લિબર્ટી પેપરસેટ

ધોરણ 12 : ભૌતિક વિજ્ઞાન

Full Solution

સમય : 3 કલાક

અસાઈનમેન્ટ પ્રશ્નપત્ર 5

Part A

1. (D) **2.** (B) **3.** (C) **4.** (D) **5.** (B) **6.** (B) **7.** (A) **8.** (D) **9.** (B) **10.** (C) **11.** (A) **12.** (D) **13.** (B) **14.** (C) **15.** (A) **16.** (B) **17.** (A) **18.** (D) **19.** (D) **20.** (D) **21.** (D) **22.** (B) **23.** (D) **24.** (D) **25.** (A) **26.** (C) **27.** (B) **28.** (D) **29.** (D) **30.** (C) **31.** (D) **32.** (A) **33.** (C) **34.** (A) **35.** (D) **36.** (B) **37.** (B) **38.** (D) **39.** (A) **40.** (B) **41.** (B) **42.** (D) **43.** (C) **44.** (D) **45.** (B) **46.** (C) **47.** (B) **48.** (D) **49.** (B) **50.** (D)

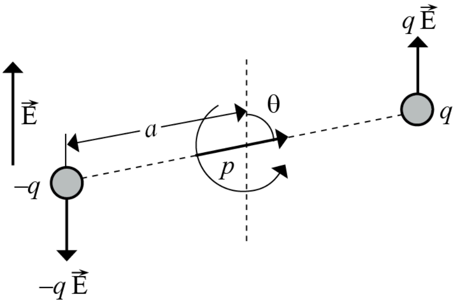
Liberty

Part A

➢ **નીચે આપેલા પ્રશ્નોના માગ્યા મુજબ ઉત્તર આપો : (દરેક પ્રશ્નના ૨ ગુણ)**

1.

➥ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર વિદ્યુત ડાયપોલને સમાન વિદ્યુતક્ષેત્રમાં θ માપના ખૂણે ગોઠવવામાં આવે છે.



➥ વિદ્યુતક્ષેત્ર $\vec{E}$ માં $+q$ વિદ્યુતભાર પર લાગતું બળ

$\vec{F}_+ = q\vec{E}$

➥ $-q$ વિદ્યુતભાર પર લાગતું બળ $\vec{F}_- = -q\vec{E}$

➥ આ બંને બળો સમાન મૂલ્યના અને પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં છે, તેથી વિદ્યુત ડાયપોલ પર લાગતું પરિણામી બાહ્યબળ શૂન્ય થાય છે.

➥ પરંતુ આ બંને બળની કાર્યરેખા એકબીજા પર સંપાત થતી નથી, તેથી તેઓ (બંને બળ) બળ યુગ્મની રચના કરે છે, જેના લીધે વિદ્યુત ડાયપોલ પર ટોર્ક લાગે છે.

➥ વિદ્યુત ડાયપોલ પર લાગતું ટોર્ક = એક બળનું મૂલ્ય × બે બળો વચ્ચેનું લંબ અંતર

$\therefore \tau = qE \times 2a \sin\theta$

$\therefore \tau = PE \sin\theta \; (\because P = 2aq)$

➥ સદિશ સ્વરૂપ $\vec{\tau} = \vec{P} \times \vec{E}$

➥ ખાસ કિસ્સા :

(i) વિદ્યુત ડાયપોલ મોમેન્ટ અને વિદ્યુતક્ષેત્ર બંને એક જ દિશામાં હોય. ($\vec{E} \parallel \vec{P}$)

$\therefore \theta = 0$

$\therefore \tau = 0$

(ii) વિદ્યુત ડાયપોલ મોમેન્ટ અને વિદ્યુતક્ષેત્ર બંને લંબ છે. ($\vec{E} \perp \vec{P}$)

$\therefore \theta = \frac{\pi}{2}$

$\therefore \tau = PE \sin\frac{\pi}{2}$

$\therefore \tau = PE$ (મહત્તમ)

(iii) વિદ્યુત ડાયપોલ મોમેન્ટ અને વિદ્યુતક્ષેત્ર પ્રતિ સમાંતર ગોઠવાયેલ હોય

$\therefore \theta = \pi \; (180°)$

$\therefore \tau = PE \sin\pi$

$\therefore \tau = 0$

2.

(a) બે વિદ્યુતભારો વચ્ચેનું અંતર કેટલું હશે ?

(b) બીજા ગોળા પર પ્રથમ ગોળાને લીધે લાગતું બળ કેટલું હશે ?

➥ $q_1 = 0.4 \propto C = 4 \times 10^{-7}$ C F = 0.2 N

$q_2 = 0.8 \propto C = 8 \times 10^{-7}$ C (મૂલ્ય)

F = 0.2 N

(a) બે વિદ્યુતભારો વચ્ચેનું અંતર (r)

$F = \frac{kq_1 q_2}{r^2}$ પરથી,

$r^2 = \frac{kq_1 q_2}{F}$

$r^2 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-7} \times 8 \times 10^{-7}}{0.2}$

$\therefore r^2 = 144 \times 10^{-4}$

$\therefore r = 12 \times 10^{-2}$ m

$\therefore r = 12$ cm

(b) બીજા ગોળા પર પ્રથમ ગોળાને લીધે લાગતું બળ કેટલું હશે?

➥ ન્યૂટનના ગતિના ત્રીજા નિયમ પરથી બંને ગોળા એકબીજા પર સમાન મૂલ્યનું અને વિરુદ્ધ દિશામાંનું બળ લગાડે છે. એટલે કે, બીજા ગોળા પર પ્રથમ ગોળાને લીધે લાગતું બળ 0.2 N (આકર્ષણ) થાય.

3.

➥ કિર્ચોફ્ના બંને નિયમનાં વિધાન નીચે મુજબ છે :

(1) જંક્શનનો નિયમ : "કોઈ પણ જંક્શન આગળ દાખલ થતાં પ્રવાહોનો સરવાળો જંક્શનની બહાર નીકળતા (દૂર જતાં) પ્રવાહોના સરવાળા બરાબર હોય છે."

(2) લૂપ (બંધગાળા)નો નિયમ : "અવરોધો અને વિદ્યુતકોષો ધરાવતાં કોઈ પણ બંધગાળામાં વિદ્યુતસ્થિતિમાનના ફેરફારનો બૈજિક સરવાળો શૂન્ય હોય છે."

➥ કિર્ચોફ્ના જંક્શનના નિયમને વિદ્યુતભાર સંરક્ષણના નિયમ તરીકે અને કિર્ચોફ્ના લૂપના નિયમને ઊર્જા સંરક્ષણના નિયમ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

4.

➥ હાઈડ્રોજન પરમાણુમાં ઇલેક્ટ્રોનની કુલ ઊર્જા $-13.6\ eV$ છે.

$E = -13.6\ eV$

$= -13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}$

$= -2.2 \times 10^{-18}$ J

➥ પરંતુ કુલ ઊર્જા $E = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r}$

$-2.2 \times 10^{-18} = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r}$

$r = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 (2.2 \times 10^{-18})}$

$r = \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2 \times 9 \times 10^9}{2 \times (2.2 \times 10^{-18})}$

$\therefore r = 5.3 \times 10^{-11}$ m

➥ હાઈડ્રોજન પરમાણુમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોન પર કેન્દ્રગામી બળ લાગે છે. જે ઇલેક્ટ્રોનનું કુલંબ બળ પૂરું પાડે છે.

➥ કેન્દ્રગામી બળ = કુલંબ બળ

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2}$$

$$v^2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{mr}$$

$$v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mr}}$$

$$v = \frac{1.6\times10^{-19}}{\sqrt{4\times3.14\times8.85\times10^{-12}\times9.1\times10^{-31}\times5.3\times10^{-11}}}$$

$$v = 2.2\times10^6 \text{ m/s}$$

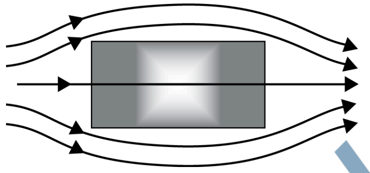
5.

➥ ડાયામેગ્નેટિઝમની સરળ સમજૂતી :

➥ પરમાણુમાં ન્યુક્લિયસની આસપાસ કક્ષીય ભ્રમણ કરતાં ઇલેક્ટ્રોન કક્ષીય કોણીય વેગમાન ધરાવે છે. કક્ષામાં ભ્રમણ કરતાં આ ઇલેક્ટ્રોન વિદ્યુતપ્રવાહ ધારિત ગૂંચળાને સમતુલ્ય છે, તેથી તે કક્ષીય ચુંબકીય ચાકમાત્રા ધરાવે છે.

➥ ડાયામેગ્નેટિક પદાર્થ એવા છે કે, જેમના માટે પરમાણુમાં પરિણામી ચુંબકીય ચાકમાત્રા શૂન્ય હોય છે. કારણ કે, ચુંબકીયક્ષેત્રની હાજરીમાં જે ઇલેક્ટ્રોનની ચુંબકીય ચાકમાત્રા ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશામાં હોય તે ધીમા પડે છે અને જે ઇલેક્ટ્રોનની ચુંબકીય ચાકમાત્રા વિરુદ્ધ દિશામાં હોય તેની ઝડપમાં વધારો થાય છે. આવું લેન્ઝના નિયમ અનુસાર પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહના કારણે થાય છે.

➥ આમ, આ પદાર્થમાં ચુંબકીયક્ષેત્રની વિરુદ્ધ દિશામાં પરિણામી ચુંબકીય ચાકમાત્રા ઉત્પન્ન થાય છે, તેથી તે અપાકર્ષણ અનુભવે છે, જે ડાયામેગ્નેટિઝમની સરળ સમજૂતી છે.



