# 17 વિકિરણ અને દ્રવ્યનો દ્વૈત સ્વભાવ

| વૈજ્ઞાનિકનાં નામ | | શોધ |
|---|---|---|
| જીન પેરિન | - | ઇલેક્ટ્રૉનની શોધ કરી. |
| મિલિકાન | - | ઇલેક્ટ્રૉન પરનો વિદ્યુતભાર |
| જે. જે. થોમ્સન | - | $\frac{e}{m}$ નું મૂલ્ય શોધ્યું. |
| વિલિયમ રોન્ટજન | - | ક્ષ-કિરણોની શોધ કરી. |
| હેન્રી બેક્વેરલ અને મેડમ ક્યુરી | - | રેડિયો ઍક્ટિવિટી |
| હર્ટ્ઝ | - | ફોટો ઇલેક્ટ્રિક અસર |

**ઇલેક્ટ્રૉનના ઉત્સર્જનની રીતો :**

(1) ઉષ્માજનિત ઉત્સર્જન : ધાતુના ફિલામેન્ટમાંથી યોગ્ય મૂલ્યનો વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતા તે ગરમ થાય છે અને ઇલેક્ટ્રૉનનું ઉત્સર્જન થાય છે.

(2) ફિલ્ડ ઉત્સર્જન : ધાતુ પર આશરે $10^8\ Vm^{-1}$ના ક્રમનું વિદ્યુતક્ષેત્ર લાગુ પાડતાં ઇલેક્ટ્રૉન ધાતુમાંથી બહાર ખેંચાઈ આવે છે.

(3) ફોટો ઇલેક્ટ્રિક ઉત્સર્જન : જ્યારે ધાતુની સ્વચ્છ કરેલી સપાટી પર પૂરતી ઊંચી આવૃત્તિવાળું વિદ્યુત ચુંબકીય વિકિરણ આપાત થાય છે ત્યારે સપાટીમાંથી ઇલેક્ટ્રૉનનું ઉત્સર્જન થાય છે. આ ઘટનાને ફોટો ઇલેક્ટ્રિક અસર કહે છે.

અને આ રીતે ઉત્સર્જાતા ઇલેક્ટ્રૉનને ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સ કહે છે.

**વર્ક-ફંક્શન (થ્રેશોલ્ડ ઊર્જા)**

ધાતુની સપાટી પરથી ઇલેક્ટ્રૉનના ઉત્સર્જન માટે (મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉનને સપાટીની બહાર લાવવા માટે) આપવી પડતી લઘુતમ ઊર્જાને તે ધાતુની સપાટીનું વર્ક-ફંક્શન ($\phi_0$) કહે છે.

$\phi_0 = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$ જ્યાં $f_o$ = થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ, $\lambda_0$ = થ્રેશોલ્ડ તરંગલંબાઈ

વર્ક-ફંક્શન ઇલેક્ટ્રૉન વૉલ્ટમાં $\phi_0\ (eV) = \frac{hc}{e\lambda_o} = \frac{12375}{\lambda_0\left(\text{Å}\right)}$

(પ્લાન્કનો અચળાંક $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js લેતાં)

**થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ** $(f_0)$ : આપેલી ધાતુની સપાટી પરથી ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સનું ઉર્ત્સજન કરવા માટે આપાત પ્રકાશની જરૂરી એવી લઘુતમ આવૃત્તિને આપેલી ધાતુની થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ $(f_0)$ કહે છે.

ફોટો ઇલેક્ટ્રૉન્સના ઉત્સર્જન માટે આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ $f \geq f_0$

**થ્રેશોલ્ડ તરંગલંબાઈ $(\lambda_0)$**

આપેલી ધાતુની સપાટી પરથી ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સનું ઉત્સર્જન કરવા માટે આપાત પ્રકાશની તરંગલંબાઈનું મૂલ્ય અમુક મહત્તમ કે તેના કરતાં ઓછું હોવું જરૂરી છે. આ મહત્તમ તરંગલંબાઈને આપેલી ધાતુની થ્રેશોલ્ડ તરંગલંબાઈ $(\lambda_0)$ કહે છે.

ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સના ઉત્સર્જન માટે $\lambda \leq \lambda_0$

**(1) આપાત પ્રકાશની તીવ્રતાની અસર :**

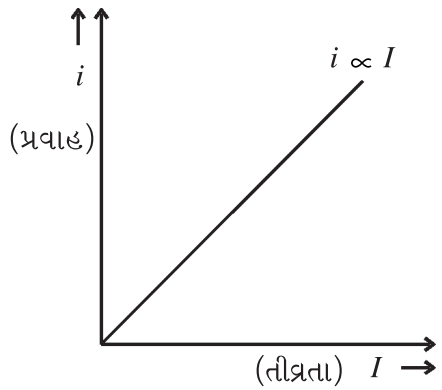
આપાત પ્રકાશની તીવ્રતા વધારતા (આવૃત્તિ અચળ રાખીને) ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સની સંખ્યા અને તેથી ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક પ્રવાહ વધે છે. પણ ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ગતિઊર્જા બદલાતી નથી. એટલે કે સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલના મૂલ્યમાં કોઈ ફેર પડતો નથી.

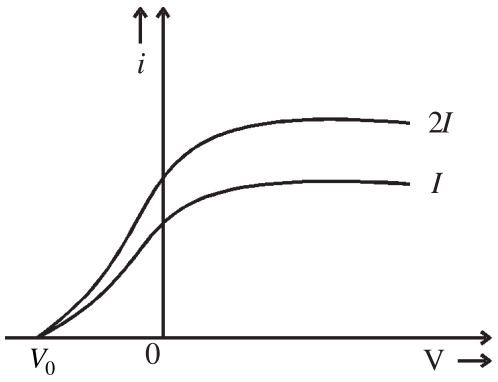
$\therefore$ તીવ્રતા $I \propto$ આપાત ફોટોનની સંખ્યા $\propto$ 1 સેકન્ડમાં ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સની સંખ્યા

$\alpha$ ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક પ્રવાહ

$\alpha \frac{1}{(\text{અંતર})^2}$ (બિંદુવત્ ઉદ્ગમ માટે)

$\alpha \frac{1}{(\text{અંતર})}$ (રેખીય ઉદ્ગમ માટે)




**(2) સ્થિતિમાનની અસર :**

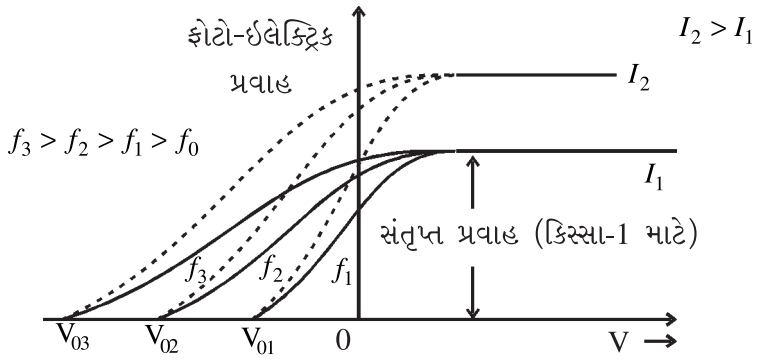
- જ્યારે કલેક્ટર C ને ઉત્સર્જક સપાટી Sની સાપેક્ષે ધન વિભવે રાખતા ઉત્સર્જાતા બધા જ ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન કલેક્ટર C તરફ આકર્ષાય છે અને માઇક્રો એમિટરમાં પ્રવાહ નોંધાય છે.
- એક ચોક્કસ મૂલ્યના ધન વિભવે જ્યારે ઉત્સર્જાતા બધા જ ઇલેક્ટ્રૉન્સ કલેક્ટર પર પહોંચે છે, તે પછી ધન વિભવ વધારવા છતાં રચાતા પ્રવાહ પર તેની અસર થતી નથી. આ પ્રવાહને સંતૃપ્ત પ્રવાહ (Saturation Current) કહે છે.
- જ્યારે Cને Sની સાપક્ષે ઋણ વિભવે રાખીને આ ઋણ વિભવનું મૂલ્ય વધારતા કલેક્ટર પર પહોંચતા ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સની સંખ્યામાં (ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક પ્રવાહમાં) ક્રમશઃ ઘટાડો થાય છે.

- કલેક્ટર C પરના અમુક લઘુતમ મૂલ્યનાં ઋણ વિભવે જ્યારે મહત્તમ ગતિઊર્જા ધરાવતા ઇલેક્ટ્રૉન્સ પણ કલેક્ટર સુધી પહોંચી શકતા નથી ત્યારે ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક પ્રવાહ શૂન્ય થાય છે. S ની સાપેક્ષે C પરના આ લઘુતમ ઋણ વિભવને સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલ અથવા કટ ઑફ પોટેન્શિયલ $(V_0)$ કહે છે. (Stopping cutoff retarding potential)
- જો સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય $V_0$ હોય, તો ઇલેક્ટ્રૉનને આ વિભવ તફાવત પાર કરવા માટે જરૂરી ઊર્જા $= eV_0$

  જો ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉનની મહત્તમ ઝડપ $v_{max}$ હોય તો, $eV_0 = \frac{1}{2} mv_{max}^2$

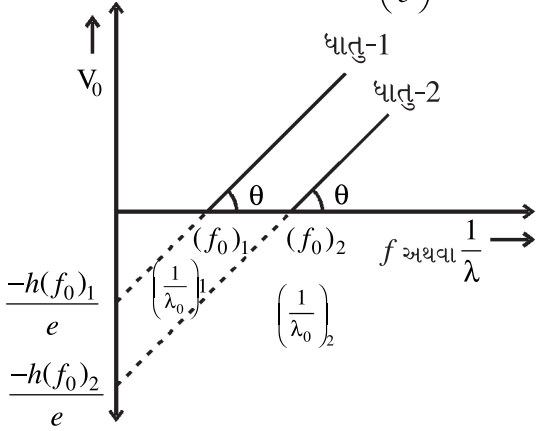
### (3) આવૃત્તિની અસર :

આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ $(> f_0)$ વધારતા ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ગતિઊર્જામાં વધારો થાય છે. તેથી સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલમાં વધારો થાય છે, પણ ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક પ્રવાહ અચળ રહે છે.




### (4) ફોટો સંવેદી સપાટીની અસર :

જ્યારે આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ અને તીવ્રતા અચળ રાખીને ફોટો સંવેદી સપાટી બદલવામાં આવે છે. સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલ $(V_0) \rightarrow$ આવૃત્તિ $(f)$ના આલેખ એકબીજાને સમાંતર એવા સુરેખ મળે છે. જે $x$-અક્ષને (આવૃત્તિ અક્ષને) અને $y$-અક્ષને અલગ અલગ બિંદુમાં છેદે છે. જે દર્શાવે છે કે જુદી જુદી ધાતુ માટે થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિના મૂલ્યો જુદા જુદા હોય છે પણ આલેખનો ઢાળ $\left(\frac{h}{e}\right)$ એ દરેક ધાતુ માટે સમાન મળે છે.




આલેખ પરથી સ્પષ્ટ છે કે ધાતુ–2 માટે થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ અને વર્ક-ફંક્શનનાં મૂલ્યો એ ધાતુ–1નાં મૂલ્યો કરતા વધારે છે.

- ફોટો ઇલેક્ટ્રિક અસર માટે આઇન્સ્ટાઇનનું સમીકરણ

  ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ગતિઊર્જા

  $K_{max} = hf - \phi_0$

  $\frac{1}{2}mv_{max}^2 = hf - hf_0 = h(f - f_0)$

  $\frac{1}{2}mv_{max}^2 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) \Rightarrow v_{max} = \sqrt{\frac{2hc}{m}\frac{(\lambda_0 - \lambda)}{\lambda\lambda_0}}$

  આ સમીકરણને આઇન્સ્ટાઇનનું ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક સમીકરણ કહે છે.

- સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલ અને આવૃત્તિ વચ્ચેનો સંબંધ :

  સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલની વ્યાખ્યા પ્રમાણે,

  $\frac{1}{2}mv_{max}^2 = eV_0$

  $\therefore \quad eV_0 = h(f - f_0) = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$

  $\therefore \quad V_0 = \frac{hc}{e}\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) = 12375\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$

  $V_0 \to f$ ના આલેખમાં

  $V_0 = \frac{h}{e}(f - f_0) = \frac{hf}{e} - \frac{hf_0}{e}$ ને સુરેખાના સમીકરણ

  $y = mx + c$ સાથે સરખાવતાં, આલેખનો ઢાળ $\frac{h}{e}$ મળે છે તથા $x-$અક્ષ પરનો અંતઃખંડ $f_0$ અને $y-$અક્ષ પરનો અંતઃખંડ $\frac{-hf_0}{e}$ થશે.

---

(1) ટંગસ્ટન અને સોડિયમ માટે વર્ક-ફંક્શનો અનુક્રમે 4.6 eV અને 2.3 eV છે. સોડિયમની થ્રેશોલ્ડ તરંગલંબાઈ 5460 $\mathring{A}$ હોય, તો ટંગસ્ટનની થ્રેશોલ્ડ તરંગલંબાઈ _____ .

(A) 10682 $\mathring{A}$ (B) 2730 $\mathring{A}$ (C) 526 $\mathring{A}$ (D) 5892 $\mathring{A}$

(2) ધાતુની સપાટી પરથી ઉત્સર્જિત થતા ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉનનો મહત્તમ વેગ $5 \times 10^6$ $ms^{-1}$ છે. જો ઇલેક્ટ્રૉનનો વિશિષ્ટ વિદ્યુતભાર (Specific charge) $1.8 \times 10^{11}$ $Ckg^{-1}$ હોય, તો સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય (લગભગ) _____.

(A) 2 V (B) 3 V (C) 7 V (D) 4 V

(3) ફોટોસેલ પર આપાત પ્રકાશની તીવ્રતા ચાર ગણી કરતા ઉત્સર્જિત થતા ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા અને મહત્તમ ગતિઊર્જા અનુક્રમે _____ અને _____ .

(A) ચાર ગણી થશે, બમણી થશે. (B) ચાર ગણી થશે, અચળ રહેશે.

(C) બમણી થશે, અચળ રહેશે. (D) અચળ રહેશે, બમણી થશે.

(4) એક ફોટોસેલ પર આપાત પ્રકાશની તરંગલંબાઈ $\lambda$ હોય, તો ઉત્સર્જિત ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ઝડપ $v$ છે. જો આપાત પ્રકાશની તરંગલંબાઈ $\frac{3\lambda}{4}$ કરવામાં આવે, તો ઉત્સર્જિત ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ઝડપ _____.

(A) $\sqrt{\frac{4}{3}}$ V કરતા વધારે. (B) $\sqrt{\frac{4}{3}}$ V જેટલી (C) $\sqrt{\frac{4}{3}}$ V કરતા ઓછી (D) $\sqrt{\frac{3}{2}}$ V જેટલી

(5) 0.6 μm તરંગલંબાઈવાળો એક પ્રકાશ એક ધાતુની સપાટી પર આપાત કરતા ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સ ઉત્સર્જિત થાય છે તથા સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય 0.5 V મળે છે. જો એ જ સપાટી 0.4 μm તરંગલંબાઈનો પ્રકાશ આપાત કરતાં સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય 1.5 V મળે છે, તો ધાતુની સપાટીનું વર્ક-ફંક્શન _____.

