीय बल रेखाऐं काटी जाती है तो लूप या तार में एक वि.वा.बल. उत्पन्न होता है। इसे प्रेरित वि.वा.बल कहते हैं। यदि परिपथ बन्द है तो धारा को प्रेरित धारा कहते हैं।

चुम्बकीय फ्लक्स = $\int \vec{B}.d\vec{s}$

(ii) प्रेरित वि.वा.बल का परिमाण लूप में समय के साथ फ्लक्स में परिवर्तन की दर के बराबर होता है। ये तार द्वारा काटी गई चुम्बकीय बल रेखाओं की दर के बराबर है।

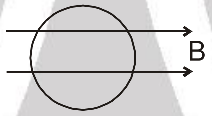
$E = -\frac{d\phi}{dt}$

(–) चिन्ह प्रदर्शित करता है कि प्रेरित वि.वा.बल इस तरह प्रेरित होता है कि वह फ्लक्स परिवर्तन का विरोध करे।

फ्लक्स की SI इकाई = वेबर

Solved Examples

Example 1. एक कुण्डली की स्थिर चुम्बकीय क्षेत्र में रखते हैं। चुम्बकीय बल रेखाऐं चित्र में दर्शायें अनुसार कुण्डली के तल के समान्तर है। कुण्डली में प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो।



Solution : $\phi = 0$ (हमेशा) चूंकि क्षेत्रफल हमेशा विद्युत क्षेत्र के लम्बवत् है।

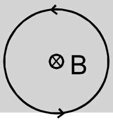
$\therefore$ वि.वा.बल = 0

Example 2. चित्र में दर्शाये अनुसार कुण्डली में प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो। चुम्बकीय क्षेत्र, कुण्डली के तल के लम्बवत् एवं स्थिर है।

Solution : $\phi = BA$ (हमेशा) = स्थिर

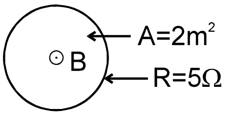
$\therefore$ वि.वा.बल = 0

Example 3. चित्र में दर्शाये अनुसार कुण्डली में प्रेरित धारा की दिशा ज्ञात करो। चुम्बकीय क्षेत्र कुण्डली के तल के लम्बवत् है तथा समय के साथ बढ़ रहा है।



Solution : अन्दर की ओर फ्लक्स समय के साथ बढ़ रहा इसका प्रतिरोध करने के लिए चुम्बकीय क्षेत्र बाहर की ओर प्रेरित होना चाहिए। अतः धारा वामावर्ती बहेगी।

Example 4. चित्रानुसार एक कुण्डली, तल के लम्बवत् घटते हुए चुम्बकीय क्षेत्र में रखी है। चुम्बकीय क्षेत्र 10T/s से घट रहा है। धारा का परिमाण एवं दिशा ज्ञात करो।



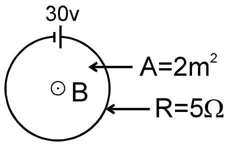
Solution : $\phi = B.A$

वि.वा.बल = $A . \frac{dB}{dt} = 2 \times 10 = 20$ v

$\therefore$ i = 20/ 5 = 4 amp.

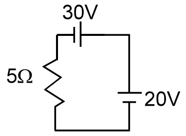
लेन्ज के नियम से धारा की दिशा वामावर्त होगी।

Example 5. चित्रानुसार एक कुण्डली, 10T/s से घटते चुम्बकीय क्षेत्र में रखी है। कुण्डली में 30 V का एक स्त्रोत भी है। कुण्डली में धारा का परिमाण एवं दिशा ज्ञात करो।



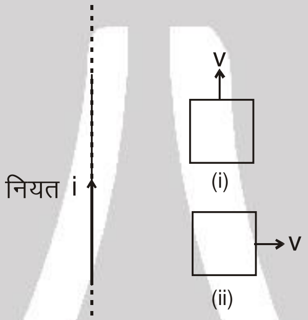
Solution : प्रेरित वि.वा.बल = 20V

तुल्य परिपथ



i = 2A दक्षिणावर्ती

Example 6. चित्र में एक लम्बा धारावाही तार दर्शाया गया है तथा दो आयताकार लूप v वेग से गतिमान है। प्रत्येक लूप में धारा की दिशा ज्ञात करो।

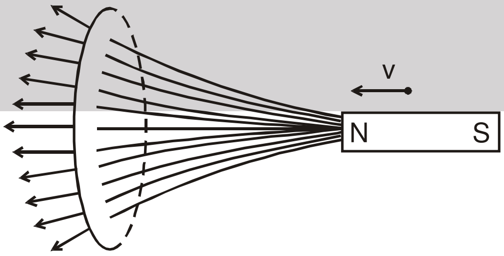


Solution : लूप (i) में कोई वि.वा.बल प्रेरित नहीं होगा क्योंकि कोई फ्लक्स परिवर्तन नहीं होगा।

लूप (ii) वि.वा.बल प्रेरित होगा क्योंकि लूप अन्दर की ओर घटते हुए चुम्बकीय क्षेत्र में गतिमान है। अतः अन्दर की ओर घटते हुए फ्लक्स के विरोध में, धारा इस तरफ प्रेरित होगी जिससे चुम्बकीय क्षेत्र अन्दर हो। इस के लिए धारा को दक्षिणावर्ती होना चाहिए।

2. लेन्ज का नियम (ऊर्जा संरक्षण का सिद्धान्त)

इस नियम के अनुसार, वि.वा.बल इस तरह उत्पन्न होगा कि वह अपने उत्पन्न होने के कारण का विरोध करेगा। चित्र में एक चुम्बक को दर्शाया गया है। जिसका उत्तरी ध्रुव वलय के नजदीक आ रहा है।



हम जानते हैं कि चुम्बकीय रेखाऐं उत्तरी ध्रुव से निकलती हैं तथा चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता घटती है जैसे ही हम चुम्बक से दूर जाते हैं। अतः चुम्बक के पास आने पर (यहाँ बांयीं तरफ) चुम्बकीय फ्लक्स बढ़ता है। यह फ्लक्स परिवर्तन का कारण है। इसके विरोध स्वरूप, प्रेरित चुम्बकीय क्षेत्र दायीं ओर होगा। इसके लिए चुम्बक की ओर से देखने पर, धारा वामावर्ती होगी।

यदि हम उत्तरी ध्रुव को फ्लक्स परिवर्तन का कारण मानें, तो लेन्ज के नियम के अनुसार कुण्डली का चुम्बक की ओर भाग उत्तरी ध्रुव की तरह व्यवहार करेगा तथा चुम्बक को प्रतिकर्षित करेगा। हम जानते हैं कि धारा प्रवाही कुण्डली उत्तरी ध्रुव की तरह व्यवहार करेगी यदि इसमें धारा वामावर्ती हो। अतः चुम्बक की तरफ से देखने पर, धारा वामावर्ती होगी।

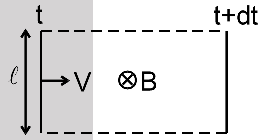
यदि हम चुम्बक के पास आने को फ्लक्स परिवर्तन का कारण मानें, तो लेन्ज के अनुसार चुम्बक की गति के विरोध में एक बल चुम्बक पर कार्यरत होगा, चाहे अभिक्रिया कोई भी हो।

लेन्ज का नियम बताता है कि यदि कुण्डली को स्वतन्त्र छोड़ दिया जाये, तो यह चुम्बक से दूर जायेगी, ऐसा करने के लिए कुण्डली चुम्बक के पास आने का विरोध करेगी।

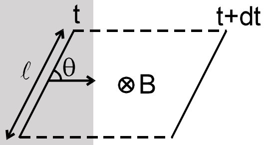
यदि चुम्बक को कुण्डली की तरफ कुछ प्रारम्भिक वेग दिया जाये तथा मुक्त कर दिया जाये, तो यह धीमी (मन्दित) हो जायेगी। इसको इस प्रकार समझाया जा सकता है।

कुण्डली में प्रेरित धारा, ऊष्मा उत्पन्न करेगी। ऊर्जा संरक्षण के सिद्धान्त से यदि वहाँ ऊष्मा उत्पन्न होती है तो निश्चित ही किसी अन्य प्रकार में ऊर्जा घटेगी। यहाँ यह गतिमान चुम्बक की गतिज ऊर्जा है। अतः चुम्बक धीमी (मन्दित) होगी। अतः हम सिद्ध कर सकते है कि लेन्ज का नियम ऊर्जा संरक्षण का सिद्धान्त है।

3. गतिमान वि.वा.बल



गतिमान छड़ में हम प्रेरित वि.वा.बल की गणना इसके द्वारा प्रति सेकण्ड काटी गई चुम्बकीय रेखाओं से कर सकते है। यह मानें कि यहां एकांक क्षेत्रफल में B रेखाऐं है। अतः जब ℓ लम्बाई की छड़ B चुम्बकीय क्षेत्र में v वेग से गतिमान है, तो यह एकांक समय में ℓ v क्षेत्रफल काटती है तथा अतः यहएकांक समय में B ℓ v रेखाऐं काटती है।
अतः छड़ के सिरों पर प्रेरित वि.वा.बल = $Bv\ell$

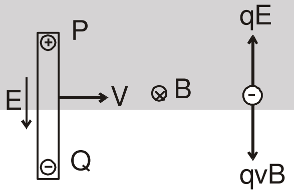


तथा वि.वा.बल = $\frac{d\phi}{dt}$ यहां ϕ छड़ द्वारा काटे गये क्षेत्रफल से गुजरने वाला फ्लक्स है।
छड़ समय–अन्तराल dt में ℓ vdt क्षेत्रफल काटती है। इस क्षेत्रफल से गुजरने वाला फ्लक्स = $B\ell$ vdt है। अतः $\frac{d\phi}{dt} = \frac{B\ell vdt}{dt} = Bv\ell$

यदि यह छड़ चित्र में दर्शाये अनुसार गतिमान है, तो यह एकांक समय में v ℓ sinθ क्षेत्रफल काटेगी। अतः यह एकांक समय में $Bv\ell\sin\theta$ रेखाऐं काटेगी। अतः वि.वा.बल = $Bv\ell\sin\theta$.

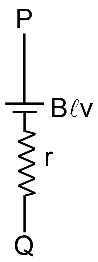
3.1 चुम्बकीय बल के आधार पर छड़ में प्रेरित वि.वा.बल का स्पष्टीकरण :

दर्शायें अनुसार, यदि छड़ चुम्बकीय क्षेत्र B में वेग v से गतिमान है, तो छड़ में स्वतन्त्र इलेक्ट्रॉन चुम्बकीय बल नीचे की ओर अनुभव करेंगे तथा परिणाम स्वरूप मुक्त इलेक्ट्रॉन निचले सिरे पर इकट्ठे होंगे। ऊपर वाले सिरे पर इलेक्ट्रॉन की कमी होगी अर्थात् वह धन आवेशित होगा। सिरों पर ये आवेश नीचे की ओर विद्युत क्षेत्र उत्पन्न करेगा जो कि इलेक्ट्रॉनों पर ऊपर की ओर बल लगायेगा। यदि छड़ काफी समय तक गतिमान हो तो सिरों पर पर्याप्त आवेश संचित हो जायेगा और इस प्रकार दो बल qE तथा qvB एक दूसरे को संतुलित करेंगे। इस प्रकार E = v B.

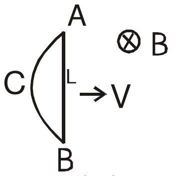


$V_P - V_Q = VB\ell$

गतिमान छड़ का विद्युत रूप से तुल्य चित्र निम्न है।

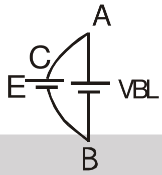


चित्र में बन्द कुण्डली ABCA एक समान चुम्बकीय क्षेत्र **B** में **v** वेग से गतिमान दर्शायी गई है। कुण्डली से पारित फ्लक्स नियत है तथा प्रेरित वि.वा.बल शून्य है।



अब छड़ AB को लें, जो कि कुण्डली का भाग है। छड़ में प्रेरित वि.वा.बल = BLv

यदि भाग ACB में प्रेरित वि.वा.बल E मानें।



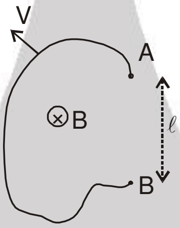
चूंकि कुण्डली में प्रेरित वि.वा.बल शून्य है, अतः वि.वा.बल (ACB में) + वि.वा.बल (BA में) = 0

या $-E + vBL = 0$ या $E = vBL$

अतः A तथा B को जोड़ने वाले किसी पथ में वि.वा.बल E होगा, जब कि चुम्बकीय क्षेत्र स्थिर हो। A तथा B के बीच तुल्य वि.वा.बल BLv है। (यहां दोनों वि.वा.बल समान्तर क्रम में हैं)

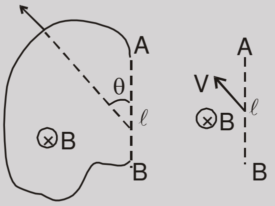
Solved Examples

Example 7. चित्र में v वेग से गतिमान यादृच्छ आकार के तार AB को दर्शाया गया है।



तार में प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो।

Solution : A तथा B के बीच सीधे जुड़े काल्पनिक तार में भी समान वि.वा.बल प्रेरित होगा, जो कि $Bv\ell \sin\theta$ है।

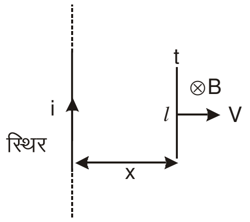


Example 8. ℓ लम्बाई की छड़ को नियत धारा i प्रवाही लम्बे तार के अनुदिश रखा गया है। यदि यह तार से दूर, वेग v से गतिमान है। तार में उत्पन्न प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो जब यह लम्बे तार से x दूरी पर है।

Solution : $E = B\,\ell\,v = \dfrac{\mu_0 i \ell v}{2\pi x}$

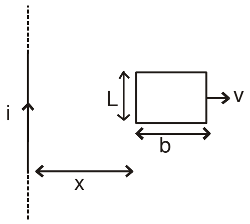
या वि.वा.बल, चुम्बकीय बल रखाओं की काटे जाने की दर है। dt समय में काटा जाने वाला क्षेत्रफल ℓvdt है।

dt समय में काटे जाने वाली चुम्बकीय बल रेखाऐं $= B\ell vdt = \dfrac{\mu_0 i\ell\, vdt}{2\pi x}$.

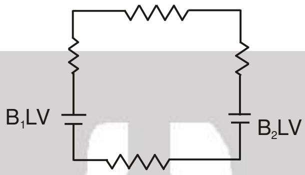


$\therefore$ काटे जाने वाली चुम्बकीय बल रेखाओं की दर $= \dfrac{\mu_0 i\ell v}{2\pi x}$

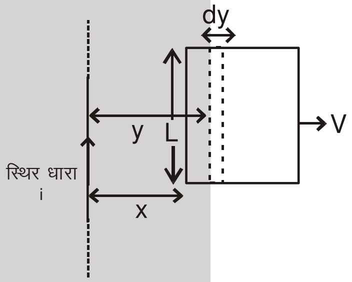
Example 9. चित्र में दर्शायें अनुसार एक आयताकार लूप i धारा प्रवाहित अनन्त लम्बाई के तार से दूर जा रहा है। आयताकार लूप में प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो।



Solution : $E = B_1 Lv - B_2Lv = \frac{\mu_0 i}{2\pi x}Lv - \frac{\mu_0 i}{2\pi(x+b)}Lv = \frac{\mu_0 iLbv}{2\pi x(x+b)}$



अन्य विधि : चौड़ाई dy का अल्प भाग तार से y दूरी पर लेते हैं।
माना इस भाग से पारित फ्लक्स $d\phi$ है।



$\therefore \quad d\phi = \frac{\mu_0 i}{2\pi y} Ldy$

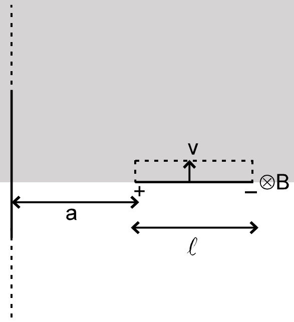
$\therefore \quad \phi = \frac{\mu_0 iL}{2\pi}\int_x^{x+b}\frac{dy}{y} = \frac{\mu_0 iL}{2\pi}\left(\ell n(x+b) - \ell nx\right)$

अब $\frac{d\phi}{dt} = \frac{\mu_0 iL}{2\pi}\left[\frac{1}{x+b}\frac{dx}{dt} - \frac{1}{x}\frac{dx}{dt}\right]$

$= \frac{\mu_0 iL}{2\pi}\left[\frac{(-b)}{x(x+b)}\right]v = \frac{-\mu_0 ibLv}{2\pi x(x+b)}$

$\therefore$ प्रेरित वि.वा.बल $= \frac{\mu_0 ibLv}{2\pi x(x+b)}$

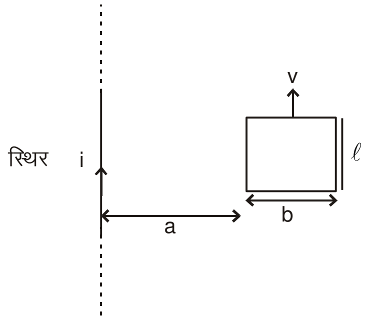
Example 10. i धारा प्रवाही लम्बे तार के लम्बवत् ℓ लम्बाई की छड़ रखी हैं। छड़, तार के समान्तर v वेग से गतिमान है। छड़ में प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो, यदि इसका पास वाला सिरा तार से a दूरी पर है।



Solution : तार से x दूरी पर छड़ के अल्प भाग dx को लें। इस भाग में प्रेरित वि.वा. बल $dE = \frac{\mu_0 i}{2\pi x}dx.v$

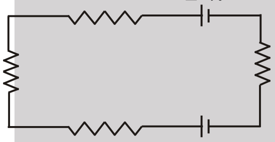
$\therefore \quad E = \int_a^{a+\ell}\frac{\mu_0 ivdx}{2\pi x} = \frac{\mu_0 iv}{2\pi}\ell n\left(\frac{\ell + a}{a}\right)$

Example 11. एक आयताकार लूप, i धारा प्रवाही लम्बे तार के समान्तर v वेग से गतिमान है। लूप में प्रेरित वि.वा. बल ज्ञात करो यदि इसका पास वाला सिरा तार से a दूरी पर हो। तुल्य विद्युत परिपथ बनाओं।



Solution : वि.वा. बल = 0 ;

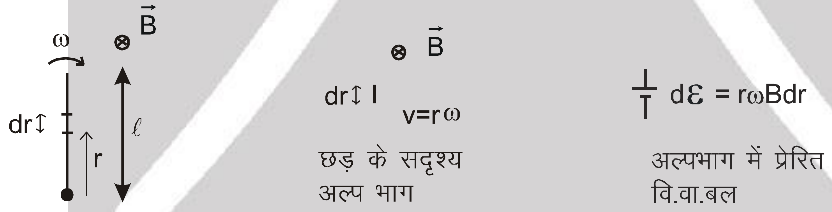
$$\frac{\mu_0 i v}{2\pi}\ell n\left(\frac{a+b}{a}\right)$$



$$\frac{\mu_0 i v}{2\pi}\ell n\left(\frac{a+b}{a}\right)$$

4. घूर्णन से प्रेरित वि.वा. बल

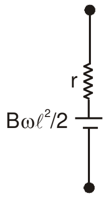
4.1 छड़ का घूर्णन : ℓ लम्बाई की चालक छड़ को एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में घूर्णन करते हुए लें।



छड़ के अल्प भाग dr में प्रेरित वि. वा. बल = v B dr = rω B dr

$\therefore$ छड़ में प्रेरित वि.वा. बल = $\omega B\int_0^{\ell} r dr = \frac{1}{2}B\omega\ell^2$

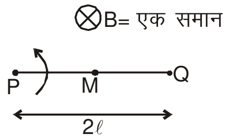
छड़ का तुल्य चित्र निम्न है।



या $\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt} = \varepsilon = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dt \text{ समय में छड द्वारा काटे गये क्षे० से पारित फ्लक्स}}{dt} = \frac{B\frac{1}{2}\ell^2\omega dt}{dt} = \frac{1}{2}B\omega\ell^2$

Solved Example

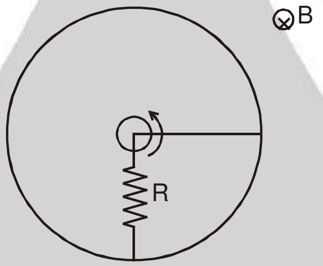
Example 12. लम्बाई 2l की एक छड़ PQ घूर्णन तल के लम्बवत एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B में सिरे P के परितः घूम रही है। बिन्दु M छड़ का मध्य बिन्दु है। M तथा Q के बीच प्रेरित वि.वा. बल ज्ञात करो। यदि यह P तथा Q के बीच यह 100V है।



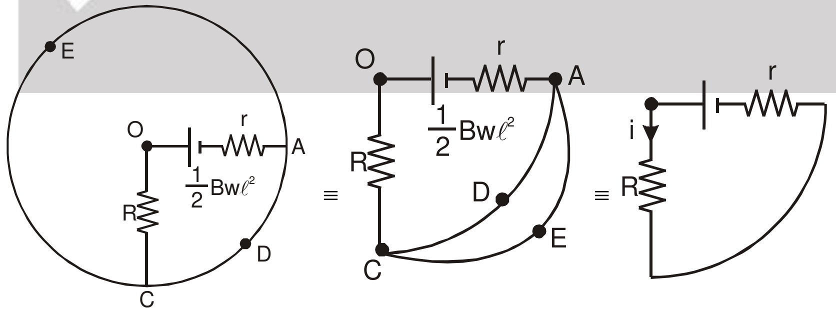
Solution: $E_{MQ} + E_{PM} = E_{PQ}$ $\qquad E_{PM} \rightarrow = 100$

$$E_{MQ} + \frac{B\omega\left(\frac{\ell}{2}\right)^2}{2} = \frac{B\omega\ell^2}{2}\ ; \quad E_{MQ} = \frac{3}{8}\ B\omega\ell^2 = \frac{3}{4} \times 100\ V = 75\ V$$

Example 13. ℓ लम्बाई एवं r प्रतिरोध की एक छड़ चित्रानुसार एक सिरे के परितः घूर्णन कर रही है। इसका दूसरा सिरा नगण्य प्रतिरोध की चालक वलय को स्पर्श करता है। प्रतिरोध R केन्द्र एवं परिधि के बीच जुड़ा है। तुल्य विद्युत परिपथ बनाओ तथा प्रतिरोध R में धारा ज्ञात करो। एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B दिखाये अनुसार उपस्थित है।

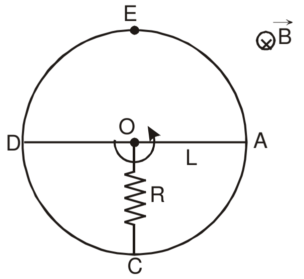


Solution :

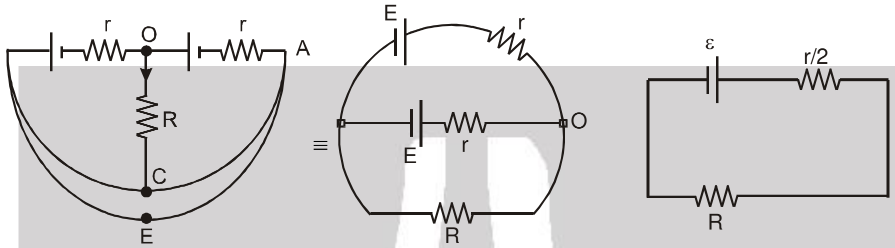


$$\text{धारा } i = \frac{\frac{1}{2}B\omega\ell^2}{R + r}$$

Example 14. उपरोक्त प्रश्न को हल करो यदि 2L लम्बाई तथा 2r प्रतिरोध की छड़ केन्द्र के परितः घूमती हो। छड़ के दोनों सिरे चालक वलय को स्पर्श करते है।

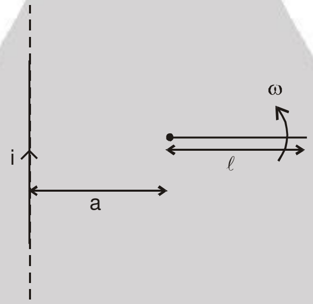


Solution :

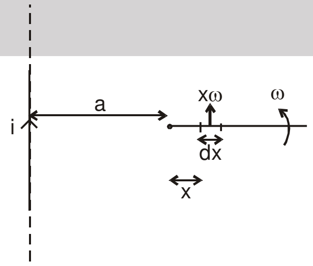


$$i = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{2}} = \frac{\frac{1}{2}B\omega L^2}{R + \frac{r}{2}}$$

Example 15. लम्बाई l की एक छड़ एक सिरे के परितः ω कोणीय चाल से घूर्णन कर रही है, जो कि अनन्त लम्बाई के i धारा प्रवाही तार से a दूरी पर है। चित्र में दर्शाये क्षण, छड़ में प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो।



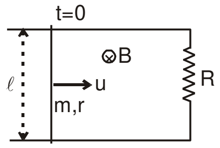
Solution : छड़ के सिरे से x दूरी पर, छड़ का अल्प भाग dx, लें। इस भाग में प्रेरित वि.वा. बल –



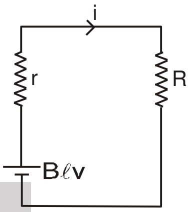
$$dE = \frac{\mu_0 i}{2\pi(x+a)}\ (x\omega)dx$$

$$\therefore\quad E = \int_0^{\ell} \frac{\mu_0 i}{2\pi(x+a)}\ (x\omega)dx = \frac{\mu_0 i\omega}{2\pi}\left[\ell - a.\ell n\left(\frac{\ell + a}{a}\right)\right].$$

Example 16. द्रव्यमान m तथा प्रतिरोध r की एक छड़, चिकनी, जड़वत एवं प्रतिरोध रहित चालक पटरीयों (R प्रतिरोध से जुड़ी) पर रखी है तथा इसे प्रारम्भिक वेग u से प्रक्षेपित करते हैं। इसका वेग, समय के फलन के रूप में ज्ञात करो।



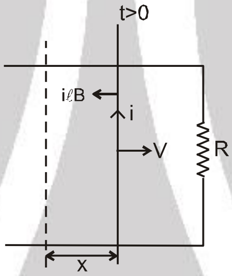
Solution : मानाकि किसी क्षण, छड़ का वेग v है। छड़ में प्रेरित वि.वा. बल vBl है। नीचे दिये गये चित्र में विद्युत तुल्य परिपथ दर्शाया गया है।



∴ परिपथ में धारा $i = \dfrac{B\ell v}{R+r}$

समय t पर

छड़ पर कार्यरत बल F = i ℓ B है, जो कि छड़ की गति के विपरीत है।



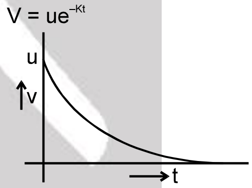
$i\ell B = -m\dfrac{dV}{dt}$ .....(1)

$i = \dfrac{B\ell v}{R+r}$ .....(2)

अब इन दो समीकरणों को हल करने पर –

$\dfrac{B^2\ell^2 V}{R+r} = -m.\dfrac{dV}{dt}$

$-\dfrac{B^2\ell^2}{(R+r)m}.dt = \dfrac{dV}{V}$



माना $\dfrac{B^2\ell^2}{(R+r)m} = k$

$-K.dt = \dfrac{dV}{V}$

$\displaystyle\int_u^v \dfrac{dV}{V} = \int_0^t -K.dt$

$\ln\left(\dfrac{v}{u}\right) = -Kt, \qquad V = ue^{-Kt}$

Example 17. उपरोक्त प्रश्न में छड़ को स्थिर वेग v से चलाने के लिए आवश्यक बल ज्ञात करो तथा बाह्य कारक द्वारा दी गई शक्ति ज्ञात करो।

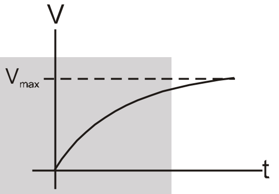
Solution : स्थिर वेग के लिए आवश्यक बल $F_{\text{बाह्य}} = i\ell B = \dfrac{B^2\ell^2 v}{R+r}$

बाह्य बल के कारण शक्ति = $\dfrac{B^2\ell^2 v^2}{R+r} = \dfrac{\varepsilon^2}{R+r} = i^2(R+r)$

नोट : बाह्य कारक द्वारा दी गई शक्ति परिपथ में जूल उष्मा में परिवर्तित हो जाती है। इसका तात्पर्य है कि चुम्बकीय क्षेत्र, यांत्रिक ऊर्जा को उष्मीय ऊर्जा में बदलने में सहायता करता है।

Example 18. उपरोक्त प्रश्न में यदि छड़ पर स्थिर बल F लग रहा है। छड़ का वेग, समय के फलन के रूप में इसका प्रारम्भिक वेग शून्य मानते हुए ज्ञात करो।

Solution : $m\dfrac{dv}{dt} = F - i\ell B$ .....(1)



$i = \dfrac{B\ell v}{R+r}$ .....(2)

$m\dfrac{dv}{dt} = F - \dfrac{B^2\ell^2 v}{R+r}$

मानाकि $K = \dfrac{B^2\ell^2}{R+r}$

$\displaystyle\int_0^v \frac{dV}{F-Kv} = \int_0^t \frac{dt}{m}$

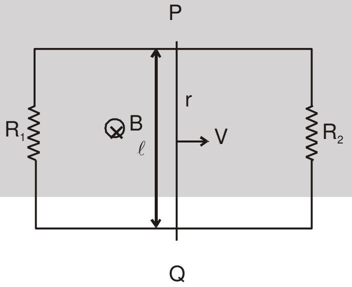
$-\dfrac{1}{K}\left[\ell n(F-KV)\right]_0^V = \dfrac{t}{m}$

$\ell n\left(\dfrac{F-kV}{F}\right) = -\dfrac{Kt}{m}$

$F - KV = F e^{-kt/m}$

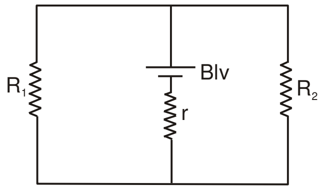
$V = \dfrac{F}{K}(1 - e^{-kt/m})$

Example 19. द्रव्यमान m तथा प्रतिरोध r की एक एक छड़ PQ, दो जड़वत, प्रतिरोधहीन, चिकनी चालक पटरीयों (दोनों तरफ प्रतिरोध R_1 तथा R_2 से बन्द) पर गतिमान है। छड़ में धारा उस क्षण ज्ञात करो जब इसका वेग v है।



Solution : $i = \dfrac{B\ell V}{r + \dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2}}$

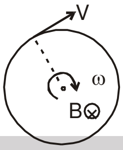
यह परिपथ निम्न चित्र के तुल्य है।



4.2. कुण्डली के घूर्णन के कारण प्रेरित वि.वा. बल

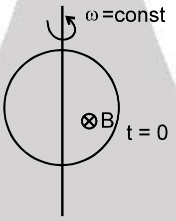
Solved Examples

Example 20. एक वलय कोणीय वेग ω से इसके केन्द्र से पारित एवं तल के लम्बवत् अक्ष के परितः घूम रही है। अक्ष के समान्तर एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B अस्तित्व में है। वलय में प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो।



Solution : वलय से पारित फ्लक्स $\phi = BA$ यहां नियत है, अतः कुण्डली में प्रेरित वि.वा. बल शून्य है। सममिती से वलय पर स्थित प्रत्येक बिन्दु समान विभव पर है।

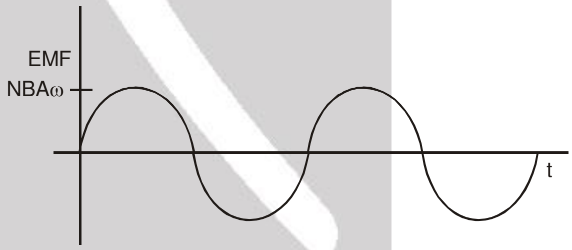
Example 21. एक वलय, कोणीय वेग ω से इसके केन्द्र से पारित एवं तल में स्थित के अक्ष के परितः घूम रही है। वलय के तल के लम्बवत एक स्थिर चुम्बकीय क्षेत्र B अस्तित्व में है। वलय में प्रेरित वि.वा.बल को समय के फलन के रूप में ज्ञात करो।



Solution : किसी समय t पर , $\phi = BA \cos\theta = BA \cos \omega t$

अब लूप में प्रेरित वि.वा. बल

$$e = \frac{-d\phi}{dt} = BA\,\omega \sin \omega t$$



यदि N फेरे हों तो

वि.वा. बल = $BA\omega N \sin \omega t$

$BA\,\omega N$ वि.वा. बल का आयाम है।

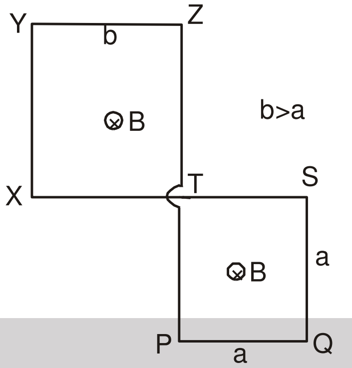
$$e = e_m \sin \omega t$$

$$i = \frac{e}{R} = \frac{e_m}{R} \sin \omega t = i_m \sin \omega t$$

$$i_m = \frac{e_m}{R}$$

इस प्रकार घूमती हुई कुण्डली ज्या रूप से परिवर्ती धारा उत्पन्न करती है। यही जनित्र में प्रयुक्त सिद्धान्त है।

Example 22. चित्र में एक तार फ्रेम PQSTXYZ समय परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र $B = \beta t$ में रखा हुआ दर्शाया गया है जहां β एक धनात्मक स्थिरांक है। तार की एकांक लम्बाई का प्रतिरोध λ है। तार में प्रेरित धारा ज्ञात करो एवं तुल्य विद्युत चित्र बनाओं।

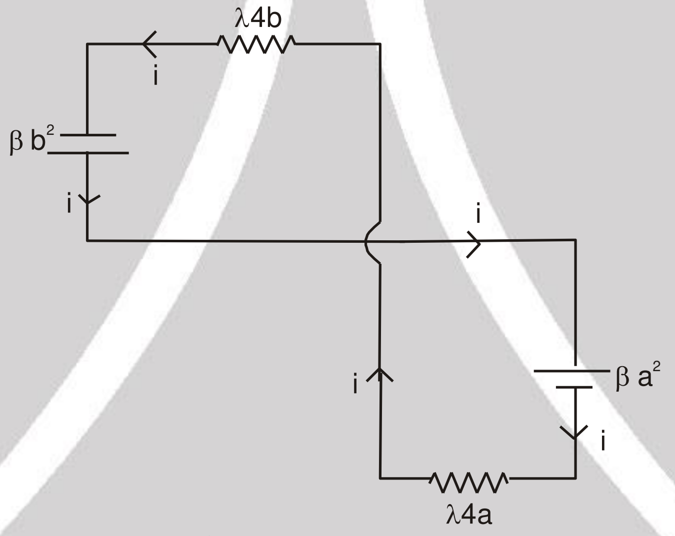


Solution : भाग PQST में प्रेरित वि.वा. बल = βa^2 (लेन्ज नियम से वामावर्ती दिशा में)

इसी प्रकार भाग TXYZ में प्ररित वि.वा.बल = βb^2 (लेन्ज नियम से वामावर्ती दिशा में)

भाग PQST का कुल प्रतिरोध = $\lambda 4a$.

