લિબર્ટી પેપરસેટ

ધોરણ 12 : ભૌતિક વિજ્ઞાન

Full Solution

સમય : 3 કલાક **અસાઈનમેન્ટ પ્રશ્નપત્ર 6**

Part A

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

Liberty

Part B

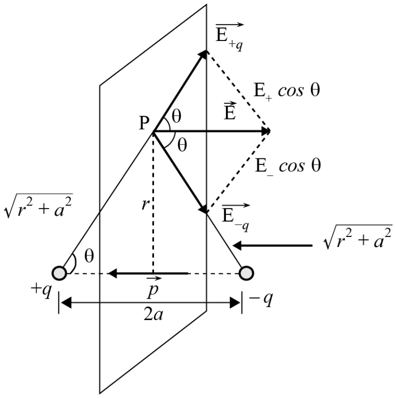
વિભાગ A

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

1.

➥ ડાયપોલની લંબદ્વિભાજક રેખાને વિષુવરેખા કહે છે.

➥ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ ડાયપોલની વિષુવરેખા પર r અંતરે બિંદુ P આવેલ છે. આ બિંદુ પાસે વિદ્યુતક્ષેત્ર મેળવવું છે.



➥ $+q$ વિદ્યુતભાર અને $-q$ વિદ્યુતભારથી બિંદુ P સુધીનું અંતર $\sqrt{r^2+a^2}$ મળે.

➥ $+q$ વિદ્યુતભારને લીધે બિંદુ P પાસે વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$E_+ = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2+a^2} \quad \dots (1)$$

➥ $-q$ વિદ્યુતભારને લીધે બિંદુ P પાસે વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$E_- = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2+a^2} \quad \dots (2)$$

➥ બિંદુ P પાસે $\vec{E}_+$ અને $\vec{E}_-$ ના ડાયપોલની અક્ષને લંબ દિશામાં ઘટકો લેતાં અનુક્રમે $E_+ \sin\theta$ અને $E_- \sin\theta$ મળે છે, જે સમાન મૂલ્યના અને પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશાના હોવાથી તેઓ એકબીજાની અસર નાબૂદ કરે છે.

➥ $\vec{E}_+$ અને $\vec{E}_-$ ના ડાયપોલની અક્ષને સમાંતર ઘટકો લેતાં અનુક્રમે $E_+ \cos\theta$ અને $E_- \cos\theta$ મળે છે. આ ઘટકો એક જ દિશામાં હોવાથી પરિણામી વિદ્યુતક્ષેત્ર મેળવવા માટે તેમનો સરવાળો કરવો પડે છે.

➥ બિંદુ P પાસેનું વિદ્યુતક્ષેત્ર વિદ્યુત ડાયપોલ મોમેન્ટ $(\hat{p})$ ની વિરુદ્ધ દિશામાં મળે છે. (જે આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે.)

➥ પરિણામી વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$\vec{E} = -(E_+ \cos\theta + E_- \cos\theta)\ \hat{p}$$

$$\vec{E} = -(E_+ + E_-)\cos\theta\ \hat{p}$$

$$\therefore \vec{E} = -\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{(r^2+a^2)} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{(r^2+a^2)}\right) \cdot \frac{a}{(r^2+a^2)^{\frac{1}{2}}} \cdot \hat{p}$$

$$\therefore \vec{E} = -\left[\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2q}{(r^2+a^2)}\right] \cdot \frac{a}{(r^2+a^2)^{\frac{1}{2}}} \cdot \hat{p}$$

પરંતુ $2aq = p$ વિદ્યુત ડાયપોલ મોમેન્ટ

Liberty

$\therefore \vec{E} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{p}{(r^2+a^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot \hat{p}$

➥ ધારો કે, બિંદુ P એ વિષુવરેખા પર ખૂબ જ દૂર આવેલ છે. $r >> a$ થાય. પરિણામે r^2 ની સરખામણીમાં a^2 ને અવગણતાં,

$\therefore \vec{E} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{P}{r^3} \cdot \hat{p}$

2.

➥ $q_1 = 2 \times 10^{-7}$ C

$q_2 = 3 \times 10^{-7}$ C

$r = 30$ cm $= 0.3$ m

➥ કુલંબના નિયમ પરથી r અંતરે રહેલ વિદ્યુતભાર વચ્ચે લાગતું વિદ્યુતબળ

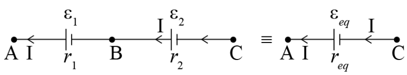
$F = \frac{kq_1 q_2}{r^2}$

$\therefore F = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-7} \times 3 \times 10^{-7}}{0.3^{\ 2}}$

$\therefore F = \frac{9 \times 2 \times 3 \times 10^{-5}}{9 \times 10^{-2}}$

$\therefore F = 6 \times 10^{-3}$ N (અપાકર્ષણ બળ)

3.

➥ 

યાદ રાખો

> આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ બે વિદ્યુતકોષોના એક એક છેડાને એકબીજા સાથે જોડેલા હોય અને તે બંને કોષોના બીજા છેડાઓ મુક્ત હોય તો તેવાં જોડાણને બે વિદ્યુતકોષોનું શ્રેણી જોડાણ કહે છે. આવી જ રીતે બે કરતાં વધારે વિદ્યુતકોષને શ્રેણીમાં જોડી શકાય છે.

➥ આકૃતિમાં બે વિદ્યુતકોષનું શ્રેણી જોડાણ દર્શાવેલ છે.

➥ તેમના *emf* અનુક્રમે ε_1 અને ε_2 તેમજ તેમના આંતરિક અવરોધ અનુક્રમે r_1 અને r_2 છે અને તેમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ I છે.

➥ આકૃતિમાં દર્શાવેલ બિંદુઓ A, B અને C આગળ વિદ્યુતસ્થિતિમાન અનુક્રમે V(A), V(B) અને V(C) છે.

➥ પ્રથમ કોષના ધન અને ઋણ ધ્રુવો વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત (A અને B વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત)

$V_{AB} = V(A) - V(B) = \varepsilon_1 - Ir_1$ .... (1)

➥ તેવી જ રીતે બીજા કોષના ધન અને ઋણ ધ્રુવો વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત (B અને C બિંદુ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત)

$V_{BC} = V(B) - V(C) = \varepsilon_2 - Ir_2$ .... (2)

➥ સંયોજનના A અને C બિંદુ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત,

$V_{AC} = V(A) - V(C)$

$V_{AC} = V(A) - V(B) + V(B) - V(C)$

$\therefore V_{AC} = \varepsilon_1 - Ir_1 + \varepsilon_2 - Ir_2$ (સમીકરણ (1) અને સમીકરણ (2) પરથી)

$\therefore V_{AC} = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) - I(r_1 + r_2)$ .... (3)

➥ ધારો કે, સંયોજનના A અને C બિંદુ વચ્ચે સમતુલ્ય *emf* ε_{eq} અને સમતુલ્ય આંતરિક અવરોધ r_{eq} છે.

$\therefore V_{AC} = \varepsilon_{eq} - I\, r_{eq}$ .... (4)

➥ સમીકરણ (3) અને સમીકરણ (4) ને સરખાવતાં,

Liberty

➥ સમતુલ્ય *emf* $\varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$

સમતુલ્ય આંતરિક અવરોધ $r_{eq} = r_1 + r_2$

➥ તેવી જ રીતે, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ ..... ε_n *emf* વાળા *n* કોષોના શ્રેણી જોડાણનો સમતુલ્ય *emf*

$\varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + ... + \varepsilon_n$ અને સમતુલ્ય

આંતરિક અવરોધ $r_{eq} = r_1 + r_2 + r_3 + ... + r_n$ મળે.

➥ આકૃતિ (a) માં દર્શાવેલ જોડાણના બદલે બે વિદ્યુતકોષોના ઋણ ધ્રુવને જોડીને શ્રેણી જોડાણ કરેલ હોય, તો

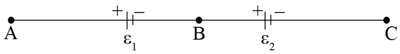
➥ B અને C વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત

$V_{BC} = -\varepsilon_2 - I r_2$ મળે છે.

➥ આ વખતે સમતુલ્ય *emf* $\varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$ અને સમતુલ્ય આંતરિક અવરોધ $r_{eq} = r_1 + r_2$ મળે.

યાદ રાખો

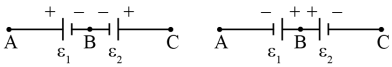
વિદ્યુતકોષનું સહાયક જોડાણ



એક વિદ્યુતકોષના ધન કે ઋણ છેડાને અનુક્રમે બીજા વિદ્યુતકોષના ઋણ કે ધન છેડા સાથે જોડવામાં આવે તો વિદ્યુતકોષના તે જોડાણને સહાયક જોડાણ કહે છે.

આ વખતે સમતુલ્ય *emf* બંને વિદ્યુતકોષના *emf* ના સરવાળા જેટલો મળે છે.

વિદ્યુતકોષનું વિરોધક જોડાણ



વિદ્યુતકોષના બંને ઋણ છેડા કે બંને ધન છેડાને એક સાથે જોડવામાં આવે તો તે જોડાણને વિદ્યુતકોષનું વિરોધક જોડાણ કહે છે.

આ વખતે સમતુલ્ય *emf* બંને વિદ્યુતકોષના *emf* ની બાદબાકી જેટલું મળે છે.

4.

➥ ઉત્સર્જન વર્ણપટ

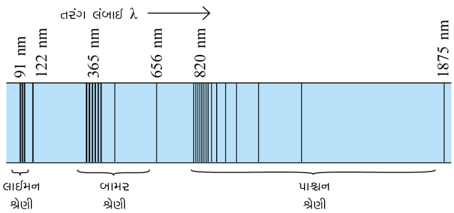
➠ દરેક તત્ત્વને તેના દ્વારા ઉત્સર્જિત વિકિરણનો લાક્ષણિક વર્ણપટ હોય છે.

➠ નીચા દબાણે પરમાણુક વાયુ કે બાષ્પમાંથી સામાન્ય રીતે વિદ્યુત પ્રવાહ પસાર કરીને તેને ઉત્તેજીત કરવામાં આવે છે. ત્યારે ઉત્સર્જિત વિકિરણના વર્ણપટમાં અમુક નિશ્ચિત તરંગલંબાઈઓ જ હોય છે. આ પ્રકારના વર્ણપટને ઉત્સર્જન રેખીય વર્ણપટ કહે છે. આ વર્ણપટ કાળા પડદા પર મેળવી શકાય છે.