(A) 1.5 eV (B) 0.75 eV (C) 2.5 eV (D) 3 eV

(6) જ્યારે ધાતુની સપાટી પર $\lambda$ તરંગલંબાઈવાળો પ્રકાશ આપાત કરવામાં આવે ત્યારે સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય $4\,V_0$ મળે છે, અને જ્યારે $2\lambda$ તરંગલંબાઈવાળો પ્રકાશ આપાત કરવામાં આવે ત્યારે સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલ $V_0$ મળે છે, તો ધાતુની સપાટી માટે થ્રેશોલ્ડ તરંગલંબાઈ _____.

(A) $6\lambda$ (B) $8\lambda$ (C) $3\lambda$ (D) $\frac{\lambda}{4}$

(7) એક ફોટો સંવેદી સપાટી પર આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ બમણી કરતા તેના સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય _____.

(A) બમણું થશે. (B) બમણા કરતાં વધારે થશે.

(C) અડધું થશે. (D) બમણા કરતાં ઓછું થશે.

(8) સોડિયમ ધાતુની સપાટી પર વારાફરતી અનુક્રમે પારજાંબલી વિકિરણ અને દ્રશ્યપ્રકાશ આપાત કરવામાં આવે છે અને સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલનાં મૂલ્યો માપવામાં આવે છે, તો સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય _____.

(A) બંને કિસ્સામાં સમાન હશે. (B) દ્રશ્યપ્રકાશ માટે વધારે હશે.

(C) પારજાંબલી વિકિરણ માટે વધારે હશે. (D) ગમે તેમ બદલાશે.

(9) બે જુદી જુદી આવૃત્તિવાળાં વિકિરણો કે જેમના ફોટોનની ઊર્જાઓ અનુક્રમે 1 eV અને 5 eV હોય તેને 0.5 eV જેટલું વર્ક-ફંક્શન ધરાવતી ધાતુની સપાટી પર વારાફરતી આપાત કરવામાં આવે છે, તો બંને કિસ્સામાં ઉત્સર્જિત ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ઝડપનો ગુણોત્તર = _____.

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

(10) $\frac{hc}{\lambda_0}$ વર્ક-ફંક્શન ધરાવતી એક ધાતુની સપાટી પર $\lambda$ તરંગલંબાઈ ધરાવતું વિકિરણ આપાત કરવામાં આવે છે. જો $\lambda_0$ એ ધાતુની સપાટી માટે થ્રેશોલ્ડ તરંગલંબાઈ હોય, તો સપાટી પરથી ફોટોઇલેક્ટ્રૉન્સનું ઉત્સર્જન મેળવવા માટે _____.

(A) $\lambda \geq \lambda_0$ (B) $\lambda \leq \lambda_0$ (C) $\lambda = 4\lambda_0$ (D) $\lambda \geq 2\lambda_0$

(11) એક ફોટોસેલથી એક બિંદુવત ઉદ્‌ગમ 1m અંતરે હોય ત્યારે ફોટો-ઈલેક્ટ્રિક પ્રવાહ 16 *m*A મળે છે. જો એ જ ઉદ્‌ગમ 4m અંતરે મૂકવામાં આવે તો ફોટો-ઈલેક્ટ્રિક પ્રવાહ _____.

(A) 1 *m*A (B) 2 *m*A (C) 4 *m*A (D) 16 *m*A

(12) એક ધાતુની સપાટી માટે થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ $f_0$ છે. સપાટી પર $2f_0$ આવૃત્તિવાળું વિકિરણ આપાત કરતા ઉત્સર્જિત ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ઝડપ $2\times10^6$ $ms^{-1}$ મળે છે. જો સપાટી પર $5f_0$ આવૃત્તિ ધરાવતું વિકિરણ આપાત કરવામાં આવે, તો ઉત્સર્જિત ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ઝડપ = _____ $ms^{-1}$.

(A) $3\times10^6$ (B) $6\times10^6$ (C) $8\times10^6$ (D) $4\times10^6$

(13) કોઈ ધાતુની સપાટી પર અનુક્રમે $\lambda_1$ અને $\lambda_2$ તરંગલંબાઈવાળો પ્રકાશ આપાત કરતા ઉત્સર્જિત ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ગતિઊર્જાઓ અનુક્રમે $K_1$ અને $K_2$ મળે છે, તો ધાતુની સપાટીનું વર્ક-ફંક્શન _____.

(A) $\frac{K_2\lambda_2 - K_1\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2}$ (B) $\frac{K_1K_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$ (C) $\frac{\lambda_1\lambda_2(K_1 - K_2)}{\lambda_1 - \lambda_2}$ (D) $\frac{\lambda_1\lambda_2 K_2}{(\lambda_1 - \lambda_2)K_1}$

(14) એક ધાતુની સપાટી માટે વર્ક-ફંક્શન $\phi_0$ છે. હવે આ સપાટી પર વારાફરતી અનુક્રમે $5\phi_0$ અને $10\phi_0$ ઊર્જા ધરાવતાં વિકિરણ આપાત કરવામાં આવે છે. તો બંને ક્સ્સામાં ઉત્સર્જિત થતાં ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ઝડપનો ગુણોત્તર = _____.

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

(15) એક ધાતુની સપાટી પર $8\times10^{14}$ $H_z$ આવૃત્તિ ધરાવતું વિકિરણ આપાત કરતા ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ગતિઊર્જા 0.5 eV મળે છે. એ જ સપાટી પર જ્યારે $12\times10^{14}$ $H_z$ આવૃત્તિ ધરાવતું વિકિરણ આપાત કરતા ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ગતિઊર્જા 2eV મળે છે, તો ધાતુની સપાટીનું વર્ક-ફંક્શન _____.

(A) 3.5 eV (B) 0.5 eV (C) 2.5 eV (D) 3.85 eV

(16) $\phi_0$ વર્ક-ફંક્શન ધરાવતા ધાતુની સપાટી પર $\lambda$ તરંગલંબાઈવાળો પ્રકાશ આપાત કરતાં ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ઝડપ = _____. જ્યાં $h$ = પ્લાન્કનો અચળાંક, $c$ = શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ અને m = ઈલેક્ટ્રૉનનું દળ.

(A) $\left(\frac{2hc + \lambda\phi_0}{m\lambda}\right)^{\frac{1}{2}}$ (B) $\frac{2(hc - \lambda\phi_0)}{m}$

(C) $\left[\frac{2(hc - \lambda\phi_0)}{m\lambda}\right]^{\frac{1}{2}}$ (D) $\left[\frac{2(hc - \phi_0)}{m}\right]^{\frac{1}{2}}$

(17) જ્યારે ધાતુની સપાટીની સપાટી પર $\lambda$ તરંગલંબાઈ ધરાવતો પ્રકાશ આપાત કરતાં ફોટો-ઈલેક્ટ્રિક પ્રવાહ માટે સ્ટોપિંગ-પોટેન્શિયલ $3V_0$ મળે છે, અને જ્યારે એ જ સપાટી પર $2\lambda$ તરંગલંબાઈ ધરાવતો પ્રકાશ આપાત કરતાં સ્ટોપિંગ-પોટેન્શિયલ $V_0$ મળે છે, તો ધાતુની સપાટી પરથી ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉનના ઉત્સર્જન માટે થ્રેશોલ્ડ તરંગલંબાઈ _____.

(A) $4\lambda$ (B) $3\lambda$ (C) $6\lambda$ (D) $\frac{5}{3}\lambda$

(18) એલ્યુમિનિયમ ધાતુની સપાટી માટે વર્ક-ફંક્શન 4.2 eV છે. તો આ સપાટી પર આપાત પ્રકાશની કઈ તરંગલંબાઈ માટે સ્ટોપિંગ-પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય શૂન્ય થશે ? $h = 6.6 \times v^{-34}$ Js, $c = 3 \times 10^8$ ms$^{-1}$

(A) 2694 Å (B) 2946 Å (C) 1854 Å (D) 4268 Å

(19) કોઈ ધાતુની સપાટી માટે થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ મૂલ્ય $3.3 \times 10^{14}$ Hz જો આ સપાટી પર $8.2 \times 10^{14}$ Hz આવૃત્તિવાળો પ્રકાશ આપાત કરવામાં આવે, તો સ્ટોપિંગ-પોટેન્શિયલ (કટ ઑફ પોટેન્શિયલ)નું મૂલ્ય _____.

$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C.

(A) 2.03 V (B) 3.68 V (C) 1.74 V (D) 4.06 $V$

(20) ધાતુની સપાટી પર આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ ત્રણ ગણી કરતાં ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ગતિઊર્જાનું મૂલ્ય _____.

(A) ત્રણ ગણું થશે. (B) ત્રણ ગણા કરતાં ઓછું થશે.

(C) ત્રીજા ભાગનું થશે. (D) ત્રણ ગણા કરતા વધારે થશે.

(21) $4 \times 10^{14}$ Hz જેટલી થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ ધરાવતી ધાતુની સપાટી પર $5 \times 10^{14}$ Hz આવૃત્તિ ધરાવતો પ્રકાશ આપાત કરતા ફોટો-ઈલેક્ટ્રિક પ્રવાહનું મૂલ્ય 1.8 $m$A મળે છે. જો આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિનું મૂલ્ય અડધું કરવામાં આવે અને તીવ્રતા ત્રણ ગણી કરવામાં આવે, તો ફોટો-ઈલેક્ટ્રિક પ્રવાહનું મૂલ્ય _____ થશે.

(A) 0.9 $m$A (B) 5.4 $m$A (C) 3.6 $m$A (D) શૂન્ય

(22) એક ધાતુની સપાટી પર વારાફરતી અનુક્રમે 2000 Å અને 5000 Å તરંગલંબાઈ ધરાવતો પ્રકાશ આપાત કરતાં તેને અનુરૂપ ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ગતિઊર્જાનો તફાવત _____. $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js

(A) 3.71 eV (B) 5.94 eV (C) 7.42 eV (D) 2.97 eV

(23) 1.59 eV વર્ક-ફંક્શન ધરાવતી ધાતુની સપાટી પર $6 \times 10^{14}$ Hz આવૃત્તિ ધરાવતો પ્રકાશ આપાત કરવામાં આવે છે, તો ઉત્સર્જાતા ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ગતિઊર્જા _____. $\left(h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}\right)$

(A) 0.49 eV (B) 0.90 eV (C) 1.26 eV (D) 1.08 eV

(24) 3.2 eV વર્ક-ફંક્શન ધરાવતી ધાતુની સપાટી પર, જેના દ્વારા ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉનનું ઉત્સર્જન કરી શકાય તેવી મહત્તમ તરંગલંબાઈનું મૂલ્ય _____. ($h = 6.625 \times 10^{-34}$ Js)

(A) 1988 Å (B) 2466 Å (C) 2953 Å (D) 3881 Å

(25) એક ફોટો સંવેદી સપાટીનું વર્ક-ફંક્શન 1.6 eV છે. તેના માટે સ્ટોપિંગ-પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય 1 V મળે તે માટે આપાત પ્રકાશની તરંગલંબાઈ નીચેના કયા વિસ્તારમાં સમાવિષ્ટ હશે ? ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js)

(A) X-ray વિસ્તાર (B) ઈન્ફ્રારેડ વિસ્તાર (C) અલ્ટ્રાવાયોલેટ વિસ્તાર (D) દૃશ્ય-પ્રકાશ વિસ્તાર

(26) $2.5 \times 10^{-13}$m તરંગલંબાઈવાળા $\gamma$ કિરણોના એક ફોટોનની ઊર્જા 5000 Å તરંગલંબાઈવાળા વિકિરણના કેટલા ફોટોનની ઊર્જા જેટલી જ હશે ?

(A) $2 \times 10^6$ (B) $4 \times 10^6$ (C) $8 \times 10^6$ (D) $0.5 \times 10^6$

**જવાબો : 1 (B), 2 (C), 3 (B), 4 (A), 5 (A), 6 (C), 7 (B), 8 (C), 9 (C), 10 (B), 11 (A), 12 (D), 13 (A), 14 (D), 15 (C), 16 (C), 17 (A), 18 (B), 19 (A), 20 (D), 21 (D), 22 (A), 23 (B), 24 (D), 25 (D), 26 (A)**

- **પ્રકાશનું કણ-સ્વરૂપ (ફોટોન સ્વરૂપ)**

ફોટોન એ અસતત ઊર્જાના પૅકેટ (પડીકા) (ક્વૉન્ટા) છે જેમાં સૌથી નાના પૅકેટની ઊર્જા $hf$ જેટલી હોય છે.

**ફોટોનના ગુણધર્મો :**

(1) શૂન્યાવકાશમાં ફોટોનની ઝડપ એ પ્રકાશની ઝડપ જેટલી $\left(3\times10^{8}\ \text{ms}^{-1}\right)$ હોય છે.

(2) $f$ આવૃત્તિવાળા ફોટોનની ઊર્જા, $\text{E} = hf = \dfrac{hc}{\lambda}$

જ્યાં $c$ = શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ, પ્લાન્કનો અચળાંક $= h = 6.6\times10^{-34}$ Js , $\lambda$ = પ્રકાશની તરંગલંબાઈ

$$\text{E}\left(\text{eV માં}\right) = \frac{hc}{\text{e}\lambda} = \frac{12375}{\lambda\left(\text{Å}\right)} \approx \frac{12400}{\lambda\left(\text{Å}\right)} \quad \left(h = 6.625\times10^{-34}\ \text{Js લેતાં}\right)$$

ફોટોનની ઊર્જા સતત નહિ પણ અસતત હોય છે જેમ કે $hf\ 2hf,\ldots$ જે ઊર્જાનું ક્વૉન્ટમીકરણ દર્શાવે છે.

(3) $f$ આવૃત્તિવાળા ફોટોનનું રેખીય વેગમાન

$$\text{P} = m\times c = \frac{\text{E}}{c^2}\times\text{C} = \frac{\text{E}}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

(4) ફોટોનનું સ્થિર દળ (rest mass) શૂન્ય છે, પણ તેનું અસરકારક દળ,

$m = \dfrac{E}{c^2} = \dfrac{hf}{c^2} = \dfrac{h}{c\lambda}$ આ દળને ફોટોનનું ગતિકીય દળ પણ કહે છે.

($v$ વેગથી ગતિ કરતા કણનું દળ, $\text{m} = \dfrac{\text{m}_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ જ્યાં $\text{m}_0$ = સ્થિર દળ

પણ શૂન્યાવકાશમાં ફોટોનની ઝડપ $v$ = પ્રકાશની ઝડપ c

$$\therefore\ \text{m}_0 = \text{m}\left(\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right) = 0$$

(5) ફોટોન વિદ્યુતની દૃષ્ટિએ તટસ્થ છે.

(6) ફોટોન વિદ્યુતક્ષેત્ર અને ચુંબકીયક્ષેત્રમાં વિચલિત થતા નથી.

(7) ફોટોન વાસ્તવિક કણની જેમ બીજા કણો સાથે ઊર્જા-સંરક્ષણ અને વેગમાન સંરક્ષણના નિયમોનું પાલન થાય તે રીતે આંતરક્રિયા કરી શકે.