भाग TXYZ का कुल प्रतिरोध $\lambda 4b$ तुल्य परिपथ नीचे चित्र में दर्शाया गया है –



धारा प्रवाह के अनुदिश KVL लगाने पर

$\beta b^2 - \beta a^2 - \lambda\, 4ai - \lambda\, 4bi = 0$

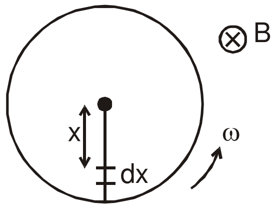
$i = \dfrac{\beta}{4\lambda}(b - a)$

4.3 घूमती हुई चकती में प्रेरित वि.वा. बल :

चुम्बकीय क्षेत्र B में त्रिज्या r की घूमती हुई चकती को लें। केन्द्र से x दूरी पर अल्प भाग dx लें। यह अल्पांश चाल $v = \omega x$ से गतिमान है।

$\therefore$ dx के परितः प्रेरित वि.वा. बल = $B(dx)\, v = Bdx\omega x = B\omega xdx$

$\therefore$ चकती के सिरे एवं केन्द्र के बीच वि.वा. बल = $\int_0^r B\omega xdx = \dfrac{B\omega r^2}{2}$



5. परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र में जड़वत लूप

एक वृत्तीय लूप को परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र में स्थिर अवस्था में लें। माना कि चुम्बकीय क्षेत्र पेज के अन्दर की ओर है तथा इसका परिमाण बढ़ रहा है। लूप में प्रेरित वि.वा. बल होगा –

$\varepsilon = -\dfrac{d\phi}{dt}$ कुण्डली से पारित फ्लक्स होगा $\phi = -\pi r^2 B$; $\dfrac{d\phi}{dt} = -\pi r^2 \dfrac{dB}{dt}$; $\varepsilon = -\dfrac{d\phi}{dt}$ $\quad \therefore \varepsilon = \pi r^2 . \dfrac{dB}{dt}$

$\therefore \quad E\, 2\pi r = \pi r^2 \dfrac{dB}{dt}$ या $E = \dfrac{r}{2}\dfrac{dB}{dt}$

इस प्रकार परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र, विद्युत क्षेत्र उत्पन्न करता है जो कि असंरक्षी प्रकृति का है। इस विद्युत क्षेत्र से सम्बन्धित बल रेखाऐं बन्द वक्र होती है।

6. स्वप्रेरण

स्वप्रेरण, कुण्डली में अपनी धारा परिवर्तन के कारण वि.वा. बल का प्रेरण है। अपनी धारा के कारण कुण्डली से पारित कुल फ्लक्स $N\phi$ धारा के समानुपाती है तथा $N\phi = Li$ से व्यक्त किया जाता है, जहां L को स्वप्रेरण गुणांक या प्रेरकत्व कहते है। प्रेरकत्व L शुद्ध रूप से ज्यामितीय गुण है अर्थात् हम कुण्डली का प्रेरकत्व बिना परिपथ में जोड़े बता सकते हैं। प्रेरकत्व लूप के आकार एवं माप तथा इसमें फेरों की संस्था पर निर्भर करता है।

यदि समय अन्तराल ΔI में धारा में परिवर्तन Δt हो, तो कुण्डली में प्रेरित औसत वि.वा. बल व्यक्त किया जा सकता है –

$$\varepsilon = -\frac{\Delta(N\phi)}{\Delta t} = -\frac{\Delta(LI)}{\Delta t} = -\frac{L\Delta I}{\Delta t}.$$

तात्क्षणिक वि.वा. बल व्यक्त किया जा सकता है $\varepsilon = -\dfrac{d(N\phi)}{dt} = -\dfrac{d(LI)}{dt} = -\dfrac{LdI}{dt}$

प्रेरकत्व की S.I इकाई वेबर/ऐम्पियर (wb/amp) या हैनरी (H) है।

L - स्वप्रेरकत्व धनात्मक राशि है।

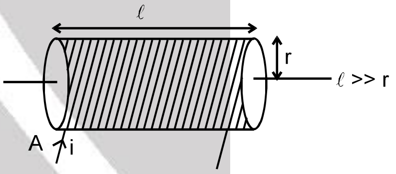
L निर्भर करता है : (1) लूप की ज्यामिति पर

(2) माध्यम जिसमें यह रखा है। L धारा पर निर्भर नहीं करता।

L एक अदिश राशि है।

6.1 परिनालिका का स्वप्रेरण :

माना कि परिनालिका का आयतन V तथा एकांक लम्बाई में फेरो की संख्या n है। माना परिनालिका में धारा I बह रही है। परिनालिका में चुम्बकीय क्षेत्र $B = \mu_0 ni$ द्वारा व्यक्त किया जाता है। परिनालिका के एक फेरे से पारित चुम्बकीय फ्लक्स $\phi = \mu_0 ni\ A$



परिनालिका से पारित कुल चुम्बकीय फ्लक्स = $N\phi = N\mu_0 ni A = \mu_0 n^2 i A\ell$

$\therefore \quad L = \mu_0 n^2 \ell A = \mu_0 n^2 V$

$\phi = \mu_0\, n\, i\, \pi r^2\, (n\ell)$

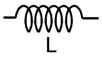
$L = \dfrac{\phi}{i} = \mu_0\, n^2\, \pi r^2 \ell.$

एकांक आयतन का प्रेरकत्व = $\mu_0 n^2$.

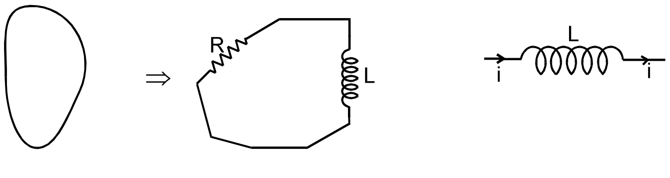
स्वप्रकत्व, लूप का वह भौतिक गुण है जिसके कारण यह धारा परिवर्तन का विरोध करता है इसका अर्थ यह धारा को स्थिर रखने का प्रयास करता है। प्रेरकत्व में धारा अचानक नहीं बदल सकती।

7 प्रेरकत्व :

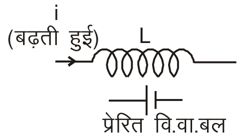
यह प्रदर्शित किया जाता है

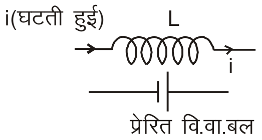


लूप का तुल्य परिपथ

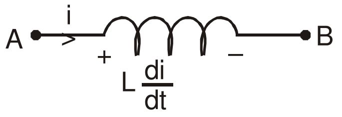


यदि प्रेरकत्व से बहने वाली धारा i बढ़ रही है तो प्रेरित वि.वा. बल धारा में वृद्धि का विरोध करेगा और वह धारा के विपरीत होगा। यदि प्रेरकत्व से बहने वाली धारा i घट रही है तो प्रेरित वि.वा. बल धारा में कमी का विरोध करेगा और वह धारा की दिशा में होगा।

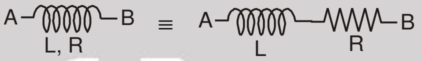




अन्तिम परिणाम



$V_A - L\frac{di}{dt} = V_B$

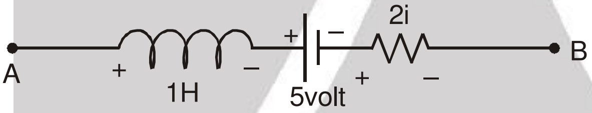
नोट : यदि प्रेरण कुण्डली में प्रतिरोध है तो 

Solved Examples

Example 23. A B परिपथ का भाग है। विभवान्तर $V_A - V_B$ ज्ञात करो। यदि

(i) धारा i = 2A है तथा स्थिर है।
(ii) धारा i = 2A है तथा 1 एम्पियर/सेकण्ड से बढ़ रही है।
(iii) धारा i = 2A है तथा 1 एम्पियर/सेकण्ड से घट रही है।

Solution :



$L\frac{di}{dt} = 1\frac{di}{dt}$

A से B के लिए KVL लिखने पर

$V_A - 1\frac{di}{dt} - 5 - 2i = V_B.$

(i) i = 2 रखने पर, = 0

$V_A - 5 - 4 = V_B$

$\therefore\ V_A - V_B = 9$ वोल्ट

(ii) i = 2 रखने पर, $\frac{di}{dt} = 1$; $V_A - 1 - 5 - 4 = V_B$ या $V_A - V_B = 10$ वोल्ट

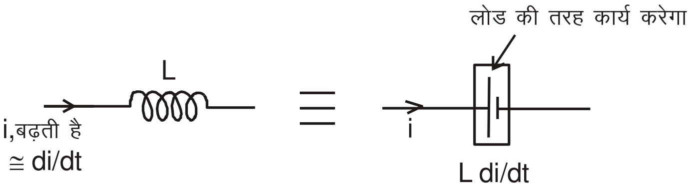
(iii) i = 2 रखने पर, $\frac{di}{dt} = -1$

$V_A + 1 - 5 - 2 \times 2 = V_B$

$V_A = 8$ वोल्ट.

7.1 प्रेरकत्व में संचित ऊर्जा

यदि किसी क्षण प्रेरकत्व में धारा i है तथा यह दर di/dt से बढ़ रही है, तो प्रेरित वि.वा. बल धारा का विरोध करेगा। इसका व्यवहार चित्र में दर्शाया गया है।



प्रेरकत्व द्वारा उपयोग में ली गई शक्ति = i L

dt समय में व्ययित शक्ति = $i\,L\dfrac{di}{dt}\,dt$

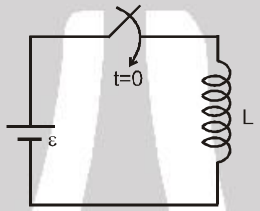
$\therefore$ कुल उपयोग में ली गई ऊर्जा जबकि धारा 0 से I बढ़ती है = $\int_0^I iLdi = \dfrac{1}{2}LI^2 \Rightarrow\ U = \dfrac{1}{2}LI^2$

नोट : यह ऊर्जा चुम्बकीय क्षेत्र में संग्रहीत होती है। जिसका ऊर्जा घनत्व $\dfrac{dU}{dV} = \dfrac{B^2}{2\mu} = \dfrac{B^2}{2\mu_0\mu_r}$ होता है।

कुल ऊर्जा $U = \int \dfrac{B^2}{2\mu_0\mu_r}dV$

Solved Example

Example 24. एक परिपथ में आदर्श सैल एवं प्रेरकत्व कुंजी के साथ जुड़े है। प्रारम्भ में कुंजी खुली है। इसको t = 0 पर बन्द करते है। धारा को समय के फलन के रूप से ज्ञात करो।



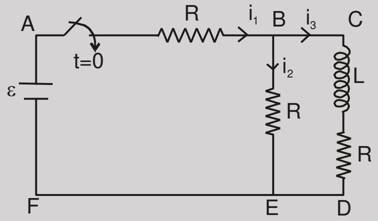
Solution : $\varepsilon = L\dfrac{di}{dt}$

$\int_0^i \varepsilon dt = \int_0^i Ldi$

$\varepsilon t = Li$

$i = \dfrac{\varepsilon t}{L}$

Example 25. दिये गये परिपथ में, कुंजी t = 0 पर बन्द है। t = 0 तथा t = ∞ पर धाराऐं i_1, i_2, i_3 तथा $\dfrac{di_3}{dt}$ ज्ञात करो। प्रारम्भ में सभी धारायें शून्य है।



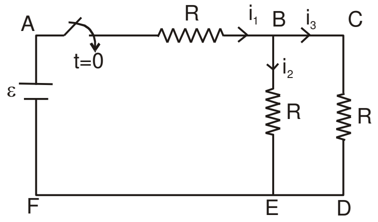
Solution : t = 0 पर,

i_3 शून्य है, चूंकि धारा प्रेरकत्व के कारण अचानक परिवर्तित नहीं हो सकती।

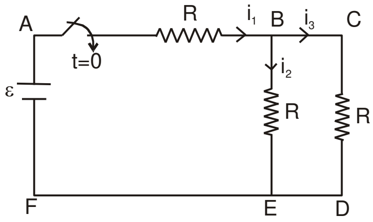
$\therefore$ $i_1 = i_2$ (KCL से)

भाग ABEF में KVL लगाने पर हम पाते है $i_1 = i_2 = \dfrac{\varepsilon}{2R}$.

t = ∞ पर,

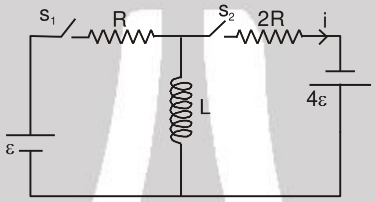


i_3 स्थिर होगी तथा प्रेरकत्व के परितः विभवान्तर शून्य होगा। यह एक सरल तार की तरह होगा तथा परिपथ में दिखायें गये चित्र के अनुसार हल कर सकते है।



$i_2 = i_3 = \frac{\varepsilon}{3R}$, $i_1 = \frac{2\varepsilon}{3R}$.

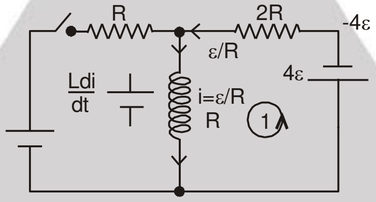
Example 26. दिखाये गये परिपथ में S_1 को लम्बे समय तक बन्द रखते है तथा S_2 को खुला रखते है। अब S_2 को बन्द करते है तथा S_1 को खोलते है। इस क्षण के तत्पश्चात् di/dt ज्ञात करो।



Solution : S_2 को बन्द तथा S_1 को खोलने से पहले

परिपथ के बायें भाग में धारा = $\frac{\varepsilon}{R}$

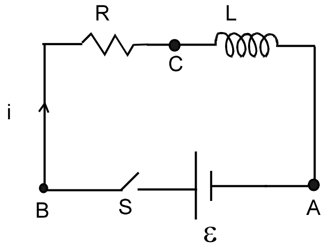
अब जब S_2 बन्द तथा S_1 खुला हो, तो प्रेरकत्व से धारा अचानक परिवर्तित नहीं हो सकती, धारा $\frac{\varepsilon}{R}$ प्रेरकत्व से बहना जारी रहेगी।



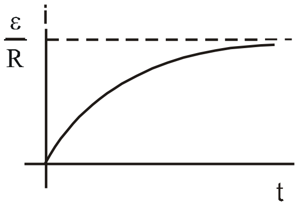
लूप (1) में KVL द्वारा $L\frac{di}{dt} = 6\,\varepsilon$, $\frac{di}{dt} = \frac{6\varepsilon}{L}$

7.2 श्रेणी R–L परिपथ में धारा वृद्धि :

चित्र में परिपथ में श्रेणीक्रम में जुड़ा सैल, एक प्रेरकत्व L तथा एक प्रतिरोध दर्शाये गये है। अब कुंजी को t = 0 पर बन्द करते है। माना कि इस क्षण परिपथ में धारा i है जो कि di/dt दर से बढ़ रही है।



परिपथ के अनुदिश KVL लिखने पर हम पाते है $\varepsilon - L\frac{di}{dt} - iR = 0$



हल करने पर, $i = \frac{\varepsilon}{R}(1 - e^{\frac{-Rt}{L}})$

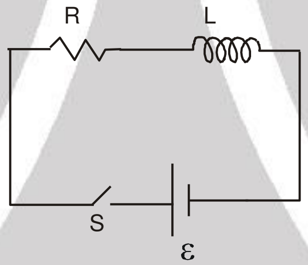
राशि L/R परिपथ का समय नियतांक कहलाती है तथा इसे τ से प्रदर्शित करते है। धारा का समय के साथ परिवर्तन दर्शाया गया है।

नोट :

1. परिपथ में अन्तिम धारा = $\frac{\varepsilon}{R}$ है, जो L पर निर्भर नहीं है।
2. एक समय नियतांक पश्चात्, परिपथ में धारा अन्तिम धारा की 63% है।
3. समय नियतांक का ज्यादा होना परिपथ में धारा का धीरे दर से परिवर्तन का सूचक है।
4. यदि प्रेरकत्व युक्त परिपथ में कोई परिवर्तन होता है तो प्रेरकत्व के फ्लक्स पर कोई तात्क्षणिक प्रभाव नहीं होता है $L_1i_1 = L_2i_2$

Solved Examples

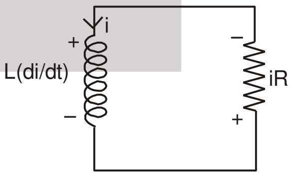
Example 27. चित्र में दर्शाये अनुसार t = 0 पर कुंजी को बंद किया जाता है। काफी अधिक समय पश्चात् कुण्डली का प्रेरकत्व प्रारम्भिक मान L का η गुना कम (अर्थात् $\frac{L}{\eta}$) किया जाता है। इस प्रक्रिया के ठीक पश्चात् तात्क्षणिक धारा का मान ज्ञात करो।



Solution : उपर्युक्त परिणाम का प्रयोग करने पर (note 4) $L_1i_1 = L_2\, i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{\eta\varepsilon}{R}$

प्रतिरोध एवं प्रेरकत्व के परिपथ में धारा क्षय :

माना कि परिपथ में अन्तिम धारा I_0 है। किसी क्षण t पर माना कि धारा i है तथा इस क्षण परिवर्तन की दर di/dt है।



$$L.\frac{di}{dt} + iR = 0$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{iR}{L}$$

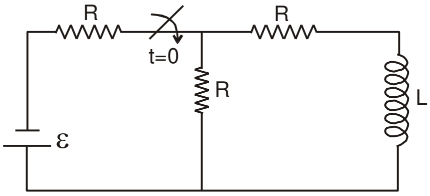
$$\int_{I_0}^{i}\frac{di}{i} = -\int_0^t \frac{R}{L}.dt$$

$$\ln\left(\frac{i}{I_0}\right) = -\frac{Rt}{L} \text{ or } i = I_0\, e^{\frac{-Rt}{L}}$$

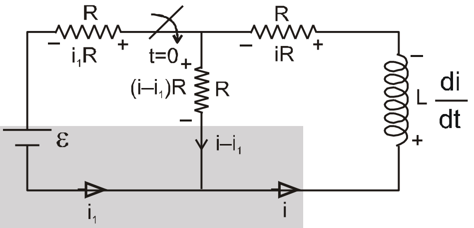
एक समय नियतांक पश्चात् $i = I_0$= मूल धारा का 37%

Solved Example

Example 28. नीचे दिये गये परिपथ में कुंजी t = 0 पर बन्द करते है। प्रारम्भ में प्रेरकत्व में कोई धारा नहीं है। समय के फलन के रूप में प्रेरण कुण्डली से प्रवाहित धारा ज्ञात कजिये।



Solution : किसी क्षण t पर



$-\varepsilon + i_1R - (i - i_1)\, R = 0$

$-\varepsilon + 2i_1R - iR = 0$

$i_1 = \dfrac{iR+\varepsilon}{2R}$

अब, $-\varepsilon + i_1R + iR + L.\dfrac{di}{dt} = 0$

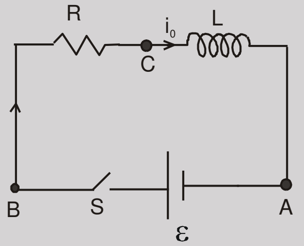
$$-\varepsilon + \left(\frac{iR+\varepsilon}{2}\right) + iR + L.\frac{di}{dt} = 0 \quad \Rightarrow \quad -\frac{\varepsilon}{2} + \frac{3iR}{2} = -L.\frac{di}{dt}$$

$$\left(\frac{-\varepsilon+3iR}{2}\right)dt = -L.di \quad \Rightarrow \quad -\frac{-dt}{2L} = \frac{di}{-\varepsilon+3iR}$$

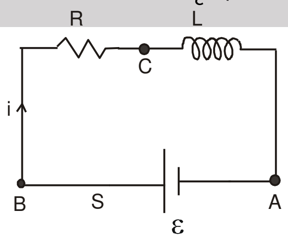
$$-\int_0^t \frac{dt}{2L} = \int_0^i \frac{di}{-\varepsilon+3iR} \quad \Rightarrow \quad -\frac{t}{2L} = \frac{1}{3R}\ln\left(\frac{-\varepsilon+3iR}{-\varepsilon}\right)$$

$$-\ln\left(\frac{-\varepsilon+3iR}{-\varepsilon}\right) = \frac{3Rt}{2L} \quad \Rightarrow \quad i = +\frac{\varepsilon}{3R}\left(1-e^{-\frac{3Rt}{2L}}\right)$$

Example 29. चित्र में श्रेणी क्रम में आदर्श सेल प्रेरण कुण्डली L व प्रतिरोध R युक्त परिपथ दर्शाया गया है। माना कुंजी t = 0 समय पर बन्द की जाती है व इस क्षण प्रेरण कुण्डली में धारा i_0 है तो परिपथ में धारा समय के फलन के रूप में ज्ञात कीजिये।



Solution : माना क्षण t पर परिपथ में धारा i है व di/dt दर से वृद्धिमान है।

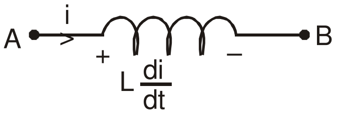


परिपथ के अनुदिश KVL समीकरण लिखने पर $\varepsilon - L\dfrac{di}{dt} - iR = 0$

$$\Rightarrow \quad L\frac{di}{dt} = \varepsilon - iR \qquad \Rightarrow \quad \int_{i_0}^{i}\frac{di}{\varepsilon - iR} = \int_0^t \frac{dt}{L} \qquad \Rightarrow \quad \ln\left(\frac{\varepsilon - iR}{\varepsilon - i_0R}\right) = -\frac{Rt}{L}$$

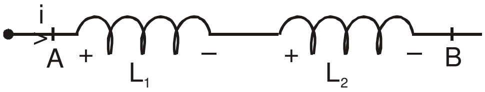
$$\Rightarrow \quad \varepsilon - iR = (\varepsilon - i_0R)\, e^{-Rt/L} \quad \Rightarrow \quad i = \frac{\varepsilon - (\varepsilon - i_0R)e^{-Rt/L}}{R}$$

तुल्य स्वप्रेरकत्व :



$$L = \frac{V_A - V_B}{di/dt} \qquad .....(1)$$

श्रेणीक्रम संयोजन

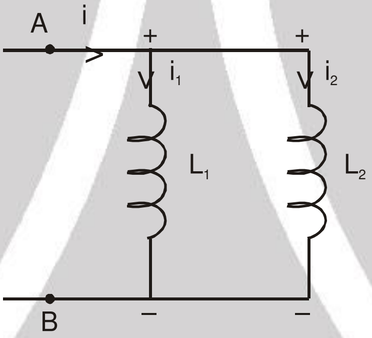


$$V_A - L_1\frac{di}{dt} - L_2\frac{di}{dt} = V_B \qquad .....(2)$$

(1) तथा (2) से

$L = L_1 + L_2$ (अन्योन्य प्रेरकत्व को नगण्य लेते हैं।)

समान्तर क्रम संयोजन :

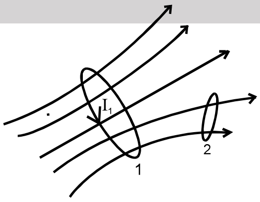


चित्र से $V_A - V_B = L_1\frac{di_1}{dt} = L_2\frac{di_2}{dt}$ .....(3)

तथा $i = i_1 + i_2$ या $\frac{di}{dt} = \frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt}$ या $\frac{V_A - V_B}{L} = \frac{V_A - V_B}{L_1} + \frac{V_A - V_B}{L_2}$

$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$ (अन्योन्य प्रेरकत्व को नगण्य मानते हुए)

8. अन्योन्य प्रेरकत्व



दो यादृच्छ चालक लूप 1 तथा 2 लें। माना कि लूप 1 के चारों और तात्क्षणिक धारा I_1 बह रही है। यह धारा चुम्बकीय क्षेत्र $\mathbf{B_1}$ उत्पन्न करती है जो दूसरे परिपथ से जुड़ा है तथा उस परिपथ से पारितः चुम्बकीय फ्लक्स ϕ_2 प्रदान करता है। यदि धारा I_1 दुगुनी हो जाये तो चुम्बकीय क्षेत्र $\mathbf{B_1}$ वातावरण में स्थिति सभी बिन्दुओं पर दुगुना हो जायेगा, अतः दूसरे परिपथ से गुजरने वाला फ्लक्स ϕ_2 भी दुगुना हो जायेगा।

आगे यह भी स्पष्ट है कि द्वितीय परिपथ से गुजरने वाला फ्लक्स शून्य होगा। जब कि प्रथम परिपथ के चारों और बहने वाली

धारा शून्य हो। इसका निष्कर्ष है कि द्वितीय परिपथ से गुजरने वाला फ्लक्स ϕ_2 प्रथम परिपथ में बहने वाली धारा I_1 के सीधे समानुपाती है। अतः हम $\phi_2 = M_{21}I_1$ लिख सकते है जहां समानुपाती नियतांक M_{21} को परिपथ 2 का परिपथ 1 के सापेक्ष अन्योन्य प्रेरकत्व कहते है। इसी प्रकार पहले परिपथ से द्वितीय परिपथ के चारों और बहने वाली धारा I_2 के कारण पारित फ्लक्स ϕ_1 उस धारा के सीधे समानुपाती होता है, अतः $\phi_1 = M_{12}I_2$ लिख सकते है जहां M_{12} परिपथ 1 का परिपथ 2 के सापेक्ष अन्योन्य प्रेरकत्व है। यह दर्शा सकते है कि $M_{21} = M_{12}$ (प्रतिलोम प्रमेय)। ध्यान दें कि M शुद्ध रूप से ज्यामितीय गुण है जो आकार, फेरों की संख्या, आपेक्षिक स्थिति तथा दोनों परिपथों के आपेक्षिक विन्यास पर निर्भर करता है। अन्योन्य प्रेरकत्व की S-I इकाई हेनरी (H) है। एक हेनरी 1 वोल्ट–सेकण्ड प्रति ऐम्पियर के तुल्य है।

माना कि परिपथ 1 में Δt अल्प समय अन्तराल में धारा ΔI_1 परिमाण से परिवर्तित होती है। समान समय–अन्तराल में परिपथ 2 से जुड़ा फ्लक्स $\Delta\phi_2 = M\Delta I_1$ परिमाण से परिवर्तित होता है। फैराडे के नियमानुसार, द्वितीय परिपथ के चारों और एक वि.वा. बल $\varepsilon_2 = -\frac{\Delta\phi_2}{\Delta t}$ उससे जुड़े चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन के कारण उत्पन्न होता है। चूंकि $\Delta\phi_2 = M\Delta I_1$ अतः इस वि.वा. बल को $\varepsilon_2 = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ द्वारा लिखा जा सकता है।

अतः द्वितीय परिपथ में प्रथम परिपथ में बहने वाली धारा के कारण उत्पन्न वि.वा. बल धारा परिवर्तन की दर के सीधे समानुपाती होता है। इसी प्रकार, द्वितीय परिपथ में बहने वाला धारा I_2 समय अन्तराल Δt में ΔI_1 परिमाण से बदलती है तो प्रथम परिपथ के चारों ओर वि.वा. बल $\varepsilon_1 = -M\frac{\Delta I_2}{\Delta t}$ उत्पन्न होता है। ध्यान दे कि दोनों परिपथों में सीधे रूप से कोई भौतिक जुड़ाव नहीं है। जुड़ाव केवल परिपथ में बहने वाली धाराओं से उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्रों में है।

नोट : (1) $M \le \sqrt{L_1L_2}$

(2) श्रेणी क्रम में कुण्डलीयों का अन्योन्य प्रेरकत्व भी लिया जाए तो $L_{eq} = L_1 + L_2 \pm 2M$

Solved Examples

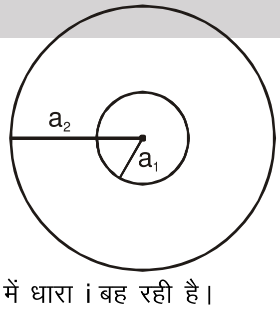
Example 30. समान खोखले बेलन पर दो कुचालक तारों को लपेटकर, समान वायु कोर वाली दो परिनालिकाओं का निर्माण करते है। मानाकि कोर की लम्बाई ℓ तथा क्षेत्रफल A है तथा पहला तार कोर पर N_1 संख्या में तथा दूसरा तार N_2 संख्या में लपेटा गया है। अन्त्य प्रभाव को नगण्य मानते हुए दोनों परिनालिकाओं की अन्योन्य चालकता ज्ञात करो।

Solution : यदि प्रथम तार में धारा I_1 बह रही हो, तो कोर में एक समान अक्षीय चुम्बकीय क्षेत्र $B_1 = \frac{\mu_0 N_1 N_2 A I_1}{\ell}$ उत्पन्न होता है। कोर के बाहरी क्षेत्र में चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण नगण्य है। दूसरे तार के एक फेरे से जुड़ा फ्लक्स B_1A है। इस प्रकार दूसरे तार के सभी फेरों से जुड़ा फ्लक्स है –

$B_1 A = \frac{\mu_0 N_1 N_2 A I_1}{\ell} = MI_1$. $\quad\therefore\quad M = \frac{\mu_0 N_1 N_2 A}{\ell}$

जैसा कि पहले बताया गया है कि M एक ज्यामितीय राशि है जो कि कोर की मापों एवं दोनों तारों कोर पर लपेटने के ढंग पर निर्भर करती है। तारों में बहले वाली वास्तविक धाराओं पर निर्भर नहीं करती।

Example 31. a_1 तथा $a_2(a_1 << a_2)$ त्रिज्याओं की दो संकेन्द्रीय कुण्डलियों की अन्योन्य चालकता ज्ञात करो यदि कुण्डलियों के तल समान हों।



Solution : माना कि a_2 त्रिज्या की कुण्डली में धारा i बह रही है।

कुण्डली के केन्द्र पर चुम्बकीय फ्लक्स $= \frac{\mu_0 i}{2a_2}\pi a_1^2$

या $Mi = \frac{\mu_0 i}{2a_2}\pi a_1^2$ या $M = \frac{\mu_0 \pi a_1^2}{2a_2}$

Example 32. उपरोक्त प्रश्न को हल करो, यदि कुण्डलियों के तल लम्बवत हो ?

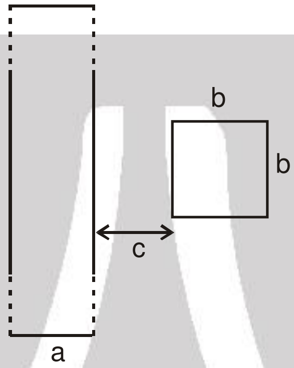
Solution. माना कि a_1 त्रिज्या की कुण्डली में धारा i बह रही है। इस कुण्डली के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र अब छोटी वाली कुण्डली के तल के समान्तर है तथा इससे कोई फ्लक्स पारित नहीं होगा, अतः M = 0.

Example 33. उपरोक्त प्रश्न को हल करो, यदि कुण्डलियों के तल एक दूसरे से θ कोण पर हो।

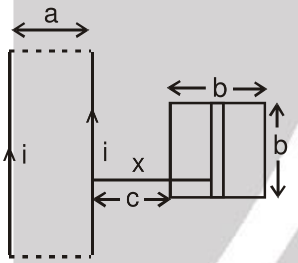
Solution : यदि बड़ी कुण्डली में i धारा बह रही हो, तो केन्द्र पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र बड़ी कुण्डली के लम्बवत होगा। अब छोटी कुण्डली का क्षेत्रफल सदिश जो छोटी कुण्डली के तल के लम्बवत है चुम्बकीय क्षेत्र से θ कोण बनायेगा।

अतः फ्लक्स = $\vec{B}.\vec{A} = \frac{\mu_0 i}{2a_2}.\pi a_1^2.\cos\theta$ या $M = \frac{\mu_0 \pi a_1^2 \cos\theta_1}{2a_2}$

Example 34. चित्र में दर्शायें दो आयताकार लूपों के बीच अन्योन्य प्रेरकत्व ज्ञात करो।



Solution :

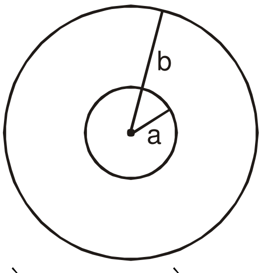


माना कि अनन्त लम्बाई की भुजा वाले लूप में धारा i बह रही है। दर्शाये अनुसार x दूरी पर dx चौड़ाई का अल्पांश लेते है, इस क्षेत्र से गुजरने वाला फ्लक्स

$$d\phi = \left[\frac{\mu_0 i}{2\pi x} - \frac{\mu_0 i}{2\pi(x+a)}\right] b \ \ dx .$$

$$\Rightarrow \ \phi = \int_c^{c+b} \left[\frac{\mu_0 i}{2\pi x} - \frac{\mu_0 i}{2\pi(x+a)}\right] b \ \ dx = \frac{\mu_0 i b}{2\pi}\left[\ln\frac{c+b}{c} - \ln\frac{a+b+c}{a+c}\right] .$$

Example 35. चित्र में त्रिज्यायें a तथा b की (a << b) दो समतलीय कुण्डलियां दर्शायी गई है। छोटे लूप में धारा i = 2t बहती है। बड़े लूप के स्वप्रेरकत्व को नगण्य मानते हुए –



(a) दोनों कुण्डलियों की अन्योन्य प्रेरकत्व ज्ञात करो।

(b) बड़ी कुण्डली में प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो।

(c) यदि बड़े लूप का प्रतिरोध R हो, तो इसमें धारा समय के फलन के रूप में ज्ञात करो।

Solution : (a) अन्योन्य चालकता ज्ञात करने के लिए, इस बात का कोई फर्क नहीं पड़ता है कि किस कुण्डली में धारा लें तथा किस कुण्डली में फ्लक्स की गणना करें। (प्रतिलोम प्रमेय) माना कि बड़ी कुण्डली में धारा i है।

केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र = $\frac{\mu_0 i}{2b}$.

