# उत्तर

## अध्याय 1

1.1 (a)

1.2 (a)

1.3 (d)

1.4 (b)

1.5 (c)

1.6 (a)

1.7 (a)

1.8 (c), (d)

1.9 (b), (d)

1.10 (b), (d)

1.11 (c), (d)

1.12 (a), (c).

1.13 (a), (b), (c) और (d).

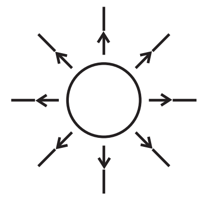
1.14 शून्य

1.15 (i) $\frac{-Q}{4\pi R_1^2}$, (ii) $\frac{Q}{4\pi R_2^2}$

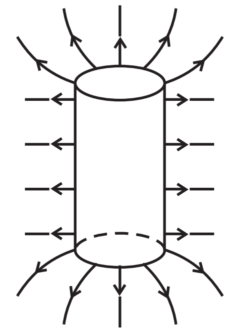
1.16 विद्युत क्षेत्र परमाणुओं को बाँधकर उदासीन अस्तित्व कर देते हैं। आवेशों के आधिक्य के कारण क्षेत्र उत्पन्न होते हैं। किसी वियुक्त चालक के अन्तरापृष्ठ पर आवेश–आधिक्य नहीं हो सकता।

1.17 नहीं, विद्युत क्षेत्र अभिलम्बवत हो सकता है। तथापि, इसका विपरीत सत्य है।

1.18



शीर्ष का दृश्य



पार्श्व का दृश्य

1.19 (i) $\dfrac{q}{8\varepsilon_0}$, (ii) $\dfrac{q}{4\varepsilon_0}$, (iii) $\dfrac{q}{2\varepsilon_0}$, (iv) $\dfrac{q}{2\varepsilon_0}$.

1.20 Al के 1 मोलर द्रव्यमान $M$ में परमाणुओं की संख्या $N_A = 6.023 \times 10^{23}$

$\therefore$ $m$ द्रव्यमान के Al के पैसे के सिक्के में परमाणुओं की संख्या $N = N_A \dfrac{m}{M}$

अब $Z_{Al} = 13$, $M_{Al} = 26.9815\text{g}$

अतः, $N = 6.02 \times 10^{23}$ परमाणु/मोल $\times \dfrac{0.75}{26.9815\text{g}/\text{मोल}}$

$= 1.6733 \times 10^{22}$ परमाणु

$\therefore q$ = पैसे में धनावेश = $N Ze$

$= (1.67 \times 10^{22})(13)\ (1.60 \times 10^{-19}\text{C})$

$= 3.48 \times 10^4$ C.

$q = 34.8$ kC धनावेश

यह आवेश की एक विशाल मात्रा है।

1.21 $$F_1 = \frac{|q|^2}{4\pi\varepsilon_0 r_1^2} = \left(8.99\times10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}\right)\frac{(3.48\times10^4\text{C})}{10^{-4}\text{m}^2} = 1.1\times10^{23}\text{N}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{(10^{-2}\text{m})^2}{(10^2\text{m})^2} = 10^{-8} \Rightarrow F_2 = F_1\times10^{-8} = 1.1\times10^{15}\text{N}$$

$$\frac{F_3}{F_1} = \frac{r_1^2}{r_3^2} = \frac{(10^{-2}\text{m})^2}{(10^6\text{m})^2} = 10^{-16}$$

$F_3 = 10^{-16} F_1 = 1.1 \times 10^7$ N.

*निष्कर्ष:* बिन्दु आवेशों में पृथक करने पर ये आवेश विशाल बल आरोपित करते हैं। वैद्युत उदासीनता को विक्षुब्ध करना आसान नहीं है।

1.22 (i) शून्य, सममिति से।

(ii) एक धनात्मक Cs आयन हटाना उस अवस्थिति से एकल ऋणात्मक Cs आयन जोड़ने के तुल्य है। तब नेट बल

$$F = \frac{e^2}{4\pi \in_0 r^2}$$

यहाँ $r$ = Cl आयन और किसी Cs आयन के बीच दूरी

$$F = \sqrt{(0.20)^2+(0.20)^2+(0.20)^2} \times 10^{-9} = \sqrt{3(0.20)^2} \times 10^{-9}$$

$$= 0.346 \times 10^{-9}\ \mathrm{m}$$

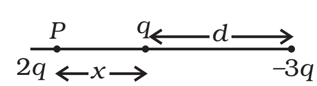
अतः, $F = \dfrac{(8.99\times10^{9})(1.6\times10^{-19})^2}{(0.346\times10^{-9})^2} = 192\times10^{-11}$

$$= 1.92 \times 10^{-9}\ \mathrm{N}$$

उत्तरः $1.92 \times 10^{-9}$ N, A से $Cl^-$ की ओर निदेशित

1.23 बिन्दु P पर स्थित आवेश $2q$ पर $q$ के कारण बल बायीं ओर तथा $-3q$ के कारण दायीं ओर है।

$$\therefore \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 x^2} = \frac{6q^2}{4\pi\varepsilon_0 (d+x)^2}$$




$\therefore (d + x)^2 = 3x^2$

$\therefore 2x^2 - 2dx - d^2 = 0$

$$x = \frac{d}{2} \pm \frac{\sqrt{3}d}{2}$$

$$x = \frac{d}{2} + \frac{\sqrt{3}d}{2} = \frac{d}{2}(1+\sqrt{3})$$

(ऋणात्मक चिह्न लेने पर $x$ का मान $q$ तथा $-3q$ के बीच होगा, अतः यह मान्य नहीं है।)

1.24 (a) आवेश A तथा C धनात्मक हैं क्योंकि क्षेत्र रेखाएँ इनसे निकलती हैं।

(b) आवेश C का परिमाण अधिकतम है क्योंकि इससे अधिकतम क्षेत्र रेखाएँ संबद्ध हैं।

(c) (i) A के निकट। ऋणावेश तथा किसी स्थिति के बीच कोई उदासीन बिन्दु नहीं है। दो सजातीय आवेशों के कोई उदासीन बिन्दु हो सकते हैं। चित्र में हम यह देखते हैं कि आवेशों A तथा C के बीच एक उदासीन बिन्दु है। साथ ही, दो सजातीय आवेशों के बीच उदासीन बिन्दु कम परिमाण के आवेश के निकट ही होता है। इस प्रकार आवेश A के निकट विद्युत क्षेत्र शून्य है।

1.25 (a) (i) शून्य (ii) $\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}$ के अनुदिश (iii) $\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{2q}{r^2}$ के अनुदिश

(b) उत्तर (a) के समान

1.26 (a) मान लीजिए विश्व की त्रिज्या $R$ है। यह मानिए कि हाइड्रोजन परमाणु एकसमान रूप से वितरित हैं। प्रत्येक हाइड्रोजन परमाणु पर आवेश $e_H = -(1 + y)\,e + e = -ye = |ye|$

प्रत्येक हाइड्रोजन परमाणु का द्रव्यमान प्रोटॉन के द्रव्यमान ~ $m_p$ के तुल्य है। जब $R$ पर, किसी हाइड्रोजन परमाणु पर यदि कूलॉम-प्रतिकर्षण गुरुत्वीय आकर्षण से अधिक हो जाए तो विस्तार आरम्भ हो जाता है।

मान लीजिए $R$ पर विद्युत क्षेत्र $\mathbf{E}$ है, तब

$$4\pi R^2 E = \frac{4}{3\varepsilon_0}\pi R^3 N|ye| \text{ (गाउस नियम)}$$

$$\mathbf{E}(R) = \frac{1}{3}\frac{N|ye|}{\varepsilon_0}R\,\hat{\mathbf{r}}$$

मान लीजिए $R$ पर गुरुत्वीय क्षेत्र $G_R$ है। तब

$$-4\pi R^2 G_R = 4\pi G\, m_p \frac{4}{3}\pi R^3 N$$

$$G_R = -\frac{4}{3}\pi G m_p N R$$

$$\mathbf{G}_R(\mathbf{R}) = -\frac{4}{3}\pi G m_p N\, R\,\hat{\mathbf{r}}$$

इस प्रकार $R$ पर हाइड्रोजन परमाणु पर कूलॉम-बल है

$$ye\mathbf{E}(R) = \frac{1}{3}\frac{Ny^2e^2}{\varepsilon_0}R\,\hat{\mathbf{r}}$$

इस परमाणु पर गुरुत्वाकर्षण बल है

$$m_p G_R(R) = -\frac{4\pi}{3}GNm_p^2R\,\hat{\mathbf{r}}$$

परमाणु पर नेट बल है

$$\mathbf{F} = \left(\frac{1}{3}\frac{Ny^2e^2}{\varepsilon_0}R - \frac{4\pi}{3}GNm_p^2R\right)\hat{\mathbf{r}}$$

यह क्रांतिक मान तब है जब

$$\frac{1}{3}\frac{Ny_C^2e^2}{\varepsilon_0}R = \frac{4\pi}{3}GNm_p^2R$$

$$\Rightarrow y_c^2 = 4\pi\varepsilon_0 G\frac{m_p^2}{e^2}$$

$$\simeq \frac{7\times10^{-11}\times1.8^2\times10^6\times81\times10^{-62}}{9\times10^9\times1.6^2\times10^{-38}}$$

$$\sim 63\times10^{-38}$$

$$\therefore y_C \sim 8\times10^{-19} \sim 10^{-18}$$

(b) इस नेट बल के कारण हाइड्रोजन परमाणु किसी त्वरण का अनुभव करता है जो इस प्रकार होता है, कि

$$m_r \frac{d^2R}{dt^2} = \left(\frac{1}{3}\frac{Ny^2e^2}{e_o}R - \frac{4p}{3}GNm_p^2R\right)$$

अथवा $\dfrac{d^2R}{dt^2} = a^2R$ जहाँ $a^2 = \dfrac{1}{m_p}\left(\dfrac{1}{3}\dfrac{Ny^2e^2}{e_o} - \dfrac{4p}{3}GNm_p^2\right)$

इसका एक हल $R = Ae^{at} + Be^{-at}$

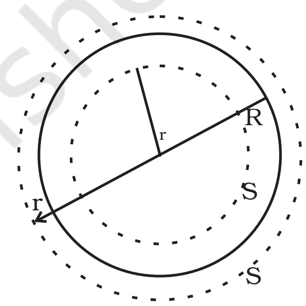
चूंकि हम कोई विस्तार खोज रहे हैं, $B = 0$

$\therefore R = Ae^{\alpha t}$

$\Rightarrow \dot{R} = \alpha Ae^{\alpha t} = \alpha R$

इस प्रकार वेग केन्द्र से दूरी के अनुक्रमानुपाती है।

1.27 (a) समस्या की सममिति से यह ज्ञात होता है कि विद्युत क्षेत्र अरीय है। $r < R$ वाले बिन्दुओं के लिए किसी गोलीय गाउस-पृष्ठ पर विचार कीजिए। तब उस पृष्ठ पर




$$\oint \mathbf{E_r.dS} = \frac{1}{\varepsilon_o}\int_V \rho dv$$

$$4\pi r^2 E_r = \frac{1}{\varepsilon_o} 4\pi k \int_o^r r'^3 dr'$$

$$= \frac{1}{\varepsilon_o}\frac{4\pi k}{4} r^4$$

$$\therefore E_r = \frac{1}{4\varepsilon_o} kr^2$$

$$\mathbf{E}(r) = \frac{1}{4\varepsilon_o} kr^2 \hat{\boldsymbol{r}}$$

$r > R$, वाले बिन्दुओं के लिए किसी $r$ त्रिज्या के गोलीय पृष्ठ पर विचार कीजिए

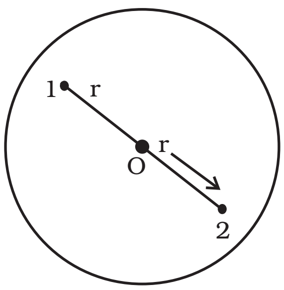
$$\oint \mathbf{E}_r.d\mathbf{S} = \frac{1}{\varepsilon_o}\int_V \rho dv$$

$$4\pi r^2 E_r = \frac{4\pi k}{\varepsilon_o}\int_o^R r^3 dr$$

$$= \frac{4\pi k}{\varepsilon_o}\frac{R^4}{4}$$

$$\therefore E_r = \frac{k}{4\varepsilon_o}\frac{R^4}{r^2}$$

$$\mathbf{E}(r) = (k/4\varepsilon_o)(R^4/r^2)\hat{\boldsymbol{r}}$$




(b) दोनों प्रोटॉन किसी व्यास के अनुदिश केन्द्र के विपरीत पार्श्वों पर होने चाहिए। मान लीजिए प्रोटॉन केन्द्र से $r$ दूरी पर हैं

इस प्रकार, $4\pi\int_o^R kr'^3 dr = 2e$

$$\therefore \frac{4\pi k}{4}R^4 = 2e$$

$$\therefore k = \frac{2e}{\pi R^4}$$

प्रोटॉन 1 पर बलों पर विचार कीजिए। आवेश वितरण के कारण आकर्षण बल है

$$-e\mathbf{E}_r = -\frac{e}{4\varepsilon_o}kr^2\hat{\mathbf{r}} = -\frac{2e^2}{4\pi\varepsilon_o}\frac{r^2}{R^4}\hat{\mathbf{r}}$$

प्रतिकर्षण बल है $\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_o}\dfrac{1}{(2r)^2}\hat{r}$

नेट बल है $\left(\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_o 4r^2} - \dfrac{2e^2}{4\pi\varepsilon_o}\dfrac{r^2}{R^4}\right)\hat{r}$

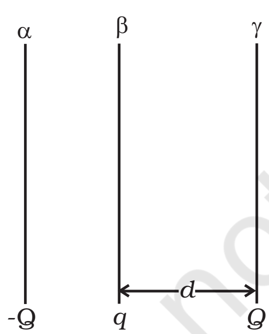
यह नेट बल शून्य है, इसलिए

$$\frac{e^2}{16\pi\varepsilon_o r^2} = \frac{2e^2}{4\pi\varepsilon_o}\frac{r^2}{R^4}$$

अथवा, $r^4 = \dfrac{4R^4}{32} = \dfrac{R^4}{8}$

$$\Rightarrow r = \frac{R}{(8)^{1/4}}$$

इस प्रकार, प्रोटॉन केन्द्र से दूरी $r = \dfrac{R}{\sqrt[4]{8}}$ पर होना चाहिए।




1.28 (a) प्लेट α के कारण $x$ पर विद्युत क्षेत्र है $-\dfrac{Q}{S2\varepsilon_o}\hat{\mathbf{x}}$

प्लेट β के कारण $x$ पर विद्युत क्षेत्र है $\dfrac{q}{S2\varepsilon_o}\hat{\mathbf{x}}$

इस प्रकार, नेट विद्युत क्षेत्र है

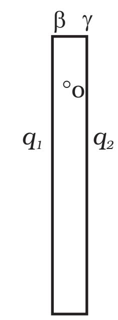
$$\mathbf{E}_1 = \frac{(Q-q)}{2\varepsilon_o S}(-\hat{\mathbf{x}})$$

(b) टकराने के समय प्लेट $\beta$ तथा प्लेट $\gamma$ एक साथ हैं, अतः समान विभव पर हैं। मान लीजिए β पर आवेश $q_1$ तथा γ पर आवेश $q_2$ है। किसी बिन्दु O पर विचार कीजिए। यहाँ विद्युत क्षेत्र शून्य होना चाहिए।

$\alpha$ के कारण O पर विद्युत क्षेत्र $= -\dfrac{Q}{2\varepsilon_o S}\hat{\mathbf{x}}$

$\beta$ के कारण O पर विद्युत क्षेत्र $= -\dfrac{q_1}{2\varepsilon_o S}\hat{\boldsymbol{x}}$

$\gamma$ के कारण O पर विद्युत क्षेत्र $= -\dfrac{q_2}{2\varepsilon_o S}\hat{\boldsymbol{x}}$




$$\therefore \frac{-(Q+q_2)}{2\varepsilon_o S} + \frac{q_1}{2\varepsilon_o S} = 0$$

$\Rightarrow q_1 - q_2 = Q$

साथ ही, $q_1 + q_2 = Q + q$

$\Rightarrow q_1 = Q + q/2$

तथा $q_2 = q/2$

इस प्रकार β और γ पर आवेश क्रमशः $Q + q/2$ और $q/2$ हैं।

(c) मान लीजिए टक्कर के पश्चात् दूरी पर वेग $v$ है। यदि प्लेट $\gamma$ का द्रव्यमान $m$ है, तब इस फेरे में अर्जित गतिज ऊर्जा विद्युत क्षेत्र द्वारा किए गए कार्य के बराबर होनी चाहिए। टक्कर के पश्चात् $\gamma$ पर विद्युत क्षेत्र है

$$\mathbf{E}_2 = -\frac{Q}{2\varepsilon_o S}\hat{\boldsymbol{x}} + \frac{(Q+q/2)}{2\varepsilon_o S}\hat{\boldsymbol{x}} = \frac{q/2}{2\varepsilon_o S}\hat{\boldsymbol{x}}$$

प्लेट $\gamma$ के मुक्त होने से टक्कर तक किया गया कार्य $F_1 d$ है, यहाँ $F_1$ प्लेट $\gamma$ पर बल है। टक्कर के पश्चात् इसके $d$ तक पहुँचने तक किया गया कार्य $F_2 d$, यहाँ $F_2$ प्लेट $\gamma$ पर बल है।

$$F_1 = E_1 Q = \frac{(Q-q)Q}{2\varepsilon_o S}$$

तथा $$F_2 = E_2 q/2 = \frac{(q/2)^2}{2\varepsilon_o S}$$

$\therefore$ कुल किया गया कार्य है

$$\frac{1}{2\varepsilon_o S}\left[(Q-q)Q + (q/2)^2\right]d = \frac{1}{2\varepsilon_o S}(Q-q/2)^2 d$$

$$\Rightarrow (1/2)mv^2 = \frac{d}{2\varepsilon_o S}(Q-q/2)^2$$

$$\therefore v = (Q-q/2)\left(\frac{d}{m\varepsilon_o S}\right)^{1/2}$$

1.29 (i) $F = \dfrac{Q_q}{r^2} = 1\text{ डाइन} = \dfrac{[1\text{esu आवेश}]^2}{[1\text{cm}]^2}$

अथवा

1 esu आवेश = 1 (डाइन)$^{1/2}$(cm)

अतः [1 esu आवेश] = $[F]^{1/2}L = [MLT^{-2}]^{1/2}L = M^{1/2}L^{3/2}T^{-1}$

[1 esu आवेश] = $M^{1/2}L^{3/2}T^{-1}$

इस प्रकार cgs मात्रकों में आवेश को M की 1/2 तथा L की 3/2 की भिन्नात्मक घातों में व्यक्त किया जाता है।

(ii) दो आवेशों, जिनमें प्रत्येक का परिमाण 1 esu आवेश तथा जिनके बीच पृथकन 1 cm के बीच बल पर विचार कीजिए।
तब बल 1 डाइन = $10^{-5}$ N.
यह स्थिति $10^{-2}$m पृथकन वाले xC परिमाण के दो आवेशों के तुल्य है।
इससे प्राप्त होता है:

$$F = \frac{1}{4\pi \in_0} \cdot \frac{x^2}{10^{-4}}$$

जो होना चाहिए 1 डाइन = $10^{-5}$ N

इस प्रकार $\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \dfrac{x^2}{10^{-4}} = 10^{-5} \Rightarrow \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} = \dfrac{10^{-9}}{x^2} \dfrac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$

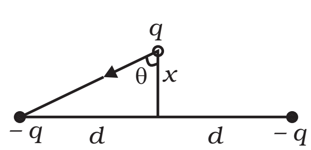
जिसके साथ $x = \dfrac{1}{[3]\times 10^9}$, इससे प्राप्त होता है

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 10^{-9} \times [3]^2 \times 10^{18} = [3]^2 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

जिसके साथ $[3] \to 2.99792458$, हमें प्राप्त होता है

$\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8.98755.... \times 10^9 \dfrac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$ तथ्यत:

1.30 केन्द्र O के अनुदिश $q$ पर कुल बल $F$




$$F = 2\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\cos\theta = -\frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \cdot \frac{x}{r}$$

$$F = \frac{-2q^2}{4\pi\varepsilon_0} \frac{x}{(d^2 + x^2)^{3/2}}$$

$\approx \dfrac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^3} x = -kx$ के लिए $x << d$

इस प्रकार तीसरे आवेश $q$ पर बल विस्थापन के अनुक्रमानुपाती है तथा वह दो अन्य आवेशों के केन्द्र की ओर है। अत: तीसरे आवेश की गति सरल आवर्त गति है जिसकी आवृत्ति है

$$\omega = \sqrt{\frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^3 m}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

और इस प्रकार $T = \dfrac{2\pi}{\omega} \left[\dfrac{8\pi^3 \varepsilon_0 m d^3}{q^2}\right]^{1/2}$

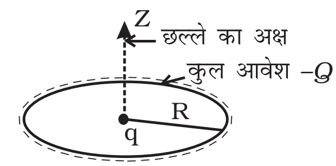
1.31 (a) छल्ले के अक्ष के अनुदिश $q$ को धीरे से दिया गया धक्का चित्र (b) में दर्शायी स्थिति उत्पन्न करेगा। छल्ले के व्यास के दो सिरों पर A तथा B दो बिन्दु हैं।





23/04/18

A तथा B पर रेखा अवयवों $\frac{-Q}{2\pi R}$ के कारण $q$ पर बल




(a)

$$F_{A+B} = 2.\frac{-Q}{2\pi R}.q.\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{1}{r^2}.\cos\theta$$

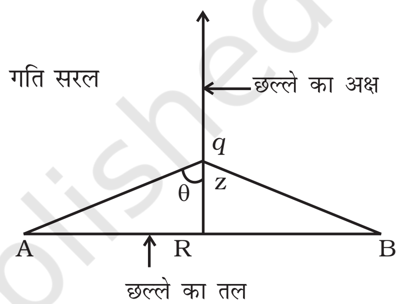
$$= \frac{-Q\boldsymbol{q}}{\pi R.4\pi\varepsilon_0}.\frac{1}{(z^2+R^2)}.\frac{z}{(z^2+R^2)^{1/2}}$$

$q$ पर छल्ले के कारण कुल बल = $(F_{A+B})(\pi R)$

$$= \frac{-Qq}{4\pi\varepsilon_o}\frac{z}{(z^2+R^2)^{3/2}}$$

$$\simeq \frac{-Qq}{4\pi\varepsilon_o} \quad z << R \text{ के लिए}$$

इस प्रकार बल ऋणात्मक विस्थापन के अनुक्रमानुपाती है। ऐसे बलों के अधीन गति सरल आवर्त गति होती है।




(b)

(b) प्रश्न के भाग (a) से

$$m\frac{d^2z}{dt^2} = -\frac{Qqz}{4\pi\varepsilon_o R^3} \quad \text{अथवा} \quad \frac{d^2z}{dt^2} = -\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_o R^3}z$$

अर्थात $\omega^2 = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_o mR^3}$. अतः $T = 2\pi\sqrt{\frac{4\pi\varepsilon_o mR^3}{Qq}}$

## अध्याय 2

2.1 (d)

2.2 (c)

2.3 (c)

2.4 (c)

2.5 (a)

2.6 (c)

2.7 (b), (c), (d)

2.8 (a), (b), (c)

2.9 (b), (c)

2.10 (b), (c)

2.11 (a), (d)

2.12 (a), (b)

**2.13** (c) और (d)

**2.14** अधिक

**2.15** उच्च विभव

**2.16** हाँ, यदि आमाप भिन्न हैं।

**2.17** नहीं

**2.18** चूँकि विद्युत क्षेत्र संरक्षी है, दोनों प्रकरणों में किया गया कार्य शून्य होगा।

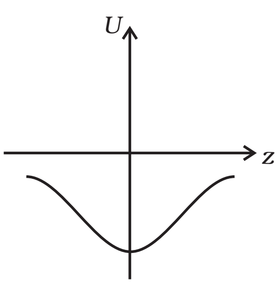
**2.19** मान लीजिए यह सत्य नहीं है। तब पृष्ठ के तुरन्त भीतर पृष्ठ की तुलना में विभव भिन्न होना चाहिए जिसके फलस्वरूप कोई विभव प्रवणता होनी चाहिए। इसका यह अर्थ हुआ कि पृष्ठ के अन्तर्मुखी अथवा बहिर्मुखी क्षेत्र रेखाएँ होनी चाहिए। चूँकि पृष्ठ, समविभव पृष्ठ है, दूसरे सिरे पर ये रेखाएँ दुबारा पृष्ठ पर नहीं हो सकतीं। इस प्रकार यह केवल तभी संभव है जब क्षेत्र रेखाओं के दूसरे सिरे भीतर आवेशों पर हों, जो आधार तथ्य के परस्पर विरोधी हैं। अत: भीतर समस्त आयतन समान विभव पर होना चाहिए।

**2.20** C कम हो जाएगी।

संचित ऊर्जा = $\frac{1}{2}CV^2$ और इसलिए अधिक हो जाएगी।

विद्युत क्षेत्र अधिक हो जाएगा।
संचित आवेश समान रहेगा।
$V$ कम हो जाएगा।

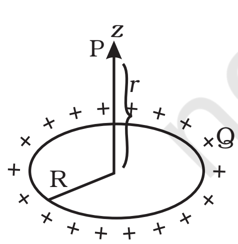
**2.21** विद्युत क्षेत्र के अनुदिश आवेशित चालक से अनावेशित चालक की ओर के किसी भी पथ पर विचार कीजिए। इस पथ पर विभव निरन्तर कम होगा। अनावेशित चालक से अनन्त की ओर के अन्य पथ पर विभव और घटेगा। यह अपेक्षित तथ्य को सिद्ध करता है।




**2.22** $$U = \frac{-qQ}{4\pi\varepsilon_0 R\sqrt{1+z^2/R^2}}$$

z के साथ स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन को चित्र में दर्शाया गया है।

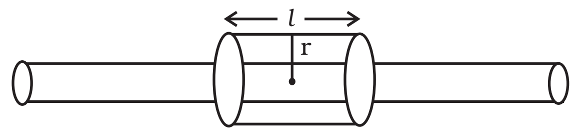
विस्थापित आवेश $-q$ दोलन करेगा। मात्र ग्राफ को देखकर हम कोई निष्कर्ष नहीं निकाल सकते।




**2.23** $$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{Q}{\sqrt{R^2+z^2}}$$

**2.24** रेखा से दूरी $r$ पर विभव ज्ञात करने के लिए विद्युत क्षेत्र पर विचार कीजिए। सममिति द्वारा हम यह पाते हैं कि क्षेत्र रेखाएँ बहिर्मुखी अरीय होनी चाहिए। त्रिज्या $r$ तथा लम्बाई $l$ का कोई गाउसीय पृष्ठ खींचिए। तब

$$\oint \mathbf{E}.d\mathbf{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\lambda l$$




अथवा $E_r 2\pi r l = \frac{1}{\varepsilon_0}\lambda l$

$$\Rightarrow E_r = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

अतः, यदि त्रिज्या $r_0$ है, तब

$$V(r) - V(r_0) = -\int_{r_0}^{r} \mathbf{E}.d\mathbf{l} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} ln\frac{r_0}{r}$$

किसी दिए गए $V$ के लिए,

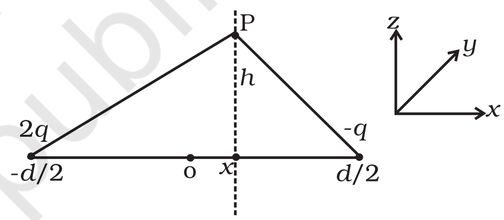
$$ln\,\frac{r}{r_0} = -\frac{2\pi\varepsilon_0}{\lambda}[V(r) - V(r_0)]$$

$$\Rightarrow r = r_0 e^{-2\pi\varepsilon_0 V(r_0)/\lambda}.e^{+2\pi\varepsilon_0 V(r)/\lambda}$$

समविभव पृष्ठ बेलनाकार हैं जिनकी त्रिज्या है

$$r = r_0 e^{-2\pi\varepsilon_0 [V(r) - V(r_0)]\lambda}$$

2.25 मान लीजिए तल मूल बिन्दु से दूरी $x$ है। तब बिन्दु P पर विभव है।




$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{\left[(x+d/2)^2+h^2\right]^{1/2}} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{\left[(x-d/2)^2+h^2\right]^{1/2}}$$

यदि यह विभव शून्य है, तो

$$\frac{1}{\left[(x+d/2)^2+h^2\right]^{1/2}} = \frac{1}{\left[(x-d/2)^2+h^2\right]^{1/2}}$$

अथवा $(x-d/2)^2 + h^2 = (x+d/2)^2 + h^2$

$$\Rightarrow x^2 - dx + d^2/4 = x^2 + dx + d^2/4$$

Or, $2dx = 0$

$\Rightarrow x = 0$

यह तल $x = 0$ का समीकरण है।

2.26 मान लीजिए यह $U$ की अंतिम वोल्टता है। यदि संधारित्र की परावैद्युत के बिना धारिता $C$ तब संधारित्र पर आवेश है