**ઉત્સર્જિત ફોટોનની સંખ્યા :**

$\lambda$ જેટલી તરંગલંબાઈ અને P જેટલો પાવર ધરાવતા એકરંગી વિકિરણના ઉદ્‌ગમમાંથી એક સેકન્ડમાં ઉત્સર્જાતા ફોટોનની સંખ્યા,

$n = \frac{P}{E} = \frac{P}{hf} = \frac{P\lambda}{hc}$ ; જ્યાં E = દરેક ફોટોનની ઊર્જા

**પ્રકાશની તીવ્રતા :**

સપાટી પર એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ એકમ સમયમાં લંબરૂપે આપાતથી પ્રકાશઊર્જાને આપાત પ્રકાશની તીવ્રતા $(I)$ કહે છે.

$\therefore I = \frac{E}{At} = \frac{P}{A}$ $\left(\because \frac{E}{t} = P = \text{ પાવર}\right)$

$I$ તીવ્રતાવાળા અને P પાવરવાળા બિંદુવત્ ઉદ્‌ગમથી '$r$' અંતરે તીવ્રતા

$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow I \propto \frac{1}{r^2}$

રેખીય ઉદ્‌ગમના કિસ્સામાં $I = \frac{P}{2\pi rl} \Rightarrow I \propto \frac{1}{r}$

જ્યાં $l$ = ઉદ્‌ગમથી $r$ અંતરે નળાકારની લંબાઈ

---

(27) જો 2 W બલ્બની કાર્યક્ષમતા 20 % હોય, તો તે એક સેકન્ડમાં કેટલા ફોટોનનું ઉત્સર્જન કરતો હશે ? ઉત્સર્જાતા ફોટોનને અનુરૂપ વિકિરણની તરંગલંબાઈ 400 nm છે. $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js

(A) $3.46 \times 10^{16}$ (B) $4.67 \times 10^{17}$ (C) $2.52 \times 10^{17}$ (D) $8.08 \times 10^{17}$

(28) He–Ne લેસર વડે 660 nm તરંગલંબાઈવાળો એકરંગી પ્રકાશ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. પરિણામે ઉત્સર્જિત પાવર 6 mW મળે છે. આ પ્રકાશને ટાર્ગેટ ઉપર આપાત કરવામાં આવે, તો સરેરાશ રીતે 1 સેકન્ડમાં કેટલા ફોટોન આપાત થતા હશે ? $\left(h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}\right)$

(A) $4 \times 10^{16}$ (B) $2 \times 10^{16}$ (C) $3 \times 10^{16}$ (D) $5.5 \times 10^{16}$

(29) એક $S_1$ ઉદ્‌ગમ 1 સેકન્ડમાં $10^{14}$ ફોટોન ઉત્પન્ન કરે છે. જેમની તરંગલંબાઈ 3000 Å છે. બીજો ઉદ્‌ગમ $S_2$ એ 1 સેકન્ડમાં $1.04 \times 10^{14}$ ફોટોન ઉત્પન્ન કરે છે, જેમની તરંગલંબાઈ 3120 Å છે. તો $S_1$ અને $S_2$ ઉદ્‌ગમોના પાવરનો ગુણોત્તર _____.

(A) 1 : 1 (B) 1 : 1.02 (C) 1.04 : 1 (D) 1 : 2

(30) એક સપાટી પર 10 s માં $12 \times 10^{12}$ ફોટોન આપાત થાય છે. આ બધા ફોટોન 12 Å તરંગલંબાઈના વિકિરણને અનુરૂપ છે. જો સપાટીનું ક્ષેત્રફળ $0.02\ m^2$ હોય તો આપાત વિકિરણની તીવ્રતા _____. $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$, $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js

(A) $2.19 \times 10^{-3}\ Wm^{-2}$ (B) $3.48 \times 10^{-3}\ Wm^{-2}$ (C) $9.9 \times 10^{-3}\ Wm^{-2}$ (D) $6.62 \times 10^{-2}\ Wm^{-2}$

(31) $6000\ \text{Å}$ તરંગલંબાઈવાળો એકરંગી પ્રકાશ $2\ \text{cm}^2$ ક્ષેત્રફળ ધરાવતી સપાટી પર લંબરૂપે આપાત થાય છે. જો પ્રકાશની તીવ્રતા $200\ \text{mWm}^{-2}$ હોય, તો એક સેકન્ડમાં આ સપાટી પર આપાત થતા ફોટોનની સંખ્યા _____.

$h = 6.6\times10^{-34}$ Js, $c = 3\times10^{8}\ \text{ms}^{-1}$

(A) $1.21\times10^{14}$ (B) $3.88\times10^{13}$ (C) $6.16\times10^{14}$ (D) $4.54\times10^{13}$

**જવાબો : 27 (D), 28 (B), 29 (A), 30 (C), 31 (A)**

- **દ્રવ્યતરંગો (Matter Waves) કણોનો તરંગ-સ્વભાવ (Wave like nature of particle)**

દ-બ્રૉગ્લીના મત અનુસાર ગતિ કરતું દ્રવ્યકણ ક્યારેક તરંગ-સ્વરૂપે કે ક્યારેક કણ-સ્વરૂપે વર્તે છે.

ગતિ કરતા દ્રવ્યકણ સાથે સંકળાયેલા તરંગને દ્રવ્યતરંગ અથવા દ-બ્રૉગ્લી તરંગ કહે છે અને આવા તરંગો ગ્રૂપવેલૉસિટીથી તરંગ પૅકેટ (Wave Packets)ના સ્વરૂપમાં પ્રસરણ પામે છે.

(1) દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ

દ-બ્રૉગ્લીની પરિકલ્પના અનુસાર દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ,

$$\lambda = \frac{h}{\text{p}} = \frac{h}{\text{m}v} - \frac{h}{\sqrt{2\text{mE}}} \Rightarrow \lambda \propto \frac{1}{\text{P}} \propto \frac{1}{v} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{E}}}$$

જ્યાં $h =$ પ્લાન્કનો અચળાંક

$\text{m} =$ કણનું દળ, $v =$ કણની ઝડપ, $\text{E} =$ કણની ગતિઊર્જા

(2) વિદ્યુતભારિત કણ સાથે સંકળાયેલ દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ :

V વૉલ્ટના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરેલા વિદ્યુતભારિત કણની ગતિઊર્જા,

$$\text{E} = \frac{1}{2}\,\text{m}v^2 = q\text{V}.$$

$\therefore$ દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ, $\lambda = \frac{h}{\text{p}} = \frac{h}{\sqrt{2\text{mE}}} = \frac{h}{\sqrt{2\text{m}q\text{V}}}$

$$\lambda_{\text{ઇલેક્ટ્રૉન}} = \frac{12.27}{\sqrt{\text{V}}}\ \text{Å},\ \lambda_{\text{પ્રોટૉન}} = \frac{0.286}{\sqrt{\text{V}}}\ \text{Å}$$

$$\lambda_{\text{ડ્યુટેરૉન}} = \frac{0.202}{\sqrt{\text{V}}}\ \text{Å},\ \lambda_{\alpha-\text{કણ}} = \frac{0.101}{\sqrt{\text{V}}}\ \text{Å}$$

(3) વિદ્યુતભારરહિત (તટસ્થ) કણ સાથે સંકળાયેલ દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ ન્યુટ્રૉનની તરંગલંબાઈ.

$$\lambda_{\text{ન્યુટ્રૉન}} = \frac{0.286\times10^{-10}}{\sqrt{\text{E (eVમાં)}}}\ \text{m} = \frac{0.286}{\sqrt{\text{E (eVમાં)}}}\ \text{Å}$$

સામાન્ય તાપમાને થર્મલ ન્યુટ્રૉનની ઊર્જા

$$\text{E} = \frac{3}{2}\,k\text{T} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{\sqrt{2\text{mE}}} = \frac{h}{\sqrt{(2\text{m})\left(\frac{3}{2}\,k\text{T}\right)}} = \frac{h}{\sqrt{3\text{m}k\text{T}}}$$

જ્યાં $\text{T} =$ નિરપેક્ષ તાપમાન, $k =$ બોલ્ટમૅન અચળાંક $= 1.38\times10^{-23}\ \text{JK}^{-1}$

$$\therefore \lambda_{\text{થર્મલન્યુટ્રૉન}} = \frac{6.62\times10^{-34}}{\sqrt{3\times1.67\times10^{-27}\times1.38\times10^{23}\ \text{T}}} = \frac{25.17}{\sqrt{\text{T}}}\ \text{Å}$$

(4) ફોટોન અને ઇલેક્ટ્રૉનની તરંગલંબાઈઓનો ગુણોત્તર

E ઊર્જા ધરાવતા ફોટોનની તરંગલંબાઈ, $\lambda_P = \frac{hc}{E}$ $\left(\because E = \frac{hc}{\lambda}\right)$

તથા K ગતિઊર્જા ધરાવતા ઇલેક્ટ્રૉનની તરંગલંબાઈ,

$$\lambda_e = \frac{h}{\sqrt{2mK}}$$

$$\therefore \frac{\lambda_p}{\lambda_e} = \frac{c}{E}\sqrt{2mK} = \sqrt{\frac{2mc^2K}{E^2}}$$

---

(32) 627° C તાપમાને ન્યુટ્રૉનની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ $\lambda$ હોય, તો 127° C તાપમાનને દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ _____.

(A) $\frac{2}{3}\lambda$ (B) $2\lambda$ (C) $\frac{3}{2}\lambda$ (D) $\frac{\lambda}{2}$

(33) જો મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉનની ઊર્જા ત્રણ ગણી કરવામાં આવે, તો તેની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ _____ ગણી થશે.

(A) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ (B) $\sqrt{3}$ (C) 3 (D) $\frac{1}{3}$

(34) 8 $eV$ ઊર્જા ધરાવતા ન્યુટ્રૉનની દ બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ _____. ( $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js , ન્યુટ્રૉનનું દળ = $1.7 \times 10^{-27}$ kg )

(A) $1 \times 10^{-11}$ m (B) $1.8 \times 10^{-11}$ m (C) $2.2 \times 10^{-11}$ m (D) $0.6 \times 10^{-11}$ m

(35) સમાન ઊર્જા ધરાવતા એક પ્રોટોન અને એક ડ્યુટ્રૉનની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈનો ગુણોત્તર = _____.

(A) 2 : 1 (B) 1 : 2 (C) $\sqrt{2}$:1 (D) 1:$\sqrt{2}$

(36) સમાન વિદ્યુતસ્થિતિમાન તફાવત 200 V હેઠળ એક પ્રોટોન અને એક $\alpha$ – કણને પ્રવેગિત કરવામાં આવે છે. જો પ્રોટોનની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ 5200 Å હોય, તો $\alpha$ –કણની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ _____.

(A) $\frac{1300}{\sqrt{2}}$ Å (B) $1300\sqrt{2}$ Å (C) 2600 Å (D) $2600\sqrt{2}$ Å

(37) સ્થિર રહેલા એક ઇલેક્ટ્રૉનને 25 V ના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરતા તેને મળતું રેખીય વેગમાન _____.

(A) $5.4 \times 10^{-24}$ kgms$^{-1}$ (B) $2.7 \times 10^{-24}$ kgms$^{-1}$

(C) $1.2 \times 10^{-24}$ kgms$^{-1}$ (D) $3.2 \times 10^{-24}$ kgms$^{-1}$

(38) એક કણની ગતિઊર્જા 9 ગણી વધારતા તેની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈના મૂલ્યમાં _____.

(A) 75 % જેટલો ઘટાડો થાય. (B) 75 % જેટલો વધારો થાય.

(C) 67 % જેટલો ઘટાડો થાય. (D) 67 % જેટલો વધારો થાય.

(39) 450 V ના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરેલા એક પ્રોટોનની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ _____. ( $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js, પ્રોટોનનો વિદ્યુતભાર $= 1.6 \times 10^{-19}$ C , પ્રોટોનનું દળ $= 1.6 \times 10^{-27}$ kg )

(A) $0.14 \times 10^{-11}$ m (B) $0.2 \times 10^{-11}$ m (C) $0.26 \times 10^{-11}$ m (D) $0.09 \times 10^{-11}$ m

(40) $2.25 \times 10^{8}$ $ms^{-1}$ વેગથી ગતિ કરતા એક કણની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ એ ફોટોનની તરંગલંબાઈ જેટલી છે, તો કણની ગતિઊર્જા અને ફોટોનની ઊર્જાનો ગુણોત્તર _____. (પ્રકાશનો વેગ $c = 3 \times 10^{8}$ $ms^{-1}$ )

(A) $\frac{7}{8}$ (B) $\frac{5}{8}$ (C) $\frac{3}{8}$ (D) $\frac{1}{8}$

(41) એક ઈલેક્ટ્રૉન અને એક પ્રોટોનની ગતિઊર્જાઓ $2 \times 10^{-21}$ J જેટલી (સમાન) છે, તો તેમની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈઓ વચ્ચેનો સંબંધ _____.

(A) $\lambda_p > \lambda_e$ (B) $\lambda_p < \lambda_e$ (C) $\lambda_p = 2\lambda_e$ (D) $\lambda_p = \lambda_e$

(42) એક ઈલેક્ટ્રૉન અને એક પ્રોટ્રોનની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈઓ સમાન છે, તો ઈલેક્ટ્રૉનની ગતિઊર્જા એ _____.

(A) પ્રોટોનની ગતિઊર્જા કરતા વધારે હોય. (B) પ્રોટોનની ગતિઊર્જા કરતા ઓછી હોય.

(C) પ્રોટોનની ગતિઊર્જા જેટલી હોય. (D) શૂન્ય હોય.

(43) 0.5 kg દળ ધરાવતા અને 1000 $ms^{-1}$ વેગથી ગતિ કરતા પદાર્થની દ બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ _____.

(A) $3.32 \times 10^{-27}$ Å (B) $1.32 \times 10^{-26}$ Å (C) $1.6 \times 10^{-27}$ Å (D) $0.132 \times 10^{-26}$ Å

(44) એક 1 µg દળ ધરાવતા કણની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈએ $2 \times 10^{6}$ $ms^{-1}$ વેગથી ગતિ કરતા ઈલેક્ટ્રૉનની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ જેટલી છે, તો કણનો વેગ _____.

(A) $1.82 \times 10^{-15}$ $ms^{-1}$ (B) $3.6 \times 10^{-16}$ $ms^{-1}$ (C) $3.6 \times 10^{-21}$ $ms^{-1}$ (D) $9 \times 10^{-2}$ $ms^{-1}$

(45) 10 Å તરંગલંબાઈ ધરાવતા ઈલેક્ટ્રૉનનો વેગ _____.

(A) $7.25 \times 10^{6}$ $ms^{-1}$ (B) $7.25 \times 10^{5}$ $ms^{-1}$ (C) $5.25 \times 10^{6}$ $ms^{-1}$ (D) $4.25 \times 10^{5}$ $ms^{-1}$

(46) બે વિદ્યુતભારિત કણોના દળ અનુક્રમે 2m અને 3m છે તથા તેમના વિદ્યુતભારો અનુક્રમે $3q$ અને $2q$ છે. આ બંને કણોને સમાન વિદ્યુતસ્થિતિમાન તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરવામાં આવે છે, તો તેમની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈનો ગુણોત્તર _____.