➥ આકૃતિમાં સમાન ચુંબકીયક્ષેત્રમાં મૂકેલો ડાયામેગ્નેટિક પદાર્થ દર્શાવેલ છે. તેમાં ક્ષેત્રરેખાઓ અપાકર્ષાય છે. એટલે કે, બહાર તરફ ધકેલાય છે અને પદાર્થમાં ક્ષેત્રની તીવ્રતા ઘટે છે. આ ઘટાડો 10^5 માં એક ભાગ જેટલો થોડોક જ હોય છે.

➥ જો ડાયામેગ્નેટિક પદાર્થને અસમાન ચુંબકીયક્ષેત્રમાં મૂકવામાં આવે તો પ્રબળથી નબળા ક્ષેત્ર તરફ પરિણામી બળ અનુભવે છે. એટલે કે, તે અપાકર્ષણ અનુભવે છે.

➥ ઉદા. બિસ્મથ, કોપર, લેડ (સીસુ), સિલિકોન, નાઇટ્રોજન, પાણી અને સોડિયમ ક્લોરાઇડ, વગેરે.

➥ ડાયામેગ્નેટિક પદાર્થ માટે χ (ચુંબકીય સસેપ્ટિબિલિટી) નું મૂલ્ય ઋણ મળે છે. $(-1 \le \chi < 0)$

6.

➥ અલગ કરેલ વાહક ગૂંચળામાંથી પસાર થતાં વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર કરવામાં આવે છે ત્યારે તેની સાથે સંકળાયેલ ચુંબકીય ફ્લક્સમાં ફેરફાર થાય છે. પરિણામે ગૂંચળામાં પ્રેરિત *emf* ઉદ્ભવે છે. આ ઘટનાને આત્મપ્રેરણ કહે છે.

➥ અહીં, પ્રેરિત *emf* ને આત્મપ્રેરિત *emf* પણ કહે છે.

➥ અલગ કરેલા N આંટા ધરાવતાં ગૂંચળામાંથી ધારો કે, I વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે.

➥ ગૂંચળા સાથે સંકળાયેલ કુલ ચુંબકીય ફ્લક્સ,

$$N\varphi_B \propto I$$

$$\therefore N\varphi_B = L\,I \;.....\; (1)$$

➥ સમીકરણ (1) માં સપ્રમાણતાના અચળાંક L ને ગૂંચળાનું આત્મપ્રેરકત્વ કહે છે.

➥ સમય સાથે પ્રવાહમાં ફેરફાર કરતાં સંકળાયેલ ચુંબકીય ફ્લક્સ બદલાય છે, પરિણામે પ્રેરિત *emf* ઉદ્ભવે છે.

$$\therefore N\frac{d\phi_B}{dt} = L\frac{dI}{dt} \;.....\; (2)$$

➥ ફેરેડેના નિયમ મુજબ,

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt} \quad ..... (3)$$

સમીકરણ (2) અને (3) પરથી,

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt} \quad ..... (4)$$

સમીકરણ (4) આત્મપ્રેરિત *emf* નું સૂત્ર છે.

7.

➥ V = 220 V

$\nu = 50$ Hz

$L = 44$ mH $= 44 \times 10^{-3}$ H

➥ પરિપથમાંથી વહેતા પ્રવાહનું rms મૂલ્ય,

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{\omega L} = \frac{V}{2\pi\nu L}$$

$$\therefore I = \frac{220}{2 \times 3.14 \times 50 \times 44 \times 10^{-3}}$$

$\therefore I = 15.92$ A

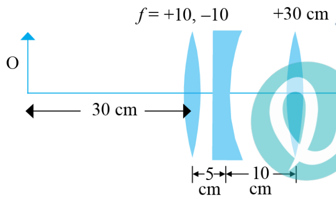
8.

➥ પ્રથમ લેન્સ માટે,

$u_1 = -30$ cm

$f = 10$ cm

$\upsilon_1 = ?$



Liberty

➥ લેન્સના સૂત્ર પરથી,

➥ પ્રથમ લેન્સ દ્વારા મળતું પ્રતિબિંબ,

$$\frac{1}{\upsilon_1} - \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{1}{\upsilon_1} = \frac{1}{f} + \frac{1}{u_1}$$

$$\therefore \frac{1}{\upsilon_1} = \frac{1}{10} - \frac{1}{30}$$

$$\therefore \frac{1}{\upsilon_1} = \frac{3-1}{30}$$

$\therefore \upsilon_1 = 15$ cm

➥ પ્રથમ લેન્સ વડે રચાતું પ્રતિબિંબ બીજા લેન્સ માટે વસ્તુ તરીકે વર્તે છે.

➥ બીજા લેન્સ માટે વસ્તુ-અંતર = 15 – 5

$u_2 = 10$ cm

➥ લેન્સના સૂત્ર પરથી,

$$\frac{1}{\upsilon_2} - \frac{1}{u_2} = \frac{1}{f_2}$$

$$\therefore \frac{1}{\upsilon_2} - \frac{1}{10} = -\frac{1}{10}$$

$$\therefore \frac{1}{\upsilon_2} = 0$$

$\therefore \upsilon_2 = \infty$ (અનંત)

➡ આ પ્રતિબિંબ ત્રીજા લેન્સ માટે વસ્તુ તરીકે વર્તે છે, પરિણામે ત્રીજા લેન્સ માટે વસ્તુ-અંતર અનંત થાય છે. જેથી પ્રતિબિંબ ત્રીજા લેન્સની જમણી બાજુએ તેના મુખ્ય કેન્દ્ર પર, એટલે કે ત્રીજા લેન્સથી જમણી તરફ 30 cm દૂર મળશે.

9.

➡

	વ્યતિકરણ ભાત	વિવર્તનભાત
(1)	વ્યતિકરણ ભાતમાં જોવા મળતી બધી જ શલાકાની તીવ્રતા એકસમાન હોય છે.	વિવર્તનભાતમાં મધ્યસ્થ અધિકતમની તીવ્રતા સૌથી વધુ અને ત્યારબાદ ક્રમશઃ આવતી શલાકાની તીવ્રતા ઘટે છે.
(2)	વ્યતિકરણ ભાતમાં બધી જ શલાકાઓની પહોળાઇ એકસમાન હોય છે.	વિવર્તનભાતમાં મધ્યસ્થ અધિકતમની પહોળાઇ સૌથી વધુ અને ત્યારબાદ ક્રમશઃ આવતી શલાકાની પહોળાઇ ઘટતી જાય છે.
(3)	બે સાંકડી સ્લિટમાંથી ઉદ્‌ભવેલા બે તરંગોના સંપાતીકરણની મદદથી વ્યતિકરણ ભાત મળે છે.	એક સ્લિટના દરેક બિંદુ આગળથી ઉદ્‌ભવતા તરંગોની સતત હારમાળાના સંપાતીકરણને કારણે વિવર્તનભાત મળે છે.
(4)	સહાયક વ્યતિકરણ રચતા બિંદુ પાસે કળાતફાવત $\pm 2n\pi$ (જ્યાં, $n = 0, 1, 2, ...$) હોય છે. જ્યારે વિનાશક વ્યતિકરણ રચનાબિંદુ પાસે કળાતફાવત $\pm (2n + 1)\pi$ (જ્યાં $n = 0, 1, 2, 3, ...$)	મધ્યસ્થ અધિકતમ માટે $\theta \approx 0$ ગૌણ અધિકતમ પાસે કળા તફાવત $\left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{a}$ જ્યાં $n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, ...$ ગૌણ ન્યુનતમ પાસે કળા તફાવત $\frac{n\lambda}{a}$ જ્યાં $n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, ...$

10.

➡ (i) વિકિરણની દ્રવ્ય સાથેની આંતરક્રિયા દરમિયાન, વિકિરણ જાણે કણ હોય તેમ વર્તે છે, જેને ફોટોન કહે છે.

➡ (ii) દરેક ફોટોનની ઊર્જા $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ છે. દરેક ફોટોનનું વેગમાન, $p = \frac{h\nu}{c}$ છે.

➡ (iii) જો કોઈ વિકિરણની આવૃત્તિ ν અને તરંગલંબાઈ λ અચળ હોય, તો તેની ઊર્જા $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ અને વેગમાન $p = \frac{h\nu}{c}$ અચળ રહે છે.

➠ જો વિકિરણની તીવ્રતામાં ફેરફાર કરવામાં આવે, તો એકમ સમયમાં ઉત્સર્જાતા (કે આપાત થતા) ફોટોનની સંખ્યામાં ફેરફાર થાય છે, પણ ઊર્જા અચળ જ રહે છે.

➡ (iv) ફોટોન વિદ્યુતની દૃષ્ટિએ તટસ્થ છે અને તેના પર વિદ્યુત કે ચુંબકીય ક્ષેત્રની અસર થતી નથી.

➡ (v) ફોટોન-કણ સંઘાત (અથડામણ) દરમિયાન ઊર્જા અને વેગમાનનું સંરક્ષણ થાય છે, પણ આ દરમિયાન ફોટોનની સંખ્યાનું સંરક્ષણ ન પણ થાય.

➠ સંઘાત દરમિયાન ફોટોનની સંખ્યામાં ઘટાડો થઈ શકે જેમ કે, ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઉત્સર્જનમાં ફોટોનની સંખ્યા ઘટે છે અને ઇલેક્ટ્રોનનું ઉત્સર્જન થાય છે.

➠ સંઘાત દરમિયાન ફોટોનની સંખ્યામાં વધારો પણ થઈ શકે. જેમ કે, વધુ ઊર્જા ધરાવતા ઇલેક્ટ્રોનને Mo (મોલિબ્ડેનમ) જેવી ધાતુ પર આપાત કરતાં તેમાંથી ક્ષ-કિરણો (ફોટોન્સ) ઉત્સર્જાય છે.

Liberty

11.

➥ સૌપ્રથમ રધરફર્ડ એ પરમાણુના ન્યુક્લિયસની કલ્પના કરી હતી. આ માટે તેમણે પાતળા સોનાના વરખ વડે થતાં α-કણોના પ્રકીર્ણનનો પ્રયોગ કર્યો હતો.