$Q_1 = CU$

परावैद्युत होने पर संधारित्र की धारिता εC होती है। इसलिए संधारित्र पर आवेश है

$$Q_2 = \varepsilon CU \quad = \quad \alpha CU^2$$

जो संधारित्र आवेशित था उस पर आरम्भिक आवेश है

$Q_0 = CU_0$

आवेशों के संरक्षण से

$Q_0 = Q_1 + Q_2$

अथवा $CU_0 = CU + \varepsilon\, CU^2$

$$\Rightarrow \alpha U^2 + U - u_0 = 0$$

$$\therefore U = \frac{-1 \pm \sqrt{1+4\alpha U_0}}{2\alpha}$$

$$= \frac{-1 \pm \sqrt{1+624}}{4} \text{ वोल्ट}$$

$$= \frac{-1 \pm \sqrt{625}}{4}$$

चूंकि $U$ धनात्मक है

$$U = \frac{\sqrt{625}-1}{4} = \frac{24}{4} = 6\text{V}$$

2.27 जब चक्रिका तली को स्पर्श कर रही है तब समस्त पट्टिका समविभव पट्टिका है। कोई आवेश $q'$ चक्रिका को स्थानान्तरित हो जाता है।

चक्रिका पर विद्युत क्षेत्र

$$= \frac{V}{d}$$

$$\therefore q' = -\varepsilon_0 \frac{V}{d} \pi r^2$$

चक्रिका पर कार्यरत बल है

$$-\frac{V}{d} \times q' = \varepsilon_0 \frac{V^2}{d^2} \pi r^2$$

यदि चक्रिका को ऊपर उठाना है, तब

$$\varepsilon_0 \frac{V^2}{d^2} \pi r^2 = mg$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{mgd^2}{\pi \varepsilon_0 r^2}}$$

2.28 $$\text{U} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left\{\frac{q_d q_d}{r} - \frac{q_u q_d}{r} - \frac{q_u q_d}{r}\right\}$$

$$= 8\frac{9\times10^9}{10^{-15}}\left(1.6\times10^{-19}\right)^2 \left\{(1/3)^2 - (2/3)(1/3) - (2/3)(1/3)\right\}$$

$$= 2.304 \times 10^{-13} \left\{\frac{1}{9} - \frac{4}{9}\right\} = -7.68\times10^{-14}\text{J}$$

$$= 4.8 \times 10^5 \text{ eV} = 0.48 \text{ MeV} = 5.11 \times 10^{-4} \ (m_n c^2)$$

2.29 सम्पर्क से पूर्व :

$$Q_1 = \sigma.4\pi R^2$$

$$Q_2 = \sigma.4\pi(2R^2) = 4(\sigma.4\pi R^2) = 4Q$$

सम्पर्क के पश्चात्

$$Q_1' + Q_2' = Q_1 + Q_2 = 5Q_1,$$

$$= 5(\sigma.4\pi R^2)$$

समान विभव पर होंगे

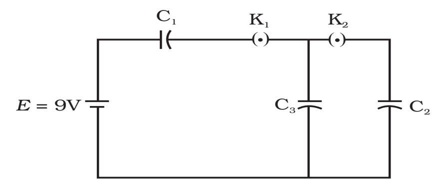
$$\frac{Q_1'}{R} = \frac{Q_2'}{2R}$$

$$\therefore Q_2' = 2Q'.$$

$$\therefore 3Q_1' = 5(\sigma.4\pi R^2)$$

$\therefore Q_1' = \frac{5}{3}(\sigma.4\pi R^2)$ और $Q_2' = \frac{10}{3}(\sigma.4\pi R^2)$

$\therefore \; \sigma_1 = 5/3\,\sigma$ और $\therefore \; \sigma_2 = \frac{5}{6}\sigma$




2.30 आरम्भ में : और $V \propto \frac{1}{C}, V_1 + V_2 = E$

$\Rightarrow V_1 = 3V$ और $V_2 = 6V$

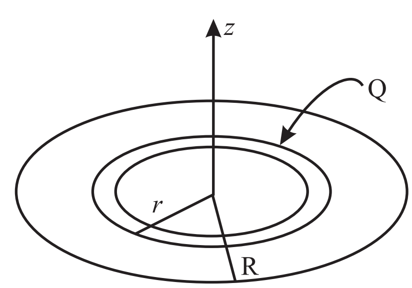
$$\therefore Q_1 = C_1V_1 = 6C \times 3 = 18\,\mu C$$

$Q_2 = 9\,\mu C$ और $Q_3 = 0$

बाद में: $Q_2 = Q_2' + Q_3$

साथ ही: $C_2V + C_3V = Q_2 \qquad \Rightarrow V = \frac{Q_2}{C_2 + C_3} = (3/2)V$

$Q_2' = 9/2\,\mu C$ और $Q_3' = 9/2\,\mu C$




2.31 $\sigma = \frac{Q}{\pi R^2}$

$$dU = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\sigma.2\pi r\, dr}{\sqrt{r^2+z^2}}$$

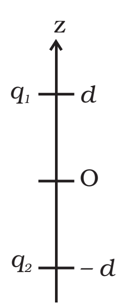
$$\therefore U = \frac{\pi\sigma}{4\pi\varepsilon_0} \int_O^R \frac{2rdr}{\sqrt{r^2+z^2}}$$

$$= \frac{2\pi\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\left[\sqrt{r^2+z^2}\right]_O^R = \frac{2\pi\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\left[\sqrt{R^2+z^2}-z\right]$$

$$= \frac{2Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\left[\sqrt{R^2+z^2}-z\right]$$

2.32 $$\frac{q_1}{\sqrt{x^2+y^2+(z-d)^2}} + \frac{q_2}{\sqrt{x^2+y^2+(z+d)^2}} = 0$$

$$\therefore \frac{q_1}{\sqrt{x^2+y^2+(z-d)^2}} = \frac{-q_2}{\sqrt{x^2+y^2+(z+d)^2}}$$

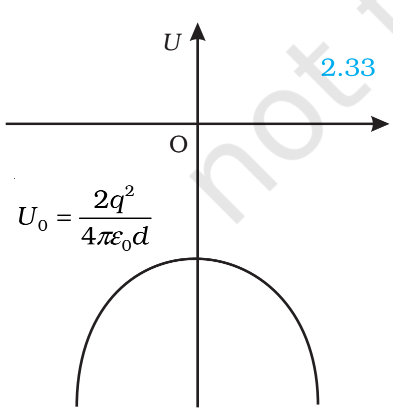



इस प्रकार, कुल विभव शून्य होने के लिए $q_1$ तथा $q_2$ के चिह्न विपरीत होने चाहिए। वर्ग और सरल करने पर हमें प्राप्त होता है

$$x^2+y^2+z^2+\left[\frac{(q_1/q_2)^2+1}{(q_1/q_2)^2-1}\right](2zd)+d^2=0$$

यह उस गोले का समीकरण है जिसका केन्द्र $\left(0,0,-2d\left[\frac{q_1{}^2+q_1{}^2}{q_1{}^2-q_1{}^2}\right]\right)$ पर है।

ध्यान दीजिए यदि $q_1 = -q_2 \Rightarrow$ तब $z = 0$, मध्य बिन्दु से गुजरने वाला तल है।




2.33 $$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left\{\frac{-q^2}{(d-x)} + \frac{-q^2}{d-x}\right\}$$

$$U = \frac{-q^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2d}{(d^2-x^2)}$$

$$\frac{dU}{dx} = \frac{-q^2.2d}{4\pi\epsilon_0}.\frac{2x}{(d^2-x^2)^2}$$

$x = 0$ पर $\frac{dU}{dx} = 0$

$x = 0$ कोई संतुलन बिन्दु है।

$$\frac{d^2U}{dx^2} = \left(\frac{-2dq^2}{4\pi\epsilon_0}\right)\left[\frac{2}{(d^2-x^2)^2} - \frac{8x^2}{(d^2-x^2)^3}\right]$$

$$= \left(\frac{-2dq^2}{4\pi\epsilon_0}\right)\frac{1}{(d^2-x^2)^3}\left[2(d^2-x^2)^2 - 8x^2\right]$$

$x = 0$ पर

$$\frac{d^2U}{dx^2} = \left(\frac{-2dq^2}{4\pi\epsilon_0}\right)\left(\frac{1}{d^6}\right)(2d^2)\text{, जो } < 0.$$

अत: यह अस्थायी संतुलन है।

## अध्याय 3

**3.1** (b)

**3.2** (a)

**3.3** (c)

**3.4** (b)

**3.5** (a)

**3.6** (a)

**3.7** (b), (d)

**3.8** (a), (d)

**3.9** (a), (b)

**3.10** (b), (c)

**3.11** (a), (c)

**3.12** जब कोई इलेक्ट्रॉन किसी संधि की ओर गमन करता है तो एकसमान **E** के अतिरिक्त वह समान्यत: संधि के तारों के पृष्ठ पर संचित आवेशों (जो अपवाह वेग $\boldsymbol{v}_d$ को नियत रखते हैं।) का सामना भी करता है। ये विद्युत क्षेत्र उत्पन्न करते हैं। ये क्षेत्र संवेग की दिशा परिवर्तित कर देते हैं।

**3.13** विश्रान्ति काल इलेक्ट्रॉनों एवं आयनों के वेगों पर निर्भर होने के लिए बाध्य हैं। अनुप्रस्थ विद्युत बल इलेक्ट्रॉन के वेग को 1mm/s कोटि की चालों द्वारा प्रभावित करते है, जो कोई सार्थक प्रभाव

नहीं है। इसके विपरीत, $T$ में परिवर्तित वेगों में $10^2$ m/s कोटि के प्रभाव उत्पन्न करता है। यह $\tau$ में सार्थक प्रभाव ला सकता है। [$\rho = \rho(E,T)$ है जिसमें $E$ पर निर्भरता उपेक्षणीय है, सामान्य अनुप्रयुक्त वोल्टताओं के लिए]।

**3.14** व्हीटस्टोन सेतु में शून्य विक्षेप विधि का यह लाभ है कि गैल्वेनोमीटर का प्रतिरोध संतुलन बिन्दु को प्रभावित नहीं करता तथा प्रतिरोधों एवं गैल्वेनोमीटर में प्रवाहित धारा तथा गैल्वेनोमीटर के आन्तरिक प्रतिरोध को ज्ञात करने की कोई आवश्यकता नहीं होती और किरखोफ नियम का परिपथ पर अनुप्रयोग करके अज्ञात प्रतिरोध, $R_{\text{अज्ञात}}$, परिकलित किया जा सकता है। अन्य विधियों में हमे प्रतिरोधों तथा गैल्वेनोमीटर में प्रवाहित सभी धाराओं तथा गैल्वेनोमीटर के आन्तरिक प्रतिरोध की परिशुद्ध मापों की आवश्यकता होगी।

**3.15** धातु की मोटी पट्टियों का निम्न प्रतिरोध होता है जिसे शुन्य-विक्षेप बिन्दु पर विभवमापी तार की लम्बाई में सम्मिलित करने की आवश्यकता नहीं होती। हमें केवल सीधे खण्डों (प्रत्येक 1 लम्बा) के अनुदिश तारों की लम्बाई मापनी होती है जिसे मीटर स्केल द्वारा आसानी से मापा जा सकता है। और यह माप परिशुद्ध होती है।

**3.16** दो बातो पर विचार करने की आवश्यकता होती है: (i) धातु का मूल्य, तथा (ii) धातु की अच्छी चालकता। अधिक मूल्य होने के कारण हम चाँदी का उपयोग नहीं करते। इसके पश्चात अच्छे चालकों में ताँबा व ऐलुमिनियम उपयोग होते हैं।

**3.17** मिश्रातुओं के प्रतिरोध का ताप गुणांक निम्न (निम्न ताप सुग्राह्यता) तथा प्रतिरोधकता उच्च होती है।

**3.18** शक्ति क्षय $P_C = I^2 R_C$

यहां, $R_C$ संयोजक तारों का प्रतिरोध है

$$P_C = \frac{P^2}{V^2} R_C$$

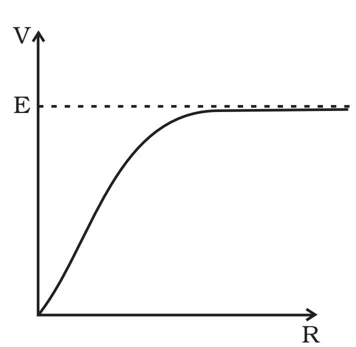
शक्ति क्षय $P_C$ कम करने के लिए शक्ति संचरण उच्च वोल्टता पर किया जाना चाहिए।

**3.19** यदि $R$ में वृद्धि कर दें, तो तार से प्रवाहित धारा कम हो जाएगी और इस प्रकार विभव प्रवणता भी कम हो जाएगी, जिसके कारण संतुलन लम्बाई अधिक हो जाएगी। अतः शून्य विक्षेप बिन्दु J बिन्दु B की ओर स्थानान्तरित हो जाएगा।

**3.20** (a) $E_1$ का धनात्मक टर्मिनल X से संयोजित है तथा $E_1 > E$

(b) $E_1$ का ऋणात्मक टर्मिनल X से संयोजित है।

**3.21**






23/04/18

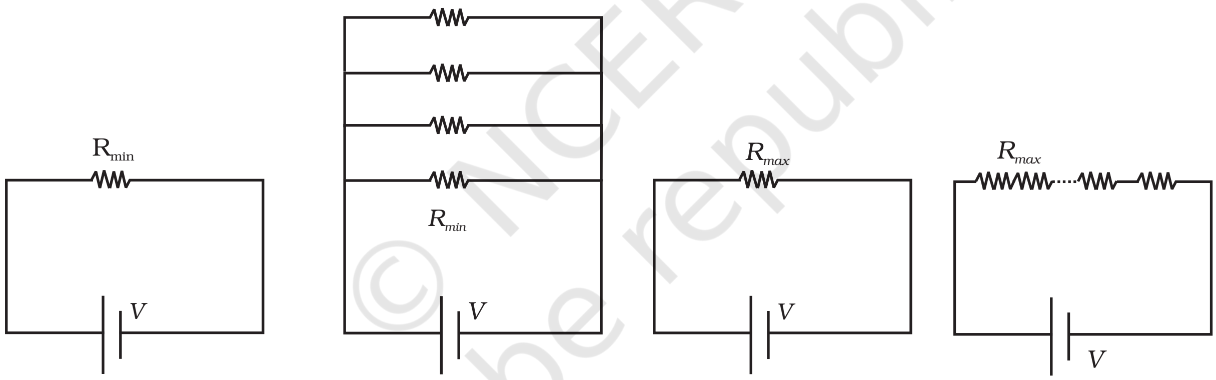
**3.22** $I = \dfrac{E}{R+nR}; \dfrac{E}{R+\dfrac{R}{n}} = 10I$

$$\frac{1+n}{1+\dfrac{1}{n}} = 10 = \frac{1+n}{n+1}n = n$$

$n = 10.$

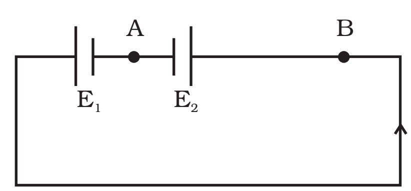
**3.23** $\dfrac{1}{R_p} = \dfrac{1}{R_1} + ....... + \dfrac{1}{R_n}$, $\quad \dfrac{R_{\text{न्यूनतम}}}{R_P} = \dfrac{R_{\text{न्यूनतम}}}{R_1} + \dfrac{R_{\text{न्यूनतम}}}{R_2} + ....... + \dfrac{R_{\text{न्यूनतम}}}{R_n} > 1$

और $R_S = R_1 + ...... + R_n \geq R_{\text{अधिकतम}}$.
चित्र (b) में $R_{min}$ चित्र (a) में धारा को प्रदान किए जैसा ही तुल्य मार्ग प्रदान करता है। परन्तु इसके साथ–साथ शेष (n – 1) प्रतिरोधकों के द्वारा (n – 1) मार्ग प्रदान किए गए हैं। चित्र (b) में विद्युत धारा > चित्र (a) में विद्युत धारा। चित्र (b) में प्रभावी प्रतिरोध < $R_{min}$। स्पष्ट रूप से दूसरा परिपथ अधिक प्रतिरोध वहन करने योग्य है। आप चित्र (c) तथा चित्र (d) का उपयोग करके $R_s > R_{max}$ सिद्ध कर सकते हैं।




(a) (b) (c) (d)

**3.24** $I = \dfrac{6-4}{2+8} = 0.2\text{A}$




$E_1$ के सिरों पर विभवान्तर = 6 – 0.2 × 2 = 5.6 V
$E_2$ के सिरों पर विभवान्तर = $V_{AB}$ = 4 + .2 × 8 = 5.6 V
बिन्दु B बिन्दु A से उच्च विभव पर है।

**3.25** $I = \dfrac{E+E}{R+r_1+r}$

$$V_1 = E - Ir_1 = E - \frac{2E}{r_1+r_2+R}r_1 = 0$$

अथवा $E = \dfrac{2Er_1}{r_1 + r_2 + R}$

$$1 = \frac{2r_1}{r_1 + r_2 + R}$$

$r_1 + r_2 + R = 2r_1$

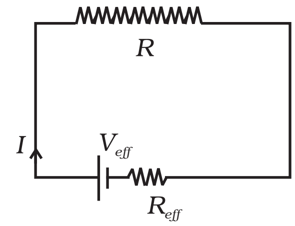
$R = r_1 - r_2$

**3.26** $R_A = \dfrac{\rho l}{\pi(10^{-3} \times 0.5)^2}$

$$R_B = \frac{\rho l}{\pi[(10^{-3})^2 - (0.5\times10^{-3})^2]}$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{(10^{-3})^2 - (0.5\times10^{-3})^2}{(.5\times10^{-3})^2} = 3 : 1$$

**3.27** चित्र में दर्शाए अनुसार हम किसी भी शाखा $R$ के समस्त नेटवर्क को एक सरल परिपथ में परिणत करने की सोच सकते हैं।




तब $R$ से प्रवाहित धारा $I = \dfrac{V_{\text{प्रभावी}}}{R_{\text{प्रभावी}} + R}$

विमीय रूप में $V_{\text{प्रभावी}} = V_{\text{प्रभावी}}(V_1, V_2, \ldots\ldots V_n)$ की विमा वोल्टता की है तथा $R_{\text{प्रभावी}} = R_{\text{प्रभावी}}$ $(R_1, R_2, \ldots\ldots R_m)$ की विमा प्रतिरोध की है।

अत: यदि सब में $n$-गुनी वृद्धि हो जाती है, तब

$$V_{\text{प्रभावी}}^{\text{नया}} = nV_{\text{प्रभावी}}, R_{\text{प्रभावी}}^{\text{नया}} = n R_{\text{प्रभावी}}$$

और $R^{\text{प्रभावी}} = nR.$

इस प्रकार धारा समान रहती है।

**3.28** किरखोफ के संधि नियम का अनुप्रयोग करने पर

$I_1 = I + I_2$

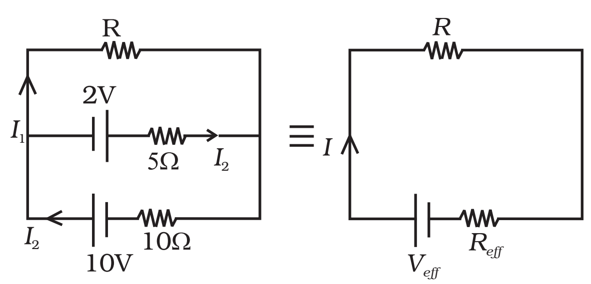
किरखोफ के पाश नियम से प्राप्त होता है

$10 = IR + 10I_1$....(i)

$2 = 5I_2 - RI = 5(I_1 - I) - R_I$

$4 = 10I_1 - 10I - 2RI$..... (ii)

(i) – (ii) $\Rightarrow 6 = 3RI + 10I$ अथवा $2 = I\left(R + \dfrac{10}{3}\right)$



$2 = (R + R_{\text{प्रभावी}})I$ की $V_{\text{प्रभावी}} = (R + R_{\text{प्रभावी}})I$

और $V_{\text{प्रभावी}} = 2\text{V}$

$$R_{\text{प्रभावी}} = \frac{10}{3}\Omega$$

**3.29** उपयुक्त शक्ति = 2मात्रक/घंटा = 2kW = 2000J/s

$$I = \frac{P}{V} = \frac{2000}{220} \simeq 9\,\text{A}$$

तार में शक्ति क्षय = $RI^2$ J/s

$$= \rho\frac{l}{A}I^2 = 1.7\times10^{-8}\times\frac{10}{\pi\times10^{-6}}\times81 \text{ J/s}$$

$\simeq 4$ J/s

$= 0.2\%$

Al तार में शक्ति क्षय = $4\dfrac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}} = 1.6\times4 = 6.4\text{J/s} = 0.32\%$

**3.30** मान लीजिए विभवमापी के तार का प्रतिरोध $R'$ है, तब

$$\frac{10\times R'}{50+R'} < 8 \Rightarrow 10R' < 400 + 8R'$$

$2R' < 400$ अथवा $R' < 200\Omega$

$$\frac{10\times R'}{10+R'} > 8 \Rightarrow 2R' > 80 \Rightarrow R' > 40$$

$$\frac{10\times\frac{3}{4}R'}{10+R'} < 8 \Rightarrow 7.5R' < 80 + 8R'$$

$R' > 160 \Rightarrow 160 < R' < 200$

इसकी 400 cm पर विभवपात > 8V

इसकी 300 cm पर विभवपात < 8V

$\phi \times 400 > 8\text{V}$ ($\phi \rightarrow$ विभवान्तर)

$\phi \times 300 < 8\text{V}$

$\phi > 2\text{V/m}$

$< 2\frac{2}{3}$ V/m

**3.31** (a) $I = \dfrac{6}{6} = 1\text{ A} = nev_d A$

$$v_d = \frac{1}{10^{29}\times1.6\times10^{-19}\times10^{-6}} = \frac{1}{1.6}\times10^{-4} \text{ m/s}$$

गतिज ऊर्जा $= \dfrac{1}{2}m_e v_d^2 \times nAl$

$$= \frac{1}{2}\times9.1\times10^{-31}\times\frac{1}{2.56}\times10^{-8}\times10^{29}\times10^{-6}\times10^{-1} \simeq 2\times10^{-17}\text{J}$$

(b) ओमी क्षय = $RI^2 = 6 \times 1^2 = 6$ J/s

$\frac{2\times10^{-17}}{6}$ s $\simeq 10^{-17}$ s में इलेक्ट्रॉन की समस्त गतिज ऊर्जा नष्ट हो जाएगी।

## अध्याय 4

**4.1** (d)

**4.2** (a)

**4.3** (a)

**4.4** (d)

**4.5** (a)

**4.6** (d)

**4.7** (a), (b)

**4.8** (b), (d)

**4.9** (b), (c)

**4.10** (b), (c), (d)

**4.11** (a), (b), (d)

**4.12** चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत गमन करने वाले आवेशित कण के लिए: $\frac{mv^2}{R} = qvB$

$$\therefore \frac{qB}{m} = \frac{v}{R} = \omega$$

$$\therefore [\omega] = \frac{qB}{m} = \frac{v}{R} = [T]^{-1}$$

**4.13** $dW = \mathbf{F}.d\mathbf{l} = 0$

$\Rightarrow \mathbf{F}.\mathbf{v}dt = 0$

$\Rightarrow \mathbf{F}.\mathbf{v} = 0$

**F**, वेग निर्भर होना चाहिए जिसका अर्थ यह है कि **F** तथा **v** के बीच कोण 90° का है। यदि **v** परिवर्तित होता है (दिशा में) तो **F** भी (दिशा में) इस प्रकार परिवर्तित होगा जिससे उपरोक्त शर्त पूरी हो जाए।

**4.14** चुम्बकीय बल निर्देश फ्रेम पर निर्भर है तथापि इससे उत्पन्न नेट त्वरण जड़त्वीय निर्देश फ्रेमों के लिए निर्देश फ्रेम पर निर्भर नहीं करता (अनापेक्षिकीय भौतिकी)।

**4.15** कण एकान्तरत: त्वरित एवं मंदित होगा। अत: दोनों डी में पथ की त्रिज्या अपरिवर्तित रहेगी।

**4.16** $O_2$ पर $I_1$ के कारण चुम्बकीय क्षेत्र $y$-अक्ष के अनुदिश है। दूसरा तार $y$-अक्ष के अनुदिश है, अत: बल शून्य है।

**4.17** $\mathbf{B} = \frac{1}{4}(\hat{\mathbf{i}}+\hat{\mathbf{j}}+\hat{\mathbf{k}})\frac{\mu_0 I}{2R}$

**4.18** कोई विमाहीन राशि नहीं। $[T]^{-1} = [\omega] = \left[\frac{eB}{m}\right]$

**4.19** $\mathbf{E} = E_0\hat{\mathbf{i}}, E_0 > 0, \mathbf{B} = B_0\hat{\mathbf{k}}$

**4.20** $d\mathbf{l}_1$ पर $d\mathbf{l}_2$ के कारण बल शून्य है।

$d\mathbf{l}_2$ पर $d\mathbf{l}_1$ के कारण बल शून्येतर है।

**4.21** $i_G (G + R_1) = 2$ (0 – 2V) परिसर के लिए

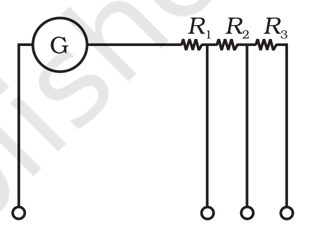
$i_G (G + R_1 + R_2) = 20$, (0 – 2V) परिसर के लिए

तथा $i_G (G + R_1 + R_2 + R_3) = 200$, 200V परिसर के लिए

प्राप्त होता है $R_1 = 1990\Omega$

$R_2 = 18\ \text{k}\Omega$

तथा $R_3 = 180\ \text{k}\Omega$




**4.22** $F = BIl \sin\theta = BIl$

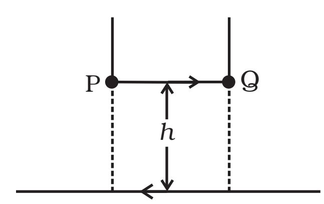
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi h}$$

$$F = mg = \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi h}$$

$$h = \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi mg} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times250\times25\times1}{2\pi\times2.5\times10^{-3}\times9.8}$$

$$= 51 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

$h = 0.51$ cm




**4.23** जब चुम्बकीय क्षेत्र कार्यरत नहीं है, तब $\sum\tau = 0$

$Mgl = W_{\text{कुण्डली}}\ l$

$500\ g\ l = W_{\text{कुण्डली}}\ l$

$W_{\text{कुण्डली}} = 500 \times 9.8$ N

जब चुम्बकीय क्षेत्र लगा दिया जाता है, तब

$Mgl + mgl = W_{\text{कुण्डली}}\ l + IBL \sin 90° l$

$mgl = BILl$

$$m = \frac{BIL}{g} = \frac{0.2\times4.9\times1\times10^{-2}}{9.8} = 10^{-3}\text{kg}$$

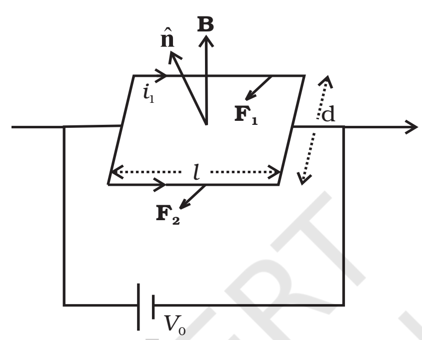
$= 1$ g

**4.24** $F_1 = i_1 lB = \frac{V_0}{R} lB,$ $\qquad \tau_1 = \frac{d}{2\sqrt{2}} F_1 = \frac{V_0 ldB}{2\sqrt{2}R}$

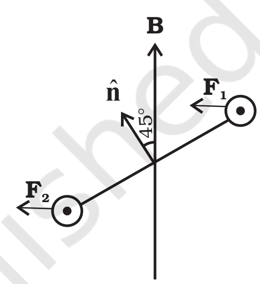
$F_2 = i_2 lB = \frac{V_0}{2R} lB$ $\qquad \tau_2 = \frac{d}{2\sqrt{2}} F_2 = \frac{V_0 ldB}{4\sqrt{2}R}$

नेट बल आघूर्ण $\tau = \tau_1 - \tau_2$

$$\tau = \frac{1}{4\sqrt{2}} \frac{V_0 AB}{R}$$



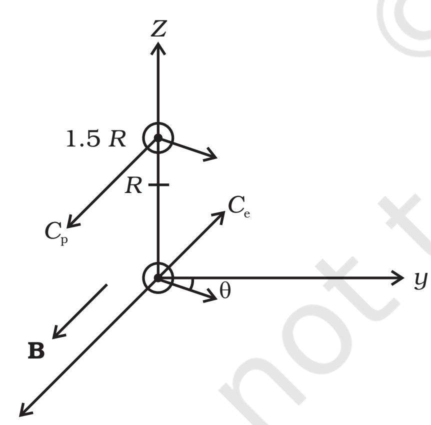
अग्र दृष्टि



पश्च दृष्टि



**4.25** चूंकि **B** $x$-अक्ष के अनुदिश है, वृत्तीय कक्षा के लिए दो कणों के संवेग $y$ - $z$ तल में हैं। मान लीजिए इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन के संवेग क्रमश: $\mathbf{p}_1$ तथा $\mathbf{p}_2$ हैं। ये दोनो $R$ त्रिज्या के वृत्त को निरूपित करते हैं। ये दोनो विपरीत दिशा के वृत्तों का निरूपण करते हैं। मान लीजिए $\mathbf{p}_1$ $y$ अक्ष से $\theta$ कोण बनाता तो $\mathbf{p}_2$ को भी इतना ही कोण बनाना चाहिए। इनके अपने निजी केन्द्रों को संवेगों के लम्बवत तथा $R$ दूरी पर होना चाहिए। मान लीजिए इलेक्ट्रॉन का केन्द्र $Ce$ तल पॉजीट्रॉन का केन्द्र $Cp$ पर है।