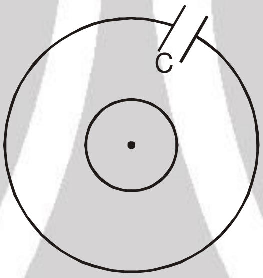
छोटी कुण्डली से पारित फ्लक्स = $\frac{\mu_0 i}{2b}\pi a^2$

$\therefore \quad M = \frac{\mu_0}{2b}\pi a^2$

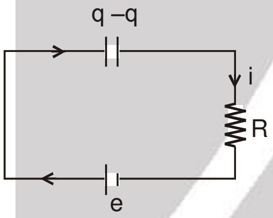
(b) $\left|\text{बड़ी कुण्डली में प्रेरित वि. वा. बल}\right| = M\left[\left(\frac{di}{dt}\right)\text{ छोटी कुण्डली में}\right] = \frac{\mu_0}{2b}\pi a^2(2) = \frac{\mu_0 \pi a^2}{b}$

(c) बड़ी कुण्डली में धारा = $\frac{\mu_0 \pi a^2}{bR}$

Example 36. यदि आंतरिक पाश में धारा $i = 2t^2$ के अनुसार परिवर्तित हो तो संधारित्र में धारा समय के फलन के रूप में ज्ञात कीजिये।



Answer :



$M = \frac{\mu_0}{2b}\pi a^2$

|बड़ी कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल| $M\left[\left(\frac{di}{dt}\right)\text{ छोटी कुण्डली में}\right]$

$e = \frac{\mu_0}{2b}\pi a^2\ (4t) = \frac{2\mu_0 \pi a^2 t}{b}$

KVL प्रयुक्त करने पर :

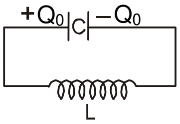
$+e - \frac{q}{c} - iR = 0$

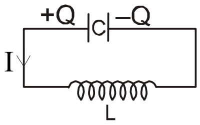
$\frac{2\mu_0 \pi a^2 t}{b} - \frac{q}{c} - iR = 0$

समय के सापेक्ष अवकलन करने पर $\frac{2\mu_0 \pi a^2}{b} - \frac{i}{c} - \frac{di}{dt}R = 0$

हल करने पर $i = \frac{2\mu_0 \pi a^2 C}{b}\left[1 - e^{-t/RC}\right]$

9. LC दौलित्र





जब संधारित्र C को Q_0 तक पूर्णतया आवेशित होता है तथा t = 0 पर प्रेरक L से जुड़ता है तब t = t पर

$$L\frac{dI}{dt} - \frac{Q}{C} = 0, \qquad -L\frac{d^2Q}{dt^2} - \frac{Q}{C} = 0, \qquad Q = -LC\frac{d^2Q}{dt^2}$$

$\frac{d^2Q}{dt^2} + \frac{1}{LC}Q = 0$ इसलिए Q आवेश $Q = Q_0 \cos \omega t$ से दौलित होता है।

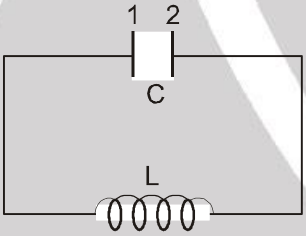
अतः दौलन का प्रारम्भिक फेज (phase) $\frac{\pi}{2}$ है तथा कोणीय आवृत्ति $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ है।

तो इससे सिद्ध होता है कि प्रणाली में ऊर्जा संरक्षित रहती है।

इसलिए $\frac{Q_0^2}{2C} + 0 = \frac{Q^2}{2C} + \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}LI_0^2 + 0$

Solved Examples

Example 37. एक L–C दोलित्र परिपथ है। धारा अवयव शून्य प्रतिरोध रखते है। प्रारम्भ में t = 0 पर ऊर्जा वैद्युत क्षेत्र के रूप में संग्रहित है तथा प्लेट-1 धनात्मक आवेश रखती है।

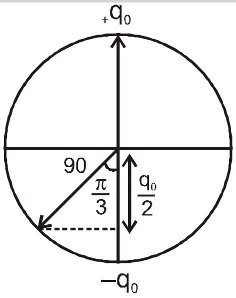


समय $t = t_1$ पर प्लेट-2 प्रथम बार अधिकतम धनात्मक आवेश का आधा आवेश प्राप्त करती है। t_1 का मान होगा

(A*) $\frac{2\pi}{3}\sqrt{LC}$ (B) $\frac{\pi}{3}\sqrt{LC}$ (C) $\frac{4\pi}{3}\sqrt{LC}$ (D) $\pi\sqrt{LC}$

Solution : $q_1 = q_0 \sin(\omega t + \pi/2)$

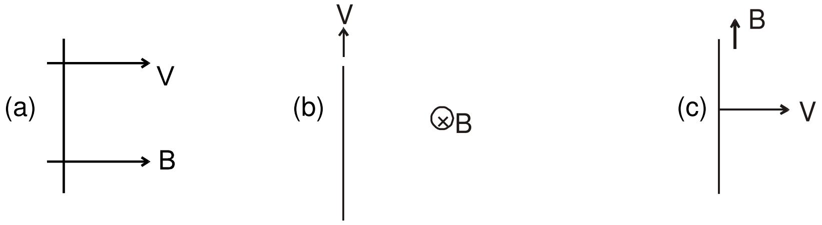
$t = t_1$ पर $q_1 = -\frac{q_0}{2}$



$$t_1 = \frac{\pi - \frac{\pi}{3}}{\omega} = \frac{2\pi}{3\omega} = \frac{2\pi}{3}\sqrt{LC}$$

Solved Miscellaneous Problems

Problem 1. निम्न स्थितियों में छड़ में प्रेरित वि.वा. बल ज्ञात करो। चित्र स्वतः समझने योग्य है।

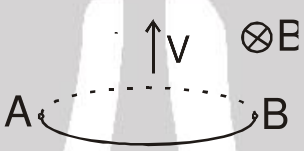


Solution : (a) यहाँ $\vec{v} \| \vec{B}$ so $\vec{v} \times \vec{B} = 0$ वि.वा.बल = $\vec{\ell} \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = 0$

(b) यहाँ $\vec{v} \| \vec{\ell}$ अतः वि.वा.बल = $\vec{\ell} \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = 0$

(c) यहाँ $\vec{B} \| \vec{\ell}$ अतः वि.वा.बल = $\vec{\ell} \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = 0$

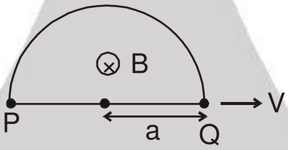
Problem 2. R त्रिज्या की एक वृत्ताकार कुण्डली, चुम्बकीय क्षेत्र B में वेग v से चित्रानुसार गतिमान है।



व्यास के विपरीत बिन्दु A तथा B के बीच वि.वा.बल ज्ञात करो।

Solution : emf = $BVl_{effective}$ = 2 R v B

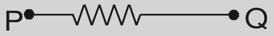
Problem 3. अर्द्धवृत्तकार बन्द लूप के व्यास के विपरीत स्थिति बिन्दु P तथा Q के बीच वि.वा. बल ज्ञात करो यदि यह दर्शाये अनुसार गतिमान है। प्रत्येक शाखा का तुल्य विद्युत परिपथ खींचिए।

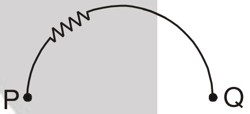


Solution : यहाँ $\vec{v} \| \vec{\ell}$

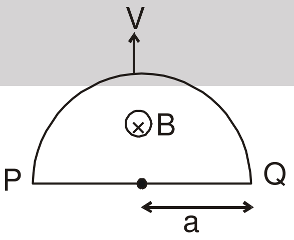
अतः वि.वा.बल = $\vec{\ell} \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = 0$

प्रेरित वि.वा. बल = 0

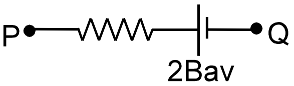


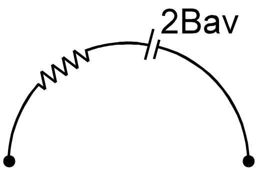


Problem 4. अर्द्धवृत्ताकार बन्द लूप के व्यास के विपरीत स्थिति बिन्दु P तथा Q के बीच वि.वा. बल ज्ञात करो यदि यह दर्शाये अनुसार गतिमान है। प्रत्येक शाखा का तुल्य विद्युत परिपथ खींचिए।

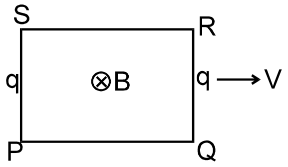


Solution : प्रेरित वि.वा.बल = 2Bav

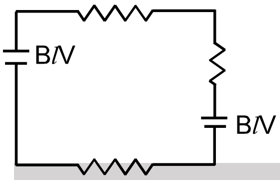




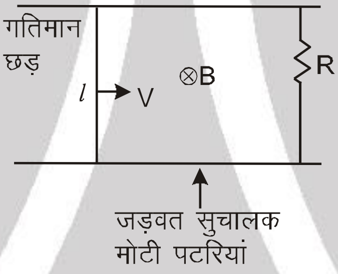
Problem 5. चित्र में एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में गतिमान आयताकार लूप दर्शाया गया है। प्रत्येक शाखा का तुल्य विद्युत परिपथ बनाइये।



Solution :

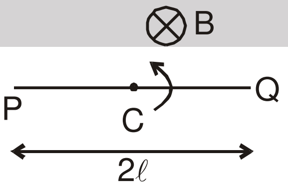


Problem 6. दो पटरियों पर गतिमान ℓ लम्बाई तथा r प्रतिरोध की छड़ को दर्शाया गया है। पटरियों को R प्रतिरोध से लघुपथित किया है। छड़ तथा रेलों के लम्बवत् एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B उपस्थिति है। प्रत्येक शाखा का तुल्य परिपथ दर्शाओ।

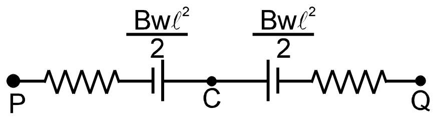


Solution :

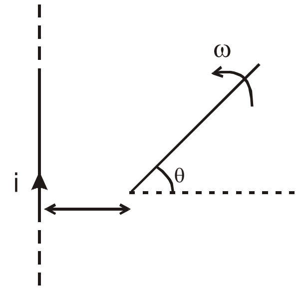
Problem 7. घूर्णन तल के लम्बवत एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B में 2l लम्बाई की छड़ PQ मध्य बिन्दु C के सापेक्ष घूर्ण कर रही है। PQ तथा PC के बीच प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो। PC तथा CQ का परिपथ चित्र बनाओं।



Solution : वि.वा. बल$_{PQ}$ = 0 ; वि.वा. बल$_{PC}$ = $\frac{B\omega\ell^2}{2}$



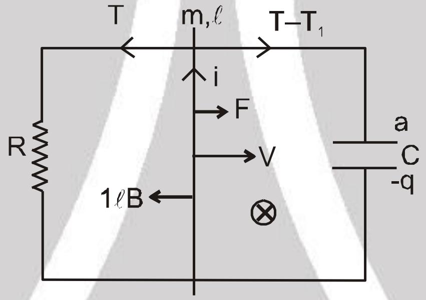
Problem 8. लम्बाई l की एक छड़ एक सिरे के परित: ω कोणीय चाल से घूर्णन कर रही है, जो कि अनन्त लम्बाई के i धारा प्रवाही तार से a दूरी पर है। चित्र में दर्शाये क्षण, छड़ में प्रेरित वि.वा.बल ज्ञात करो।



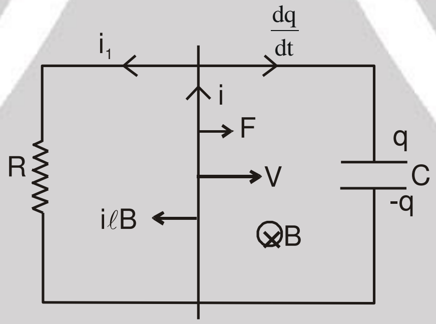
Solution : $E = \int \frac{\mu_0 i}{2\pi\ (a + r\cos\theta)} \times (r\omega)\ .\ (dr)$

$E = \frac{\mu_0 \omega i}{2\pi} \int_0^{\ell} \frac{r}{a + r\cos\theta} dr$; $E = \frac{\mu_0 i\omega}{2\pi\cos\theta}\left[\ell - \frac{a}{\cos\theta}\ell n\left(\frac{a + \ell\cos\theta}{a}\right)\right]$

Problem 9. गतिमान छड़ का समय t पर वेग ज्ञात करो यदि छड़ का प्रारम्भिक वेग शून्य है तथा इस पर स्थिर बल F लग रहा है। छड़ के प्रतिरोधको नगण्य मानें।



Solution : किसी समय t पर, माना छड़ का वेग v है।



न्यूटन का नियम लगाने पर : $F - ilB = ma$ ......(1)

$Blv = i_1 R = \frac{q}{c}$

Kcl लगाने पर, $i = i_1 + \frac{dq}{dt} = \frac{B\ell V}{R} + \frac{d}{dt}(BlvC)$ या $i = \frac{B\ell V}{R} + B\ell C\ a$

समीकरण (1) में i का मान रखने पर, $F - \frac{B^2\ell^2 V}{R} = (m + B^2\ell^2 C)a = (m + B^2\ell^2 C)\ \frac{dv}{dt}$

$(m + B^2\ell^2 C)\ \frac{dv}{F - \frac{B^2 l^2 v}{R}} = dt$

दोनों तरफ समाकलन करके तथा हल करने पर

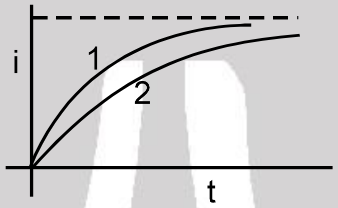
$v = \frac{FR}{B^2\ell^2}\left(1 - e^{-\frac{tB^2\ell^2}{R(m + CB^2\ell^2)}}\right)$

Problem 10. लम्बाई ℓ की छड़ PQ सिरे P के परितः ω कोणीय वेग से घूम रही है। अपकेन्द्रीय बल के कारण मुक्त इलेक्ट्रॉन छड़ के सिरे Q की तरफ गतिमान होते हैं तथा एक वि.वा. बल उत्पन्न होता है। प्रेरित वि.वा. बल ज्ञात करो।

Solution : स्वतंत्र इलेक्ट्रॉनों का संचय एक विद्युत क्षेत्र उत्पन्न करता है जो कि अन्त में अपकेन्द्रीय बल को सन्तुलित करता है तथा स्थायी अवस्था पहुंचती है। स्थायी अवस्था में, $m_e\omega^2x = eE$.

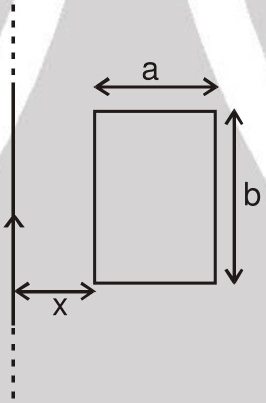
$$V_P - V_Q = \int_{x=0}^{x=\ell} \bar{E}.d\bar{x} = \int_0^{\ell} \frac{m_e\omega^2 x}{e} dx = \frac{m_e\omega^2\ell^2}{2e}$$

Problem 11. दर्शाये गये वक्रों में से किसका समय नियतांक न्यून है।

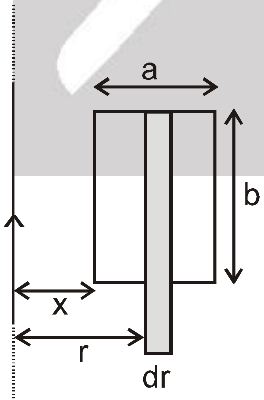


Solution : वक्र 1

Problem 12. चित्रानुसार लम्बे–सीधे तार एवं आयताकार लूप के बीच अन्योन्य प्रेरकत्व ज्ञात करो।



Solution :



$$d\phi = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \times bdr \quad ; \quad \phi = \int_x^{x+a} \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \times bdr$$

$$M = \phi/i$$

$$M = \frac{\mu_0 b}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{a}{x}\right)$$

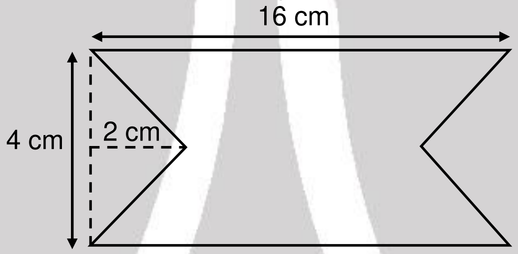
Problem 13. Consider a circular coil of wire carrying constant current I, forming a magnetic dipole. The magnetic flux through an infinite plane that contains the circular coil and excluding the circular coil area is given by ϕ_i. The magnetic flux through the area of the circular coil area is given by ϕ_0. Which of the following option is correct ?

(1) $\phi_i > \phi_0$ (2) $\phi_i < \phi_0$ (3*) $\phi_i = -\phi_0$ (4) $\phi_i = \phi_0$

Solution: As magnetic field lines always form a closed loop, hence every magnetic field line creating magnetic flux in the inner region must be passing through the outer region. Since flux in two regions are in opposite direction,

$\therefore \quad \phi_i = -\phi_0$

Problem 14. At time t = 0 magnetic field of 1000 Gauss is passing perpendicularly through the area defined by the closed loop shown in the figure. If the magnetic field reduces linearly to 500 Gauss, in the next 5 s, then induced EMF in the loop is:



(1) 28 μV (2) 36 μV (3) 48 μV (4*) 56 μV

Solution: $\varepsilon = \left|-\frac{d\varphi}{dt}\right| = \left|-\frac{AdB}{dt}\right|$

$= .(16 \times 4 - 4 \times 2)\frac{(1000-500)}{5} \times 10^{-4} \times 10^{-4}$

$= 56 \times \frac{500}{5} \times 10^{-8} = 56 \times 10^{-6}$ V

Problem 15. In a fluorescent lamp choke (a small transformer) 100 V of reverse voltage is produced when the choke current changes uniformly from 0.25 A to 0 in a duration of 0.025 ms. The self–inductance of the choke (in mH) is estimated to be ....

Answer. **10**

Solution : $100 = \frac{L(0.25)}{0.025} \times 10^3$

$\therefore$ L = 100 × 10^{-4} H

= 10 mH

Exercise-1

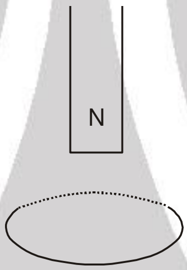
✎ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

भाग - I : विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

खण्ड (A) : फ्लक्स तथा फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम

A-1. यदि कुण्डली में फ्लक्स परिवर्तन $\Delta\phi$ तथा कुण्डली का प्रतिरोध R हो तो सिद्ध करो कि फ्लक्स परिवर्तन के दौरान बहने वाला आवेश $\Delta\phi/R$ है। (**नोट** : यह फ्लक्स में परिवर्तन मे लिए गये समय पर निर्भर नहीं करता है।)

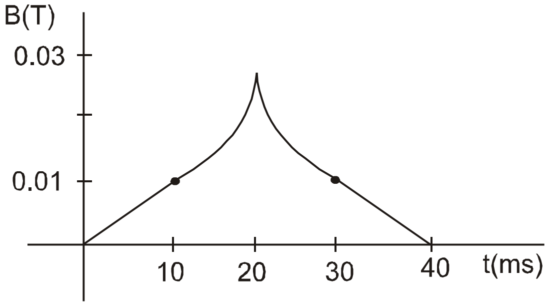
A-2. एक क्षैतिज वृत्तीय कुण्डली की अक्ष के अनुदिश एक चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को नजदीक लाते है (चित्र में)। परिणामस्वरूप आधे सैकण्ड के समय अन्तराल में कुण्डली से पारित फ्लक्स 0.4 वेबर से 0.9 वेबर तक परिवर्तित होता है। इस अन्तराल में प्रेरित औसत वि०वा०बल ज्ञात करो। क्या प्रेरित धारा दक्षिणावर्ती या वामावर्ती होगी यदि हम कुण्डली में चुम्बक की तरफ से देंखे।



A-3.✎ प्रतिरोध 0.4 Ω के बन्द चालक लूप से गुजर रहा चुम्बकीय फ्लक्स समय के साथ समीकरण $\Phi = 0.20t^2 + 0.40t + 0.60$ के अनुसार बदलता है। जहां t सैकण्ड में समय है। ज्ञात करो। (i) t = 2s पर प्रेरित वि०वा०बल। (ii) t = 0 से t = 5 s मे औसत प्रेरित वि०वा०बल। (iii) t = 0 से t = 5s में लूप से गुजर चुका कुल आवेश। (iv) समयान्तराल t = 0 से t = 5 s में औसत धारा (v) t = 0 से t = 5s में उत्पन्न ऊष्मा।

(i) 1.2 Volt (ii) 1.4 volt (iii) 17.5 C (iv) 3.5 A (v) 86/3 joule.

A-4. (a) किसी स्थान पर चुम्बकीय क्षेत्र चित्रानुसार परिवर्तित होता है। क्षेत्र के लम्बवत् रखे हुए 10^{-3} m^2 क्षेत्रफल वाले चालक लूप में, दर्शाये गये प्रत्येक 10 मिली सैकण्ड अंतराल के लिए प्रेरित औसत वि०वा०बल की गणना कीजिए। (b) किस अंतराल के लिये वि०वा०बल नियत नहीं है ? 10 मिली सैकण्ड अंतराल के किनारों के समीप व्यवहार को नगण्य मान लीजिए।



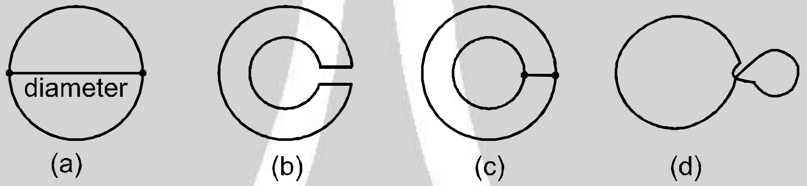
A-5. किसी एक तल मे रहने के लिये बाध्य एक चालक लूप स्वयं के तल में कुछ कोणीय वेग से घूर्णित हो रहा है। इस क्षेत्र में एक समरूप तथा नियत चुम्बकीय क्षेत्र विद्यमान है। लूप में प्रेरित धारा ज्ञात कीजिए।

A-6. 25 cm^2 क्षेत्रफल वाली एक धात्विक वलय 0.2 T चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् रखी गयी है। इसको 0.2 s में क्षेत्र के बाहर निकाल लिया जाता है। इस समयान्तराल में वलय में प्रेरित औसत वि०वा०बल ज्ञात कीजिए।

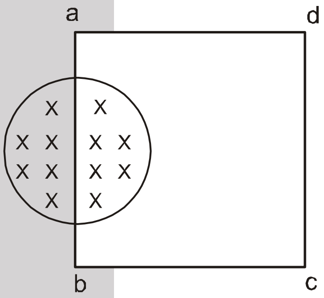
A-7. अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल 6.0×10^{-4} m^2 की एक परिनालिका में 400 घेरे प्रति मीटर है व इसमे 0.40 A की धारा प्रवाहित है। परिनालिका की परिधि के चारों ओर 10 घेरे की कुण्डली कसकर लपेटी जाती है। कुण्डली के सिरे 1.5 Ω के प्रतिरोध से जुड़े है। अचानक कुंजी खोल दी जाती है तो 0.050 s समय में परिनालिका में धारा शून्य हो जाती है। इस समय के दौरान कुण्डली में औसत धारा ज्ञात करो।

A-8. एक दिल–धड़कन मापी युक्ति में शरीर के अन्दर 50 घेरे व 1 mm त्रिज्या की एक कुण्डली व शरीर के बाहर 1000 घेरे व 2 cm त्रिज्या की एक संकेन्द्रिय एवं समाक्षीय कुण्डली है। यदि बाह्य कुण्डली में, 1A की धारा 10 मिली सैकण्ड में खत्म हो जाती है तो आन्तरिक कुण्डली में प्रेरित औसत वि०वा०बल की गणना करो।

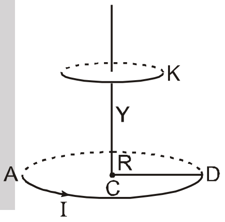
A-9. चित्र में पतले चालकों से बनी समतल आकृति है जो कागज के तल के लम्बवत् पढने वाले से दूर की ओर समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित है। चुम्बकीय प्रेरण कम होना प्रारम्भ होता है। इन लूपों में प्रेरित धारा की दिशा ज्ञात करो।



A-10. चित्रानुसार 1 सेमी० त्रिज्या के बेलनाकार क्षेत्र में समरूप चुम्बकीय क्षेत्र B विद्यमान है। 16 सेमी० लम्बाई तथा 4.0 Ω प्रतिरोध वाले तार को वर्गाकार फ्रेम में मोड़ा जाता है तथा इसकी एक भुजा बेलनाकार क्षेत्र की व्यास के अनुदिश है। यदि चुम्बकीय क्षेत्र में 1 T/s की नियत दर से वृद्धि हो तो फ्रेम में प्रेरित धारा ज्ञात करो ?

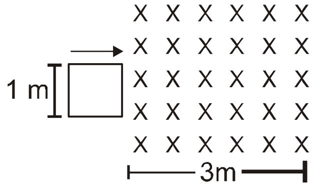


A-11. एक कुण्डली ACD में घेरों की संख्या N तथा त्रिज्या R है, इसमें I ऐम्पियर धारा प्रवाहित हो रही है तथा यह एक क्षैतिज मेज पर रखी है। r त्रिज्या की बहुत छोटी क्षैतिज चालक वलय K, कुण्डली ACD के केन्द्र से Y_0 दूरी पर ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर स्थित है। जब वलय K मुक्त रूप से गिरती है तो इससे स्थापित वि०वा०बल का व्यंजक ज्ञात करो ? वि०वा०बल का व्यंजक तात्क्षणिक चाल v तथा ऊचाँई Y के पदों में ज्ञात करो ?



A-12. एक 200 घेरों, 50 cm माध्य व्यास और 10 Ω कुल प्रतिरोध का एक बन्द वृत्ताकार लूप, इसके तल को 10^{-2} Tesla के चुम्बकीय क्षेत्र से समकोण बनाते हुए रखा जाता है। इसके तल में स्थित एक अक्ष के सापेक्ष जब कुण्डली 180º से घुमाई जाती है तो इससे प्रवाहित विद्युत आवेश की गणना करो।

A-13. चित्र में 1m भुजा वाला 1 Ω प्रतिरोध का एक वर्गाकार लूप 1 m/s के नियत वेग से दाहिनी ओर गति कर रहा है। t = 0 पर इसकी सामने की भुजा 3 m चौड़े चुम्बकीय क्षेत्र (B = 1 T) में प्रवेश करती है। तो लुप में समय के साथ प्रेरित धारा का ग्राफ बनाइये (धारा की वामावर्त दिशा को धनात्मक लीजिए)



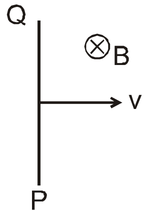
A-14. उपरोक्त प्रश्न में समयान्तराल 0 से 5 s में लूप में उत्पन्न कुल ऊष्मा ज्ञात करो ?

खण्ड (B) : लेन्ज का नियम

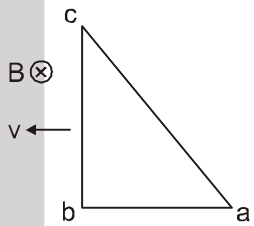
B-1. दो लम्बे सीधे रैखिक समान्तर चालक एक दूसरे की तरफ गतिमान है। उनमें से एक में नियत धारा 'i' बह रही है। दूसरे चालक में प्रेरित धारा की दिशा क्या होगी। प्रेरित धारा की दिशा क्या होगी जब वे एक दूसरे से दूर गतिमान हो ?

खण्ड (C) : एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में गतिमान छड़ में प्रेरित वि०वा०बल

C-1. 1 cm लम्बाई का एक धात्विक तार PQ अपनी लम्बाई एवं एक समान चुम्बकीय क्षेत्र 0.2 T के लम्बवत् 2 m/s के वेग से चित्रानुसार गतिमान है। तार के सिरों के बीच प्रेरित वि०वा०बल ज्ञात करो। कौन–सा सिरा धन आवेशित होगा। (छड़ की लम्बाई चु.क्षे के लम्बवत् है)



C-2. चित्र में दर्शाये अनुसार धात्विक तार का बना एक समकोण त्रिभुज abc एक समान वेग v से इसके तल में गतिमान है। त्रिभुज के तल के लम्बवत् दिशा में एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B विधमान है। प्रेरित वि०वा०बल ज्ञात करो। (a) लूप abc में, (b) भुजा bc में तथा, (c) भुजा ac में तथा (d) भुजा ab में।

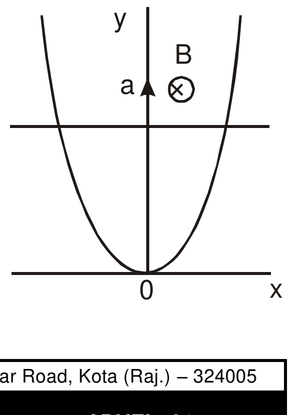


C-3. एक मीटर लम्बाई की एक धात्विक छड अपनी लम्बाई से 60º का कोण बनाती हुई दिशा में गतिमान है। क्षेत्र में विद्यमान 0.1 T का एक समान चुम्बकीय क्षेत्र गति के तल के लम्बवत् है। छड़ के सिरों पर प्रेरित वि०वा०बल ज्ञात करो यदि स्थानान्तरीय गति की चाल 0.2 m/s है।

C-4 रेल्वे पथ की दोनों पटरियाँ एक दूसरे से 1m दूर है तथा वोल्टमीटर द्वारा जुड़ी है। वोल्टमीटर का पाठयांक क्या होगा। यदि ट्रेन 5 m/s की चाल से पटरियों पर गतिशील है। इस स्थान पर पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र 4×10^{-4} T विद्यमान है, व नतिकोण 30º है।

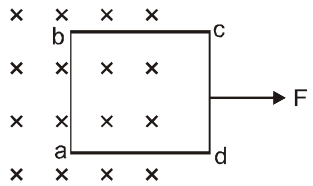
C-5. r त्रिज्या वाली एक वृताकार चालक वलय इसके तल में नियत वेग v से स्थनांतरित हो रही है। वलय के तल के लम्बवत् समरूप चुम्बकीय क्षेत्र B विद्यमान है। वलय पर व्यासतः अभिमुख बिन्दुओं के विभिन्न युग्मों पर विचार कीजिए। (a) बिन्दुओं के किस युग्म के लिये वि०वा०बल अधिकतम होगा ? (b) बिन्दुओं के किस युग्म के लिये वि०वा०बल न्यूनतम होगा। इस न्यूनतम वि.वा.बल का मान कितना होगा ?

C-6. एक तार को परवलय $y = kx^2$ के आकार में मोड़ा गया है। यह समरूप चुम्बकीय क्षेत्र B में स्थित है,सदिश B तल xy के लम्बवत् है। t = 0 क्षण पर संयोजक छड़ स्थानान्तरिय रूप से परवलय शीर्ष से नियत त्वरण a से फिसलना शुरू करता है (चित्र)। इस प्रकार बने लूप में विद्युत चुम्बकीय प्रेरण का वि०वा०बल y के फलन में ज्ञात करो ?