➥ તેમના પ્રયોગોએ દર્શાવ્યું કે, 5.5 MeVની ગતિઊર્જા ધરાવતાં α-કણોનું, સોનાના ન્યુક્લિયસથી નજીકતમ અંતર લગભગ 4.0×10^{-14} m છે. આ પરથી રધરફર્ડે સૂચવ્યું કે, ન્યુક્લિયસનું વાસ્તવિક પરિમાણ 4.0×10^{-14} m કરતાં ઓછું હોવું જોઈએ.

➥ જો α-કણની ઊર્જા 5.5 MeV કરતા વધારવામાં આવે તો સોનાના ન્યુક્લિયસથી નજીકતમ અંતર હજી નાનું થાય છે.

➥ α-કણોને બદલે ઝડપી ઇલેક્ટ્રોનને પ્રક્ષિપ્ત કણ તરીકે લઈ પ્રકીર્ણનના પ્રયોગો કરતાં, વિવિધ તત્ત્વોના ન્યુક્લિયસના પરિમાણ ચોકસાઈપૂર્વક માપી શકાય છે. ન્યુક્લિયસની ત્રિજ્યા અને પરમાણુદળાંક વચ્ચેનો સંબંધ

$R = R_0 A^{1/3}$ ... (1)

જ્યાં, $R_0 = 1.2\, fm$ (= 1.2 *fm*; $1\, fm = 10^{-15}$ m)

➥ આમ, ન્યુક્લિયસ કદ જે R^3 ને સમપ્રમાણમાં છે, તે A ના સમપ્રમાણમાં છે. બધા ન્યુક્લિયસ માટે ન્યુક્લિયસની ઘનતા અચળ છે, જે A (પરમાણુદળાંક) પર આધારિત નથી.

➥ જુદા જુદા ન્યુક્લિયસો અચળ ઘનતા ધરાવતાં પ્રવાહીના બુંદ જેવા છે.

➥ ન્યુક્લિયર દ્રવ્યની ઘનતા લગભગ 2.3×10^{17} kg m^3 છે. આ ઘનતા સામાન્ય દ્રવ્યની ઘનતા દા.ત. પાણીની ઘનતા 10^3 kg/m^{-3} કરતાં 2.3×10^{14} ગણી મોટી છે.

➥ ન્યુક્લિયસની ઘનતા પ્રબળ હોવાથી સમગ્ર દળ ન્યુક્લિયસમાં કેન્દ્રિત થયેલું હોય છે. પરિણામે પરમાણુ મહદ્અંશે પોલા હોય છે.

12.

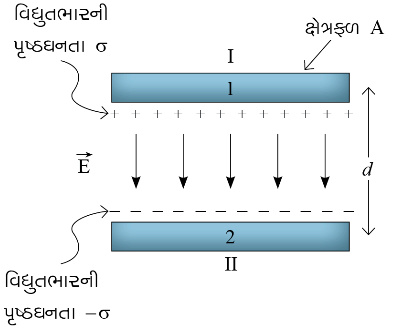
➥

ફોરવર્ડ બાયસ	રિવર્સ બાયસ
p-n જંક્શનના *p* - પ્રકારના અર્ધવાહકને બેટરીના ધન છેડા સાથે અને *n*-પ્રકારના અર્ધવાહકને બેટરીના ઋણ છેડા સાથે જોડવામાં આવે છે. આ જોડાણને ફોરવર્ડ બાયસ જોડાણ કહે છે.	*p-n* જંક્શનના *p* - પ્રકારના અર્ધવાહકને બેટરીના ઋણ છેડા સાથે અને *n*-પ્રકારના અર્ધવાહકને બેટરીના ધન છેડા સાથે જોડવામાં આવે છે. આ જોડાણને રિવર્સ બાયસ જોડાણ કહે છે.
ફોરવર્ડ બાયસમાં મળતો વિદ્યુતપ્રવાહ મેજોરિટી ચાર્જ કેરિયરના લીધે હોય છે.	રિવર્સ બાયસમાં મળતો વિદ્યુતપ્રવાહ માઇનોરિટી ચાર્જ કેરિયરના લીધે હોય છે.
ફોરવર્ડ બાયસમાં મળતો વિદ્યુતપ્રવાહ *m*A ના ક્રમનો હોય છે.	રિવર્સ બાયસમાં મળતો વિદ્યુતપ્રવાહ μA ના ક્રમનો હોય છે.
ડાયોડને ફોરવર્ડ બાયસમાં જોડતાં ડિપ્લેશન સ્તરની પહોળાઈ અને બેરિયર પોટેન્શિયલની ઊંચાઈ ઘટે છે.	ડાયોડને રિવર્સ બાયસ આપતાં ડિપ્લેશન સ્તરની પહોળાઈ અને બેરિયર પોટેન્શિયલની ઊંચાઈ વધે છે.
ડાયોડનો ફોરવર્ડ બાયસ અવરોધ 10 Ω થી 100 Ω ની વચ્ચે હોય છે.	ડાયોડનો રિવર્સ બાયસ અવરોધ 10 MΩ ના ક્રમનો હોય છે.

વિભાગ B

➢ **નીચે આપેલા પ્રશ્નોના માગ્યા મુજબ ઉત્તર આપો : (દરેક પ્રશ્નના 3 ગુણ)**

13.

➥ 

➥ એકબીજાથી થોડા અંતરે રહેલી બે મોટી સમતલ સમાંતર વાહક પ્લેટોના બનેલા કેપેસિટરને સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટર કહે છે.

➥ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર બે પ્લેટને એકબીજાની સમાંતર ગોઠવવામાં આવે છે. દરેક પ્લેટનું ક્ષેત્રફળ A અને બે પ્લેટ વચ્ચેનું લંબઅંતર d છે. તેમના પરનો વિદ્યુતભાર અનુક્રમે Q અને – Q છે.

➥ બંને પ્લેટ પર વિદ્યુતભારની પૃષ્ઠઘનતા અનુક્રમે $\sigma\left(=\frac{Q}{A}\right)$ અને – σ છે.

➥ અહીં બે પ્લેટ વચ્ચેનું અંતર એ પ્લેટોના ક્ષેત્રફળની સરખામણીમાં ઘણું જ ઓછું છે. ($d^2 << A$) પરિણામે બે પ્લેટો વચ્ચે વિદ્યુતક્ષેત્ર નિયમિત ગણી શકાય (જેથી પ્લેટ વડે ઉદ્‌ભવતું વિદ્યુતક્ષેત્ર મેળવવા માટે $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ સૂત્ર વાપરી શકાય.)

➥ પ્લેટ I ના ઉપરના ભાગમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$E' = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 0$$

➥ પ્લેટ II ના નીચેના ભાગમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$E'' = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 0$$

➥ બે પ્લેટ વચ્ચેના વિસ્તારમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$\therefore E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$\therefore E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$\therefore E = \frac{Q}{\varepsilon_0 A} \quad .... (1) \quad \left(\because \sigma = \frac{Q}{A}\right)$$

➥ આ વિદ્યુતક્ષેત્રની દિશા ધન પ્લેટથી ઋણ પ્લેટ તરફની છે. આ વિદ્યુતક્ષેત્ર બે પ્લેટની વચ્ચેના વિસ્તાર પૂરતું મર્યાદિત અને એ સમગ્ર વિસ્તારમાં એકસમાન છે.

યાદ રાખો

> સીમિત ક્ષેત્રફળની પ્લેટો માટે આ બાબત પ્લેટોની બહારની સીમાઓ આગળ સત્ય રહેતી નથી. કિનારીઓ પાસે ક્ષેત્રરેખાઓ બહાર તરફ વળે છે. આ ઘટનાને Fringing of the Field કહે છે. આ જ લક્ષણથી σ સમગ્ર પ્લેટ પર એકસમાન નથી. આમ છતાં, $d^2 << A$ માટે કિનારીઓથી પૂરતા દૂરના વિસ્તારો માટે આ અસરો અવગણી શકાય છે.

➥ સમાન વિદ્યુતક્ષેત્ર માટે, બે પ્લેટ વચ્ચે વિદ્યુત સ્થિતિમાનનો તફાવત

$$V = Ed$$

➥ સમીકરણ (1) પરથી E નું મૂલ્ય મૂકતાં,

$$V = \frac{Qd}{\varepsilon_0 A} \quad .... (2)$$

➥ હવે, કેપેસિટન્સ $C = \frac{Q}{V}$

$$\therefore C = \frac{Q}{\frac{Qd}{\varepsilon_0 A}}$$ (સમીકરણ (2) પરથી)

$$\therefore C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

- ➥ જે સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટર માટે કેપેસિટન્સનું સૂત્ર છે.
- ➥ સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ પ્લેટના પરિમાણ પર અને બે પ્લેટ વચ્ચેના માધ્યમ પર આધાર રાખે છે.

14.

➥ ઓરડાના તાપમાને તારનો અવરોધ,

$$R_1 = \frac{V}{I_1} = \frac{230}{4.6} = 50\ \Omega$$

$V = 230\ V$

$I_1 = 4.6\ A$

$I_2 = 2.3\ A$

$T_1 = 27\ ^\circ C$

$T_2 = ?$

$\alpha = 1.70 \times 10^{-4}\ ^\circ C^{-1}$

➥ સ્થાયી તાપમાને તારનો અવરોધ,

$$R_2 = \frac{V}{I_2} = \frac{230}{2.3} = 100\ \Omega$$

➥ અવરોધ અને તાપમાન વચ્ચેનો સંબંધ,

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

$$\therefore 100 = 50\,[1 + 1.70 \times 10^{-4}(T_2 - 27)]$$

$$\therefore \frac{100}{50} = 1 + 1.70 \times 10^{-4}(T_2 - 27)$$

$$\therefore 2 - 1 = 1.70 \times 10^{-4}(T_2 - 27)$$

$$\therefore \frac{1}{1.70 \times 10^{-4}} = T_2 - 27$$

$$\therefore \frac{5882}{1.70} = T_2 - 27$$

$$\therefore 5882 = T_2 - 27$$

$$\therefore T_2 = 5882 + 27$$

$$\therefore T_2 = 5909\ ^\circ C$$

Liberty

15.

