24 धारा का चुम्बकीय प्रभाव

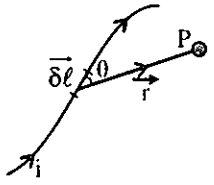
बियो-सावर्त नियम

धारावाही चालक के अल्पांश $\delta\ell$ के कारण किसी बिन्दु पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र

$$\delta B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\delta\ell\sin\theta}{r^2}$$

या
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\delta\vec{\ell}\times\hat{r}}{r^2}$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\delta\vec{\ell}\times\vec{r}}{r^3}$$



$\delta\vec{B}$, $\delta\vec{\ell}$ तथा $\vec{r}$ के तल के लम्बवत् दिशा में होता है।

किसी वृत्ताकार धारावाही कुण्डली के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

(a) कुण्डली के केन्द्र पर

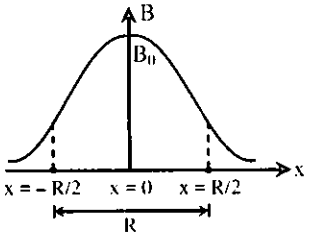
$$B_0 = \frac{\mu_0 ni}{2R}$$ कुण्डली के अक्ष के अनुदिश।

(b) कुण्डली के अक्ष पर स्थित बिन्दु पर

$$B = \frac{\mu_0 niR^2}{2(R^2+x^2)^{3/2}}$$

(c) यदि $x >> R$, हो तो

$$B = \frac{\mu_0 niR^2}{2x^3}$$

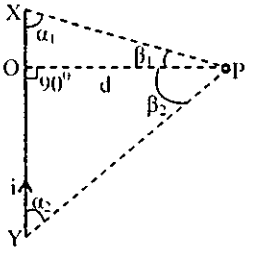


(d) नति परिवर्तन बिन्दु पर, $\frac{dB}{dx}$ = नियत या $\frac{d^2B}{dx^2} = 0$ कुण्डली के क्षेत्र में दो नति परिवर्तन बिन्दु प्राप्त होते हैं। जब $x = \pm R/2$ तथा उनके मध्य दूरी कुण्डली की त्रिज्या के बराबर होती है।

सीमित लम्बाई के सीधे धारावाही तार के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi d}(\sin\beta_1 + \sin\beta_2)$$

या $$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi d}(\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2)$$



चुम्बकन क्षेत्र ($\vec{H}$)

$$\vec{H} = \vec{B} / \mu_0$$

ऐम्पियर का नियम

(a) बन्द पथ पर रेखा समाकल या परिसंचारण = $\mu_0 \times$ (बन्द पथ से जाने वाली कुल धारा)

$$\oint \vec{B}.d\vec{\ell} = \mu_0 \Sigma I$$

(b) चुम्बकत्व वाहक बल

$$F_m = \oint \vec{H}.d\vec{\ell} = \frac{1}{\mu}\oint \vec{B}.d\vec{\ell}$$

अनन्त लम्बाई के सीधे धारावाही चालक के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2i}{r}$$

लम्बे व सीधे ठोस बेलनाकार धारावाही चालक के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

(a) बाहर के बिन्दु पर

$$B_{out} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

(b) पृष्ठ पर $B_{surface} = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$

(c) अन्दर के बिन्दु पर $B_{in} = \frac{\mu_0 i r}{2\pi R^2}$:

$R \rightarrow$ बेलन की त्रिज्या

लम्बे व सीधे खोखले बेलनाकार धारावाही चालक के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

(a) बाहर के बिन्दु पर

$$B_{out} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

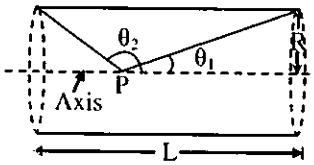
(b) पृष्ठ पर $B_{sur} = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$

(c) अन्दर के बिन्दु पर

$$B_{int} = 0$$

परिनालिका के अन्दर चुम्बकीय क्षेत्र

(a) सीमित लम्बाई की परिनालिका के अन्दर



$$B = \frac{\mu_0 ni}{2} (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

जहाँ n इकाई लम्बाई में चक्करों की संख्या है।

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2L} (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

(b) लम्बी परिनालिका के अन्दर

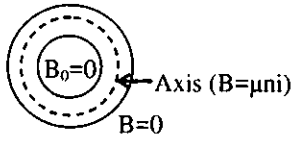
$$B = \mu_0 ni = \mu_0 \left(\frac{N}{L}\right) i$$

सिरे पर $B = \frac{\mu_0 ni}{2} = \frac{\mu_0 Ni}{2L}$

टोराइड द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र

इकाई लम्बाई में फेरों की संख्या

$$n = \frac{N}{2\pi R}$$



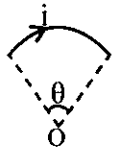
टोराइड की अक्ष पर,

$$B = \mu_0 ni = \frac{\mu_0 Ni}{2\pi R}$$

टोरोइड के बाहर, $B = 0$

किसी धारावाही चाप के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

$$B_0 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\theta}{R}$$ केन्द्र पर