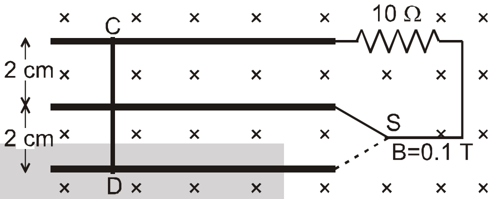


खण्ड (D) : परिपथ व यांत्रिकी के प्रश्न

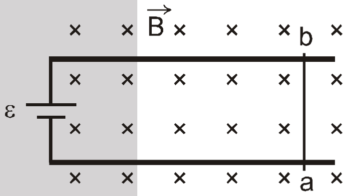
D-1. वर्गाकार तार के फ्रेम a b c d की भुजा 1 m तथा कुल प्रतिरोध 4 Ω है। इसको चुम्बकीय क्षेत्र B = 1 T से 1 N (चित्र) बल लगाकर खींचा जाता है। यह पाया जाता है कि फ्रेम नियत चाल से गतिमान है। ज्ञात करो। (a) लूप की नियत चाल, (b) लूप में प्रेरित वि०वा०बल, (c) बिन्दुओं a तथा b के बीच विभवान्तर तथा (d) बिन्दुओं c तथा d के बीच विभवान्तर।



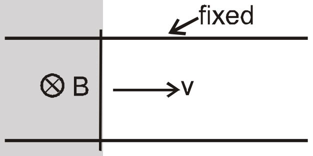
D-2. चित्र में दर्शायी स्थिति की कल्पना करों। नगण्य प्रतिरोध के तार CD को तीन पटरियों पर एक समान चाल 50 cm/s से चलाते है। 10 Ω प्रतिरोध में धारा ज्ञात करो जब कुंजी s को (a) मध्य पटरी से जोड़ते है (b) निचली पटरी से जोड़ते है। (पटरियों का प्रतिरोध नगण्य है)



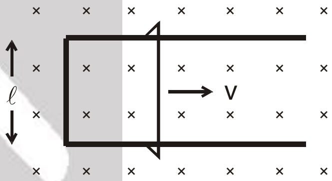
D-3. चित्र में नगण्य आन्तरिक प्रतिरोध तथा वि०वा०बल ε की बैटरी को चिकनी, मोटी, धात्विक पटरियों के सिरों पर चित्रानुसार जोड़ा गया है। लम्बाई ℓ तथा प्रतिरोध r का एक तार ab चिकनी पटरियों पर फिसल सकता है। सम्पूर्ण निकाय क्षैतिज तल में है तथा यह एक समान ऊर्ध्वाधर चुम्बकीय क्षेत्र B में रखा है। किसी क्षण t पर तार को दांयी तरफ अल्प वेग v देते है। (a) इस क्षण इसमें धारा ज्ञात करो। (b) इस क्षण तार पर लगने वाला बल ज्ञात करो। (c) दर्शाओं कि कुछ समय बाद तार ab नियत वेग से फिसलता है तथा यह वेग ज्ञात करो।



D-4. चित्र में दर्शाया गया है कि ℓ दूरी पर स्थित दो समान्तर जड़वत् चालक मोटी पटरियों के ऊपर एक तार जिसका प्रतिरोध R है फिसल रहा है। पटरियों के तल के लम्बवत् दिशा में चुम्बकीय क्षेत्र B विद्यमान है। तार नियत वेग v से गतिशील है। तार में प्रवाहित धारा ज्ञात करो।

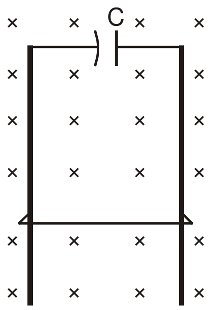


D-5. चित्र में दर्शाया गया है कि ℓ चौड़ाई वाला U-आकृति का लम्बा तार लम्बवत् समरूप तथा नियत चुम्बकीय क्षेत्र B में रखा हुआ है। U-आकार वाले तार पर एक ℓ लम्बाई वाला तार दांयी ओर नियत वेग v से गतिशील है। समस्त तारों की एकांक लम्बाई का प्रतिरोध r है। t = 0 पर, खिसकने वाला तार, U-आकार वाले जडवत् तार के बायें किनारे के समीप है। प्रेरित वि०वा०बल को बैटरी के रूप में दर्शाते हुए समय t पर एक तुल्य परिपथ बनाइये। परिपथ में धारा की गणना कीजिए।



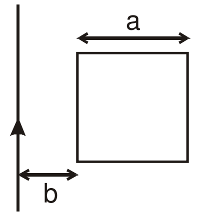
D-6. पिछले प्रश्न में वर्णित स्थिति पर विचार कीजिए। (a) खिसकने वाले तार को नियत वेग v से गतिशील रखने के लिये आवश्यक बल की गणना कीजिए। (b) यदि t = 0 सैकण्ड के पश्चात् आवश्यक बल F_0 है। तो वह समय ज्ञात कीजिए जिस पर आवश्यक बल $F_0/2$ हो जायेगा।

D-7. चिकनी, ऊर्ध्वाधर जडवत् पटरियों के युग्म पर द्रव्यमान m तथा लम्बाई ℓ का तार मुक्त रूप से फिसल सकता है (चित्र)। पटरियों के तल के लम्बवत् एक चुम्बकीय क्षेत्र B अस्तित्व में है। पटरियाँ शीर्ष पर धारिता C वाले संधारित्र (प्रारम्भ में अनावेशित) से जुड़ी है। विद्युत प्रतिरोध को नगण्य मानते हुए छोड़ने के पश्चात् किसी समय **t** पर तार का वेग ज्ञात करो। (तार का प्रारम्भिक वेग शून्य है)



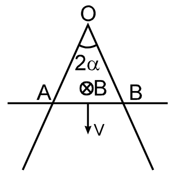
खण्ड (E) : असमरूप चुम्बकीय क्षेत्र में एक छड़ या लूप में प्रेरित वि०वा०बल

E-1. चित्र में प्रदर्शित है कि r प्रतिरोध वाले तार द्वारा निर्मित एक जडवत् वर्गाकार फ्रेम, एक लम्बे एवं सीधे तार के साथ समतलीय रखा हुआ है। तार से i धारा प्रवाहित हो रही है, जो $i = i_0 \cos(2\pi t/T)$ द्वारा व्यक्त की जाती है। ज्ञात कीजिए। (a) वर्गाकार फ्रेम से गुजरने वाले चुम्बकीय क्षेत्र का फ्लक्स। (b) फ्रेम में प्रेरित वि०वा०बल तथा (c) समयान्तराल 0 से 10 T के लिये फ्रेम में उत्पन्न ऊष्मा।



E-2. किसी स्थान पर चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = \frac{B_0}{L} x\hat{k}$ द्वारा व्यक्त किया जाता है, जहाँ L एक नियत लम्बाई है। L लम्बाई की एक चालक छड़ मूल बिन्दु एवं बिन्दु (L, 0, 0) के बीच X-अक्ष के अनुदिश रखी हुई है। यदि छड़ $\vec{v} = v_0\ \hat{j}$, वेग से गतिशील है, तो छड़ के सिरों के बीच प्रेरित वि.वा.ब. ज्ञात कीजिये।

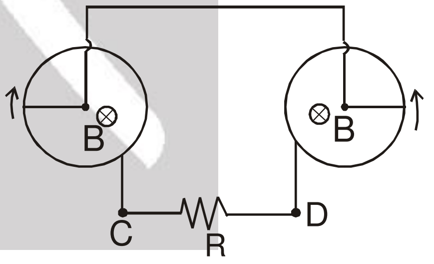
E-3. एक सीधे तार की एकांक लम्बाई का प्रतिरोध r है तथा इसे 2α कोण से मोड़ा गया है। उसी तार की छड़ जो कोण (2α) के अर्द्धक के लम्बवत् है, बंद त्रिभुजाकार लूप बना रही है। यह लूप समरूप चुम्बकीय क्षेत्र B में रखा है। जब छड़ को नियत चाल V से चलाया जाता है तो लूप में धारा ज्ञात करो ?



खण्ड (F) : एक समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में घूम रही छड़, वलय व चकती में प्रेरित वि०वा०बल

F-1. 15×10^{-2} m लम्बाई की एक धातु की छड़ इसके एक सिरे से पारित अक्ष के सापेक्ष एक समान कोणीय वेग 60rad s^{-1} से घूम रही है। 0.1 Tesla का एक समान चुम्बकीय क्षेत्र घूर्णन अक्ष की दिशा में विद्यमान है। छड़ के सिरों के मध्य प्रेरित वि०वा०बल की गणना करो।

F-2. चित्र में दो एक समान चालक छड़ें, प्रत्येक की लम्बाई 'a' कोणीय चाल ω से दर्शायी गई दिशा में घूम रही है। प्रत्येक छड़ का एक सिरा चालक वलय को छूता है। चुम्बकीय क्षेत्र B वलयों के तल के लम्बवत् विद्यमान है। छड़े, चालक वलयें और संयोजन तार प्रतिरोधहीन है। प्रतिरोध R में धारा का परिमाण व दिशा ज्ञात करो।



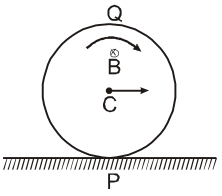
F-3. एक साइकिल इसके स्टेण्ड पर पूर्व–पश्चिम दिशा में खड़ी हुई है और इसका पिछला पहिया 50 चक्कर/मिनट की कोणीय चाल से घूम रहा है। यदि प्रत्येक स्पॉक की लम्बाई 30.0 cm है और पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक 4×10^{-5} T, है तो अक्ष एवं स्पॉक के बाहरी सिरे के बीच प्रेरित वि. वा. बल ज्ञात कीजिए। स्पॉक के मुक्त इलेक्ट्रॉन पर लगने वाला अभिकेन्द्रीय बल नगण्य मान लीजिए।

F-4. नगण्य द्रव्यमान का एक पतला तार व एक छोटा गोलाकार बॉब, मिलकर प्रभावी लम्बाई ℓ का एक सरल लोलक बनाते है। यह लोलक अर्द्ध ऊर्ध्वाधर कोण θ से एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B के लम्बवत् तल में गुरूत्व प्रभाव में दोलन करता है। लोलक के किनारों के मध्य अधिकतम विभवान्तर ज्ञात करो।

F-5. त्रिज्या R की एक चालक चकती नियत वेग 'v' से क्षैतिज सतह पर बिना फिसले लुढ़क रही है। सामर्थ्य B का एक समरूप चुम्बकीय क्षेत्र चकती के तल के अभिलम्बवत् आरोपित है। इस क्षण निम्न के मध्य प्रेरित वि०वा०बल ज्ञात करो।

(a) P व Q (b) P व C (c) Q व C

(C केन्द्र है, P व Q चकती के ऊर्ध्वाधर व्यास पर विपरीत बिन्दु है।)



F-6. 50 फेरों की एक बन्द कुण्डली व्यास के लम्बवत् एक समान चुम्बकीय क्षेत्र $B = 2 \times 10^{-4}$ T में व्यास के परितः घुमायी जा रही है। घूर्णन का कोणीय वेग 300 चक्कर प्रति मिनट है। कुण्डली का क्षेत्रफल $100 cm^2$ तथा प्रतिरोध 4 Ω है। ज्ञात करो। (a) आधे घूर्णन में औसत प्रेरित वि०वा०बल जबकि कुण्डली प्रारम्भ में चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् हो, (b) पूर्ण चक्कर में औसत वि०वा०बल, (c) भाग (a) में प्रवाहित कुल आवेश तथा (d) समय के फलन के रूप में प्रेरित वि०वा०बल यदि यह t = 0 पर शून्य है और धनात्मक दिशा में बढ़ रहा है। (e) अधिकतम प्रेरित वि०वा०बल। (f) लम्बे समय अन्तराल में प्रेरित वि०वा०बल के वर्ग का औसत।

खण्ड (G) : समय के साथ परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र व प्रेरित विद्युत क्षेत्र में स्थिर लूप

G-1. 1m त्रिज्या का वृत्ताकार लूप परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र B = 6t में रखा है। जहाँ t समय सैकण्ड में है।

(a) यदि कुण्डली का तल चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् है तो कुण्डली में प्रेरित वि०वा०बल ज्ञात करो।

(b) स्पर्श रेखीय दिशा में विद्युत क्षेत्र ज्ञात करो जो परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र के कारण प्रेरित है।

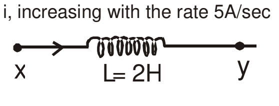
(c) लूप में धारा ज्ञात करो यदि इसका प्रतिरोध 1Ω/m है।

G-2 एक आदर्श लम्बी परिनालिका में धारा 0.01 A/s की एक समान दर से बढ़ रही है। परिनालिका में 2000 फेरे/मी० है एवं इसकी त्रिज्या 6.0 cm है। (a) परिनालिका के अन्दर 1.0 cm त्रिज्या के वृत्त पर विचार कीजिए जिसकी अक्ष परिनालिका की अक्ष से सम्पाती है। इस वृत्त से गुजरने वाले फ्लक्स में 2.0 सेकण्ड में होने वाला परिवर्तन ज्ञात कीजिए। (b) वृत्त की परिधि पर स्थित किसी बिन्दु पर प्रेरित विद्युत क्षेत्र ज्ञात कीजिए। (c) परिनालिका के बाहर एवं इसकी अक्ष से 8.0 cm दूरी पर स्थित बिन्दु पर प्रेरित विद्युत क्षेत्र ज्ञात कीजिए।

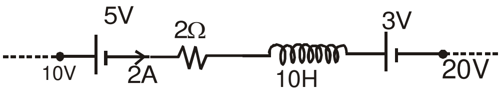
G-3. प्रेरण B का एक समान चुम्बकीय क्षेत्र नियत दर dB/dt से परिमाण में बदल रहा है। आपको m द्रव्यमान का तांबा दिया जाता है। जिससे r त्रिज्या का तार बनाया जाता है एवं इससे R त्रिज्या का वृत्ताकार लूप बनाया जाता है। दर्शाइये कि लूप में प्रेरित धारा तार या लूप के आकार पर निर्भर नहीं करती। यह मानते हुए कि B लूप के लम्बवत् है। सिद्ध कीजिए कि प्रेरित धारा $i = \frac{m}{4\pi\rho\delta}\frac{dB}{dt}$ है। जहां ρ तांबे की प्रतिरोधकता व δ तांबे का घनत्व है।

खण्ड (H) : स्वप्रेरण, स्वप्रेरकत्व, स्वप्रेरित वि०वा०बल तथा चुम्बकीय ऊर्जा घनत्व

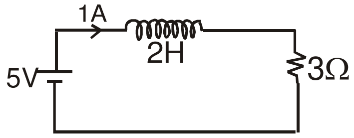
H-1. चित्र में 2 H का एक प्रेरकत्व प्रदर्शित है जिससे धारा प्रवाहित है जो 5A/sec की दर से बढ़ रही है। विभवान्तर $V_X - V_Y$ ज्ञात करो।



H-2. चित्र में परिपथ का एक भाग प्रदर्शित है। दर्शायी गई धारा के परिवर्तन की दर ज्ञात करो।



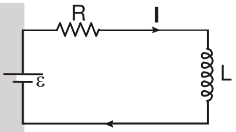
H-3. दर्शाये गये परिपथ में ज्ञात करो (a) सेल से ली गई शक्ति, (b) प्रतिरोधक द्वारा खर्च की गई शक्ति जो ऊष्मा में परिवर्तित होती है और (c) प्रेरकत्व को दी गई शक्ति।



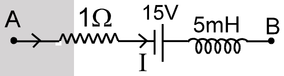
H-4. एक लम्बे तार मे 4A धारा प्रवाहित हो रही है। तार से 10.0 cm दूरी पर चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित 1.00 mm^3 आयतन में संचित ऊर्जा ज्ञात कीजिए।

H-5. हाइड्रोजन परमाणु के प्रथम कक्ष में परिक्रमा कर रहे इलेक्ट्रॉन के केन्द्र पर चुम्बकीय ऊर्जा घनत्व (मानक नियतांकों तथा r के रूप में) कितना है। (कक्ष की त्रिज्या r है)

H-6. माना बैटरी का वि०वा०बल प्रदर्शित परिपथ में समय t के साथ इस प्रकार परिवर्तित होता है ताकि धारा $i(t) = 3 + 5t$, से दी जाती है। जहां i, एम्पियर में व t सेकण्ड में है। $R = 4\ \Omega$, $L = 6$ H लीजिए और बैटरी के वि०वा०बल का व्यंजक समय के फलन के रूप में ज्ञात करो।



H-7. दिये गये चित्र में पूर्ण परिपथ का एक भाग प्रदर्शित है। विभवान्तर $V_B - V_A$ क्या होगा, जब धारा I = 5A हो तथा इसकी ह्रास दर 10^3 (ऐम्पियर/सैकण्ड) है ?



खण्ड (I) : प्रेरकत्व,प्रतिरोध व बैटरी वाले परिपथ, प्रेरक वाले परिपथ में धारा की वृद्धि व क्षय

I -1. 20 Ω प्रतिरोध एवं 2.0 H प्रेरकत्व वाली कुण्डली को 4.0 V वि०वा०बल की बैटरी से संयोजित किया गया है। ज्ञात कीजिए। (a) संयोजन करने के 0.20 s पश्चात् धारा और (b) इस क्षण पर कुण्डली में चुम्बकीय क्षेत्र की ऊर्जा।

I–2. 50Ω प्रतिरोध तथा 80 हेनरी प्रेरकत्व की परिनालिका 200V की बैटरी से जुड़ी है। धारा द्वारा अधिकतम मान के 50 % तक पहुँचने में लिया गया समय ज्ञात करो ? अधिकतम संग्रहित ऊर्जा भी ज्ञात करो ?

I-3. एक परिनालिका का प्रेरकत्व 10 हेनरी व प्रतिरोध 2Ω है। इसको 10 वोल्ट की एक बैटरी के साथ जोड़ा जाता है। चुम्बकीय ऊर्जा को इसके अधिकतम मान के $1/4^{th}$ तक पहुँचने में कितना समय लगेगा ?

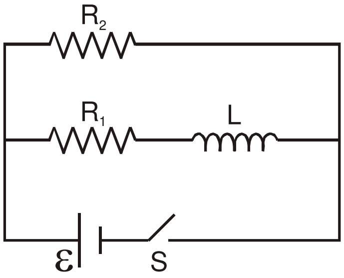
I-4. 4 Ω प्रतिरोध वाली एक कुण्डली 0.4 V की बैटरी से जोडी गयी है। बैटरी जोड़ने के 1 सैकण्ड पश्चात् कुण्डली में धारा 63 mA है। कुण्डली का प्रेरकत्व ज्ञात कीजिए। [$e^{-1} \approx 0.37$]

I-5. 5 H प्रेरकत्व एवं नगण्य प्रतिरोध वाली एक कुण्डली को 100 Ω के प्रतिरोध तथा 2.0 V वि०वा०बल की बैटरी के साथ श्रेणीक्रम में जोड़ा गया है। स्विच चालू करने के 20 मिली सैकण्ड पश्चात् परिपथ में प्रतिरोध के सिरों पर विभवान्तर ज्ञात कीजिए। ($e^{-0.4} = 0.67$)

I-6. एक LR परिपथ में L = 1.0 H तथा R = 20 Ω है। इसको t = 0 पर 2.0V वि०वा०बल के सिरों पर जोड़ा गया है। t = 50 ms पर di/dt एवं Ldi/dt ज्ञात कीजिए।

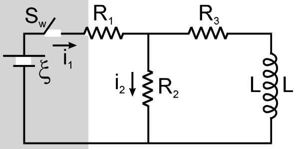
I-7. 20 mH प्रेरकत्व एवं 10 Ω प्रतिरोध वाली एक प्रेरण कुण्डली को 5.0 V वि०वा०बल की आदर्श बैटरी से जोड़ा गया है। निम्न समय पर प्रेरित वि०वा०बल के परिमाण में परिवर्तन की दर ज्ञात कीजिए। (a) t = 0, (b) t = 10 ms (मिली सेकण्ड)

I–8. चित्र में प्रदर्शित परिपथ पर विचार कीजिए। (a) स्विच S को बंद करने के लम्बे समय पश्चात् बैटरी से प्रवाहित धारा ज्ञात कीजिए। (b) मान लीजिए कि $t = 0$ पर स्विच खोल दिया जाता है। विसर्जन (क्षय) परिपथ का समय–नियतांक कितना होगा ? (c) एक समय–नियतांक के पश्चात् प्रेरकत्व से प्रवाहित धारा ज्ञात कीजिए।

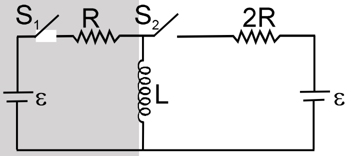


I–9. त्रिज्या R के एक अतिचालक लूप का स्वप्रेरकत्व L है। एक समरूप व नियत चुम्बकीय क्षेत्र B लूप के तल के लम्बवत् आरोपित है। प्रारम्भ में इस लूप में धारा शून्य है। लूप इसके व्यास के परितः 180º से घुमाया जाता है। घूमनें के बाद लूप में धारा ज्ञात करो।

I-10. चित्र में $\xi = 100$ V, $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$, $R_3 = 30\ \Omega$ तथा $L = 2$ H है। i_1 तथा i_2 के मान ज्ञात करो।
(a) कुंजी S_w के बन्द करने के तुरन्त बाद।
(b) बहुत लम्बे समय बाद।
(c) S_w के पुनः खोलने के तुरन्त बाद।
(d) लम्बे समय पश्चात्।



I -11. दिखाए गए परिपथ में S_1 और S_2 स्विच है। S_2 एक लम्बे समय के लिए बंद रहता है और S_1 खुला हुआ है। अब S_1 को भी बन्द कर दिया जाता है। S_1 के बंद करने के ठीक पश्चात् प्रतिरोध R के सिरों पर विभवान्तर (V) तथा L के पदो में $\frac{di}{dt}$ चिन्ह के साथ ज्ञात करो।



I -12. दर्शाइये कि यदि समान प्रेरकत्व L की दो प्रेरक कुण्डली समान्तर क्रम में जोड़ी जाये तो संयोजन का तुल्य प्रेरकत्व L/2 है। प्रेरक कुण्डली अधिक दूरी पर है।

I-13. दो प्रेरकत्व L_1 व L_2 श्रेणीक्रम में जुड़े है और अधिक दूरी पर है।
(a) दशाईये कि उनका तुल्य प्रेरकत्व $L_1 + L_2$ है।
(b) उनके मध्य दूरी अधिक क्यों होनी चाहिए ?

खण्ड (J) : अन्योन्य प्रेरण व अन्योन्य प्रेरकत्व

J-1. द्वितीयक कुण्डली में प्रेरित औसत वि०वा०बल 0.1 V है जब प्राथमिक कुण्डली में धारा 0.1 s में 1 से 2 A तक परिवर्तित होती है। कुण्डलियों का अन्योन्य प्रेरकत्व कितना है।

J-2. दो कुण्डलियों के बीच अन्योन्य प्रेरकत्व 0.5 H है। यदि एक कुण्डली में धारा 5 A/s की दर से परिवर्तित होती है, तो दूसरी कुण्डली में कितना वि०वा०बल प्रेरित होगा ?

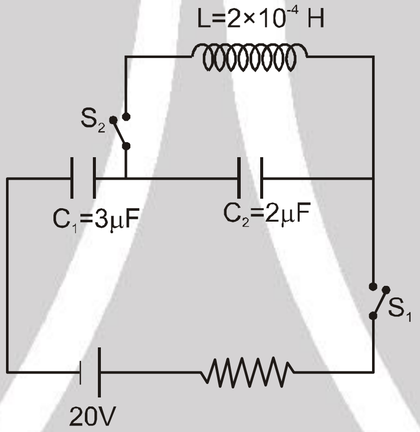
J-3. ℓ भुजा वाला तार का छोटा वर्गाकार लूप, $L(L >> \ell)$ भुजा वाले तार के बड़े वर्गाकार लूप के अन्दर रखा जाता है। दोनों लूप समान तल में है तथा दोनों के केन्द्र परस्पर सम्पाती है। निकाय का अन्योन्य प्रेरकत्व ज्ञात करें।

खण्ड (K) : LC दोलन

K-1. किसी LC परिपथ में 20 mH का एक प्रेरक तथा 50μF का एक संधारित्र है जिस पर प्रारम्भिक आवेश 10 mC हैं। परिपथ का प्रतिरोध नगण्य है। मान लीजिए कि वह क्षण जिस पर परिपथ बंद किया जाता है t = 0 है।

(a) प्रारम्भ में कुल कितनी ऊर्जा संचित है ? क्या यह LC दोलनों की अवधि में संरक्षित है ?
(b) परिपथ की कुल आवृत्ति क्या है ?
(c) किस समय पर संचित ऊर्जा
(i) पूरी तरह से वैद्युत है (अर्थात् वह संधारित्र में संचित है) ? (ii) पूरी तरह से चुम्बकीय है (अर्थात् प्रेरक में संचित है) ?
(d) किन समयों पर संपूर्ण ऊर्जा प्रेरक एवं संधारित्र के मध्य समान रूप से विभाजित है?

K-2. चित्र में निर्दिष्ट परिपथ में स्थाई अवस्था में कुंजि S_1 बन्द है। t = 0, पर S_1 को खोला जाता है व S_2 को बन्द किया जाता है।



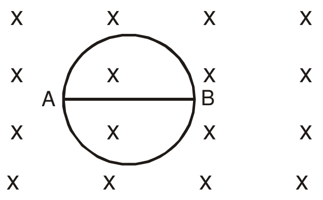
प्रथम समय t ज्ञात करो, जब कुण्डली में ऊर्जा संधारित्र की ऊर्जा की एक तिहाई रह जाए।

K-3. एक रेडियो को MW प्रसारण बैंड़ के एक खंड़ के आवृत्ति परास के एक ओर से दूसरी ओर (800 kHz से 1200 kHz) तक समस्वरित किया जा सकता है। यदि इसके LC परिपथ का प्रभावकारी प्रेरकत्व 200 μH हो तो उसके परिवर्ती संधारित्र की परास कितनी होनी चाहिए ?

भाग - II : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

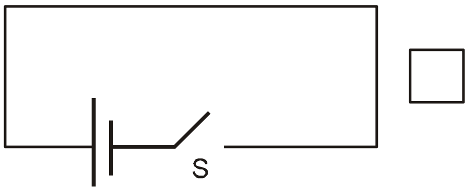
खण्ड (A) : फ्लक्स तथा फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम

A-1. चित्र में R त्रिज्या की वृत्ताकार चालक वलय प्रदर्शित है। चुम्बकीय क्षेत्र नियत दर α से घट रहा है। लूप की एकांक लम्बाई का प्रतिरोध ρ है तो AB (AB वलय का व्यास है) तार में धारा होगी –



(A) $\frac{R\alpha}{2\rho}$ A से B (B) $\frac{R\alpha}{2\rho}$ B से A (C) $\frac{2R\alpha}{\rho}$ A से B (D) शून्य

A-2. चित्र में प्रदर्शित चालक वर्गाकार लूप पर विचार कीजिए। यदि स्विच बंद किया जाता है और कुछ समय पश्चात् इसको पुनः खोल दिया जाता है, बंद लूप प्रदर्शित करेगा –

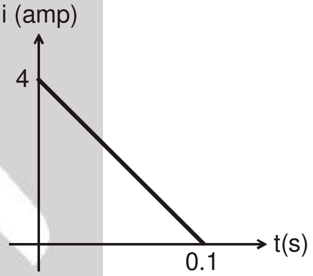


(A) एक दक्षिणावर्ती धारा स्पंद
(B) एक वामावर्ती धारा स्पंद
(C) एक वामावर्ती धारा स्पंद और फिर एक दक्षिणावर्ती धारा स्पंद।
(D) एक दक्षिणावर्ती धारा स्पंद और फिर एक वामावर्ती धारा स्पंद।

A-3. पिछले प्रश्न को हल कीजिए, यदि वर्गाकार लूप पूर्णतया स्विच वाले परिपथ के अन्दर परिबद्ध है।
(A) एक दक्षिणावर्ती धारा स्पंद
(B) एक वामावर्ती धारा स्पंद
(C) एक वामावर्ती धारा स्पंद और फिर एक दक्षिणावर्ती धारा स्पंद।
(D) एक दक्षिणावर्ती धारा स्पंद और फिर एक वामावर्ती धारा स्पंद।

A-4. तार का एक छोटा वृत्ताकार चालक लूप, एक लम्बी धारावाही परिनालिका में रखा हुआ है। लूप के तल में परिनालिका की अक्ष स्थित है। यदि परिनालिका में धारा परिवर्तित की जाये तो लूप में प्रेरित धारा होगी –
(A) वामावर्ती (B) दक्षिणावर्त (C) शून्य
(D) दक्षिणवर्ती होगी या वामावर्ती होगी यह इस पर निर्भर करेगा कि प्रतिरोध बढ़ाया जाता है या कम किया जाता है।

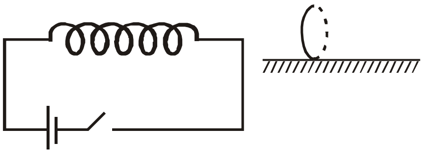
A-5. 10 ohm प्रतिरोध की एक कुण्डली से कुछ चुम्बकीय फ्लक्स परिवर्तित होता है। जिसके परिणामरूवरूप इसमें विद्युत धारा प्रेरित होती है जो समय के साथ चित्रानुसार परिवर्तित होती है तो कुण्डली से फ्लक्स में परिवर्तन का परिमाण वेबर में होगा (कुण्डली के स्वप्रेरकत्व को नगण्य मानें)–



(A) 2 (B) 4
(C) 6 (D) 8

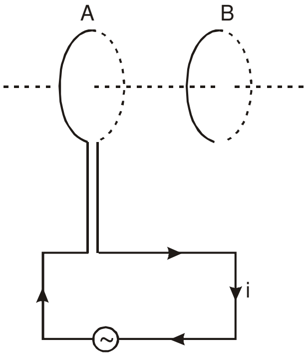
खण्ड (B) : लेन्ज का नियम

B-1. एक क्षैतिज परिनलिका एक बैटरी एवं एक स्विच के साथ जुड़ी हुई है (चित्र में)। घर्षण रहित सतह पर एक चालक वलय इस प्रकार रखी हुई है कि वलय की अक्ष, परिनलिका की अक्ष के अनुदिश है। जैसे ही स्विच चालू किया जाता है तो वलय

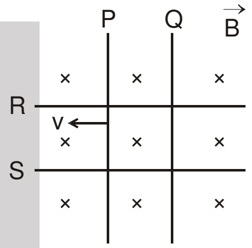


(A) परिनलिका की ओर गति करेगी।
(B) स्थिर रहेगी।
(C) परिनलिका से दूर गति करेगी।
(D) परिनालिका की ओर या दूर गति करेगी यह इस पर निर्भर करेगा कि परिनालिका के बांये सिरे से बैटरी का कौनसा टर्मिनल (धनात्मक या ऋणात्मक) जुड़ा हुआ है।

B-2. दो वृत्ताकार कुण्डलियाँ A व B चित्रानुसार आमने सामने है। A में धारा i बदली जाये तो
(A) यदि i बढ़ायी जाये तो A व B के मध्य प्रतिकर्षण होगा।
(B) यदि i बढ़ायी जाये तो A व B के मध्य आकर्षण होगा।
(C) जब i बदली जाती है तो न तो आकर्षण होगा न ही प्रतिकर्षण।
(D) A व B के मध्य आकर्षण या प्रतिकर्षण धारा की दिशा पर निर्भर करता है। यह धारा के बढ़ने या घटने पर निर्भर नहीं करता।

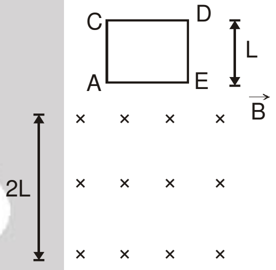


B-3. दो एक जैसे चालक P व Q दो घर्षण रहित स्थिर धात्विक पटरियों R व S पर तल के अन्दर की ओर निर्देशित एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में रखे है। यदि P चित्र में दर्शायी दिशा में नियत चाल से चलाया जाता है तो छड़ Q
(A) P की ओर आकर्षित होगी।
(B) P से दूर की ओर प्रतिकर्षित होगी।
(C) स्थिर रहेगी।
(D) P की ओर आकर्षित या प्रतिकर्षित हो सकती है।

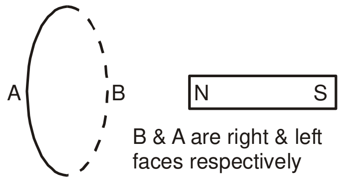


B-4. दो एक जैसे समाक्षीय वृत्ताकार लूपों में प्रत्येक में i धारा एक ही दिशा में प्रवाहित है। यदि लूप एक दूसरे की ओर आते है तो–
(A) प्रत्येक लूप में धारा घटेगी।
(B) प्रत्येक लूप में धारा बढ़ेगी।
(C) प्रत्येक लूप में नियत रहेगी।
(D) एक लूप में धारा बढ़ेगी और दूसरे लूप में घटेगी।

B-5. एक वर्गाकार कुण्डली ACDE जिसका तल ऊर्ध्वाधर है, 2L दूरी तक फैले एक क्षैतिज समरूप चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ में विराम से छोड़ी जाती है। कुण्डली का त्वरण –
(A) पूरे समय g से कम रहेगा जब तक कि लूप पूर्ण रूप से चुम्बकीय क्षेत्र को पार न करें।
(B) g से कम जब यह क्षेत्र में प्रवेश करती है और g से अधिक जब यह क्षेत्र से बाहर निकलती है।
(C) पूरे समय g
(D) g से कम जब यह क्षेत्र में प्रवेश करती है और बाहर निकलती है। परन्तु g के समान जब यह क्षेत्र के अन्दर है।



B-6. चित्रानुसार एक चुम्बक को जड़वत् वलय की अक्ष के अनुदिश वलय की तरफ धक्का दिया जाता है तथा यह वलय से गुजरती है
(A) जब चुम्बक वलय की तरफ गतिमान होती है इसका B फलक दक्षिण ध्रुव की तरह तथा A फलक उत्तर ध्रुव की तरह कार्य करता है।
(B) जब चुम्बक वलय से दूर जाती है तो B फलक उत्तर ध्रुव तथा A फलक दक्षिण ध्रुव की तरह कार्य करता है।
(C) जब चुम्बक वलय से दूर जाती है फलक A उत्तर ध्रुव तथा फलक B दक्षिण ध्रुव की तरह कार्य करता है।
(D) फलक A हमेशा उत्तरी ध्रुव की तरह कार्य करता है।



B & A are right & left faces respectively

B-7. क्षैतिज धरातल में रखी एक धात्विक वलय एक जगह से थोड़ी सी कटी हुई है। एक चुम्बक, वलय से होकर उर्ध्वाधर गिरती है तो चुम्बक का त्वरण –

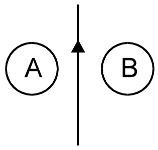
(A) हमेशा g के समान होगा।

(B) प्रारम्भ में g से कम परन्तु वलय से गुजरने के पश्चात् g से अधिक

(C) प्रारम्भ में g से ज्यादा परन्तु वलय से गुजरने के पश्चात् g से कम

(D) हमेशा g से कम

B-8. A तथा B दो धात्विक वलय हैं जो कि अनन्त लम्बे धारावाही तार के दोनों तरफ चित्रानुसार रखी है। अगर तार में विद्युत धारा का मान धीरे–धीरे कम किया जाए तो प्रेरित धारा की दिशा होगी –



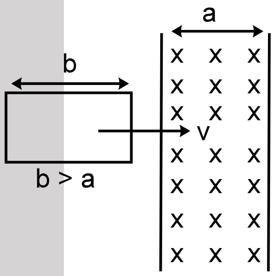
(A) A में दक्षिणावर्त B में वामावर्त
(B) A में वामावर्त B में दक्षिणावर्त
(C) A तथा B दोनों में दक्षिणावर्त
(D) A तथा B दोनों में वामावर्त

खण्ड (C) : एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में गतिमान छड़ में प्रेरित वि०वा०बल

C-1. लम्बाई ℓ का एक तार चुम्बकीय क्षेत्र में नियत वेग $\vec{\upsilon}$ से गतिशील है। इसके सिरों के मध्य विभवान्तर उत्पन्न होगा।

(A) यदि $\vec{\upsilon} \,||\, \vec{\ell}$ है। (B) यदि $\vec{\upsilon} \,||\, \vec{B}$ है। (C) यदि $\vec{\ell} \,||\, \vec{B}$ है। (D) इनमें से कोई नहीं।

C-2. दी गई व्यवस्था में, नियत चाल v से एक लूप को सीमित चौड़ाई 'a' वाले एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B से गुजारते है। वह समय, जिसमें परिपथ में वि०वा० बल प्रेरित होगा वह है



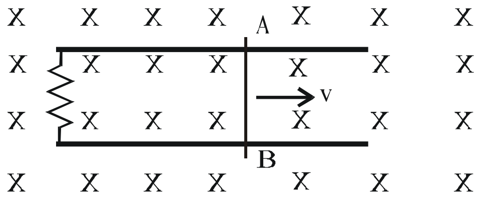
(A) $\frac{2b}{v}$ (B) $\frac{2a}{v}$

(C) $\frac{(a+b)}{v}$ (D) $\frac{2(a-b)}{v}$

C-3. किसी स्थान में एक समान चुम्बकीय क्षेत्र को, $\vec{B} = 3\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}$ द्वारा प्रदर्शित करते हैं। y-अक्ष के अनुदिश रखी 5 मी. लम्बी छड़ को x-दिशा में 1 मी./से. की नियत चाल से गतिमान करते हैं। तो छड़ पर प्रेरित वि.वा.ब. का मान है–