(A) 2 : 3 (B) 3 : 2 (C) $1 : \sqrt{6}$ (D) 1 : 1

(47) એક પ્રોટોન અને એક $\alpha$ – કણની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ સમાન છે. જો પ્રોટોનને V voltના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરવામાં આવતો હોય તો $\alpha$ – કણને _____ Vના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરવો પડે.

(A) 1 (B) 8 (C) 2 (D) $\frac{1}{8}$

(48) $1.5\times10^{14}$ Hz આવૃત્તિવાળા ફોટોનનું વેગમાન _____ $kgms^{-1}$. પ્લાન્કનો અચળાંક $h = 6.6\times10^{-34}$ Js, પ્રકાશનો વેગ $c = 3\times10^{8}$ $ms^{-1}$.

(A) $3.3\times10^{-28}$ (B) $3.3\times10^{-34}$ (C) $3.3\times10^{-30}$ (D) $6.6\times10^{-28}$

(49) એક M દળના ઇલેક્ટ્રૉનને V વૉલ્ટના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરતાં દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ $\lambda$ મળે છે. જો m દળના પ્રોટોનને 4 V જેટલા વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરવામાં આવે, તો તેની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ _____ .

(A) $\frac{\lambda}{2}\sqrt{\frac{M}{m}}$ (B) $\frac{\lambda}{2}\sqrt{\frac{m}{M}}$ (C) $\lambda\sqrt{\frac{m}{2M}}$ (D) $\frac{\lambda}{4}\sqrt{\frac{m}{M}}$

(50) એક ફોટોનની તરંગલંબાઈ 1.4 Å છે. તે એક ઇલેક્ટ્રૉન સાથે અથડાય છે. અથડામણ પછી ફોટોનની તરંગલંબાઈ 2.0 Å થાય છે, તો પ્રકેરિત થતા ઇલેક્ટ્રૉનની ઊર્જા _____ . ($h = 6.63\times10^{-34}$ Js લો.)

(A) $4.6\times10^{-15}$ J (B) $4.6\times10^{-16}$ J (C) $3.2\times10^{-16}$ J (D) $2.3\times10^{-16}$ J

(51) ઇલેક્ટ્રૉનની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ $3\times10^{-10}$ m થી ઘટાડી $1\times10^{-10}$ m કરવા માટે તેની ઊર્જા _____ કરવી પડે.

(A) પ્રારંભિક કરતાં 9 ગણી (B) પ્રારંભિક કરતાં ત્રણ ગણી

(C) પ્રારંભિક કરતાં $\frac{1}{3}$ ગણી (D) પ્રારંભિક કરતાં $\frac{1}{9}$ ગણી

(52) ઇલેક્ટ્રૉનનું સ્થિત દળ $m_0$ છે. તે 0.6 c જેટલા વેગથી ગતિ કરે છે, તો તેનું દળ m = _____ .
જ્યાં c = શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશનો વેગ.

(A) $m_0$ (B) $\frac{5m_0}{4}$ (C) $\frac{4m_0}{5}$ (D) $\frac{m_0}{6}$

(53) ઇલેક્ટ્રૉનને કેટલા વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરવો જોઈએ કે જેથી તેની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ 0.5 Å થાય ?

(A) 466 V (B) 747.0 V (C) 941.0 V (D) 602.0 V

(54) વિદ્યુતભારરહિત એવા કણ ન્યુટ્રૉનનું દળ $1.67\times10^{-27}$ kg છે. તેની ગતિઊર્જા 0.04 eV છે, તો ન્યુટ્રોનની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ શોધો. $h = 6.62\times10^{-34}$ Js

(A) 1.80 Å (B) 1.43 Å (C) 2.86 Å (D) 3.2 Å

(55) $10^{5}$ $ms^{-1}$ જેટલા વેગથી ગતિ કરતા ઇલેક્ટ્રૉનની દ બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ _____. $h = 6.6\times10^{-34}$ Js , ઇલેક્ટ્રૉનનું દળ $m = 9\times10^{-31}$ kg

(A) 73.33 Å (B) 7.33 Å (C) 46.2 Å (D) 146.66 Å

**જવાબો : 32 (C), 33 (A), 34 (A), 35 (C), 36 (B), 37 (B), 38 (C), 39 (A), 40 (C), 41 (B), 42 (A), 43 (B), 44 (A), 45 (B), 46 (D), 47 (D), 48 (A), 49 (B), 50 (B), 51 (A), 52 (B), 53 (D), 54 (B), 55 (A)**

**ડેવિસન ગર્મરનો પ્રયોગ :**

આ પ્રયોગ ઇલેક્ટ્રૉનના તરંગ-સ્વભાવની સાબિતી આપે છે.

આ પ્રયોગમાં Bragg ના નિયમ $2d\sin\theta = n\lambda$ પરથી તરંગલંબાઈ $\lambda = 1.65\ \text{Å}$ મળે છે. જે ઇલેક્ટ્રૉનની

દ બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ $1.67\ \text{Å}$ મૂલ્યની નજીક છે. જે દર્શાવે છે કે ઇલેક્ટ્રૉન તરંગ સ્વભાવ ધરાવે છે.

**હાઇઝનબર્ગનો અનિશ્ચિતતાનો સિદ્ધાંત :**

હાઇઝનબર્ગના અનિશ્ચિતતાના સિદ્ધાંત અનુસાર, જો કણના $x$-યામની અનિશ્ચિતતા $\Delta x$ હોય અને તેના વેગમાન $x$- ઘટકની અનિશ્ચિતતા $\Delta p$ હોય તો,

$$\Delta x\ \Delta p \geq \frac{h}{2\pi} \quad \text{(એક પરિમાણ માટે)}$$

$$\therefore \Delta x\ \Delta p \geq \hbar$$

જ્યાં $\frac{h}{2\pi} = \hbar$

જો $\Delta x \to 0$, તો $\Delta p \to \infty$

અને $\Delta p \to 0$ તો, $\Delta x \to \infty$ થાય.

તે જ રીતે કણની ઊર્જા અને સમયના માપનમાં રહેલી અનિશ્ચિતતા માટે આ સિદ્ધાંત અનુસાર,

$$\Delta E\ .\ \Delta t \geq \hbar$$

- જો ન્યુક્લિયસની ત્રિજ્યા $r$ હોય, તો ન્યુક્લિયસની અંદર પ્રોટોનના સ્થાનની અનિશ્ચિતતા $\Delta x = 2r = d$ હોય.

તેથી પ્રોટોનના વેગમાનની અનિશ્ચિતતા,

$$\Delta p = \frac{\hbar}{\Delta x} = \frac{\hbar}{d} = \frac{\hbar}{2r} = \frac{h}{4\pi r}$$

જો કોઈ કણના કોણીય વેગમાન અને તેના કોણીય સ્થાનાંતરના માપનમાં રહેલી અનિશ્ચિતતા અનુક્રમે $\Delta L$ અને $\Delta\theta$ હોય, તો હાઇઝનબર્ગના અનિશ્ચિતતાના સિદ્ધાંત પરથી,

$$\Delta L\ .\ \Delta\theta \geq \hbar$$

---

(56) $50\ \text{ms}^{-1}$ ની ઝડપથી ગતિ કરતા ઇલેક્ટ્રૉન માટે ચોકસાઈ 0.005 % છે, તો તેના સ્થાનના માપનમાં મળતી ચોક્કસતા _____.

(A) $46\times10^{-3}$ m (B) $46\times10^{-4}$ m (C) $46\times10^{-5}$ m (D) $46\times10^{-6}$ m

(57) એક પ્રોટોન અને એક ઇલેક્ટ્રૉનને અભેદ્ય એકપારિમાણીક ડબામાં પૂર્યા છે, તો તેમના વેગમાનની અનિશ્ચિતતા _____.

(A) ઇલેક્ટ્રૉનની સરખામણીમાં પ્રોટોનની વધારે હોય. (B) પ્રોટોનની સરખામમણીમાં ઇલેક્ટ્રૉનની વધારે હોય.

(C) બંને માટે સમાન હોય. (D) તેમના દળના સમપ્રમાણમાં હોય.

(58) એક પ્રોટોનના સ્થાનની મહત્તમ અનિશ્ચિતતા $6\times10^{-8}$ m છે, તો તેના વેગના માપનમાં લઘુતમ અનિશ્ચિતતા _____. ( $h = 6.625\times10^{-34}$ Js પ્રોટોનનું દળ = $1.67\times10^{-27}$ kg )

(A) $1\ m\text{ms}^{-1}$ (B) $1\ \text{ms}^{-1}$ (C) $1\ \text{cms}^{-1}$ (D) $100\ \text{ms}^{-1}$

(59) ઇલેક્ટ્રૉનના સ્થાનની અનિશ્ચિતતા $10^{-10}$m હોય, તો તે વેગમાનની અનિશ્ચિતતા _____ kg ms$^{-1}$.

(A) $1.054\times10^{-24}$ (B) $1.112\times10^{-24}$ (C) $1.054\times10^{-22}$ (D) $1.112\times10^{-22}$

**જવાબો : 56 (A), 57 (C), 58 (B), 59 (A)**

**વિધાન-કારણ પ્રકારના પ્રશ્નો**

**સૂચનાઓ : નીચેનાં વિધાન અને કારણ વાંચી નીચે આપેલ જવાબોમાંથી યોગ્ય પસંદ કરો :**

(a) વિધાન અને કારણ બંને સાચાં છે તથા કારણ એ વિધાનનું સમર્થન કરે છે.

(b) વિધાન અને કારણ બંને સાચાં છે પરંતુ કારણ એ વિધાનનું સમર્થન કરતું નથી.

(c) વિધાન સાચું છે પરંતુ કારણ ખોટું છે.

(d) વિધાન ખોટું છે પરંતુ કારણ સાચું છે.

---

(60) **વિધાન :** એક ધાતુનું વર્ક-ફંક્શન 2 eV છે. ધાતુની સપાટી પરથી ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સનું ઉત્સર્જન કરવા માટે આપાત ફોટોનની મહત્તમ તરંગલંબાઈ 6200 A° છે.

**કારણ :** વર્ક-ફંક્શન, $\Phi = \dfrac{hc}{\lambda_{max}}$

(A) a (B) b (C) c (D) d

(61) **વિધાન :** એક ફોટો સંવેદી સપાટી પર થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ કરતા 1.3 ગણી આવૃત્તિ ધરાવતો પ્રકાશ આપાત કરવામાં આવે છે. હવે આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિનું મૂલ્ય અડધું અને તીવ્રતા બમણી કરતા, ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક પ્રવાહ બદલાતો નથી.

**કારણ :** ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક પ્રવાહ આપાત પ્રકાશની તીવ્રતાના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

(A) a (B) b (C) c (D) d

(62) **વિધાન :** પ્રોટોન એ ઇલેક્ટ્રૉન કરતા લગભગ 1840 ગણો ભારે છે. તેને (પ્રોટોનને) 1 kV ના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરતા તેની ગતિઊર્જા 1 keV થાય છે.

**કારણ :** મળતી ગતિઊર્જા = (વિદ્યુતભાર) × (વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત)

(A) a (B) b (C) c (D) d

(63) **વિધાન :** ફોટો સંવેદી સપાટી પરથી ઉત્સર્જિત થતા ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિઊર્જા એ આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ પર આધાર રાખે છે.

**કારણ :** ઉત્સર્જિત ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉન્સની ગતિઊર્જા આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિના ફેરફાર સાથે બદલાય છે.

(A) a (B) b (C) c (D) d

(64) **વિધાન :** આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ વધારતા ઉત્સર્જિત ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા અચળ રહે છે.

**કારણ :** ઉત્સર્જિત ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની સંખ્યા આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ પર નહિ પણ તીવ્રતા પર આધાર રાખે છે.

(A) a (B) b (C) c (D) d

(65) વિધાન : એક ઈલેક્ટ્રૉન અને પ્રોટોનને સમાન વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરતાં ઈલેક્ટ્રૉન સાથે સંકળાયેલી દ-બ્રૉગ્લીની તરંગલંબાઈ એ વધારે હોય (પ્રોટોનની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ કરતા) છે.

કારણ : $v$ જેટલા વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત હેઠળ પ્રવેગિત કરવામાં આવતાં વિદ્યુતભારિત કણ સાથે સંકળાયેલ દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ. $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mqv}} \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$ (સમાન $q$V માટે).

(A) a (B) b (C) c (D) d

(66) વિધાન : ધાતુની સપાટી પર એકરંગી પ્રકાશનું વિકિરણ (પૂરતી ઊંચી આવૃત્તિવાળું) આપાત કરતા ઉત્સર્જિત ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉનની ગતિઊર્જા 0 થી $K_{max}$ વચ્ચેની હોય છે.

કારણ : ધાતુની સપાટીથી ઊંડાઈ અનુસાર વર્ક-ફંક્શનનું મૂલ્ય બદલાય છે.

(A) a (B) b (C) c (D) d

(67) વિધાન : અણુઓની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ એ નિરપેક્ષ તાપમાનના વર્ગમૂળના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે.

કારણ : અણુઓની $v_{rms}$ નું મૂલ્ય એ નિરપેક્ષ તાપમાન પર આધાર રાખે છે.

(A) a (B) b (C) c (D) d

**જવાબો : 60 (A), 61 (D), 62 (A), 63 (A), 64 (A), 65 (A), 66 (C) 67 (A)**

**ફકરા આધારિત પ્રશ્નો :**

**ફકરો :**

સિઝિયમ ધાતુનું વર્ક-ફંક્શન 2.14 eV છે. જ્યારે તેની સપાટી પર $6 \times 10^{14}$ $H_z$ આવૃત્તિનું વિકિરણ આપાત થાય છે ત્યારે ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સનું ઉત્સર્જન જોવા મળે છે, તો નીચના પ્રશ્નોના જવાબ આપો :

(68) ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ગતિઊર્જા _____ .

(A) $5.58 \times 10^{-20}$ J (B) $3.34 \times 10^{-19}$ (C) $5.58 \times 10^{-18}$ J (D) $3.34 \times 10^{-20}$ J

(69) સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય

(A) 0.236 V (B) 0.349 V (C) 1.03 V (D) 0.87 V

(70) ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉન્સની મહત્તમ ઝડપ _____ .

(A) $155 \times 10^3$ $ms^{-1}$ (B) $224 \times 10^3$ $ms^{-1}$ (C) $350 \times 10^3$ $ms^{-1}$ (D) $276 \times 10^3$ $ms^{-1}$

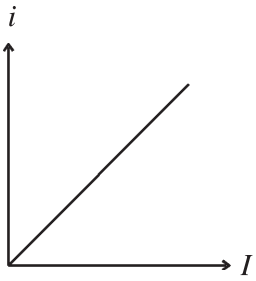
(71) થ્રેશોલ્ડ તરંગલંબાઈ _____ .

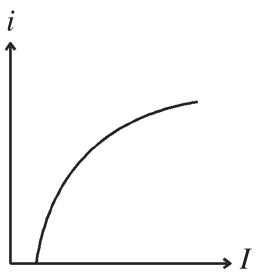
(A) 4647 Å (B) 3288 Å (C) 5789 Å (D) 6134 Å

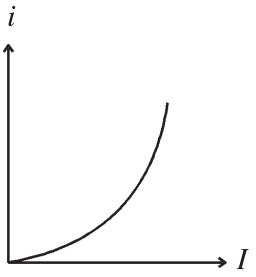
(72) થ્રેશોલ્ડ આવૃત્તિ _____ .