$Ce$ के निर्देशांक हैं

$Ce \equiv (0, -R\sin\theta, R\cos\theta)$

$Cp$ के निर्देशांक हैं

$Cp \equiv (0, -R\sin\theta, \frac{3}{2} R - R\cos\theta)$

यदि दोनों के केन्द्रों के बीच की दूरी $2R$ से अधिक है, तो इन दोनों के वृत्त परस्पर व्यापन नहीं करेंगे।

मान लीजिए $Cp$ तथा $Ce$ के बीच की दूरी $d$ है, तब

$$d^2 = (2R\sin\theta)^2 + \left(\frac{3}{2}R - 2R\cos\theta\right)^2$$

$$= 4R^2\sin^2\theta + \frac{9^2}{4} R - 6R^2\cos\theta + 4R^2\cos^2\theta$$

$$= 4R^2 + \frac{9}{4}R^2 - 6R^2\cos\theta$$

चूँकि $d$ को $2R$ से अधिक होना चाहिए

$d^2 > 4R^2$

$$\Rightarrow 4R^2 + \frac{9}{4}R^2 - 6R^2\cos\theta > 4R^2$$

$$\Rightarrow \frac{9}{4} > 6\cos\theta$$

अथवा $\cos\theta < \frac{3}{8}$

**4.26** क्षेत्रफल $A = \frac{\sqrt{3}}{4}a^2$, $A = a^2$, $A = \frac{3\sqrt{3}}{4}a^2$


विद्युत धारा $I$ सबके लिए समान है

चुम्बकीय आघूर्ण $m = n\,I\,A$

$\therefore m = Ia^2\sqrt{3}$ $\quad 3a^2I \quad$ $3\sqrt{3}a^2I$

(ध्यान दीजिए: $m$ गुणोत्तर श्रेणी में है।)

**4.27** (a) B (z) z - अक्ष पर समान दिशा में संकेत करता है, इसीलिए J (L), L का एक रूपी वृद्धि फलन है।

(b) J(L) + परिरेखा C पर बड़ी दूरियों से योगदान $= \mu_0 I$

$\therefore$ जैसे-जैसे $L \to \infty$

बड़ी दूरियों से योगदान $\to 0$ क्योंकि $(B \sim 1/r^3)$

$J(\infty) - \mu_0 I$

(c) $$B_z = \frac{\mu_0 I R^2}{2(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} B_z dz = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\mu_0 I R^2}{2(z^2 + R^2)^{3/2}} dz$$

यदि $z = R\tan\theta \quad dz = R\sec^2\theta\, d\theta$

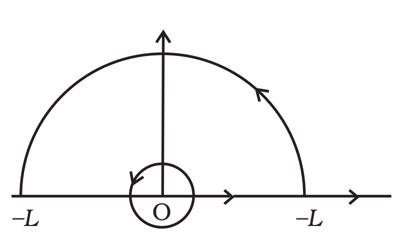
$$\therefore \int_{-\infty}^{\infty} B_z dz = \frac{\mu_0 I}{2}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\cos\theta d\theta = \mu_0 I$$

(d) $B(z)_{\text{वर्ग}} < B(z)_{\text{वृत्तीय कुण्डली}}$

$\therefore \mathfrak{J}(L)_{\text{वर्ग}} < \mathfrak{J}(L)_{\text{वृत्तीय कुण्डली}}$

परन्तु (b) में दिए गए तर्कों का उपयोग करने पर

$\mathfrak{J}(\infty)_{\text{वर्ग}} = \mathfrak{J}(\infty)_{\text{वृत्तीय कुण्डली}}$




**4.28** $i_G \cdot G = (i_1 - i_G)(S_1 + S_2 + S_3)$ जब $i_1 = 10\text{mA}$

$i_G (G + S_1) = (i_2 - i_G)(S_2 + S_3)$ जब $i_2 = 100\text{mA}$

तथा $i_G (G + S_1 + S_2) = (i_3 - i_G)(S_3)$ जब $i_3 = 1\text{A}$

से प्राप्त होता है $S_1 = 1\Omega$, $S_2 = 0.1\Omega$ तथा $S_3 = 0.01\Omega$

**4.29** (a) शून्य

(b) $\dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{i}{R}$ AO के लम्बवत् बाईं दिशा में

(c) $\dfrac{\mu_0}{\pi}\dfrac{i}{R}$ AO के लम्बवत् बाईं दिशा में

## अध्याय 5

**5.1** (c)

**5.2** (a)

**5.3** (c)

**5.4** (b)

**5.5** (b)

**5.6** (a), (d)

**5.7** (a), (d)

**5.8** (a), (d)

**5.9** (a), (c), (d)

**5.10** (b), (c), (d)

**5.11** $\mu_p \approx \dfrac{e\hbar}{2m_p}$ और $\mu_e \approx \dfrac{e\hbar}{2m_e}, \hbar = \dfrac{h}{2\pi}$

$\mu_e >> \mu_p$ क्योंकि $m_p >> m_e$

**5.12** $Bl = \mu_0 M l = \mu_0 (I + I_M)$ और $H = 0 = I$

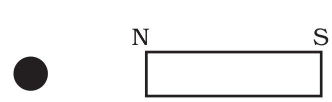
$Ml = I_M = 10^6 \times 0.1 = 10^5$ A

**5.13** $\chi \, \alpha$ घनत्व $\rho$। अब $\dfrac{\rho_N}{\rho_{Cu}} = \dfrac{28g/22.4Lt}{8g/cc} = \dfrac{3.5}{22.4} \times 10^{-3} = 1.6 \times 10^{-4}$

$\dfrac{\chi_N}{\chi_{Cu}} = 5 \times 10^{-4}$

अत: यहाँ प्रमुख अन्तर घनत्व के कारण है।

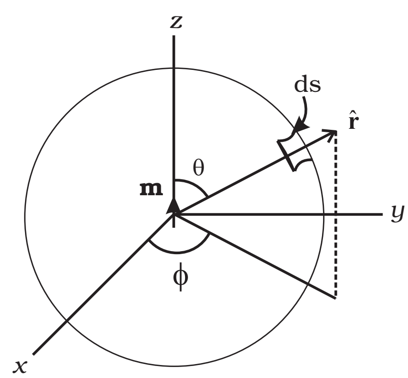
**5.14** प्रति चुम्बकत्व इलेक्ट्रॉनों की कक्षीय गति के कारण होता है जो अनुप्रयुक्त क्षेत्र के विपरीत चुम्बकीय आघूर्ण उत्पन्न करता है। इसलिए यह ताप से अधिक प्रभावित नहीं होता।



अनुचुम्बकत्व और लोह चुम्बकत्व परमाण्वीय चुम्बकीय आघूर्णों के अनुप्रयुक्त क्षेत्र की दिशा में संरेखण के कारण होता है। ताप वृद्धि होने पर यह संरेखण विक्षोभित हो जाता है जिसके फलस्वरूप दोनों की चुम्बकशीलता ताप वृद्धि के साथ घट जाती है।

**5.15** (i) चुम्बक से दूर

(ii) चुम्बकीय आघूर्ण बाएं से दाएं




**5.16** $\mathbf{B} = \dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{3\mathbf{m}.\hat{\mathbf{r}}}{r^3}, m = m\hat{\mathbf{k}}$

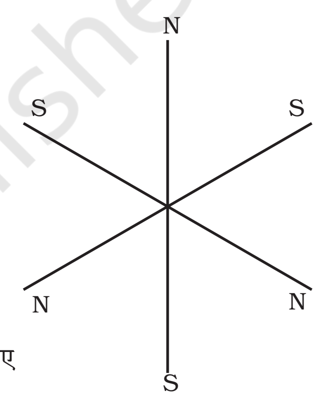
$d\mathbf{s} = \hat{\mathbf{r}}.\mathbf{r}^2 \sin\theta d\theta c$

$0 \le \theta \le \pi, 0 \le \phi \le$

$\oint \mathbf{B}.ds = \dfrac{\mu_0 m}{4\pi}\int \dfrac{3\cos\theta}{r^3} r^2 \sin\theta d\theta$

= 0 ($\theta$ समाकलन के कारण)

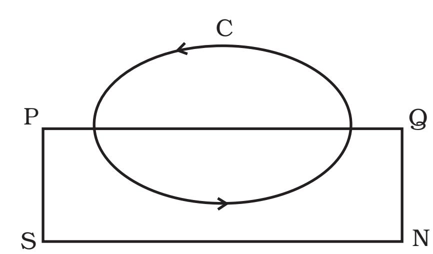
**5.17** नेट $m = 0$. मात्र संभवतः चित्र (b) में दर्शायी गई है।




**5.18** $E(r) = c\,B(r)$, $p = \dfrac{m}{c}$. द्विध्रुवों के द्रव्यमान और जड़त्व आघूर्ण समान हैं।

**5.19** $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{I}{mB}}$ $\quad I' = \dfrac{1}{2}\times\dfrac{1}{4}I$ तथा $m' = \dfrac{m}{2}$. $\quad T' = \dfrac{1}{2}T$

**5.20** छड़ से गुजरने वाली **B** की किसी रेखा पर विचार कीजिए। यह बन्द होनी चाहिए। मान लीजिए C ऐम्पियरी-पाश है।




$$\int_Q^P \mathbf{H}.d\mathbf{l} = \int_Q^P \frac{\mathbf{B}}{\mu_0}.d\mathbf{l} > 0$$

$$\oint_{PQP} \mathbf{H}.d\mathbf{l} = 0$$

$$\int_P^Q \mathbf{H}.d\mathbf{l} < 0$$

$P \rightarrow Q$ छड़ के भीतर है।

अतः **H** और $d\mathbf{l}$ के बीच का कोण अधिक कोण है।

**5.21** (i) z-अक्ष के अनुदिश

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\mathbf{m}}{r^3}$$

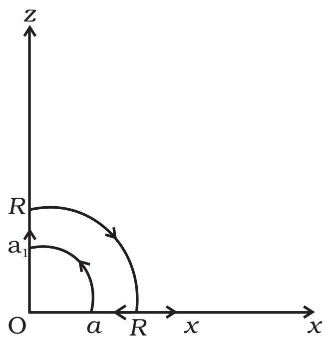
$$\int_a^R \mathbf{B}.d\mathbf{l} = \frac{\mu_0}{4\pi}2m\int_a^R \frac{dz}{z^3} = \frac{\mu_0 m}{2\pi}\left(-\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{R^2} - \frac{1}{a^2}\right)$$

(ii) त्रिज्या $R$ के चौथाई वृत्त के अनुदिश

$$B_{\theta} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{-\mathbf{m}.\hat{\boldsymbol{\theta}}}{R^3} = \frac{-\mu_0}{4\pi}\frac{m}{R^3}(-\sin\theta)$$

$$\mathbf{B}.d\boldsymbol{l} = \frac{\mu_0 m}{4\pi R^2}\sin\theta d\theta$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \vec{\mathrm{B}}.\vec{dl} = \frac{\mu_0 m}{4\pi R^2}$$




(iii) $x$-अक्ष के अनुदिश

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\left(\frac{-m}{x^3}\right)$$

$$\int \mathbf{B}.d\mathbf{l} = 0$$

(iv) त्रिज्या $a$ के चौथाई वृत्त के अनुदिश

$$\mathbf{B}.d\mathbf{l} = \frac{-\mu_0 m}{4\pi a^2}\sin\theta d\theta\ ,\ \int \mathbf{B}.d\mathbf{l} = -\frac{-\mu_0 m}{4\pi a^2}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sin\theta d\theta = \frac{-\mu_0 m}{4\pi a^2}$$

सभी को जोड़ने पर, $\oint_C \mathbf{B}.d\mathbf{l} = 0$

**5.22** $\chi$ विमाहीन है।

$\chi$ उस चुम्बकीय आघूर्ण पर निर्भर करता है जो $H$ परमाण्वीय इलेक्ट्रॉनों से इनके आवेशों $e$ द्वारा संयोजित होता है। $m$ पर इसका प्रभाव धारा $I$ से होकर होता है जिसमें '$e$' का दूसरा कारक सम्मिलित होता है। संयोजन "$\mu_0 e^2$" "आवेश" Q की विमा पर निर्भर नहीं करता।

$$\chi = \mu_0 e^2 m^{\alpha} v^{\beta} R^{\gamma}$$

$$\mu_0 c^2 = \frac{1}{c^2}\frac{e^2}{\varepsilon_0} \sim \frac{1}{c^2}\frac{e^2}{\varepsilon_0 R}.R \sim \frac{\text{ऊर्जा विस्तार}}{c^2}$$

$$[\chi] = \mathrm{M^0L^0T^0Q^0} = \frac{\mathrm{ML^3T^{-2}}}{L^2T^{-2}} M^{\alpha}\left(\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}}\right)^{\beta}\mathrm{L^{\gamma}Q^0}$$

$$\alpha = -1, \beta = 0, \gamma = -1$$

$$\chi = \frac{\mu_0 e^2}{mR} \sim \frac{10^{-6}\times 10^{-38}}{10^{-30}\times 10^{-10}} \sim 10^{-4}$$

**5.23** (i) $|\mathbf{B}| = \dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{m}{R^3}(4\cos^2\theta + \sin^2\theta)^{1/2}$

$$\frac{|\mathbf{B}|^2}{\left(\dfrac{\mu_0}{4\pi R^3}\right)^2 m^2} = 3\cos^2\theta + 1,\ \theta = \frac{\pi}{2} \text{ पर न्यूनतम।}$$

$|\mathbf{B}|$ चुम्बकीय निरक्ष पर न्यूनतम है।

(ii) tan (नति कोण) = $\dfrac{B_V}{B_H} = 2\cot\theta$

$\theta = \dfrac{\pi}{2}$ पर नति कोण शून्य हो जाता है। पुनः बिंदुपथ, चुम्बकीय निरक्ष है।

(iii) जब $\dfrac{B_V}{B_H} = 1$ तब नति कोण $\pm 45°$ है।

$2 \cot \theta = 1$

$\theta = \tan^{-1} 2$ बिन्दुपथ है।

**5.24** संलग्न चित्र पर ध्यान दीजिए।

1. बिन्दु P तल S में है (सुई उत्तर की ओर संकेत करेगी)

दिक्पात कोण = 0;

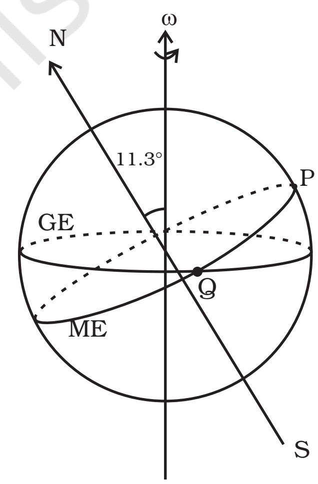
P भी एक चुम्बकीय निरक्ष है।

$\therefore$ नति कोण = 0

2. Q चुम्बकीय निरक्ष पर है

$\therefore$ नति कोण = 0

परन्तु दिक्पात कोण = 11.3°




**5.25** $n_1 = \dfrac{L}{2\pi R}$ $\qquad$ $n_2 = \dfrac{L}{4a}$

$m_1 = n_1 IA$ $\qquad$ $m_2 = n_2 IA_2$

$= \dfrac{L}{2\pi R} I\pi R$ $\qquad$ $= \dfrac{L}{4a} Ia^2 = \dfrac{L}{4} Ia$

$I_1 = \dfrac{MR^2}{2}$ (व्यास से गुजरने वाले किसी अक्ष के परितः जड़त्त्व आघूर्ण)

$I_2 = \dfrac{Ma^2}{12}$





23/04/18

$$\omega_1^2 = \frac{m_1 B}{I_1} \qquad \omega_2^2 = \frac{m_2 B}{I_2}$$

$$\frac{m_1}{I_1} = \frac{m_2}{I_2}$$

$$\frac{LR}{2\pi} \times \frac{I}{\frac{MR^2}{2}} = \frac{\frac{L}{4} Ia}{\frac{Ma^2}{12}} \qquad a \quad \frac{3\pi}{4} R$$

## अध्याय 6

**6.1** (c)

**6.2** (b)

**6.3** (a)

**6.4** (d)

**6.5** (a)

**6.6** (b)

**6.7** (a), (b), (d)

**6.8** (a), (b), (c)

**6.9** (a), (d)

**6.10** (b), (c)

**6.11** तार का कोई भी भाग गतिमय नहीं है अत: गतिक विद्युत वाहक बल शून्य है। चुम्बक स्थिर है अत: समय के साथ चुम्बकीय क्षेत्र परिवर्तित नहीं होता। इसका यह अर्थ है कि कोई विद्युत वाहक बल उत्पन्न नहीं होता अत: परिपथ में कोई धारा प्रवाहित नहीं होगी।

**6.12** धारा बढ़ जाएगी। जैसे ही तारों को एक दूसरे से दूर खींचा जाता है रिक्त स्थानों से फ्लक्स का क्षरण होता है। लेंज़ के नियम के अनुसार प्रेरित विद्युत वाहक बल इस कमी का विरोध करता है जिसे विद्युत धारा में वृद्धि द्वारा पूरा किया जाता है।

**6.13** धारा घट जाएगी। परिनालिका में लोह क्रोड रखने पर चुम्बकीय क्षेत्र में वृद्धि होती है और फ्लक्स बढ़ जाता है। लेंज़ के नियम के अनुसार प्रेरित विद्युत वाहक बल को इस वृद्धि का विरोध करना चाहिए जिसे धारा में कमी द्वारा प्राप्त किया जाता है।

**6.14** आरम्भ में धातु के वलय से कोई फ्लक्स नहीं गुजर रहा था। धारा प्रवाहित होते ही वलय से फ्लक्स गुजरने लगता है। लेंज़ के नियम के अनुसार प्रेरित विद्युत वाहक बल इस वृद्धि का विरोध करेगा और यह तब हो सकता है जब वलय परिनालिका से दूर जाए। इसका विस्तृत विश्लेषण किया जा सकता है (चित्र 6.5)। यदि परिनालिका में धारा दर्शाए अनुसार है तो फ्लक्स (अधोमुखी) में वृद्धि होती है और इससे वामावर्त (वलय के शीर्ष से देखने पर) गति उत्पन्न होगी। जैसे ही धारा

का प्रवाह परिनालिका में प्रवाहित धारा के विपरीत होता है, ये एक दूसरे को प्रतिकर्षित करेंगे तथा वलय ऊपर की ओर गति करेगा।

**6.15** जब परिनालिका में प्रवाहित विद्युत धारा में कमी होती है, तो वलय में धारा की दिशा, परिनालिका के समान ही होती है। इस प्रकार यहाँ एक अधोमुखी बल लगेगा। इसका यह अर्थ है कि वलय कार्ड बोर्ड पर ही रहेगा। कार्ड बोर्ड की वलय पर उपरिमुखी प्रतिक्रिया बढ़ जाएगी।

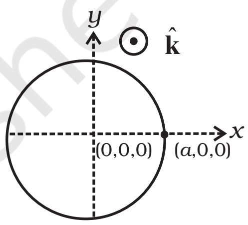
**6.16** चुम्बक के लिए, धातु के पाइप में भंवर धाराएँ उत्पन्न होती हैं। ये धाराएँ चुम्बक की गति का विरोध करेंगी। इसीलिए, चुम्बक का अधोमुखी त्वरण, गुरुत्वीय त्वरण से कम होगा। इसके विपरीत, चुम्बकित लोहे की छड़ में भंवर धाराएँ उत्पन्न नहीं होंगी और वह गुरुत्वीय त्वरण से नीचे गिरेगा। अतः चुम्बक गिरने में अधिक समय लगेगा।

**6.17** वलय से गुजरने वाला फ्लक्स

$$\phi = B_o(\pi a^2)\cos\omega t$$

$$\varepsilon = B(\pi a^2)\omega\sin\omega t$$

$$I = B(\pi a^2)\omega\sin\omega t / R$$



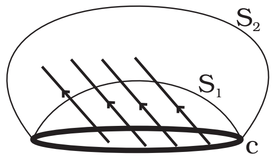

विभिन्न समयों पर धारा का परिमाण

$t = \dfrac{\pi}{2\omega};\ I = \dfrac{B(\pi a^2)\omega}{R}$, $\hat{\mathbf{j}}$ के अनुदिश

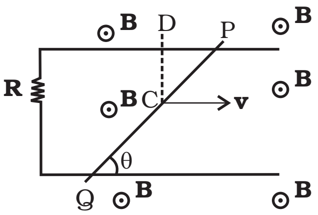
$t = \dfrac{\pi}{\omega};\ I = 0$

$t = \dfrac{3}{2}\dfrac{\pi}{\omega};\ I = \dfrac{B(\pi a^2)\omega}{R}$, $-\hat{\mathbf{j}}$ के अनुदिश

**6.18** हमें फ्लक्स के लिए समान उत्तर प्राप्त होगा। फ्लक्स को किसी पृष्ठ (हम किसी क्षेत्रफल $\Delta A \perp$ से $\mathbf{B}$ तक $dN = B\,\Delta A$ रेखाएँ खीचते हैं) से गुजरने वाली चुम्बकीय क्षेत्र रेखाओं की संख्या माना जा सकता है। जिस प्रकार $\mathbf{B}$ की रेखाएँ दिक्काल में न तो आरम्भ होती हैं और न ही अंत होती हैं (वे बन्द पाश बनाती हैं)। पृष्ठ $S_1$ से गुजरने वाली रेखाओं की संख्या पृष्ठ $S_2$ से गुजरने वाली रेखाओं की संख्या के समान होनी चाहिए।




**6.19** बिन्दुकित रेखा CD के अनुदिश गतिक विद्युत क्षेत्र ($\mathbf{v}$ तथा $\mathbf{B}$ दोनों के लम्बवत् तथा $\mathbf{v}\times\mathbf{B}$ के अनुदिश) $= vB$




PQ के अनुदिश E.M.F. = (लम्बाई PQ)×(PQ के अनुदिश क्षेत्र)

$$= \frac{d}{\cos\theta}\times vB\cos\theta = dvB$$

अतः

$I = \dfrac{dvB}{R}$ और यह $\theta$ पर निर्भर नहीं है।

**6.20** धारा में अधिकतम परिवर्तन की दर AB में है। अत: अधिकतम विरोधी विद्युत विरोधी बल प्राप्त होने का समय 5 s < $t$ <10 s के बीच है।

यदि $u = -L\ 1/5 \left( t = 3\,\text{s, पर}\ \dfrac{dI}{dt} = 1/5 \right) = e$

5 s < t < 10 s पर $u_1 = -L\dfrac{3}{5} = -\dfrac{3}{5}L = 3e$

इस प्रकार $t$ = 7 s, पर $u_2 = -3$ e

10s < $t$ < 30s पर

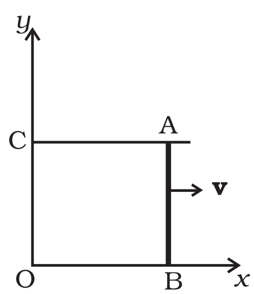
$$u_3 = L\frac{2}{20} = \frac{L}{10} = \frac{1}{2}e$$

$t$ > 30s पर $u_3 = 0$

**6.21** अन्योन्य प्रेरकत्व $= \dfrac{10^{-2}}{2} = 5\text{mH}$

फ्लक्स $= 5\times10^{-3}\times1 = 5\times10^{-3}$ Wb

**6.22** मान लीजिए, समान्तर तार $y$ = 0 तथा $y = d$ हैं। समय $t$ = 0 पर AB की स्थिति $x$=0 है और यह वेग $v\hat{\mathbf{i}}$ से गति करता है।




समय t पर, तार की स्थिति है $x(t) = vt$

गतिक e.m.f = $(B_o \sin\omega t) vd(-\hat{\mathbf{j}})$

OBAC के अनुदिश क्षेत्र में परिवर्तन के कारण e.m.f

$$= -B_o \omega \cos \omega t\, x(t) d$$

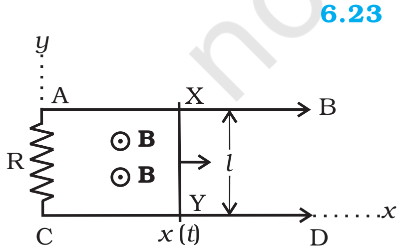
कुल e.m.f $= -B_o d[\omega x \cos(\omega t) + v \sin(\omega t)]$

OBAC के अनुदिश धारा (दक्षिणावर्ती) $= \dfrac{B_o d}{R}(\omega x \cos\omega t + v \sin\omega t)$

$\hat{\mathbf{i}}$ के अनुदिश आवश्यक बल $= \dfrac{B_o d}{R}(\omega x \cos\omega t + v\sin\omega t)\times d \times B_o \sin\omega t$

$$= \frac{B_o^{\ 2} d^2}{R}(\omega x \cos\omega t + v \sin\omega t)\sin\omega t$$

**6.23** (i) मान लीजिए समय $t$ पर तार की स्थिति $x = x(t)$ है।




फ्लक्स = $B(t)\, l\, x(t)$

$$E = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{dB(t)}{dt} l\, x(t) - B(t) l . v(t)$$

(दूसरा पद गतिक विद्युत वाहक बल से है)

$$I = \frac{1}{R}E$$

$$\text{बल} = \frac{lB(t)}{R}\left[-\frac{dB}{dt}l\,x(t) - B(t)l\,v(t)\right]\hat{\mathbf{i}}$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{l^2B}{R}\frac{dB}{dt}x(t) - \frac{l^2B^2}{R}\frac{dx}{dt}$$

(ii) $\quad \dfrac{dB}{dt} = 0, \qquad \dfrac{d^2x}{dt^2} + \dfrac{l^2B^2}{mR}\dfrac{dx}{dt} = 0$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{l^2B^2}{mR}v = 0$$

$$v = A\exp\left(\frac{-l^2B^2t}{mR}\right)$$

$t = 0$ पर, $v = u$

$v(t) = u \exp(-l^2B^2t/mR)$

(iii) $\quad I^2R = \dfrac{B^2l^2v^2(t)}{R^2} \times R = \dfrac{B^2l^2}{R}u^2 \exp(-2l^2B^2t/mR)$

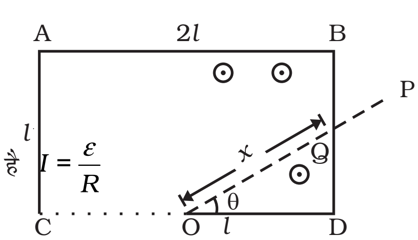
$$\text{शक्ति क्षय} = \int_0^t I^2R\,dt = \frac{B^2l^2}{R}u^2\frac{mR}{2l^2B^2}\left[1 - e^{-(l^2B^2t/mR)}\right]$$

$$= \frac{m}{2}u^2 - \frac{m}{2}v^2(t)$$

= गतिज ऊर्जा में कमी

**6.24** समय $t = 0$ और $t = \dfrac{\pi}{4\omega}$ के बीच छड़ OP भुजा BD से सम्पर्क बनाएगी। मान लीजिए छड़ की सम्पर्क की लम्बाई OQ किसी समय $t\left(0 < t < \dfrac{\pi}{4\omega}\right)$ पर $x$ है। क्षेत्रफल ODQ से गुजरने वाला फ्लक्स है $\phi = B\dfrac{1}{2}\text{QD}\times\text{OD} = B\dfrac{1}{2}l\tan\theta \times l$

$= \dfrac{1}{2}$ B $l$ यहाँ $\theta = \omega t$

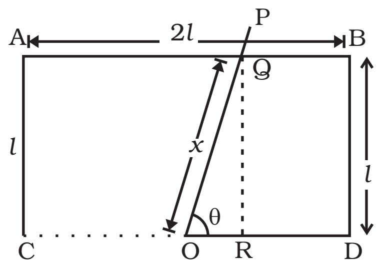



इस प्रकार उत्पन्न emf का परिमाण है $\varepsilon = \dfrac{d\phi}{dt} = \dfrac{1}{2}Bl^2\omega\sec^2\omega t$ प्रवाहित धारा है $I = \dfrac{\varepsilon}{R}$

यहाँ $R$ छड़ की सम्पर्क वाली लम्बाई का प्रतिरोध है

$$R = \lambda x = \frac{\lambda l}{\cos\omega t}$$

$$\therefore \quad I = \frac{1}{2}\frac{Bl^2\omega}{\lambda l}\sec^2\omega t\cos\omega t = \frac{Bl\omega}{2\lambda\cos\omega t}$$

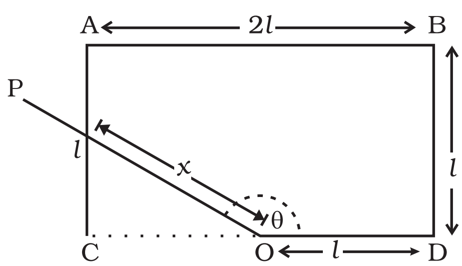



अन्तराल $\frac{\pi}{4\omega} < t < \frac{3\pi}{\omega}$ में छड़ भुजा AB के सम्पर्क में है। मान लीजिए छड़ के सम्पर्क वाले भाग की लम्बाई (OQ) $x$ है। तब OQBD से गुजरने वाली फ्लक्स है–

$$\phi = \left(l^2 + \frac{1}{2}\frac{l^2}{\tan\theta}\right)B \quad \text{यहाँ } \theta = \omega t$$