10 cm લંબાઈના વિભાગ પર લાગતું બળ શોધો.

➥ $d = 4 \times 10^{-2}$ m $\quad l = 10$ cm

$I_A = 8.0$ A $\quad = 0.1$ m

$I_B = 5.0$ A

➥ તાર B વડે તાર A ના 10 cm લંબાઈના વિભાગ પર લાગતું બળ

$$\therefore F = \frac{\mu_0 I_A I_B l}{2\pi d}$$

$$\therefore F = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8 \times 5 \times 0.1}{2\pi \times 4 \times 10^{-2}}$$

$$\therefore F = 2 \times 10^{-5} \text{ N}$$

16.

➥ $r = 8$ cm

$r = 8 \times 10^{-2}$ m

$N = 20$

$B = 3 \times 10^{-2}$ T

$W = 50$ rad/s

$R = 10\ \Omega$

➥ ગુંચળામાં પ્રેરીત મહત્તમ emf

$$\therefore V_m = NAWB = N(\pi r^2) WB$$

$$= 20 (3.14 \times 64 \times 10^{-4})\ 50 \times 3 \times 10^{-2}$$

$$\therefore V_m = 0.6 \text{ V}$$

➥ ગુંચળામાં પ્રેરીત સરેરાશ emf

$$\langle V \rangle = \langle V_m \sin wt \rangle$$

$$\therefore \langle V \rangle = V_m \langle \sin wt \rangle$$

પરંતુ $\langle \sin wt \rangle = 0$

$$\therefore \langle V \rangle = 0$$

➥ પ્રવાહનું મહત્તમ મુલ્ય

$$I_m = \frac{V_m}{R} = \frac{0.6}{10}$$

$= 0.06$ A

17.

(a) $R_1 = 10$ cm $\quad R_2 = -15$ cm

$f = 12$ cm $\quad n_1 = 1$ (હવા માટે)

$n_2 = (?)$

➥ લેન્સમેકરના સમીકરણ પરથી,

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1}\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{12} = \frac{(n_2 - 1)}{1}\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{15}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{12} = (n_2 - 1)\left(\frac{3 + 2}{30}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{12} = (n_2 - 1)\left(\frac{5}{30}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{12} = (n_2 - 1)\left(\frac{1}{6}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{2} = n_2 - 1$$

$$\therefore n_2 = 1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2} \text{ or } (1.5)$$

➡ આમ, લેન્સના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક 1.5 જેટલો હશે.

➥ (b) $f_a = 20$ cm , $f_w = ?$

$n_a = 1, n_w = 1.33, n_g = 1.5$

➡ જ્યારે લેન્સ હવામાં હોય ત્યારે,

$$\frac{1}{f_a} = \left(\frac{n_g - n_a}{n_a}\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \quad \text{... (1)}$$

➡ જ્યારે લેન્સ પાણીમાં હોય ત્યારે,

$$\frac{1}{f_w} = \left(\frac{n_g - n_w}{n_w}\right)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \quad \text{... (2)}$$

➡ સમીકરણ (1) અને (2) નો ગુણોત્તર લેતાં,

$$\frac{f_w}{f_a} = \left(\frac{n_g - n_a}{n_a}\right)\left(\frac{n_w}{n_g - n_w}\right)$$

$$\therefore \frac{f_w}{20} = \left(\frac{1.5 - 1}{1}\right)\left(\frac{1.33}{1.5 - 1.33}\right)$$

$$\therefore \frac{f_w}{20} = (0.5)\left(\frac{1.33}{0.17}\right)$$

$$\therefore f_w = 78.23 \text{ cm}$$

18.

➥ $d = 0.1$ mm

D = 100 cm = 1m

(a) $\lambda = 6000$ Å

n = 3 (અપ્રકાશિત શલાકા)

➥ વિનાશક વ્યક્તિકરણ માટે પથતફાવત $= (n + \frac{1}{2})\lambda$

પરંતુ પથતફાવત $= \frac{xd}{D}$

$$\therefore \frac{xd}{D} = (n + \frac{1}{2})\lambda$$

$$\therefore \frac{x \times 0.1 \times 10^{-3}}{1} = \left(3 + \frac{1}{2}\right) 6000 \times 10^{-10}$$

$$\therefore x = \frac{7 \times 6000 \times 10^{-10}}{2 \times 0.1 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore x = 21000 \times 10^{-6}$$

$$\therefore x = 2.1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$x = 2.1 \text{ cm}$$

(b) $\lambda_1 = 6000$ Å

$\lambda_2 = 4000$ Å

➥ ધારો કે λ_1 અને λ_2 તરંગલંબાઈ માટે અનુક્રમે n_1 અને n_2માં ક્રમની પ્રકાશીત શલાકા એકબીજા પર સંપાત થાય છે.

➥ શલાકા એકબીજા પર સંપાત થતી હોવાથી પથતફાવત સંપાત મળે છે.

$$n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$$\therefore \frac{n_1}{n_2} = \frac{4000 \times 10^{-10}}{6000 \times 10^{-10}}$$

$$\therefore \frac{n_1}{n_2} = \frac{2}{3}$$

➥ આમ $n_1 = 2$ અને $n_2 = 3$ મળે છે.

➥ ધારો કે આ બંને શલાકા ઓ મધ્યસ્થ અધિકત્તમથી x અંતરે ભેગા થાય છે.

$$\therefore \frac{xd}{D} = n_1 \lambda_1$$

$$\therefore x = \frac{n_1 \lambda_1 D}{d}$$

$$\therefore x = \frac{2 \times 6000 \times 10^{-10} \times 1}{0.1 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore x = 12000 \times 10^{-6}$$

$$\therefore x = 1.2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$= 1.2 \text{ cm}$$

19.

➥ પ્રારંભમાં પ્લેટ C ની સાપેક્ષે પ્લેટ A ને ધન સ્થિતિમાને રાખી તથા આપાત પ્રકાશ આવૃત્તિ (v) અને તીવ્રતા (I_1) અચળ રાખી C પ્લેટને પ્રકાશ વડે પ્રકાશિત કરવામાં આવે છે.

➥ A ના ધન સ્થિતિમાનના કારણે ઉત્સર્જિત થયેલા ફોટોઇલેક્ટ્રોનમાંથી અમુક ઇલેક્ટ્રોન આકર્ષાય છે અને પરિપથમાં ફોટોપ્રવાહ રચે છે.

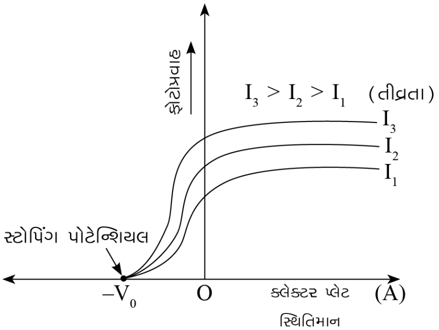
➥ હવે જો A ના ધન સ્થિતિમાનનું મૂલ્ય વધારવામાં આવે તો વધુ ને વધુ ઉત્સર્જિત ઇલેક્ટ્રોન A તરફ આકર્ષાય છે અને વધુને વધુ ફોટોપ્રવાહ રચે છે. આમ, ફોટોપ્રવાહમાં વિદ્યુતસ્થિતિમાન સાથે વધારો થાય છે.

➥ અમુક સમય બાદ પ્લેટ C માંથી ઉત્સર્જાયેલા બધા જ ઇલેક્ટ્રોન A પ્લેટ વડે આકર્ષાય છે અને પરિપથમાં મહત્તમ ફોટોપ્રવાહ રચે છે. પ્રવાહનું આ મૂલ્ય સંતૃપ્ત છે, એટલે કે હવે વિદ્યુતસ્થિતિમાનમાં વધારો કરવાથી ફોટોપ્રવાહમાં વધારો થતો નથી. આ મહત્તમ ફોટોપ્રવાહને સંતૃપ્ત ફોટો-પ્રવાહ (Saturation Current) કહેવામાં આવે છે.

➥ સ્ટોપિંગ પોટેન્શિયલ :

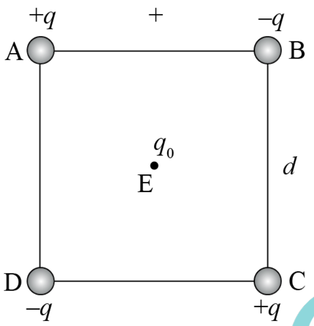
- હવે પ્લેટ A ને પ્લેટ C ની સાપેક્ષે ઋણ વિદ્યુતભારિત કરવામાં આવે છે.
- આમ કરવાથી C માંથી ઉત્સર્જાયેલ ઇલેક્ટ્રોન A વડે અપાકર્ષાશે, માટે જે ઇલેક્ટ્રોન પાસે A ના અપાકર્ષણને પહોંચી વળે તેટલી ઊર્જા હોય તે જ ઇલેક્ટ્રોન A પર પહોંચી પરિપથમાં પ્રવાહ રચશે, માટે ફોટોપ્રવાહમાં ઘટાડો થશે.
- હવે જો A ના ઋણ સ્થિતિમાનનું મૂલ્ય વધારવામાં આવે એટલે કે તેને વધુ ઋણ બનાવવામાં આવે, તો વધુ ને વધુ ઇલેક્ટ્રોન અપાકર્ષાશે અને A પર આવતા ઇલેક્ટ્રોનની સંખ્યામાં ઘટાડો થતો જશે, જેથી ફોટોપ્રવાહમાં પણ ઝડપથી ઘટાડો થતો જશે.
- “A ના ઋણ સ્થિતિમાનના કોઈ લઘુતમ મૂલ્ય માટે A પર આવતા બધા જ ઇલેક્ટ્રોન રોકાઈ જશે, એટલે કે પરિપથમાં વહેતો ફોટોપ્રવાહ શૂન્ય થઈ જશે – બંધ થઈ જશે. A ના આ લઘુતમ ઋણ મૂલ્યને સ્ટોપિંગ પોટેન્શિયલ અથવા કટ-ઓફ વોલ્ટેજ કહે છે.”
- C માંથી ઉત્સર્જાતા દરેક ઇલેક્ટ્રોનની ઊર્જા (ગતિઊર્જા) ભિન્ન હોય છે, માટે જો A પ્લેટના અપાકર્ષણ વડે મહત્તમ ગતિઊર્જા ધરાવતા ઇલેક્ટ્રોનને રોકી દેવામાં આવે, તો બધા જ ઇલેક્ટ્રોન રોકાઈ જાય અને પરિપથમાં ફોટોપ્રવાહ બંધ થઈ જાય.
- ધારો કે, ઇલેક્ટ્રોનની મહત્તમ ગતિઊર્જા K_{max} છે.
- આ ઇલેક્ટ્રોનને રોકવા માટે A ના અપાકર્ષણ વડે અપાતી ઊર્જા $= eV_0$
- આમ, જો $K_{max} = eV_0$ થાય તો ફોટોપ્રવાહ બંધ થાય.
- અહીં વોલ્ટેજ V_0 એ સ્ટોપિંગ પોટેન્શિયલ કે કટ-ઓફ વોલ્ટેજ થશે.