➠ આવો જ એક પરમાણુક હાઈડ્રોજન માટેનો વર્ણપટ આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે.

➥ શોષણ વર્ણપટ :

➠ જ્યારે શ્વેત પ્રકાશને પરમાણુક વાયુમાંથી પસાર કરવામાં આવે ત્યારે તેમાંથી અમુક ચોક્કસ પ્રકારની તરંગલંબાઈઓનું શોષણ થાય છે.



➠ પરમાણુ માત્ર એવી જ તરંગલંબાઈઓનું શોષણ કરે છે કે જે તરંગલંબાઈ તેને એક ઉત્તેજીત અવસ્થામાંથી બીજી ઉત્તેજીત અવસ્થામાં લઈ જાય.

➠ પરિણામે જો નિર્ગમન પામતા પ્રકાશનું સ્પેક્ટ્રોમીટરની મદદથી વિશ્લેષણ કરવામાં આવે ત્યારે જે તરંગલંબાઈનું શોષણ થઈ ગયું હોય તે તરંગલંબાઈના સ્થાને કાળી રેખા જોવા મળે છે.

➠ આ વર્ણપટને શોષણ વર્ણપટ કહે છે.

5.

➥ મેગ્નેટાઇઝેશન : કોઈ પદાર્થમાં એકમ કદદીઠ મળતી પરિણામી ચુંબકીય ચાકમાત્રાને મેગ્નેટાઇઝેશન કહે છે.

➥ મેગ્નેટાઇઝેશન $\vec{M} = \frac{\vec{m}}{V}$

➥ મેગ્નેટાઇઝેશન એ સદિશ રાશિ છે, જેની દિશા ચુંબકીય ડાઇપોલ મોમેન્ટની દિશામાં હોય છે.

➥ તેનો એકમ $\frac{A}{m}$ અને પારિમાણિક સૂત્ર $L^{-1} A^{1}$

➥ એકમ લંબાઈદીઠ n આંટા ધરાવતો અને વિદ્યુતપ્રવાહ I ધારિત એક લાંબો સોલેનોઇડ ધ્યાનમાં લો.

➥ આ સોલેનોઇડના અંદરના ભાગમાં ચુંબકીયક્ષેત્ર

$B_0 = \propto_0 n I$ ..... (1)

➥ ધારો કે, સોલેનોઇડમાં એવું દ્રવ્ય ભરવામાં આવે કે, જેનું મેગ્નેટાઇઝેશન શૂન્ય ન હોય, તો આ પદાર્થ વડે પણ સોલેનોઇડની અંદર ચુંબકીયક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે. પરિણામે સોલેનોઇડની અંદર મળતું પરિણામી ચુંબકીયક્ષેત્ર એ બંને ચુંબકીયક્ષેત્રના સદિશ સરવાળા બરાબર હોય છે.

➥ પરિણામી ચુંબકીયક્ષેત્ર

$\vec{B} = \vec{B_0} + \vec{B_m}$ ..... (1)

જ્યાં, $\vec{B_m}$ એ સોલેનોઇડમાં રહેલાં દ્રવ્યના કારણે મળતું ચુંબકીયક્ષેત્ર છે.

➥ $\vec{B_m}$ એ મેગ્નેટાઇઝેશન ($\vec{M}$)ના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

$\therefore \vec{B_m} = \propto_0 \vec{M}$ ..... (2)

➥ સમીકરણ (2) ની કિંમત સમીકરણ (1) માં મૂકતાં,

$\therefore \vec{B} = \vec{B_0} + \propto_0 \vec{M}$

➥ સમીકરણને $\propto_0$ વડે ભાગતાં,

$\therefore \frac{\vec{B}}{\mu_0} = \frac{\vec{B_0}}{\mu_0} + \vec{M}$

પરંતુ $\frac{\vec{B_0}}{\mu_0} = \vec{H}$ – ચુંબકીય તીવ્રતા

$\therefore \frac{\vec{B}}{\mu_0} = \vec{H} + \vec{M}$

$\therefore \vec{B} = \propto_0(\vec{H} + \vec{M})$

➥ ચુંબકીય તીવ્રતા ($\vec{H}$) ના પરિમાણ મેગ્નેટાઇઝેશન જેવાં જ છે. તેનો એકમ A/m.

6.

➥ L આત્મપ્રેરકત્વ ધરાવતાં ગૂંચળામાં આત્મપ્રેરિત *emf*

$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$ ..... (1)

આ આત્મપ્રેરિત *emf* ગૂંચળામાં થતાં વિદ્યુતપ્રવાહનાં ફેરફારનો વિરોધ કરે છે માટે તેને back - *emf* પણ કહે છે.

➥ ભૌતિક રીતે આત્મપ્રેરકત્વ વિદ્યુતશાસ્ત્રમાં જડત્વની ભૂમિકા ભજવે છે.

➥ ગૂંચળામાં વિદ્યુતપ્રવાહ પ્રસ્થાપિત કરવા back - *emf* વિરુદ્ધ કાર્ય કરવું પડે છે, જેમાં ખર્ચાતી ઊર્જા ગૂંચળામાં ચુંબકીય ઊર્જા U_B સ્વરૂપે સંગ્રહ પામે છે.

➥ ધારો કે, કોઈ એક ક્ષણે ગૂંચળામાં I પ્રવાહ પ્રસ્થાપિત કરવા માટે કાર્ય કરવાનો સમયદર,

$\frac{dW}{dt}$ હોય, તો

$$\frac{dW}{dt} = |\varepsilon| I$$

$$\frac{dW}{dt} = LI\frac{dI}{dt} \text{ (સમી. (1) પરથી)}$$

➥ પ્રવાહ I પ્રસ્થાપિત કરવા માટેનું કુલ કાર્ય,

$$W = \int_0^I dW = \int_0^I LI\, dI = L\int_0^I I\, dI$$

$$\therefore W = \frac{1}{2}LI^2 \text{ ..... (2)}$$

➥ આ કાર્યમાં ખર્ચાતી ઊર્જા ગૂંચળામાં ચુંબકીય ઊર્જા સ્વરૂપે સંગ્રહ પામે છે.

$$\therefore \text{ ચુંબકીય સ્થિતિ ઊર્જા } U_B = \frac{1}{2}LI^2 \text{ ..... (3)}$$

7.

➥ L – C – R શ્રેણી AC પરિપથ માટે વિદ્યુતપ્રવાહ

$$i = i_m \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\text{જ્યાં, } i_m = \frac{\upsilon_m}{Z} = \frac{\upsilon_m}{\sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \text{ અને } X_L = \omega L$$

➥ આ સમીકરણ પરથી કહી શકાય કે, કોણીય આવૃત્તિ ω ના મૂલ્યમાં ફેરફાર કરવામાં આવે તો વિદ્યુતપ્રવાહના મૂલ્યમાં ફેરફાર થાય છે.

➥ કોણીય આવૃત્તિ (ω) નું કોઈ એક મૂલ્ય $\omega = \omega_0$ એવું મળે, કે જેથી $X_C = X_L$ થાય. જેથી પરિપથનો ઇમ્પિડન્સ ન્યૂનતમ બને છે. ($Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} = R$)

➥ આ આવૃત્તિને અનુનાદ આવૃત્તિ (પ્રાકૃતિક આવૃત્તિ) કહે છે.

અહીં, $X_C = X_L$

$$\therefore \frac{1}{\omega_0 C} = \omega_0 L$$

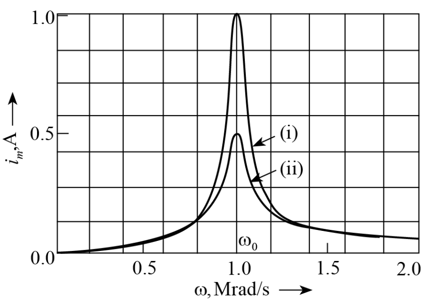
$$\therefore \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\therefore \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

➥ આ વખતે પરિપથમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ મહત્તમ બને છે.

$$\therefore i_m^{max} = \frac{\upsilon_m}{R} \quad (\because Z = R)$$

➥ વિદ્યુતપ્રવાહ મહત્તમ બનવાની ઘટનાને શ્રેણી અનુનાદ કહે છે.



➥ આકૃતિમાં L = 1.00 mH, C = 1.00 *n*F તથા અવરોધ R નાં બે મૂલ્યો R = 100 Ω અને R = 200 Ω માટે R L C શ્રેણી પરિપથમાં ω સાથે

Liberty

i_m માં થતાં ફેરફારો દર્શાવે છે. લાગુ પાડેલ સ્ત્રોત માટે $\upsilon_m = 100$ V છે.

➥ આ કિસ્સા માટે $\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ સૂત્ર પ્રમાણે,

$\omega_0 = 1.00 \times 10^6$ rad/s મળે છે.

➥ અનુનાદની સ્થિતિએ વિદ્યુતપ્રવાહ મહત્તમ હોય છે.

$i_m^{max} = \dfrac{\upsilon_m}{R}$ હોવાથી કિસ્સા (i) માં પ્રવાહનો કંપવિસ્તાર

કિસ્સા (ii) માંના કંપવિસ્તાર કરતાં બમણો હોય છે.

8.