इस प्रकार उत्पन्न emf का परिमाण है $\varepsilon = \frac{d\phi}{dt} = \frac{1}{2}Bl^2\omega\frac{\sec^2\omega t}{\tan^2\omega t}$

प्रवाहित धारा है $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon}{\lambda x} = \frac{\varepsilon\sin\omega t}{\lambda l} = \frac{1}{2}\frac{Bl\omega}{\lambda\sin\omega t}$



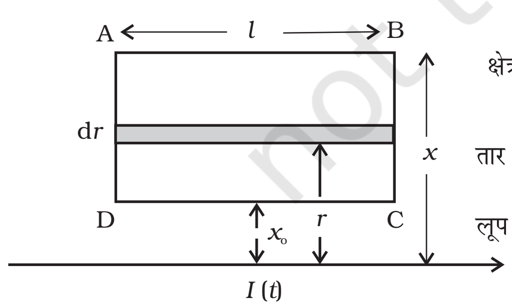

अन्तराल $\frac{3\pi}{\omega} < t < \frac{\pi}{\omega}$ पर छड़ भुजा OC को स्पर्श करेगी। तब OQABD से गुजरने वाला फ्लक्स है $\phi = \left(2l^2 - \frac{l^2}{2\tan\omega t}\right)B$

इस प्रकार emf का परिमाण है

$$\varepsilon = \frac{d\phi}{dt} = \frac{B\omega l^2\sec^2\omega t}{2\tan^s\omega t}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon}{\lambda x} = \frac{1}{2}\frac{Bl\omega}{\lambda\sin\omega t}$$

**6.25** तार से दूरी $r$ पर




क्षेत्र $B(r) = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$ (कागज़ के बहिर्मुखी)

तार से दूरी $r$ पर चौड़ाई $dr$ की किसी पट्टिका पर विचार कीजिए

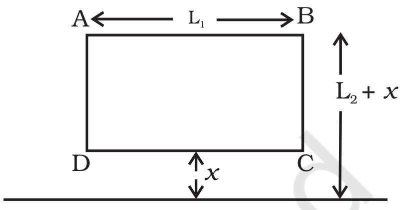
लूप से कुल फ्लक्स है:

$$\text{फ्लक्स} = \frac{\mu_o I}{2\pi} l \int_{x_o}^{x} \frac{dr}{r} = \frac{\mu_o I}{2\pi} \ln\frac{x}{x_o}$$

$$\frac{1}{R}\frac{dI}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} = I = \frac{\mu_o l}{2\pi}\frac{\lambda}{R} ln\frac{x}{x_0}$$

**6.26** यदि पाश में प्रवाहित धारा $I\ (t)$ है, तब

$$I(t) = \frac{1}{R}\frac{d\phi}{dt}$$




यदि समय $t$ में प्रवाहित आवेश $Q$ है, तब

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} \text{ or } \frac{dQ}{dt} = \frac{1}{R}\frac{d\phi}{dt}$$

समाकलन करने पर $Q(t_1) - Q(t_2) = \frac{1}{R}\left[\phi(t_1) - \phi(t_2)\right]$

$$\phi(t_1) = L_1 \frac{\mu_o}{2\pi}\int_x^{L_2+x}\frac{dx'}{x'}\, I(t_1)$$

$$= \frac{\mu_o L_1}{2\pi} I(t_1) \ln\frac{L_2 + x}{x}$$

आवेश का परिमाण

$$Q = \frac{\mu_o L_1}{2\pi}\ln\frac{L_2 + x}{x}\left[I_o - 0\right]$$

$$= \frac{\mu_o L_1 I_1}{2\pi}\ln\left(\frac{L_2 + x}{x}\right)$$

**6.27** $2\pi bE = E.M.F = \frac{B.\pi a^2}{\Delta t}$ यहाँ $E$ पाश के चारों ओर उत्पन्न विद्युत क्षेत्र है।

बल आघूर्ण $= b \times$ बल $= Q\ E\ b\ = Q\left[\frac{B\pi a^2}{2\pi b\Delta t}\right]b$

$$= Q\frac{Ba^2}{2\Delta t}$$

यदि कोणीय संवेग में परिवर्तन $\Delta L$ है, तब

$\Delta L =$ बल आघूर्ण $\times \Delta t = Q\frac{Ba^2}{2}$





23/04/18

अंतिम कोणीय संवेग = 0

अंतिम कोणीय संवेग $= mb^2\omega = \dfrac{QBa^2}{2}$

$$\omega = \frac{QBa^2}{2mb^2}$$

**6.28** $m\dfrac{d^2x}{dt^2} = mg\sin\theta - \dfrac{B\cos\theta\, d}{R}\left(\dfrac{dx}{dt}\right)\times(Bd)\cos\theta$

$$\frac{dv}{dt} = g\ \sin\theta - \frac{B^2d^2}{mR}(\cos\theta)^2\, v$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{B^2d^2}{mR}(\cos\theta)^2\, v = g\ \sin\theta$$

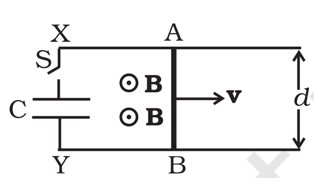
$$v = \frac{g\sin\theta}{\left(\dfrac{B^2d^2\cos^2\theta}{mR}\right)} + A\exp\left(-\frac{B^2d^2}{mR}(\cos^2\theta)t\right)$$

[जहाँ A एक स्थिरांक है जिसका मान आरंभिक अवस्थाओं से निर्धारित होता है।]

$$= \frac{mgR\sin\theta}{B^2d^2\cos^2\theta}\left(1 - \exp\left(-\frac{B^2d^2}{mR}(\cos^2\theta)t\right)\right)$$

**6.29** यदि संधारित्र पर आवेश $Q\ (t)$ है (ध्यान दीजिए, धारा प्रवाह A से B की ओर है), तब

$$I = \frac{vBd}{R} - \frac{Q}{RC}$$




$$\Rightarrow \frac{Q}{RC} + \frac{dQ}{dt} = \frac{vBd}{R}$$

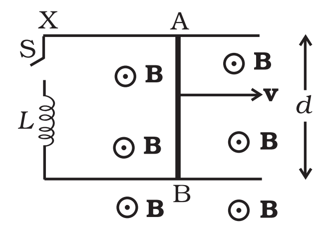
$$Q = vBdC + Ae^{-t/RC}$$

$\therefore\ \Rightarrow Q = vBdC[1 - e^{-t/RC}]$ (समय $t = 0$ पर $Q = 0 = A = -vBdc$)

$$I = \frac{vBd}{R}e^{-t/RC}$$

**6.30** $-L\dfrac{dI}{dt} + vBd = IR$

$$L\frac{dI}{dt} + IR = vBd$$




$$I = \frac{vBd}{R} + A\,e^{-Rt/2}$$

$t = 0$ पर $\qquad I = 0 \Rightarrow A = -\dfrac{vBd}{R}$

$$I = \frac{vBd}{R}\left(1 - e^{-Rt/L}\right)$$

**6.31** $\dfrac{d\phi}{dt}$ = फ्लक्स में परिवर्तन की दर = $(\pi l^2)\, B_o\, l\, \dfrac{dz}{dt} = IR$

$$I = \frac{\pi l^2 B_o \lambda}{R} v$$

प्रति सेकण्ड ऊर्जा क्षय = $I^2 R = \dfrac{(\pi l^2 \lambda)^2 B_o{}^2 v^2}{R}$

यह स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन की दर से प्राप्त होना चाहिए = $m\,g\dfrac{dz}{dt} = mgv$

($v$= नियत होने के कारण गतिज ऊर्जा नियत है)

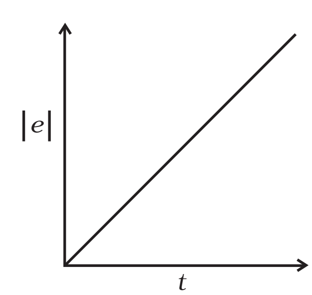
इस प्रकार $mgv = \dfrac{(\pi l^2 \lambda B_0)^2 v^2}{R}$

अथवा $v = \dfrac{mgR}{(\pi l^2 \lambda B_o)^2}$

**6.32** किसी परिनालिका के कारण चुम्बकीय क्षेत्र $B = \mu_0 nI$

छोटी कुण्डली में चुम्बकीय फ्लक्स $\phi = NBA$

यहाँ $A = \pi b^2$




अतः $e = \dfrac{-d\phi}{dt} = \dfrac{-d}{dt}(NBA)$

$$= -N\pi b^2 \frac{d(B)}{dt} = -N\pi b^2 \frac{d}{dt}(\mu_0 nI)$$

$$= -N\pi b^2 \mu_0 n \frac{dI}{dt}$$

$$= -Nn\pi\mu_0 b^2 \frac{d}{dt}(mt^2 + C) = -\mu_0 Nn\pi b^2 2mt$$

$$e = -\mu_0 Nn\pi b^2 2mt$$

ऋणात्मक चिह्न प्रेरित emf का परिमाण चित्र में दर्शाए अनुसार समय के साथ परिवर्तित होता है।

# अध्याय 7

**7.1** (d)

**7.2** (c)

**7.3** (c)

**7.4** (b)

**7.5** (c)

**7.6** (c)

**7.7** (a)

**7.8** (a), (d)

**7.9** (c), (d)

**7.10** (a), (b), (d)

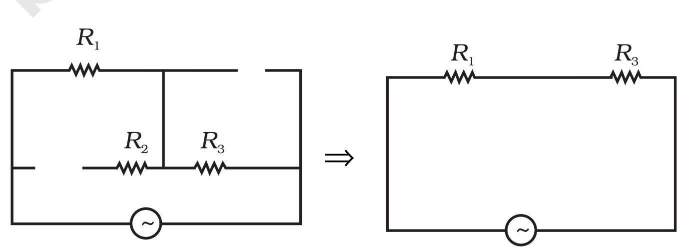
**7.11** (a), (b), (c)

**7.12** (c), (d)

**7.13** (a), (d)

**7.14** चुम्बकीय ऊर्जा गतिज ऊर्जा के सदृश तथा वैद्युत ऊर्जा स्थितिज ऊर्जा के सदृश।

**7.15** उच्च आवृत्ति पर, संधारित्र ≈ लघु पथ (निम्न प्रतिघात) तथा प्रेरक खुला परिपथ (उच्च प्रतिघात) $Z \approx R_1 + R_3$ जैसा तुल्य परिपथ में दर्शाया गया है।

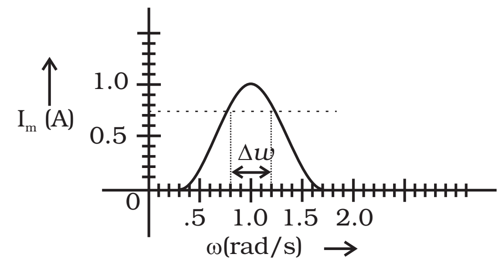



**7.16** (a) हाँ, यदि दोनों परिपथों में rms वोल्टता समान है तो अनुनाद स्थिति में $LCR$ में rms धारा उतनी ही होगी जितनी $R$ परिपथ में।

(b) नहीं, क्योंकि $R \le Z$, अतः $I_a \ge I_b$

**7.17** हाँ, नहीं

**7.18** बैंड चौड़ाई उन आवृत्तियों के संगत है जिन पर

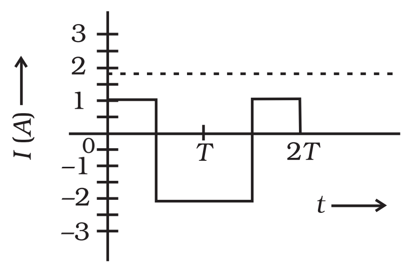



$$I_m = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{max} \approx 0.7 I_{max}$$

यह चित्र में दर्शाया गया है

$\Delta\omega$ = 1.2 – 0.8 = 0.4 rad/s

**7.19** $I_{rms}$ = 1.6 A चित्र में बिन्दुकित रेखा द्वारा निरूपित।




**7.20** ऋणात्मक से शून्य फिर धनात्मक, अनुनाद आवृत्ति पर शून्य।

**7.21** (a) A

(b) शून्य

(c) L अथवा C अथवा LC

**7.22** a.c. धारा की दिशा स्रोत की आवृत्ति के साथ बदलती है तथा आकर्षण बल का औसत मान शून्य हो जाता है, अतः a.c. के संदर्भ में एम्पियर को किसी ऐसे गुण के पदों में परिभाषित किया जाना चाहिए जो धारा की दिशा पर निर्भर न करता हो। जूल का ऊष्मन प्रभाव एक ऐसा ही गुण है अतः इसका उपयोग a.c. के rms मान को परिभाषित करने के लिए किया जा सकता है।

**7.23** $X_L = \omega L = 2pfL$

$= 3.14\Omega$

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2}$$

$$= \sqrt{(3.14)^2 + (1)^2} = \sqrt{10.86}$$

$$\simeq 3.3\Omega$$

$$\tan\phi = \frac{\omega L}{R} = 3.14$$

$$\phi = \tan^{-1}(3.14)$$

$$\simeq 72°$$

$$\simeq \frac{72 \times \pi}{180} \text{rad.}$$

समयपश्चता $\Delta t = \dfrac{\phi}{\omega}$

$$= \frac{72\times\pi}{180\times 2\pi\times 50} = \frac{1}{250}\text{s}$$

**7.24** $P_L$ = 60W, $I_L$ = 0.54A

$$V_L = \frac{60}{0.54} = 110\text{V}$$

ट्रांसफॉर्मर अपचायी है तथा निर्गत वोल्टता निवेश वोल्टता की आधी है, अतः,

$$i_p = \frac{1}{2}\times I_2 = 0.27\text{A}$$

**7.25** संधारित्र की प्लेटों के बीच के अन्तराल का प्रतिरोध अनन्त होने के कारण इससे होकर दिष्टधारा प्रवाहित नहीं हो सकती। संधारित्र की प्लेटों के बीच जब प्रत्यावर्ती धारा लगाई जाती है तो इसकी प्लेटें बारी-बारी से आवेशित और अनावेशित होती हैं। संधारित्र से होकर प्रवाहित होने वाली धारा इसी परिवर्ती वोल्टता (या आवेश) का परिणाम है। अतः यदि वोल्टता अधिक द्रुत गति से परिवर्तित होती है तो संधारित्र से अधिक धारा प्रवाहित होगी। इसका निहितार्थ यह है कि संधारित्र द्वारा प्रस्तुत प्रतिघात आवृत्ति बढ़ाने से कम होता है: इसका मान होता है $1/\omega C$

**7.26** प्रेरक अपने सिरों के बीच लेन्ज के नियम के अनुसार विरोधी विद्युत वाहक बल विकसित करके अपने में से प्रवाहित होने वाली धारा का विरोध करता है। प्रेरित वोल्टता की ध्रुवता इस प्रकार होती है कि विद्यमान धारा का स्तर बना रह सके। यदि धारा कम होती है तो प्रेरित emf की ध्रुवता इस प्रकार होगी कि धारा बढ़ सके और यदि धारा बढ़ती है तो प्रेरित emf की ध्रुवता इसके विपरीत होगी। क्योंकि प्रेरित वोल्टता धारा परिवर्तन की दर के समानुपाती होती है। धारा परिवर्तन की दर अधिक होने पर अर्थात आवृत्ति अधिक होने पर धारा प्रवाह के प्रति प्रेरक का प्रतिघात अधिक हो जाएगा। अतः प्रेरक का प्रतिघात आवृत्ति के समानुपाती होता है और इसका मान $\omega L$. द्वारा व्यक्त किया जाता है।

**7.27** शक्ति $P = \dfrac{V^2}{Z} \Rightarrow \dfrac{50{,}000}{2000} = 25 = Z$

$$Z^2 = R^2 + (X_C - X_L)^2 = 625$$

$$\tan\phi = \frac{X_C - X_L}{R} = -\frac{3}{4}$$

$$625 = R^2 + \left(-\frac{3}{4}R\right)^2 = \frac{25}{16}$$

$$R^2 = 400 \Rightarrow \text{R} = 20\Omega$$

$X_C - X_L = -15\Omega$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{223}{25} \simeq 9\,\text{A}$$

$$I_M = \sqrt{2} \times 9 = 12.6\,\text{A}$$

यदि $R$, $X_C$, $X_L$ सभी को दोगुना कर दिया जाए तो $\tan\phi$ में कोई परिवर्तन नहीं होता।

$Z$ को दोगुना करें तो धारा आधी हो जाती है।

**7.28** (i) Cu के तारों का प्रतिरोध, R

$$= \rho\frac{l}{A} = \frac{1.7\times10^{-8}\times20000}{\pi\times\left(\frac{1}{2}\right)^2\times10^{-4}} = 4\Omega$$

220 V पर $I$ : $VI = 10^6\,\text{W}$ ; $I = \dfrac{10^6}{220} = 0.45\times10^4\,\text{A}$

$RI^2$ = क्षति क्षय

$= 4 \times (0.45)^2 \times 10^8\,\text{W}$

$> 10^6\,\text{W}$

यह विधि संचरण के लिए उपयोग में नहीं लाई जा सकती।

(ii) $V'I' = 10^6\,\text{W} = 11000\,I'$

$$I' = \frac{1}{1.1}\times10^2$$

$$RI'^2 = \frac{1}{1.21}\times4\times10^4 = 3.3\times10^4\,\text{W}$$

प्रतिशक्ति क्षय $= \dfrac{3.3\times10^4}{10^6} = 3.3\%$

**7.29** $Ri_1 = v_m \sin\omega t$ $\quad i_1 = \dfrac{v_m \sin\omega t}{R}$

$$\frac{q_2}{C} + L\frac{dq_2^2}{dt^2} = v_m \sin\omega t$$

Let $q_2 = q_m \sin(\omega t + \phi)$

$$q_m\left(\frac{q_m}{C} - L\omega^2\right)\sin(\omega t + \phi) = v_m \sin\omega t$$

$$q_m = \frac{v_m}{\frac{1}{C} - L\omega^2}, \phi = 0; \frac{1}{C} - \omega^2 L > 0$$

$$v_R = \frac{v_m}{Lw^2 - \frac{1}{C}}, \phi = \pi \; L\omega^2 - \frac{1}{C} > 0$$

$$i_2 = \frac{dq_2}{dt} = \omega q_m \cos(\omega t + \phi)$$

$i_1$ एवं $i_2$ समान कला में नहीं हैं। माना कि $\frac{1}{C} - \omega^2 L > 0$

$$i_1 + i_2 = \frac{v_m \sin \omega t}{R} + \frac{v_m}{L\omega - \frac{1}{c\omega}} \cos \omega t$$

जहाँ A sin $\omega t$ + B cos $\omega t$ = C sin ($\omega t$ + $\phi$)

C cos $\phi$ = A, C sin $\phi$ = B; $C = \sqrt{A^2 + B^2}$

अत:, $i_1 + i_2 = \left[ \frac{{v_m}^2}{R^2} + \frac{{v_m}^2}{[\omega l - 1/\omega C]^2} \right]^{\frac{1}{2}} \sin(\omega t + \phi)$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{R}{X_L - X_C}$$

$$\frac{1}{Z} = \left\{ \frac{1}{R^2} + \frac{1}{(L\omega - 1/\omega C)^2} \right\}^{1/2}$$

**7.30** $Li\frac{di}{dt} + Ri^2 + \frac{qi}{c} = vi; \; Li\frac{di}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}Li^2\right)$ = प्रेरक में संग्रहीत ऊर्जा परिवर्तन की दर

R$i^2$ = जूल ऊष्मन क्षय

$\frac{q}{C} i = \frac{d}{dt}\left(\frac{q^2}{2C}\right)$ संधारित्र में संग्रहीत ऊर्जा परिवर्तन की दर

$vi$ = प्रचालक बल द्वारा ऊर्जा संभरण की दर। यह ऊर्जा प्रयुक्त होती है (i) ओमीय क्षय (ii) संग्रहीत ऊर्जा वृद्धि में।

$$\int_0^T dt\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}i^2+\frac{q^2}{C}\right)+\int_0^T Ri^2dt=\int_0^T vidt$$

$$0+(+ve)=\int_0^T vidt$$

$\int_0^T vidt>0$ यह तभी और केवल तभी संभव है जब कला-अन्तर, जो अचर होता है, न्यूनकोण हो।

**7.31** (i) $L\frac{d^2q}{dt^2}+R\frac{dq}{dt}+\frac{q}{C}=v_m\sin\omega t$

माना $q = q_m \sin(\omega t + \phi) = -q_m \cos(\omega t + \phi)$

$i = i_m \sin(\omega t + \phi) = q_m\,\omega \sin(wt + \phi)$

$$i_m=\frac{v_m}{Z}=\frac{v_m}{\sqrt{R^2+(X_C-X_L)^2}};\phi=\tan^{-1}\left(\frac{X_C-X_L}{R}\right)$$

(ii) $$U_L=\frac{1}{2}Li^2=\frac{1}{2}L\left[\frac{v_m}{\sqrt{R^2+X_C-X_L)^2{}_0}}\right]^2\sin^2(\omega t_0+\phi)$$

$$U_C=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}=\frac{1}{2C}\left[\frac{v_m}{\sqrt{R^2+(X_C-X_L)^2}}\right]^2\frac{1}{\omega^2}\cos^2(\omega t_0+\phi)$$

(iii) स्वतंत्र छोड देने पर यह एक $LC$ दोलित्र है। संधारित्र अनावेशित होता जाएगा और सम्पूर्ण ऊर्जा $L$ में चली जाएगी। यह क्रम उलटा होगा और बार-बार यह प्रक्रिया दोहराई जाती रहेगी।

## अध्याय 8

**8.1** (c)
**8.2** (b)
**8.3** (b)
**8.4** (d)
**8.5** (d)
**8.6** (c)

**8.7** (c)

**8.8** (a), (d)

**8.9** (a), (b), (c)

**8.10** (b), (d)

**8.11** (a), (c), (d)

**8.12** (b), (d)

**8.13** (a), (c), (d)

**8.14** क्योंकि वैद्युतचुंबकीय तरंगें समतल ध्रुवित होती हैं, इसलिए अभिग्राही ऐन्टेना तरंग के वैद्युत/चुंबकीय भाग के समांतर होना चाहिए।

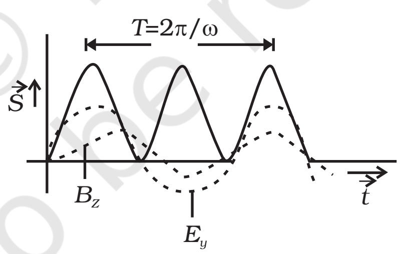
**8.15** माइक्रोवेव की आवृत्ति जल के अणुओं की अनुनाद आवृत्ति से मेल खाती है।

**8.16** $i_C = i_D = \dfrac{dq}{dt} = -2\pi q_0 \nu \sin 2\pi\nu t$

**8.17** आवृत्ति घटाने पर प्रतिघात $X_c = \dfrac{1}{\omega C}$ बढ़ेगा जो चालन धारा को घटाएगा। इस स्थिति में $i_D = i_C$; अतः विस्थापन धारा कम हो जाएगी।

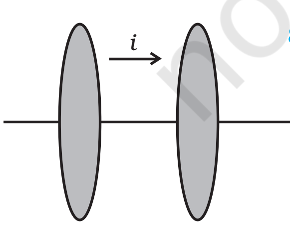
**8.18** $I_{av} = \dfrac{1}{2} c \dfrac{B_0^2}{\mu_0} = \dfrac{1}{2} \times \dfrac{3\times10^8 \times (12\times10^{-8})^2}{1.26\times10^{-6}} = 1.71 W/m^2$

**8.19**




**8.20** विद्युतचुंबकीय तरंगें विकिरण दाब लगाती हैं। धूमकेतु की पूँछ सौर विकिरण के कारण है।

**8.21**




$$B = \frac{\mu_0 2 I_D}{4\pi r} = \frac{\mu_0 1}{4\pi r} = \frac{\mu_0}{2\pi r}\varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$

$$= \frac{\mu_0\varepsilon_0}{2\pi r}\frac{d}{dt}(E\pi r^2)$$

$$= \frac{\mu_0\varepsilon_0 r}{2}\frac{dE}{dt}$$

**8.22** (a) $\lambda_1 \rightarrow$ माइक्रोवेव (सूक्ष्म तरंगें)

$\lambda_2 \rightarrow$ पराबैंगनी तरंगें

$\lambda_3 \rightarrow$ X - किरणें

$\lambda_4 \rightarrow$ अवरक्त तरंगें

(b) $\lambda_3 < \lambda_2 < \lambda_4 < \lambda_1$

(c) सूक्ष्म तरंगें (माइक्रोवेव) - रडार
पराबैंगनी तरंगें - लासिक नेत्र शल्यता
X-किरणें - अस्थिभंग क्रमवीक्षण
अवरक्त तरंगें - प्रकाशीय संचार

**8.23** $S_{av} = c^2\varepsilon_0|\mathbf{E}_0 \times \mathbf{B}_0|\frac{1}{T}\int_0^T \cos^2(kx - \omega t)dt$ क्योंकि $\mathbf{S} = c^2\varepsilon_0(\mathbf{E} \times \mathbf{B})$

$$= c^2\varepsilon_0 E_0 B_0 \frac{1}{\cancel{T}} \times \frac{\cancel{T}}{2}$$

$$= c^2\varepsilon_0 E_0 \left(\frac{E_0}{c}\right) \times \frac{1}{2} \quad \left(\because c = \frac{E_0}{B_0}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 c$$

$$= \frac{E_0^2}{2\mu_0 c} \qquad \text{क्योंकि} \left(c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}\right)$$

**8.24** $i_D = C\dfrac{dV}{dt}$

$$1 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-6}\frac{dV}{dt}$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{2} \times 10^3 = 5 \times 10 V/s$$

अत: $5 \times 10^2$ V/s का परिवर्ती विभवान्तर लगा कर लक्षित मान की विस्थापन धारा उत्पन्न की जा सकती है।

**8.25** दाब

$$P = \frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}} = \frac{F}{A} = \frac{1}{A}\frac{\Delta p}{\Delta t} \quad \left(F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \text{संवेग परिवर्तन की दर}\right)$$

$$= \frac{1}{A} \cdot \frac{U}{\Delta tc}$$ ($\Delta pc = U = \Delta t$ समय में तरंग द्वारा प्रदान की गई ऊर्जा)

$$= \frac{I}{c} \quad \text{तीव्रता } I = \frac{U}{A\Delta t}$$

**8.26** तीव्रता घटकर एक चौथाई रह जाती है। इसका कारण है कि गोलीय क्षेत्र के क्षेत्रफल $4\pi r^2$ में संचरित होने पर प्रकाश पुंज का विस्तार होता है लेकिन लेज़र में विस्तार नहीं होता और इसलिए तीव्रता स्थिर रहती है।

**8.27** वैद्युतचुंबकीय तरंग का विद्युत क्षेत्र दोलायमान क्षेत्र है और किसी आवेशित कण पर इसके द्वारा उत्पन्न विद्युत बल भी ऐसा ही होता है। पूर्णसांख्यिक चक्रों में औसत लेने पर यह विद्युत बल शून्य है क्योंकि इसकी दिशा प्रत्येक आधे चक्र में परिवर्तित हो जाती है। अतः विद्युत क्षेत्र विकिरण दाब में योगदान नहीं करता।

**8.28** $$\mathbf{E} = \frac{\lambda \hat{\mathbf{e}}_s}{2\pi\varepsilon_o a}\hat{\mathbf{j}}$$

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_o i}{2\pi a}\hat{\mathbf{i}}$$

$$= \frac{\mu_o \lambda v}{2\pi a}\hat{i}$$

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_o}(\mathbf{E}\times\mathbf{B}) = \frac{1}{\mu_o}\left(\frac{\lambda \hat{\mathbf{j}}_s}{2\pi\varepsilon_o a}\hat{\mathbf{j}} \times \frac{\mu_o \lambda v}{2\pi a}\hat{\mathbf{i}}\right)$$

$$= \frac{-\lambda^2 v}{4\pi^2\varepsilon_0 a^2}\hat{\mathbf{k}}$$

**8.29** मान लीजिए प्लेटों के बीच में दूरी $d$ है। तब विद्युत क्षेत्र होगा $E = \frac{V_o}{d}\sin(2\pi\nu t)$। चालन धारा घनत्व ओम के नियम द्वारा प्राप्त होगी– $J^c = sE = \frac{1}{\rho}E$

$$\Rightarrow J^c = \frac{1}{\rho}\frac{V_o}{d}\sin(2\pi\nu t) = \frac{V_0}{\rho d}\sin(2\pi\nu t)$$

$$= J_0^c \sin 2\pi\nu t$$

जहाँ पर $J_0^c = \frac{V_0}{\rho d}$

विस्थापन धारा घनत्व प्राप्त होगा $J^d = \varepsilon \dfrac{\partial E}{dt} = \varepsilon \dfrac{\partial}{dt}\left\{\dfrac{V_o}{d}\sin(2\pi \nu t)\right\}$

$$= \frac{\varepsilon 2\pi\nu V_o}{d}\cos(2\pi\upsilon t)$$

$$J^d = \varepsilon\frac{\partial E}{dt} = \varepsilon\frac{\partial}{dt}\left\{\frac{V_o}{d}\sin(2\pi\nu t)\right\}$$

$$= \frac{\varepsilon 2\pi\nu V_o}{d}\cos(2\pi\nu t)$$

$= J_o^d\cos(2\pi\nu t)$ , जहाँ $J_0^d = \dfrac{2\pi\nu\varepsilon V_0}{d}$

$$J_o^d / J_o^c = \frac{2\pi\nu\varepsilon V_o}{d}\cdot\frac{\rho d}{V_o} = 2\pi\nu\varepsilon\rho = 2\pi\times 80\,\varepsilon_o\nu\times 0.25 = 4\pi\varepsilon_o\nu\times 10$$

$$= \frac{10\,\nu}{9\times 10^9} = \frac{4}{9}$$

**8.30** (i) विस्थापन धारा घनत्व निम्न संबंध से ज्ञात किया जा सकता है

$$\mathbf{J}_D = \varepsilon_0\frac{d\mathbf{E}}{dt}$$

$$= \varepsilon_o\,\mu_o\,I_o\,\frac{\partial}{\partial t}\cos\,(2\pi\nu t).\ \ln\left(\frac{s}{a}\right)\hat{\mathbf{k}}$$

$$= \frac{1}{c^2}I_0 2\pi\nu^2(-\sin(2\pi\nu t))\ln\left(\frac{s}{a}\right)\hat{\mathbf{k}}$$

$$= \left(\frac{\nu}{c}\right)^2 2\pi I_0\sin(2\pi\nu t)\ln\left(\frac{a}{s}\right)\hat{k}$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda^2}I_0\ln\left(\frac{a}{s}\right)\sin(2\pi\nu t)\,\hat{\mathbf{k}}$$