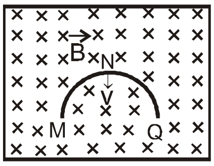
(A) शून्य (B) 25 v (C) 20 v (D) 15 v

C-4. चित्र में प्रतिरोधहीन तार AB स्थिर पटरियों पर नियत वेग से फिसल रहा है। यदि तार AB को प्रतिरोधहीन अर्द्धवृत्ताकार तार से प्रतिस्थापित कर दिया जाये तो प्रेरित धारा का परिमाण –



(A) घटेगा।
(B) वही रहेगा।
(C) बढ़ेगा।
(D) कम होगा या बढ़ेगा यह इस पर निर्भर करेगा कि अर्द्धवृत्त का उभार प्रतिरोध की ओर है या इससे परे है।

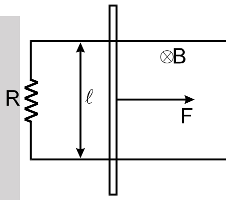
C-5. R त्रिज्या का एक पतला अर्द्धवृत्ताकार चालक छल्ला, अपने ऊर्ध्व तल के साथ क्षैतिज चुम्बकीय प्रेरण $\vec{B}$ में गिर रहा है। (चित्र) स्थिति MNQ में छल्ले की चाल v है तब छल्ले के बीच उत्पन्न विभवान्तर है :



(A) शून्य
(B) $\frac{Bv\pi R^2}{2}$ तथा M उच्च विभव पर है।
(C) π RBV तथा Q उच्च विभव पर है।
(D) 2 RBV तथा Q उच्च विभव पर है।

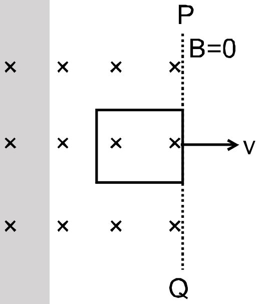
खण्ड (D) : गतिकी वाले परिपथ से सम्बन्धित प्रश्न

D-1. एक सिरों से प्रतिरोध R द्वारा जुड़ी समान्तर चालक पटरियों पर स्थिरावस्था में रखी ℓ लम्बाई की छड़ पर नियत बल F चित्रानुसार आरोपित किया जाता है। सम्पूर्ण निकाय समरूप चुम्बकीय क्षेत्र B में स्थित है।



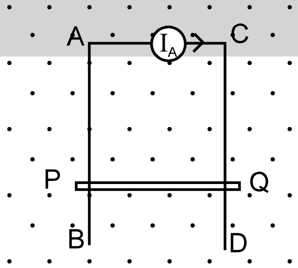
(A) बल द्वारा प्रदान की गई शक्ति समय के साथ नियत होगी।
(B) बल द्वारा प्रदान की गई शक्ति पहले बढ़ेगी तत्पश्चात् यह घटेगी।
(C) बाह्य बल द्वारा प्रदान की गई शक्ति की दर लगातार बढ़ेगी।
(D) बाह्य बल द्वारा प्रदान की गई शक्ति की दर शून्य होने तक लगातार घटेगी।

D-2. चित्र में 1 m भुजा व 1 Ω प्रतिरोध का वर्गाकार लूप प्रदर्शित है। रेखा PQ के बांयी ओर चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण B = 1.0T है। 1 s में लूप को क्षेत्र से एक समान चाल से बाहर निकालने में किया गया कार्य है –



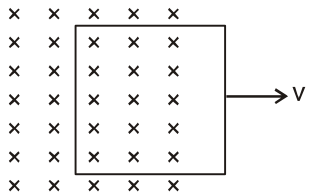
(A) 1 J
(B) 10 J
(C) 0.1 J
(D) 100 J

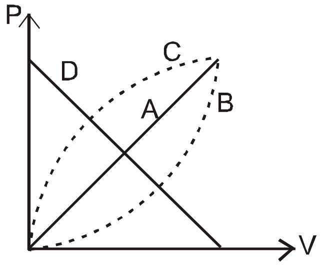
D-3. AB तथा CD स्थिर चिकनी चालक पटरियाँ है, जो कि ऊर्ध्व तल में रखी है तथा इनके ऊपरी सिरों को नियत धारा स्त्रोत से जोड़ा गया है। PQ एक सुचालक छड़ है जो कि पटरियों पर फिसलने के लिए स्वतन्त्र है। एक क्षैतिज नियत चुम्बकीय क्षेत्र चित्रानुसार अस्तित्व में है (इस स्थान पर)। अगर छड़ PQ को विरामावस्था से छोड़ा जाए तो –



(A) छड़ PQ नियत त्वरण से नीचे गति कर सकती है।
(B) छड़ PQ नियत त्वरण से ऊपर गति कर सकती है।
(C) छड़ नीचे की ओर मन्दित त्वरण से गति करेगी तथा अन्त में एक नियत वेग प्राप्त करती है।
(D) या तो A या B।

D-4. चित्रानुसार एक चालक लूप चुम्बकीय क्षेत्र में नियत चाल v से बाहर आ रहा है। जब खींचने वाले बाह्य कारक द्वारा दी गई शक्ति नियत चाल v का फलन हो तो दिये गये चारों वक्रों में से इस सम्बन्ध को कौन सा वक्र प्रदर्शित करेगा।

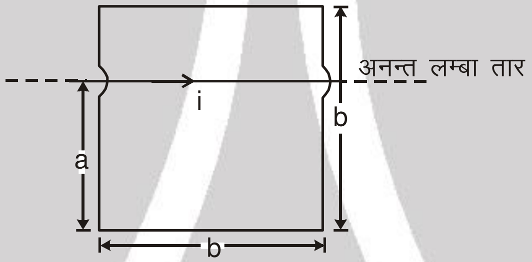




(A) A (B) B (C) C (D) D

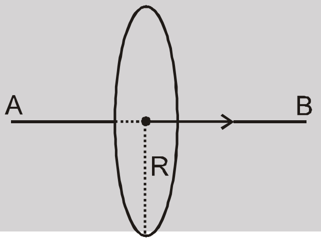
खण्ड (E) : असमरूप चुम्बकीय क्षेत्र में एक छड़ या लूप में प्रेरित वि०वा०बल

E-1. चित्र में दी गई स्थिति के लिए वर्गाकार लूप (घेरे) से गुजरने वाला फ्लक्स होगा।



(A) $\left(\frac{\mu_0 ia}{2\pi}\right)\ell n\left(\frac{a}{2a-b}\right)$ (B) $\left(\frac{\mu_0 ib}{2\pi}\right)\ell n\left(\frac{a}{2b-a}\right)$ (C) $\left(\frac{\mu_0 ib}{2\pi}\right)\ell n\left(\frac{a}{b-a}\right)$ (D) $\left(\frac{\mu_0 ia}{2\pi}\right)\ell n\left(\frac{2a}{b-a}\right)$

E-2. एक लम्बा चालक तार AB, R त्रिज्या के वृत्ताकार लूप की अक्ष के अनुदिश रखा है। यदि चालक AB में धारा I ऐम्पियर/सैकण्ड की दर से बदलती है तो लूप में प्रेरित वि.बा.बल है।



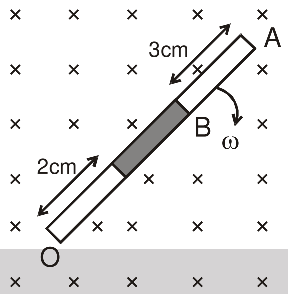
(A) $\frac{\mu_0 IR}{2}$ (B) $\frac{\mu_0 IR}{4}$ (C) $\frac{\mu_0 \pi IR}{2}$ (D) zero

खण्ड (F) : एक समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में घूम रही छड़, वलय व चकती में प्रेरित वि०वा०बल

F-1. ℓ लम्बाई की एक चालक छड़ नियत कोणीय वेग ω से इसके लम्बसमद्विभाजक के परितः घूर्णन कर रही है। घूर्णन अक्ष के समान्तर समरूप चुम्बकीय क्षेत्र B विद्यमान है। छड़ के दोनों सिरों के बीच विभवान्तर होगा।

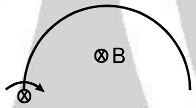
(A) $2B\omega\ell^2$ (B) $\frac{1}{2}\omega B\ell^2$ (C) $B\omega\ell^2$ (D) शून्य

F-2. 10 cm लम्बी छड़, चालक तथा अचालक पदार्थो से बनाई जाती है (छायांकित भाग अचालक है) । छड़ O बिन्दु के परितः नियत कोणीय वेग 10 rad/sec से एकसमान नियत चुम्बकीय क्षेत्र 2 टेसला में चित्रानुसार घूर्णन कर रही है। छड़ के A व B बिन्दुओं के बीच प्रेरित विभवान्तर होगा।



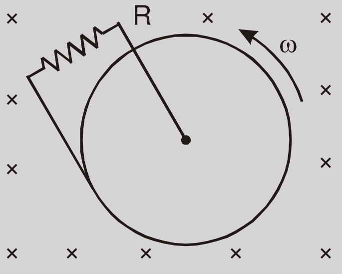
(A) 0.029 v (B) 0.1 v (C) 0.051 v (D) 0.064 v

F-3. R त्रिज्या का अर्द्धवृत्तीय तार इसके एक सिरे से पारित तथा तार के तल के लम्बवत् अक्ष के परितः नियत कोणीय वेग ω से चित्रानुसार घूर्णन कर रहा है। यहाँ समरूप चुम्बकीय क्षेत्र B विद्यमान है। सिरों के मध्य प्रेरित वि०वा०बल है।



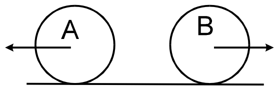
(A) B $\omega R^2/2$ (B) 2 B ωR^2 (C) परिवर्ती (D) इनमें से कोई नहीं

F-4. लम्बवत् समरूप तथा नियत चुम्बकीय क्षेत्र B में अपनी अक्ष के परितः घूर्णित चालक चकती चित्र में दर्शायी गयी है। केन्द्र एवं परिधि के बीच एक प्रतिरोध R जोड़ा गया है। चकती की त्रिज्या 5.0 cm, कोणीय चाल ω = 40 rad/s, B = 0.10 T और R = 1 Ω है। प्रतिरोध में प्रवाहित धारा होगी।



(A) 5 mA (B) 50 A (C) 5 A (D) 10 mA

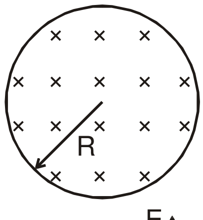
F-5. दो एक समान सुचालक वलय A तथा B जिनकी त्रिज्या r हैं, एक क्षैतिज सुचालक तल में पूर्णतः लोटनी गति कर रही है। उनके द्रव्यमान केन्द्रों की चाल समान υ है तथा विपरीत दिशा में है। एक नियत चुम्बकीय क्षेत्र B कागज के तल के अन्दर की तरफ विद्यमान हैं तो दोनों वलयों के उच्चतम बिन्दुओं के मध्य विभवान्तर है। –

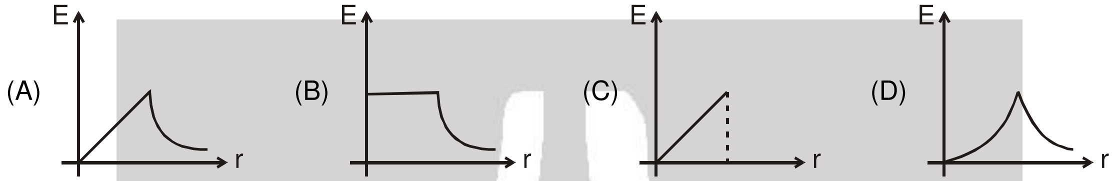


(A) zero (B) 2 Bvr (C) 4Bvr (D) इनमें से कोई नही

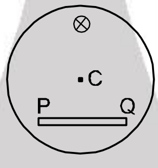
खण्ड (G) : समय के साथ परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र में स्थिर लूप व प्रेरित विद्युत क्षेत्र में स्थिर लूप

G-1. R त्रिज्या के बेलनाकार क्षेत्र में इसकी अक्ष के समान्तर समरूप चुम्बकीय क्षेत्र B उपस्थित है। यदि यह नियत दर से परिवर्तित हो तो बेलन की अक्ष से r दूरी पर प्रेरित वि०क्षेत्र में परिवर्तन का सही ग्राफ होगा।



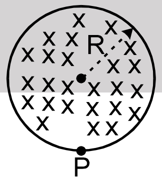


G-2. चित्र में तल के लम्बवत् बेलनाकार क्षेत्र में उपस्थित समरूप चुम्बकीय क्षेत्र का मान समय के साथ बढ़ रहा है। इस क्षेत्र में एक चालक छड़ PQ उपस्थित है , यदि C वृत्त का केन्द्र हो तो –



(A) P, Q की अपेक्षा उच्च विभव पर है।
(B) Q, P की अपेक्षा उच्च विभव पर है।
(C) P व Q दोनों समान विभव पर है।
(D) छड़ पर कोई भी वि०वा०बल उत्पन्न नहीं होगा क्योंकि यह बल रेखाओं को नहीं काटती है।

G-3. B प्रेरण का समरूप चुम्बकीय क्षेत्र R त्रिज्या के बेलनाकार क्षेत्र में स्थित है। इस चुम्बकीय क्षेत्र की वृद्धि दर $\frac{dB}{dt}$ (टेसला/सैकण्ड) नियत है। q आवेश का एक इलेक्ट्रॉन, इसकी परिधी के P बिन्दु पर स्थित है। इलेक्ट्रॉन पर आरोपित त्वरण है।



(A) $\frac{1}{2}\frac{eR}{m}\frac{dB}{dt}$ बांयी तरफ
(B) $\frac{1}{2}\frac{eR}{m}\frac{dB}{dt}$ दांयी तरफ
(C) $\frac{eR}{m}\frac{dB}{dt}$ बांयी तरफ
(D) शून्य

G-4. एक उदासीन धात्विक वलय को एक वृत्तीय सममित समरूप चुम्बकीय क्षैत्र में इस प्रकार रखा गया है कि इसका तल क्षैत्र के लम्बवत् है। अगर क्षैत्र का परिमाण समय के साथ बढ़ाया जाए तो –

(A) वलय स्थानान्तरण करना प्रारम्भ कर देगी
(B) वलय इसके अक्ष के सापेक्ष घूर्णन करना प्रारम्भ कर देगी।
(C) वलय अल्प मात्रा में सिकुड जायेगी।
(D) वलय एक व्यास के सापेक्ष घूर्णन करना प्रारम्भ करेगी।

G-5. तांबे की जड़वत् एक बहुत लम्बी उर्ध्वाधर नली की अक्ष के अनुदिश एक सिरे से समाक्षीय स्थिति में एक छड़ चुम्बक को विराम से गिराया जाता है। कुछ समय पश्चात् चुम्बक–

(A) g त्वरण के साथ गति करेगा। (B) लगभग नियत चाल से गति करेगा।

(C) नली में रूक जायेगा। (D) दोलन करेगा।

खण्ड (H) : स्वप्रेरण, स्वप्रेरकत्व, स्वप्रेरित वि०वा०बल तथा चुम्बकीय ऊर्जा घनत्व

H-1. निश्चित लम्बाई के तार को ℓ लम्बाई तथा 'r' त्रिज्या की परिनलिका पर लपेटा जाता है तो इसका स्वप्रेरकत्व L होता है यदि एक–दूसरे तार को $\frac{\ell}{2}$ लम्बाई तथा $\frac{r}{2}$ त्रिज्या की परिनलिका पर लपेटा है तो इसका स्वप्रेरकत्व होगा

(A) 2 L (B) L (C) 4 L (D) 8 L

H-2. चार परिनालिकाओं (solenoids) की लम्बाई, अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल तथा घेरो की संख्या निम्न सारणी में दिये गये है।

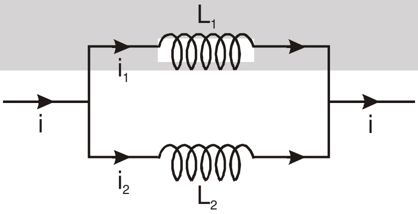
परिनालिका	कुल घेरों की संख्या	अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल	लम्बाई
1	2N	2A	ℓ
2	2N	A	ℓ
3	3N	3A	2ℓ
4	2N	2A	$\ell/2$

वह परिनालिका जिसका अधिकतम स्वप्रेरकत्व है –

(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4

खण्ड (I) : प्रेरकत्व,प्रतिरोध व बैटरी वाले परिपथ, प्रेरकत्व वाले परिपथ में धारा की वृद्धि व क्षय

I -1. दो प्रेरकत्व L_1 व L_2 समान्तर क्रम में जुड़े है तथा समय के साथ परिवर्ती धारा i चित्रानुसार प्रवाहित है। किसी समय t पर धाराओं i_1/i_2 का अनुपात है।

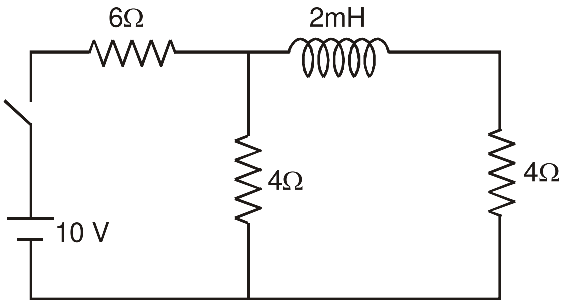


(A) L_1/L_2 (B) L_2/L_1 (C) $\frac{L_1^2}{(L_1+L_2)^2}$ (D) $\frac{L_2^2}{(L_1+L_2)^2}$

I-2. LR परिपथ में t = 0 पर धारा 20 A है। 2s पश्चात् यह 18 A तक घट जाती है। परिपथ का समय नियतांक (सैकण्ड में) है :

(A) $\ln\left(\frac{10}{9}\right)$ (B) 2 (C) $\frac{2}{\ln\left(\frac{10}{9}\right)}$ (D) $2\ln\left(\frac{10}{9}\right)$

I-3. दिये गये परिपथ में i_1 का i_2 के साथ अनुपात ज्ञात करो। यहां i_1 प्रारम्भिक (t = 0 पर) धारा तथा i_2 बेटरी से प्रवाहित स्थायी धारा (t = ∞ पर) है।

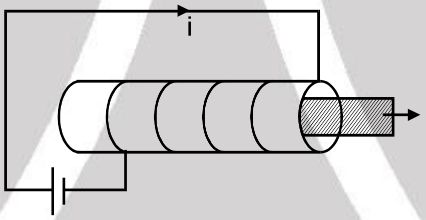


(A) 1.0 (B) 0.8 (C) 1.2 (D) 1.5

I-4. श्रेणीक्रम L–R परिपथ में 3 मिली हैनरी प्रेरकत्व में महत्तम धारा एवं महत्तम प्रेरित विभव क्रमशः 2A तथा 6V हैं तो परिपथ का समय नियतांक है :

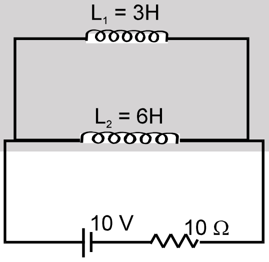
(A) 1 ms. (B) 1/3 ms. (C) 1/6 ms (D) 1/2 ms

I-5. लौह क्रोड सहित एक परिनलिका के सिरों को आदर्श दिष्ट स्रोत से जोड़ा जाता है एवं यह स्थायी अवस्था में है। अगर लोह क्रोड को निकाल दिया जाए तो निकालने के तुरन्त पश्चात् परिनालिका से प्रवाहित धारा का मान :



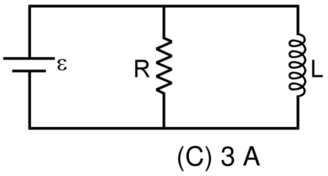
(A) बढ़ेगी (B) घटेगी (C) अपरिवर्तित रहेगी (D) कुछ भी नहीं कह सकते

I-6. चित्र में दिखाये अनुसार क्रमशः 3 हेनरी व 6 हेनरी स्व–प्रेकत्व की दो प्रेरक कुण्डलीयाँ 10Ω के प्रतिरोध एवं 10V की बैटरी से जुड़ी है। स्थायीअवस्था पर 10 sec. में प्रेरक कुण्डलियों में संचित कुल ऊर्जा तथा प्रतिरोध में उत्पन्न ऊष्मा का अनुपात होगा (L_1 व L_2 के मध्य अन्योन्य प्रेरण को नगण्य मानते हुए)



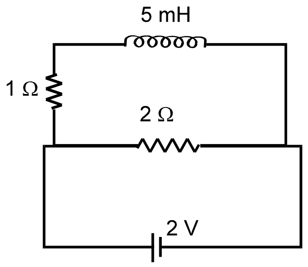
(A) 1/10 (B) 1/100 (C) 1/1000 (D) 1

I-7. दर्शाये गये चित्र में बैटरी आदर्श है। ε = 10 V, R = 5Ω, L = 2H है। प्रारम्भ में प्रेरकत्व में धारा शून्य है। बैटरी से t = 2s समय पर धारा है।



(A) 12 A (B) 7 A (C) 3 A (D) इनमें से कोई नहीं

I-8. दिये गये परिपथ में अगर प्रेरकत्व कुण्डली में प्रेरित वि.वा.बल का मान अधिकतम मान का 50% है। तो उस क्षण पर प्रेरक कुण्डली में संचयित ऊर्जा का मान होगा–



(A) 2.5 mJ (B) 5mJ (C) 15 mJ (D) 20 mJ

I-9. एक प्रेरक कुण्डली में i धारा प्रवाहित करने पर इसमें U ऊर्जा संग्रहित होती है तथा P दर से ऊर्जा ह्रास होता है। जब इस कुण्डली को शून्य आन्तरिक प्रतिरोध वाली बैटरी से जोड़ा जाता है तो परिपथ का समय नियतांक ज्ञात करो ?

(A) $\frac{4U}{P}$ (B) $\frac{U}{P}$ (C) $\frac{2U}{P}$ (D) $\frac{2P}{U}$

खण्ड (J) : अन्योन्य प्रेरण व अन्योन्य प्रेरकत्व

J-1. दो कुण्डलियों की स्थिति निश्चित है। जब कुण्डली 1 में कोई धारा नहीं है तथा कुण्डली 2 में 15.0 A/s की दर से धारा बढ़ती है तो कुण्डली 1 में वि०वा०बल 25.0 mV है। जब कुण्डली 2 में कोई धारा नहीं है तथा कुण्डली 1 में धारा 3.6 A है तो कुण्डली 2 से सम्बन्धित फ्लक्स होगा –

(A) 16 mWb (B) 10 mWb (C) 4.00 mWb (D) 6.00 mWb

J-2. आयताकार लूप जिसकी भुजाएं 'a' व 'b' है, xy तल में स्थित है। xy तल में एक बहुत लम्बा तार इस प्रकार रखा है कि लूप की भुजा 'a' तार के समान्तर है। तार के समीप की भुजा तथा तार के मध्य दूरी 'd' है। निकाय का अन्योन्य प्रेरकत्व समानुपाती है।

(A) a (B) b (C) 1/d (D) तार में धारा

J-3. स्वप्रेरकत्व 100 mH तथा 400 mH की दो कुण्डलियां पास–पास रखी है। इन दोनों के बीच अधिकतम अन्योन्य प्रेरण ज्ञात करो जब इनमें प्रवाहित धारा 4 A हो।

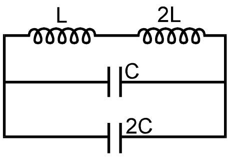
(A) 200 mH (B) 300 mH (C) $100\sqrt{2}$ mH (D) इनमें से कोई नहीं

J-4. एक लम्बे सीधे तार को R त्रिज्या की एक वृत्ताकार वलय के अक्ष के अनुदिश रखा जाता है। इस निकाय का अन्योन्य प्रेरकत्व है–

(A) $\frac{\mu_0 R}{2}$ (B) $\frac{\mu_0 \pi R}{2}$ (C) $\frac{\mu_0}{2}$ (D) 0

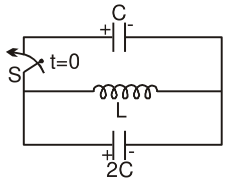
खण्ड (K) : LC दोलन

K-1. प्रेरक कुण्डली में धारा की दोलन आवृति है –



(A) $\frac{1}{3\sqrt{LC}}$ (B) $\frac{1}{6\pi\sqrt{LC}}$ (C) $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ (D) $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

K-2. दिये गये LC परिपथ में यदि संधारित्र C पर प्रारम्भ में आवेश Q है तथा 2C पर 2Q है। ध्रुवता चित्र में प्रदर्शित है तो t = 0 पर स्विच S को बंद करने के पश्चात्



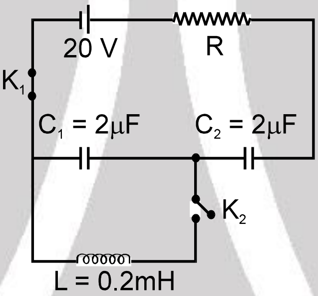
(A) स्विच बंद करने के तुरन्त पश्चात् ऊर्जा दोनों संधारित्रों में बराबर बंट जाएगी।

(B) प्रेरक कुण्डली में प्रारम्भ में धारा वृद्धि की दर 2Q/3CL होगी।

(C) प्रेरक कुण्डली में अधिकतम ऊर्जा $3Q^2/2C$ होगी।

(D) इनमें से कोई नहीं

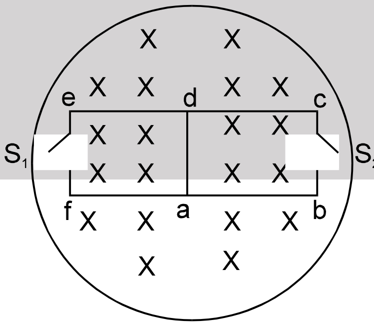
K-3. एक परिपथ में संधारित्र C_1 तथा C_2 चित्रानुसार स्थायी अवस्था में हैं तथा कुंजी K_1 बंद है। t = 0 समय पर अगर K_1 को खोल दिया जाता है तथा K_2 को बंद कर दिया जाता है, तो परिपथ में अधिकतम धारा होगी –



(A) 1 A (B) A (C) 2 A (D) इनमें से कोई नहीं

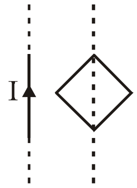
भाग - III : कॉलम को सुमेलित कीजिए (MATCH THE COLUMN)

1. चित्रानुसार दिखाये गये बेलनाकार स्थान में चुम्बकीय क्षेत्र 10.0 mT/s की नियत दर से बढ़ता है। प्रत्येक वर्गाकार लूप abcd तथा defa की प्रत्येक भुजा की लम्बाई 2.00 cm है तथा प्रत्येक भुजा का प्रतिरोध 2.00 Ω है। स्तम्भ-I में दी गई चार भिन्न स्थितियों में तार 'ad' में धारा को स्तम्भ-II में दिये गये मानों से सुमेलित कीजिए।



कॉलम-I	कॉलम -II
(A) स्विच S_1 बन्द (चालू) है लेकिन S_2 खुला है।	(p) 5×10^{-7} A, d से a
(B) S_1 खुला है लेकिन S_2 बन्द है।	(q) 5×10^{-7} A, a से d
(C) दोनों S_1 तथा S_2 खुले है।	(r) 2.5×10^{-8} A, d से a
(D) दोनों S_1 तथा S_2 बन्द है।	(s) 2.5×10^{-8} A, a से d
	(t) कोई धारा प्रवाहित नही होती।

2. चालक तार का एक वर्गाकार लूप एक लम्बे सीधे धारावाही तार के नजदीक सममित रूप से चित्रानुसार रखा जाता है। स्तम्भ -I में दिये गये कथनों को स्तम्भ-II में उनके परिणामों से सुमेलित कीजिये –



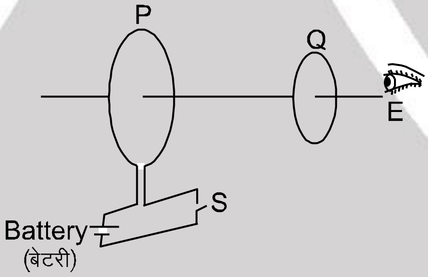
कॉलम-I	कॉलम-II
(A) यदि धारा I का परिमाण बढ़ाया जाता है।	(p) लूप में प्रेरित धारा दक्षिणावर्त होगी
(B) यदि धारा I का परिमाण घटाया जाता है।	(q) लूप में प्रेरित धारा वामावर्त होगी
(C) यदि लूप को तार से दूर हटाया जाता है।	(r) तार, लूप को आकर्षित करेगा
(D) यदि लूप को तार की ओर चलाया जाता है।	(s) तार, लूप को प्रतिकर्षित करेगा
(t) धारा के बदलने पर लूप घूर्णन करेगा।	

Exercise-2

चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

भाग-I : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

1. जैसा कि चित्र में दिखाया गया है, P एवं Q दो समाक्षीय चालक लूप है जो कुछ दूरी पर स्थित हैं। जब स्विच S को चालू करते है, तो P में दक्षिणावर्ती धारा I_P प्रवाहित होती है (जैसा कि E देखता है) एवं Q में प्रेरित धारा I_{Q1} प्रवाहित होती है। स्विच बहुत लम्बे समय तक चालू रहता है। जब स्विच S को खोलते हैं तो Q में I_{Q2} धारा प्रवाहित होती है, तो E द्वारा प्रेक्षित I_{Q1} व I_{Q2} की दिशायें हैं, **[JEE 2002 (Screening) 3/90, –1]**



(A) क्रमशः दक्षिणावर्त एवं वामावर्त

(B) दोनों में दक्षिणावर्त

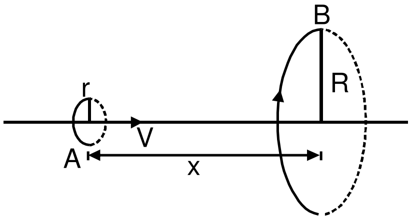
(C) दानों में वामावत

(D) क्रमशः वामावर्त एवं दक्षिणावर्त

2. एक बन्द लूप को एक समयपरिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र में रखा गया है। कुण्डली में प्रेरित धारा उत्पन्न होने के कारण विद्युत शक्ति का व्यय होता है। यदि लूप की त्रिज्या अपरिवर्तित रखते हुए घेरो की संख्या चार गुनी कर दी जाये एवं तार की त्रिज्या आधी कर दी जाये तो विद्युत शक्ति का व्यय हो जायेगा।

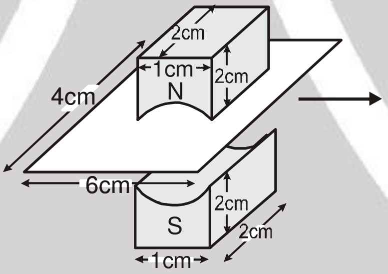
(A) आध (B) समान (C) दो गुना (D) चार गुना

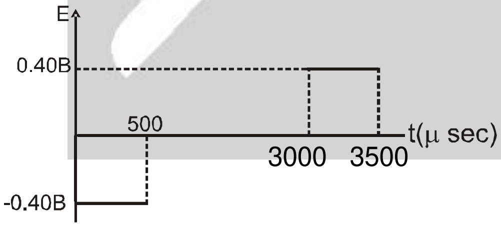
3. r(r << R) त्रिज्या का लूप A लूप B की तरफ नियत वेग V से इस प्रकार गति करता है कि उनके तल हमेशा समान्तर रहते है। दोनों लूपो के मध्य दूरी (x) का मान क्या होगा जब लूप A मे प्रेरित वि०वा०बल अधिकतम हो :

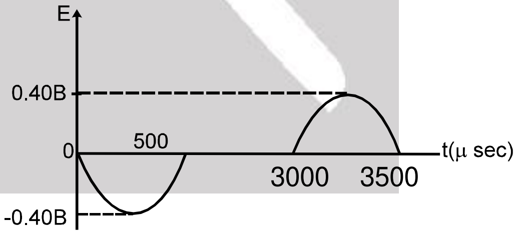


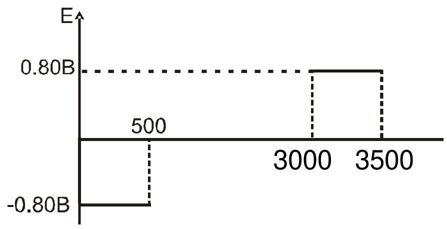
(A) R (B) $\frac{R}{\sqrt{2}}$ (C) $\frac{R}{2}$ (D) R $\left(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$

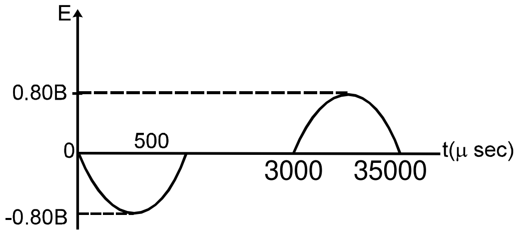
4. दो चुम्बको के मध्य नियत चुम्बकीय क्षेत्र (B) की गणना उस कुण्डली में प्रेरित विभव को मापकर की जा सकती है जिसे कि दोनों चुम्बकों के मध्य रिक्त स्थान में 20 मी./सै. की नियत चाल से खींचा जाता है। चुम्बक तथा कुण्डली का आकार क्रमशः 2cm × 1cm × 2cm तथा 4cm × 6cm है (जैसा चित्र में प्रदर्शित है)। समय के साथ प्रेरित वि.वा.ब. में परिवर्तन का सही प्रदर्शन है – (समय t = 0 पर, कुण्डली को चुम्बकीय क्षेत्र में प्रवेशित मानें) :



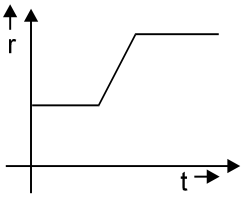
(A)


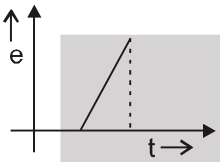
(B)


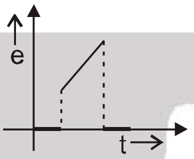
(C)


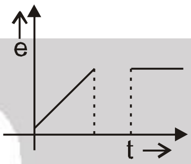
(D)


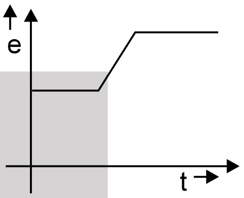
5. एक वृत्तीय लूप (छल्ला) जिसकी त्रिज्या समय के साथ परिवर्तित हो रही है और छल्ले को एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में रखा गया है, जो कि इसके तल के अभिलम्बवत् है। 'r' में समय 't' के साथ परिवर्तन चित्र में दर्शाया है। तब प्रेरित वि.वा. ब. ε समय के साथ अच्छी तरह कोनसे वक्र द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है :