➥ $n_1 = 1$ (હવા), $f = 20$ cm

$n_2 = 1.55$ (કાચ)

$R_1 = R$

$R_2 = -R$

➥ લેન્સમેકરના સૂત્ર પરથી,

$$\frac{1}{f} = (n_{21} - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{20} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{20} = (1.55 - 1)\left(\frac{2}{R}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{20} = 0.55 \times \frac{2}{R}$$

$$\therefore R = 1.1 \times 20$$

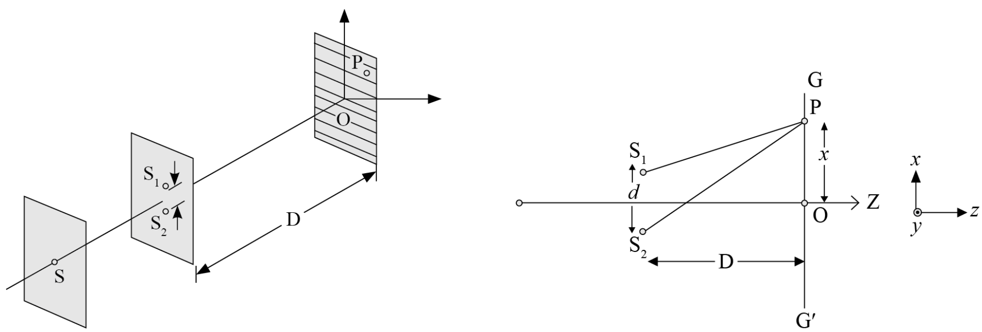
$$\therefore R = 22 \text{ cm}$$

➥ આમ, બંને બાજુની વક્રતાત્રિજ્યા 22 cm જેટલી હોવી જોઈએ.

9.

➥ સૌપ્રથમ થોમસ યંગ નામના ભૌતિક વૈજ્ઞાનિકે યુક્તિપૂર્વક S_1 અને S_2માંથી ઉત્સર્જિત તરંગોનો કળાતફાવત LOCK કરવાની તક્નિકનો ઉપયોગ કર્યો અને સુસંબદ્ધ ઉદ્‌ગમો મેળવ્યા.

➥ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ, પડદા પર રાખેલા છિદ્ર S ને તેજસ્વી પ્રકાશ ઉદ્‌ગમ વડે પ્રકાશિત કરવામાં આવે છે.



(a) (b)

➥ આ પડદાની પાછળ રાખેલા પડદા પર બે છિદ્ર S_1 અને S_2 આવેલાં છે. આ છિદ્રને એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે છે કે, જેથી $SS_1 = SS_2$ થાય.

➥ S માંથી બહાર આવતા પ્રકાશ તરંગો S_1 અને S_2 પર પડે છે. જેથી S_1 અને S_2 સુસંબદ્ધ ઉદ્‌ગમ તરીકે વર્તે છે, કારણ કે S_1 અને S_2 માંથી બહાર આવતા પ્રકાશ તરંગો એક જ મૂળ ઉદ્‌ગમમાંથી જ મેળવેલા છે.

- કોઈ પણ પ્રકારનો ત્વરિત કળાતફાવત એ S_1 અને S_2 માંથી બહાર નીકળતા પ્રકાશમાં બરાબર એકસરખો કળાતફાવત કરશે.
- આમ, કળા સંદર્ભમાં જાણે કે બે ઉદ્‌ગમો S_1 અને S_2 LOCK થઈ ગયા છે તેમ કહેવાય.
- S_1 અને S_2 માંથી ઉત્સર્જિત ગોળાકાર તરંગો આકૃતિ (b) માં દર્શાવ્યા અનુસાર, પડદા GG' પર વ્યતિકરણ શલાકાઓ રચે છે.

10.

- "ધાતુમાં રહેલ ઇલેક્ટ્રોનને પૂરતી ઊર્જા મળતા ઇલેક્ટ્રોનના ધાતુમાંથી બહાર નીકળવાની ઘટનાને ઇલેક્ટ્રોન ઉત્સર્જન કહે છે."
- ઇલેક્ટ્રોન ઉત્સર્જનના પ્રકારો :
  - ઇલેક્ટ્રોનને ધાતુમાંથી બહાર કાઢવા માટે જરૂરી ઊર્જા ભિન્ન રીતે આપી શકાય છે. તેના આધારે ઇલેક્ટ્રોન ઉત્સર્જનના ત્રણ પ્રકારો છે.
- (i) તાપીય (થરમિઓનિક) ઉત્સર્જન :
  - ધાતુને યોગ્ય રીતે ગરમ કરતાં તેમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોનને ઉષ્માઊર્જા મળે છે. આ ઊર્જાનું શોષણ કરી ઇલેક્ટ્રોન ધાતુમાંથી બહાર નીકળી શકે છે.
- (ii) ક્ષેત્રિય ઉત્સર્જન :
  - ધાતુને ખૂબ પ્રબળ વિદ્યુતક્ષેત્ર ($10^8\ Vm^{-1}$ ના ક્રમનું) લાગુ પાડતા તે ઇલેક્ટ્રોનને ધાતુની બહાર ખેંચી શકે છે.
- (iii) ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઉત્સર્જન :
  - જ્યારે ધાતુની સપાટી પર પૂરતી આવૃત્તિવાળો પ્રકાશ આપાત કરવામાં આવે છે, ત્યારે ઇલેક્ટ્રોન ધાતુમાંથી ઉત્સર્જાય છે. આ ઘટનાને ફોટોઇલેક્ટ્રિક અસર કહે છે અને ઉત્સર્જાતા ઇલેક્ટ્રોનને ફોટોઇલેક્ટ્રોન કહે છે.
- થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ (υ_0) :
  - હોલવાશ અને લિનાર્ડે અવલોકન કર્યું કે, ધાતુની પ્લેટ પર આપાત થતા અલ્ટ્રાવાયોલેટ પ્રકાશની આવૃત્તિ અમુક ચોક્કસ આવૃત્તિ કરતાં વધુ હોય, તો જ તેમાંથી ઇલેક્ટ્રોનનું ઉત્સર્જન થાય છે.
  - આ ચોક્કસ આવૃત્તિને આપેલ ધાતુની થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ કહે છે.
  - થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ ધાતુના પ્રકાર પર આધારિત છે, એટલે કે દરેક ધાતુ માટે તેનું મૂલ્ય ભિન્ન હોય છે.
  - આમ, (ઇલેક્ટ્રોનનું ઉત્સર્જન) ફોટોઇલેક્ટ્રિક અસર મેળવવા માટે (અલ્ટ્રાવાયોલેટ પ્રકાશની આવૃત્તિ (v)) $\geq$ (ધાતુની થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ (v_0))

11.

- દરેક ન્યુક્લિયસ પ્રોટોન અને ન્યુટ્રોનનું બનેલું છે. આથી, એમ કહી શકાય કે, ન્યુક્લિયસનું કુલ દળ તેના પ્રોટોન અને ન્યુટ્રોનના વ્યક્તિગત દળોના કુલ દળ જેટલું જ હોય.
- પરંતુ ન્યુક્લિયસનું દળ M હંમેશાં પ્રોટોન અને ન્યુટ્રોનના વ્યક્તિગત દળોના કુલ દળ કરતાં ઓછું જ હોય છે.
- ઉદાહરણ : ${}_8O^{16}$ કે જેમાં 8-પ્રોટોન, 8-ન્યુટ્રોન અને 8-ઇલેક્ટ્રોન આવેલા છે.

  8 ન્યુટ્રોનનું દળ $= 8 \times 1.00866\ u$

  8 પ્રોટોનનું દળ $= 8 \times 1.00727\ u$

  8 ઇલેક્ટ્રોનનું દળ $= 8 \times 0.00055\ u$
- આ માહિતી પરથી, ${}_8O^{16}$ ન્યુક્લિયસનું દળ

  $= (8 \times 1.00866 + 8 \times 1.00727)$

  $= 8(1.00866 + 1.00727)$

  $= 8 \times 2.01593\ u$

  $= 16.12744\ u$ (મળવું જોઈએ.)
- માસ-સ્પેક્ટ્રોગ્રાફીના પ્રયોગો પરથી, ${}_8O^{16}$ નું પરમાણુ દળ $15.99493\ u$ મળે છે.
- આ દળમાંથી 8 ઇલેક્ટ્રોનનું દળ ($8 \times 0.00055\ u = 0.0044\ u$) બાદ કરતાં, ${}_8O^{16}$ ન્યુક્લિયસના દળનું પ્રાયોગિક મૂલ્ય $15.99053\ u$ મળે છે.
- આમ, ન્યુક્લિયસનું દળ એ તેના ઘટકોના કુલ દળ કરતાં $(16.12744 - 15.99053) = 0.13691\ u$ ઓછું છે. ન્યુક્લિયસના દળ અને તેના

ઘટકોના કુલ દળ વચ્ચેના તફાવતને દળ ક્ષતિ (ΔM) કહે છે.

➡ દળ ક્ષતિનું સૂત્ર

$$\Delta M = [Zm_p + (A - Z)m_n] - M$$

જ્યાં, Z = પ્રોટોનની સંખ્યા

$A - Z = N$ - ન્યુટ્રોનઆંક

m_p - પ્રોટોનનું દળ

m_n - ન્યુટ્રોનનું દળ

M - ન્યુક્લિયસનું કુલ દળ

➡ આ દળ ક્ષતિને સમતુલ્ય ઊર્જા ($E = \Delta Mc^2$) ને ન્યુક્લિયસની બંધનઊર્જા કહે છે.

$\therefore$ બંધનઊર્જા $E_b = \Delta Mc^2$

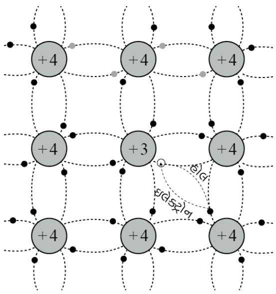
➡ બંધનઊર્જાને ન્યુક્લિયોનની કુલ સંખ્યા વડે ભાગતાં ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જા E_{bn} મળે છે.

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

➡ ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જા ન્યુક્લિયસની સ્થિરતાનું માપ આવે છે. જે ન્યુક્લિયસ માટે E_{bn} નું મૂલ્ય સરખામણીમાં વધુ હોય તે ન્યુક્લિયસ વધુ સ્થાયી કહેવાય અને જે ન્યુક્લિયસ માટે E_{bn} નું મૂલ્ય સરખામણીમાં ઓછું હોય તે ન્યુક્લિયસ ઓછો સ્થાયી કહેવાય.

12.

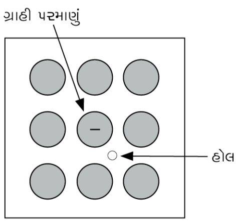
➡



(a)

➡ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ, આ પ્રકારનો અર્ધવાહક બનાવવા માટે શુદ્ધ અર્ધવાહકમાં ટ્રાયવેલેન્ટ અશુદ્ધિ ઉમેરવામાં આવે છે. (જેની બાહ્યતમ કક્ષામાં 3 ઇલેક્ટ્રોન આવેલા હોય તેમને ટ્રાયવેલેન્ટ કહે છે.)