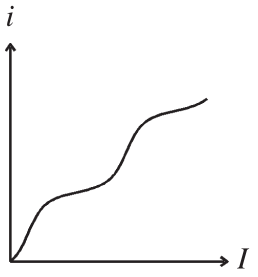
(A) $5.18 \times 10^{14}$ Hz (B) $4.44 \times 10^{14}$ Hz (C) $5.56 \times 10^{18}$ Hz (D) $4.89 \times 10^{14}$ Hz

(73) આપાત વિકિરણની તીવ્રતા ($I$) સાથે ફોટો-ઈલેક્ટ્રિક પ્રવાહ ($i$) માં થતો ફેરફાર નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :

(A) 


(B) 

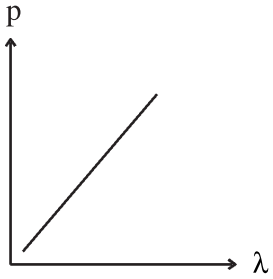

(C) 

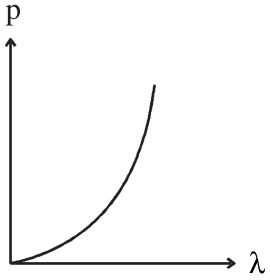

(D) 

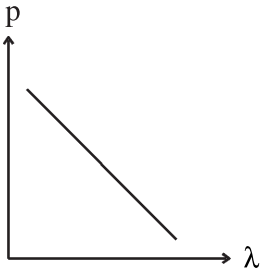

**જવાબો : 68 (C), 69 (B), 70 (C), 71 (C), 72 (A), 73 (A)**

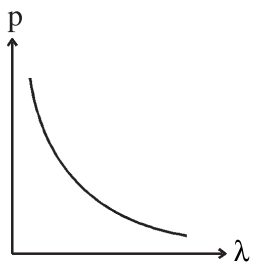
**આલેખ આધારિત પ્રશ્નો :**

(74) નીચેનામાંથી કયો આલેખ એ કણના વેગમાન અને કણ સાથે સંકળાયેલ દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ વચ્ચેનો સાચો સંબંધ દર્શાવે છે ?

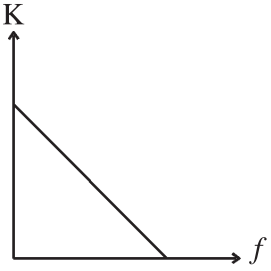
(A) 

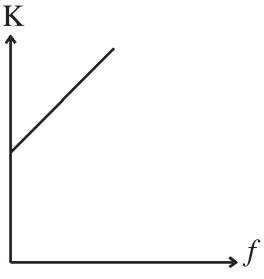

(B) 


(C) 

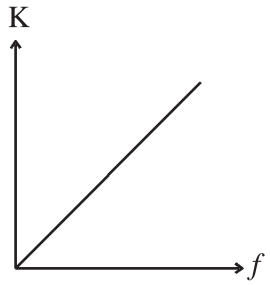

(D) 


(75) આઇન્સ્ટાઇનના ફોટો-ઈલેક્ટ્રિક સમીકરણ મુજબ ઉત્સર્જિત ફોટો-ઈલેક્ટ્રૉનની ગતિઊર્જા (K) અને આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ ($f$) વચ્ચેનો આલેખ.

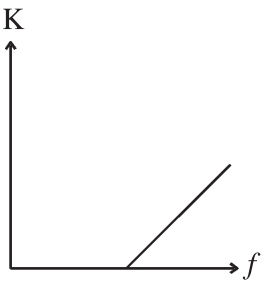
(A) 


(B) 

(C)

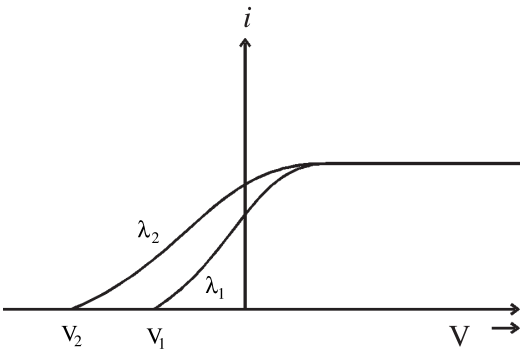



(D)




(76) નીચેના આલેખમાં જો $V_2 > V_1$ હોય તો

જ્યાં V = વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત. $i \rightarrow$ ફોટો-ઈલેક્ટ્રિક પ્રવાહ.

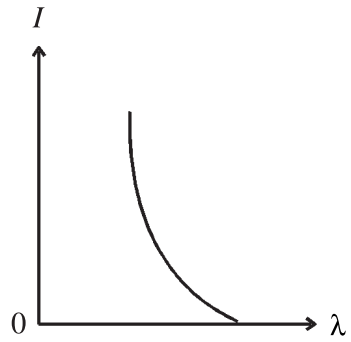



(A) $\lambda_1 = \sqrt{\lambda_2}$ (B) $\lambda_1 < \lambda_2$

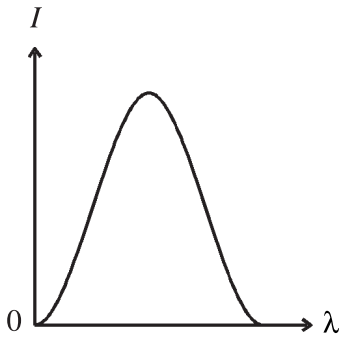
(C) $\lambda_1 = \lambda_2$ (D) $\lambda_1 > \lambda_2$

(77) ફોટો સેલમાં એનોડ વૉલ્ટેજ અચળ રાખવામાં આવે છે. હવે કૅથોડ પર આપાત પ્રકાશની તરંગલંબાઈનું મૂલ્ય બદલવામાં આવે છે, તો પ્લેટ પ્રવાહ (*I*) કયા સંબંધ મુજબ બદલાશે ?

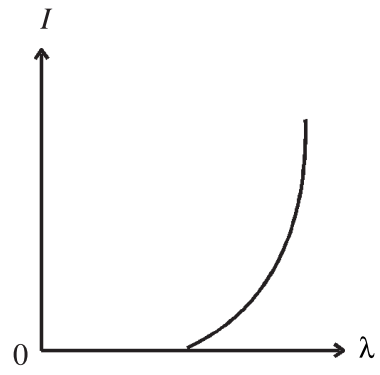
(A)



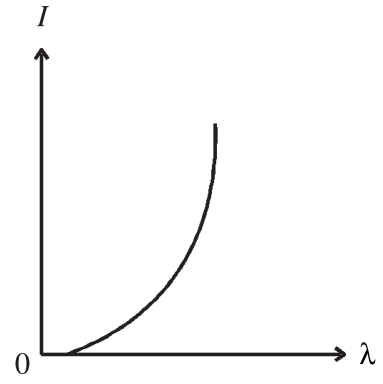

(B)




(C)




(D)




**જવાબો : 74 (D), 75 (D), 76 (D) 77 (A)**

**જોડકાં જોડો પ્રકારના પ્રશ્નો**

(78) કૉલમ-1 માં ઇલેક્ટ્રૉનના ઉત્સર્જનની રીતો વર્ણવી છે અને કૉલમ-2 માં તે મેળવવાની રીતો વર્ણવી છે, તો યોગ્ય જોડકાં જોડો :

| કૉલમ-1 | | કૉલમ-2 | |
|---|---|---|---|
| (a) | ઉષ્માજનિત ઉત્સર્જન | (p) | યોગ્ય પ્રકાશ આપાત કરીને |
| (b) | ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક ઉત્સર્જન | (q) | ગરમ કરીને (ફિલામેન્ટમાંથી પ્રવાહ પસાર કરીને) |
| (c) | ફિલ્ડ ઉત્સર્જન | (r) | પ્રવેગિત ઇલેક્ટ્રૉન બીમને ધાતુની સપાટી પર અથડાવીને |
| (d) | ગૌણ ઉત્સર્જન | (s) | પ્રબળ વિદ્યુતક્ષેત્ર લાગુ પાડીને. |

(A) a → q b → p c → s d → r

(B) a → p b → q c → r d → s

(C) a → r b → s c → p d → q

(D) a → s b → r c → q d → p

(79) કૉલમ-1 માં ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક અસર સંબંધિત ભૌતિકરાશિઓ આપેલ છે. તેને કૉલમ-2માં આપેલ ભૌતિક-રાશિઓ સાથે યોગ્ય રીતે જોડો :

| કૉલમ-1 | | કૉલમ-2 | |
|---|---|---|---|
| (a) | સંતૃપ્ત પ્રવાહ | (p) | આપાત પ્રકાશની આવૃત્તિ |
| (b) | સ્ટૉપિંગ-પોટેન્શિયલ | (q) | વર્ક-ફંક્શન |
| (c) | ફોટો-ઇલેક્ટ્રૉનની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ | (r) | ફોટો સંવેદી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ |
| (d) | ફોટો સંવેદી સપાટી પર આપાત વિકિરણને લીધે ઉદ્ભવતું બળ | (s) | આપાત પ્રકાશની તીવ્રતા (અચળ આવૃત્તિ માટે) |

(A) a → s b → p, q c → p, q d → p, r, s

(B) a → r, p b → s, r c → r d → q

(C) a → p b → r c → r, s d → s

(D) a → s b → r c → q d → p

**જવાબો : 78 (A), 79 (A)**

# 18 પરમાણુ અને ન્યુક્લિયસ

**$\alpha$ – પ્રકીર્ણનનો પ્રયોગ અને રુધરફૉર્ડનું પરમાણુ મૉડેલ**

રેડિયો-ઍક્ટિવ સ્રોત $_{83}Bi^{214}$ વડે 5.5 MeV ઊર્જા ધરાવતા $\alpha$ – કણો સોનાના પાતળા વરખ કે જેની જાડાઈ $2.1\times10^{-7}$ m છે. તેના પર આપાત કરવામાં આવે છે, તેથી થતું $\alpha$ – કણનું પ્રકીર્ણન ઝીંક સલ્ફાઇડ (ZnS) ના ગોલીય સિન્ટિલેશન સ્ક્રિન વડે નોંધવામાં આવે છે.

$10^5$ કે તેથી વધારે $\alpha$ – કણોનું પ્રકીર્ણન $<15°$ થાય છે. 0.1% $\alpha$ – કણોનું પ્રકીર્ણન ~150° થાય છે જ્યારે 180° પ્રકેરિત થતા $\alpha$ – કણોની સંખ્યા $10^4$ માં 1 જેટલી જ મળી હતી.

પ્રકેરિત $\alpha$ – કણોનો ગતિપથ કુલંબના નિયમ અને ન્યૂટનના બીજા નિયમની મદદથી શોધી શકાય છે. $\alpha$ – કણ અને સોનાના ન્યુક્લિયસ વચ્ચે લાગતું અપાકર્ષી બળ : $F=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{(2e)(79e)}{r^2}$.

જેમ જેમ $\alpha$ – કણ ન્યુક્લિયસની નજીક પહોંચશે તેમ તેમ બળનું મૂલ્ય અને તેની દિશા સતત બદલાયા કરશે.

'ન્યુક્લિયસના કેન્દ્રથી $\alpha$ – કણના પ્રારંભિક વેગ-સદિશના લંબ અંતરને **ઇમ્પેક્ટ પેરામીટર ($b$)** કહે છે.'

હેડ-ઑન સંઘાત માટે $b=0$.

'$b=0$ ના કિસ્સા માટે $\alpha$ – કણના ન્યુક્લિયસના કેન્દ્રથી લઘુતમ અંતરને **ન્યૂનતમ અંતર** અથવા **distance of closest approach** કહે છે.

આ પ્રયોગની મદદથી રુધરફૉર્ડે ન્યુક્લિયસની ત્રિજ્યા આશરે $10^{-15}$ m જેટલી જણાવી.

- જો '$t$' એ વરખની જાડાઈ અને '$N$' એ પ્રકીર્ણન પામતા $\alpha$ – કણોની સંખ્યા હોય, તો $\frac{N}{t}$ અચળ, $\frac{N_1}{t_1}=\frac{N_2}{t_2}$.

રુધરફૉર્ડનું પરમાણુ મૉડેલની મદદથી જાણવા મળે છે કે, **પરમાણુનું સમગ્ર દળ અને સમગ્ર ધન વિદ્યુતભાર જ્યાં કેન્દ્રિત થયો છે તે પરમાણુનું ન્યુક્લિયસ** છે. ઋણ વિદ્યુતભારી ઇલેક્ટ્રૉન ન્યુક્લિયસની ફરતે વર્તુળાકાર કક્ષામાં પરિભ્રમણ કરે છે.

**નિષ્ફળતા :** રુધરફૉર્ડના મત મુજબ ઇલેક્ટ્રૉનના ભ્રમણની કક્ષા વર્તુળાકારને બદલે કમાન આકારની છે અને તેની ગતિ ન્યુક્લિયસમાં વિરામ પામે છે. જો આમ હોય તો ન્યુક્લિયસ એટલે કે પરમાણુ સ્થિરતા જાળવી શકે નહિ, આમ આ મૉડેલ નિષ્ફળ રહ્યું.

---

(1) 10 MeV ઊર્જા ધરાવતો $\alpha$ – કણ હેડ-ઑન સંઘાત અનુભવે છે, તો Z = 60 પરમાણુ-ક્રમાંક ધરાવતા ન્યુક્લિયસથી તેનું distance of closest approach કેટલું હશે ?

(A) $1.44\times10^{-14}$ m (B) $2.88\times10^{-14}$ m (C) $0.53\times10^{-10}$ m (D) $1.728\times10^{-14}$ m

(2) અમુક ઊર્જા ધરાવતા $\alpha$ – કણનું Z = 85 પરમાણુ-ક્રમાંક ધરાવતા ન્યુક્લિયસ સાથે હેડ-ઑન સંઘાત વખતે જો distance of closest approach $1.85\times10^{-14}$ m હોય, તો આ $\alpha$ – કણની ઊર્જા ગણો.

(A) 23.13 MeV (B) 13.2 MeV (C) 10 MeV (D) 20 MeV

(3) જો 27 MeV ઊર્જા ધરાવતા $\alpha$ – કણનું ન્યુક્લિયસથી distance of closest approach $1.10 \times 10^{-14}$ m હોય, તો પરમાણુનો પરમાણુ-ક્રમાંક શોધો.

(A) 100 (B) 103 (C) 105 (D) 90

(4) $\alpha$ – કણના પ્રકીર્ણનના પ્રયોગમાં જો વરખની જાડાઈ $2 \times 10^{-7}$ m થી વધારી $2.5 \times 10^{-6}$ m કરવામાં આવે, તો પ્રકીર્ણન પામતા $\alpha$ – કણોની સંખ્યામાં કેટલો વધારો થાય ?

(A) લગભગ 12 ગણો. (B) 100 ગણો. (C) અચળ રહે. (D) 10 ગણો.

(5) $\alpha$ – કણના પ્રકીર્ણનના પ્રયોગમાં જો વરખની જાડાઈમાં કેટલા ટકા ફેરફાર કરવામાં આવે તો પ્રકીર્ણન પામતા $\alpha$ – કણોની સંખ્યામાં 40 ટકાનો વધારો થાય ?