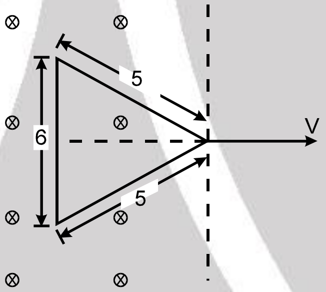
(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

6. एक त्रिकोणीय लूप को $t = 0$ समय पर नियत वेग v से एक समान चुम्बकीय क्षेत्र से खींचना प्रारम्भ करते हैं। लूप का कुल प्रतिरोध नियत है तथा R के बराबर हे। तो समय के साथ लूप में उत्पन्न शक्ति का परिवर्तन –



(A) समय के साथ रेखीय रूप से बढ़ेगा जब तक सम्पूर्ण लूप बाहर आता है।

(B) परवलयिक रूप से बढ़ेगा जब तक सम्पूर्ण लूप बाहर आता है।

(C) $P \propto t^3$ होगा जब तक सम्पूर्ण लूप बाहर आता है।

(D) समय के साथ नियत रहेगा।

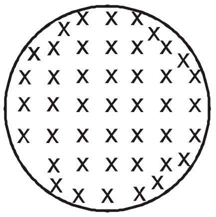
7. 20 Ω प्रतिरोध वाली धातु की छड़ 0.1 m त्रिज्या की धातु की वलय के व्यास पर जुड़ी है तथा x-y तल में स्थित है। यहां चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = (50T)\ \hat{k}$ है। यह वलय $\omega = 20$ rad/s के कोणीय वेग से इसकी अक्ष के सापेक्ष घूर्णन कर रही है। 10 Ω का बाह्य प्रतिरोध वलय के केन्द्र तथा परिधी से जुड़ा है तो बाह्य प्रतिरोध से प्रवाहित धारा है –

(A) $\frac{1}{4}$A (B) $\frac{1}{2}$A (C) $\frac{1}{3}$A (D) शून्य

8. पृथ्वी सतह को एक समान पृष्ठीय आवेश धनत्व σ का सुचालक गोला मानें। यह अपने अक्ष के परितः ω कोणीय वेग से घूम रही है। किसी क्षण सूर्य के कारण पृथ्वी पर चुम्बकीय क्षेत्र, पृथ्वी के अक्ष के अनुदिश एक समान B कल्पित करें। तो ध्रुव एवं भूमध्य रेखा के बीच इस क्षेत्र के कारण उत्पन्न वि.वा. बल है (R_e = पृथ्वी की त्रिज्या) –

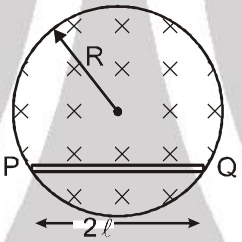
(A) $\frac{1}{2}B\omega R_e^2$ (B) $B\omega R_e^2$ (C) $\frac{3}{2}B\omega R_e^2$ (D) शून्य

9. एक R त्रिज्या तथा m द्रव्यमान की अचालक वलय जिसकी परिधी पर q आवेश एक समान रूप से वितरित है को खुरदरी क्षैतिज सतह पर रखा जाता है। एक उर्ध्वाधर समय के साथ परिवर्तित चुम्बकीय क्षेत्र $B = 4t^2$, t = 0 पर लगाया जाता है। सतह तथा वलय के बीच घर्षण गुणांक क्या होगा। यदि t = 2 सैकण्ड पर वलय घूमना प्रारम्भ कर दें :



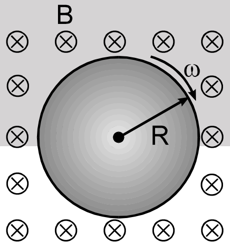
(A) $\frac{4qmR}{g}$ (B) $\frac{2qmR}{g}$ (C) $\frac{8qR}{mg}$ (D) $\frac{qR}{2mg}$

10. एक R त्रिज्या के बेलनाकार आयतन में एक समान चुम्बकीय क्षेत्र $B = B_0t$ स्थित है (B_0 धनात्मक नियतांक है) तो चालक छड़ PQ में स्थिर वैद्युत क्षेत्र के कारण उत्पन्न विभवान्तर है :



(A) $B_0\ell\ \sqrt{R^2+\ell^2}$ (B) $B_0\ell\ \sqrt{R^2-\frac{\ell^2}{4}}$ (C) $B_0\ell\ \sqrt{R^2-\ell^2}$ (D) $B_0R\ \sqrt{R^2-\ell^2}$

11. R त्रिज्या की एक चालक चकती, एक समरूप नियत चुम्बकीय क्षेत्र B में रखी हुई है, जिसकी दिशा चकती की अक्ष के समानान्तर है। चकती को अपने अक्ष के सापेक्ष किस कोणीय चाल से घुमाएँ ताकि चकती में वि.वा.बल उत्पन्न न हो (इलेक्ट्रॉन का आवेश और द्रव्यमान क्रमशः e और m है)

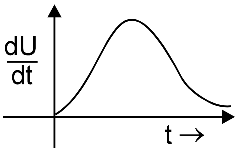


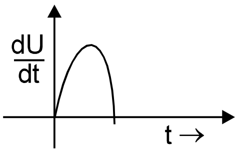
(A) $\frac{eB}{2m}$ (B) $\frac{eB}{m}$ (C) $\frac{2\pi m}{eB}$ (D) $\frac{\pi m}{eB}$

12. जब एक प्रेरक कुण्डली में धारा 5.0 एम्पीयर है तथा यह 10.0 एम्पीयर/सै. की दर से बढ़ रही है तो कुण्डली के सिरों पर विभवान्तर का परिमाण 140 वोल्ट है। जब कुण्डली में धारा 5.0 एम्पीयर है तथा यह 10.0 एम्पीयर/सै. की दर से घट रही है तो कुण्डली के सिरों पर विभवान्तर 60 वोल्ट है। कुण्डली का स्वप्रेकत्व है।

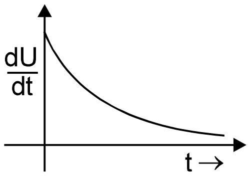
(A) 2H (B) 4H (C) 10H (D) 12H

13. वि.वा. बल E की बैटरी से आवेश प्राप्त करने वाले LR श्रेणी परिपथ में प्रेरकत्व में ऊर्जा वृद्धि की दर को समय के साथ सर्वश्रेठ तरीके से प्रदर्शित करने वाला वक्र होगा : (प्रारम्भ में प्रेरण कुण्डली में धारा शून्य है)

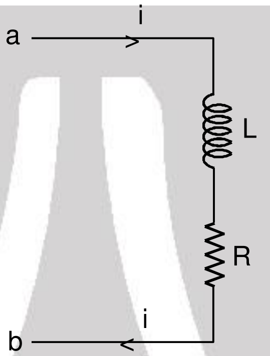
(A) 

(B) 

(C)

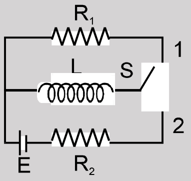
(D) 

14. चित्र में दिखाए गए परिपथ के एक भाग में 2A धारा प्रवाहित हो रही है तथा यह 1A/s की दर से बढ़ रही है, तो विभवान्तर $V_a - V_b = 8V$ मापा जाता है। जब धारा 2A हो तथा यह 1A/s की दर से घट रही हो तो, विभवान्तर $V_a - V_b = 4V$ मापा जाता है तो R तथा L के मान है :



(A) क्रमशः 3 ओम तथा 2 हेनरी
(B) क्रमशः 2 ओम तथा 3 हेनरी
(C) क्रमशः 10 ओम तथा 6 हेनरी
(D) क्रमशः 6 ओम तथा 1 हेनरी

15. एक विद्युत परिपथ में स्विच S को एक लम्बे समय तक स्थिति '2' में जोड़ने के बाद, स्थिति '1' में जोड़ा गया है। प्रतिरोध R_1 में उत्पन्न कुल ऊष्मा होगी :

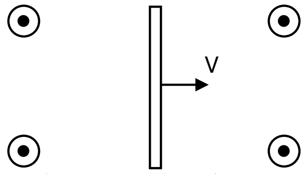


(A) $\frac{L\ E^2}{2R_2^2}$
(B) $\frac{L\ E^2}{2R_1^2}$
(C) $\frac{L\ E^2}{2R_1R_2}$
(D) $\frac{L\ E^2(R_1+R_2)^2}{2R_1^2R_2^2}$

16. दो एक समान कुण्डलियाँ प्रत्येक का स्वप्रेरकत्व L श्रेणी क्रम में जुड़ी हुई तथा एक–दूसरे के इतनी पास रखी है कि सारा फलक्स एक कुण्डली का दूसरी कुण्डली से जुड़ा है। निकाय का कुल स्वप्रेरकत्व है

(A) L
(B) 2L
(C) 3L
(D) 4L

17. एक उदासीन धातु छड़ एक नियत वेग v पर कागज के तल के बाहर की ओर निर्देशित एक समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में माध्यम से दांयी ओर गति करता है, इसलिए

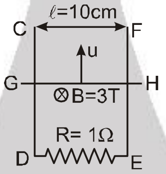


(A) धनावेश बांयी ओर तथा ऋणावेश दांयी ओर संचित होता है
(B) ऋणावेश बांयी ओर तथा धनावेश दांयी ओर संचित होता है
(C) धनावेश ऊपरी सिरे पर तथा ऋणावेश तल में संचित होता है।
(D) ऋणावेश ऊपरी सिरे पर तथा धनावेश तल में संचित होता है।

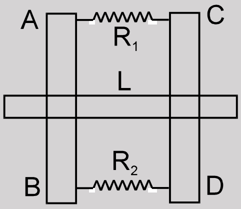
भाग - II : संख्यात्मक प्रश्न (NUMERICAL VALUE)

1. एक सर्पिलाकार तलीय कुण्डली में अत्यधिक N घेरे है। यह एक दूसरे से दृढ़ता से लपेटे हुए है तथा सर्पिलाकार तल के लम्बवत् स्थित एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित है। सर्पिलाकार घेरों में बाहरी घेरे की त्रिज्या 'a' है तथा आन्तरिक घेरे की त्रिज्या शून्य है। चुम्बकीय प्रेरण समय के साथ सम्बन्ध $B = B_0 \sin \omega t$ द्वारा परिवर्तित हो रहा है जहां B_0 तथा ω नियतांक है। सर्पिलाकार कुण्डली में प्रेरित वि०वा०बल का आयाम $\varepsilon_{im} = \frac{1}{x}\pi a^2 N \omega B_0$ हो तो x का मान ज्ञात करो ?

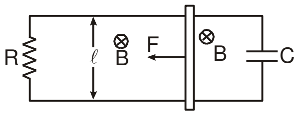
2. चित्र में CDEF एक घर्षण रहित जड़वत् चालक फ्रेम है जो उर्ध्व तल में रखा है। एक चालक समरूप छड़ GH जिसका द्रव्यमान 'm' = 1 g है, उर्ध्वाधर चल सकती है। यह छड़ फ्रेम से संपर्क तोड़े बिना घर्षणरहित चल सकती है। GH हमेशा क्षैतिज रहती है। इस छड़ को ऊपर की ओर 'u = 1 m/s' वेग देकर छोड़ा जाता है। और यहां गुरूत्व त्वरण 'g' है और 'R' के अलावा कोई प्रतिरोध परिपथ में नहीं है। छड़ द्वारा उच्चतम बिन्दु पर पहुँचने में लिया गया समय $\frac{\ell n 10}{x}$ sec हो तो x का मान ज्ञात करो -



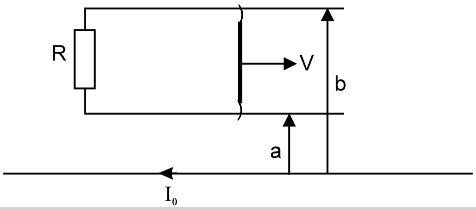
3. दो समान्तर उर्ध्वाधर धातुओं की पटरियां AB तथा CD एक दूसरे से 1 m की दूरी पर है। चित्रानुसार इनके दोनों सिरे प्रतिरोध R_1 तथा R_2 से जुड़े है। 0.2 kg की धात्विक छड़ L, गुरूत्व के प्रभाव में पटरियों पर उर्ध्वाधर नीचे की ओर बिना घर्षण के फिसल रही है। यहां 0.6T का समरूप क्षैतिज चुम्बकीय क्षेत्र पटरियों के तल के लम्बवत् विद्यमान है। जब यह सीमान्त वेग प्राप्त करती है तो R_1 तथा R_2 में शक्ति व्यय क्रमशः 0.76 W तथा 1.2 W है। यदि छड़ L का सीमान्त वेग x m/s तथा R_1 का मान y Ω व R_2 का मान ZΩ हो तो x + 76y + 10z का मान ज्ञात कीजिए। ($g = 9.8\ m/s^2$) **[JEE - 1994]**



4. दो समान्तर चालक चिकनी पटरियां एक दूसरे से ℓ = 10 cm दूरी पर है तथा m = 4mg द्रव्यमान के चलायमान चालक संयोजक से जुड़ी है। चित्रानुसार पटरियों के अन्तिम सिरे प्रतिरोध R = 2Ω तथा संधारित्र C = 1μF से जुड़े है। पटरियों के तल के लम्बवत् एक समरूप चुम्बकीय क्षेत्र B = 20T चालू किया जाता है। संयोजक पर नियत बल F=10N कार्य करता है। यदि t = 0 पर F बल आरोपित करने पर संयोजक का समय के फलन में वेग $v = 5(1 - e^{-x \times 10^4 \times t})$ m/s हो तो x का मान ज्ञात करो

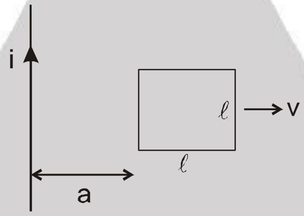


5. एक लम्बे सीधे तार में I_0 धारा प्रवाहित हो रही है, चित्रानुसार इस तार के समान्तर एवं a तथा b = 3a दूरी पर दो अन्य तार रखे है। जो कि चित्रानुसार प्रतिरोध R द्वारा आपस में जुड़े है। एक संयोजक तारों के अनुदिश नियत वेग v से बिना घर्षण के फिसल रहा है। यह मानना है कि तार, संयोजक, सम्पर्क बिन्दु का प्रतिरोध तथा फ्रेम का स्वप्रेरकत्व नगण्य है –

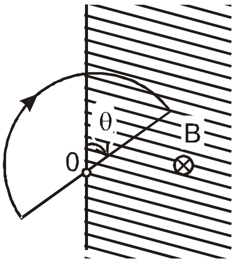


लम्बे तार के कारण फिसलने वाले तार पर लगने वाले चुम्बकीय बल का क्रिया बिन्दु (लम्बे तार से दूरी) लम्बे तार से $\frac{2a}{\ell nx}$ हो तो x का मान ज्ञात करो

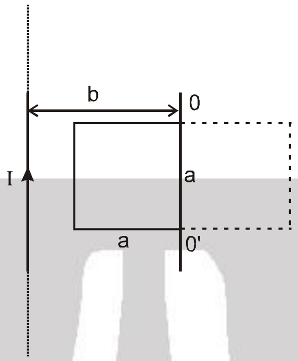
6. ℓ भुजा वाला एक वर्गाकार धात्विक लूप एक लम्बे एवं सीधे तार के समीप चित्रानुसार रखा हुआ है, तार से i धारा प्रवाहित हो रही है। लूप को, लूप एवं तार के तल में तथा तार के लम्बवत् दांयी ओर v वेग से चलाया जाता है। जब लूप का पिछला सिरा तार से a = 2ℓ दूरी पर है, तब लूप में प्रेरित वि०वा०बल $\frac{\mu_0 iv}{x\pi}$ हो तो x की गणना कीजिए।



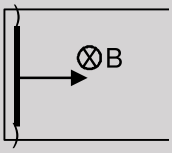
7. त्रिज्या a = 2cm का अर्द्धवृत्ताकार तार लूप एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B=1T की सीमा पर स्थिति है (चित्र)। t = 0 क्षण पर लूप नियत कोणीय त्वरण β = 2 rad/sec^2 से सतह पर सदिश रेखा B के सम्पाती अक्ष O के परितः घूमना शुरू करता है। लूप में प्रेरित वि०वा०बल समय t के फलन के रूप में [x × 10^{-4} $(-1)^n$ × t] V है, जहाँ n = 1, 2, ... है जो कि t समय पर लुप के अर्द्ध घुर्णनो की संख्या को प्रदर्शित करता है तो x का मान ज्ञात करो। (चित्र में तीर की दिशा, लिये गये वि०वा०बल की धनात्मक दिशा को दर्शाता है। (t = 0 लूप सम्पूर्ण बाहर था))



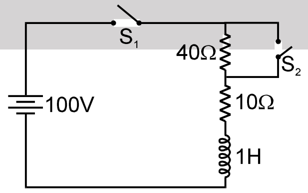
8. भुजा a का वर्गाकार तार फ्रेम एवं I नियत धारा प्रवाही सीधा चालक तार एक तल में स्थित है। (चित्र)। (फ्रेम में प्रारम्भिक धारा शून्य है) फ्रेम का प्रेरकत्व एवं प्रतिरोध क्रमशः L तथा R है। धारा प्रवाही चालक से b = 2a दूरी पर स्थित अक्ष OO' के परितः फ्रेम को 180° से घुमाते है। यदि t = 0 पर i = 0 हो तो फ्रेम से बहने वाला कुल आवेश $\frac{\mu_0 aI}{2\pi R}\ell nx$ हो तो x का मान ज्ञात करो।



9. एक Π-की आकृति का चालक, एक समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित है। चुम्बकीय क्षेत्र चालक के तल के लम्बवत् है तथा $\frac{dB}{dt}$ = 0.10 T/s की दर से समय के साथ परिवर्तित हो रहा है। एक चालक संयोजक, समान्तर चालक छड़ो के अनुदिश w = 10 cm/s^2 के नियत त्वरण से गति करना प्रारम्भ करता है। संयोजक की लम्बाई ℓ = 20 cm है। यदि t = 0 s पर लूप का क्षेत्रफल तथा चुम्बकीय प्रेरण (B) शून्य हो तो गति प्रारम्भ होने के t = 2 पश्चात् लूप से प्रेरित वि०वा०बल (mV में) ज्ञात करो ? लूप के स्वप्रेरकत्व को नगण्य मानना है।



10. चित्र में दिखाए परिपथ में समय t = 0 पर कुंजियाँ S_1 व S_2 बन्द है। समय t = (0.1) ℓn 2 sec, पश्चात् कुंजी S_2 को खोलते है। परिपथ में समय t = (0.2) ln 2 sec. पर धारा $\frac{x}{32}$ amp हो तो x का मान ज्ञात करो।

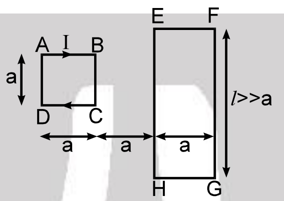


11. एक बन्द परिपथ में नियत वि०वा०बल E का स्त्रोत तथा L प्रेरकत्व की चोक कुण्डली श्रेणीक्रम में जुड़ी है। पूरे परिपथ का सक्रिय प्रतिरोध R के बराबर है। यह स्थायी अवस्था में है। t = 0 क्षण पर चोक कुण्डली का प्रेरकत्व तेजी से 4 गुना घट जाता है। परिपथ में धारा को समय t के फलन के रूप में $\frac{E}{R}$ [1 + x$e^{-4tR/L}$] द्वारा प्रदर्शित किया जाये तो x का मान ज्ञात करो।

12. a त्रिज्या का एक बहुत छोटा लूप प्रारम्भ में b (>>a) त्रिज्या के अपेक्षाकृत बड़े लूप के साथ संकेन्द्रीय रूप से समान तल में रखा हुआ है। बड़े लूप, जोकि स्थिर रखा जाता है, में नियत धारा I प्रवाहित की जाती है तथा छोटे लूप को इसके व्यास के परितः नियत कोणीय वेग ω से घुमाया जाता है। छोटे लूप का प्रतिरोध R है तथा इसका प्रेरकत्व नगण्य है।

छोटे लूप में प्रेरित धारा के कारण बड़े लूप में समय के फलन के रूप में प्रेरित वि.वा.बल $\frac{1}{x}\left(\frac{\pi a^2 \mu_0 \omega}{b}\right)^2 \frac{I\cos 2\omega t}{R}$ हो तो x का मान ज्ञात कीजिये।

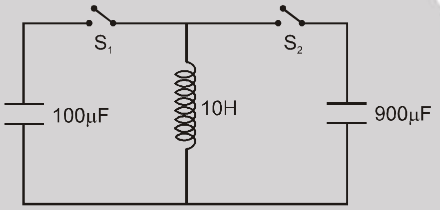
13. चित्रानुसार दो लूप ABCD तथा EFGH समान तल में है। छोटे लूप में धारा समय के साथ, I = b t के अनुसार बदलती है,जहाँ b धनात्मक नियतांक तथा t समय है। छोटे लूप का प्रतिरोध r व बड़े लूप का R है। (बड़े लूप का स्वप्रेरण नगण्य मानते हुए)



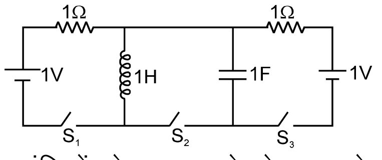
लूप EFGH पर लूप ABCD के कारण चुम्बकीय बल $\frac{\mu_0^2 \, Iab}{x\,\pi^2 \, R} \ell n \frac{4}{3}$ हो तो x का मान ज्ञात करो ।

14. 1 m लम्बी 4.0 cm^2 अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल और 4000 फेंरो वाली परिनालिका, एक अन्य परिनालिका के अन्दर रखी हुई है जिसकी लम्बाई 2m, अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल 6 cm^2 और फेरों की संख्या 2000 है। परिनालिकाओं के बीच अन्योन्य प्रेरकत्व $x\,\pi \times 10^{-5}$ H हो तो x का मान ज्ञात कीजिए।

15. प्रारंभ में 900 μF का संधारित्र 100 V तक आवेशित है और 100 μF का संधारित्र चित्रानुसार निरावेशित है। कुंजी S_2 को समय t_1 के लिए बन्द किया गया है तत्पश्चात इसे असंपर्कित करते है व तत्काल कुंजी S_1 को t_2 समय के लिए बन्द करते है व फिर असंपर्कित करते है तब यह पाया गया कि 100 μF का संधारित्र 300 V तक आवेशित है तो t_1 व t_2 समयान्तरालो के न्यूनतम सम्भव मान हो तो $\frac{t_1}{t_2}$ ज्ञात किजिए।



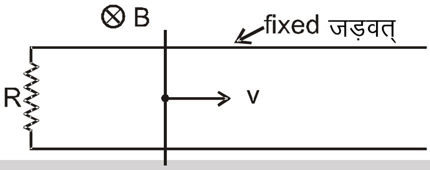
16. दिखाये गये परिपथ में कुंजियाँ S_1 तथा S_3, 1 सैकण्ड तक बन्द रखते है तथा S_2 को खुला रखते है। 1 सैकण्ड के ठीक बाद कुंजी S_2 को बन्द करते है तथा S_1, S_3 को खोलते है।



S_2 को चालू करने के क्षण तथा सभी कुंजियों के बन्द करने के क्षण को t = 0 मानते हुए संधारित्र की ऊपरी प्लेट का आवेश समय के फलन के रूप में $q = x \times 10^{-2} \cos\left(t + \frac{\pi}{4}\right)$ हो तो x का मान ज्ञात करो। (दिया है $\left(1 - \frac{1}{e}\right)\sqrt{2} \cong 0.89$)

भाग - III : एक या एक से अधिक सही विकल्प प्रकार

1.* एक प्रतिरोध R को दो समान्तर चिकनी चालक पटरियों के बीच जोड़ा जाता है। एकचालक छड़ उन स्थिर जड़वत् (fixed) क्षैतिज पटरियों पर रखी है तथा एक समान नियत चुम्बकीय क्षेत्र B पटरियों के तल के लम्बवत् चित्रानुसार विद्यमान है। यदि छड़ को चित्रानुसार वेग V देकर छोड़ दिया जाता है तो यह कुछ समय बाद रूक जायेगी। तो निम्न में से कौनसे विकल्प सही है।



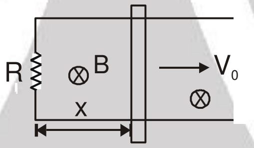
(A) चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा किया गया कुल कार्य ऋणात्मक है।

(B) चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा किया गया कुल कार्य धनात्मक है।

(C) चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा किया गया कुल कार्य शून्य है।

(D) चालक छड़ की गतिज ऊर्जा में हानि R के सिरों पर उत्पन्न ऊष्मा के तुल्य है।

2. एक चालक छड़ जिसकी लम्बाई ℓ है दो समान्तर चालक घर्षण विहिन स्थिर पटरियो पर 'v_0' अचर वेग से चल रही है। तथा यह पटरिया, पटरियो के तल के लम्बवत् नियत तथा एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B में चित्रानुसार रखी है। पटरियों के सिरो को एक प्रतिरोध R से जोड़ा गया है। तब निम्न में से कौन सही है/हैं :



(A) प्रतिरोध में उत्पन्न ऊष्मीय शक्ति बाह्य व्यक्ति द्वारा छड़ को खींचने में किये गये कार्य की दर के बराबर होगी।

(B) अगर बाह्य बल को दुगना किया जाए तब, बाह्य शक्ति का कुछ भाग छड़ की चाल को बढ़ाता है।

(C) अगर बाह्य बल द्वारा छड़ को त्वरित किया जाए तब लैंज नियम वैद्य नहीं है।

(D) अगर प्रतिरोध R को दुगना किया जाए तो छड़ को अचर वेग v_0 पर बनाये रखने के लिए आवश्यक शक्ति आधी हो जायेगी।

3*. एक चालक वलय को समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में इस प्रकार रखा गया है कि इसका तल क्षेत्र के लम्बवत् है। वलय में वि. वा.बल प्रेरित होगा, यदि –

(A) इसको इसकी अक्ष के परितः घूर्णित किया जाये। (B) इसको स्थानांतरित किया जाये।

(C) इसको व्यास के परितः घूर्णित किया जाये। (D) इसको विरूपित किया जाये।

4.* एक चालक लूप इसके जड़वत् व्यास के सापेक्ष नियत कोणीय वेग से समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में घूर्णन कर रहा है। चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा इसके स्थिर व्यास के लम्बवत् है।

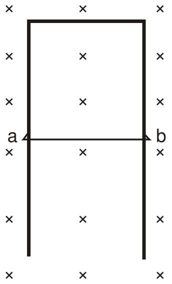
(A) जब फ्लक्स शून्य होगा तब वि०वा०बल अधिकतम होगा।

(B) जब फ्लक्स अधिकतम होगा तब वि०वा०बल शून्य होगा।

(C) जब लूप का तल चुम्बकीय क्षेत्र के समान्तर होगा तब वि०वा०बल अधिकतम होगा।

(D) वि०वा०बल तथा फ्लक्स के मध्य कलान्तर $\pi/2$ है।

5.* ℓ लम्बाई, r प्रतिरोध और m द्रव्यमान वाला एक ताम्बे का तार ab, t = 0 पर चित्र में प्रदर्शित दो जुड़ी हुई उर्ध्वाधर एवं मोटी तथा चिकनी चालक पटरियों पर फिसलना प्रारम्भ करता है। इस स्थान पर पटरियों के तल के लम्बवत् दिशा में समरूप चुम्बकीय क्षेत्र B विद्यमान है। तो कौनसे विकल्प सत्य है।



(A) जब तार v चाल से गतिशिल है तब तार में प्रेरित धारा का परिमाण $\frac{vB\ell}{r}$, तथा इस धारा की दिशा a से b

(B) इस क्षण तार का निचे की तरफ त्वरण $g - \frac{B^2\ell^2}{mr}v$ है .

(C) समय के फलन के रूप में तार का वेग $v_m(1 - e^{-gt/v_m})$ है,(जहाँ $v_m = \frac{mgr}{B^2\ell^2}$)

(D) समय के फलन के रूप में तार का विस्थापन $v_m t - \frac{v_m^2}{g}(1 - e^{-gt/v_m})$है,(जहाँ $v_m = \frac{mgr}{B^2\ell^2}$)

6*. 'L' प्रेरकत्व का एक अतिचालक लूप एक ऐसे चुम्बकीय क्षेत्र में रखा हुआ है जो समय के साथ परिवर्तित होता है। यदि ϕ कुल फ्लक्स तथा ε = कुल प्रेरित वि०वा०बल हो तो

(A) ϕ = नियत (B) $I = 0$ (C) $\varepsilon = 0$ (D) $\varepsilon \neq 0$

7.* LR श्रेणी क्रम परिपथ t = 0 पर बैटरी से जोड़ा जाता है। संयोजन के तुरन्त पश्चात् कौनसी राशियाँ शून्य है ?

(A) परिपथ में धारा (B) प्रेरकत्व में चुम्बकीय ऊर्जा

(C) बैटरी द्वारा प्रदान शक्ति (D) प्रेरकत्व में प्रेरित वि०वा०बल

8.* एक LR श्रेणी क्रम परिपथ में L = 1 H एवं R = 1 Ω है। यह 2 V वि०वा०बल के साथ जोडा जाता है तो चुम्बकीय क्षेत्र में संग्रहित होने वाली ऊर्जा की अधिकतम दर है –

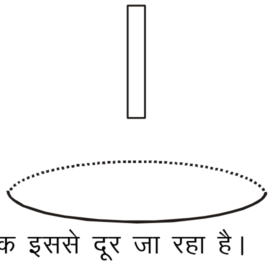
(A) चुम्बकीय क्षेत्र में संग्रहित ऊर्जा की अधिकतम दर 1W है।

(B) चुम्बकीय क्षेत्र में संग्रहित ऊर्जा की अधिकतम दर 2W है।

(C) इस क्षण पर धारा 1A है।

(D) इस क्षण पर धारा 2A है।

9*. चित्र में एक छड़ चुम्बक को, तांबे की वलय की अक्ष के अनुदिश गति करवाई जाती है। चुम्बक की ओर से देखने पर, वलय में प्रेरित धारा की दिशा वामावर्ती प्रेक्षित होती है। निम्न में से कौनसा/कौनसे विकल्प सत्य हो सकते है



(A) उत्तर ध्रुव, वलय की ओर है तथा चुम्बक इससे दूर जा रहा है।

(B) उत्तर ध्रुव, वलय की ओर है तथा चुम्बक इसकी ओर आ रहा है।

(C) दक्षिण ध्रुव, वलय की ओर है तथा चुम्बक इससे दूर जा रहा है।

(D) दक्षिण ध्रुव, वलय की ओर है तथा चुम्बक इसकी ओर आ रहा है।

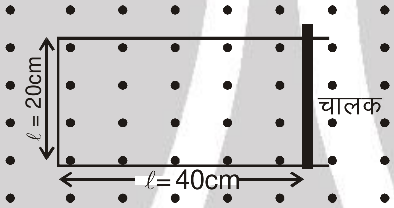
10.* दो भिन्न कुण्डलियों के स्व–प्रेरकत्व $L_1 = 8$ mH तथा $L_2 = 2$ mH है। एक कुण्डली की धारा में नियत दर से वृद्धि हो रही है। दूसरी कुण्डली में भी धारा की वृद्धि दर समान है। समय के किसी क्षण पर, दोनों कुण्डलियों को समान शक्ति दी जाती है। इस समय, प्रथम कुण्डली में धारा, प्रेरित विभव व संचित ऊर्जा क्रमशः i_1, V_1 व W_1 है। समान क्षण पर, दूसरी कुण्डली के लिये संगत राशियाँ क्रमशः i_2, V_2 व W_2 है तब

(A) $\frac{i_1}{i_2} = \frac{1}{4}$ (B) $\frac{i_1}{i_2} = 4$ (C) $\frac{W_2}{W_1} = 4$ (D) $\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{4}$

भाग - IV : अनुच्छेद (COMPREHENSION)

अनुच्छेद 1.