➡ ઉદા. : ઇન્ડિયમ (In), બોરોન (B), એલ્યુમિનિયમ (Al)



(b)

➡ જ્યારે આ અશુદ્ધિ ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે અશુદ્ધિના પરમાણુના 3 ઇલેક્ટ્રોન આજુબાજુમાં આવેલા ચાર સિલિકોન પરમાણુઓમાંથી કોઈ પણ ત્રણ પરમાણુ સાથે સહસંયોજક બંધ બનાવે છે અને જ્યારે એક સહસંયોજક બંધમાં ઇલેક્ટ્રોનની જગ્યા ખાલી પડેલ છે. આ ખાલી જગ્યામાં હોલનું નિર્માણ થાય છે.

➡ અશુદ્ધિના એક પરમાણુ દીઠ એક હોલ પ્રાપ્ત થાય છે. હોલ એ ઇલેક્ટ્રોન મેળવવાની વૃત્તિ ધરાવે છે. પરિણામે આ અશુદ્ધિને ગ્રાહી (Acceptor) અશુદ્ધિ કહે છે.

➡ આ ઉપરાંત ઓરડાના તાપમાને અમુક સહસંયોજક તૂટે છે, જેના કારણે ઇલેક્ટ્રોન અને હોલનું જોડકું ઉત્પન્ન થાય છે.

➡ આમ, આવા પદાર્થ માટે હોલ એ મેજોરિટી વાહક અને ઇલેક્ટ્રોન માઇનોરિટી વાહકો છે.

Liberty

➥ હોલમાં ધન વીજભાર છે તેમ માનવામાં આવે છે. ધનને અંગ્રેજીમાં Positive કહે છે. Positive ના પ્રથમ મૂળાક્ષર પરથી આ પ્રકારના અર્ધવાહકને p-પ્રકારનો અર્ધવાહક કહે છે.

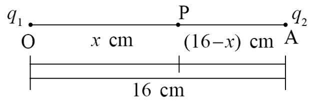
વિભાગ B

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

13.

➥ (a) $q_1 = 5 \times 10^{-8}$ C

$q_2 = -3 \times 10^{-8}$ C



➠ ધારો કે, અહીં ધન વિદ્યુતભાર ($q_1 = 5 \times 10^{-8}$ C) ઉગમબિંદુ પર આવેલ છે અને ઋણ વિદ્યુતભાર ($q_2 = -3 \times 10^{-8}$ C) X-અક્ષ પર ઉગમબિંદુની જમણી બાજુએ આવેલ છે.

➠ ધારો કે, P બિંદુ પાસે વિદ્યુત સ્થિતિમાન શૂન્ય છે. જે q_1 વિદ્યુતભારથી x cm અંતરે આવેલ છે.

$$\therefore \frac{k\,q_1}{x \times 10^{-2}} + \frac{k\,q_2}{(16-x)\times 10^{-2}} = 0$$

$$\therefore \frac{k\,(5\times 10^{-8})}{x \times 10^{-2}} - \frac{k\,(3\times 10^{-8})}{(16-x)\times 10^{-2}} = 0$$

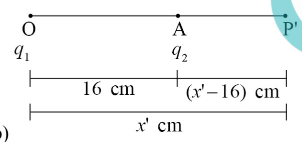
$$\therefore \frac{k\,(5\times 10^{-8})}{x \times 10^{-2}} = \frac{k\,(3\times 10^{-8})}{(16-x)\times 10^{-2}}$$

$$\therefore \frac{5}{x} = \frac{3}{16-x}$$

$\therefore 80 - 5x = 3x$

$\therefore 80 = 8x$

$\therefore x = 10$ cm

➥ 

(b)

➠ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ, P' બિંદુ પાસે વિદ્યુત સ્થિતિમાન શૂન્ય છે, જે q_1 વિદ્યુતભારથી x' cm અંતરે આવેલ છે.

$$\therefore \frac{k\,q_1}{x' \times 10^{-2}} + \frac{k\,q_2}{(x'-16)\times 10^{-2}} = 0$$

$$\therefore \frac{k\,(5\times 10^{-8})}{x' \times 10^{-2}} - \frac{k\,(3\times 10^{-8})}{(x'-16)\times 10^{-2}} = 0$$

$$\therefore \frac{k\,(5\times 10^{-8})}{x' \times 10^{-2}} = \frac{k\,(3\times 10^{-8})}{(x'-16)\times 10^{-2}}$$

$$\therefore \frac{5}{x'} = \frac{3}{x'-16}$$

$\therefore 5x' - 80 = 3x'$

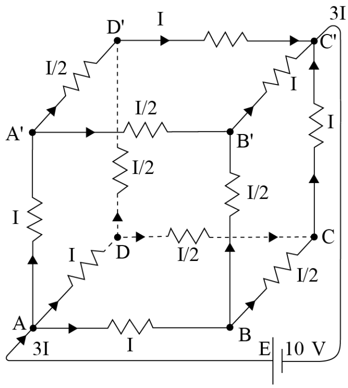
$\therefore 5x' - 3x' = 80$

$\therefore 2x' = 80$

$\therefore x' = 40$ cm

➥ આમ, q_1 (ધન વિદ્યુતભાર)થી 10 cm અંતરે અને 40 cm અંતરે વિદ્યુત સ્થિતિમાન શૂન્ય હશે.

14.

➥ 

➥ અહીં દર્શાવેલ સમઘન નેટવર્કને સરળ શ્રેણી અને સમાંતરમાં જોડેલા અવરોધોના સ્વરૂપમાં દર્શાવી શકાશે નહીં. તેથી અહીં સંમિતિનો ઉપયોગ કરીને નેટવર્કનો સમતુલ્ય અવરોધ શોધી શકાય છે.

➥ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ, A અને C' વચ્ચે અવગણ્ય આંતરિક અવરોધ ધરાવતી અને $\varepsilon = 10$ V ની બેટરીને જોડવામાં આવે છે. તેમાંથી મળતો કુલ પ્રવાહ 3I છે.

➥ માર્ગ AA', AD અને AB એ નેટવર્કમાં સંમિત રીતે આવેલ છે. તેથી દરેક માર્ગમાં વહેતો પ્રવાહ $\frac{3I}{3} = I$ જેટલો સમાન મળે છે.

➥ જંક્શન A', D અને B પાસેથી સંમિતિ પ્રમાણે દરેક શાખા (A'B', A'D', DD', DC, BB', BC) માં વિદ્યુતપ્રવાહ સમાન રીતે વહેંચાશે. તેથી આ દરેક શાખામાં વિદ્યુતપ્રવાહ $\frac{I}{2}$ થશે.

➥ જંક્શન B', C અને D' પાસે $\frac{I}{2}$ પ્રવાહ એકત્ર થાય છે. જેથી D'C', B'C' અને CC' શાખાઓમાં I પ્રવાહ થશે અને C' જંક્શન આગળ 3I પ્રવાહ વહે છે.

➥ બંધગાળા A – B – C – C' – ε – A પર કિર્ચોફનો લૂપનો નિયમ લાગુ પાડતાં,

$$-IR - \left(\frac{I}{2}\right)R - IR + \varepsilon = 0$$

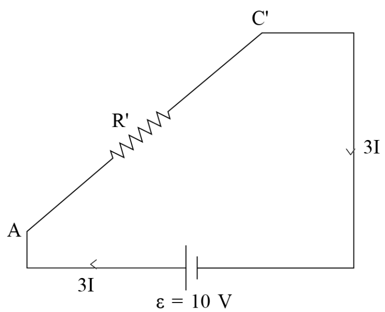
$$\therefore \varepsilon = IR + \frac{IR}{2} + IR$$

$$\therefore \varepsilon = \frac{2IR + IR + 2IR}{2}$$

$$\therefore \varepsilon = \frac{5}{2} IR \text{ ..... (1)}$$

➥ ધારો કે, A અને C' બિંદુ વચ્ચેનો સમતુલ્ય અવરોધ R' છે.

➥ સમતુલ્ય પરિપથ,



આકૃતિ પરથી

$\therefore$ સમતુલ્ય અવરોધ $R' = \frac{\varepsilon}{3I}$

$\therefore \varepsilon = R'(3I)$ ..... (2)

➥ સમીકરણ (1) અને સમીકરણ (2) સરખાવતાં,

$\therefore R'(3I) = \frac{5IR}{2}$

$\therefore R' = \frac{5}{6} R$

➥ આ સમીકરણમાં R = 1 Ω મૂકતાં,

$\therefore R' = \frac{5}{6} (1)$

$\therefore R' = \frac{5}{6} \Omega$

➥ સમીકરણ (1) પરથી,

$\varepsilon = \frac{5}{2} IR$

$\therefore 10 = \frac{5}{2} I(1)$

$\therefore I = 4 A$

➥ આકૃતિ પરથી AA', AD, AB, D'C', B'C' અને CC' ભુજાઓમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ I = 4 A મળે.

➥ તેવી જ રીતે A'D', A'B', DD', DC, BB' અને BC ભુજાઓમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ $\frac{I}{2} = \frac{4}{2} = 2 A$

15.

➥

l = 10 cm = 0.1 m	ચોરસ ગૂંચળાનું ક્ષેત્રફળ
N = 20 આંટા	$A = l^2$
I = 12 A	$A = (0.1)^2$
B = 0.8 T	$A = 0.01 m^2$
θ = 30°	

➥ પ્રવાહધારિત ગૂંચળાને ચુંબકીયક્ષેત્રમાં મૂકતાં તેના પર લાગતું ટોર્ક

$\tau = BINA \sin\theta$

$\therefore \tau = (0.8)(12)(20)(0.01) \sin 30$

$\therefore \tau = 1.92 \times \frac{1}{2}$

$\therefore \tau = 0.96$ Nm

16.

➥ (1) વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર, ચુંબકીયક્ષેત્ર અને તરંગ પ્રસરણની દિશા આ ત્રણેય પરસ્પર લંબ હોય છે.