(ii) $I^d = \int J_D s ds d\theta$

$$= \frac{2\pi}{\lambda^2}I_0 2\pi\int_{s=0}^{a}\ln\left(\frac{a}{s}\right).sds\sin(2\pi\nu t)$$

$$= \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 I_0 \int_{s=0}^{a} \frac{1}{2} ds^2\, l\,n\left(\frac{a}{s}\right).\sin(2\pi\nu t)$$

$$= \frac{a^2}{4}\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 I_0 \int_{s=0}^{a} d\left(\frac{s}{a}\right)^2 ln\left(\frac{a}{s}\right)^2 .\sin(2\pi\nu t)$$

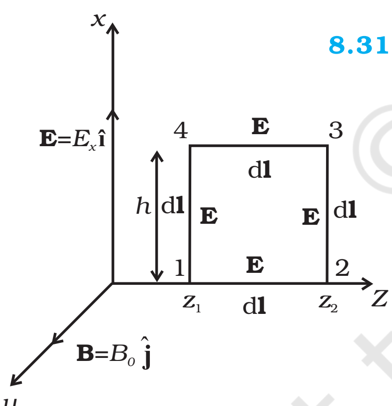
$$= -\frac{a^2}{4}\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 I_0 \int_0^1 \ln\xi\, d\xi.\sin(2\pi\nu t)$$

$$= +\left(\frac{a}{2}\right)^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 I_0 \sin 2\pi\nu t$$ (समाकल का मान –1 है)

(iii) विस्थापन धारा

$$I^d = \left(\frac{a}{2}.\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 I_0 \sin 2\pi\nu t = I_0^d sin2\pi\nu t$$

$$\frac{I_0^d}{I_0} = \left(\frac{a\pi}{\lambda}\right)^2.$$

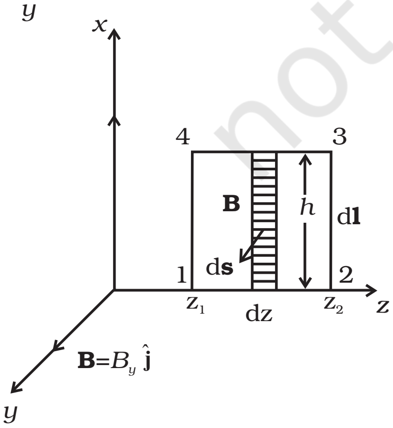



**8.31** (i)

$$\oint E.dl = \int_1^2 E.dl + \int_2^3 E.dl + \int_3^4 E.dl + \int_4^1 E.dl$$

$$= \int_1^2 E.dl \cos 90° + \int_2^3 E.dl \cos 0 + \int_3^4 E.dl \cos 90° + \int_4^1 E.dl \cos 180°$$

$$= \mathbf{E}_0 h[sin(kz_2 - \omega t) - sin(kz_1 - \omega t)] \qquad (1)$$

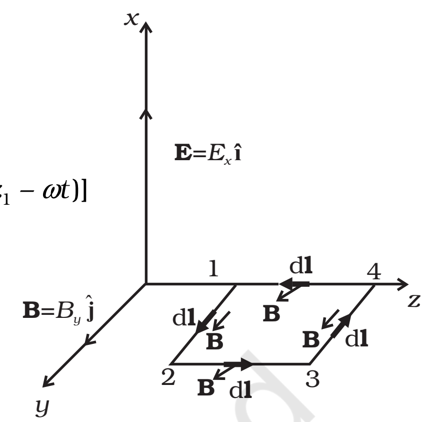



(ii) $\int \mathbf{B.ds}$ का मूल्यांकन करने के लिए प्रत्येक का क्षेत्रफल $ds = h\,dz$ की पहियों से बने आयत 1234 पर विचार करें।

$$\int \mathbf{B.ds} = \int Bds\cos 0 = \int Bds = \int_{z_1}^{z_2} B_0 sin(kz - \omega t)hdz$$

$$= \frac{-B_o h}{k}[\cos(kz_2 - \omega t) - \cos(kz_1 - \omega t)] \qquad (2)$$

(iii) $\oint \mathbf{E.dl} = \dfrac{-d\phi_B}{dt}$




समीकरणों (1) तथा (2) में प्राप्त संबधों का उपयोग करके तथा सरलीकरण द्वारा हमें प्राप्त होगा

$$E_0h[\sin(kz_2 - \omega t) - \sin(kz_1 - \omega t)] = \frac{B_o h}{k}\omega[\sin(kz_2 - \omega t) - \sin(kz_1 - \omega t)]$$

$$E_0 = B_0\frac{\omega}{k}$$

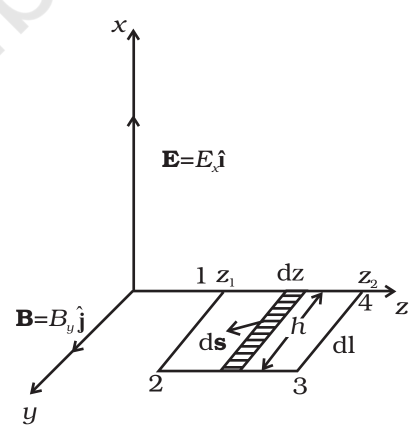
$$\frac{E_0}{B_0} = c$$

(iv) $\oint \mathbf{B.dl}$ के मूल्याकंन के लिए लूप 1234 पर yz तल में चित्र द्वारा दर्शाए अनुसार विचार करें

$$\oint \mathbf{B.dl} = \int_1^2 \mathbf{B.dl} + \int_2^3 \mathbf{B.dl} + \int_3^4 \mathbf{B.dl} + \int_4^1 \mathbf{B.dl}$$

$$= \int_1^2 B\,dl\cos 0 + \int_2^3 B\,dl\cos 90° + \int_3^4 B\,dl\cos 180° + \int_4^1 B\,dl\cos 90°$$

$$= B_0h[\sin(kz_1 - \omega t) - \sin(kz_2 - \omega t)] \qquad (3)$$




$\phi_E = \int \mathbf{E.ds}$ का मूल्याकंन करने के लिए, प्रत्येक क्षेत्रफल की पहियों से बने आयत 1234 पर विचार करें।

$$\phi_E = \int \mathbf{E.ds} = \int E ds\cos 0 = \int E ds = \int_{z_1}^{z_2} E_0 \sin(kz_1 - \omega t) h dz$$

$$= \frac{-E_0 h}{k}[\cos(kz_2 - \omega t) - \cos(kz_1 - \omega t)]$$

$$\therefore \frac{d\phi_E}{dt} = \frac{E_0 h\omega}{k}[\sin(kz_1 - \omega t) - \sin(kz_2 - \omega t)] \qquad (4)$$

$$\bigcirc \mathbf{B.dl} = \mu_0 \quad I + \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$ , $I$ = चालन धारा

= 0 निर्वात में

$$\therefore \oint \mathbf{B.dl} = \mu_0\, \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$

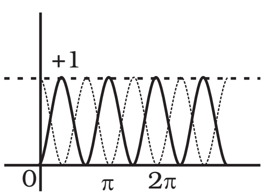
समीकरणों (3) तथा (4) में प्राप्त संबधों का उपयोग करके तथा सरल करने पर हमें प्राप्त होता है–

$$B_0 = E_0 \frac{\omega}{k} . \mu_0\, \varepsilon_0$$

$$\frac{E_0}{B_0}\frac{\omega}{\mathrm{k}} = \frac{1}{\mu_0\, \varepsilon_0}$$ लेकिन $E_0/B_0 = c$, तथा $w = ck$

या $c.c = \dfrac{1}{\mu_0\, \varepsilon_0}$ अतः, $c = \dfrac{1}{\sqrt{\mu_0\, \varepsilon_0}}$ .

**8.32** (i) E - क्षेत्र का योगदान है $u_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$




B - क्षेत्र का योगदान है $u_B = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}$

कुल ऊर्जा घनत्व $u = u_E + u_B = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}$ (1)

$E^2$ तथा $B^2$ के मान प्रत्येक बिन्दु तथा प्रत्येक क्षण पर परिवर्तित होते हैं। अतः $E^2$ तथा $B^2$ के प्रभावी मान उनके कालिक मान हैं।

$$(E^2)_{av} = E_0^2[\sin^2(kz - \omega t)]_{av}$$

$$(B^2)_{av} = (B^2)_{av} = B_0^2[\sin^2(kz - \omega t)]_{av}$$

$\sin^2\theta$ तथा $\cos^2\theta$ के ग्राफ आकृति में समरूप हैं लेकिन $\pi/2$ से स्थानान्तरित हैं, अतः $\sin^2\theta$ तथा $\cos^2\theta$ के औसत मान भी $\pi$ के किसी भी पूर्णसांख्यिक गुणज के लिए समान हैं।

तथा $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$

अतः सममिति से $\sin^2\theta$ का औसत $= \cos^2\theta$ का औसत $= \dfrac{1}{2}$

$$\therefore (E^2)_{av} = \frac{1}{2}E_0^2 \; and \; (B^2)_{av} = \frac{1}{2}B_0^2$$



23/04/18

समीकरण 1 में प्रस्थापन करने पर

$$u = \frac{1}{4}\varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{4}\frac{B_0^2}{\mu}$$

(ii) हमें ज्ञात है $\frac{E_0}{B_0} = c$ तथा $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$ $\therefore \frac{1}{4}\frac{B_0^2}{\mu_0} = \frac{E_0^2/c^2}{4\mu_0} = \frac{E_0^2}{4\mu_0}\mu_0\varepsilon_0 = \frac{1}{4}\varepsilon_0 E_0^2$

$$u_{av} = \frac{1}{4}\varepsilon_0 E_0^2 + \frac{1}{4}\varepsilon_0 E_0^2 = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2, \text{ तथा } I_{av} = u_{av}c = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2$$

## Chapter 9

**9.1** (a)

**9.2** (d)

**9.3** (c)

**9.4** (b)

**9.5** (c)

**9.6** (c)

**9.7** (b)

**9.8** (b)

**9.9** (b)

**9.10** (c)

**9.11** (a)

**9.12** (a), (b), (c)

**9.13** (d)

**9.14** (a), (d)

**9.15** (a), (b)

**9.16** (a), (b), (c)

**9.17** क्योंकि लाल प्रकाश के लिए अपवर्तनांक नीले के लिए अपवर्तनांक से कम है, इसलिए लेंस पर आपतित समान्तर प्रकाश पुंज लाल प्रकाश की अपेक्षा नीले प्रकाश की स्थिति में अक्ष की ओर अधिक मुड़ेगा। इसलिए लाल प्रकाश की अपेक्षा नीले प्रकाश के लिए फोकस दूरी कम होगी।

**9.18** सामान्य व्यक्ति की निकट दृष्टि 25 cm है। किसी बिंब को 10 गुना आवर्धित देखने के लिए

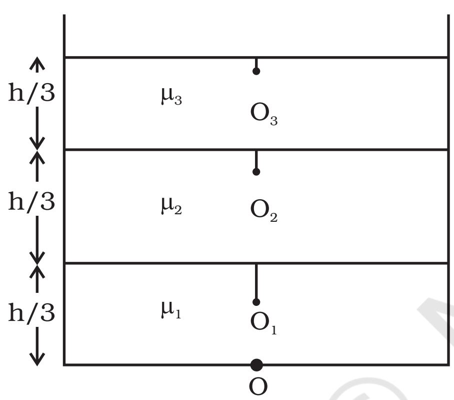
$$m = \frac{D}{f} \Rightarrow f = \frac{D}{m} = \frac{25}{10} = 2.5 = 0.025\text{m}$$

$$P = \frac{1}{0.025} = 40 \text{ डाइऑप्टर}$$

**9.19** नहीं। लेंस को उलटा करने पर प्रतिबिंब की स्थिति में परिवर्तन नहीं होगा। (प्रकाश की उत्क्रमणीयता)

**9.20** मान लीजिए $\mu_2$ से बिंब को देखने पर आभासी गहराई $O_1$ है।

$$O_1 = \frac{\mu_2}{\mu_1}\frac{h}{3}$$




$\mu_3$ से देखने पर आभासी गहराई $O_2$ है।

$$O_2 = \frac{\mu_3}{\mu_2}\left(\frac{h}{3} + O_1\right) = \frac{\mu_3}{\mu_2}\left(\frac{h}{3} + \frac{\mu_2}{\mu_1}\frac{h}{3}\right) = \frac{h}{3}\left(\frac{\mu_3}{\mu_2} + \frac{\mu_3}{\mu_1}\right)$$

बाहर से देखने पर आभासी ऊँचाई

$$O_3 = \frac{1}{\mu_3}\left(\frac{h}{3} + O_2\right) = \frac{1}{\mu_3}\left[\frac{h}{3} + \frac{h}{3}\left(\frac{\mu_3}{\mu_2} + \frac{\mu_3}{\mu_1}\right)\right]$$

$$= \frac{h}{3}\left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} + \frac{1}{\mu_3}\right)$$

**9.21** न्यूनतम विचलन पर

$$\mu = \frac{\sin\left[\frac{(A + D_m)}{2}\right]}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

दिया है $D_m = A$

$$\therefore \ \mu = \frac{\sin A}{\sin\frac{A}{2}} = \frac{2\sin\frac{A}{2}\cos\frac{A}{2}}{\sin\frac{A}{2}} = 2\cos\frac{A}{2}$$

$$\therefore \ \cos\frac{A}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ अथवा } \frac{A}{2} = 30° \ \therefore \ A = 60°$$

**9.22** मान लीजिए बिंब के दो सिरे क्रमशः बिंब दूरी $u_1 = u - L/2$ तथा $u_2 = u + L/2$ पर हैं, जिससे $|u_1 - u_2| = L$। मान लीजिए दो सिरों के प्रतिबिंब $v_1$ तथा $v_2$ पर बनते हैं, इस प्रकार प्रतिबिंब की लम्बाई होगी $L' = |v_1 - v_2|$. क्योंकि $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ या $v = \frac{fu}{u-f}$, दो सिरों का प्रतिबिंब होगा $v_1 = \frac{f(u - L/2)}{u - f - L/2}$ पर $v_2 = \frac{f(u + L/2)}{u - f + L/2}$ पर

अतः

$$L' = |v_1 - v_2| = \frac{f^2 L}{(u-f)^2 \times L^2/4}$$

क्योंकि बिंब छोटा है तथा फोकस से दूर रखा गया है इसलिए हम पाएँगे

$L^2/4 << (u - f)^2$

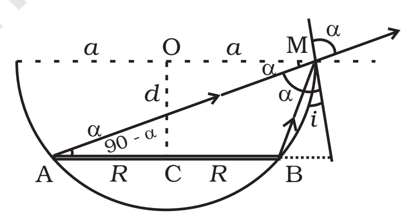
अतः अन्तिमत:

$$L' = \frac{f^2}{(u-f)^2} L.$$

**9.23** चित्र के संदर्भ में, द्रव भरने से पहले आपतित किरण की दिशा AM है। द्रव भरने के पश्चात आपतित किरण की दिशा BM है। दोनों स्थितियों में अपवर्तित किरण AM के अनुदिश एक ही है।

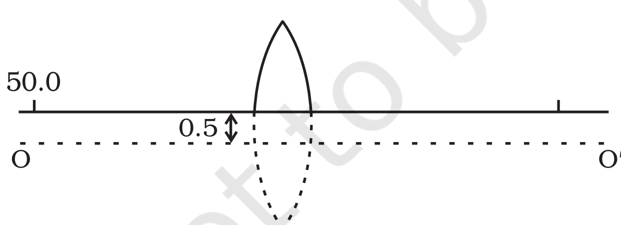
$$\frac{1}{\mu} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i}{\sin \alpha}$$

$$\sin i = \frac{a - R}{\sqrt{d^2 + (a-R)^2}} \quad \text{तथा} \quad \sin \alpha = \cos(90 - \alpha) = \frac{a + R}{\sqrt{d^2 + (a-R)^2}}$$




प्रतिस्थापित करने पर हमें प्राप्त होगा $d = \frac{\mu(a^2 - R^2)}{\sqrt{(a+R)^2 - \mu(a-R)^2}}$

**9.24**




यदि काटा न जाता तो बिंब मुख्य अक्ष OO′ से 0.5 cm की ऊँचाई पर होता।

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f} = \frac{1}{-50} + \frac{1}{25} = \frac{1}{50}$$

$\therefore\ v = 50$ cm

आवर्धन $m = \frac{v}{u} = -\frac{50}{50} = -1$

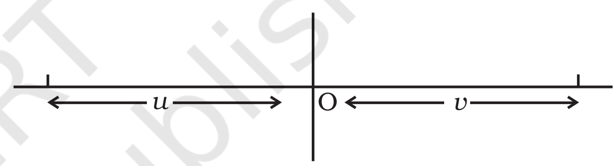
अतः प्रतिबिंब प्रकाशिक केन्द्र से 50 cm दूर तथा मुख्य अक्ष से 0.5 cm नीचे बनेगा।
इस प्रकार कटे हुए लेंस की कोर से गुज़रने वाली $X$ अक्ष के सापेक्ष प्रतिबिंब के निर्देशांक (50 cm, –1 cm) हैं।

**9.25** लेंस सूत्र

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

को देखने पर $u$ तथा $v$ की उत्क्रमणीयता से यह स्पष्ट है। ऐसी दो स्थितियाँ हैं जिनके लिए परदे पर प्रतिबिंब बनेगा।
मान लीजिए पहली स्थिति वह है जब लेंस O पर है।
दिया है $-u + v = D$
$\Rightarrow u = -(D - v)$
इसे लेंस सूत्र में रखने पर

$$\frac{1}{D-v} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$




$$\Rightarrow \frac{v + D - v}{(D-v)v} = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow v^2 - Dv + Df = 0$$

$$\Rightarrow v = \frac{D}{2} \pm \frac{\sqrt{D^2 - 4Df}}{2}$$

$$u = -(D - v) = -\left(\frac{D}{2} \pm \frac{\sqrt{D^2 - 4Df}}{2}\right)$$

इस प्रकार यदि बिंब दूरी $\frac{D}{2} - \frac{\sqrt{D^2 - 4Df}}{2}$ है तो प्रतिबिंब $\frac{D}{2} + \frac{\sqrt{D^2 - 4Df}}{2}$ पर होगा।

यदि बिंब दूरी $\frac{D}{2} + \frac{\sqrt{D^2 - 4Df}}{2}$ है तो प्रतिबिंब $\frac{D}{2} - \frac{\sqrt{D^2 - 4Df}}{2}$ पर होगा।

इन दो बिंब दूरियों के लिए प्रकाशिक केन्द्रों के बीच की दूरी है

$$\frac{D}{2} + \frac{\sqrt{D^2 - 4Df}}{2} - \left(\frac{D}{2} - \frac{\sqrt{D^2 - 4Df}}{2}\right) = \sqrt{D^2 - 4Df}$$

माना $d = \sqrt{D^2 - 4Df}$

यदि $u = \frac{D}{2} + \frac{d}{2}$ तब प्रतिबिंब होगा $v = \frac{D}{2} - \frac{d}{2}$ पर





23/04/18

$\therefore$ आवर्धन $m_1 = \dfrac{D-d}{D+d}$

यदि $u = \dfrac{D-d}{2}$ तब $v = \dfrac{D+d}{2}$

$\therefore$ आवर्धन $m_2 = \dfrac{D+d}{D-d}$ अतः $\dfrac{m_2}{m_1} = \left(\dfrac{D+d}{D-d}\right)^2$

**9.26** मान लीजिए डिस्क का व्यास $d$ है। बिंदु अदृश्य हो जाएगा यदि बिंदु से पृष्ठ $\dfrac{d}{2}$ पर आपतित किरणें क्रांतिक कोण पर हों। मान लीजिए आपतन कोण $i$ है

तब $\sin i = \dfrac{1}{\mu}$

अब $\dfrac{d/2}{h} = \tan i$

$$\Rightarrow \frac{d}{2} = h \tan i = h\left[\sqrt{\mu^2 - 1}\right]^{-1}$$

$$\therefore d = \frac{2h}{\sqrt{\mu^2 - 1}}$$

**9.27** (i) मान लीजिए सामान्य विश्रान्त नेत्र के लिए दूर बिंदु पर क्षमता $P_f$ है।

तब $P_f = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{0.1} + \dfrac{1}{0.02} = 60$ डाइऑप्टर

संशोधक लेंस के साथ दूर बिंदु पर बिंब दूरी $\infty$ है।

$$P'_f = \frac{1}{f'} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{0.02} = 50\,\text{D}$$

चश्मे के साथ विश्रांत नेत्र की प्रभावी क्षमता नेत्र तथा चश्मे के लेंसों $P_g$ का योग है।

$\therefore P'_f = P_f + P_g$

$\therefore P_g = -10$ D

(ii) सामान्य नेत्र के लिए उसकी समंजन क्षमता 4 डाइऑप्टर है। मान लीजिए कि सामान्य नेत्र की निकट दृष्टि की क्षमता $P_n$ है

तब $4 = P_n - P_f$ or $P_n = 64$ D

मान लीजिए उसका निकट बिंदु $x_n$ हो, तब

$$\frac{1}{x_n} + \frac{1}{0.02} = 64 \text{ अथवा } \frac{1}{x_n} + 50 = 64$$

$$\frac{1}{x_n} = 14$$

$$\therefore\ x_n = \frac{1}{14} \simeq 0.07\text{m}$$

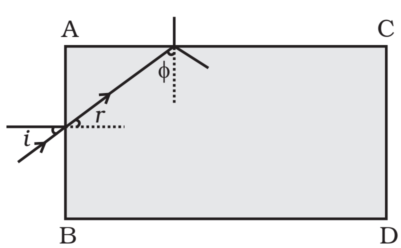
(iii) चश्मे के साथ $P_n' = P_f' + 4 = 54$

$$54 = \frac{1}{x_n'} + \frac{1}{0.02} = \frac{1}{x_n'} + 50$$

$$\frac{1}{x_n'} = 4$$

$$\therefore\ x_n' = \frac{1}{4} = 0.25\text{m}$$

**9.28** कोई किरण जो कोण $i$ से प्रवेश करती है, AC के अनुदिश निर्देशित होगी यदि फलक AC से बनाया गया कोण ($\phi$) क्रांतिक कोण से अधिक है।




$$\Rightarrow \sin \geq \frac{1}{\mu}$$

$$\Rightarrow \cos r \geq \frac{1}{\mu}$$

अथवा $1 - \cos^2 r \leq 1 - \dfrac{1}{\mu^2}$

i.e. $\sin^2 r \leq 1 - \dfrac{1}{\mu^2}$

क्योंकि $\sin i = \mu \sin r$

$$\frac{1}{\mu^2}\sin^2 i \leq 1 - \frac{1}{\mu^2}$$

या $\sin^2 i \leq \mu^2 - 1$

जब $i = \dfrac{\pi}{2}$ तो $\phi$ छोटे से छोटा कोण होगा। यदि यह क्रांतिक कोण से बड़ा है तब सभी दूसरे आपतन कोण क्रांतिक कोण से अधिक होंगे।

अतः $1 \leq \mu^2 - 1$

या $\mu^2 \geq 2$

$\Rightarrow \mu \geq \sqrt{2}$

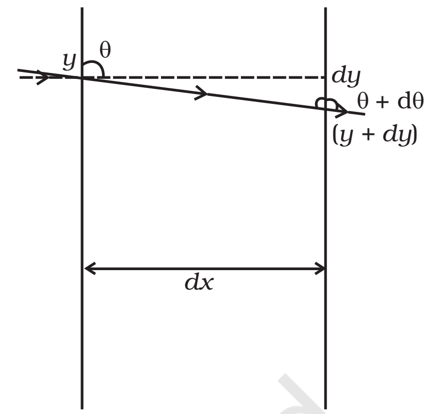
**9.29** द्रव के अन्दर $x$ तथा $x + dx$ के बीच एक किरण के किसी भाग पर विचार कीजिए। मान लीजिए $x$ पर आपतन कोण θ है और मान लीजिए यह पतले स्तंभ में $y$ ऊँचाई पर प्रवेश करती है। बंकन के कारण यह कोण $\theta + d\theta$ से $y + dy$ ऊँचाई पर तथा $x + dx$ निर्गत होगी। स्नैल के नियम से–

$\mu(y)\ \sin\ \theta = m(y{+}dy)\ \sin\ (\theta{+}d\theta)$

या $\mu(y)\ \sin\theta \simeq \left(\mu(y) + \dfrac{d\mu}{dy}dy\right)(\sin\theta \cos d\theta + \cos\theta\ \sin\ d\theta)$

$$\simeq \mu(y)\sin\theta + \mu(y)\cos\theta d\theta + \frac{d\mu}{dy}dy\sin\theta$$

अथवा $\mu(y)\ \cos\theta d\theta \simeq \dfrac{-d\mu}{dy}dy\sin\theta$




$$d\theta \simeq \frac{-1}{\mu}\frac{d\mu}{dy}dy\tan\theta$$

लेकिन $\tan\theta = \dfrac{dx}{dy}$ (चित्र से)

$$\therefore\ d\theta = \frac{-1}{\mu}\frac{d\mu}{dy}dx$$

$$\therefore\ \theta = \frac{-1}{\mu}\frac{d\mu}{dy}\int_o^d dx = \frac{-1}{\mu}\frac{d\mu}{dy}d$$

**9.30** $r$ तथा $r + dr$ पर दो तलों पर विचार करें। मान लीजिए तल $r$ पर प्रकाश θ कोण से आपतित होता है तथा $r + dr$ से $\theta$ +d$\theta$ कोण से बाहर निकलता है।

तब स्नेल के नियम से

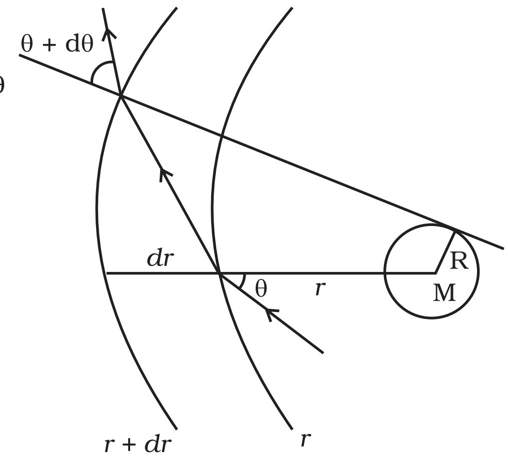
$n(r)\ \sin\theta = n(r + dr)\ \sin\ (\theta + d\theta)$

$$\Rightarrow n(r)\ \sin\theta \simeq \left(n(r) + \frac{dn}{dr}dr\right)(\sin\theta\cos d\theta + \cos\theta\ \ \sin d\theta)$$

$$\simeq \left(n(r) + \frac{dn}{dr}dr\right)\ (\sin\theta + \cos\theta\ d\theta\,)$$

अवकल गुणन फलों को छोड़ने पर

$$n(r)sin\theta \simeq n(r)sin\theta + \frac{dn}{dr}dr\ \sin\theta\ +\ n(r)\ \cos\theta d\theta$$




$$\Rightarrow\ -\frac{dn}{dr}\tan\theta = n(r)\frac{d\theta}{dr}$$

$$\Rightarrow\ \frac{2GM}{r^2c^2}\tan\theta = \left(1 + \frac{2GM}{rc^2}\right)\frac{d\theta}{dr} \approx \frac{d\theta}{dr}$$

$$\therefore\ \int_0^{\theta_o} d\theta = \frac{2GM}{c^2}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{\tan\theta dr}{r^2}$$

अब $r^2 = x^2 + R^2$ तथा $\tan\theta = \dfrac{R}{x}$

$$2rdr = 2xdx$$

$$\int_0^{\theta_0} d\theta = \frac{2GM}{c^2}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{R}{x}\frac{xdx}{(x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$x = R\tan\phi$ रखिए