चित्र में नगण्य प्रतिरोध की एक चालक छड़ दर्शायी गई है जो 1Ω/m प्रतिरोध के तार से बनी U-आकार की चिकनी पटरियों पर फिसल सकती है। t = 0 पर चालक छड़ की स्थिति दिखाई गई है। समय t = 0 पर B = 2t टेसला का समय पर निर्भर चुम्बकीय क्षेत्र चालू करते हैं –



1. t = 0 पर लूप में प्रेरित वि. वा. बल के कारण धारा है –

(A) 0.16 A, दक्षिणावर्त (B) 0.08 A, दक्षिणावर्ती
(C) 0.08 A, वामावर्ती (D) शून्य

2. समय t = 0 पर, जब चुम्बकीय क्षेत्र चालू करते हैं, तो चालक छड़ बायीं तरफ नियत चाल 5 सेमी./से. से बाह्य कारक द्वारा गतिमान होती है। छड़, पटरियों के लम्बवत् गतिमान है। समय t = 2 से. पर, प्रेरित वि. वा. बल का परिमाण है –

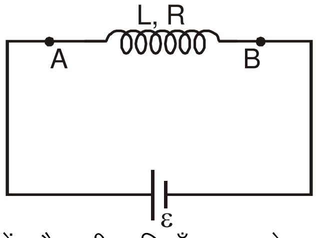
(A) 0.12 V (B) 0.08 V (C) 0.04 V (D) 0.02 V

3. उपरोक्त प्रश्न की स्थिति में,समान क्षण t = 2s से. पर चालक छड़ को नियत चाल 5 सेमी./से. से गतिमान रखने के लिए आवश्यक बल का परिमाण है –

(A) 0.16 N (B) 0.12 N (C) 0.08 N (D) 0.06 N

अनुच्छेद 2

स्वप्रेरण L की एक प्रेरकत्व कुण्डली जिसका प्रतिरोध R है, को वि. वा. बल ε वाली बैटरी से जोड़ा गया है। t = 0 पर जब परिपथ स्थायी अवस्था में है, एक लोहे की छड़ को प्रेरक कुण्डली के अन्दर प्रवेश कराते हैं जिससे प्रेरकत्व n L हो जाता है (n > 1)।



4. छड़ के प्रवेश कराने के पश्चात् निम्न में कौन सी राशियाँ समय के साथ परिवर्तित होंगी –

(1) सिरे A तथा B के बीच विभवान्तर
(2) प्रेरकत्व
(3) कुण्डली में उत्पन्न ऊष्मा की दर

(A) केवल (1) (B) (1) तथा (3) (C) केवल (3) (D) (1), (2) तथा (3))

5. छड़ को प्रवेश कराने के पश्चात्, परिपथ में धारा –
(A) समय के साथ बढ़ेगी।
(B) समय के साथ घटेगी।
(C) समय के साथ नियत रहेगी।
(D) समय के साथ पहले घटेगी तथा बाद में नियत हो जायेगी।

6. जब परिपथ पुनः स्थायी अवस्था में आता है, तो इसमें धारा है –
(A) $I < \varepsilon/R$
(B) $I > \varepsilon/R$
(C) $I = \varepsilon/R$
(D) इसमें से कोई नहीं

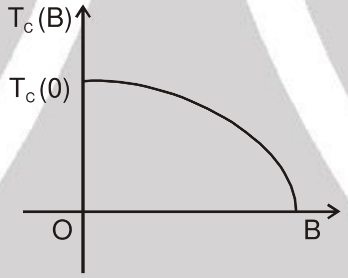
Exercise-3

चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।
*** चिन्हित प्रश्न एक से अधिक सही विकल्प वाले प्रश्न है -**

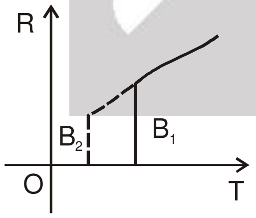
भाग - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE (पिछले वर्षों) के प्रश्न

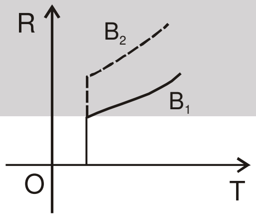
प्रश्न 1 और 2 के लिए अनुच्छेद

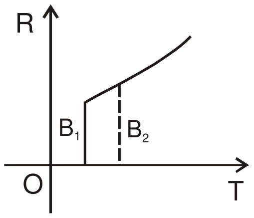
अतिचालक के नाम से प्रचलित पदार्थों का तापमान यदि एक क्रांतिक तापमान $T_C(0)$ से कम किया जाय तो उनका विद्युत प्रतिरोध शून्येतर (Non Zero) मान से एकाएक शून्य हो जाता है। इन अतिचालकों का एक रोचक गुण यह है कि इन्हें चुम्बकीय क्षेत्र B में रखने पर इनके क्रान्तिक ताप का मान T_C (0) की अपेक्षा घट जाता है। यानि कि क्रांतिक ताप T_C (B) का मान चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता B पर निर्भर करता है। T_C (B) की B पर निर्भरता चित्र में दर्शायी गई है।

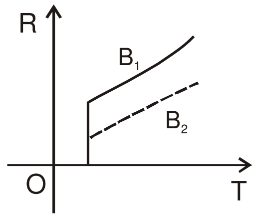


1. निम्न ग्राफ में अतिचालक के प्रतिरोध R की तापमान पर निर्भरता दो अलग–अलग चुम्बकीय क्षेत्रों B_1 (ठोस रेखा) तथा B_2 (बिन्दुवत रेखा) में दिखाई गई हैं। यदि B_2 का मान B_1 से बड़ा है, तो निम्न में से कौन सा ग्राफ R का T के साथ इन चुम्बकीय क्षेत्रों में सही परिवर्तन दिखलाता है ? **[JEE - 2010' 3/163, –1]**

(A)


(B)


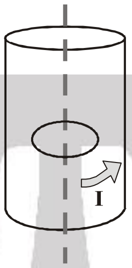
(C)


(D)


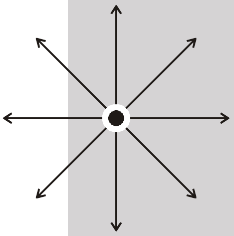
2. एक अतिचालक का T_C (0) = 100 K है। 7.5 Tesla के चुम्बकीय क्षेत्र में इसका T_C 75 K हो जाता है। इससे यह निश्चित रूप से कहा जा सकता है कि इस पदार्थ के लिए : **[JEE - 2010' 3/163, –1]**

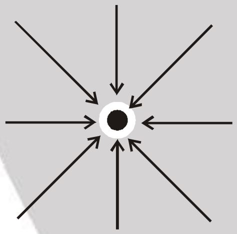
(A) B = 5 Tesla, T_C (B) = 80 K
(B) B = 5 Tesla, 75 K < T_C (B) < 100 K
(C) B = 10 Tesla, 75 K < T_C (B) < 100 K
(D) B = 10 Tesla, T_C (B) = 70 K

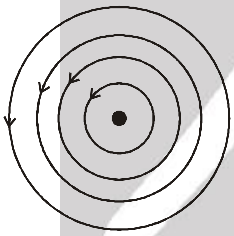
3. 10 m लम्बी वृतीय नली जिसकी त्रिज्या 0.3 m है, के वक्रीय–पृष्ठ में I धारा प्रवाहित है (चित्र देखिये)। एक तारलूप, जिसका प्रतिरोध 0.005 ohm तथा त्रिज्या 0.1 m है, नली के अन्दर रखा है। दोनों के अक्ष एक दूसरे के साथ सम्पांती हैं। धारा $I = I_0 \cos(300\ t)$ के अनुसार परिवर्तित होती है। जहाँ I_0 स्थिरांक है। यदि लूप का चुम्बकीय आघूर्ण $N\mu_0 I_0 \sin(300\ t)$, हो, तब 'N' का मान होगा **[JEE - 2011' 4/160]**

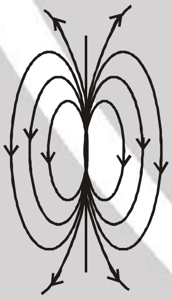


4. नीचे दिये गये क्षेत्र–चित्रामों (field patterns) में से कौन सा चित्राम वैद्युत–क्षेत्र एवं चुम्बकीय–क्षेत्र दोनो के लिए मान्य हैं? **[JEE - 2011' 3/160, –1]**

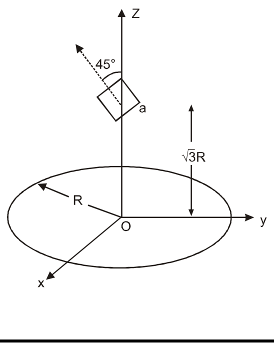
(A)


(B)


(C)


(D)


5. चित्र में दर्शाये अनुसार R त्रिज्या का एक वृत्ताकार तार लूप (पाश) x–y तल में रखा है और इसका केन्द्र O पर है। इस वृत्ताकार लूप के अक्ष पर भुजा a (a << R) की दो फेरों वाली वर्गाकार–कुंडली रखी है जिसका केन्द्र $z = \sqrt{3}R$ पर है (चित्र देखिये)। कुण्डली का तल z- अक्ष से 45° कोण पर है। यदि लूप और कुंडली का अन्योन्य प्रेरकत्व $\frac{\mu_0 a^2}{2^{p/2}R}$ है, तब p का मान क्या है ? **[IIT-JEE-2012, Paper-1; 4/70]**



6. एक असीमित लम्बाई के तार में धारा प्रवाहित है। यह तार एक वृत्तीय तार लूप के व्यास पर बिना उससे संपर्क किये रखा है। तब सही प्रकथन है/हैं **[IIT-JEE-2012, Paper-2; 4/66]**

(A) यदि धारा अपरिवर्तित है तो लूप में प्रेरित विभवान्तर (emf) शून्य है।
(B) यदि धारा अपरिवर्तित है तो लूप में प्रेरित विभवान्तर (emf) परिमित है।
(C) यदि धारा एकसमान दर से घट रही है। तो प्रेरित विभवान्तर (emf) शून्य है।
(D) यदि धारा एकसमान दर से घट रही है। तो प्रेरित विभवान्तर (emf) परिमित है।

प्रश्न 7 और 8 के लिए अनुच्छेद

x-y तल में R त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में एक Q बिन्दु आवेश ω कोणीय गति से परिक्रमा कर रहा है। इसे लूप में बहती $\frac{Q\omega}{2\pi}$ अपरिवर्ती धारा के तुल्य माना जा सकता है। अब एकसमान चुंबकीय क्षेत्र को धनात्मक z-दिशा में चालू करते हैं जिसका मान 0 से B तक एक सैकण्ड में एकसमान दर से बढ़ता है। यह मानिये कि इस दौरान कक्ष की त्रिज्या स्थिर रहती है। चुंबकीय क्षेत्र के लगाने से कक्ष में एक emf प्रेरित होता है। एक प्रेरित विद्युत क्षेत्र द्वारा इकाई धन आवेश को संवृत्त लूप के चारों ओर घुमाने में किये गये कार्य की मात्रा को प्रेरित विद्युतवाहक बल (emf) कहा जाता है। यह ज्ञात है कि जब एक आवेश एक कक्ष में परिभ्रमण करता है तब उसका चुंबकीय द्विध्रुव आघूर्ण उसके कोणीय संवेग के आनुपातिक होता है जिसका अनुपातिक स्थिरांक γ है। **[JEE ADVANCED_2013, 3×2/60]**

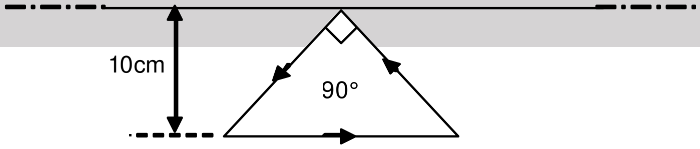
7. चुंबकीय क्षेत्र के परिवर्तन के दौरान कक्ष में किसी विशेष क्षण पर प्रेरित विद्युत क्षेत्र का परिमाण है।

(A) $\frac{BR}{4}$ (B) $\frac{BR}{2}$ (C) BR (D) 2BR

8. जिस समय अन्तराल में चुंबकीय क्षेत्र में परिवर्तन होता है, उस अन्तराल के अन्त में, आवेश के कक्ष से चुंबकीय द्विध्रुव आघूर्ण में परिवर्तन है।

(A) $-\gamma BQR^2$ (B) $-\gamma\frac{BQR^2}{2}$ (C) $\gamma\frac{BQR^2}{2}$ (D) γBQR^2

9. एक समकोणीय त्रिकोण चालकीय फंदे की ऊँचाई 10cm है एवं इसकी दो भुजाएं समान है। इस फंदे का समकोणीय 90° बिन्दु एक अनंत लम्बाई के चालकीय तार के बहुत नजदीक इस तरह से रखा गया है की त्रिकोण का कर्ण चालकीय तार के समानान्तर है (जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है)। तार तथा फंदा एक दूसरे से विद्युतरोधी है। त्रिकोणिय फंदे में धारा वामावर्त दिशा में एक समान दर 10 A s^{-1} से बढ़ती है। निम्नलिखित में से कौनसा/कौनसे कथन सत्य है/हैं ? **[JEE Advanced 2016]**



(A) तार में उत्पन्न emf का परिमाण $\left(\frac{\mu_0}{\pi}\right)$ volt है

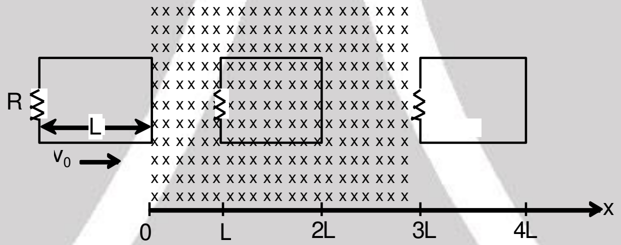
(B) यदि फंदे को एक समान कोणिय गति के तार के अक्ष पर घुमाया जाता है तब तार में $\left(\frac{\mu_0}{\pi}\right)$ volt परिमाण का अतिरिक्त emf प्रेरित होता है।

(C) तार में प्रेरित धारा कर्ण में धारा के विपरीत दिशा में है

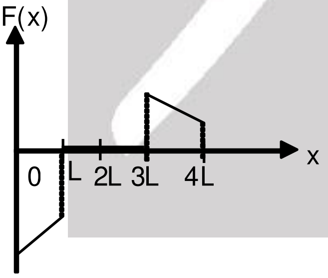
(D) फंदे एवं तार के मध्य प्रतिकर्षी बल है

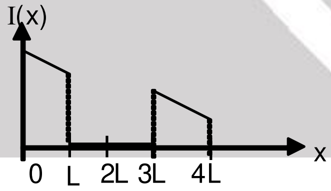
10. दो प्रेरकों (Inductors) L_1 तथा L_2 का प्रेरकत्व क्रमशः 1 mH एवं 2mH है, एवं आंतरिक प्रतिरोध 3Ω एवं $4\ \Omega$ है। इन दोनों प्रेरकों तथा एक प्रतिरोधक R जिसका प्रतिरोध $12\ \Omega$ है, सभी को एक 5V की बैट्री से समान्तर में जोड दिया गया है। परिपथ को समय t = 0 पर चालू किया जाता है। बैट्री से निकली अधिकतम एवं न्यूनतम धाराओं का अनुपात (I_{max} / I_{min}) क्या होगा। **[JEE (Advanced) 2016 ; P-1, 3/62]**

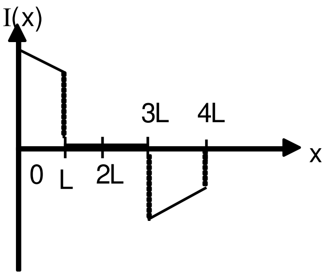
11. एक वर्गीय आकृति वाला तार का द्रढ़ फंदा, जिसके भुजा की लंबाई L एवं प्रतिरोध R है, x-अक्ष की दिशा में एक स्थिर गति v_0 से इस कागज के प्लेन पर (plane of the paper) गतिमान है। समय t = 0 पर फंदे का दाहिना किनारा 3L लंबाई के स्थिर चुंबकीय क्षेत्र B_0 में प्रवेश करता है। चुंबकीय रेखाओं की दिशा कागज के प्लेन के लंबवत् अंदर की ओर है (जैसा चित्र में दर्शाया गया है)। v_0 का मान पर्याप्त होने पर अंततोगत्वा फंदा चुंबकीय क्षेत्र को पार करता है। मान लिजिए की फंदे की दाहिनी भुजा स्थान x पर है। फंदे की गति, फंदे में धारा एवं फंदे पर बल की x पर निर्भरता को क्रमशः v(x), I(x) एवं F(x) से निरूपित किया गया है। वामवर्त धारा को पोजिटिव लें। **[JEE Advanced 2016 ; P-2, 4/62, –2]**

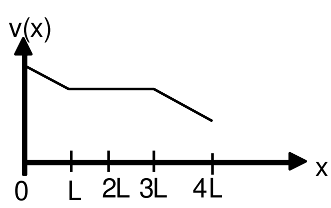


निम्नलिखित में से कौनसा/कौनसे व्यवस्था चित्र सही है/ हैं ? (गुरूत्वाकर्षण नगण्य माने)

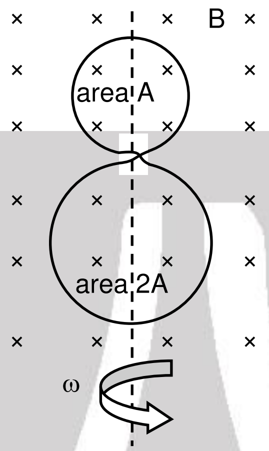
(A)


(B)


(C)


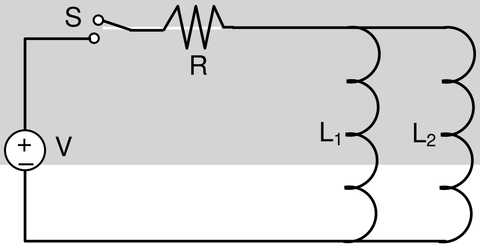
(D)


12*. एक गोलाकार विद्युत–रोधी ताम्र तार (insulated copper wire) को A एवं 2A वाले दो क्षेत्रफलों के वलयों में व्यावर्तित किया गया हैं। तारों के अतिक्रमण बिन्दु विद्युतरोधी रहते है (जैसा चित्र में दर्शाया गया है)। संपूर्ण वलय कागज़ के तल में स्थित है। कागज के तल के अभिलम्बवत स्थिर तथा एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ सर्वत्र उपस्थित है। वलय अपने सामुदायिक व्यासों से बने अक्ष के परितः समय t = 0 से ω कोणीय वेग (angular velocity) से घूमना शुरू करता है। निम्न में से कौन सा (से) कथन सही है/हैं ? **[JEE (Advanced) 2017 ; P-1, 4/61, –2]**



(A) दोनों वलयों से उत्पन्न कुल प्रेषित विद्युत वाहक बल cos ωt से समानुपाती है
(B) जब वलयों का तल कागज़ के तल से अभिलंब दिशा में होता है तब अभिवाह के परिवर्तन की दर अधिकतम होती है
(C) दोनों वलयों से उत्पन्न अधिकतम कुल प्रेषित विद्युत वाहक बल का आयाम, छोटे वलय में उत्पन्न अधिकतम प्रेषित विद्युत वाहक बल के आयाम के बराबर होगा
(D) प्रेषित विद्युत वाहक बल वलयों के क्षेत्रफलों के योग के समानुपातिक है।

13*. दो आदर्श प्रेरक (ideal inductor) L_1 एवं L_2 और एक प्रतिरोध (resistance) R को एक अचल वोल्टता V के स्त्रोत से एक स्विच S द्वारा जोडा जाता है (जैसा चित्र में दिखाया गया है) L_1 एवं L_2 के बीच अन्योन्य प्रेरकत्व (mutual inductance) नहीं है। प्रारंभ में स्विच S खुला है। समय t = 0 पर स्विच बंद किया जाता है और धारा बहनी शुरू होती है। निम्न में कौनसा (से) प्रकथन सही है/हैं? **[JEE(Advanced)-2017 ; P-2, 4/61, –2]**



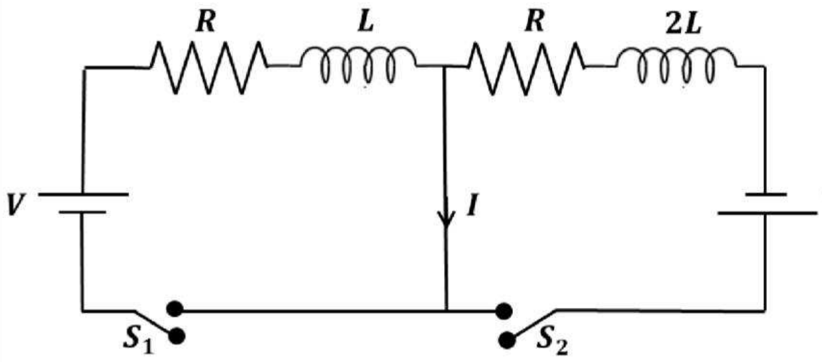
(A) दीर्घकाल के बाद L_2 में प्रवाहित धारा $\frac{V}{R}\frac{L_1}{L_1+L_2}$ होगी

(B) t = 0 पर प्रवाहित R में प्रवाहित धारा $\frac{V}{R}$ है

(C) दीर्घकाल के बाद L_1 में प्रवाहित धारा $\frac{V}{R}\frac{L_2}{L_1+L_2}$ होगी

(D) L_1 एवं L_2 में प्रवाहित धारा का अनुपात हर समय (t > 0) नियत रहता है

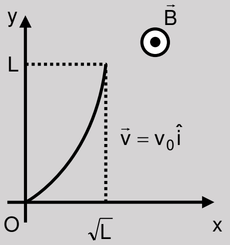
14*. नीचे दर्शाये गये चित्र में S_1 और S_2 कुंजियों (switches) को समय t = 0 पर एक साथ बन्द किया जाता है और परिपथ (circuit) में धारा बहने लगती है। दोनों बैटरियों (batteries) के विद्युतवाहक–बल (electromotive force ; emf) का परिमाण समान है और उनका ध्रुवण (polarity) चित्र में दर्शाया गया है। दोनों प्रेरकों (inductors) के बीच अन्योन्य प्रेरकत्व (mutual inductance) की उपेक्षा कीजिए। यदि मध्य में स्थित तार में धारा I अपने परिमाण I_{max} पर समय $t = \tau$ पर पहुँचती है तो निम्नलिखित कथनों में से कौनसा (से) सही है (हैं) ? **[JEE(Advanced) 2018 ; P-1, 4/60, –2]**



(A) $I_{max} = \frac{V}{2R}$ (B) $I_{max} = \frac{V}{4R}$ (C) $\tau = \frac{L}{R}\ell n2$ (D) $\tau = \frac{2L}{R}\ell n2$

15. चित्रानुसार एक असमान चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = B_0\left(1+\left(\frac{y}{L}\right)^{\beta}\right)\hat{k}$ में एक परवलयाकार (parabolic shape), आरम्भ में $y = x^2$ वाला, विद्युत चालक तार वेग $\vec{v} = v_0\hat{i}$ से चल रहा है। यदि V_0, B_0, L व β धनात्मक नियतांक है एवं तार के सिरों के मध्य उत्पन्न विभवान्तर $\Delta\phi$ है, तब निम्नलिखित कथनों में से कौनसा/कौनसे सही है(हैं) ?

[JEE (Advanced) 2019 ; P-1, 4/62, –1]



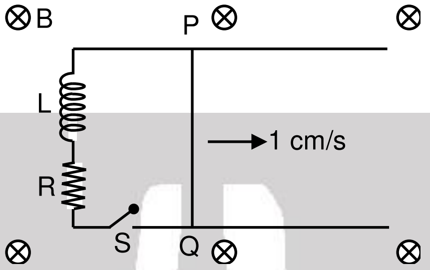
(1) $|\Delta\phi| = \frac{4}{3}B_0V_0L$, $\beta = 2$ के लिए

(2) $|\Delta\phi|$, अपरिवर्तित रहेगा यदि परवलयाकार तार को $\sqrt{2}\ell$ लम्बाई के सीधे तार y = x के द्वारा प्रतिस्थापित किया जाता है।

(3) $|\Delta\phi| = \frac{1}{2}B_0V_0L$, $\beta = 0$ के लिए

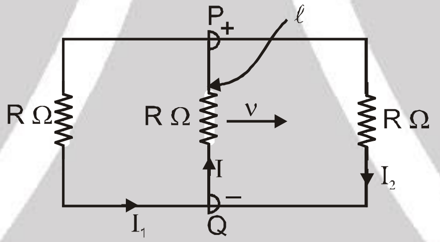
(4) $|\Delta\phi|$, y-अक्ष पर तार की लम्बाई के प्रक्षेप के समानुपाती होगी

16. दो क्षैतिज समांतर रेलों जिनका प्रतिरोध शून्य है पर एक 10 cm लंबा सुचालक (perfectly conducting) तार PQ 1 cm/s के वेग से चल रहा है। रेलों के एक सिरे पर L = 1 mH प्रेरक (inductor) तथा R = 1Ω प्रतिरोधक चित्रानुसार जुड़ा है। दोनों क्षैतिज रेलें, L तथा R एक ही तल में हैं और तल के लम्बवत् एक समान चुंबकीय क्षेत्र B = 1T लगा हुआ है। यदि S कुंजी को किसी क्षण बंद करें तब परिपथ में 1 millisecond के पश्चात् धारा $x \times 10^{-3}$A है, जहाँ x का मान ______________ होगा। [कुंजी S बंद करने के पश्चात् तार PQ का वेग नियत (1 cm/s) मानें। दिया है: $e^{-1} = 0.37$, जहाँ e प्राकृतिक लघुगणक [natural logarithm] का आधार है। **[JEE (Advanced) 2019 ; P-2, 3/62,]**



भाग - II : JEE (MAIN) / AIEEE (पिछले वर्षों) के प्रश्न

1. एक आयाताकार लूप लम्बाई ℓ और प्रतिरोध R Ω का एक सर्पी संयोजक PQ रखता है और यह चाल v से गतिशील है जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। कागज के तल में अन्दर की ओर जाते हुए एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में इस व्यवस्था को रखा जाता है। तीन धाराएँ I_1, I_2 एवं I हैं **[AIEEE 2010, 8/144, –2]**



(1) $I_1 = -I_2 = \frac{B\ell v}{R}$, $I = \frac{2B\ell v}{R}$
(2) $I_1 = I_2 = \frac{B\ell v}{3R}$, $I = \frac{2B\ell v}{3R}$
(3) $I_1 = I_2 = I = \frac{B\ell v}{R}$
(4) $I_1 = I_2 = \frac{B\ell v}{6R}$, $I = \frac{B\ell v}{3R}$

2. प्रारम्भिक आवेश q_0 वाले एक सम्पूर्ण आवेशित संधारित्र C को t = 0 पर एक स्व–प्रेरण L वाली कुण्डली से जोड़ा जाता है। वह समय क्या होगा, जिस पर विद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्रों में संग्रहित ऊर्जा एकसमान हैं :
[AIEEE - 2011, 1 May, 4/120, –1]

(1) $\pi\sqrt{LC}$ (2) $\frac{\pi}{4}\sqrt{LC}$ (3) $2\pi\sqrt{LC}$ (4) $\sqrt{LC}$

3. क्षेत्र, जहाँ पृथ्वी का चुम्बकीय क्षेत्र 5.0×10^{-5} $NA^{-1}m^{-1}$ उत्तर की ओर एवं क्षैतिज है, में एक नाव पूर्व की ओर गतिशील है। नाव में 2m लम्बा एवं ऊर्ध्वाधर स्तम्भ है। यदि नाव की चाल 1.50 ms^{-1} है, तब स्तम्भ के तार में प्रेरित विद्युत वाहक बल का परिमाण है : **[AIEEE - 2011, 1 May, 4/120, –1]**

(1) 1 mV (2) 0.75 mV (3) 0.50 mV (4) 0.15 mV

4. पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र (0.30×10^{-4} Wb \ m^2) के क्षैतिज घटक से समकोण पर पूर्व से पश्चिम तक फैला 20 m लम्बा एक क्षैतिज सीधा तार 5.0 m/s की चाल से गिर रहा है। तार में प्रेरित विद्युत वाहक बल का तात्क्षणिक मान होगा : **[AIEEE 2011, 11 May; 4/120, –1]**

(1) 3 mV (2) 4.5 mV (3) 1.5 mV (4) 6.0mV

5. एक एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में एक कुण्डली को लटकाया गया है। कुण्डली का तल चुम्बकीय बल रेखाओं के समान्तर है। जब कुण्डली में एक धारा प्रवाहित करते हैं, तब यह दोलन करने लगती है और इसको रोकना मुश्किल हो जाता है। परन्तु जब एक एल्युमिनीयम प्लेट को कुण्डली के पास लाया जाता है, तब यह रूक जाती है। इसका कारण है :**[AIEEE 2012 ; 4/120, –1]**

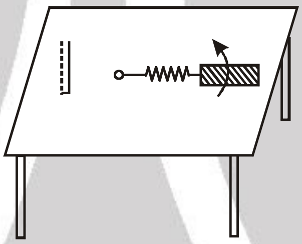
(1) जब प्लेट रखी जाती है, तब वायु धारा विकसित होती है

(2) प्लेट पर विद्युत आवेश का प्रेरण

(3) चुम्बकीय बल रेखाओं का परिरक्षण क्योंकि एल्युमिनियम एक अनुचुम्बकीय पदार्थ है

(4) एल्युमिनियम प्लेट में विद्युत चुम्बकीय प्रेरण विद्युत चुम्बकीय अवमंदन को उत्पन्न करता है

6. लम्बाई 'l' की एक धातु की छड़ लम्बाई 2l की एक डोरी से बँधी है और डोरी के एक सिरे को स्थिर रख कर इसे कोणीय चाल ω से क्षैतिज मेज पर घूर्णित किया जाता है। यदि क्षेत्र में एक ऊर्ध्वाधर चुम्बकीय क्षेत्र 'B' है, तब छड़ के सिरों पर प्रेरित विद्युत वाहक बल है : **[JEE (Main) 2013, 4/120]**



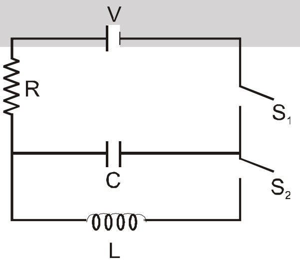
(1) $\frac{2B\omega l^2}{2}$ (2) $\frac{3B\omega l^2}{2}$ (3) $\frac{4B\omega l^2}{2}$ (4) $\frac{5B\omega l^2}{2}$

7. त्रिज्या 0.3 cm का एक वृत्तीय लूप एक काफी बड़े त्रिज्या 20 cm के वृत्तीय लूप के समान्तर रखा है। छोटे लूप का केन्द्र बडे लूप के अक्ष पर है। उनके केन्द्रो के बीच दूरी 15 cm है। यदि छोटे लूप से 2.0 A की धारा प्रवाहित होती है, तब बडे लूप से सम्बद्धित फ्लक्स है : **[JEE(Main) 2013, 4/120]**

(1) 9.1×10^{-11} वेबर (2) 6×10^{-11} वेबर

(3) 3.3×10^{-11} वेबर (4) 6.6×10^{-9} वेबर

8. नीचे दर्शाये गये एक LCR परिपथ में प्रारम्भ में दोनों स्विच खुले हैं। अब स्विच S_1 को बन्द किया जाता है, S_2 को खुला रखा जाता है। (संधारित्र पर आवेश q हैं और τ = RC धारितीय समय स्थिरांक है।) निम्नलिखित में से कौनसा कथन सही हैं ? **[JEE (Main) 2013, 4/120]**



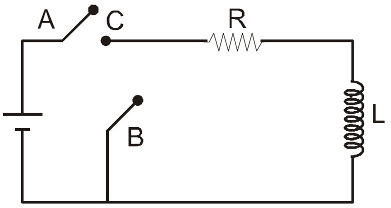
(1) बैटरी द्वारा किया गया कार्य प्रतिरोधक में हुई ऊर्जा क्षय का आधा है।

(2) $t = \tau$ पर $q = CV/2$

(3) $t = 2\tau$ पर $q = CV(1 - e^{-2})$

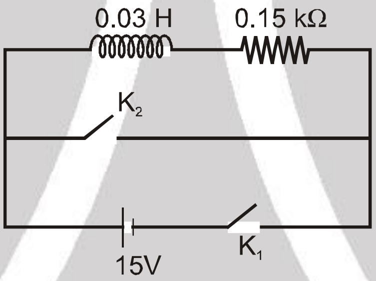
(4) $t = \frac{\tau}{2}$ पर $q = CV(1 - e^{-1})$

9. यहाँ दर्शाये गये परिपथ में, बिन्दु 'C' को बिन्दु 'A' से तब तक जोडे रखा जाता है जब तक कि परिपथ में प्रवाहित धारा स्थिर नहीं हो जाए। तत्पश्चात् अचानक बिन्दु 'C' को बिन्दु 'A' से हटाकर बिन्दु 'B' से t = 0 समय पर जोड दिया जाता है। t = L/R प्रतिरोध एवं कुण्डली के सिरो पर वोल्टता का अनुपात होगा। **[JEE (Main) 2014, 4/120, –1]**



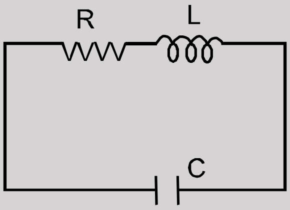
(1) $\frac{e}{1-e}$ (2) 1 (3) –1 (4) $\frac{1-e}{e}$

10. दर्शाये गये परिपथ में, एक प्रेरक (L = 0.03H) तथा एक प्रतिरोधक (R = 0.15 kΩ) किसी 15V विद्युत वाहक बल (ई.एम.एफ.) की बैटरी से जुड़े हैं। कुंजी K_1 को बहुत समय तक बन्द रखा गया है। इसके पश्चात् समय t = 0 पर, K_1 को खोल कर साथ ही साथ, K_2 को बन्द किया जाता है। समय t = 1ms पर, परिपथ में विद्युत धारा होगी : ($e^5 \cong 150$)
[JEE(Main) 2015; 4/120, –1]

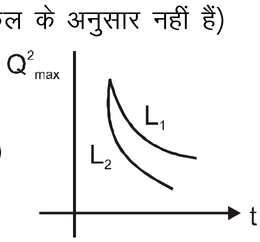


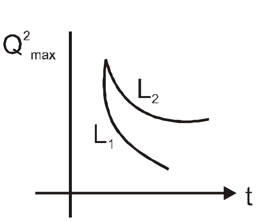
(1) 100 mA (2) 67 mA (3) 6.7 mA (4) 0.67 mA

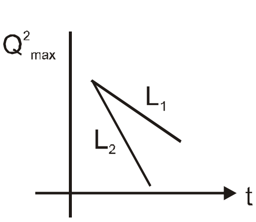
11. LCR (एल.सी.आर) परिपथ किसी अवमंदित लोलक के तुल्य होता है । किसी LCR परिपथ में संधारित्र को Q_0 तक आवेशित किया गया है, और फिर इसे आरेख में दर्शाये गये अनुसार L व R से जोड़ा गया है। **[JEE(Main)-2015; 4/120, –1]**

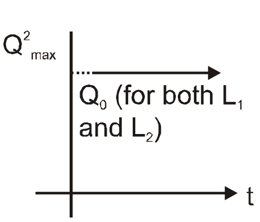


यदि एक विद्यार्थी L के, दो विभिन्न मानों L_1 तथा L_2 ($L_1 > L_2$) के लिये , समय t तथा संधारित्र पर अधिकतम आवेश के वर्ग (Q^2_{Max}) के बीच दो ग्राफ बनाता है तो निम्नाकिंत में से कौन सा ग्राफ सही है ? (ग्रॉफ केवल व्यवस्था ग्रॉफ है तथा स्केल के अनुसार नहीं हैं)

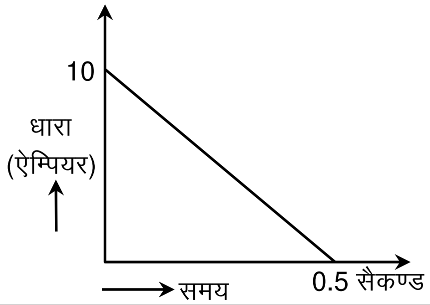
(1)


(2)


(3)


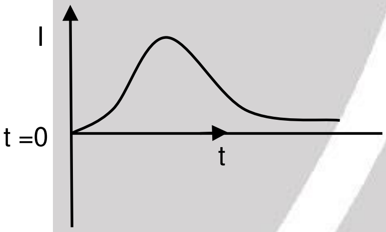
(4)


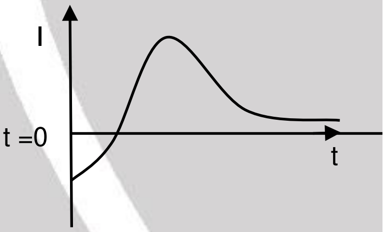
12. चुम्बकीय फ्लक्स के बदलने से 100Ω प्रतिरोध की कुण्डली में प्रेरित धारा को चित्र में दर्शाया गया है। कुण्डली से गुजरने वाले फ्लक्स में बदलाव का परिमाण होगा। **[JEE (Main) 2017, 4/120, –1]**