Liberty



- હવે આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ અચળ રાખી તેની તીવ્રતામાં વધારો કરી (એટલે કે તીવ્રતા I_2 અને પછી I_3 કરી જ્યાં, $I_3 > I_2 > I_1$) ફોટોપ્રવાહ વિરુદ્ધ કલેક્ટર પ્લેટ સ્થિતિમાનનો આલેખ બનાવી શકાય.
- આ આલેખ પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે, પ્રકાશની તીવ્રતા વધારતા મહત્તમ સંતૃપ્ત ફોટોપ્રવાહના મૂલ્યમાં વધારો થાય છે, માટે $I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$ પ્રમાણે 1 sec માં ઉત્સર્જાતા ઇલેક્ટ્રોનની સંખ્યા $\left(\frac{n}{t}\right)$ માં વધારો થાય છે, પણ સ્ટોપિંગ પોટેન્શિયલના મૂલ્યમાં વધારો કે ઘટાડો થતો નથી, માટે $K_{max} = eV_0$ પરથી કહી શકાય કે, ઉત્સર્જાતા ફોટોઇલેક્ટ્રોનની મહત્તમ ગતિઉર્જા પ્રકાશની તીવ્રતા પર આધારિત નથી.

20.



- (a) અહીં કરવામાં આવતું કાર્ય માત્ર વિદ્યુતભારોની અંતિમ ગોઠવણી પર જ આધાર રાખે છે.
- અહીં આપણે ચારેય વિદ્યુતભાર $+q$, $-q$, $+q$ અને $-q$ વિદ્યુતભારને વારાફરતી શિરોબિંદુ A, B, C અને D પર લાવેલા વિચારીશું.

(i) $+q$ વિદ્યુતભારને A બિંદુ સુધી લાવવા માટેનું કાર્ય શૂન્ય છે. કારણ કે, બીજો કોઈ વિદ્યુતભાર હાજર નથી. $\therefore W_1 = 0$

(ii) A પર $+q$ વિદ્યુતભાર હાજર હોય ત્યારે B પર $-q$ વિદ્યુતભારને લાવવા માટે જરૂરી કાર્ય

W_2 = (B પરનો વિદ્યુતભાર) × (A પરના વિદ્યુતભારના લીધે B આગળ વિદ્યુત સ્થિતિમાન)

$$\therefore W_2 = -q\left(\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 d}\right)$$

$$\therefore W_2 = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{d}$$

(iii) A પર $+q$ વિદ્યુતભાર હોય, B પર $-q$ વિદ્યુતભાર હોય ત્યારે $+q$ ને C લાવવા માટે જરૂરી કાર્ય

W_3 = (C પરનો વિદ્યુતભાર) × (A અને B પરના વિદ્યુતભારોને લીધે C આગળ વિદ્યુત સ્થિતિમાન)

$$\therefore W_3 = q\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{\sqrt{2}\,d} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{d}\right)$$

$$\therefore W_3 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 1\right)$$

(iv) A પર $+q$, B પર $-q$ અને C પર $+q$ વિદ્યુતભાર હાજર હોય ત્યારે $-q$ ને D પર લાવવા માટે જરૂરી કાર્ય

W_4 = (D પરનો વિદ્યુતભાર) × (A, B અને C પરના વિદ્યુતભારોને લીધે D આગળ સ્થિતિમાન)

$$W_4 = -q\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{d} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{\sqrt{2}\,d} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{d}\right)$$

$$\therefore W_4 = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} + 1\right)$$

$$\therefore W_4 = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(2 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

- કુલ કાર્ય

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

$$\therefore W = 0 - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d} + \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 1\right) - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(2 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

$$\therefore W = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(-1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - 1 - 2 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

$$\therefore W = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(\frac{2}{\sqrt{2}} - 4\right)$$

$$\therefore W = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(\sqrt{2} - 4\right)$$

$$\therefore W = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(4 - \sqrt{2}\right)$$

- આ કાર્ય માત્ર વિદ્યુતભારોની ગોઠવણી પર આધારિત છે. તેમને કેવી રીતે એકઠા કર્યા તેના પર નહિ.

- (b) q_0 વિદ્યુતભારને બિંદુ E (ચોરસનું કેન્દ્ર) પર લાવવા માટે જરૂરી કાર્ય $W_E = q_0 \cdot V_E$

- જ્યાં, V_E બિંદુ E પાસેનું કુલ વિદ્યુત સ્થિતિમાન

$$V_E = V_{EA} + V_{EB} + V_{EC} + V_{ED}$$

$$\therefore V_E = \frac{kq}{r} - \frac{kq}{r} + \frac{kq}{r} - \frac{kq}{r}$$ (જ્યાં r ચોરસના શિરોબિંદુથી ચોરસના કેન્દ્રસુધીનું અંતર છે.)

$$\therefore V_E = 0$$

- ચોરસના કેન્દ્ર પાસે વિદ્યુત સ્થિતિમાન શૂન્ય હોવાથી,

  $W_E = q_0 V_E$ સૂત્ર પરથી, $W_E = 0$ મળે.

- આમ, કોઈ પણ વિદ્યુતભારને E પર લાવવા માટે કોઈ કાર્ય જરૂરી નથી.

  અથવા

  (a) આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ, ચાર વિદ્યુતભારોને ABCD ના શિરોબિંદુ પર ગોઠવવા માટે થતું કુલ કાર્ય એ આપેલ તંત્રની કુલ વિદ્યુત સ્થિતિઊર્જા જેટલું હોય છે.

- કુલ કાર્ય

$$W = U_{AB} + U_{AC} + U_{AD} + U_{BC} + U_{BD} + U_{CD}$$

$$\therefore W = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{(q)(-q)}{d} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{(q)(q)}{\sqrt{2}\,d} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{(q)(-q)}{d} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{(-q)(q)}{d}$$
$$+ \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{(-q)(-q)}{\sqrt{2}\,d} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{(q)(-q)}{d}$$

$$\therefore W = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left[-1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - 1 - 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - 1\right]$$

$$\therefore W = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(-4 + \frac{2}{\sqrt{2}}\right)$$

$\therefore W = -\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}(4 - \sqrt{2})$

(b) વિભાગ-b ઉપર પ્રમાણે તૈયાર કરવો.

21.

➥ ધરા અવસ્થામાં હાઈડ્રોજન પરમાણુની

કુલ ઊર્જા $= -13.6\ eV$

➥ 12.5 eV ઊર્જાની કિરણાવલી આપાત કરતાં હાઈડ્રોજન પરમાણુની કુલ ઊર્જા $= -13.6 + 12.5 = -1.1\ eV$

$E_n = 1.1\ eV$

$E_n = -\dfrac{13.6}{n^2}\ eV$ પરથી

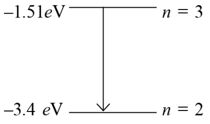
$n^2 = -\dfrac{13.6}{E_n}\ eV$

$n^2 = -\dfrac{13.6}{-1.1}$

$n^2 = 12.35$

$n = 3.51$

➥ nનું પૂર્ણાંક મૂલ્ય $n = 3$ મળે એટલે કે ઇલેક્ટ્રોન $n = 3$ કક્ષામાં ઉત્તેજિત થાય છે.

(i)


$\Rightarrow n = 3$માંથી $n = 2$માં ઇલેક્ટ્રોન સંક્રાતિ કરે ત્યારે બામર શ્રેણીની તરંગલંબાઈ ઉત્સર્જિત થાય છે.

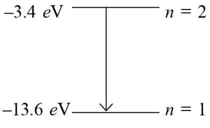
$E_3 - E_2 = \dfrac{hc}{\lambda_{32}}$

$\lambda_{32} = \dfrac{hc}{E_3 - E_2}$

$= \dfrac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{[(-1.51) - (-3.4)] \times 1.6 \times 10^{-19}}$

$\lambda_{32} = 6.58 \times 10^{-7}\ m$

$= 658\ nm$

(ii)


$\Rightarrow n = 2$માંથી $n = 1$માં ઇલેક્ટ્રોન સંક્રાતિ કરે ત્યારે લાઈમન શ્રેણીની તરંગલંબાઈ ઉત્સર્જિત થાય છે.