(2) વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર અને ચુંબકીયક્ષેત્રના મૂલ્ય વચ્ચેનો સંબંધ $\frac{E_0}{B_0} = C$ અથવા $\frac{E_{rms}}{B_{rms}} = C$

(3) વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગો લંબગત અને બિનયાંત્રિક તરંગો છે.

(4) શૂન્ય અવકાશમાં વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગોનો વેગ

$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$

જ્યાં, $\propto_0$ - શૂન્ય અવકાશની પરમિએબિલિટી

ε_0 - શૂન્ય અવકાશની પરમિટિવિટી

➥ માધ્યમમાં વિદ્યુત ચુંબકીય તરંગનો વેગ

$\upsilon = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$

જ્યાં, $\propto$ - માધ્યમની પરમિએબિલિટી અને

ε - માધ્યમની પરમિટિવિટી

Liberty

17.

➥ h_2 (વાસ્તવિક ઊંડાઈ) = 12.5 cm

h_1 (આભાસી ઊંડાઈ) = 9.4 cm

n_1 (હવા માટે) = 1

➥ પાણીનો વક્રીભવનાંક (n_2)

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\therefore \frac{9.4}{12.5} = \frac{1}{n_2}$$

$$\therefore n_2 = \frac{12.5}{9.4}$$

$$\therefore n_2 = 1.33$$

આ સમીકરણ $\frac{h_i}{h_0} = \frac{n_{\text{પાતળું}}}{n_{\text{ઘટ્ટ}}}$ આ સ્વરૂપે પણ લખી શકાય છે.

જ્યાં, h_i = આભાસી ઊંડાઈ

h_0 = વાસ્તવિક ઊંડાઈ

$n_{\text{પાતળું}}$ = હવાનો વક્રીભવનાંક

$n_{\text{ઘટ્ટ}}$ = પાણીનો વક્રીભવનાંક

➥ હવે, ટાંકીને પાણીના બદલે પ્રવાહીથી તેટલી જ ઊંચાઈ સુધી ભરવામાં આવે છે.

➥ h_2 (વાસ્તવિક ઊંડાઈ) = 12.5 cm

h'_1 (આભાસી ઊંડાઈ) = ?

n_1 (હવાનો વક્રીભવનાંક) = 1

n_2 (પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક) = 1.63

$$\therefore \frac{h_1'}{h_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\therefore \frac{h_1'}{12.5} = \frac{1}{1.63}$$

$$\therefore h_1' = \frac{12.5}{1.63}$$

$$\therefore h_1' = 7.7 \text{ cm}$$

➥ સોયની આભાસી ઊંડાઈમાં થતો ઘટાડો,

$h_1 - h_1' = 9.4 - 7.7 = 1.7$ cm

➥ આમ, સોય પર માઇક્રોસ્કોપને કેન્દ્રિત કરવા માટે તેને ઉપર તરફ 1.7 cm જેટલું ખસેડવું પડે.

18.

➥ d = 0.1 mm = 10^{-4} m

D = 100 cm = 1m

$\lambda = 6000\ \mathring{A}$

➥ સહાયક વ્યતિકરણ માટે પથતફાવત = nλ જ્યાં n = 0, 1, 2, 3.....

પરંતુ પથતફાવત = $\frac{xd}{D}$

$\therefore \frac{xd}{D} = n\lambda,\ x = \frac{n\lambda D}{d}$

➥ ત્રીજી પ્રકાશીત શલાકા માટે n = 3

$x_3 = \frac{3\lambda D}{d}$ ....(1)

➥ વિનાશક વ્યતિકરણ માટે પથતફાવત = $(n + \frac{1}{2})\lambda$ જ્યાં n = 0, 1, 2, 3, 4.....

પરંતુ પથતફાવત = $\frac{xd}{D}$

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

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

➥ પાંચમી અપ્રકાશીત શલાકા માટે n = 4 મૂકતાં

$\therefore x_5 = \left(4 + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda D}{d}$

$\therefore x_5 = \frac{9\lambda D}{2d}$ ....(2)

Liberty

➥ ત્રીજી પ્રકાશીત અને પાંચમી અપ્રકાશીત શલાકા વચ્ચેનું અંતર

$\therefore x_5 - x_3 = \frac{9\lambda D}{2d} - \frac{3\lambda D}{d}$

$\therefore x_5 - x_3 = \frac{3}{2}\frac{\lambda D}{d}$

$= \frac{3 \times 6000 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 10^{-4}}$

$= 9000 \times 10^{-6}$

$= 9 \times 10^{-3}\, m$

$= 9\, mm$

19.

➥ ઈ.સ. 1905 માં આઇન્સ્ટાઇને ફોટોઇલેક્ટ્રિક અસરની ઐતિહાસિક સમજૂતી આપી. જેને માટે તેમને ઈ.સ. 1921 માં ભૌતિક વિજ્ઞાનનું નોબેલ પારિતોષિક એનાયત કરવામાં આવ્યું.

➥ આઇન્સ્ટાઇને વિકિરણ વિશે મેક્સ પ્લેન્કે આપેલ ખ્યાલને સ્વીકારી લીધો. આ ખ્યાલ પ્રમાણે વિકિરણની ઊર્જા સતત નથી. વિકિરણ એ અસતત રૂપે વિતરીત ઊર્જા ધરાવતા એકમોનું બનેલું છે. (ઊર્જાના પડિકા) આ ઊર્જાના એકમોને ફોટોન અથવા ક્વોન્ટમ કહેવામાં આવે છે.

દરેક ક્વોન્ટમ (ફોટોન)ની ઊર્જા $E = h\nu$ હોય છે.

જ્યાં, h = પ્લાન્કનો અચળાંક

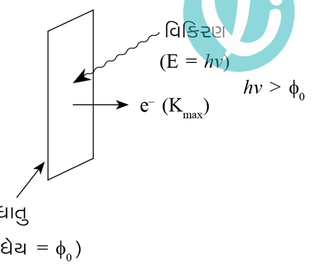
$h = 6.625 \times 10^{-34}$ J s

ν = વિકિરણની આવૃત્તિ

➥ જ્યારે વિકિરણ ધાતુની સપાટી પર આપાત થાય ત્યારે ધાતુમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોન વિકિરણના ક્વોન્ટમ સાથે આંતરક્રિયા કરે છે. આંતરક્રિયા દરમિયાન જો એક ક્વોન્ટમની ઊર્જા ($h\nu$) એ આપેલ ધાતુના કાર્યવિધેય (φ_0) કરતાં વધારે હોય, તો ઇલેક્ટ્રોન આ ક્વોન્ટમને એટલે કે ક્વોન્ટમની પૂરેપૂરી ઊર્જાને ($h\nu$ ને) શોષી લે છે અને મહત્તમ ગતિઊર્જા K_{max} સાથે ધાતુમાંથી ઉત્સર્જન પામે છે.

આમ, $K_{max} = h\nu - \varphi_0$

આ સમીકરણને આઇન્સ્ટાઇનનું ફોટોઇલેક્ટ્રિક અસરનું સમીકરણ કહે છે.



➥ જો ફોટોનની આંતરક્રિયા વધુ પ્રબળતા સાથે જોડાયેલા ઇલેક્ટ્રોન સાથે થાય, તો તે ઇલેક્ટ્રોનને બહાર આવવા માટે વધુ ઊર્જાની જરૂર હોય છે, માટે તે K_{max} કરતાં ઓછી ઊર્જા સાથે ઉત્સર્જન પામે છે.

20.

➥ બોહરની બીજી સ્વીકૃતિ :

➠ ન્યુક્લિયસની આસપાસ ઇલેક્ટ્રોન માત્ર એવીજ કક્ષાઓમાં ભ્રમણ કરે છે કે જેમાં તેનું કોણીય વેગમાન $\frac{h}{2\pi}$ ના પૂર્ણ ગુણાંકમાં હોય જ્યાં, h–પ્લાન્ક અચળાંક છે.

➠ જેનું મૂલ્ય $h = 6.625 \times 10^{-34}$ Js

➠ આમ કક્ષીય ઇલેક્ટ્રોનનું કોણીય વેગમાન

$L = \frac{nh}{2\pi}$ જ્યાં $n = 1, 2, 3$ ......

Liberty

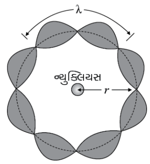
➥ ડિ-બ્રોગ્લી સમજૂતી

➠ બોહ્રે તેના પરમાણુ મોડેલમાં રજૂ કરેલી બીજી સ્વીકૃતિની સૌપ્રથમ માહિતી ડિ-બ્રોગ્લીએ આપી.

➠ ડિ-બ્રોગ્લીના અધિતર્ક મુજબ ઇલેક્ટ્રોન જેવા દ્રવ્યકણોને પણ તરંગ પ્રકૃતિ હોય છે. તેની પ્રયોગિક સમજૂતી ડેવિસન અને ગર્મરે આપી આ પરથી ડિ-બ્રોગ્લીએ એવી દલીલ કરી કે વર્તુળાકાર કક્ષામાંના ઇલેક્ટ્રોનને દ્રવ્ય તરંગ તરીકે લેવું જોઇએ.

➠ બંને છેડા જડિત આધાર સાથે બાંધેલા હોય તેવી તણાવયુક્ત દોરીને ખેંચીને છોડી દેવામાં આવે તો જુદી-જુદી તરંગલંબાઇ ધરાવતા ઘણાબધા તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે. આમ છતાં જે તરંગો માટે છેડાઓ પર નિષ્પંદ બિંદુઓ હોય અને સ્થિત તરંગો રચતા હોય તેવા તરંગો ટકી રહે છે એટલે કે દોરી પર જતાં અને પાછા આવતાં તરંગે કાપેલું અંતર તરંગલંબાઇના પૂર્ણ ગુણાંકમાં હોવું જોઇએ.

➠ જ્યારે બીજી તરંગલંબાઈઓ ધરાવતા તરંગો પરાવર્તન પામી તેમની પોતાની સાથે વ્યતીકરણ અનુભવે છે અને તેમના કંપવિસ્તાર ઝડપથી ઘટીને શૂન્ય થાય છે.



➠ r_n ત્રિજ્યાની n-મી વર્તુળાકાર કક્ષામાં ભ્રમણ કરતાં ઇલેક્ટ્રોન માટે કુલ અંતરકક્ષાના પરિઘ $2\pi r_n$ જેટલું છે.