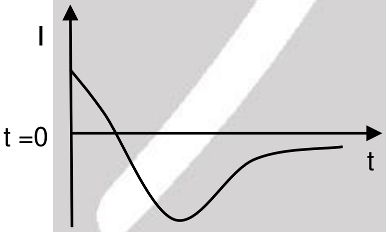


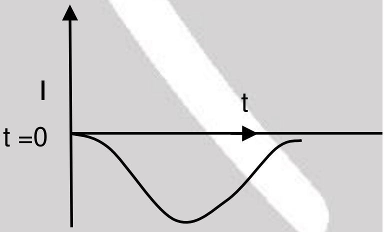
(1) 275 Wb (2) 200 Wb (3) 225 Wb (4) 250 Wb

13. R त्रिज्या की अत्याधिक लम्बी परिनालिका में प्रवाहित धारा $I(t) = kte^{-\alpha t}$ $(k > 0)$ समय के फलन $(t \geq 0)$ के रूप में है। वामावर्त दिशा में धारा को धनात्मक लिया गया है। 2R त्रिज्या वाली एक वृत्ताकार कुण्डली को परिनालिका के समकेन्द्रीय तथा इसके मध्यवर्ती समतल में रखते हैं। बाह्य कुण्डली में प्रेरित धारा को समय के फलन में सही रूप से दर्शाने वाला ग्राफ है : **[JEE (Main) 2019 April, 4/120, –1]**

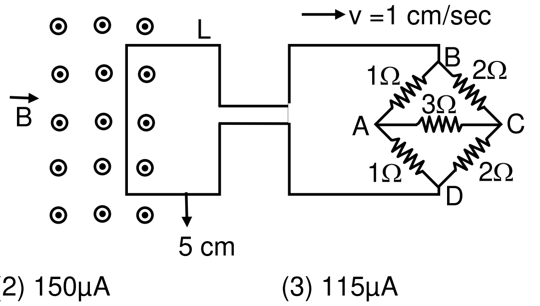
(1)


(2)


(3)


(4)


14. यहाँ आरेख में 5 cm भुजा का एक वर्गाकार पाश L दर्शाया गया है, जो प्रतिरोधों के एक परिपथ से जुड़ा है। यह संयोजन 1 cm s^{-1} की एक समान चाल से, दांयी ओर गति कर रहा है। किसी क्षण L का एक भाग 1 T तीव्रता के एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में है। यह क्षेत्र पाश L के समतल के लम्बवत् है। यदि, इस पाश का प्रतिरोध 1.7 Ω है तो, इस क्षण इसमें धारा का निकट मान होगा **[JEE (Main) 2019 April, 4/120, –1]**



(1) 170 µA (2) 150µA (3) 115µA (4) 60µA

15. त्रिज्या R की एक लम्बी परिनालिका (solenoid) में $I(t) = I_0t(1 - t)$ मान की समय (t) के साथ बदलती हुई विद्युत धारा बह रही है। इसके बीच के हिस्से के पास 2R त्रिज्या की एक समाक्ष रिंग (ring) रखी हुई है। समय अन्तराल $0 \le t \le 1$ में रिंग में प्रेरित विद्युत धारा (I_R) व प्रेरित विद्युत–वाहक बल (V_R) किस प्रकार से बदलते हैं :**[JEE-Main-2020, 07 January; 4/100, –1]**

(1) I_R की दिशा एक समान रहती है और t = 0.25 पर V_R शून्य है।

(2) t = 0.5 पर I_R की दिशा उलट जाती है और V_R शून्य है।

(3) t = 0.25 पर I_R की दिशा उलट जाती है और V_R अधिकतम है।

(4) I_R की दिशा एक समान रहती है और t = 0.5 पर V_R अधिकतम है।

16. ABCDEFA लूप की सभी भुजाएँ सीधी है और इसके छः कोने इस प्रकार हैं: A(0, 0, 0), B(5, 0, 0), C(5, 5, 0), D(0, 5, 0), E(0, 5, 5) और F(0, 0, 5) । यदि इस क्षेत्र में चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = \left(3\hat{i} + 4\hat{k}\right)T$ हो तो लूप ABCDEFA से होकर जाने वाले फ्लक्स का मान (Wb में) होगा .... **[JEE-Main-2020, 07 January; 4/100]**

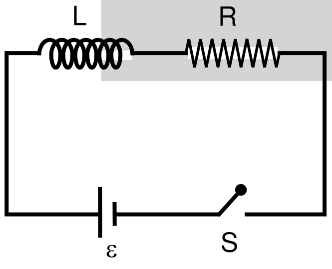
17. एक तार का बना हुआ समतलीय लूप एक एकसामन चुम्बकीय क्षेत्र में घूम रहा है। समय t = 0 पर लूप का तल चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् है। यदि लूप 10 सेकण्ड के आवर्त काल से अपने तल से होकर जाने वाले एक अक्ष के चारों ओर घूम रहा है तो इसमें प्रेरित विद्युत–वाहक बल का मान निम्न में से किन समयों पर क्रमशः अधिकतम और न्यूनतम होगा?
[JEE-Main-2020, 07 January; 4/100, –1]

(1) 5.0 s and 7.5 s (2) 5.0 s and 10.0 s
(3) 2.5 s and 7.5 s (4) 2.5 s and 5.0 s

18. एक विद्युत परिपथ में 10 mH का एक प्रेरक और 5 Ω का एक प्रतिरोधक श्रेणी में लगे हुए है। इस पर 20 V का एक विद्युत–वाहक बल t = 0 समय पर लगाया जाता है। इस स्थिति में $t = \infty$ और t = 40 s पर इस परिपथ में बहने वाली विद्युत धाराओं के मान में अनुपात निम्न में से किसके निकट होगा? (e^2 का मान 7.389 लें)
[JEE-Main-2020, 07 January; 4/100, –1]

(1) 1.46 (2) 1.06 (3) 0.84 (4) 1.15

19.



चित्रानुसार विद्युत–वाहक बल ε की एक बैटरी को क्रमबद्ध श्रेणी में जोड़कर लगे हुए प्रेरक L तथा प्रतिरोध R से जोड़ा गया है। यदि स्विच को समय t = 0 पर बन्द कर दिया जाय तो t = 0 और $t = t_c$ (t_c परिपथ का समय स्थिरांक है) के बीच बैटरी से बहने वाली आवेश का मान है : **[JEE-Main-2020, 08 January; 4/100, –1]**

(1) $\frac{\varepsilon L}{R^2}\left(1 - \frac{1}{e}\right)$ (2) $\frac{\varepsilon R}{eL^2}$ (3) $\frac{\varepsilon L}{R^2}$ (4) $\frac{\varepsilon L}{eR^2}$

Answers

EXERCISE # 1

भाग - I

खण्ड (A)

A-2. 1.0 V, वामावर्त

A-3. (i) 1.2 Volt (ii) 1.4 volt (iii) 17.5 C (iv) 3.5 A (v) 86/3 joule.

A-4. (a) –1 mV, –2 mV, 2 mV, 1mV
(b) 10 ms से 20 ms व 20 ms से 30 ms

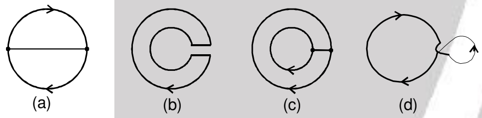
A-5. शून्य

A-6. 2.5 mV

A-7. 1.6×10^{-5}A

A-8. 493 μV

A-9.

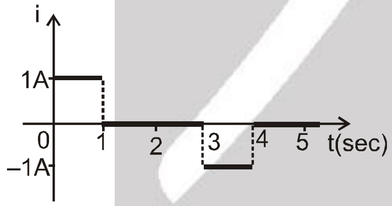


A-10. $\frac{\pi}{8} \times 10^{-4}$ A

A-11. $\frac{3}{2} \frac{\mu_0 \pi R^2 r^2 N I y v}{\left(R^2 + y^2\right)^{5/2}}$

A-12. $25\pi \times 10^{-3}$ C = 0.078 C

A-13.



A-14. 2 J

खण्ड (B)

B-1. विपरीत दिशा, समान दिशा।

खण्ड (C)

C-1. 4 mV, Q

C-2. (a) शून्य (b) vB(bc),b पर धनात्मक
(c) vB(bc), a पर धनात्मक (d) शून्य

C-3. $\sqrt{3} \times 10^{-2}$ V

C-4 1 mV

C-5. (a) व्यास के सिरों पर वेग के लम्बवत् , 2rvB
(b) व्यास के सिरों पर वेग के समान्तर , शून्य।

C-6. By $\sqrt{8a/k}$

खण्ड (D)

D-1. (a) 4 m/s (b) 4 V (c) 3 V (d) 1 V.

D-2. (a) 0.1 mA
(b) 0.2 mA

D-3. (a) $\frac{1}{r}$ $(\varepsilon - vB\ell)$, from b to a
(b) $\frac{\ell B}{r}$ $(\varepsilon - vB\ell)$ दांयी ओर (c) $\frac{\varepsilon}{B\ell}$.

D-4. शून्य

D-5. $i = \frac{Bv\ell}{2(\ell + vt)r}$

D-6. (a) $\frac{B^2\ell^2 v}{2\ r(\ell + vt)}$ (b) ℓ/v.

D-7. $\frac{mgt}{m + CB^2\ell^2}$

खण्ड (E)

E-1. (a) $\phi = \frac{\mu_0 ia}{2\pi} \ell n\left(\frac{a+b}{b}\right)$;
(b) $\varepsilon = \frac{\mu_0 i_0 a}{T} \ell n\left(\frac{a+b}{b}\right) \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$
(c) heat = $\left(\frac{5\mu_0^2\ i_0^2\ a^2}{Tr}\right)\left[\ell n\left(\frac{a+b}{b}\right)\right]^2$

E-2. $\frac{B_0 v_0 L}{2}$

E-3. (BV sin α) / r(1 + sin α)

खण्ड (F)

F-1. 67.5 mV

F-2. $\frac{B\omega a^2}{R}$ from C to D

F-3. $3\pi \times 10^{-6}$ V

F-4. $B\ell\sqrt{g\ell} \sin \frac{\theta}{2}$

F-5. (a) 2BR v (b) $\frac{BR v}{2}$ (c) $\frac{3\ BR v}{2}$

F-6. (a) 2.0×10^{-3} V (b) zero
(c) 50 μC (d) $\pi \times 10^{-3} \sin(10\pi t)$
(e) π mV (f) $\frac{\pi^2}{2} \times 10^{-6}$ V

खण्ड (G)

G-1. **(a)** 6π Volt **(b)**3 N/C **(c)** 3 A

G-2 (a) $16\pi^2 \times 10^{-10} = 1.6 \times 10^{-8}$ Weber
(b) $4\pi \times 10^{-8}$ V/m (c) $18\pi \times 10^{-8}$
$= 5.6 \times 10^{-7}$ V/m

खण्ड (H)

H-1. 10V

H-2. 2.2 A/s, decreasing

H-3. (a) 5 W (b) 3W (c) 2 W

H-4. 2.55×10^{-14} J

H-5. $\dfrac{\mu_0 \quad e^4}{128\pi^3\varepsilon_0 m R^5}$

H-6. 42 + 20 t volt

H-7. 15V

खण्ड (I)

I-1. (a) $\frac{1}{5}(1-e^{-2}) \simeq$ 0.17 A (b) $\frac{1}{25}(1-e^{-2})^2$
0.03 J

I–2. (L/R) ln 2 = 1.109 s, 640 J

I-3. t = (L/R) ℓn 2 = 3.47 s

I-4. 4.0 H

I-5. $2\,[1 - e^{-0.4}] = 0.66$ V

I-6. $\frac{2}{e}$ A/s, 2/e V

I-7. (a) -2.5×10^{3} V/s (b) $-2.5\times 10^{3} \times e^{-5}$ V/s

I–8. (a) $\dfrac{\varepsilon(R_1+R_2)}{R_1R_2}$ (b) $\dfrac{L}{R_1+R_2}$ (c) $\dfrac{\varepsilon}{R_1 e}$

I–9. $\dfrac{2\,B\,\pi\,R^2}{L}$

I-10.. (a) $i_1 = i_2 = \frac{10}{3} = 3.33$ A

(b) $i_1 = \frac{50}{11} = 4.55$ A; $i_2 = \frac{30}{11} = 2.73$ A

(c) $i_1 = 0$, $i_2 = -\frac{20}{11} = -1.82$ A

(d) $i_1 = i_2 = 0$

I-11. $\frac{\mathcal{E}}{3}, \frac{2\,\mathcal{E}}{3\,L}$ **I-12.** $L_{eq} = \frac{L}{2}$

I-13. (b) दूरी अधिक होने पर अन्योन्य प्रेरण नगण्य है

खण्ड (J)

J-1. 0.01 H **J-2.** 2.5 V

J-3. $\dfrac{2\sqrt{2}\mu_0\ell^2}{\pi L}$

खण्ड (K)

K-1. (a) 1.0J हाँ, L तथा C में संचित ऊर्जा संरक्षित रहेगी यदि R = 0.
(b) $\omega = 10^3$ rads^{-1}, $\nu = 159$ Hz
(c) $q = q_0 \cos \omega t$
(i) $t = 0, \frac{T}{2}, T, \frac{3T}{2}, ...$ पर संचित ऊर्जा विद्युत क्षेत्र में होगी।
(ii) $t = \frac{T}{4}, \frac{3T}{4}, \frac{5T}{4} ......$, जहाँ $T = \frac{1}{\nu} = 6.3\,\text{ms}$, पर संचित ऊर्जा चुम्बकीय क्षेत्र के रूप में होगी अर्थात् विद्युत क्षेत्र में शून्य होगी
(d) $t = \frac{T}{8}, \frac{3T}{8}, \frac{5T}{8}, ...$, पर $q = q_0$
$\cos\omega t = \frac{q_0}{\sqrt{2}}$ (जब प्रेरकत्व तथा संधारित्र में संचित ऊर्जा बराबर है।)

K-2. $\dfrac{\pi \times 10^{-5}}{3}$ sec. **K-3.** 88 pF to 198 pF

भाग - II

खण्ड (A)

A-1. (D) **A-2.** (D) **A-3.** (C)
A-4. (C) **A-5.** (A)

खण्ड (B)

B-1. (C) **B-2.** (A) **B-3.** (A)
B-4. (A) **B-5.** (D) **B-6.** (C)
B-7. (A) **B-8.** (B)

खण्ड (C)

C-1. (D) **C-2.** (B) **C-3.** (B)
C-4. (B) **C-5.** (D)

खण्ड (D)

D-1. (D) **D-2.** (A) **D-3.** (D)
D-4. (B)

खण्ड (E)

E-1. (C) **E-2.** (D)

खण्ड (F)

F-1.	(D)	F-2.	(C)	F-3.	(B)
F-4.	(A)	F-5.	(C)		

खण्ड (G)

G-1.	(A)	G-2.	(B)	G-3.	(A)
G-4.	(C)	G-5.	(B)		

खण्ड (H)

H-1.	(A)	H-2.	(D)

खण्ड (I)

I-1.	(B)	I-2.	(C)	I-3.	(B)
I-4.	(A)	I-5.	(A)	I-6.	(B)
I-7.	(A)	I-8.	(A)	I-9.	(C)

खण्ड (J)

J-1.	(D)	J-2.	(A)	J-3.	(A)
J-4.	(D)				

खण्ड (K)

K-1.	(B)	K-2.	(C)	K-3.	(A)

भाग - III

1. (A) q (B) p (C) t (D) t
2. (A) q,s (B) p,r (C) p,r (D) q,s

Exercise # 2

भाग - I

1.	(D)	2.	(B)	3.	(C)
4.	(A)	5.	(B)	6.	(B)
7.	(C)	8.	(A)	9.	(C)
10.	(C)	11.	(B)	12.	(B)
13.	(A)	14.	(A)	15.	(A)
16.	(D)	17.	(D)		

भाग - II

1.	03.00	2.	90.00	3.	40.00
4.	25.00	5.	03.00	6.	12.00
7.	04.00	8.	03.00	9.	12.00
10.	67.00	11.	03.00	12.	04.00
13.	12.00	14.	64.00	15.	03.00
16.	89.00				

भाग - III

1.	(CD)	2.	(A)	3*.	(CD)
4.*	(ABCD)	5.*	(ABCD)	6*.	(AC)
7.*	(ABC)	8.*	(AC)	9*.	(BC)
10.*	(ACD)				

भाग - IV

1.	(A)	2.	(B)	3.	(C)
4.	(C)	5.	(A)	6.	(C)

EXERCISE # 3

भाग - I

1.	(A)	2.	(B)	3.	6
4.	(C)	5.	7	6.	(A,C)
7.	(B)	8.	(B)	9.	(A,D)
10.	(8)	11.	(CD)	12*.	(B,C)
13*.	(ACD)	14*.	(B,D)	15.	(A, B, D)
16.	0.63				

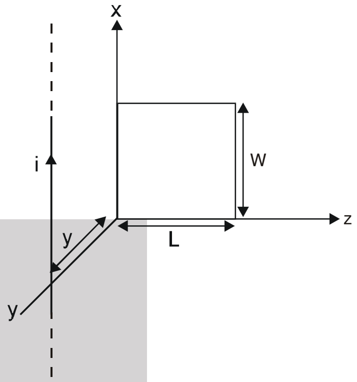
भाग - II

1.	(2)	2.	(2)	3.	(4)
4.	(1)	5.	(4)	6.	(4)
7.	(1)	8.	(3)	9.	(3)
10.	(4)	11.	(1)	12.	(4)
13.	(2)	14.	(1)	15.	(2)
16.	175	17.	(4)	18.	(2)
19.	(4)				

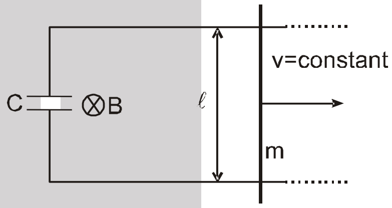
High Level Problems (HLP)

विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

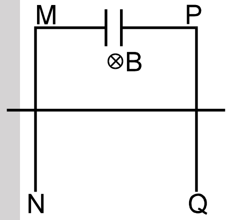
1. चित्र में धारा $i = i_0 \sin \omega t$ का एक लम्बा पतला धारावाही तार, x – z तल में स्थित L लम्बाई व W चौड़ाई के एक आयताकार लूप की एक कोर के ऊपर y दूरी पर रखा हुआ है तो लूप में प्रेरित वि०वा०बल ज्ञात करो ?



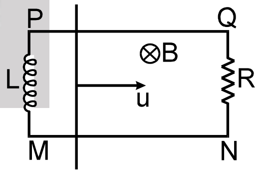
2. चित्रानुसार एक ℓ लम्बाई , R प्रतिरोध व m द्रव्यमान की चालक छड़ नियत वेग v से गति कर रही है। चुम्बकीय क्षेत्र B समय के साथ B = 5 t के अनुरूप बदलता है। यहाँ t समय सैकण्ड में है t = 0 पर संधारित्र तथा छड़ के मध्य का क्षेत्रफल शून्य है तथा संधारित्र अनावेशित है। छड़ t = 0 पर स्थिर नगण्य प्रतिरोध वाली घर्षण रहित चालक पटरी पर चलना प्रारम्भ करती है। परिपथ में धारा , समय t के फलन में ज्ञात कीजिए।



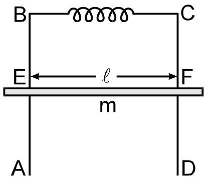
3. चित्रानुसार ℓ, लम्बाई की चालक छड़ जिसका प्रतिरोध R है और द्रव्यमान m है, गुरूत्व बल द्वारा उर्ध्वाधर नीचे गिर रही है। दूसरे भाग को स्थिर किया गया हैं B = अचर = B_0 ; MN और PQ उर्ध्वाधर है, घर्षणविहीन है और चालक पटरियाँ है। संधारित्र की धारिता C है। छड़ विराम अवस्था में छोड़ी जाती है। परिपथ में अधिकतम धारा का मान होगा।



4. चित्रानुसार ℓ = 1 meter लम्बी , m = 1 kg द्रव्यमान की एक चालक छड़ प्रारम्भिक वेग u = 5 m/s से एक क्षैतिज स्थिर फ्रेम पर गति कर रही है। इस फ्रेम के साथ R = 1 Ω का एक प्रतिरोध और L = 2 H का एक प्रेरकत्व भी चित्रानुसार जुड़ा हुआ है। PQ और MN चिकने चालक तार है। पूरे भाग में एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B = 1T फैला हुआ है। प्रारम्भ में प्रेरक कुण्डली से कोई धारा नहीं बह रही थी। जब छड़ x = 3 meter दूरी चली हो और उसका वेग v_f = 1 m/s हो गया हो, तब तक प्रेरक कुण्डली से कितना आवेश (कूलॉम में) गुजर गया होगा ?



5. एक सुचालक फ्रेम ABCD ऊर्ध्वाधर तल में जड़वत् रखा है। एक m द्रव्यमान की सुचालक छड़ EF हमेशा क्षैतिज रहते हुए इस पर बिना घर्षण के फिसल सकती है। लूप का प्रतिरोध नगण्य है तथा प्रेरकत्व नियत परिमाण L के बराबर है। छड़ को स्थिरावस्था से मुक्त करते है तथा यह गुरूत्व के अन्तर्गत गिरती है तथा प्रेरकत्व में कोई प्रारम्भिक धारा नहीं है। नियत परिमाण B का एक समान चुम्बकीय क्षेत्र लूप में सब जगह अन्दर की ओर विद्यमान है। ज्ञात करो –

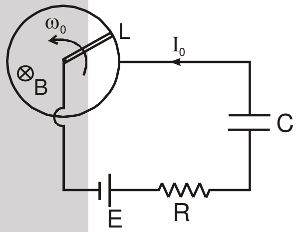


(a) छड़ की प्रारम्भिक स्थिति x = 0 पर तथा X-अक्ष को ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर मानते हुए छड़ की समय के फलन के रूप में स्थिति।

(b) परिपथ में महत्तम धारा।

(c) छड़ का महत्तम वेग।

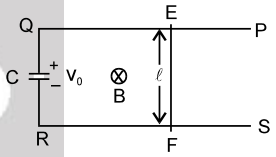
6. L एक चालक लूप है जिसकी त्रिज्या ℓ = 1.0 मी. तथा यह क्षैतिज में स्थित है। एक m = 1.0 kg द्रव्यमान तथा ℓ से कुछ बड़ी चालक छड़ जो लूप के केन्द्र से किलकीत है, क्षैतिज तल में इस तरह से घूमती है कि इसका मुक्त सिरा हमेशा लूप की रिम को स्पर्श करता है। यहाँ पर एक समान चुम्बकीय क्षेत्र जिसकी तीव्रता B = 1.0 T है, उर्ध्वाधर नीचे की तरफ कार्यरत है। छड़ ω_0 = 1.0 rad/s के कोणीय वेग से घूमायी जाती है तथा फिर छोडी जाती है छड़ के स्थिर बिन्दु तथा लूप की रिम को E, वि.वा.व वाली बैटरी तथा R = 1.0 Ω, के प्रतिरोध से जोड़ते है तथा प्रारम्भ मे अनावेशित संधारित्र जिसकी धारिता C = 1.0 F है को श्रेणीक्रम मे जोड़ते है। बताइये :



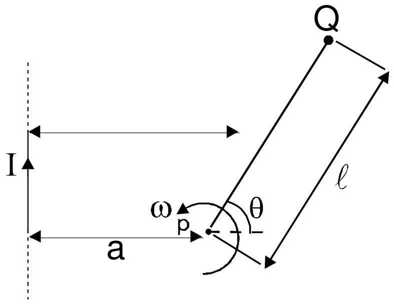
(i) वि.वा.बल की समय पर निर्भरता जबकि परिपथ में धारा I_0 = 1.0 A नियत रहे।

(ii) छड़ के रूकने तक के समय में बैटरी द्वारा दी गयी ऊर्जा।

7. चित्र में 'PQRS' एक स्थिर जडवत् तथा प्रतिरोधहीन चालक फ्रेम एक समान तथा नियत चुम्बकीय क्षेत्र B में रखा है। एक m द्रव्यमान, 'ℓ' लम्बाई तथा R प्रतिरोध की एक छड़ 'EF' इस पर बिना घर्षण के गति कर सकती है। एक संधारित्र जिसको 'V_0' विभवान्तर तक आवेशित किया गया है, चित्रानुसार जोड़ा जाता है। यदि t = 0 पर छड़ को विरामावस्था से छोड़ा जाता है तो छड़ का वेग समय के फलन में ज्ञात करो।



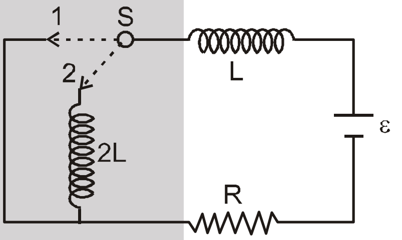
8. चित्रानुसार एक लम्बे चालक में धारा I प्रवाहित हो रही है। एक ℓ लम्बाई की छड़ PQ इसके तल में रखी हैं छड़ को P बिन्दु के सापेक्ष नियत कोणीय वेग ω से चित्रानुसार घुमाते हैं इस स्थिति में छड़ में प्ररित वि.वा.बल का मान ज्ञात करो। बताओ किस बिन्दु पर विभव अधिक है।



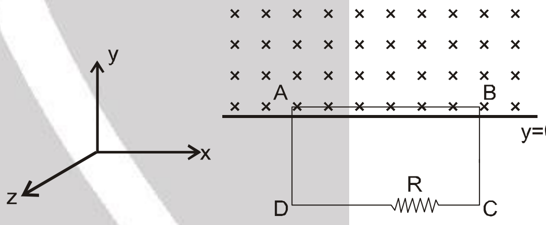
9. द्विध्रुव आघूर्ण M का एक अत्यन्त सूक्ष्म छड़ चुम्बक, X–अक्ष की दिशा में v चाल से गतिमान है। 'a' त्रिज्या व नगण्य स्व–प्रेरकत्व का एक बन्द चालक वृत्ताकार लूप Y-Z तल में स्थित है तथा इसका केन्द्र x = 0 पर है तथा इसकी अक्ष, X-अक्ष से सम्पाती है। यदि लूप का प्रतिरोध R है तो चुम्बक की गति का विरोध कर रहा बल ज्ञात करो। मान लो कि लूप के केन्द्र से चुम्बक की दूरी x, a के सापेक्ष बहुत अधिक है।

10. भुजा a = 12 cm के वर्गाकार लूप की भुजाऐं x–अक्ष तथा y-अक्ष के समान्तर है। इसे V = 8 cm/s के वेग से धनात्मक x दिशा में, z-दिशा में स्थित चुम्बकीय क्षेत्र में चलाते है। चुम्बकीय क्षेत्र न तो क्षेत्र में एकसमान है और न ही समय के साथ नियत है। x–दिशा में इसकी प्रवणता $\partial B/\partial x = -10^{-3}$ T/cm तथा समय के साथ इसकी लूप में परिवर्तन की दर $\partial B/\partial t$ = 7T/sec है। यदि प्रतिरोध R = 4.5 Ω हो तो धारा ज्ञात करो।

11. दर्शाए परिपथ में कुंजी S को स्थिति 1 से 2 स्थिति में t = 0 पर परिवर्तित किया गया है। यह स्थिति 1 में काफी अधिक समय से थी परिपथ में धारा समय के फलन रूप में ज्ञात कीजिए।



12. एक वर्गाकार पाश ABCD भुज लंबाई ℓ, xy तल में वेग $\vec{v} = \beta t\ \hat{j}$ से गति कर रहा है। क्षेत्र में असमान चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = -B_0(1 + \alpha y^2)\ \hat{k}$ (y > 0) स्थित है जहां B_0 व α धनात्मक नियतांक है। प्रारंभ में पाश का उपरी तार y = 0 पर स्थित है। प्रतिरोध R पर प्रेरित वि०वा०बल० समय फलन रूप में ज्ञात कीजिए। प्रेरित धारा का चुम्बकीय बल नगण्य मानिए।



13. a त्रिज्या तथा r प्रतिरोध एक पतला तार एक लम्बी परिनलिका के अंदर इस प्रकार स्थित है कि इनकी अक्ष एक दूसरे पर सम्पाती है परिनलिका की लम्बाई ℓ, इसकी अनुप्रस्थ काट त्रिज्या b है। किसी समय परिनलिका को नियत विभव V के स्त्रोत से जोड़ा जाता है सम्पूर्ण परिपथ का कुल प्रतिरोध R है। माना वलय का प्रेरकत्व नगण्य है तो वलय की इकाई लम्बाई पर आरोपित त्रिज्य बल का अधिकतम मान ज्ञात करो।

14. a त्रिज्या तथा समरूप पृष्ठ आवेश का एक लम्बा बेलन अपनी अक्ष के परित ω कोणिय वेग से घूर्णन कर रहा है यदि बेलन का रेखीय आवेश घनत्व λ तथा $\mu_r = 1$ हो तो बेलन की प्रति लम्बाई चुम्बकीय क्षेत्र ऊर्जा ज्ञात करो।

15. ℓ = 2.0m लम्बाई, r = 0.1m त्रिज्या तथा N = 1000 फेरों वाली लम्बी परिनलिका में i_0 = 20.0A धारा प्रवाहित है परिनालिका का अक्ष z-अक्ष के साथ सम्पाती है।

(a) परिनलिका के चुम्बकीय क्षेत्र के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए तथा इसका मान भी ज्ञात कीजिए।

(b) परिनलिका के स्वप्रेरण (L) के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए तथा इसका मान भी ज्ञात कीजिए।

(c) परिनलिका में प्रवाहित धारा के लिए इसमें संचित ऊर्जा (E) ज्ञात कीजिए।

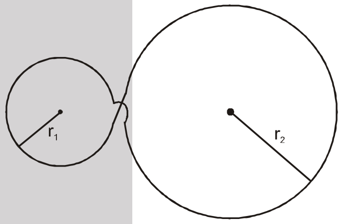
(d) माना परिनलिका का प्रतिरोध R है। इसको e विद्युत वाहक बल की बैटरी से जोड़ते है। परिनलिका में धारा (i) के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए।

(e) प्रश्न (d) में प्रदर्शित परिनलिका के प्रतिरोध R को नियत चाल υ से खींचा जाता है। (ℓ बढ़ती है परन्तु N तथा γ नियत है) उपरोक्त स्थिति के लिए किरचॉफ का द्वितीय नियम लिखिए (नोट : धारा के लिए हल मत कीजिए।)

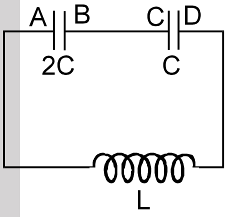
(f) $i = i_0 \cos(\omega t)$ (जहाँ i_0 = 20.0A) समय परिवर्ति धारा परिनलिका में प्रवाहित है, परिनलिका में प्रवाहित धारा के कारण विद्युत क्षेत्र के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए। (नोट : प्रश्न (e) को इससे सम्बन्धित नहीं माने)

(g) पूर्व प्रश्न में $t = \pi/2\omega$ तथा $\omega = 200/\pi$ rad–s^{-1} पर विचार करते है। परिनलिका से त्रिज्य दूरी के फलन के रूप में विद्युत क्षेत्र के परिमाण का आरेख बनाइये तथा विद्युत बल रेखाओं को भी प्रदर्शित कीजिए।

16. तार का एक लूप चित्रानुसार अपने तल के लम्बवत् समरूप चुम्बकीय क्षेत्र $B = B_0 \cos \omega t$ में स्थित है। (दिया है r_1 = 10 cm तथा r_2 = 20 cm, B_0 = 20 mT तथा $\omega = 100\ \pi$). यदि लूप का प्रतिरूप 0.1 Ω/m हो तो लूप में प्रेरित धारा का परिमाण ज्ञात करो।



17. 2 C व C धारिताओं के दो संधारित्र L प्रेरकत्व की एक प्रेरक कुण्डली के साथ श्रेणी क्रम मे जुड़े है। प्रारम्भ में संधारित्रों का आवेश इस प्रकार है कि $V_B - V_A = 4V_0$ व $V_c - V_D = V_0$. । परिपथ में प्रारम्भिक धारा शून्य है। ज्ञात किजिये ।



(a) परिपथ में प्रवाहित होने वाली अधिकतम धारा

(b) उस क्षण प्रत्येक संधारित्र पर विभवान्तर

(c) प्रेरक कुण्डली में बांयी ओर प्रवाहित होने वाली धारा की समीकरण

HLP Answers

1. $\frac{\mu_0 i_0 W\omega \cos\omega t}{4\pi}\ \ell n\left(\frac{L^2}{Y^2}+1\right)$

2. $i = 10\,\ell\, v\, c\ (1 - e^{-t/Rc})$

3. $i_{max} = \frac{mg\,B\ell c}{m + B^2\ell^2 c}$

4. $Q = \frac{-\frac{B^2\ell^2}{R}x - m(v_f - u)}{B\ell} = 1C.$

5. (a) $x = \frac{g}{\omega^2}[1-\cos\omega t]$, (b) $I_{max} = \frac{2mg}{B\ell}$, (c) $V_{max} = \frac{g}{\omega}$

6. **(i)** $\frac{1}{2}+\frac{7t}{4}$ (ii) $\frac{13}{18}$ J

7. $v = \frac{B\ell C\ V_0}{m+B^2\ell^2 C}\left(1 - e^{-\left(\frac{B^2\ell^2}{mR}+\frac{1}{RC}\right)t}\right)$

8. $\frac{\mu_0 i\omega}{2\pi\cos\theta}\left[\ell - \frac{a}{\cos\theta}\ell n\left(\frac{a+\ell\cos\theta}{a}\right)\right]$

9. $\frac{9\mu_0^2 M^2 a^4 v}{4\ Rx^8}$

10. 22.4 mA

11. $I = \frac{\varepsilon}{R}\left(1-\frac{2}{3}\times e^{\frac{-Rt}{3L}}\right)$

12. $\varepsilon = -B_0 I\beta\left(t+\frac{\alpha\times\beta^2 t^5}{4}\right)$

13. $\frac{\mu_0 a^2 V^2}{4rRlb^2}$

14. $\frac{\mu_0 a^2\omega^2\lambda^2}{8\pi}$

16. π ampere.

17. (a) $I_{max} = \left(\sqrt{\frac{6C}{L}}\right)v_0$; (b) $3v_0$, $3v_o$; (c) $i = I_{max}\sin\omega t$; $\omega = \left(\sqrt{\frac{3}{2LC}}\right)$