(A) 40 % (B) 80 % (C) 10 % (D) 20 %

(6) $\alpha$ – પ્રકીર્ણનના પ્રયોગમાં કોઈ ચોક્કસ વરખ માટે પ્રકીર્ણન પામતા $\alpha$ – કણોની સંખ્યા 8500 છે. હવે જો વરખ બદલી પ્રયોગ કરતાં પ્રકીર્ણન પામતા $\alpha$ – કણોની સંખ્યા (અચળ પ્રકીર્ણન કોણે) 27,500 થાય છે. જો વરખની નવી જાડાઈ $t_2$ અને જૂની જાડાઈ $t_1$ હોય તો,

(A) $t_1 = 3.2\, t_2$ (B) $t_2 = 3.2\, t_1$ (C) $t_2 = 1.6\, t_1$ (D) $t_2 = t_1$

**જવાબો : 1 (D), 2 (B), 3 (B), 4 (A), 5 (A), 6 (B)**

## બોહ્ર પરમાણુ-મૉડેલ અને *H*-પરમાણુના ઊર્જાસ્તરો

**અધિતર્ક-1 :** ઇલેક્ટ્રૉન માત્ર એવી કક્ષાઓમાં જ ભ્રમણ કરી શકે છે, જેમાં તેનું કોણીય વેગમાન $\frac{h}{2\pi}$ ના પૂર્ણગુણાંકમાં હોય. આવી કક્ષાઓને **સ્થિરકક્ષાઓ** કહે છે. સ્થિરકક્ષામાંના ભ્રમણ દરમિયાન ઇલેક્ટ્રૉન ઊર્જાનું ઉત્સર્જન કરતો નથી. $\frac{h}{2\pi} = \hbar$ જ્યાં $h$ = પ્લાન્કનો અચળાંક = $6.625 \times 10^{-34}$ Js.

**અધિતર્ક-2 :** ઇલેક્ટ્રૉન જ્યારે વધારે ઊર્જાવાળી $(E_i)$ કક્ષામાંથી સંક્રાંતિ કરી ઓછી ઊર્જાવાળી $(E_k)$ કક્ષામાં જાય છે, ત્યારે વિકિરણનું ફોટોન સ્વરૂપમાં ઉત્સર્જન કરે છે. $E_i - E_k = hf$ એ જ રીતે ફોટોનનું શોષણ કરી ઓછી ઊર્જાવાળી કક્ષામાંથી વધારે ઊર્જાવાળી કક્ષામાં જાય છે. અહીં $f$ એ ફોટોનની આવૃત્તિ છે.

આમ, $l = mvr = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar$

$$E_i - E_k = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

- બોહ્રના અધિતર્કનો ઉપયોગ કરી, કક્ષાની ત્રિજ્યા

$$r = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m Z e^2}$$

$$r \propto \frac{n^2}{Z}$$

જ્યાં $n$ = મુખ્ય ક્વૉન્ટમ નંબર

$\epsilon_0$ = શૂન્યાવકાશની પરમિટિવિટી

m = ઇલેક્ટ્રૉનનું દ્રવ્યમાન Z = પરમાણુ-ક્રમાંક

H – પરમાણુ માટે $r \propto n^2$.

- પરિભ્રમણ કરતા ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિઊર્જા (K)

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r}$$

તથા સ્થિતિઊર્જા $U = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(Ze)(e)}{r}$

$$= \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r}$$

કુલ ઊર્જા (E) = K + U

$$E = \frac{-1}{8\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r}$$

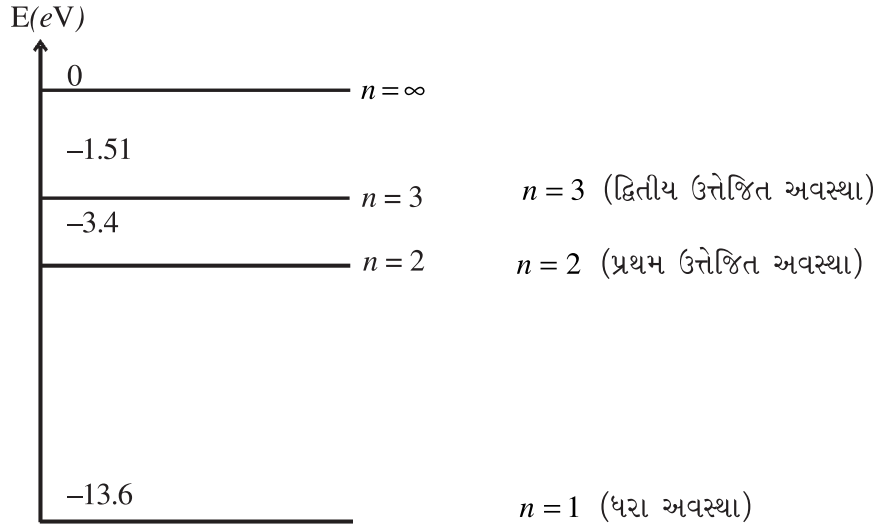
$$\boxed{E = -K = \frac{U}{2}}$$

- $r$ ની કિંમત મૂકતાં $E = E_n = \frac{-me^4Z^2}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2}$ $m, e, \epsilon_0, h$ ની કિંમત મૂકતાં

$$E_n = \frac{-13.6\, Z^2}{n^2} (eV), \; E_n \alpha \frac{-Z^2}{n^2}$$

H – પરમાણુ માટે $Z = 1 \Rightarrow E_n = \frac{-13.6}{n^2} (eV)$ $E_n \propto -\frac{1}{n^2}$.

***H* – પરમાણુના ઊર્જાસ્તરો :**



- $n_i$ ક્વૉન્ટમ નંબર ધરાવતી $E_i$ ઊર્જા કક્ષામાંથી $n_K$ ક્વૉન્ટમ નંબર ધરાવતી $E_K$ ઊર્જા કક્ષામાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંક્રાંતિ દરમિયાન, $E_i - E_K = hf$

$$\therefore \quad f = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^3}\left(\frac{1}{n_k{}^2} - \frac{1}{n_i{}^2}\right)$$

$$\therefore \quad \frac{1}{\lambda} = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 C h^3}\left(\frac{1}{n_k{}^2} - \frac{1}{n_i{}^2}\right)$$

$$\therefore \quad \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_k{}^2} - \frac{1}{n_i{}^2}\right)$$

જ્યાં $\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 c h^3} = R$ = રીડબર્ગનો અચળાંક = $10973700\ m^{-1}$.

- રીડબર્ગ અચળાંકનું વ્યાપક સ્વરૂપ,

$$R_{atom} = \frac{R_\infty}{1+\frac{m}{M_{atom}}}$$

જ્યાં $R_\infty = 10973700\ m^{-1}$, m = ઇલેક્ટ્રૉનનું દળ, M = પરમાણુના ન્યુક્લિયસનું દળ.

- હાઇડ્રોજન પરમાણુ માટે $n$ મુખ્ય ક્વૉન્ટમ અંક ધરાવતી કક્ષામાંના ઇલેક્ટ્રૉનની આવૃત્તિ,

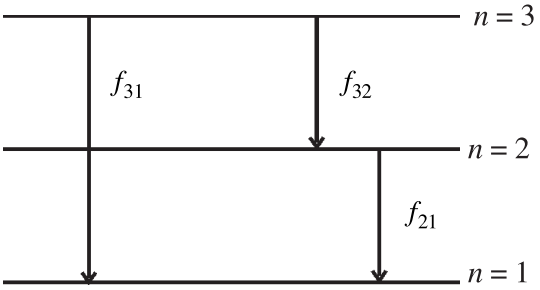
$f = \frac{me^4}{4\epsilon_0^2 h^3 n^3}$ તથા કોણીય આવૃત્તિ $\omega = \frac{4\pi me^4}{2\epsilon_0^2 h^3 n^3}$

$f = \frac{2Rc}{n^3}$ $\omega \propto \frac{1}{n^3}$

$\frac{1}{\lambda} = \frac{2R}{n^3}$ (આવર્તકાળ) $T \propto n^3$

$f \alpha n^{-3}$, $\lambda \propto n^3$

- જો ઇલેક્ટ્રૉન $n = 3$થી $n = 2$ માં અને પછી $n = 2$થી $n = 1$માં સંક્રાંતિ કરે તો,




$$hf_{31} = hf_{32} + hf_{21}$$

$$\therefore \quad f_{31} = f_{32} + f_{21}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{1}{\lambda_{32}} + \frac{1}{\lambda_{21}}$$

**બોહ્ર મૉડેલની સફળતાઓ :**

- H – પરમાણુનું સ્થિરતા અને ઊર્જા ગણી શકાય.
- હાઈડ્રોજનિક $\left(He^{+}, Li^{+2}, Be^{+3}\right)$ ના પરમાણુ વર્ણપટ સમજાવી શકાય છે.
- આ સિવાય કેટલાક અન્ય સિદ્ધાંતોની પુષ્ટિ માટે તથા ભારે હાઈડ્રોજન અને ડ્યુટેરિયમની શોધ માટે ઉપયોગી નીવડ્યું.

**મર્યાદાઓ :**

- બોહ્રે ધારેલ ઈલેક્ટ્રૉનની કક્ષા વર્તુળાકાર હોવી એવું જરૂરી નથી.
- ઊર્જાની ગણતરી પ્રચલિત યંત્રશાસ્ત્રની મદદથી કરેલ છે, જ્યારે કોણીય વેગમાન ક્વૉન્ટાઈઝ્ડ છે. આમ, પ્રચલિત યંત્રશાસ્ત્ર અને ક્વૉન્ટમ યંત્રશાસ્ત્રનું અયોગ્ય સંયોજન છે.
- વર્ણપટ રેખાઓની તીવ્રતા સમજાવી શક્યું નહિ.
- વર્ણપટ રેખાઓનું સૂક્ષ્મ બંધારણ સમજાવી શકતું નથી.
- પરમાણુમાં ઈલેક્ટ્રૉનની ગોઠવણ સમજાવવામાં નિષ્ફળ નીવડ્યું.

---

(7) હાઈડ્રોજન પરમાણુ માટે ચોથી અને પાંચમી ઉત્તેજિત અવસ્થામાં ઊર્જાનો ગુણોત્તર _____ થાય.

(A) 4 : 5 (B) 16 : 25 (C) 25 : 16 (D) 1 : 1

(8) $400 \times 10^{12}$ Hz આવૃત્તિ ધરાવતા રાતા પ્રકાશના એક ફોટોનનું વેગમાન _____ થાય.

$(c = 3 \times 10^{8}\ ms^{-1})$

(A) શૂન્ય (B) $8.8 \times 10^{-28}\ Kgms^{-2}$

(C) $11.65 \times 10^{-6}\ MeV\ C^{-1}$ (D) માહિતી અપૂરતી છે.

(9) ફૉસ્ફરસના પરમાણુને જ્યારે સિલિકોન (કે જેનો ડાઇ ઈલેક્ટ્રિક અચળાંક = 12)માં ઉમેરવામાં આવે ત્યારે તેની બાહ્યતમ કક્ષામાં રહેલા ઈલેક્ટ્રૉનની ત્રિજ્યા ગણો.

(A) 380.9 pm (B) 390.8 pm (C) 930.8 pm (D) 830.9 pm

(10) હાઈડ્રોજન પરમાણુ માટે ધરા અવસ્થા (પ્રથમ કક્ષા)માં ઈલેક્ટ્રૉનની રેખીય ઝડપ _____.

(A) $\frac{c}{2}$ (B) $\frac{c}{11}$ (C) $\frac{c}{137}$ (D) $\frac{c}{274}$

(11) હાઈડ્રોજન પરમાણુમાં જ્યારે ઈલેક્ટ્રૉન $n = 5$ થી $n = 1$ માં આવે ત્યારે ઉત્સર્જાતા ઈલેક્ટ્રૉનની ઝડપ _____ હશે.

(A) $10^{-4}\ ms^{-1}$ (B) $2 \times 10^{-2}\ ms^{-1}$ (C) $7.7 \times 10^{3}\ ms^{-1}$ (D) $8 \times 10^{2}\ ms^{-1}$

(12) બોહ્ર પરમાણુ મૉડેલમાં R, V, T અને E અનુક્રમે કક્ષાની ત્રિજ્યા, ઈલેક્ટ્રૉનની ઝડપ, ઈલેક્ટ્રૉનના ભ્રમણનો આવર્તકાળ અને ઈલેક્ટ્રૉનની કુલ ઊર્જા હોય, તો નીચેના વિકલ્પમાંથી કયો વિકલ્પ ક્વૉન્ટમ અંક $n$ ના સમપ્રમાણમાં નથી.

(A) VR (B) RE (C) $\frac{V}{E}$ (D) $\frac{T}{R}$

(13) જો હાઇડ્રોજન પરમાણુનું ઇલે.ની પ્રથમ ઉત્તેજિત અવસ્થામાં કુલ ઊર્જા –3.4 $e$V હોય, તો આ ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિઊર્જા કેટલી હશે ?

(A) 0 (B) 3.4 eV (C) –3.4 eV (D) 6.8 eV

(14) હાઇડ્રોજન પરમાણુના ઇલેક્ટ્રૉનનું ધરાવાસ્થા ($n$ = 1) માં કોણીય વેગમાન $L_1$ છે અને ચતુર્થ ઉત્તેજિત અવસ્થામાં $L_4$ છે, તો $L_4 - L_1$ = _____.

(A) $5L_1$ (B) $3L_1$ (C) $2L_1$ (D) $4L_1$

(15) હાઇડ્રોજન પરમાણુમાં ઉત્સર્જાતા ફોટોનની ઊર્જા 12.1 eV હોય, તો તેનું કોણીય વેગમાન _____હશે.

(A) $1.05\times10^{-34}$ Js (B) $2.11\times10^{-34}$ Js (C) $3.16\times10^{-34}$ Js (D) $4.22\times10^{-34}$ Js

(16) H-પરમાણુમાં $n$ = 1 માટે ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિઊર્જા 13.6 eV છે, તો $He^{+2}$ માં $n$ = 2 માટે ઇલેક્ટ્રૉનની કુલ ઊર્જા _____.

(A) 13.6 eV (B) 3.4 eV (C) –13.6 eV (D) –3.4 eV

(17) બોહ્ર પરમાણુ મૉડેલમાં $n$ = 1 અને $n$ = 2 ક્વૉન્ટમ અંક માટે ઇલેક્ટ્રૉનના કક્ષીય આવર્તકાળનો ગુણોત્તર શોધો.

(A) 1 : 2 (B) 2 : 1 (C) 1 : 4 (D) 1 : 8

(18) હાઇડ્રોજન પરમાણુ માટે પ્રથમ ઉત્તેજિત અવસ્થા અને ધરા અવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનના કક્ષીય ક્ષેત્રફળનો ગુણોત્તર _____.

(A) 2 : 1 (B) 4 : 1 (C) 8 : 1 (D) 16 : 1

(19) જો R રીડબર્ગ અચળાંક હોય તો H – પરમાણુના ઇલેક્ટ્રૉન માટે ધરા અવસ્થામાં ઊર્જા _____.