આમ $2\pi r_n = n\lambda$ ... (1)

જ્યાં $n = 1, 2, 3, ...$

➠ પરંતુ ડિ-બ્રોગ્લી તરંગલંબાઇ $\lambda = \frac{h}{p}$

જ્યાં p ઇલેક્ટ્રોનું વેગમાન છે, જો ઇલેક્ટ્રોનની ઝડપ પ્રકાશની ઝડપ કરતાં ઘણી ઓછી હોય, તો જ વેગમાન $p = m\upsilon_n$

$\therefore \lambda = \frac{h}{m\upsilon_n}$ ... (2)

➠ સમીકરણ (2)નું મૂલ્ય સમીકરણ (1)માં મુકતાં,

$2\pi r_n = \frac{nh}{m\upsilon_n}$

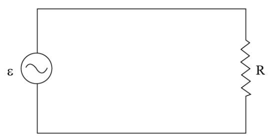
$\therefore m\upsilon_n r_n = \frac{nh}{2\pi}$

➠ આ સમીકરણ જ ઇલેક્ટ્રોનના કોણીયવેગમાન માટે બોહ્રે સૂચવેલ ક્વોન્ટમ શરત છે.

➠ આમ ડિ-બ્રોગ્લી અધિતર્કે કક્ષામાં ભ્રમણ કરતાં ઇલેક્ટ્રોનના કોણીય વેગમાનના ક્વોન્ટમીકરણ માટેની બોહ્રની બીજી સ્વીકૃતિની સમજૂતી આપી.

21.

➥



(a)

➥ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે, શુદ્ધ અવરોધક સાથે AC પ્રાપ્તિસ્થાન જોડવામાં આવે છે.

➥ AC પ્રાપ્તિસ્થાનનો વોલ્ટેજ $\upsilon = \upsilon_m \sin \omega t$ ..... (1)

જ્યાં, υ_m દોલન પામતા વિદ્યુત સ્થિતિમાનનો કંપવિસ્તાર અને ω - કોણીય આવૃત્તિ છે.

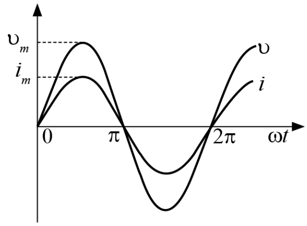
➥ અવરોધકમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ શોધવા માટે આકૃતિમાં દર્શાવેલ બંધ પરિપથ પર કિર્ચોફનો લૂપનો નિયમ લાગુ પાડતાં,

$\therefore \upsilon_m \sin \omega t = i R$

$\therefore i = \frac{\upsilon_m}{R} \sin \omega t$ (અહીં, R અચળ છે.)

$\therefore i = i_m \sin \omega t$ ..... (2)

જ્યાં, $i_m = \frac{\upsilon_m}{R}$ (વિદ્યુતપ્રવાહનો કંપવિસ્તાર) ..... (3)



(b)

➥ સમીકરણ (3) માત્ર ઓહ્મનો નિયમ છે, જે અવરોધક માટે AC વોલ્ટેજ અને પ્રવાહ બંને માટે સમાન રીતે લાગુ પડે છે.

➥ સમીકરણ (1) અને સમીકરણ (2) પરથી કહી શકાય કે, વોલ્ટેજ અને પ્રવાહ બંને સમાન કળામાં છે.

➥ એટલે કે, વોલ્ટેજ અને પ્રવાહ બંને એક જ સમયે શૂન્ય, લઘુતમ અને મહત્તમ મૂલ્ય ધારણ કરે છે.

વિભાગ C

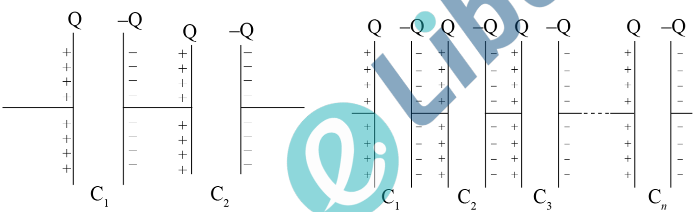
➢ **નીચે આપેલા પ્રશ્નોના માગ્યા મુજબ ઉત્તર આપો : (દરેક પ્રશ્નના ૪ ગુણ)**

22.

(a) શ્રેણી-જોડાણ અને

(b) સમાંતર જોડાણ માટે સમતુલ્ય કેપેસિટન્સ શોધવાનાં સૂત્રો તારવો.

➥ (a) શ્રેણી-જોડાણ

➠ 

➠ આકૃતિ (a)માં દર્શાવ્યા મુજબ, બે કેપેસિટર C_1 અને C_2 ને શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે.

➠ C_1 ની ડાબી બાજુની પ્લેટ અને C_2 કેપેસિટરની જમણી બાજુની પ્લેટને બેટરીના ટર્મિનલ સાથે જોડવામાં આવે છે. પરિણામે તેમના પર અનુક્રમે Q અને – Q વિદ્યુતભાર છે.

➠ પરિણામે C_1 કેપેસિટરની જમણી પ્લેટ પર – Q અને C_2 કેપેસિટરની ડાબી પ્લેટ પર +Q વિદ્યુતભાર પ્રેરિત થાય છે.

➠ આમ, શ્રેણી જોડાણમાં કેપેસિટરના કેપેસિટન્સ જુદા જુદા હોય, તો પણ દરેક કેપેસિટર પરનો વિદ્યુતભાર સમાન હોય છે.

➠ ધારો કે, કેપેસિટર C_1 અને C_2 ના બે છેડા વચ્ચે વિદ્યુત સ્થિતિમાનનો તફાવત અનુક્રમે V_1 અને V_2 છે.

➠ માટે કુલ વિદ્યુત સ્થિતિમાનનો તફાવત

$V = V_1 + V_2$ .... (1)

પરંતુ $C_1 = \frac{Q}{V_1}$

$\therefore V_1 = \frac{Q}{C_1}$ મળે તેવી જ રીતે $V_2 = \frac{Q}{C_2}$ મળે.

➠ સમીકરણ (1) પરથી,

$V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$

$\therefore \frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ .... (2)

- ધારો કે, આપેલ શ્રેણી જોડાણ માટેનું સમતુલ્ય કેપેસિટન્સ C છે.

$\therefore C = \frac{Q}{V}$ થાય.

$\therefore \frac{1}{C} = \frac{V}{Q}$ ..... (3)

- સમીકરણ (2) અને (3) પરથી,

$\therefore \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

- આકૃતિ (b) માં દર્શાવ્યા મુજબ, n કેપેસિટરને શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે. તેમના કેપેસિટન્સ અનુક્રમે C_1, C_2, C_3 .... C_n છે. તેમના દરેક પરનો વિદ્યુતભાર Q છે.
- ધારો કે, કેપેસિટરોના વિદ્યુત સ્થિતિમાનોનો તફાવત અનુક્રમે V_1, V_2, V_3 .... V_n છે.
- શ્રેણી જોડાણનો કુલ વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત

$V = V_1 + V_2 + V_3 + ... + V_n$

$\therefore V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} + ... + \frac{Q}{C_n}$

$\therefore \frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + ... + \frac{1}{C_n}$ ... (4)

- ધારો કે, આપેલ કેપેસિટરોના શ્રેણીજોડાણ માટેનું સમતુલ્ય કેપેસિટન્સ C છે.

$\therefore C = \frac{Q}{V}$

$\therefore \frac{1}{C} = \frac{V}{Q}$ ..... (5)

- સમીકરણ (4) અને (5) પરથી,

$\therefore \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + ... + \frac{1}{C_n}$

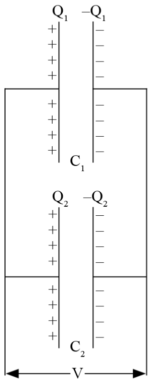
- ધારો કે, દરેક કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ C સમાન છે.

$\therefore$ સમતુલ્ય કેપેસિટન્સ $C_{eq} = \frac{C}{n}$ મળે.

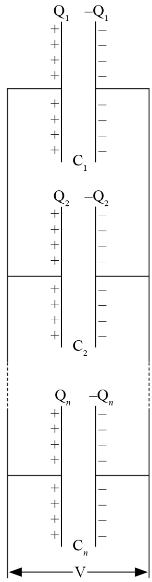
યાદ રાખો

અસરકારક કેપેસિટન્સ C નું મૂલ્ય જોડાણમાંના કેપેસિટન્સના સૌથી નાના મૂલ્ય કરતાં પણ ઓછું છે.

- (b) સમાંતર જોડાણ
  - આકૃતિ (a) માં દર્શાવ્યા મુજબ, બે કેપેસિટરો C_1 અને C_2 ને સમાંતરમાં જોડવામાં આવે છે.
  - આ પ્રકારના જોડાણમાં કેપેસિટર પર વિદ્યુત સ્થિતિમાનનો તફાવત એકસમાન હોય છે. ધારો કે, તેનું મૂલ્ય V છે.
  - કેપેસિટર '1' ની પ્લેટ પરનો વિદ્યુતભાર $(\pm Q_1)$ અને કેપેસિટર '2' ની પ્લેટ પરનો વિદ્યુતભાર $(\pm Q_2)$ છે.
  - Q = CV સૂત્ર પરથી, પ્રથમ કેપેસિટર માટે $Q_1 = C_1V$ અને બીજા કેપેસિટર માટે $Q_2 = C_2V$ મળે.



(a)



(b)

- સમતુલ્ય કેપેસિટર પરનો વિદ્યુતભાર

$Q = Q_1 + Q_2$

$\therefore Q = C_1V + C_2V$

$\therefore Q = V(C_1 + C_2)$

$\therefore \frac{Q}{V} = C_1 + C_2$

- ધારો કે, આપેલ સમાંતર જોડાણ માટે સમતુલ્ય કેપેસિટન્સ C છે.

$\therefore C = \frac{Q}{V}$ થાય.