$E_2 - E_1 = \dfrac{hc}{\lambda_{21}}$

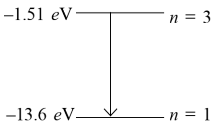
$\lambda_{21} = \dfrac{hc}{E_2 - E_1}$

$= \dfrac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{[(-3.4) - (-13.6)] \times 1.6 \times 10^{-19}}$

$\lambda_{21} = 1.22 \times 10^{-7}\ m$

$\lambda_{21} = 1.22\ nm$

(iii)



⇒ $n = 3$માંથી $n = 1$માં ઇલેક્ટ્રોન સંક્રાતિ કરે ત્યારે લાઇમન શ્રેણીની તરંગલંબાઈનું ઉત્સર્જન થાય છે.

$$E_3 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_{31}}$$

$$\lambda_{31} = \frac{hc}{E_3 - E_1}$$

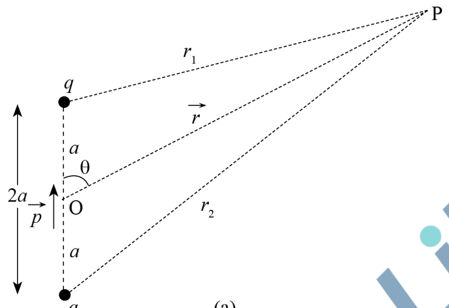
$$= \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{[(-1.51)-(-13.6)] \times 1.6 \times 10^{-19}}$$

$$\lambda_{31} = 1.03 \times 10^{-7}\ m = 103\ nm$$

વિભાગ C

➢ **નીચે આપેલા પ્રશ્નોના માગ્યા મુજબ ઉત્તર આપો : (દરેક પ્રશ્નના ૪ ગુણ)**

22.

➥ 

(a)

➥ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર વિદ્યુત ડાયપોલના મધ્યબિંદુ O થી r અંતરે અને θ માપના કોણે બિંદુ P આપેલ છે. આ બિંદુ P પાસે વિદ્યુત સ્થિતિમાન મેળવવું છે.

➥ $+q$ વિદ્યુતભારના લીધે બિંદુ P પાસે વિદ્યુત સ્થિતિમાન

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r_1}$$

➥ $-q$ વિદ્યુતભારના લીધે બિંદુ p પાસે વિદ્યુત સ્થિતિમાન

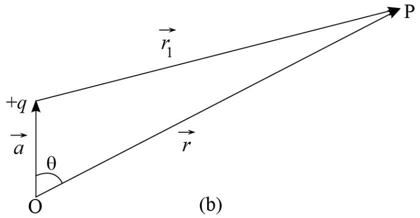
$$V_2 = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r_2}$$

➥ સંપાતપણાના સિદ્ધાંત અનુસાર P બિંદુ પાસે કુલ વિદ્યુત સ્થિતિમાન

$$V = V_1 + V_2$$

$$\therefore V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r_1} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r_2}$$

$$\therefore V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \quad .....(1)$$



(b)

- આકૃતિ પરથી ઉગમબિંદુ O ની સાપેક્ષે P બિંદુનો સ્થાનસદિશ $\vec{r}$ છે. $+q$ વિદ્યુતભારની સાપેક્ષે P બિંદુનો સ્થાનસદિશ $\vec{r}_1$ અને $-q$ વિદ્યુતભારની સાપેક્ષે P બિંદુનો સ્થાનસદિશ $\vec{r}_2$ છે.
- આકૃતિ (b) પરથી,

$$\vec{r} = \vec{a} + \vec{r}_1$$

$$\therefore \vec{r}_1 = \vec{r} - \vec{a}$$

$\therefore r_1^2 = r^2 + a^2 - 2ra\cos\theta$ (θ એ $\vec{r}$ અને $\vec{a}$ વચ્ચેનો ખૂણો છે.)

$$\therefore r_1^2 = r^2\left(1 + \frac{a^2}{r^2} - \frac{2a\cos\theta}{r}\right)$$

- પરંતુ $r >> a$ માટે $\frac{a^2}{r^2}$ નું મૂલ્ય ઘણું જ નાનું મળે છે.

પરિણામે તેને સમીકરણમાંથી અવગણી શકાય છે.

$$\therefore r_1^2 = r^2\left(1 - \frac{2a\cos\theta}{r}\right)$$

$$\therefore r_1 = r\left(1 - \frac{2a\cos\theta}{r}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \frac{1}{r_1} = \frac{1}{r}\left(1 - \frac{2a\cos\theta}{r}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

- દ્વિપદી પ્રમેય અનુસાર વિસ્તરણ આપતાં,

$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r} > 1 - \left(-\frac{1}{2}\right)\frac{2a\cos\theta}{r} + \frac{2a\cos\theta}{r}$ ના એકથી વધુ ઘાતવાળાં પદH

- પરંતુ $\frac{2a\cos\theta}{r}$ ના એકથી વધુ ઘાતવાળાં પદ અતિ નાના હોવાથી તેને અવગણતાં,

$$\therefore \frac{1}{r_1} = \frac{1}{r}\left(1 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2a\cos\theta}{r}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{r_1} = \frac{1}{r}\left(1 + \frac{a\cos\theta}{r}\right) \quad ..... (2)$$

- આવી જ રીતે, $\frac{1}{r_2} = \frac{1}{r}\left(1 - \frac{a\cos\theta}{r}\right)$ ..... (3)

મેળવી શકાય છે.

- સમીકરણ (2) અને સમીકરણ (3) ની કિંમત સમીકરણ (1) માં મૂકતાં,

$$\therefore V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r}\left(1 + \frac{a\cos\theta}{r}\right) - \frac{1}{r}\left(1 - \frac{a\cos\theta}{r}\right)\right]$$

$$\therefore V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}\left[1 + \frac{a\cos\theta}{r} - 1 + \frac{a\cos\theta}{r}\right]$$

$$\therefore V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}\cdot\frac{2a\cos\theta}{r}$$

$$\therefore V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{p\cos\theta}{r^2} \quad ..... (4)$$

($\because p = 2aq$ વિદ્યુત ડાયપોલ મોમેન્ટ)

$$\therefore V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\vec{p} \cdot \hat{r}}{r^2} \quad (r >> a) \text{ ..... (5)}$$

(જ્યાં, $\hat{r}$ સ્થાનસદિશ $\overrightarrow{OP}$ ની દિશામાંનો એકમ સદિશ છે.)

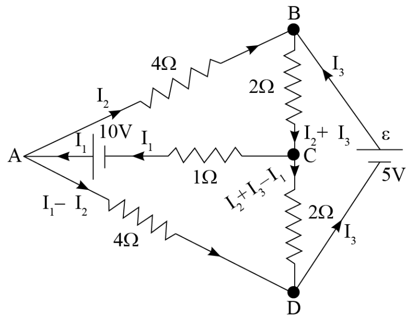
અથવા

$$\therefore V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^3}$$

➥ સમીકરણ (4) અને (5) ડાયપોલના સ્થિતિમાનનું સૂત્ર દર્શાવે છે.

23.

➥



યાદ રાખો

અહીં નેટવર્કની દરેક શાખામાંથી અજ્ઞાત વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે. આ અજ્ઞાતની સંખ્યા જેમ ઓછી રહે તે રીતે પ્રવાહનું વિભાજન દર્શાવવામાં આવે છે.

➥ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ, અહીં ત્રણ અજ્ઞાત પ્રવાહો છે. આ પ્રવાહ અને તેનું વિભાજન આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે.

➥ બંધગાળા ADCA પર કિર્ચોફનો બીજો નિયમ લાગુ પાડતાં,

$- 4 (I_1 - I_2) + 2 (I_2 + I_3 - I_1) - 1(I_1) + 10 = 0$

$\therefore - 4I_1 + 4I_2 + 2I_2 + 2I_3 - 2I_1 - I_1 = - 10$

$\therefore -7I_1 + 6I_2 + 2I_3 = -10$

$\therefore 7I_1 - 6I_2 - 2I_3 = 10$ ..... (1)

➥ બંધગાળા ABCA પર કિર્ચોફનો લૂપનો નિયમ લાગુ પાડતાં,

$- 4I_2 - 2(I_2 + I_3) - 1(I_1) + 10 = 0$

$\therefore - 4I_2 - 2I_2 - 2I_3 - I_1 = - 10$

$\therefore - I_1 - 6I_2 - 2I_3 = -10$

$\therefore I_1 + 6I_2 + 2I_3 = 10$ ..... (2)

➥ બંધગાળા BCDεB પર કિર્ચોફનો લૂપનો નિયમ લાગુ પાડતાં,

$-2(I_2 + I_3) - 2(I_2 + I_3 - I_1) + 5 = 0$

$\therefore -2I_2 - 2I_3 - 2I_2 - 2I_3 + 2I_1 = -5$

$\therefore 2I_1 - 4I_2 - 4I_3 = -5$

$\therefore I_1 - 2I_2 - 2I_3 = -2.5$ ..... (3)

➥ સમીકરણ (1) અને સમીકરણ (2) નો સરવાળો કરતાં,

$\therefore 7I_1 - 6I_2 - 2I_3 = 10$

$I_1 + 6I_2 + 2I_3 = 10$

➥ $8I_1 = 20$

$\therefore I_1 = \frac{20}{8} = 2.5$ A ..... (4)

➥ સમીકરણ (2) અને સમીકરણ (3) નો સરવાળો કરતાં,

$\therefore I_1 + 6I_2 + 2I_3 = 10$

$I_1 - 2I_2 - 2I_3 = -2.5$

➥ $2I_1 + 4I_2 = 7.5$

$\therefore 2(2.5) + 4I_2 = 7.5$

$\therefore 4I_2 = 7.5 - 5$

$\therefore I_2 = \frac{2.5}{4}$

$\therefore I_2 = \frac{25}{40} = \frac{5}{8}$ A ..... (5)

➥ I_1 અને I_2 નું મૂલ્ય સમીકરણ (2) માં મૂકતાં,

[(I_1 અને I_2 નું મૂલ્ય સમીકરણ (1), (2) અને (3) માંથી ગમે તે સમીકરણમાં મૂકી શકાય છે.)]