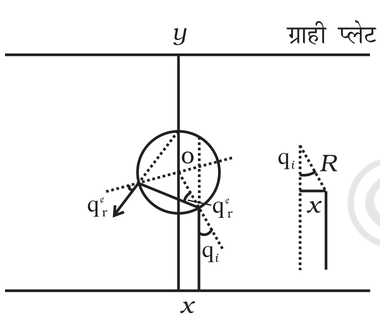
$$x = R\tan\phi$$

$$dx = R\,\text{Sec}^2\phi\, d\phi$$

$$\therefore \quad \theta_0 = \frac{2GMR}{c^2}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\frac{R\sec^2\phi d\phi}{R^3\sec^3\phi}$$

$$= \frac{2GM}{Rc^2}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\cos\phi\, d\phi = \frac{4GM}{Rc^2}$$

**9.31** क्योंकि पदार्थ –1 अपवर्तनांक का है, $\theta_r$ ऋणात्मक है तथा $\theta_r'$ धनात्मक है। अब $|\theta_i| = |\theta_r| = |\theta_r'|$ बाहर निकलने वाली किरण का अन्दर आने वाली किरण से कुल विचलन $4\theta_i$ है। किरणें ग्राही प्लेट तक नहीं पहुँचेंगी यदि




$$\frac{\pi}{2} \le 4\theta_i \le \frac{3\pi}{2} \quad \text{(कोण } y \text{ –अक्ष से दक्षिणावर्त मापे गए हैं)}$$

$$\frac{\pi}{8} \le \theta_i \le \frac{3\pi}{8}$$

अब $\sin\theta_i = \dfrac{x}{R}$

$$\frac{\pi}{8} \le \sin^{-1}\frac{x}{R} \le \frac{3\pi}{8}$$

अथवा $\dfrac{\pi}{8} \le \dfrac{x}{R} \le \dfrac{3\pi}{8}$

अत: $\dfrac{R\pi}{8} \le x \le \dfrac{R3\pi}{8}$ के लिए स्रोत से उत्सर्जित प्रकाश ग्राही प्लेट तक नहीं पहुँचेगा।

**9.32** (i) S से $P_1$ तक पारगमन का समय है

$$t_1 = \frac{SP_1}{c} = \frac{\sqrt{u^2+b^2}}{c} \simeq \frac{u}{c}\left(1+\frac{1}{2}\frac{b^2}{u^2}\right)$$ मान लीजिए $b << u_0$

$P_1$ से O तक पारगमन का समय है

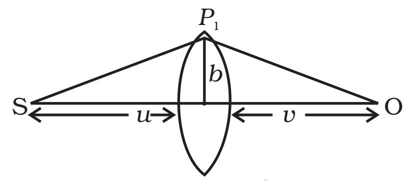
$$t_2 = \frac{P_1O}{c} = \frac{\sqrt{v^2+b^2}}{c} \simeq \frac{v}{c}\left(1+\frac{1}{2}\frac{b^2}{v^2}\right)$$

लेंस से पारगमन का समय है

$t_l = \dfrac{(n-1)w(b)}{c}$ जहाँ $n$ अपवर्तनांक है।

अतः कुल समय है

$t = \dfrac{1}{c}\left[u + v + \dfrac{1}{2}b^2\left(\dfrac{1}{u}+\dfrac{1}{v}\right) + (n-1)w(b)\right]$. $\dfrac{1}{D} = \dfrac{1}{u}+\dfrac{1}{v}$ रखिए




तब $t = \dfrac{1}{c}\left(u + v + \dfrac{1}{2}\dfrac{b^2}{D} + (n-1)\left(w_0 + \dfrac{b^2}{\alpha}\right)\right)$

फरमैट के सिद्धान्त से

$$\frac{dt}{db} = 0 = \frac{b}{CD} - \frac{2(n-1)b}{c\alpha}$$

$$\alpha = 2(n-1)D$$

अतः यदि $\alpha = 2(n-1)D$ तो अभिसरणकारी लेंस बनेगा। यह $b$ से स्वतन्त्र है और इसलिए S से आने वाली सभी उपाक्षीय किरणें O पर अभिसरित होंगी (अर्थात b << $n$ तथा $b$ << $v$ किरणों के लिए)।

क्योंकि $\dfrac{1}{D} = \dfrac{1}{u}+\dfrac{1}{v}$, फोकस दूरी है।

(ii) इस स्थिति में

$$t = \frac{1}{c}\left(u + v + \frac{1}{2}\frac{b^2}{D} + (n-1)k_1 ln\left(\frac{k_2}{b}\right)\right)$$

$$\frac{dt}{db} = 0 = \frac{b}{D} - (n-1)\frac{k_1}{b}$$

$\Rightarrow b^2 = (n-1)\ k_1 D$

$\therefore\ b = \sqrt{(n-1)k_1 D}$

अतः ऊँचाई से गुजरने वाली सभी किरणें प्रतिबिंब बनाने में योगदान देंगी। किरण पथ द्वारा बनाया गया कोण

$$\beta \simeq \frac{b}{v} = \frac{\sqrt{(n-1)k_1 D}}{v^2} = \sqrt{\frac{(n-1)k_1 uv}{v^2(u+v)}} = \sqrt{\frac{(n-1)k_1 u}{(u+v)v}}$$

## अध्याय 10

**10.1** (c)

**10.2** (a)

**10.3** (a)

**10.4** (c)

**10.5** (d)

**10.6** (a), (b), (d)

**10.7** (b), (d)

**10.8** (a), (b)

**10.9** (a), (b)

**10.10** हाँ

**10.11** गोलीय

**10.12** गोलीय, पृथ्वी की त्रिज्या की तुलना में विशाल त्रिज्या जिससे कि यह लगभग समतल है।

**10.13** ध्वनि तरंगों की आवृत्तियाँ 20 Hz से 20 kHz होती हैं। संगत तरंगदैर्घ्य क्रमशः 15m तथा 15mm है। विवर्तन प्रभाव दिखाई देगा यदि झिरियों की चौड़ाई $a$ ऐसी हो कि

$a \sim \lambda$

प्रकाश तरंगों के लिए तरंगदैर्घ्य $\sim 10^{-7}$m। अतः विवर्तन प्रभाव दिखाई देगा जब

$a \sim 10^{-7}$ m

जबकि ध्वनि तरंगों के लिए ये दिखाई देंगे

$15\text{mm} < a < 15\text{m}$

**10.14** दो बिंदुओं के बीच रैखिक दूरी $l = \dfrac{2.54}{300}\text{cm} \simeq 0.84 \times 10^{-2}\text{cm}$ है। Z cm दूरी पर यह

कोण $\phi \sim l/z \therefore z = \dfrac{l}{\phi} = \dfrac{0.84 \times 10^{-2}\text{cm}}{5.8 \times 10^{-4}} \sim 14.5\text{cm}$

**10.15** केवल विशेष स्थितियों में जब (III) की पारित अक्ष (I) या (II) के समान्तर है तो कोई प्रकाश निर्गत नहीं होगा। दूसरी सभी स्थितियों में प्रकाश निर्गत होगा क्योंकि (II) की पारित अक्ष (III) के लंबवत नहीं है।

**10.16** परावर्तन द्वारा ध्रुवण तब होता है जब आपतन कोण ब्रूस्टर कोण के बराबर हो अर्थात्

$\tan\theta_B = \dfrac{n_2}{n_1}$ जहाँ $n_2 < n_1$

जब ऐसे माध्यम में प्रकाश गमन करता है तो क्रांतिक कोण है $\sin\theta_c = \dfrac{n_2}{n_1}$ जहाँ $n_2 < n_1$.

क्योंकि बड़े कोणों के लिए $|\tan\theta_B| > |\sin\theta_c|$ $\theta_B < \theta_C$

इसलिए परावर्तन द्वारा निश्चित रूप से ध्रुवण होगा।

**10.17** $d_{\min} = \dfrac{1.22\lambda}{2\sin\beta}$

जहाँ β अभिदृश्यक द्वारा बिंब पर अंतरित कोण है।

5500 Å के प्रकाश के लिए

$$d_{\min} = \frac{1.22 \times 5.5 \times 10^{-7}}{2 \sin \beta} \text{m}$$

100V से त्वरित इलेक्ट्रॉनों के लिए दे ब्राग्ली तरंगदैर्घ्य है

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{1.227}{\sqrt{100}} = 0.13\text{nm} = 0.13 \times 10^{-9} \text{m}$$

$$\therefore d'_{\min} = \frac{1.22 \times 1.3 \times 10^{-10}}{2 \sin \beta}$$

$$\therefore \frac{d'_{\min}}{d_{\min}} = \frac{1.3 \times 10^{-10}}{5.5 \times 10^{-7}} \sim 0.2 \times 10^{-3}$$

**10.18** $T_2P = D + x$, $T_1 P = D - x$

$$S_1P = \sqrt{(S_1T_1)^2 + (PT_1)^2}$$

$$= [D^2 + (D - x)^2]^{1/2}$$

$$S_2P = [D^2 + (D + x)^2]^{1/2}$$

निम्निष्ठ प्राप्त होगा जब

$$[D^2 + (D + x)^2]^{1/2} - [D^2 + (D - x)^2]^{1/2} = \frac{\lambda}{2}$$

यदि $x = D$

$$(D^2 + 4D^2)^{1/2} = \frac{\lambda}{2}$$

$$(5D^2)^{1/2} = \frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore D = \frac{\lambda}{2\sqrt{5}}.$$

**10.19** बगैर P के

$$A = A_{\perp} + A_{11}$$

$$A_{\perp} = A_{\perp}^1 + A_{\perp}^2 = A_{\perp}^0 \sin(kx - \omega t) + A_{\perp}^0 \sin(kx - \omega t + \phi)$$

$$A_{11} = A_{11}^{(1)} + A_{11}^{(2)}$$

$$A_{11} = A_{11}^{0}[\sin(kx - wt) + \sin(kx - \omega t + \phi)]$$

जहाँ $A_{\perp}^{0}$, $A_{11}^{0}$ किसी भी किरण पुंज के $\perp$ तथा 11 ध्रुवणों में आयाम हैं।

$\therefore$ तीव्रता

$$= \left\{|A_{\perp}^{0}|^2 + |A_{11}^{0}|^2\right\}[\sin^2(kx - wt)(1 + \cos^2\phi + 2\sin\phi) + \sin^2(kx - \omega t)\ \sin^2\phi]_{\text{औसत}}$$

$$= \left\{|A_{\perp}^{0}|^2 + |A_{11}^{0}|^2\right\}\left(\frac{1}{2}\right).2(1+\cos\phi)$$

$$= 2|A_{\perp}^{0}|^2.(1 + \cos\phi)\text{since}\,|A_{\perp}^{0}|\ \text{औसत}\ = |A_{11}^{0}|\ \text{औसत}$$

P के साथ:

माना $A_{\perp}^{12}$ अवरुद्ध है

तीव्रता = = $(A_{11}^{1} + A_{11}^{2})^2 + (A_{\perp}^{1})^2$

$$= |A_{\perp}^{0}|^2(1 + \cos\phi) + |A_{\perp}^{0}|^2.\frac{1}{2}$$

दिया है: $I_o = 4|A_{\perp}^{0}|^2$ = बगैर पोलेराइजर के मुख्य उच्चिष्ठ तीव्रता

पोलेराइजर के साथ मुख्य उच्चिष्ठ पर तीव्रता

$$= |A_{\perp}^{0}|^2\left(2 + \frac{1}{2}\right)$$

$$= \frac{5}{8}I_0$$

पोलेराइजर के साथ मुख्य उच्चिष्ठ पर तीव्रता

$$= |A_{\perp}^{0}|^2(1 - 1) + \frac{|A_{\perp}^{0}|^2}{2}$$

$$= \frac{I_0}{8}$$

**10.20** पथांतर = $2d\sin\theta + (\mu - 1)l$

$\therefore$ मुख्य उच्चिष्ठ के लिए

$$2d\sin\theta + 0.5l = 0$$

$$\sin\theta_0 = \frac{-l}{4d} = \frac{-1}{16} \qquad \left(\because l = \frac{d}{4}\right)$$

$$\therefore \text{ OP} = D\tan\theta_0 \approx -\frac{D}{16}$$

प्रथम निम्निष्ठ के लिए

$$\therefore 2d\sin\theta_1 + 0.5l = \pm\frac{\lambda}{2}$$

$$\sin\theta_1 = \frac{\pm\lambda/2 - 0.5l}{2d} = \frac{\pm\lambda/2 - \lambda/8}{2\lambda} = \pm\frac{1}{4} - \frac{1}{16}$$

धनात्मक दिशा में: $\sin\theta^{+} = \frac{3}{16}$

ऋणात्मक दिशा में: $\sin\theta^{-} = -\frac{5}{16}$

धनात्मक दिशा में प्रथम मुख्य उच्चिष्ठ की दूरी

$$D\tan\theta^{+} = D\frac{\sin\theta^{+}}{\sqrt{1-\sin^2\theta}} = D\frac{3}{\sqrt{16^2 - 3^2}} \text{ O के ऊपर}$$

ऋणात्मक दिशा में दूरी होगी $D\tan\theta^{-} = \frac{5}{\sqrt{16^2 - 5^2}}$ O के नीचे

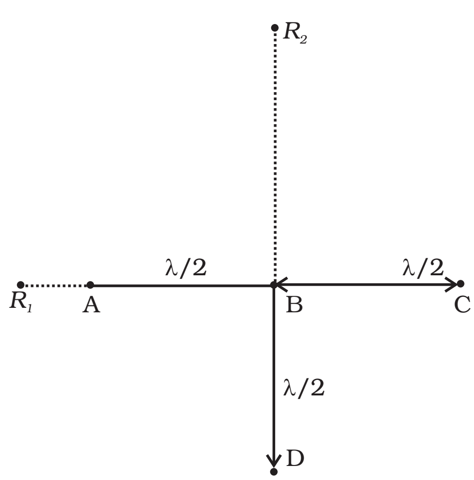
**10.21** (i) $R_1$ जो A से $d$ दूरी पर है, पर विक्षोभों के बारे में विचार करें। मान लीजिए A के कारण $R_1$ पर तरंग है $Y_A = a\cos\omega t$। A से संकेत का B से पथान्तर $\lambda/2$ है तथा इस प्रकार कलान्तर $\pi$ है।

इस प्रकार B के कारण $R_1$ पर तरंग है

$$y_B = a\cos(\omega t - \pi) = -a\cos\omega t$$

C से संकेत का A से पथान्तर $\pi$ है और इस प्रकार कलान्तर $2\pi$ है।

अत: C के कारण $R_1$ पर तरंग है $y_c = a\cos\omega t$। D तथा A से संकेत के बीच पथान्तर है




$$\sqrt{d^2 + \left(\frac{\lambda}{2}\right)^2} - (d - \lambda/2)$$



23/04/18

$$= d\left(1+\frac{\lambda}{4d^2}\right)^{1/2} - d + \frac{\lambda}{2}$$

$$= d\left(1+\frac{\lambda^2}{8d^2}\right)^{1/2} - d + \frac{\lambda}{2}$$

पथान्तर $\sim \dfrac{\lambda}{2}$ और इसलिए कलान्तर $\pi$ है।

$\therefore y_D = -a\cos\omega t$

$R_1$ पर प्राप्त होने वाला संकेत है

$y_A + y_B + y_C + y_D = 0$

मान लीजिए B से $R_2$ पर प्राप्त होने वाला संकेत है $y_B = a_1 \cos \omega t$। B तथा D पर संकेतों के बीच पथान्तर $\lambda/2$ है

$\therefore y_D = -a_1\cos\omega t$

A तथा B पर संकेत के बीच पथान्तर है

$$\sqrt{(d)^2+\left(\frac{\lambda}{2}\right)^2} - d = d\left(1+\frac{\lambda^2}{4d^2}\right)^{1/2} - d \sim \frac{1}{8}\frac{\lambda^2}{d^2}$$

$\therefore$ कलान्तर है $\dfrac{2\pi}{8\lambda}\cdot\dfrac{\lambda^2}{d^2} = \dfrac{\pi\lambda}{4d} = \phi \sim 0$

अत: $y_A = a_1 \cos(\omega t - \phi)$

इसी प्रकार $y_C = a_1 \cos(\omega t - \phi)$

$\therefore$ $R_2$ द्वारा चयनित संकेत है

$y_A + y_B + y_C + y_D = y = 2a_1 \cos(\omega t - \phi)$

$\therefore |y|^2 = 4a_1^2\cos^2(\omega t - \phi)$

$\therefore \langle I\rangle = 2a_1^2$

अत: $R_1$ वृहत संकेत चयन करता है।

(ii) यदि B को बन्द कर दिया जाए

$R_1$ चयन करता है $y = a\cos\omega t$

$\therefore \langle I_{R_1}\rangle = \dfrac{1}{2}a^2$

$R_2$ चयन करता है $y = a\cos\omega t$

$\therefore \langle I_{R_2}\rangle = \dfrac{1}{2}a_1^2$

इस प्रकार $R_1$ तथा $R_2$ समान संकेत चयन करते हैं।

(iii) यदि D को बन्द कर दिया जाए

$R_1$ चयन करता है $y = a\cos\omega t$

$$\therefore \langle I_{R_1}\rangle = \frac{1}{2}a^2$$

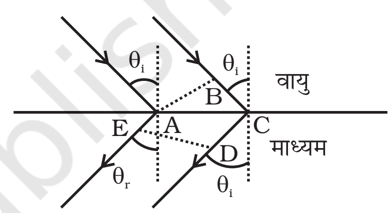
$R_2$ चयन करता है $y = 3a\cos\omega t$

$$\therefore \langle I_{R_2}\rangle = \frac{1}{2}9a^2$$

इस प्रकार $R_2$, $R_1$ तुलना में वृहत संकेत चयन करता है।

(iv) इस प्रकार $R_1$ पर संकेत दर्शाता है कि B बन्द कर दिया गया है तथा $R_2$ पर एक वृहत संकेत दर्शाता है $D$ को बन्द कर दिया गया है।

**10.22** (i) मान लीजिए कि अभिधारणा सही है, तब दो समान्तर किरणें चित्र में दर्शाए अनुसार अग्रसर होती हैं। मान लीजिए ED तरंगाग्र को दर्शाता है तो इस पर तमाम बिंदु समान कला में होने चाहिए। समान प्रकाशिक पथ लम्बाई के सभी बिंदु समान कला में होने चाहिए।



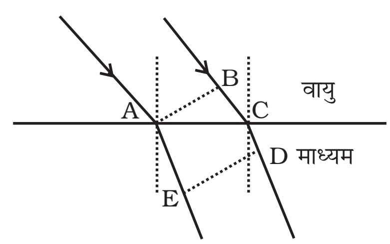
चित्र 1

अत: $-\sqrt{\varepsilon_r\mu_r}\ AE = BC - \sqrt{\varepsilon_r\mu_r}\ CD$

या BC = $\sqrt{\varepsilon_r\mu_r}\,(CD - AE)$

चूंकि $BC > 0$, $CD > AE$

यह दर्शाता है कि अभिधारणा युक्तिसंगत है। तथापि, यदि प्रकाश उसी प्रकार अग्रसित होता है जैसे यह साधारण पदार्थों में होता है (अर्थात, चौथे चतुर्थांश में चित्र 2)



चित्र 2

तब $-\sqrt{\varepsilon_r\mu_r}\ AE = BC - \sqrt{\varepsilon_r\mu_r}\ CD$

या, $BC = \sqrt{\varepsilon_r\mu_r}\,(CD - AE)$

क्योंकि $AE > CD$, $BC < O$

यह दर्शाते हुए कि ऐसा सम्भव नहीं है। अत: अभिधारणा सही है।

(ii) चित्र 1 से

BC = $AC \sin\theta_i$ तथा $CD$-AE = $AC \sin\theta_r$:

क्योंकि $-\sqrt{\varepsilon_r\mu_r}\,(AE - CD) = BC$

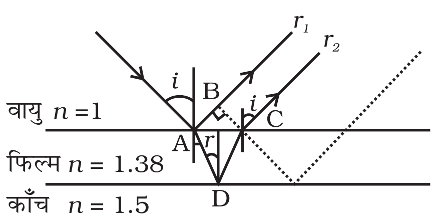
$$-n\sin\theta_r = \sin\theta_i.$$

**10.23** कोण $i$ पर आपतित एक किरण पर विचार करें। इस किरण का एक भाग वायु-फिल्म अन्तरापृष्ठ से परावर्तित होता है तथा एक भाग अन्दर अपवर्तित होता है। यह फिल्म-काँच अन्तरापृष्ठ पर अंशत: परावर्तित तथा अंशत: पारगत होती है। परावर्तित किरण का एक भाग फिल्म-वायु अन्तरापृष्ठ पर परावर्तित होता है तथा एक भाग $r_2$ की तरह पारगत $r_1$ के समान्तर पारगत होता है। वास्तव में क्रमिक परावर्तन तथा पारगमन तरंग के आयाम को घटाते रहेंगे। अत: $r_1$ तथा $r_2$ किरणें व्यवहार पर छाई रहेंगी। यदि आपतित प्रकाश लेंस द्वारा पारगमित हो तो $r_1$ तथा $r_2$ में विनाशी व्यतिकरण होना चाहिए। A तथा D दोंनों पर परावर्तन निम्न से उच्च अपवर्तनांक की ओर होंगे अत: परावर्तन पर कोई कला परिवर्तन नहीं होगा। $r_2$ तथा $r_1$ के बीच प्रकाशिक पथान्तर है





23/04/18




$n$ (AD + CD) – AB

यदि $d$ फिल्म की मोटाई है तो

$$AD = CD = \frac{d}{\cos r}$$

$$AB = AC \sin i$$

$$\frac{AC}{2} = d \tan r$$

$$\therefore AC = 2d \tan r$$

अत: AB = 2d tan$r$ sin$i$

अत: पथान्तर है

$$2n\frac{d}{\cos r} - 2d \tan r \sin i$$

$$= 2.\frac{\sin i}{\sin r}\frac{d}{\cos r} - 2d\frac{\sin r}{\cos r}\sin i$$

$$= 2d \sin\left[\frac{1-\sin^2 r}{\sin r \cos r}\right]$$

= 2$nd$ cos$r$

इन तरंगों के विनाशी व्यतिकरण के लिए यह $\lambda/2$ के बराबर होना चाहिए।

$$\Rightarrow 2nd \cos r = \frac{\lambda}{2}$$

या $nd \cos r = \lambda/4$

कैमरे के लेंस के लिए, स्रोत ऊर्ध्वाधर तल में है और इसलिए

$$i \simeq r \simeq 0$$

$$\therefore nd \simeq \frac{\lambda}{4}.$$

$$\Rightarrow d = \frac{5500\,\mathring{A}}{1.38 \times 4} \simeq 1000\,\mathring{A}$$

# अध्याय 11

**11.1** (d)

**11.2** (b)

**11.3** (d)

**11.4** (c)

**11.5** (b)

**11.6** (a)

**11.7** (a)

**11.8** (c)

**11.9** (c), (d)

**11.10** (a), (c)

**11.11** (b), (c)

**11.12** (a), (b), (c)

**11.13** (b), (d)

**11.14** $\lambda_p / \lambda_d = p_x / p_p = \dfrac{\sqrt{2m_\alpha E_\alpha}}{\sqrt{2m_p E_p}} = \sqrt{8} : 1$

**11.15** (i) $E_{\max} = 2h\nu - \phi$

(ii) एक ही इलेक्ट्रॉन द्वारा दो फोटॉन अवशोषित करने की प्रायिकता अत्यन्त निम्न है। अतः इस प्रकार के उत्सर्जन नगण्य हैं।

**11.16** पहली स्थिति में प्रदत्त (बाहर निकली) ऊर्जा संभरित ऊर्जा से कम है। दूसरी स्थिति में क्योंकि उत्सर्जित फोटॉन में अधिक ऊर्जा होती है इसलिए पदार्थ को ऊर्जा आपूर्ति करनी पड़ती है। स्थायी पदार्थों के लिए ऐसा होना संभव नहीं है।

**11.17** नहीं, अधिकांश इलेक्ट्रॉन धातु में प्रकीर्ण हो जाते हैं। केवल कुछ ही धातु के पृष्ठ से बाहर आते हैं।

**11.18** कुल $E$ नियत है।

मान लीजिए $n_1$ तथा $n_2$ X-किरणों तथा दृश्य क्षेत्र के फोटॉन की संख्या है।

$$n_1 E_1 = n_2 E_2$$

$$n_1 \frac{hc}{\lambda_1} = n_2 \frac{hc}{\lambda_2}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{500}$$

**11.19** संवेग धातु को स्थानांतरित हो जाता है। सूक्ष्म स्तर पर, परमाणु फोटॉन को अवशोषित करते हैं तथा इसका संवेग मुख्य रूप से नाभिक तथा इलेक्ट्रॉनों को स्थानांतरित हो जाता है। उत्तेजित इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होता है। संवेग संरक्षण नाभिक तथा इलेक्ट्रॉनो को संवेग स्थानांतरित करने के लिए संवेग संरक्षण के परिकलन की आवश्यकता है।

**11.20** अधिकतम ऊर्जा = $h\nu - \phi$

$$\left(\frac{1230}{600} - \phi\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{1230}{400} - \phi\right)$$

$$\phi = \frac{1230}{1200} = 1.02\text{eV}$$

**11.21** $\Delta x \Delta p \simeq \hbar$

$$\Delta p \simeq \frac{\hbar}{\Delta x} \simeq \frac{1.05\times 10^{-34}\,\text{Js}}{10^{-9}\,\text{m}} = 1.05\times 10^{-25}$$

$$E = \frac{p^2}{2m} = \frac{(1.05\times 10^{-25})^2}{2\times 9.1\times 10^{-31}} = \frac{1.05^2}{18.2}\times 10^{-19}\,\text{J} = \frac{1.05^2}{18.2\times 1.6}\,\text{eV}$$

$= 3.8 \times 10^{-2} eV$

**11.22** $I = n_A n_A = n_B \nu_B$

$$\frac{n_A}{n_B} = 2 = \frac{\nu_B}{\nu_A}$$

पुंज B की आवृत्ति A से दुगनी है।

**11.23** $p_c = |p_A| + |p_B| = \frac{h}{\lambda_A} + \frac{h}{\lambda_B} = \frac{h}{\lambda_c} = \frac{h}{\lambda_c}$ if $p_A, p_B > 0$ or $p_A, p_B < 0$

अथवा $\lambda_c = \dfrac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_A + \lambda_B}$

यदि $p_A > 0$, $p_B < 0$ अथवा $p_A < 0$, $p_B > 0$

$$p_c = h\frac{\lambda_B - \lambda_A}{|\lambda_A . \lambda_B|} = \frac{h}{\lambda_c}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda_B . \lambda_A}{|\lambda_A - \lambda_B|}$$

**11.24** $2d\sin\theta = \lambda = d = 10^{-10}$ m

$$p = \frac{h}{10^{-10}} = \frac{6.6\times10^{-34}}{10^{-10}} = 6.6\times10^{-21}\text{kg m/s}$$

$$E = \frac{(6.6\times10^{-24})^2}{2\times(1.7\times10^{-27})}\times1.6\times10^{-19} = \frac{6.6^2}{2\times1.7}\times1.6\times10^{-2}eV$$

$= 20.5 \times 10^{-2}eV = 0.21$eV

**11.25** Na के $6 \times 10^{26}$ परमाणुओं का भार = 23 kg

लक्ष्य का आयतन = $(10^{-4} \times 10^{-3}) = 10^{-7}\text{m}^3$

सोडियम का घनत्व = $(d) = 0.97$ kg/m³

$6 \times 10^{26}$ Na परमाणुओं का आयतन = $\frac{23}{0.97}\text{m}^3$ = 23.7 m³

1 Na परमाणु का आयतन $= \frac{23}{0.97\times6\times10^{26}}\text{m}^3 = 3.95\times10^{-26}\,\text{m}^3$

लक्ष्य में Na परमाणुओं की संख्या = $\frac{10^{-7}}{3.95\times10^{-26}} = 2.53\times10^{18}$

फोटॉन की संख्या प्रति सेकंड तथा $10^{-4}$ m² = $n$

ऊर्जा प्रति सेकंड तथा $nh\nu = 10^{-4}\text{ J} \times 100 = 10^{-2}$ W

$h\nu$ ($\lambda$ = 660nm के लिए) = $\frac{1234.5}{600}$

$= 2.05\text{eV} = 2.05 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.28 \times 10^{-19}$J

$$n = \frac{10^{-2}}{3.28\times10^{-19}} = 3.05\times10^{16}/\text{s}$$

$$n = \frac{1}{3.2}\times10^{17} = 3.1\times10^{16}$$

यदि प्रति परमाणु उत्सर्जन की प्रायिकता P है, प्रति फोटॉन, फोटोइलेक्ट्रॉन की प्रति सेकंड उत्सर्जन की संख्या

$= P\times3.1\times10^{16}\times2.53\times10^{18}$

धारा $= P \times 3.1 \times 10^{+16} \times 2.53 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19}$ A

$= P \times 1.25 \times 10^{+16}$ A

यह 100μA के बराबर होनी चाहिए अथवा

$$P = \frac{100 \times 10^{-6}}{1.25 \times 10^{+16}}$$

$\therefore\ P = 8 \times 10^{-21}$

इस प्रकार एकल परमाणु पर एकल फोटॉन द्वारा फोटो उत्सर्जन की प्रायिकता 1 से बहुत कम है। (इसलिए एक परमाणु द्वारा दो फोटॉन का अवशोषण नगण्य है।)

**11.26** बाह्य एजेंसी द्वारा किया गया कार्य $= +\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{4}\int_d^{\infty}\frac{q^2}{x^2}dx = \frac{1}{4}\cdot\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}$