$\therefore C = C_1 + C_2$

- આકૃતિ (b) માં દર્શાવ્યા મુજબ, C_1, C_2, C_3 ..... C_n એમ કુલ n કેપેસિટરને સમાંતરમાં જોડવામાં આવેલ છે. દરેક માટે વિદ્યુત સ્થિતિમાનનો તફાવત V અને દરેક કેપેસિટર પરનો વિદ્યુતભાર અનુક્રમે Q_1, Q_2, Q_3 ..... Q_n છે.

- સમતુલ્ય કેપેસિટર પરનો વિદ્યુતભાર

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + ... + Q_n$

$\therefore Q = C_1V + C_2V + C_3V + ... + C_nV$

$\therefore \frac{Q}{V} = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n$

- ધારો કે, આપેલ સમાંતર જોડાણ માટે સમતુલ્ય કેપેસિટન્સ C છે.

$\therefore C = \frac{Q}{V}$

- આમ, $C = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n$ મળે.
- ધારો કે, દરેક કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ 'C' સમાન છે.

$\therefore$ સમતુલ્ય કેપેસિટન્સ $C_{eq} = nC$ મળે.

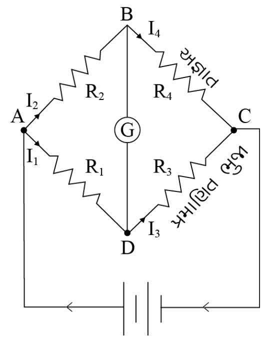
યાદ રાખો

સમતુલ્ય કેપેસિટન્સનું મૂલ્ય જોડાણમાંના કેપેસિટન્સના સૌથી મોટા મૂલ્ય કરતાં પણ મોટું હોય છે.

Liberty

23.

- આકૃતિમાં દર્શાવેલા પરિપથને વ્હીટસ્ટન બ્રિજ કહે છે. તેમાં ચાર અવરોધ R_1, R_2, R_3 અને R_4 નો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. તેમાંથી ત્રણ અવરોધ જ્ઞાત (જાણીતા મૂલ્ય ધરાવતાં) અને એક અવરોધ અજ્ઞાત (જેનું મૂલ્ય જાણતા નથી) હોય છે.
- અજ્ઞાત અવરોધનું મૂલ્ય શોધવા માટે વ્હીટસ્ટન બ્રિજ પરિપથનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.
- આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ વિકર્ણના સામ-સામે આવેલાં બે બિંદુઓ (આકૃતિમાં A અને C)ની જોડ વચ્ચે ઉદ્‌ગમ જોડવામાં આવે છે, તેથી AC ને બેટરી ભુજા (Battery arm) કહે છે.
- બીજાં બે શિરોબિંદુ B અને D વચ્ચે ગેલ્વેનોમીટર-G જોડવામાં આવે છે, તેને ગેલ્વેનોમીટર ભુજા કહે છે.



- A અને C બિંદુ વચ્ચે બેટરી જોડતાં અવરોધ R_1, R_2, R_3 અને R_4 માંથી વહેતાં વિદ્યુતપ્રવાહો અનુક્રમે I_1, I_2, I_3 અને I_4 મળે છે.
- અહીં, ત્રણ જ્ઞાત અવરોધના મૂલ્ય એવી રીતે પસંદ કરવામાં આવે છે કે, જેથી ગેલ્વેનોમીટરમાંથી પસાર થતો વિદ્યુત પ્રવાહ શૂન્ય થાય. (I_g = 0)
- જ્યારે ગેલ્વેનોમીટરમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ શૂન્ય થાય ત્યારે બ્રિજ સંતુલિત અવસ્થામાં છે તેમ કહેવાય.
- બ્રિજની સમતોલન અવસ્થા માટે આકૃતિ પરથી $I_1 = I_3$ અને $I_2 = I_4$ મળે.
- બંધગાળા $A - D - B - A$ પર કિર્ચોફનો લૂપનો નિયમ લાગુ પાડતાં,

  $-I_1R_1 + 0 + I_2R_2 = 0$

  $\therefore I_1R_1 = I_2R_2$ ..... (1)
- બંધગાળા $C - B - D - C$ પર કિર્ચોફનો લૂપનો નિયમ લાગુ પાડતાં,

  $I_4R_4 + 0 - I_3R_3 = 0$

  $\therefore I_3R_3 = I_4R_4$ ..... (2)
- સમીકરણ (1) અને (2) નો ગુણોત્તર લેતાં,

  $$\therefore \frac{I_1R_1}{I_3R_3} = \frac{I_2R_2}{I_4R_4}$$

  પરંતુ $I_1 = I_3$ અને $I_2 = I_4$

  $$\therefore \frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \text{ અથવા } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$
- જે વ્હીટસ્ટન બ્રિજ પરિપથ સમતોલનમાં હોવા માટેની શરત છે.
- જો ત્રણ અવરોધ R_1, R_2 અને R_3ના મૂલ્યો જ્ઞાત હોય તો R_4નું મૂલ્ય $R_4 = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1}$ નાં સૂત્ર પરથી મેળવી શકાય છે.

24.

- જ્યારે પ્રાથમિક ગૂંચળાને પ્રત્યાવર્તી (AC) વોલ્ટેજ લાગુ પાડવામાં આવે છે ત્યારે પરિણામી પ્રવાહ પ્રત્યાવર્તી ચુંબકીય ફ્લક્સ ઉત્પન્ન કરે છે, જે ગૌણ ગૂંચળા સાથે સંકળાય છે અને તેમાં *emf* પ્રેરિત કરે છે. આ *emf* ના મૂલ્યનો આધાર ગૌણ ગૂંચળાના આંટાની સંખ્યા પર હોય છે.

➥ અહીં ધ્યાનમાં લીધેલ ટ્રાન્સફોર્મર આદર્શ છે, તેથી તેનો પ્રાઇમરી કોઇલનો અવરોધ આદર્શ રીતે શૂન્ય લઈ શકાય.

➥ પરિણામે પ્રાથમિક અને ગૌણ ગૂંચળા સાથે સંકળાયેલ ચુંબકીય ફ્લક્સ સમાન મળે છે.

➥ ધારો કે, પરિપથમાં જોડેલ AC વોલ્ટેજ (υ_p) ના કારણે ગૂંચળાના પ્રત્યેક આંટા સાથે સંકળાયેલ ચુંબકીય ફ્લક્સ φ છે.

➥ પરિણામે ગૌણ ગૂંચળામાં પ્રેરિત *emf*

$$\varepsilon_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \quad ..... (1)$$

જ્યાં, N_s ગૌણ ગૂંચળામાં આંટાની સંખ્યા

➥ પ્રાથમિક ગૂંચળામાં પ્રેરિત *emf*

$$\varepsilon_p = -N_p \frac{d\phi}{dt} \quad ..... (2)$$

જ્યાં, N_p પ્રાથમિક ગૂંચળામાં આંટાની સંખ્યા

➥ પરંતુ $\varepsilon_p = \upsilon_p$ જો આવું ન હોય, તો પ્રાઇમરી કોઇલના શૂન્ય અવરોધના કારણે પ્રવાહ અનંત થઈ જાય.

➥ જો ગૌણ ગૂંચળું એક ખુલ્લો પરિપથ હોય અથવા તેમાંથી મેળવાતો પ્રવાહ ઓછો હોય, તો $\varepsilon_s = \upsilon_s$ લઈ શકાય છે.

➥ સમીકરણ (1) અને સમીકરણ (2) પરથી,

$$\upsilon_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \quad ... (3) \text{ અને}$$

$$\upsilon_p = -N_p \frac{d\phi}{dt} \quad ... (4)$$

(જ્યાં, υ_s ગૌણ ગુંચળાના બે છેડા વચ્ચેનો વોલ્ટેજ છે.)

➥ સમીકરણ (3) અને (4) નો ગુણોત્તર લેતાં,

$$\frac{\upsilon_s}{\upsilon_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

➥ આ સંબંધ મેળવવા માટે નીચેની ત્રણ ધારણાઓ ધ્યાનમાં લીધેલ છે :

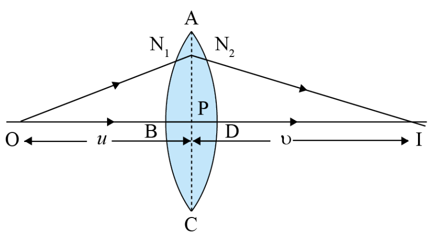
(1) પ્રાથમિક ગૂંચળાનો અવરોધ અને તેમાંથી વહેતો પ્રવાહ ઘણો નાનો છે.

(2) પ્રાથમિક અને ગૌણ બંને ગૂંચળામાં આંટા દીઠ સમાન ચુંબકીય ફ્લક્સ સંકળાય છે.

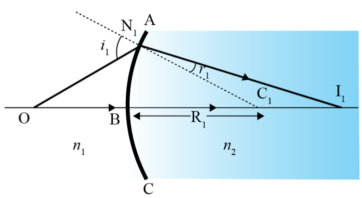
(3) સેકન્ડરી પ્રવાહનું મૂલ્ય ઓછું છે.

25.

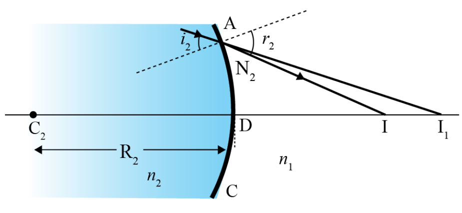
➥



(a)



(b)



(c)

➥ આકૃતિ (a) બહિર્ગોળ લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબની ભૂમિતિ દર્શાવી છે.

➥ બિંદુવત્ વસ્તુ O ને ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી u જેટલા અંતરે મૂકવામાં આવેલ છે. લેન્સની બીજી બાજુએ પ્રતિબિંબ I મળે છે. અહીં પ્રતિબિંબ-અંતર υ છે. લેન્સની બંને સપાટીની વક્રતાત્રિજ્યા અનુક્રમે R_1 અને R_2 છે. તેમજ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ f છે.