$\therefore 2.5 + 6\left(\frac{5}{8}\right) + 2I_3 = 10$

$\therefore 2I_3 = 10 - 2.5 - \frac{30}{8}$

$\therefore 2I_3 = 7.5 - \frac{30}{8}$

$\therefore 2I_3 = \frac{60 - 30}{8}$

$\therefore I_3 = \frac{30}{16} = \frac{15}{8}$ A

➥ AB શાખામાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ $I_2 = \frac{5}{8}$ A

AC શાખામાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ $I_1 = 2.5$ A

AD શાખામાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ $I_1 - I_2 = \frac{5}{2} - \frac{5}{8} = \frac{20 - 5}{8} = \frac{15}{8}$ A

➥ B ε D શાખામાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ,

$I_3 = \frac{15}{8}$ A

➥ BC શાખામાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ,

$I_2 + I_3 = \frac{5}{8} + \frac{15}{8} = \frac{20}{8} = \frac{5}{2}$ A

➥ CD શાખામાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ

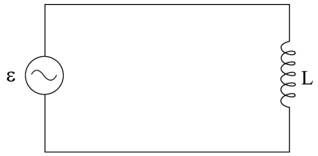
$I_2 + I_3 - I_1 = \frac{5}{8} + \frac{15}{8} - \frac{5}{2}$

$= \frac{5 + 15 - 20}{8}$

$= 0$ A

24.

➥



- આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ શુદ્ધ ઇન્ડક્ટરને AC પ્રાપ્તિસ્થાન સાથે જોડવામાં આવે છે. (શુદ્ધ ઇન્ડક્ટર એટલે જે ઇન્ડક્ટરનો ઓહમીક અવરોધ અવગણ્ય રીતે નાનો હોય.)
- AC પ્રાપ્તિસ્થાનનો વોલ્ટેજ $\upsilon = \upsilon_m \sin \omega t$ ..... (1)
- આકૃતિમાં દર્શાવેલ બંધ પરિપથમાં કિર્ચોફનો લૂપનો નિયમ લગાડતાં,

$$\upsilon - L\frac{di}{dt} = 0 \text{ ..... (2)}$$

- સમીકરણ (2) પરથી,

$$\therefore V = L\frac{di}{dt}$$

$$\therefore \upsilon_m \sin \omega t = L\frac{di}{dt}$$

$$\therefore \frac{di}{dt} = \frac{\upsilon_m}{L} \sin \omega t \text{ ..... (3)}$$

- વિદ્યુતપ્રવાહ મેળવવા માટે ઉપરના સમીકરણનું સંકલન કરતાં,
- $\therefore \int di = \int \frac{\upsilon_m}{L} \sin(\omega t)\, dt$
- $\therefore i = -\frac{\upsilon_m}{\omega L} \cos(\omega t) + \text{અચળ}$
- અહીં સંકલન અચળાંકને પ્રવાહનું પરિમાણ છે, તેથી તે સમયથી સ્વતંત્ર છે. સ્ત્રોત વોલ્ટેજ શૂન્યની આસપાસ સંમિતિય રીતે દોલન કરે છે. તેનાથી મળતો પ્રવાહ શૂન્યની આસપાસ સંમિતિય રીતે દોલન કરે છે અને તેથી અચળ પ્રવાહ કે પ્રવાહનો સમયથી સ્વતંત્ર કોઈ ઘટક અસ્તિત્વ ધરાવતો નથી, તેથી સંકલનનો અચળાંક શૂન્ય છે.

$$\therefore i = -\frac{\upsilon_m}{\omega L} \cos \omega t$$

$$\therefore i = \frac{\upsilon_m}{\omega L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\therefore i = i_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ ..... (4)}$$

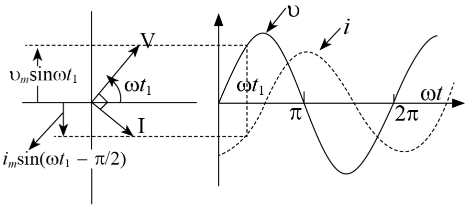
જ્યાં, $i_m = \frac{\upsilon_m}{\omega L}$ વિદ્યુતપ્રવાહનો કંપવિસ્તાર

- ωL એ અવરોધ સાથે સામ્યતા ધરાવતી રાશિ છે, જેને ઇન્ડક્ટિવ રિએક્ટન્સ કહે છે. તેને X_L વડે દર્શાવાય છે.

$$\therefore X_L = \omega L$$

X_L એકમ ઓહ્મ (Ω) છે.

- સમીકરણ (1) અને (4) પરથી કહી શકાય કે, પ્રવાહ એ વોલ્ટેજ કરતાં કળામાં $\frac{\pi}{2}$ જેટલો પાછળ છે.
- AC પ્રાપ્તિસ્થાનનો વોલ્ટેજ $\upsilon = \upsilon_m \sin \omega t$
- માત્ર ઇન્ડક્ટર ધરાવતાં AC પરિપથ માટે વિદ્યુતપ્રવાહ $i = i_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ મળે છે.
- આ બંને સમીકરણની સરખામણી દર્શાવે છે કે, પ્રવાહ એ વોલ્ટેજ કરતાં કળામાં $\frac{\pi}{2}$ જેટલો (અથવા એક ચતુર્થાંશ ચક્ર) જેટલો પાછળ છે.



(a) (b)

Liberty

➥ આકૃતિમાં કોઈ સમય t_1 માટે વોલ્ટેજ અને પ્રવાહના ફેઝર દર્શાવેલ છે. પ્રવાહ ફેઝર $\vec{I}$ એ વોલ્ટેજ ફેઝર $\vec{V}$ કરતાં $\frac{\pi}{2}$ જેટલો પાછળ છે.

➥ જ્યારે તેમને કોણીય આવૃત્તિ (ω) સાથે વિષમઘડી દિશામાં ભ્રમણ કરાવવામાં આવે ત્યારે સમીકરણ

$\upsilon = \upsilon_m \sin \omega t$ અને $i = i_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ દ્વારા રજૂ

થતાં અનુક્રમે વોલ્ટેજ અને પ્રવાહ રચાય છે.

➥ AC પ્રાપ્તિસ્થાનનો વોલ્ટેજ $\upsilon = \upsilon_m \sin \omega t$

➥ માત્ર ઇન્ડક્ટર ધરાવતાં પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ

$$i = i_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

જ્યાં, $i_m = \frac{\upsilon_m}{\omega L}$ વિદ્યુતપ્રવાહનો કંપવિસ્તાર

➥ પરિપથમાં ઇન્ડક્ટરને મળતો તત્કાલીન પાવર

$$p = \upsilon i$$

$$\therefore p = \upsilon_m i_m \sin \omega t \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\therefore p = -\upsilon_m i_m \sin \omega t \cos \omega t$$

$$\therefore p = -\frac{\upsilon_m i_m}{2}(2 \sin \omega t \cos \omega t)$$

➥ પરંતુ $2 \sin \omega t \cos \omega t = \sin 2\omega t$

$$\therefore p = -\frac{\upsilon_m i_m}{2} \sin 2\omega t$$

➥ એક પૂર્ણ ચક્ર દરમિયાન સરેરાશ પાવર

$$P = \bar{p} = \left\langle -\frac{\upsilon_m i_m}{2} \sin 2\omega t \right\rangle$$

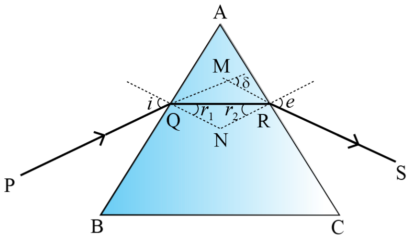
$$P = -\frac{i_m \upsilon_m}{2} < \sin 2\omega t >$$

પરંતુ $< \sin 2\omega t > = 0$

$$\therefore P = 0$$

➥ આમ, એક પૂર્ણ ચક્ર દરમિયાન, ઇન્ડક્ટરને પૂરો પડાતો સરેરાશ પાવર શૂન્ય હોય છે.

25.

➥ 

➥ આકૃતિમાં કોઈ પ્રિઝમનો પુસ્તકના પાના સાથેનો આડછેદ ABC દર્શાવેલ છે. આ પ્રિઝમમાંથી પસાર થતાં કોઈ પ્રકાશકિરણનો ગતિમાર્ગ PQRS છે.

➥ પ્રથમ બાજુ AB માટે આપાતકોણ i અને વક્રીભૂતકોણ r_1 છે.

➥ બીજી બાજુ AC માટે આપાતકોણ r_2 અને નિર્ગમનકોણ (વક્રીભૂતકોણ) e છે.

➥ નિર્ગમનકિરણ (RS) અને આપાતકિરણ (PQ) ની દિશા વચ્ચેના ખૂણાને વિચલનકોણ (δ) કહે છે.

➥ □ AQNR માં m∠AQN = m∠ARN = 90° છે. પરિણામે બાકીના બે ખૂણાનો સરવાળો 180° થાય છે.

$\therefore \angle A + \angle QNR = 180°$ ... (1)

➥ ΔQNR માં,

$r_1 + r_2 + \angle QNR = 180°$ ... (2)

➥ સમીકરણ (1) અને સમીકરણ (2) ને સરખાવતાં,

$\therefore \angle A + \angle QNR = r_1 + r_2 + \angle QNR$

$\therefore A = r_1 + r_2$ ... (3)

➥ ΔQMR માં δ એ બહિષ્કોણ છે.

$\therefore \delta = \angle MQR + \angle MRQ$ ... (4)

પરંતુ $i = r_1 + \angle MQR$

$\therefore \angle MQR = i - r_1$

તેવી જ રીતે $\angle MRQ = e - r_2$ મળે.

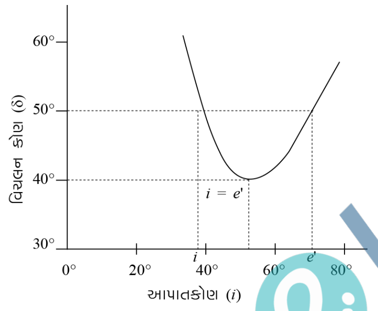
➥ આ બંને કિંમત સમીકરણ (4) માં મૂકતાં,

$\therefore \delta = i - r_1 + e - r_2$

$\therefore \delta = i + e - (r_1 + r_2)$

➥ સમીકરણ (3) પરથી કિંમત મૂકતાં,

$\therefore \delta = i + e - A$



➥ આકૃતિમાં વિચલનકોણ (δ) વિરુદ્ધ આપાતકોણ (*i*) નો આલેખ દર્શાવેલ છે.