$d = 0.1\text{nm}$ से, ऊर्जा $= \frac{(1.6\times10^{-19})\times9\times10^{9}}{4(10^{-10})\times1.6\times10^{-19}}\text{eV}$

$$= \frac{1.6\times9}{4}\text{eV} = 3.6 \text{ eV}$$

**11.27** (i) B के लिए उच्च आवृत्ति पर निरोधी विभव = 0

अत: इसका कार्यफलन उच्च है

(ii) ढाल $= \frac{h}{e} = \frac{2}{(10-5)\times10^{14}}$ A के लिए

$$= \frac{2.5}{(15-10)\times10^{14}} \text{ B के लिए}$$

$h = \frac{1.6\times10^{-19}}{5}\times2\times10^{-14} = 6.04\times10^{-34}\text{Js}$ के लिए A

$= \frac{1.6\times10^{-19}\times2.5\times10^{-14}}{5} = 8\times10^{-34}$ Js के लिए B

क्योंकि $h$ का मान अलग-अलग आता है इसलिए प्रयोग सिद्धान्त के संगत नहीं है।

**11.28** $m_A v = m_A v_1 + m_B v_2$

$$\frac{1}{2}m_A v^2 = \frac{1}{2}m_A v_1^2 + \frac{1}{2}m_B v_2^2$$

$$\therefore \frac{1}{2}m_A(v-v_1)(v_A+v_1) = \frac{1}{2}m_B v_B^2$$

$\therefore\ v + v_1 = v_2$

अथवा $v = v_2 - v_1$

$$\therefore v_1 = \left(\frac{m_A - m_B}{m_A + m_B}\right)v, \qquad \text{तथा} \qquad v_2 = \left(\frac{2m_A}{m_A + m_B}\right)v$$

$$\therefore \lambda_{\text{प्रारंभिक}} = \frac{h}{m_A v}$$

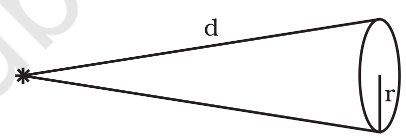
$$\lambda_{\text{अंतिम}} = \frac{h}{m_A v} = \left|\frac{h(m_A + m_B)}{m_A(m_A - m_B)v}\right|$$

$$\therefore \Delta\lambda = \frac{h}{m_A v}\left[\left|\frac{m_A + m_B)}{m_A - m_B}\right| - 1\right]$$

**11.29** (i) $\dfrac{dN}{dt} = \dfrac{P}{(hc/\lambda)} = 5 \times 10^{19}/s$

(ii) $\dfrac{hc}{\lambda} = 2.49\,\text{eV} > W_0$ : हाँ

(iii) $P.\dfrac{\pi r^2}{4\pi d^2}\Delta t = W_0$, $\Delta t = 28.4\text{s}$




(iv) $N = \left(\dfrac{dN}{dt}\right) \times \dfrac{\pi r^2}{4\pi d^2} \times \Delta t = 2$

## अध्याय 12

**12.1** (c)

**12.2** (c)

**12.3** (a)

**12.4** (a)

**12.5** (a)

**12.6** (a)

**12.7** (a)

**12.8** (a), (c)

**12.9** (a), (b)

**12.10** (a), (b)

**12.11** (b), (d)

**12.12** (b), (d)

**12.13** (c), (d)

**12.14** आइंस्टीन के द्रव्यमान-ऊर्जा संबंध से हमें प्राप्त होता है: $E = mc^2$. अत: हाइड्रोजन के एक परमाणु का द्रव्यमान है $m_p + m_e - \frac{B}{c^2}$, जहाँ $B \approx 13.6$ eV बंधन-ऊर्जा है।

**12.15** क्योंकि इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान की तुलना में दोनों नाभिक अत्यधिक भारी हैं।

**12.16** क्योंकि इलेक्ट्रॉन केवल वैद्युत चुम्बकीय रूप से पारस्परिक क्रिया करते हैं।

**12.17** हाँ, क्योंकि बोहर-सूत्र में केवल आवेशों का गुणनफल निहित है।

**12.18** नहीं, क्योंकि बोहर प्रतिरूप के अनुसार $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$, और भिन्न-भिन्न ऊर्जा के इलेक्ट्रॉन विभिन्न $n$- मान वाले स्तरों से सम्बद्ध होते हैं: अत: उनके कोणीय-संवेग भिन्न होंगे, क्योंकि

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

**12.19** बोहर के सूत्र $E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0 n^2 h^2}$ में '$m$' समानीत द्रव्यमान है। H-परमाणु के लिए $m \approx m_e$ पोजिट्रोनियम के लिए $m \approx m_e/2$ अत: एक पोजिट्रोनियम के लिए $E_1 \approx -6.8$eV

**12.20** 2e आवेश वाले नाभिक तथा $-e$ आवेश वाले इलेक्ट्रॉनों के लिए, स्तर हैं- $E_n = -\frac{4me^4}{8\varepsilon_0^2 n^2 h^2}$ निम्नतर स्तर में दो इलेक्ट्रॉन होंगे, जिनमें प्रत्येक की ऊर्जा $E$ तथा निम्नतम स्तर की कुल ऊर्जा $-(4\times13.6)$eV होगी।

**12.21** $v$ = इलेक्ट्रॉन का वेग

$a_0$ = बोहर त्रिज्या

$$\therefore \text{एकांक समय में चक्रणों की संख्या} = \frac{2\pi a_0}{v}$$

$$\therefore \text{धारा} = \frac{2\pi a_0}{v} e$$

**12.22** $$\nu_{\text{न्यूनतम}} = cRZ^2\left[\frac{1}{(n+p)^2} - \frac{1}{n^2}\right],$$

जहाँ $m = n + p$, ($p$ = 1, 2, 3, ...) एवं $R$ रिड्बर्ग नियतांक है।

$p << n$ के लिए

$$\nu_{\text{न्यूनतम}} = cRZ^2 \ \frac{1}{n^2} \ 1+\frac{p}{n}^{\ -2} - \frac{1}{n^2}$$

$$\nu_{\text{न्यूनतम}} = cRZ^2 \ \frac{1}{n^2} - \frac{2p}{n^3} - \frac{1}{n^2}$$

$$\nu_{\text{न्यूनतम}} = cRZ^2 \frac{2p}{n^3} \simeq \frac{2cRZ^2}{n^3} \ p$$

इस प्रकार $\nu_{\text{न्यूनतम}}$ का लगभग क्रम है- 1, 2, 3..........

**12.23** बामर श्रेणी में $H_\gamma$, $n = 5$ से $n = 2$ के संक्रमण के संगत है। अत: न्यूनतम स्तर $n = 1$ के इलेक्ट्रॉन को पहले $n = 5$ में रखना चाहिए। आवश्यक ऊर्जा $= E_1 - E_5 = 13.6 - 0.54$ $= 13.06$ eV

यदि कोणीय संवेग संरक्षित रहता है, तो फोटान का कोणीय संवेग = इलेक्ट्रॉन के कोणीय संवेग में परिवर्तन $= L_5 - L_2 = 5\hbar - 2\hbar = 3\hbar = 3\times1.06\times10^{-34}$

$= 3.18 \times 10^{-34}$ kg m²/s

**12.24** $H$ के लिए समानीत द्रव्यमान $= \mu_H = \dfrac{m_e}{1+\dfrac{m_e}{M}} \simeq m_e\left(1-\dfrac{m_e}{M}\right)$

$D$ के लिए समानीत द्रव्यमान $= \mu_D \simeq m_e\left(1-\dfrac{m_e}{2M}\right) = m_e\left(1-\dfrac{m_e}{2M}\right)\left(1+\dfrac{m_e}{2M}\right)$

$h\nu_{ij} = (E_i - E_j)\alpha\,\mu$. अत:, $\lambda_{ij}\,\alpha\,\dfrac{1}{\mu}$

यदि हाइड्रोजन/ड्यूटीरियम के लिए तरंगदैर्घ्य $\lambda_H / \lambda_D$ है

$$\frac{\lambda_D}{\lambda_H} = \frac{\mu_H}{\mu_D} \simeq \left(1+\frac{m_e}{2M}\right)^{-1} \simeq \left(1-\frac{1}{2\times1840}\right)$$

$\lambda_D = \lambda_H \times (0.99973)$

अत: रेखाएँ हैं 1217.7 Å , 1027.7 Å, 974.04 Å, 951.143 Å

**12.25** नाभिकीय गति को सम्मिलित करते हुए, स्थिर अवस्था में ऊर्जाएँ होंगी- $E_n = -\dfrac{\mu Z^2 e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\left(\dfrac{1}{n^2}\right)$

मान लिया $\mu_H$ हाइड्रोजन का तथा $\mu_H$ ड्यूटीरियम का समानीत द्रव्यमान है। तब हाइड्रोजन की प्रथम लाइमन रेखा की आवृत्ति है $h\nu_H = \dfrac{\mu_H e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\left(1-\dfrac{1}{4}\right) = \dfrac{3}{4}\dfrac{\mu_H e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}$. अत: संक्रमण

की तरंगदैर्घ्य है $\lambda_H = \frac{3}{4}\frac{\mu_H e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}$। ड्यूटीरियम के लिए संक्रमण की उसी रेखा की

तरंगदैर्घ्य है $\lambda_D = \frac{3}{4}\frac{\mu_H e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}$

$\therefore \Delta\lambda = \lambda_D - \lambda_H$

अत: अन्तर-प्रतिशत है-

$$100 \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_H} = \frac{\lambda_D - \lambda_H}{\lambda_H} \times 100 = \frac{\mu_D - \mu_H}{\mu_H} \times 100$$

$$= \frac{\frac{m_e M_D}{(m_e + M_D)} - \frac{m_e M_H}{(m_e + M_H)}}{m_e M_H / (m_e + M_H)} \times 100$$

$$= \left[\left(\frac{m_e + M_H}{m_e + M_D}\right)\frac{M_D}{M_H} - 1\right] \times 100$$

क्योंकि $m_e << M_H < M_D$

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_H} \times 100 = \left[\frac{M_H}{M_D} \times \frac{M_D}{M_H}\left(\frac{1 + m_e / M_H}{1 + m_e / M_D}\right) - 1\right] \times 100$$

$$= \left[(1 + m_e / M_H)(1 + m_e / M_D)^{-1} - 1\right] \times 100$$

$$\simeq \left[(1 + \frac{m_e}{M_H} - \frac{m_e}{M_D} - 1\right] \times 100$$

$$\approx m_e \left[\frac{1}{M_H} - \frac{1}{M_D}\right] \times 100$$

$$= 9.1 \times 10^{-31}\left[\frac{1}{1.6725 \times 10^{-27}} - \frac{1}{3.3374 \times 10^{-27}}\right] \times 100$$

$$= 9.1 \times 10^{-4}[0.5979 - 0.2996] \times 100$$

$$= 2.714 \times 10^{-2} \%$$

**12.26** H-परमाणु में, एक बिंदु-नाभिक के लिए

निम्नतम स्तर: $mvr = \hbar, \frac{mv^2}{r_B} = -\frac{e^2}{r_B{}^2} \cdot \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$$\therefore m\frac{\hbar^2}{m^2 {r_B}^2}\cdot\frac{1}{r_B} = +\left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\right)\frac{1}{{r_B}^2}$$

$$\therefore \frac{\hbar^2}{m}\cdot\frac{4\pi\varepsilon_0}{e^2} = r_B = 0.51\,\text{Å}$$

स्थितिज ऊर्जा

$$-\left(\frac{e^2}{4\pi r_0}\right).\frac{1}{r_B} = -27.2eV; K.E = \frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2}m.\frac{\hbar^2}{m^2 r_B^2} = \frac{\hbar}{2mr_B^2} = +13.6\text{eV}$$

$R$ त्रिज्या के एक गोलीय नाभिक के लिए यदि

$R < r_B$, वही परिणाम।

यदि $R >> r_B$: इलेक्ट्रॉन $r'_B$ ($r'_B$ = नयी बोहर त्रिज्या) त्रिज्या के गोले के भीतर गतिमान है।

$r'_B$ के भीतर आवेश $= e\left(\frac{r'^3_B}{R^3}\right)$

$$\therefore r'_B = \frac{\hbar^2}{m}\left(\frac{4\pi\varepsilon_0}{e^2}\right)\frac{R^3}{r'^3_B}$$

$$r'^4_B = (0.51\,\text{Å}).R^3. \qquad R = 10\,\text{Å}$$

$$= 510(\text{Å})^4$$

$$\therefore r'_B \approx (510)^{1/4}\,\text{Å} < R.$$

गतिज ऊर्जा $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{m}{2}\cdot\frac{\hbar}{m^2 r'^2_B} = \frac{\hbar}{2m}\cdot\frac{1}{r'^2_B}$

$$= \left(\frac{\hbar^2}{2m{r_B}^2}\right)\cdot\left(\frac{r_B^2}{r'^2_B}\right) = (13.6\text{eV})\frac{(0.51)^2}{(510)^{1/2}} = \frac{3.54}{22.6} = 0.16\text{eV}$$

स्थितिज ऊर्जा $= +\left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\right)\cdot\left(\frac{r'^2_B - 3R^2}{2R^3}\right)$

$$= +\left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{r_B}\right)\cdot\left(\frac{r_B(r'^2_B - 3R^2}{R^3}\right)$$

$$= +(27.2\text{eV})\left[\frac{0.51(\sqrt{510}-300)}{1000}\right]$$

$$= +(27.2\text{eV}).\frac{-141}{1000} = -3.83\text{eV}$$

**12.27** क्योंकि नाभिक भारी है, परमाणु का प्रतिक्षिप्त संवेग नगण्य है तथा संक्रमण की कुल ऊर्जा को ओजे-इलेक्ट्रॉन को स्थानान्तरित मान सकते हैं क्योंकि Cr में एक संयोजी इलेक्ट्रॉन है, ऊर्जा अवस्थाओं को बोहर प्रतिरूप द्वारा प्रदत्त माना जा सकता है। $n$वीं अवस्था की ऊर्जा

$E_n = -Z^2R\frac{1}{n^2}$ जहाँ $R$ रिड्बर्ग नियतांक है तथा $Z = 24$

$n = 2$ से $n = 1$ के संक्रमण में मुक्त ऊर्जा है $\Delta E = Z^2R\ 1-\frac{1}{4} = \frac{3}{4}Z^2R$

$n = 4$ इलेक्ट्रॉन को उत्क्षेपित करने के लिए आवश्यक ऊर्जा $E_4 = Z^2R\frac{1}{16}$

अत: ओजे इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा है-

$$K.E = Z^2R\left(\frac{3}{4}-\frac{1}{16}\right) = \frac{11}{16}Z^2R$$

$$= \frac{11}{1\cancel{6}}\times 2\cancel{4}\times 2\cancel{4}\times 13.6\,\text{eV}$$

= 5385.6 eV

**12.28** $m_pc^2 = 10^{-6} \times$ इलेक्ट्रॉन द्रव्यमान $\times\, c^2$

$$\approx 10^{-6}\times 0.5\,\text{MeV}$$

$$\approx 10^{-6}\times 0.5\times 1.6\times 10^{-13}$$

$$\approx 0.8\times 10^{-19}\,\text{J}$$

$\frac{\hbar}{m_pc} = \frac{\hbar c}{m_pc^2} = \frac{10^{-34}\times 3\times 10^8}{0.8\times 10^{-19}} \approx 4\times 10^{-7}m >>$ बोहर त्रिज्या

$$|\mathbf{F}| = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r^2}+\frac{\lambda}{r}\right]\exp(-\lambda r)$$

जहाँ $\lambda^{-1} = \frac{\hbar}{m_pc} \approx 4\times 10^{-7}\text{m} >> r_B$

$\therefore \lambda << \frac{1}{r_B}$ अर्थात $\lambda r_B << 1$

$$U(r) = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} . \frac{\exp(-\lambda r)}{r}$$

$$mvr = \hbar \therefore v = \frac{\hbar}{mr}$$

यह भी : $\frac{mv^2}{r} =\approx \left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\right)\left[\frac{1}{r^2} + \frac{\lambda}{r}\right]$

$$\therefore \frac{\hbar^2}{mr^3} = \left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\right)\left[\frac{1}{r^2} + \frac{\lambda}{r}\right]$$

$$\therefore \frac{\hbar^2}{m} = \left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\right)[r + \lambda r^2]$$

यदि $\lambda = 0; r = r_B = \frac{\hbar}{m} . \frac{4\pi\varepsilon_0}{e^2}$

$$\frac{\hbar^2}{m} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} . r_B$$

क्योंकि $\lambda^{-1} >> r_B, r = r_B + \delta$ रखें

$\therefore r_B = r_B + \delta + \lambda(r_B^2 + \delta^2 + 2\delta r_B); \delta^2$ नगण्य है।

अथवा $0 = \lambda r_B^2 + \delta(1 + 2\lambda r_B)$

$\delta = \lambda {r_B}^2(1 - 2\lambda r_B) = -\lambda {r_B}^2$ क्योंकि $\lambda r_B << 1$

$$\therefore V(r) = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} . \frac{\exp(-\lambda\delta - \lambda r_B)}{r_B + \delta}$$

$$\therefore V(r) = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r_B}\left[\left(1 - \frac{\delta}{r_B}\right).(1 - \lambda r_B)\right]$$

$\cong$ (–27.2eV) अपरिवर्तित रहता है।

गतिज ऊर्जा $= -\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m.\frac{\hbar^2}{mr^2} = \frac{\hbar^2}{2(r_B+\delta)^2} = \frac{\hbar^2}{2r_B{}^2}\left(1-\frac{2\delta}{r_B}\right)$

$= (13.6\text{eV})[1+2\lambda r_B]$

कुल ऊर्जा $= -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_B} + \frac{\hbar^2}{2r_B{}^2}[1+2\lambda r_B]$

$= -27.2 + 13.6[1+2\lambda r_B]\text{eV}$

ऊर्जा में परिवर्तन $= 13.6 \times 2\lambda r_B \text{eV} = 27.2\lambda r_B \text{eV}$

**12.29** माना $\varepsilon = 2+\delta$

$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{R_0^\delta}{r^{2+\delta}} = \wedge \frac{R_0^\delta}{r^{2+\delta}}$, जहाँ $\frac{q_1 q_2}{4\pi_0 \varepsilon} = \wedge$, $\wedge = (1.6\times10^{-19})^2 \times 9\times10^9$

$= 23.04\times10^{-29}$

$= \frac{mv^2}{r}$

$v^2 = \frac{\wedge R_0^\delta}{mr^{1+\delta}}$

(i) $mvr = n\hbar$, $r = \frac{n\hbar}{mv} = \frac{n\hbar}{m}\left[\frac{m}{\wedge R_0^\delta}\right]^{1/2} r^{1/2+\delta/2}$

इसे $r$ के लिए हल करने पर $r_n = \left[\frac{n^2\hbar^2}{m\wedge R_0^\delta}\right]^{\frac{1}{1-\delta}}$

$n = 1$ के लिए, तथा स्थिरांक के मान रखने पर, हमें प्राप्त होता है $r_1 = \left[\frac{\hbar^2}{m\wedge R_0^\delta}\right]^{\frac{1}{1-\delta}}$

$r_1 = \left[\frac{1.05^2\times10^{-68}}{9.1\times10^{-31}\times2.3\times10^{-28}\times10^{+19}}\right]^{\frac{1}{2.9}} = 8 \times 10^{-11} = 0.08$ nm

(< 0.1 nm)

(ii) $v_n = \frac{n\hbar}{mr_n} = n\hbar\left(\frac{m\wedge R_0^\delta}{n^2\hbar^2}\right)^{\frac{1}{1-\delta}}$ $n = 1$ के लिए, $v_1 = \frac{\hbar}{mr_1} = 1.44\times10^6$ m/s

(iii) गतिज ऊर्जा $= \frac{1}{2} m v_1^2 = 9.43 \times 10^{-19}$ J=5.9eV

स्थितिज ऊर्जा $R_0$ तक $= -\frac{\wedge}{R_0}$

$R_0$ से $r$ तक स्थितिज ऊर्जा $= + \wedge R_0^{\delta} \int_{R_0}^{r} \frac{dr}{r^{2+\delta}} = + \frac{\wedge R_0^{\delta}}{-1-\delta} \left[ \frac{1}{r^{1+\delta}} \right]_{R_0}^{r}$

$$= - \frac{\wedge R_0^{\delta}}{1+\delta} \left[ \frac{1}{r^{1+\delta}} - \frac{1}{R_0^{1+\delta}} \right] \text{ तक}$$

स्थितिज ऊर्जा $= - \frac{\wedge}{1+\delta} \left[ \frac{R_0^{\delta}}{r^{1+\delta}} - \frac{1}{R_0} \right]$

$$= - \frac{\wedge}{1+\delta} \left[ \frac{R_0^{\delta}}{r^{1+\delta}} - \frac{1}{R_0} + \frac{1+\delta}{R_0} \right]$$

$$= - \frac{\wedge}{-0.9} \left[ \frac{R_0^{-1.9}}{r^{-0.9}} - \frac{1.9}{R_0} \right]$$

$$= \frac{2.3}{0.9} \times 10^{-18} [(0.8)^{0.9} - 1.9] \text{ J} = -17.3 \text{ eV}$$

कुल ऊर्जा है (–17.3 + 5.9) = –11.4 eV

## अध्याय 13

**13.1** (c)

**13.2** (b)

**13.3** (b)

**13.4** (a)

**13.5** (a)

**13.6** (b)

**13.7** (b)

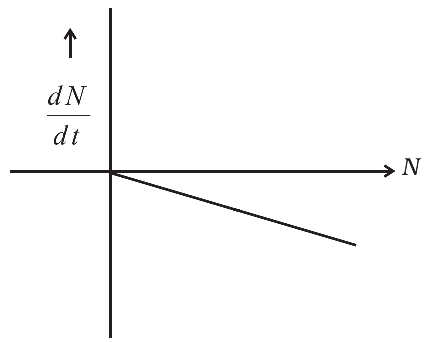
**13.8** (a), (b)

**13.9** (b), (d)

**13.10** (c), (d)

**13.11** नहीं, $He^3$ की बंधन ऊर्जा तुलनात्मक रूप से अधिक है।

**13.12**



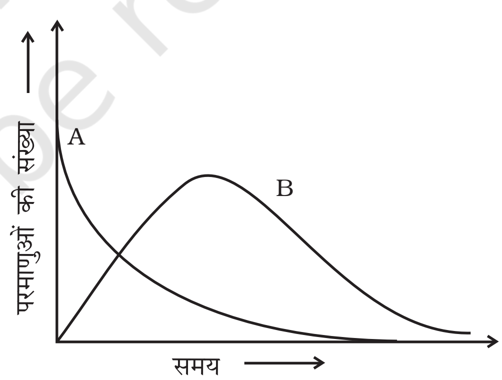

**13.13** B की औसत आयु कम है क्योंकि B के लिए $\lambda$ का मान अधिक है।

**13.14** उत्तेजित इलेक्ट्रॉन, क्योंकि इलेक्ट्रॉनिक ऊर्जा स्तरों की ऊर्जा की परास eV में है, MeV में नहीं। $\gamma$-विकिरण की ऊर्जा MeV है।

**13.15** दो फोटान उत्पन्न होते हैं, जो ऊर्जा-संरक्षण हेतु विपरीत दिशाओं में गति करते हैं।

**13.16** प्रोटान धनावेशित होते हैं तथा एक दूसरे को विद्युतीय रूप से प्रतिकर्षित करतें हैं। 10 से अधिक प्रोटानों वाले नाभिक में यह प्रतिकर्षण इतना अधिक हो जाता है कि न्यूट्रानों की अधिकता जो केवल आकर्षण बल उत्पन्न करती है, स्थायित्व के लिए आवश्यक हो जाती है।

**13.17**




$t = 0$ पर $N_A = N_O$ जबकि $N_B = 0$ जैसे-जैसे समय में वृद्धि होती है, $N_A$ का चर घातांकी रूप से पतन होता है, B के परमाणुओं की संख्या बढ़ती है, अधिकतम होती है और अन्त में ¥ पर शून्य हो जाती है (चर घातांकी विघटन नियमानुसार)

**13.18** $t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{R_0}{R}$

$$= \frac{5760}{0.693} \ln \frac{16}{12} = \frac{5760}{0.693} \ln \frac{4}{3}$$

$$= \frac{5760}{0.693} \times 2.303 \log \frac{4}{3} = 2391.12 \text{ वर्ष}$$

**13.19** $d$ दूरी पर पृथक्कृत दो वस्तुओं को अलग करने हेतु अन्वेषी सिग्नल की तरंगदैर्घ्य $\lambda$, $d$ से कम होनी चाहिए। अतः न्यूक्लियान के भीतर अलग-अलग भागों का संसूचन करने के लिए, इलेक्ट्रॉन की तरंगदैर्घ्य $10^{-15}$ m से कम होनी चाहिए।

$$\lambda = \frac{h}{p} \text{ और } K \approx pc \Rightarrow K \approx pc = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{34} \times 3 \times 10^{8}}{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-15}} \text{eV}$$

$$= 10^{9} \text{ eV.} = 1 \text{ GeV}$$

**13.20** (a) ${}^{23}_{11}\text{Na} : Z_1 = 11,\ N_1 = 12$

$\therefore$ ${}^{23}_{11}\text{Na}$ का दर्पण सम्भारी $= {}^{23}_{12}\text{Mg}$

(b) क्योंकि $Z_2 > Z_1$, Mg की बन्धन ऊर्जा Na से अधिक है।

**13.21** $${}^{38}\text{S} \xrightarrow[2.48\,\text{h}]{} {}^{38}\text{Cl} \xrightarrow[0.62\,\text{h}]{} {}^{38}\text{Ar}$$

माना $t$ समय पर, ${}^{38}$S के पास $N_1(t)$ सक्रिय नाभिक तथा ${}^{38}$Cl के पास $N_2(t)$ सक्रिय नाभिक हैं।

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1 = {}^{38}\text{Cl के बनने की दर}$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -\lambda_1 N_2 + \lambda_1 N_1$$

लेकिन $N_1 = N_0 e^{-\lambda_1 t}$

$$\frac{dN_2}{dt} = -\lambda_1 N_0 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2 N_2$$

$e^{\lambda_2 t} dt$ से गुणा करके पुनः व्यवस्थित करने पर

$$e^{\lambda_2 t} dN_2 + \lambda_2 N_2 e^{\lambda_2 t} dt = \lambda_1 N_0 e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} dt$$

दोनों पक्षों को समाकलित करने पर

$$N_2 e^{\lambda_2 t} = \frac{N_0 \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} + C$$

क्योंकि $t = 0$, $N_2 = 0$, $C = -\frac{N_0 \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}$

$$\therefore N_2 e^{\lambda_2 t} = \frac{N_0 \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} - 1\right)$$

$$N_2 = \frac{N_0 \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right)$$

अधिकतम गिनती के लिए $\frac{dN_2}{dt} = 0$

हल करने पर $t = \left(\ln \frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right) / (\lambda_1 - \lambda_2)$

$$= \ln \frac{2.48}{0.62} / (2.48 - 0.62)$$

$$= \frac{\ln 4}{1.86} = \frac{2.303 \log 4}{1.86}$$

$$= 0.745 \text{ s.}$$

**13.22** ऊर्जा सरंक्षण से,

$$E - B = K_n + K_p = \frac{p_n^2}{2m} + \frac{p_p^2}{2m} \qquad (1)$$

संवेग सरंक्षण से,

$$p_n + p_p = \frac{E}{c} \qquad (2)$$

यदि $E = B$, प्रथम समी. से प्राप्त होता है $p_n = p_p = 0$ और इसलिए द्वितीय समी. सन्तुष्ट नही की जा सकती, तथा प्रक्रिया घटित नहीं हो सकती।

प्रक्रिया के घटित होने के लिए माना $E = B + \lambda$, जहाँ $\lambda << B$ तब समी. (1) से समी. (2) में $p_n$ का मान रखने पर

$$\lambda = \frac{1}{2m}(p_p^2 + p_n^2) = \frac{1}{2m}\left(p_p^2 + (p_p - E/c)^2\right)$$

$$\therefore 2p_p^2 - \frac{2E}{c} p_p + \left(\frac{E^2}{c^2} - 2m\lambda\right) = 0$$

$$\therefore p_p = \frac{2E/c \pm \sqrt{4E^2/c^2 - 8\left(\frac{E^2}{c^2} - 2m\lambda\right)}}{4}$$

क्योंकि $p_p$ के वास्तविक होने के लिए, सारिणिक को धनात्मक होना चाहिए

$$\frac{4E^2}{c^2} - 8\left(\frac{E^2}{c^2} - 2m\lambda\right) = 0$$

अथवा, $16m\lambda = \frac{4E^2}{c^2}$ , $\therefore \lambda = \frac{E^2}{4mc^2} \approx \frac{B^2}{4mc^2}$ .