➥ અહીં પ્રતિબિંબની રચના બે તબક્કે જોઈ શકાય :

(i) પ્રથમ વક્રીકારક સપાટી (ABC સપાટી) વસ્તુ O નું પ્રતિબિંબ I_1 આપે છે. (આકૃતિ b)

(ii) આ પ્રતિબિંબ I_1 એ બીજી વક્રીકારક સપાટી (ADC સપાટી) માટે આભાસી વસ્તુ તરીકે વર્તે છે. (આકૃતિ c)

➥ પ્રથમ આંતરપૃષ્ઠ ABC પાસે થતાં વક્રીભવન માટે,

$$\frac{n_1}{OB} + \frac{n_2}{BI_1} = \frac{n_2 - n_1}{BC_1} \quad \ldots (1)$$

➥ બીજા આંતરપૃષ્ઠ ADC પાસે આવી જ પ્રક્રિયા કરતાં,

$$-\frac{n_2}{DI_1} + \frac{n_1}{DI} = \frac{n_2 - n_1}{DC_2}$$

➥ પરંતુ પાતળા લેન્સ માટે,

$BI_1 = DI_1$

$$\therefore -\frac{n_2}{BI_1} + \frac{n_1}{DI} = \frac{n_2 - n_1}{DC_2} \quad \ldots (2)$$

➥ સમીકરણ (1) અને (2) નો સરવાળો કરતાં,

$$\frac{n_1}{OB} + \frac{n_1}{DI} = \frac{n_2 - n_1}{BC_1} + \frac{n_2 - n_1}{DC_2} \quad \ldots (3)$$

➥ ધારો કે, વસ્તુ અનંત અંતરે રહેલી છે.

પરિણામે OB → ∞ (અનંત) અને DI → f (કેન્દ્રલંબાઈ)

➥ સમીકરણ (3) પરથી,

$$0 + \frac{n_1}{f} = \frac{n_2 - n_1}{BC_1} + \frac{n_2 - n_1}{DC_2}$$

$$\therefore \frac{n_1}{f} = (n_2 - n_1)\left(\frac{1}{BC_1} + \frac{1}{DC_2}\right)$$

➥ આ સમીકરણમાં $BC_1 = R_1$ અને $DC_2 = -R_2$ મૂકતાં (સંજ્ઞા પદ્ધતિ અનુસાર ધન અને ઋણ નિશાની નક્કી કરેલ છે.)

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

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

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

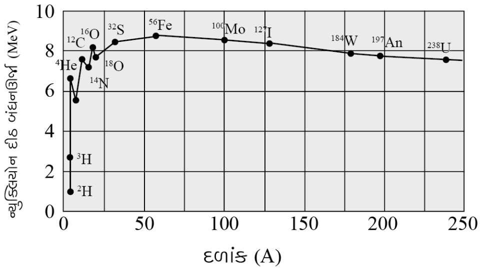
$$\therefore \frac{1}{f} = (n_{21} - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

➥ આ સમીકરણને લેન્સમેકરનું સમીકરણ કહે છે.

➥ લેન્સમેકરનું આ સૂત્ર અંતર્ગોળ લેન્સ માટે પણ સાચું છે. અંતર્ગોળ લેન્સ માટે R_1 ઋણ છે અને R_2 ધન છે. આથી, f ઋણ મળે છે.

Liberty

26.

➥ 

➥ (i) આ બળ આકર્ષણ પ્રકારનું છે અને ન્યુક્લિયોન દીઠ કેટલાક MeV ની બંધનઊર્જા ઉત્પન્ન કરવા માટે પૂરતું પ્રબળ છે.

➥ (ii) $30 < A < 170$ વિસ્તારમાં E_{bn} (ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જા)નું લગભગ અચળ મૂલ્ય હોવું એ, ન્યુક્લિયર બળ ટૂંકા અંતરી હોવાનું પરિણામ છે.

- મોટા ન્યુક્લિયસના અંતરિયાળ વિસ્તારમાં રહેલાં એક ન્યુક્લિયોનનો વિચાર કરો. આ ન્યુક્લિયોન ન્યુક્લિયર બળની અવધિના અંતરમાં રહેલા બીજા ન્યુક્લિયોન સાથે આંતરક્રિયા કરી શકે છે.
- જો કોઈ એક ન્યુક્લિયોનથી બીજો કોઈ ન્યુક્લિયોન ન્યુક્લિયર બળની અવધિ કરતાં વધુ અંતરે રહેલો હોય, તો આ બે ન્યુક્લિયોન વચ્ચે કોઈ આંતરક્રિયા થતી નથી (બે ન્યુક્લિયોન વચ્ચે કોઈ બળ લાગતું નથી).
- ધારો કે કોઈ ન્યુક્લિયોનને ન્યુક્લિયર બળની અવધિની અંદરના વિસ્તારમાં મહત્તમ p પાડોશી ન્યુક્લિયોન આવેલા છે. આ બધા ન્યુક્લિયોન ધ્યાનમાં લીધેલ ન્યુક્લિયોન પર બળ લગાડે છે, જેના કારણે ધ્યાનમાં લીધેલ ન્યુક્લિયોન બંધનઊર્જા ધરાવે છે. આ બંધનઊર્જા p ના સમપ્રમાણમાં હોય છે. બંધનઊર્જા pk જ્યાં, k - સમપ્રમાણતાનો અચળાંક છે.
- જો આપણે અન્ય ન્યુક્લિયોન ઉમેરીને Aનું મૂલ્ય વધારીએ તો તેઓ, અંતરિયાળ ભાગમાંના ન્યુક્લિયોનની બંધનઊર્જા વધારતા નથી.
- મોટા ન્યુક્લિયસમાં મોટા ભાગના ન્યુક્લિયોન સપાટી પર નહિ પણ અંદરના ભાગમાં રહેતાં હોવાથી ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જામાંનો ફેરફાર નાનો હોય છે. જેને અવગણી શકાય છે. ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જા અચળ છે. આ ઊર્જા લગભગ pk બરાબર હોય છે.
- ધ્યાનમાં લીધેલ ન્યુક્લિયોન માત્ર તેની નજીકના ન્યુક્લિયોનને જ અસર કરે છે. એ ગુણધર્મને ન્યુક્લિયર બળનો સંતૃપ્તતાનો ગુણધર્મ પણ કહે છે.

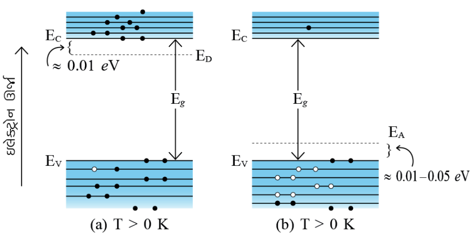
➥ (iii) ઘણા ભારે ન્યુક્લિયસ (જેવાં કે $A = 240$) માટે ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જા (E_{bn}) નું મૂલ્ય $A = 120$ હોય તેવા ન્યુક્લિયસની સરખામણીએ ઓછું છે.

- આમ, જો $A = 240$નો ન્યુક્લિયસ $A = 120$ના બે ન્યુક્લિયસ બનાવે તો E_{bn} ના મૂલ્યમાં વધારો થાય છે, એટલે કે આ પ્રક્રિયા દરમિયાન ઊર્જા મુક્ત થાય છે. આ પ્રક્રિયાને ન્યુક્લિયર વિખંડન પ્રક્રિયા કહે છે. ન્યુક્લિયર રિએક્ટરમાં આ પ્રક્રિયા નિયંત્રિત રીતે થાય છે.

➥ (iv) બે ખૂબ હલકા ($A \le 10$) ન્યુક્લિયસ ભેગાં મળીને એક ભારે ન્યુક્લિયસ બનાવે તો આ પ્રક્રિયા દરમિયાન ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જામાં વધારો થાય છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન પણ ઊર્જા મુક્ત થાય છે. આ પ્રક્રિયાને ન્યુક્લિયર સંલયન પ્રક્રિયા કહે છે. સૂર્યમાં ચાલતી તાપ ન્યુક્લિયર સંલયન પ્રક્રિયાને કારણે તેમાંથી ઊર્જા છુટી પડે છે.

27.

➥ અર્ધવાહકના ઊર્જા બેન્ડની રચના ડોપિંગને કારણે બદલાય છે. અશુદ્ધ અર્ધવાહકોમાં દાતા અશુદ્ધિઓ અને સ્વીકારનાર અશુદ્ધિઓના કારણે વધારાનાં ઊર્જાસ્તરો (E_D અને E_A) પર હાજર હોય છે.



એક ઉષ્માજનિત ઇલેક્ટ્રોન-હોલ જોડકું,
તથા દાતા પરમાણુઓના 9 ઇલેક્ટ્રોન

- n-પ્રકારના Si અર્ધવાહકમાં દાતા ઊર્જાસ્તર E_D એ કન્ડક્શન બેન્ડના તળિયાના સ્તરમાંથી થોડુંક નીચે હોય છે અને આ સ્તરમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોનને બહુ ઓછી ઊર્જા આપવાથી પણ કન્ડક્શન બેન્ડમાં જાય છે.
- ઓરડાના તાપમાને મોટા ભાગના દાતા પરમાણુઓ આયનીકૃત થાય છે, પરંતુ Si ના ઘણા ઓછા ($\sim 10^{12}$) પરમાણુઓ આયનીકૃત થાય છે. આથી, કન્ડક્શન બેન્ડમાં મોટા ભાગના ઇલેક્ટ્રોન દાતા અશુદ્ધિમાંથી મળે છે, જે આકૃતિ (a)માં દર્શાવેલ છે.
- p-પ્રકારના અર્ધવાહક માટે એક્સેપ્ટર ઊર્જા સ્તર E_A, વેલેન્સ બેન્ડ E_V ના ટોચના સ્તરથી થોડુંક ઉપર હોય છે, જે આકૃતિ (b)માં દર્શાવેલ છે.
- ઓરડાના તાપમાને મોટા ભાગના ગ્રાહી (એક્સેપ્ટર) પરમાણુઓ આયનીકૃત થાય છે, જે વેલેન્સ બેન્ડમાં હોલ ઉત્પન્ન કરે છે.
- આમ, ઓરડાના તાપમાને વેલેન્સ બેન્ડમાં હોલની સંખ્યા ઘનતા મોટે ભાગે અશુદ્ધ અર્ધવાહકમાં રહેલી અશુદ્ધિના કારણે હોય છે. ઉષ્મીય સંતુલનમાં ઇલેક્ટ્રોન અને હોલની સંખ્યા $n_e n_h = n_i^2$.