(A) $-\frac{Rh}{c}$ (B) $\frac{-1}{Rhc}$ (C) $-Rhc$ (D) $\frac{hc}{R}$

(20) હાઇડ્રોજન પરમાણુમાં પ્રથમ કક્ષાની ત્રિજ્યા $0.528\ \mathring{A}$ હોય, તો દ્વિતીય કક્ષાની ત્રિજ્યા _____ હોય.

(A) $4.752\ \mathring{A}$ (B) $2.112\ \mathring{A}$ (C) $0.071\ \mathring{A}$ (D) $0.142\ \mathring{A}$

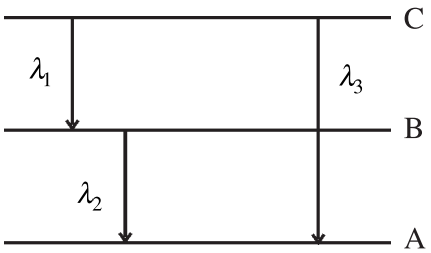
(21) હાઇડ્રોજન પરમાણુની $n$ = 5 થી $n$ = 1 અવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંક્રાંતિ દરમિયાન ઉત્તેજિત ફોટોનની ઝડપ કેટલી હશે ?

(A) $0.6\times10^8\ ms^{-1}$ (B) $7.418\ ms^{-1}$ (C) $3\times10^8\ ms^{-1}$ (D) $7.148\ ms^{-1}$

(22) જો મુખ્ય ક્વૉન્ટમ અંક $n > 4$ શક્ય ન હોય, તો શક્ય તત્ત્વોની સંખ્યા _____ હોય.

(A) 4 (B) 32 (C) 60 (D) 64

(23) કોઈ ચોક્કસ પરમાણુના A, B અને C ઊર્જા સ્તરો માટે $E_A < E_B < E_C$. આકૃતિમાં દર્શાવેલી સંક્રાંતિઓ માટે ઉત્સર્જિત વિકિરણ માટે જો $\lambda_1, \lambda_2$ અને $\lambda_3$ તેમની તરંગલંબાઈ હોય, તો નીચેનામાંથી કયો વિકલ્પ સાચો છે તે જણાવો :




(A) $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$ (B) $\lambda_3 = \frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1+\lambda_2}$

(C) $\lambda_3^2 = \lambda_1^2 + \lambda_2^2$ (D) $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 0$

(24) હાઇડ્રોજન પરમાણુમાં ઇલેક્ટ્રૉન ચતુર્થ કક્ષામાંથી પ્રથમ ઉત્તેજિત અવસ્થામાં સંક્રાંતિ કરે છે, જો ઉત્સર્જાતા વિકિરણની આવૃત્તિ કેટલી થાય ? $\left(R = 10^7\ m^{-1}\right)$

(A) $\frac{3}{16} \times 10^5$ Hz (B) $\frac{3}{16} \times 10^{15}$ Hz (C) $\frac{9}{16} \times 10^{15}$ Hz (D) $\frac{3}{4} \times 10^{15}$ Hz

(25) ઉત્તેજિત અવસ્થામાંના H – પરમાણુના ઇલેક્ટ્રૉનની કુલ ઊર્જા –3.4 $e$V છે, તો તેની દ-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ ગણો.

(A) $6.6 \times 10^{-10}$ m (B) $6.6 \times 10^{-11}$ m (C) $6.6 \times 10^{-9}$ m (D) $6.6 \times 10^{-12}$ m

(26) જો ઇલેક્ટ્રૉનની કક્ષીય કોણીય વેગમાન ક્વૉન્ટમ અંક $l = 7$ હોય, તો તેનું કક્ષીય કોણીય વેગમાન કેટલું થાય ?

(A) $\frac{7h}{2\pi}$ (B) $\frac{42h}{2\pi}$ (C) $\sqrt{7}\,\frac{h}{2\pi}$ (D) $\sqrt{56}\,\frac{h}{2\pi}$

**જવાબો : 7 (C), 8 (B), 9 (A), 10 (C), 11 (C), 12 (B), 13 (B), 14 (D), 15 (B), 16 (C), 17 (D), 18 (D), 19 (C), 20 (B), 21 (C), 22 (C), 23 (B), 24 (C), 25 (A), 26 (D)**

### હાઇડ્રોજન વર્ણપટ

નીચા દબાણે રહેલા હાઇડ્રોજન વાયુમાં ઇલેક્ટ્રિક ડિસ્ચાર્જ પસાર કરતાં વાયુના પરમાણુઓ ઉત્તેજિત થઈ ચોક્કસ તરંગલંબાઈવાળાં વિકિરણોનું ઉત્સર્જન કરે છે. આ વિકિરણોનો સમૂહ એટલે હાઇડ્રોજન વર્ણપટ. જેમાં જોવા મળતી જુદી-જુદી શ્રેણીઓ નીચે મુજબ છે :

- **લાઇમન-શ્રેણી :** $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

  જ્યાં $n = 2, 3, \ldots$

  $n = 2 \rightarrow H_\alpha$ અથવા $L_\alpha$ લાઇન

  $n = 3 \rightarrow H_\beta$ અથવા $L_\beta$ લાઇન

  $n = 4 \rightarrow H_\gamma$ અથવા $L_\gamma$ લાઇન

- લાઇમન-શ્રેણીની મહત્તમ તરંગલંબાઈ માટે $n = 2$ અને લઘુતમ તરંગલંબાઈ માટે $n = \infty$.
- પારજાંબલી વિભાગમાં જોવા મળે છે.

- **બામર-શ્રેણી :** $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

  જ્યાં $n = 3, 4, 5, 6 \ldots$

  $n = 3 \rightarrow H_\alpha$ | મહત્તમ તરંગલંબાઈ $\rightarrow$ $n = 3$

  $n = 4 \rightarrow H_\beta$ | લઘુતમ તરંગલંબાઈ $\rightarrow$ $n = \infty$

- દૃશ્ય વિભાગમાં જોવા મળે છે.

- **પાશ્ચન-શ્રેણી :** $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

  જ્યાં $n = 4, 5, 6, 7 \ldots$

- $n = 4 \rightarrow H_\alpha,\ n = 5 \rightarrow H_\beta, \ldots.$
- મહત્તમ $\lambda \rightarrow n = 4$, લઘુતમ $\lambda \rightarrow n = \infty$
- નજીકના ઈન્ફારેડ (પારરક્ત) વિભાગમાં
- **બ્રેકેટ-શ્રેણી :** $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

  જ્યાં $n = 5, 6, 7, 8 \ldots$

- $n = 5 \rightarrow H_\alpha,\ n = 6 \rightarrow H_\beta, \ldots.$
- $\lambda_{max} \rightarrow n = 5,\ \lambda_{min} \rightarrow n = \infty$
- **ફન્ડ-શ્રેણી :** $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

  જ્યાં $n = 6, 7 \ldots$

- $n = 6 \rightarrow H_\alpha,\ n = 7 \rightarrow H_\beta, \ldots.$
- $\lambda_{max} \rightarrow n = 6,\ \lambda_{min} \rightarrow n = \infty$

- ઈલેક્ટ્રૉન જ્યારે $n$ મી કક્ષામાંથી નીચેની કક્ષામાં સંક્રાંતિ કરે ત્યારે ઉત્સર્જાતી વર્ણપટ રેખાઓની સંખ્યા $= \frac{n(n-1)}{2}$.
- કોઈ પણ પરમાણુના વર્ણપટ માટે ઉત્સર્જાતી તરંગલંબાઈ, $\frac{1}{\lambda} = R\,Z^2\left(\frac{1}{n_k{}^2} - \frac{1}{n_i{}^2}\right)$.

---

(27) હાઈડ્રોજન $\left({}_1H^1\right)$, ડ્યુટેરિયમ $\left({}_1H^2\right)$, આયોનાઈઝ્ડ હિલિયમ $\left({}_2He^4\right)^+$ અને આયોનાઈઝ્ડ લિથિયમ $\left({}_3Li^6\right)^{++}$ દરેક માટે ઈલેક્ટ્રૉનની $n = 2$ થી $n = 1$ સંક્રાંતિ દરમિયાન તરંગલંબાઈની સરખામણી કરો. તેમની તરંગલંબાઈઓ અનુક્રમે $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ છે.

(A) $\lambda_1 = 2\lambda_2 = 3\lambda_3 = 4\lambda_4$ (B) $4\lambda_1 = 2\lambda_2 = 2\lambda_3 = \lambda_4$

(C) $\lambda_1 = 2\lambda_2 = 2\lambda_3 = \lambda_4$ (D) $\lambda_1 = \lambda_2 = 4\lambda_3 = 9\lambda_4$

(28) મુખ્ય ક્વૉન્ટમ અંકનું મૂલ્ય 4 હોય તેવા હાઈડ્રોજન પરમાણુ દ્વારા ધરાવસ્થામાંથી ઉત્તેજિત થઈ કોઈ ચોક્કસ અવસ્થામાં જતાં ઉત્સર્જાતી વર્ણપટ રેખાની સંખ્યા _____ હશે.

(A) 3 (B) 5 (C) 6 (D) 2

(29) હાઇડ્રોજન વર્ણપટની લઘુતમ તરંગલંબાઈ અને મહત્તમ તરંગલંબાઈનો ગુણોત્તર શોધો.

(A) 81.86 (B) 86.81 (C) 0.012 (D) 0.12

(30) બ્રેકેટ-શ્રેણીની મહત્તમ તરંગલંબાઈ અને લઘુતમ તરંગલંબાઈનો ગુણોત્તર શોધો.

(A) 3.6 (B) 0.36 (C) 78.2 (D) 2.78

(31) ઇન્ફ્રારેડ વિભાગમાં જોવા મળતી મહત્તમ તરંગસંખ્યા _____ $m^{-1}$ હશે.

(A) $12.18 \times 10^5$ (B) $12.18 \times 10^{10}$ (C) $18.12 \times 10^5$ (D) 8204

(32) બામર-શ્રેણીની $\alpha-$ રેખા અને લાઇમન-શ્રેણીની $\alpha-$ રેખાનો $\lambda$ નો ગુણોત્તર શોધો.

(A) 27 : 5 (B) 5 : 27 (C) 1 : 4 (D) 20 : 27

(33) હાઇડ્રોજન પરમાણુ વર્ણપટમાં બામર-શ્રેણીની પ્રથમ રેખાની તરંગલંબાઈ _____ છે.

(A) 6563 $\mathring{A}$ (B) 6365 $\mathring{A}$ (C) 6563 m (D) 6563 cm

(34) $f_1$ એ લાઇમન-શ્રેણીની અંતિમ રેખાની આવૃતિ છે. $f_2$ એ લાઇમન-શ્રેણીની પ્રથમ રેખાની આવૃત્તિ છે જ્યારે $f_3$ એ બામર-શ્રેણીની અંતિમ રેખાની આવૃત્તિ છે તો,

(A) $f_1 - f_2 = f_3$ (B) $f_2 - f_1 = f_3$ (C) $f_3 = \frac{1}{2}(f_1 + f_2)$ (D) $f_1 + f_2 = f_3$

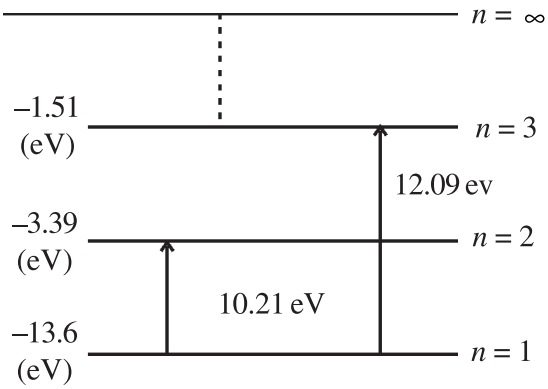
(35) જો લાઇમન શ્રેણીની લઘુતમ તરંગલંબાઈ 912 $\mathring{A}$ હોય, તો મહત્તમ તરંગલંબાઈ _____ $\mathring{A}$ હશે.

(A) 1216 $\mathring{A}$ (B) 1824 $\mathring{A}$ (C) 2434 $\mathring{A}$ (D) 3648 $\mathring{A}$

**જવાબો : 27 (D), 28 (C), 29 (C), 30 (D), 31 (A), 32 (A), 33 (A), 34 (A), 35 (A)**

### ઉત્તેજિત અને આયનીકરણ ઊર્જા તથા સ્થિતિમાન

- સ્થિત કક્ષામાં પરિભ્રમણ કરતો ઇલેક્ટ્રૉન ચોક્કસ મૂલ્યની ઊર્જાનું શોષણ કરી ઊંચી ઊર્જા ધરાવતી કક્ષામાં સંક્રાંતિ કરે છે. આ માટે શોષવી પડતી ઊર્જાને ઉત્તેજિત ઊર્જા અને સંલગ્ન સ્થિતિમાનને **ઉત્તેજિત સ્થિતિમાન** કહે છે.

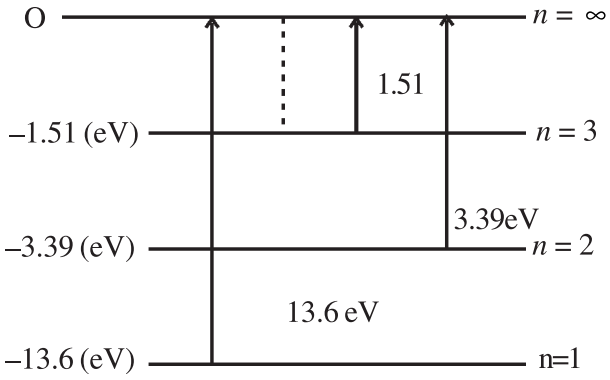



ઊર્જા (eV) = સ્થિતિમાન (V)

$n = 1 \rightarrow n = 2$ જરૂરી ઊર્જા = $-3.39 - (-13.6) = 10.21$ eV

$n = 1 \rightarrow n = 3$ જરૂરી ઊર્જા = $-1.51 - (-13.6) = 12.09$ eV

- ઇલેક્ટ્રૉનની પરમાણુમાંથી દૂર કરવા (કોઈ પણ કક્ષામાંથી $n = \infty$ માં મોકલવા) જરૂરી લઘુતમ ઊર્જા એટલે **આયનીકરણ ઊર્જા** અને સંલગ્ન સ્થિતિમાન એટલે **આયનીકરણ સ્થિતિમાન.** આયનીકરણ ઊર્જા ($eV$) = સ્થિતિમાન (V).