**13.23** H परमाणु में बंधन ऊर्जा $E = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = 13.6\text{eV}$ (1)

यदि प्रोटान और न्यूट्रॉन प्रत्येक पर आवेश $e'$ था तथा वे एकसमान वैद्युतस्थैतिक बलों के अधीन थे, तब उपरोक्त समीकरण में इलेक्ट्रॉनिक द्रव्यमान $m$ को प्रोटान-न्यूट्रॉन के समानीत द्रव्यमान $m'$ तथा इलेक्ट्रॉनिक आवेश e को $e'$ से प्रतिस्थापित करने की आवश्यकता है:

$$m' = \frac{M}{2} = \frac{1836m}{2} = 918m$$

$\therefore$ बन्धन ऊर्जा $= \frac{918m\,e'}{8\varepsilon_0^2 h^2} = 2.2\text{MeV}$ (दिया है) (2)

(2) को (1) से भाग देने पर

$$918\left(\frac{e'}{e}\right)^4 = \frac{2.2\text{MeV}}{13.6\text{eV}}$$

$$\Rightarrow \frac{e'}{e} \approx 11$$

**13.24** $\beta$ विघटन से पूर्व, न्यूट्रॉन विराम में हैं, अत: $E_n = m_n c^2, p_n = 0$

$\beta$ विघटन के पश्चात संवेग सरंक्षण से

$$\mathbf{p}_n = \mathbf{p}_p + \mathbf{p}_e$$

या $\mathbf{p}_p + \mathbf{p}_e = 0 \Rightarrow |\mathbf{p}_p| = |\mathbf{p}_e| = p$

$$E_p = (m_p{}^2c^4 + p_p{}^2c^2)^{\frac{1}{2}},$$

$$E_e = (m_e{}^2c^4 + p_e{}^2c^2)^{\frac{1}{2}} = (m_e{}^2c^4 + p_p c^2)^{\frac{1}{2}}$$

ऊर्जा संरक्षण से

$$(m_p{}^2c^4 + p^2c^2)^{\frac{1}{2}} + (m_e{}^2c^4 + p^2c^2)^{\frac{1}{2}} = m_n c^2$$

$m_pc^2 \approx 936\text{MeV}, m_nc^2 \approx 938\text{MeV}, m_ec^2 = 0.51\text{MeV}$

क्योंकि $n$ तथा $p$ के मध्य ऊर्जान्तर न्यून है, $pc$ का मान न्यून होगा। $pc << m_pc^2$, जबकि $pc$, $m_ec^2$ से अधिक हो सकती है।

$$\Rightarrow m_pc^2 + \frac{p^2c^2}{2m_p{}^2c^4} \simeq m_nc^2 - pc$$

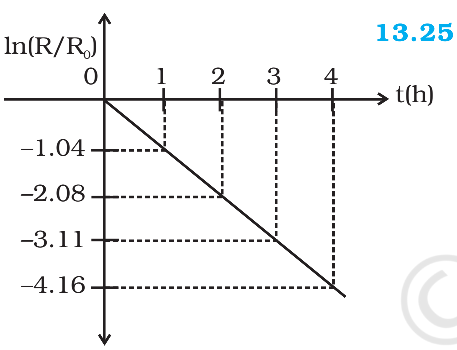
प्रथम क्रम तक $pc \simeq m_nc^2 - m_pc^2 = 938\text{MeV} - 936\text{MeV} = 2\text{MeV}$

इससे संवेग प्राप्त होता है।

तब,

$$E_p = (m_p{}^2c^4 + p^2c^2)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{936^2 + 2^2} \simeq 936\text{MeV}$$

$$E_e = (m_e{}^2c^4 + p^2c^2)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{(0.51)^2 + 2^2} \simeq 2.06\text{MeV}$$




**13.25** (i) $t_{1/2}$ = 40 मिनट (लगभग)

(ii) ग्राफ का ढाल = $-\lambda$

अतः $\lambda = -\left(\dfrac{-4.16+3.11}{1}\right) = 1.05\text{h}$

अतः $t_{1/2} = \dfrac{0.693}{1.05} = 0.66\text{h} = 39.6$ मिनट $or$ 40 मिनट (लगभग)

**13.26** (i) $S_{pSn} = (M_{119,70} + M_H - M_{120,70})c^2$

$= (118.9058 + 1.0078252 - 119.902199)c^2$

$= 0.0114362\ c^2$

$S_{pSb} = (M_{120,70} + M_H - M_{121,70})c^2$

$= (119.902199 + 1.0078252 - 120.903822)c_2$

$= 0.0059912\ c^2$

चूँकि $S_{pSn} > S_{pSb}$, Sn नाभिक, Sb नाभिक से अधिक स्थायी है।

(ii) यह नाभिक के लिए उसी प्रकार की कोशिय संरचना को प्रदर्शित करता है जैसा कि परमाणु में होता है। यह बंधन ऊर्जा तथा न्यूक्लान संख्या के बीच खिंचे वक्र में उपस्थित शिखरों की भी व्याख्या करता है।

# अध्याय 14

**14.1** (d)

**14.2** (b)

**14.3** (b)

**14.4** (d)

**14.5** (b)

**14.6** (c)

**14.7** (b)

**14.8** (c)

**14.9** (a), (c)

**14.10** (a), (c)

**14.11** (b), (c), (d)

**14.12** (b), (c)

**14.13** (a), (b), (d)

**14.14** (b), (d)

**14.15** (a), (c), (d)

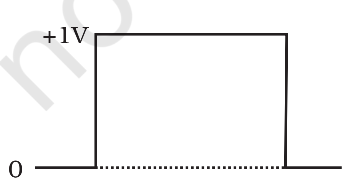
**14.16** (a), (d)

**14.17** मादित किए जाने वाले परमाणु का साइज ऐसा होना चाहिए कि यह शुद्ध अर्द्धचालक के क्रिस्टल जालक की संरचना को तो विकृत न करे परन्तु Si या Ge के साथ सह-संयोजी बंध सरलतापूर्वक निर्मित कर एक आवेश वाहक का योगदान कर सके।

**14.18** परमाणु साइज के अनुसार Sn के लिए ऊर्जा अन्तराल 0 eV, C के लिए 5.4 eV, Si के लिए 1.1 eV तथा Ge के लिए 0.7eV है।

**14.19** जी नहीं, क्योंकि संधि-प्रतिरोध की तुलना में वोल्टमीटर का प्रतिरोध अत्युच्च होना ही चाहिए, जबकि संधि प्रतिरोध लगभग अनन्त है।

**14.20**




**14.21** (i) $10 \times 20 \times 30 \times 10^{-3} = 6V$

(ii) यदि dc प्रदाय वोल्टता 5V है तो अधिकतम निर्गम $V_{cc}$ 5V से अधिक नहीं हो सकता। अत:, $V_0 = 5V$

**14.22** नहीं, आवर्धित निर्गम के लिए वांछित अतिरिक्त शक्ति DC स्रोत से प्राप्त होती है।

**14.23** (i) जेनर संधि डायोड तथा सौर सेल

(ii) जेनर भंजक वोल्टता

(iii) Q- लघु पथन धारा

P- खुले परिपथ की वोल्टता

**14.24** आपतित प्रकाश के फोटॉन की ऊर्जा

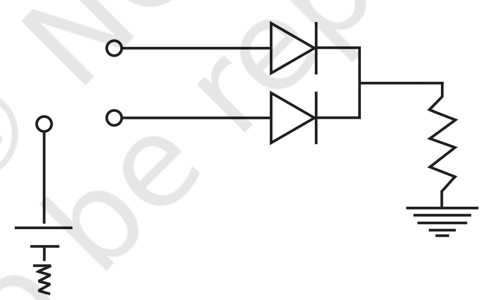
$$h\upsilon = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{6\times10^{-7}\times1.6\times10^{-19}} = 2.06eV$$

आपतित विकिरण, फोटोडायोड द्वारा संसूचित हो सके इसके लिए आपतित विकिरण फोटॉनों की ऊर्जा बैंड-अन्तराल से अधिक होनी चाहिए। यह शर्त केवल $D_2$ द्वारा पूरी होती है। अत: केवल $D_2$ ही इन विकिरणों को संसूचित करेगा।

**14.25** $$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_1}$$

यदि $R_1$ का मान बढ़ाया जाएगा तो $I_B$ का मान कम होगा। क्योंकि $I_c = \beta I_b$, परिणाम यह होगा कि $I_C$ भी कम हो जाएगा अर्थात एमीटर और वोल्टमीटर के पाठ्यांक कम हो जाएँगे।

**14.26**



OR द्वार का निर्गम नीचे दी गई सत्यमान सारणी के अनुसार होता है:

| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

**14.27**

| निवेश | निर्गत |
|---|---|
| A | A |
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

**14.28** तत्वीय अर्द्धचालकों के ऊर्जा-अन्तराल ऐसे होते हैं कि उत्सर्जन *IR* क्षेत्र में होता है।

**14.29** सत्यमान सारणी

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

AND द्वार

**14.30** $I_{Z\max} = \dfrac{P}{V_Z} = 0.2\text{A} = 200\,\text{mA}$

$$R_S = \frac{V_s - V_Z}{I_{Z\max}} = \frac{2}{0.2} = 10\,\Omega$$

**14.31** $I_3$ शून्य है क्योंकि इस शाखा में लगा डायोड पश्च-बायसित है। AB एवं EF में से प्रत्येक में प्रतिरोध $(125 + 25)\,\Omega = 150\,\Omega$ है।

क्योंकि AB एवं EF सर्वसम समान्तर शाखाएँ हैं, इनका प्रभावी प्रतिरोध है, $\dfrac{150}{2} = 75\Omega$

$\therefore$ परिपथ में कुल प्रतिरोध $= (75 + 25)\ \Omega = 100\,\Omega$

$\therefore$ धारा $I_1 = \dfrac{5}{100} = 0.05\text{A}$

क्योंकि AB और EF के प्रतिरोध बराबर हैं तथा $I_1 = I_2 + I_3 + I_4,\ I_5 = 0$

$$\therefore I_2 = I_4 = \frac{0.05}{2} = 0.025\text{A}$$

**14.32** क्योंकि $V_{be} = 0,\ R_b$ पर विभवपात 10V है।

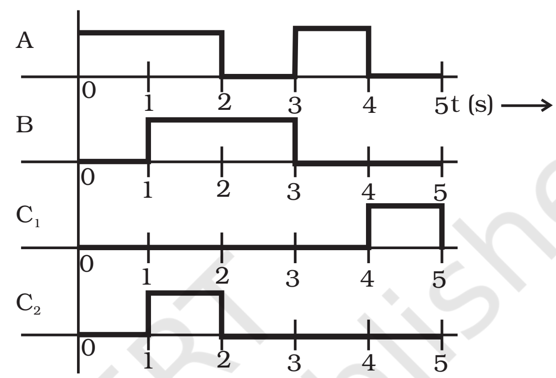
$$\therefore I_b = \frac{10}{400 \times 10^3} = 25\mu A$$

क्योंकि $V_{ce} = 0$, $R_c$, पर विभवपात $I_c R_c$ 10V.

$$\therefore I_c = \frac{10}{3\times10^3} = 3.33\times10^{-3} = 3.33mA\,.$$

$$\therefore \beta = \frac{I_c}{I_b} = \frac{3.33\times10^{-3}}{25\times10^{-6}} = 1.33\times10^2 = 133.$$

**14.33**




**14.34** निर्गम अभिलाक्षणिक वक्र के बिन्दु $Q$ पर, $V_{CE}$ = 8V & $I_C$ = 4mA

$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$

$$R_c = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C}$$

$$R_c = \frac{16-8}{4\times10^{-3}} = 2K\Omega$$

चूँकि

$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE}$

$$R_B = \frac{16-0.7}{30\times10^{-6}} = 510K\Omega$$

अब, $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{4\times10^{-3}}{30\times10^{-6}} = 133$

वोल्टता लब्धि $= A_V = -\beta \frac{R_C}{R_B}$

$$= -133\times\frac{2\times10^3}{510\times10^3}$$

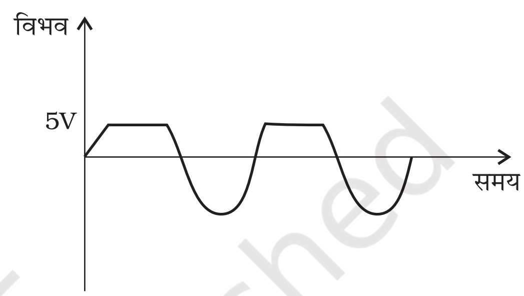
= 0.52

शक्ति लब्धि = $A_p$ = $\beta \times A_V$

$$= -\beta^2 \frac{R_C}{R_B}$$

$$= (133)^2 \times \frac{2\times10^3}{510\times10^3} = 69$$

**14.35** जब निवेशित वोल्टता 5V से अधिक होती है तो डायोड से धारा प्रवाहित होती है। जब निवेश 5V से कम होता है तो डायोड एक खुला परिपथ होता है।




**14.36** (i) '$n$' क्षेत्र में As के कारण $e^-$ की संख्या

$n_e$ = $N_D$ = 1 × $10^{-6}$ × 5 × $10^{28}$ परमाणु/$m^3$

$n_e$ = 5 × $10^{22}/m^3$

अल्पांश वाहकों (होलों) की संख्या

$$n_h = \frac{n_i^2}{n_e} = \frac{(1.5\times10^{16})^2}{5\times10^{22}} = \frac{2.25\times10^{32}}{5\times10^{22}}$$

$n_h$ = 0.45 × 10/$m^3$

इसी प्रकार जब बोरॉन का आरोपण किया जाता है, तो 'p' प्रकार निर्मित होता है। जिसमें होलों की संख्या

$n_h$ = $N_A$ = 200 × $10^{-6}$ × 5 × $10^{28}$

= 1 × $10^{25}/m^3$

यह उस $n$- प्रकार की परत में विद्यमान $e^-$ की संख्या की तुलना में बहुत अधिक है जिसमें बोरॉन विसरित किया गया था।

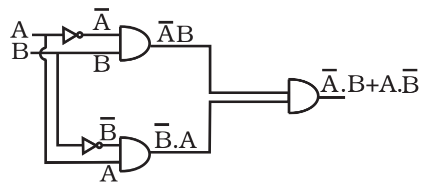
इस प्रकार निर्मित 'p' क्षेत्र में अल्पांश वाहकों की संख्या

$$n_e = \frac{n_i^2}{n_h} = \frac{2.25\times10^{32}}{1\times10^{25}}$$

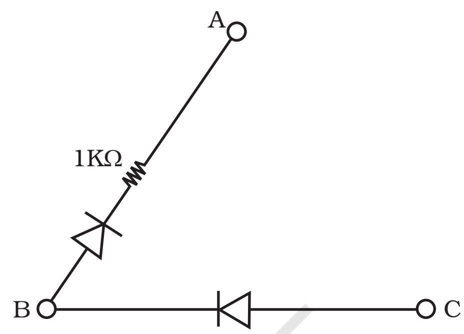
= 2.25 × $10^7/m^3$

(ii) अत: पश्च बायसित करने पर $n$- क्षेत्र में विद्यमान 0.45 × $10^{10}/m^3$ होल, p- क्षेत्र के 2.25 × $10^7/m^3$ अल्पांश $e^-$ की तुलना में पश्च संतृप्ति धारा के लिए अधिक योगदान करेंगे।

**14.37**




**14.38**




**14.39** $I_C \approx I_E \;\; \therefore \; I_C(R_C + R_E) + V_{CE} = 12$ V

$R_E = 9 - R_C = 1.2$ KΩ

$\therefore \; V_E = 1.2$ V

$V_B = V_E + V_{BE} = 1.7$ V

$$I = \frac{V_B}{20K} = 0.085\,\text{mA}$$

$$R_B = \frac{12-1.7}{I_C/\beta + 0.085} = \frac{10.3}{0.01+1.085} = 108\,\text{K}\Omega$$

**14.40** $I_E = I_C + I_B \qquad I_C = \beta\, I_B$ (1)

$I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E = V_{CC}$ (2)

$R I_B + V_{BE} + I_E R_E = V_{CC}$ (3)

समीकरण (3) से $I_e \approx I_C = \beta I_B$

$$(R + \beta R_E) = V_{CC} - V_{BE}, \quad I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R + \beta R_E} = \frac{11.5}{200}\,\text{mA}$$

समीकरण (2) से

$$R_C + R_E = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{\beta I_B} = \frac{2}{11.5}(12-3)\text{K}\Omega = 1.56\text{K}\Omega$$

$$R_C = 1.56 - 1 = 0.56\text{K}\Omega$$

## अध्याय 15

**15.1** (b)

**15.2** (a)

**15.3** (b)

**15.4** (a)

**15.5** (b)

**15.6** (c)

**15.7** (b)

**15.8** (b)

**15.9** (c)

**15.10** (a), (b), (d)

**15.11** (b), (d)

**15.12** (b), (c), (d)

**15.13** (a), (b), (c)

**15.14** (b), (d)

**15.15** (i) अनुरूप

(ii) अनुरूप

(iii) अंकीय

(iv) अंकीय

**15.16** नहीं, 30 MHz से अधिक आवृत्ति के सिग्नल, आयनमण्डल द्वारा परावर्तित नहीं होंगे बल्कि अंतर्वेधन करेंगे।

**15.17** अपवर्तनांक, आवृत्ति बढ़ने के साथ-साथ बढ़ता है जिसका अर्थ यह है कि उच्चतर आवृत्ति तरंगों के लिए अपवर्तन कोण कम होता है, अर्थात मुड़ना कम होता है। अत: पूर्ण आन्तरिक परावर्तन की दशा अधिक दूरी तय करने पर प्राप्त होती है।

**15.18** $A_c + A_m = 15,\ A_c - A_m = 3$

$\therefore\ 2A_c = 18,\ 2A_m = 12$

$$\therefore\ m = \frac{A_m}{A_c} = \frac{2}{3}$$

**15.19** $$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 1\text{MHz}$$

$$\sqrt{LC} = \frac{1}{2\pi \times 10^6}$$

**15.20** आयाम-माडुलन में, वाही तरंगों का तत्कालिक विभव माडुलक तरंग विभव द्वारा परिवर्तित होता है। सम्प्रेषण में नॉयज सिग्नल भी जुड़ सकते हैं और ग्राही, नॉयज को, माडुलेटिंग सिग्नल के एक भाग की भाँति व्यवहार करता है। परन्तु आवृत्ति माडुलन में, माडुलक विभव के तत्कालिक विभवानुसार वाही तरंग आवृत्ति परिवर्तित की जाती है। यह केवल मिश्रण/माडुलन स्तर पर किया जा सकता है, सिग्नल के चैनल मे संचरण के दौरान नहीं। अत: नॉयज आवृत्ति माडुलित सिग्नल को प्रभावित नहीं करती।

**15.21** संचरण पथ में हुई हानि

$= -2\text{ dB km}^{-1} \times 5\text{ km} = -10\text{ dB}$

प्रवर्धक का कुल लाभ = 10 dB + 20 dB

= 30 dB

सिगनल का सम्पूर्ण लाभ = 30 dB – 10 dB

= 20 dB

$10\log\left(\frac{P_o}{P_i}\right) = 12$ अथवा $P_o = P_i \times 10^2$

$= 1.01\text{ mW} \times 100 = 101\text{ mW}$

**15.22** (i) परास = $\sqrt{2 \times 6.4 \times 10^6 \times 20}$ = 16 km

आच्छादित क्षेत्रफल = $803.84\text{ km}^2$

(ii) परास = $\sqrt{2 \times 6.4 \times 10^6 \times 20} + \sqrt{2 \times 6.4 \times 10^6 \times 25}$

= (16 + 17.9) km = 33.9 km

आच्छादित क्षेत्रफल = $3608.52\text{ km}^2$

(iii) क्षेत्रफल में प्रतिशत वृद्धि

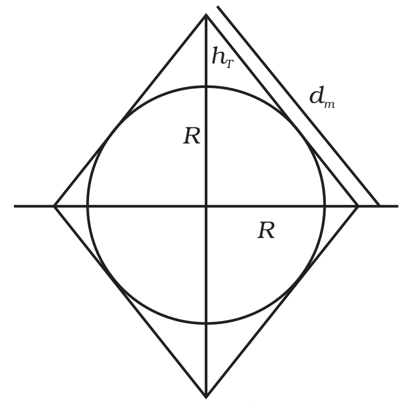
$$= \frac{(3608.52 - 803.84)}{803.84} \times 100$$

= 348.9%

**15.23** $d_m^2 = 2(R + h_T)^2$

$8Rh_T = 2(R+h_T)^2 \qquad (\because dm = 2\sqrt{2Rh_T})$

$$4Rh_T = R^2 + h_T{}^2 + 2Rh_T$$




$(R - h_T)^2 = 0$

$R = h_T$

क्योंकि केवल आकाश तरंग आवृत्ति प्रयुक्त हुई है $1 << h_T$ अत: केवल मीनार की ऊँचाई का विचार करें।

त्रिविमीय आकाश में, 6 एन्टेना-मीनार प्रयुक्त होंगे। $h_T = R$

**15.24** $F_1$ परत के लिए

$5 \times 10^6 = 9(N_{max})^{1/2}$ or $N_{max} = \left(\frac{5}{9}\times10^6\right)^2 = 3.086 \times 10^{11}\ m^{-3}$

$F_2$ परत के लिए

$8 \times 10^6 = 9\ (N_{max})^{1/2}$ or

$N_{max} = \left(\frac{8}{9}\times10^6\right) = 7.9\times10^{11}m^{-3} = 7.9 \times 10^{11}\ m^{-3}$

**15.25** $\omega_c - \omega_m$, $\omega_c$ एवं $\omega_m + \omega_m$ में से केवल $\omega_c + \omega_m$ या $\omega_c - \omega_m$ में सूचना निहित है। अत: $\omega_c + \omega_m$, तथा $\omega_c - \omega_m$, दोनों को सम्प्रेषित करके लागत कम की जा सकती है। $\omega_c + \omega_m$ व $\omega_c - \omega_m$

**15.26** (i) $\frac{I}{I_o} = \frac{1}{4}$, अत: $\ln\left(\frac{1}{4}\right) = -\alpha x$

अथवा $\ln 4 = \alpha x$ अथवा $x = \left(\frac{\ln 4}{\alpha}\right)$

(ii) $10\log_{10}\frac{I}{I_o} = -\alpha x$ जहाँ 'a' मे क्षीणन है dB/km

यहाँ $\frac{I}{I_o} = \frac{1}{2}$

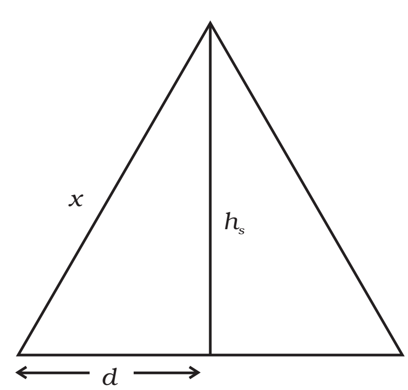
अथवा $10\log\frac{1}{2} = -50\alpha$ अथवा $\log 2 = 5\alpha$

अथवा $\alpha = \frac{\log 2}{5} = \frac{0.3010}{5} = 0.0602 dB/km$

**15.27** $\frac{2x}{\text{समय}} =$ वेग

$2x = 3 \times 10^8\ m/s \times 4.04 \times 10^{-3}s$

$x = \frac{12.12 \times 10^5}{2} m$



$x = 6.06 \times 10^5\text{m} = 606 \text{ km}$

$$d^2 = x^2 - h_s^2 = (606)^2 - (600)^2$$

$$= 7236;\ d = 85.06 \text{ km}$$

स्रोत तथा ग्राही के मध्य दूरी

$$= 2\text{d} \cong 170 \text{ km}$$

$$d_m = 2\sqrt{2Rh_T}$$

$$2d = d_m$$

$$4d^2 = 8\ Rh_T$$

$$\frac{d^2}{2R} = h_T = \frac{7236}{2\times 6400} \approx 0.565 \text{ km}$$

$$h_T = 565\text{m}$$

**15.28** चित्र से,

$$V_{max} = \frac{100}{2} = 50\text{V},\ V_{min} = \frac{20}{2} = 10 \text{ V}$$

(i) प्रतिशत माडुलन

$$\mu(\%) = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}} \times 100 = \left(\frac{50-10}{50+10}\right)\times 100 = \frac{40}{60}\times 100 = 66.67\%$$

(ii) शीर्ष वाही विभव $V_c = \dfrac{V_{\max} + V_{\min}}{2}$

$$= \frac{50+10}{2} = 30\text{V}$$

(iii) शीर्ष सूचना विभव = $V_m = \mu V_c$

$$= \frac{2}{3}\times 30 = 20\text{V}$$

**15.29** (i) $v(t) = A(A_{m_1}\sin\omega_{m_1}t + A_{m_2}\sin\omega_{m_2}t + A_c\sin\omega_c t)$

$$+ B(A_{m_1}\sin\omega_{m_1}t + A_{m_2}\sin\omega_{m_2}t + A_c\sin\omega_c t)^2$$

$$= A(A_{m_1}\sin\omega_{m_1}t + A_{m_2}\sin\omega_{m_2}t + A_c\sin\omega_c t)$$

$$+ B((A_{m_1}\sin\omega_{m_1}t + A_{m_2}t)^2 + A_c^2\sin^2\omega_c t$$

$$+ 2A_c(A_{m_1}\sin\omega_{m1}t + A_{m_2}\sin\omega_c t)$$

$$= A(A_1 \sin\omega_{m_1} t + A_{m_2} \sin\omega_{m_2} t + A_c \sin\omega_c t)$$
$$+B[A_{m_1}^{\,2} \sin^2 \omega_{m_1} t + A_{m_2}^{\,2} sin^2 \omega_{m_2} t + 2A_{m_1} A_{m_2} \sin\omega_{m_1} t \sin\omega_{m_2} t$$
$$+A_c^2 \sin^2 \omega_c t + 2A_c (A_{m_1} sin \omega_{m_1} t \sin\omega_c t + A_{m_2} \sin\omega_{m_2} + \sin\omega_c t]$$

$$= A(A_{m_1} \sin\omega_{m_1} t + A_{m_2} \sin\omega_{m_2} t + A_c \sin\omega_c t)$$
$$+B[A_{m1}^{\,2} \sin^2 \omega_{m_1} t + A_{m_2}^{\,2} sin^2 \omega_{m_2} t + A_c^2 \sin^2 \omega_c t$$
$$+\frac{\cancel{2} A_{m_1} A_{m_2}}{\cancel{2}} [\cos(\omega_{m_2} - \omega_{m_1})t - \cos(\omega_{m_1} + \omega_{m_2})t]$$

$$+\frac{\cancel{2} A_c A_{m_2}}{\cancel{2}} [\cos(\omega_c - \omega_{m_1})t - \cos(\omega_c + \omega_{m_1})t]$$

$$+\frac{\cancel{2} A_c A_{m_1}}{\cancel{2}} [\cos(\omega_c - \omega_{m_2})t - \cos(\omega_c + \omega_{m_2})t]$$

$\therefore$ विद्यमान आवृत्तियाँ

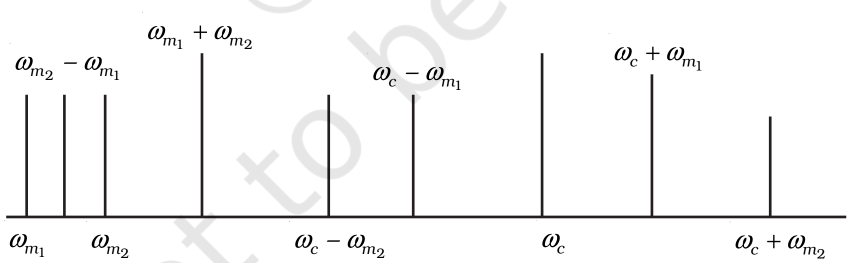
$\omega_{m_1}, \omega_{m_2}, \omega_c$

$(\omega_{m_2} - \omega_{m_1}), (\omega_{m_1} + \omega_{m_2})$

$(\omega_c - \omega_{m_1}), (\omega_c + \omega_{m_1})$

$(\omega_c - \omega_{m_2}), (\omega_c - \omega_{m_2})$

(i) आयाम का $\omega$ के साथ वक्र चित्र में दर्शाया गया है।




(ii) जैसा कि देखा जा सकता है कि आवृत्ति स्पेक्ट्रम $\omega_c$ पर सममित नही है। $\omega < \omega_c$ पर स्पेक्ट्रम का संघनन विद्यमान है।

(iii) अधिक माडुलन सिग्नल के जुड़ने पर $\omega < \omega_c$ में अधिक संघनन होता है और सिग्नल के मिश्रित होने की सम्भावना बढ़ जाती है।

(iv) अधिक सिग्नलों को सम्मिलित करने के लिए बैण्ड चौड़ाई तथा $\omega_c$ बढ़ानी चाहिए। यह प्रदर्शित करता है कि बड़ी वाही आवृत्ति अधिक सूचना (अधिक $\omega_m$) का वहन कर सकती है और जो परिणामत: बैण्ड चौड़ाई को बढ़ाएगा।

**15.30** $f_m = 1.5\text{kHz},\ \dfrac{1}{f_m} = 0.7\times10^{-3}\ \text{s}$

$$f_c = 20\text{MHz},\ \frac{1}{f_c} = 0.5\times10^{-7}\ \text{s}$$

(i) $RC = 10^3 \times 10^{-8} = 10^{-5}\ \text{s}$

अत: $\dfrac{1}{f_c} << RC < \dfrac{1}{f_m}$ संतुष्ट होता है

अत: यह विमाडुलित हो सकती है।

(ii) $RC = 10^4 \times 10^{-8} = 10^{-4}\ \text{s}$

यहाँ $\dfrac{1}{f_c} << RC < \dfrac{1}{f_m}$

अत: यह भी विमाडुलित हो सकती है।

(iii) $RC = 104 \times 10^{-12} = 10^{-8}\ \text{s}$

यहाँ $\dfrac{1}{f_c} > RC$, अत: यह विमाडुलित नहीं हो सकती।