धारावाही कुण्डली का चुम्बकीय व्यवहार तथा उसका चुम्बकीय आघूर्ण

(a) एक लघु धारावाही कुण्डली एक लघु चुम्बक की तरह व्यवहार करती है।

(b) धारावाही कुण्डली का चुम्बकीय आघूर्ण

M = धारा × प्रभावी क्षेत्रफल

N चक्करों वाली कुण्डली के लिये

$$M = NiA = Ni\pi R^2$$

किसी आवेश की वृत्तीय गति के कारण उत्पन्न धारा तथा चुम्बकीय क्षेत्र

(a) धारा $i = ef = \frac{e}{T}$

$f \rightarrow$ चक्रण/सेकण्ड, $T \rightarrow$ आवर्तकाल

$$i = \frac{e\omega}{2\pi} = \frac{ev}{2\pi R}$$

(b) चुम्बकीय क्षेत्र $B_0 = \frac{\mu_0 nI}{2R} = \frac{\mu_0 nef}{2R} = \frac{\mu_0 ne}{2RT}$

$$B_0 = \frac{\mu_0 ne\omega}{4\pi R} = \frac{\mu_0 nev}{4\pi R^2} \quad (e \rightarrow \text{इलेक्ट्रॉन का आवेश})$$

(c) चुम्बकीय आघूर्ण

$$M = iA = ef\pi R^2 = \frac{e\pi R^2}{T}$$

$$M = \frac{e\omega R^2}{2} = \frac{evR}{2} = \frac{eL}{2m}$$

$L \rightarrow$ कोणीय संवेग, $m \rightarrow$ इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान

चुम्बकीय क्षेत्र के कारण धारावाही चालक पर बल

$$\vec{F} = i(\vec{\ell} \times \vec{B}), \quad |\vec{F}| = i\ell B \sin\theta$$

समान्तर चालकों में समान दिशा में धारा प्रवाहित होने पर वे एक दूसरे को आकर्षित करते हैं तथा विपरीत दिशा में होने पर एक दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं।

दो समान्तर धारावाही चालकों के मध्य चुम्बकीय बल

चालकों की इकाई लम्बाई पर आकर्षण या प्रतिकर्षण बल

$$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi d}$$

$d \rightarrow$ समान्तर चालकों के मध्य दूरी

चुम्बकीय क्षेत्र में आवेशित कण की गति

(a) कण पर बल

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$|\vec{F}| = qvB \sin\theta$$

(b) $\theta = 90°$, होने पर वृत्ताकार पथ पर गति होगी
कण के पथ की त्रिज्या

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{\sqrt{2mE}}{qB} = \frac{\sqrt{2mqV}}{qB}$$

कण का आवर्तकाल

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

कण की आवृत्ति $f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$

कण की ऊर्जा $E = \frac{R^2 q^2 B^2}{2m}$

गतिशील आवेशों के मध्य अन्योन्य क्रिया

(a) $\vec{v}$ वेग से गतिशील आवेश q के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q(\vec{v} \times \vec{r})}{r^2}$$

जिससे $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qv \sin\theta}{r^2}$

(b) दो गतिमान आवेशों के मध्य विद्युत बल तथा चुम्बकीय बल दोनों कार्य करते हैं।

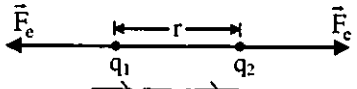
(c) विद्युत बल $F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$

(d) चुम्बकीय बल $F_m = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_1 q_2 v_1 v_2}{r^2}$

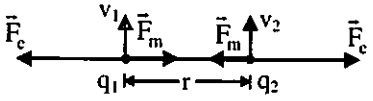
यदि $v_1 = v_2 = v$

तो $F_m = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_1 q_2}{r^2} v^2$

(e) $\frac{F_m}{F_e} = \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{v}{c}\right)^2$



रूके हुए आवेश



गतिमान आवेश

एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित धारावाही लूप पर बल तथा बलाघूर्ण

(a) लूप पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं करता है $F_{net} = 0$.

(b) लूप पर एक बलाघूर्ण कार्य करता है जिसका मान होता है

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

$M \rightarrow$ चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण

सदिश रूप में $\tau = \vec{M} \times \vec{B}$

(c) लूप को कोण θ_1 से θ_2 तक विस्थापित करने में किया गया कार्य

$$W = MB(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

(d) एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में चुम्बकीय द्विध्रुव के कम्पन्नों का आवर्त काल।

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MB}}; \quad I \rightarrow \text{जड़त्व आघूर्ण}$$