➥ આલેખ દર્શાવે છે કે, એક જ વિચલનકોણ (δ) માટે આપાતકોણ *i* ના અને તેથી નિર્ગમનકોણ *e* નાં પણ બે મૂલ્યો મળે છે.

➥ સંમિતિ પરથી કહી શકાય કે, આપાતકોણ (*i*) અને નિર્ગમનકોણ (*e*) ની અદલાબદલી કરતાં વિચલનકોણ (δ) સમાન મળે છે. આમ, જો કિરણનો ગતિમાર્ગ ઊલટાવવામાં આવે, તો પણ વિચલનકોણ δ મળે છે.

➥ આલેખ પરથી આપાતકોણના એક ખાસ મૂલ્ય $i = e$ માટે વિચલનકોણનું એક જ મૂલ્ય મળે છે, જે વિચલનકોણનું લઘુતમ મૂલ્ય D_m છે, જ્યારે $\delta = D_m$ થાય ત્યારે પ્રિઝમમાં વક્રીભૂત કિરણ પાયાને સમાંતર બને છે.

➥ આમ, જ્યારે $\delta = D_m$ અને $i = e$ થાય ત્યારે $r_1 = r_2$ થાય છે.

➥ પ્રિઝમ માટે, $A = r_1 + r_2$

$\therefore A = 2r_1$

$\therefore r_1 = \frac{A}{2}$ ... (1)

➥ તેમજ $\delta = i + e - A$ પરથી,

$D_m = 2i - A$ મળે.

$2i = D_m + A$

$i = \frac{D_m + A}{2}$ ... (2)

➥ આપાતબિંદુ Q પાસે સ્નેલનો નિયમ લાગુ પાડતાં,

$n_1 \sin i = n_2 \sin r_1$

➥ સમીકરણ (1) અને (2) પરથી, r_1 અને i ની કિંમત મૂકતાં,

$$\therefore n_1 \sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right) = n_2 \sin\left(\frac{A}{2}\right)$$

$$\therefore \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

$$\therefore n_{21} = \frac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}}$$

➥ જે પ્રિઝમના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક શોધવાનું સૂત્ર છે.

26. $^{56}_{26}Fe$ $^{209}_{83}Bi$

$m\left(^{56}_{26}Fe\right) = 55.934939\ u$, $m\left(^{209}_{83}Bi\right) = 208.980388$ u, $m_H = 1.007825\ u$, $m_n = 1.008665\ u$

➥ (a) આયર્ન ન્યુક્લિયસ $_{26}Fe^{56}$ માં

પ્રોટોનની સંખ્યા Z = 26 અને

ન્યુટ્રોનની સંખ્યા N = 56 – 26 = 30

➠ દળ ક્ષતિ

$\Delta M = (Zm_p + Nm_n) - M(_{26}Fe^{56})$

$\therefore \Delta M = (26 \times 1.007825 + 30 \times 1.008665) - 55.934939$

$\therefore \Delta M = 26.20345 + 30.25995 - 55.934939$

$\therefore \Delta M = 0.528461\ u$

➠ બંધનઊર્જા

$E_b = \Delta Mc^2$

$= 0.528461 \times 931.5$

$\therefore E_b = 492.26142$ MeV

➠ ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જા

$$E_{bn} = \frac{E_b}{A} = \frac{492.26142}{56}$$

$\therefore E_{bn} = 8.79038$ MeV

$= 8.79$ MeV

➥ (b) બિસ્મથ ન્યુક્લિયસમાં $_{83}Bi^{209}$ માં

પ્રોટોનની સંખ્યા Z = 83 અને

ન્યુટ્રોનની સંખ્યા N = 209 – 83 = 126

➠ દળ ક્ષતિ

$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M(_{83}Bi^{209})$

$\therefore \Delta M = (83 \times 1.007825 + (126 \times 1.008665) - 208.980388$

$\therefore \Delta M = 83.649475 + 127.09179 - 208.980388$

$\therefore \Delta M = 1.760877\ u$

➠ આ દળ ક્ષતિને સમતુલ્ય બંધનઊર્જા

$E_b = \Delta Mc^2$

$= 1.760877 \times 931.5$ MeV

$\therefore E_b = 1640.26$ MeV

➠ ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જા

$$E_{bn} = \frac{E_b}{A}$$

$$= \frac{1640.2569255}{209}$$

$$\therefore E_{bn} = 7.84 \frac{MeV}{nucleon}$$

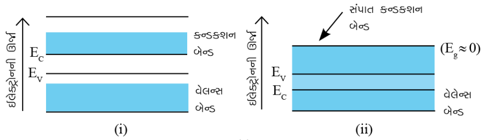
27.

➥ વેલેન્સ બેન્ડની ઉપરની સપાટી અને કન્ડક્શન બેન્ડની નીચેની સપાટી વચ્ચેની ખાલી જગ્યાને ઊર્જાગેપ (ફોરબિડન ગેપ) E_g કહે છે.

➥ આ ઊર્જાગેપમાં એક પણ ઊર્જાસ્તર આવેલ હોતા નથી. તેથી આ ઊર્જાગેપમાં એક પણ ઇલેક્ટ્રોન રહી શકતા નથી.

➥ દ્રવ્યના પ્રકારના આધારે ઊર્જાગેપ મોટી, નાની કે શૂન્ય ગમે તે હોઈ શકે છે. તેના આધારે દ્રવ્યના ત્રણ પ્રકાર મળે છે.

➥ કિસ્સો I : સુવાહકો



(a)

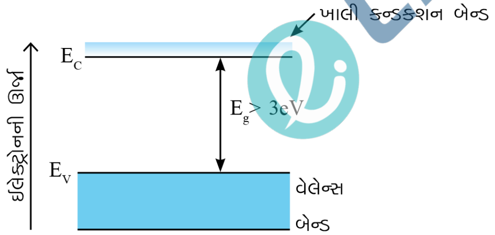
➠ આકૃતિ (i)માં દર્શાવ્યા મુજબ ઘણા સુવાહકમાં કન્ડક્શન બેન્ડ અંશતઃ ભરેલી અને વેલેન્સ બેન્ડ અંશતઃ ખાલી હોય છે. જ્યારે ઘણા સુવાહકમાં કન્ડક્શન બેન્ડ અને વેલેન્સ બેન્ડ એકબીજા પર સંપાત થયેલા જોવા મળે છે જે આકૃતિ (ii) માં દર્શાવેલ છે.

➠ જ્યારે બંને બેન્ડ એકબીજા પર Overlap થઈ ગયા હોય ત્યારે વેલેન્સ બેન્ડના ઇલેક્ટ્રોન સહેલાઈથી કન્ડક્શન બેન્ડમાં જઈ શકે છે.

➠ જ્યારે વેલેન્સ બેન્ડ અંશતઃ ખાલી હોય ત્યારે તેના નીચેના સ્તરમાંથી ઇલેક્ટ્રોનો ઉપરના સ્તરમાં આવી શકે છે જેથી વિદ્યુતવહન શક્ય બને છે.

➠ આવાં દ્રવ્યોનો અવરોધ ઓછો અને વાહકતા સૌથી વધુ હોય છે.

➥ કિસ્સો II : અવાહક



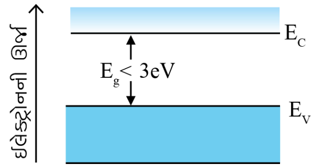
➠ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ, આ પ્રકારના પદાર્થમાં બે સ્તર (વેલેન્સ બેન્ડ અને કન્ડક્શન બેન્ડ) વચ્ચે ઊર્જાગેપ મોટો હોય છે. ($E_g > 3$ eV)

➠ આ પ્રકારના પદાર્થમાં કન્ડક્શન બેન્ડમાં કોઈ ઇલેક્ટ્રોન હોતા નથી અને તેથી વિદ્યુતવહન શક્ય નથી.

➠ આ પ્રકારના ઘણા પદાર્થમાં તાપીય ઉદ્દીપનથી ઇલેક્ટ્રોન વેલેન્સ બેન્ડમાંથી કન્ડક્શન બેન્ડમાં જાય છે. આવા ઇલેક્ટ્રોનની સંખ્યા ખૂબ ઓછી હોય છે. તેથી વિદ્યુતવહન માટે વધુ ઇલેક્ટ્રોન મળતા નથી, એટલે કે ખૂબ ઓછા પ્રમાણમાં વિદ્યુતનું વહન થાય છે.

➠ જ્યારે આ પ્રકારના ઘણા પદાર્થમાં તાપીય ઉદ્દીપનની મદદથી પણ ઇલેક્ટ્રોનને વેલેન્સ બેન્ડમાંથી કન્ડક્શન બેન્ડમાં મોકલી શકાતા નથી. આ કિસ્સો અવાહક પદાર્થનો છે.

➥ કિસ્સો III : અર્ધવાહકો



- આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ અર્ધવાહક પદાર્થમાં ચોક્કસ પણ નાનો ઊર્જાગેપ ($E_g < 3\ eV$) હોય છે.
- આ ઊર્જાગેપ ઘણો નાનો હોવાથી ઓરડાના તાપમાને વેલેન્સ બેન્ડમાં રહેલાં કેટલાક ઇલેક્ટ્રોન પૂરતી ઊર્જા મેળવીને ઊર્જાગેપ પસાર કરી કન્ડક્શન બેન્ડમાં આવે છે.
- આ ઇલેક્ટ્રોન કન્ડક્શન બેન્ડમાં ગતિ કરે છે. આથી અર્ધવાહકોનો અવરોધ અવાહકો જેટલો ઊંચો હોતો નથી.

Liberty