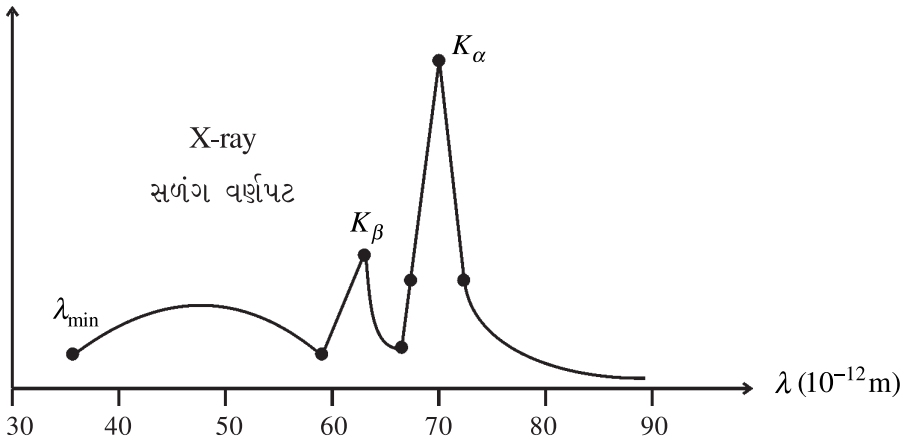



- જેમ કે $n = 1 \rightarrow n = \infty$ જરૂરી ઊર્જા $= 0 - (-13.6) = 13.6$ (eV)
- $n = 2 \rightarrow n = \infty$ $0 - (-3.39) = 3.39$ (eV)

**શોષણ અને ઉત્સર્જન વર્ણપટ**

- ઇલેક્ટ્રૉન વધારે ઊર્જા $(E_i)$ વાળી કક્ષામાંથી સંક્રાંતિ કરી ઓછી ઊર્જા $(E_k)$ વાળી કક્ષામાં આવે ત્યારે $E_i - E_k = hf$ અનુસાર વિકિરણનું ઉત્સર્જન કરે છે જેને **ઉત્સર્જન વર્ણપટ** કહે છે. આવી વર્ણપટ રેખાઓની તીવ્રતા પરમાણુની ઘનતા સાથે વધે છે અને તાપમાન વધે સાથે ઘટે છે.
- વર્ણપટ રેખાની તરંગલંબાઈ પરમાણુ ક્રમાંક પર આધારિત છે.
- પરમાણુમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનને નીચી ઊર્જાવાળી કક્ષામાંથી વધારે ઊર્જાવાળી કક્ષામાં મોકલવા તેમના પર સતત તરંગલંબાઈવાળું વિકિરણ આપાત કરતાં, તેમાંથી ચોક્કસ તરંગલંબાઈનું શોષણ થાય છે, ત્યાર પછી સતત વિકિરણમાં અમુક ચોક્કસ તરંગલંબાઈઓ ગેરહાજર હશે અને તેના સ્થાને કાળી રેખાઓ દેખાશે. આવા વર્ણપટને **શોષણ વર્ણપટ** કહે છે.
- દા.ત., સૂર્યના ફોટોસ્ફિયરમાંથી ઉત્સર્જાતું સતત વિકિરણ જ્યારે બહારના આવરણમાંથી પસાર થાય ત્યારે અમુક ચોક્કસ તરંગલંબાઈનું શોષણ થાય છે અને તેને અનુરૂપ કાળી રેખાઓ જોવા મળે છે. આ રેખાઓને **ફોન હૉફર-રેખાઓ** કહે છે.

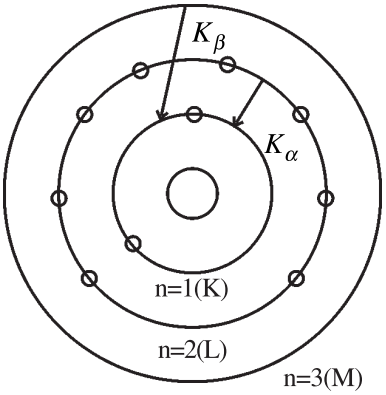
- **X-ray :** X-rayની શોધ રોન્જને કરી તરંગલંબાઈ : 0.001 થી 1 nm.
  - ઇલેક્ટ્રૉનને $20 - 40$ kV હેઠળ પ્રવેગિત કરી કૉપર, ટંગસ્ટન કે $M_o$ જેવી સંક્રાંતિ ધાતુના એનોડ સાથે અથડાવતાં X-rayનું ઉત્સર્જન થાય છે.
  - **સાપેક્ષ તીવ્રતા**



- $X-$ray ની તમામ આવૃત્તિઓ (તરંગલંબાઈઓ) ઉત્સર્જતું વિકિરણ એ **સળંગ વર્ણપટ** છે.
- ઇલેક્ટ્રૉનની એનોડ સાથેની હેડ ઑન અથડામણમાં મહત્તમ આવૃત્તિ (લઘુતમ તરંગલંબાઈનું) વિકિરણ ઉત્સર્જાય છે.

$\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$ જ્યાં V = ઇલેક્ટ્રૉનને પ્રવેગિત કરવા જરૂરી સ્થિતિમાન

- **લાક્ષણિક $X-$ray વર્ણપટ :**




- આપાત ઇલેક્ટ્રૉન એનોડના પરમાણુની અંદર સુધી ઘૂસી જાય છે અને પરમાણુઓની અંદરની Shells માંના ઇલેક્ટ્રૉનને પરમાણુની બહાર ધકેલી દે છે. આથી આવા કવચમાં ઇલેક્ટ્રૉનની જગ્યા ખાલી પડે છે અને ઉપરની Shell માંના ઇલેક્ટ્રૉન સંક્રાંતિ કરી, આ ખાલી જગ્યા ભરી દે છે. આવી સંક્રાંતિ દરમિયાન ચોક્કસ આવૃત્તિવાળું વિકિરણ ઉત્સર્જાય છે.
- જો ઇલેક્ટ્રૉન $n=1$ વાળી $K-$shell માંથી બહાર ધકેલાઈ જતો હોય અને પછી $n=2$ ($L-$shell) માંથી ઇલેક્ટ્રૉન સંક્રાંતિ કરી $K-$shell માં આવતો હોય તો તેને $K_\alpha$ $X-$ray કહે છે. તે જ પ્રમાણે $n=3$ માંથી $n=1$ માં સંક્રાંતિ થતી હોય તો તેને $K_\beta$ **વિકિરણ** કહે છે. $n=3$ માંથી $n=2$ માં સંક્રાંતિ થાય તો $L_\alpha$ **વિકિરણ** મળે છે. આવી સંક્રાંતિઓ વડે રચાતાં વર્ણપટને $X-$ray નો **લાક્ષણિક વર્ણપટ** કહે છે.
- અહીં ન્યુક્લિયસના વિદ્યુતભારનું Screening થતું હોવાથી $Z \to Z-1$ થશે.

ઊર્જા $E_n = -\frac{m e^4 (Z-1)^2}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2}$

$= -\frac{13.6 (Z-1)^2}{n^2}$ $(eV)$

- $K_\alpha$ **વિકિરણ માટે :** $E_L - E_K = hf_{K_\alpha}$

$\therefore \quad hf_{k_\alpha} = 13.6 (Z-1)^2 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

$\therefore \quad f_{k_\alpha} = \frac{13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.62 \times 10^{-34}} \left(\frac{3}{4}\right) (Z-1)^2$

$$\therefore \quad \sqrt{f} = \sqrt{\frac{13.6 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 3}{6.62 \times 10^{-34} \times 4}}\ (Z-1)$$

$$\therefore \quad \sqrt{f} = C\ (Z-1)$$

$$\therefore \quad \sqrt{f} = CZ - C \text{ જે સુરેખાનો સમીકરણ છે.}$$

જ્યાં $C = 4.965 \times 10^7\ Hz^{\frac{1}{2}}$

$\sqrt{f} \to Z$ નો આલેખ સુરેખા છે અને તેનો ઢાળ $C$ છે. જે **મોઝલેના નિયમ** તરીકે ઓળખાય છે.

**મોઝલેના પ્રાયોગિક કાર્યની ઉપયોગિતા :**

- મોઝલેએ જણાવ્યું કે આવર્તકોષ્ટકમાં તત્ત્વોના સ્થાન તેમના પરમાણુ-ક્રમાંક Z અનુસાર ગોઠવવામાં આવે, તો રાસાયણિક ગુણધર્મો અને સ્થાન વચ્ચે સુમેળ થાય.
- આવર્તકોષ્ટકનાં ખાલી સ્થાનોની પૂર્તિ થઈ.
- રેર અર્થ (લેન્થેનાઈડ) તત્ત્વોનું સ્થાન નિશ્ચિત થયું. યુરેનિયમ પછીનાં તત્ત્વોના સ્થાન નિશ્ચિત થયાં.
- $K_\alpha$ જેવા વિકિરણ વડે ન્યુક્લિયસના વિદ્યુતભારની માહિતી પણ મેળવી શકાય છે.

**અન્ય ઉપયોગી માહિતી :**

- $\lambda \leq 4\mathring{A}$ વાળા X – ray ને સખત X – ray કહે છે કેમ કે તેમની ભેદનશક્તિ ખૂબ જ ઊંચી છે.
- $\lambda > 4\mathring{A}$ વાળા X – ray ને નરમ (soft) X – ray કહે છે. તેમની ભેદનશક્તિ ખૂબ જ ઓછી છે.
- આપાત ઇલેક્ટ્રૉનમાંની કુલ ઊર્જાના 1 % ઊર્જા જ X – ray ની ઊર્જામાં રૂપાંતર પામે છે. 99 % ઉષ્મા સ્વરૂપે ટ્યૂબમાં વ્યય પામે છે. આથી X – ray કુલિંગની વ્યવસ્થા જરૂરી છે.
- જો $f$ એ X – ray માં પરિવર્તિત થતા ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિઊર્જાનો અંશ હોય, તો ઉત્સર્જિત X – ray ની તરંગલંબાઈ, $\lambda = \frac{hc}{f e V_0}$.
- $\underset{(L \to K)}{K_\alpha}$ વિકિરણ માટે : $E_L - E_K = hf_{K_\alpha}$
- $\underset{(M \to K)}{K_\beta}$ વિકિરણ માટે : $E_M - E_K = hf_{K_\beta}$
- $\underset{(M \to L)}{L_\alpha}$ વિકિરણ માટે : $E_M - E_L = hf_{L_\alpha}$

(36) હાઈડ્રોજન પરમાણુની ત્રીજી કક્ષામાં ઉત્તેજિત ઊર્જા _____.

(A) 1.51 eV (B) 3.4 eV (C) 0.66 eV (D) 0.85 eV

(37) કોઈ પરમાણુના ઇલેક્ટ્રૉનને બીજી કક્ષામાંથી ત્રીજી કક્ષામાં ઉત્તેજિત કરી મોકલવા માટે જરૂરી ઊર્જા 47.22 $e$V છે, તો આ પરમાણુનો પરમાણુ-ક્રમાંક _____ હશે.

(A) 1 (B) 3 (C) 4 (D) 5

(38) હિલિયમ પરમાણુની બીજી કક્ષામાં લઘુતમ ઉત્તેજિત સ્થિતિમાન _____ હશે.

(A) 7.55 V (B) 21.7 V (C) 13.2 V (D) 10.21 V

(39) એક પરમાણુ માટે પ્રથમ ઉત્તેજિત સ્થિતિમાન V વૉલ્ટ છે, તો તેનું આયનીકરણ સ્થિતિમાન _____ વૉલ્ટ થાય.

(A) $\frac{1}{4}$ (B) $\frac{3}{4}$ (C) $\frac{4}{3}$ (D) $\frac{5}{4}$

(40) $Li^{++}$ માં પ્રથમ ઉત્તેજિત અવસ્થામાંથી ઇલેક્ટ્રૉનને દૂર કરવા જરૂરી ઊર્જા _____ eV છે.

(A) 122.4 (B) 30.6 (C) 13.6 (D) 3.4

(41) X – ray ટ્યૂબમાં પ્રવેગિત સ્થિતિમાન વધારતાં _____.

(A) X – ray ની તીવ્રતા વધે છે. (B) X – ray ની min. તરંગલંબાઈ વધે છે.

(C) X – ray ની min. તરંગલંબાઈ ઘટે છે. (D) X – ray ની તીવ્રતા ઘટે છે.

(42) X – ray ના એક ફોટોનની તરંગલંબાઈ 3.3 $\mathring{A}$ હોય, તો સંલગ્ન ઊર્જા _____થાય.

(A) 7.5 keV (B) 3.8 keV (C) 5.5 MeV (D) 3.7 MeV

(43) 4 MV ના સ્થિતિમાન વડે સંચાલિત X – ray ટ્યૂબમાં ઉત્સર્જાતી લઘુતમ તરંગલંબાઈ _____ $\mathring{A}$ છે.

(A) 1 (B) 0.0062 (C) 0.0031 (D) $10^{-5}$

(44) પરમાણુઓના સ્થાનની અદલા-બદલી સમજાવી, યોગ્ય સ્થાન _____ની મદદથી જાણી શકાયું.

(A) મોઝલેનો નિયમ (B) મેન્ડેલીફનો નિયમ (C) કૉમ્પટન અસર (D) હુંડનો નિયમ

(45) $K_\alpha$ X-Rayની તરંગલંબાઈ 0.76 $\mathring{A}$ હોય, તો એનોડના દ્રવ્યનો પરમાણુ-ક્રમાંક _____ થાય.

(A) 20 (B) 60 (C) 41 (D) 80

(46) $K_\alpha$ વિકિરણના બે જુદાં-જુદાં ઉત્સર્જનોમાં ટાર્ગેટ ન્યુક્લિયસના પરમાણુ-ક્રમાંક 65 અને 81 હોય, તો તેમની તરંગલંબાઈનો ગુણોત્તર શોધો.

(A) $\frac{1}{4}$ (B) $\frac{1}{16}$ (C) $\frac{2}{\sqrt{5}}$ (D) $\frac{25}{16}$

(47) X – ray ટ્યૂબમાં ઇલેક્ટ્રૉનને પ્રવેગિત કરવા માટેનું સ્થિતિમાન વધારવામાં આવે, તો ઉત્સર્જિત, X – ray ની ઝડપ _____.

(A) વધે છે. (B) ઘટે છે. (C) બદલાતી નથી. (D) કંઈ કહી ન શકાય.

(48) X – ray ટ્યૂબમાં ઓપરેટિંગ વૉલ્ટેજ 66 kV, તો X – ray ના સળંગ વર્ણપટમાં _____.

(A) 0.01 nm અને 0.02 nm બંને તરંગલંબાઈ હાજર હશે.

(B) ઉપરની બંને તરંગલંબાઈઓ ગેરહાજર હશે.

(C) 0.01 nm ની તરંગલંબાઈ હાજર હશે અને 0.02 nm ની તરંગલંબાઈ ગેરહાજર હશે.

(D) 0.01 nm ની તરંગલંબાઈ ગેરહાજર હશે અને 0.02 nm ની તરંગલંબાઈ હાજર હશે.

(49) X-ray ટ્યૂબમાં ઉત્સર્જિત મહત્તમ આવૃત્તિ $f$ અને ઓપરેટિંગ વૉલ્ટેજ V છે. જો ઓપરેટિંગ વૉલ્ટેજ $\frac{V}{2}$ કરવામાં આવે, તો ઉત્સર્જિત મહત્તમ આવૃત્તિ કેટલી થાય ?

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

(50) $Z = 41$ ધરાવતા તત્ત્વમાંથી ઉત્સર્જિત $K_\alpha$ વિકિરણની તરંગલંબાઈ $\lambda$ છે, તો $Z = 21$ માંથી ઉત્સર્જિત $K_\alpha$ વિકિરણની તરંગલંબાઈ _____ થાય.

(A) $4\lambda$ (B) $\frac{\lambda}{4}$ (C) $3.08\,\lambda$ (D) $0.26\,\lambda$

(51) 80 keV ઊર્જા ધરાવતા ઇલેક્ટ્રૉનના પ્રવાહને $X$ – ray ટ્યૂબમાં ટંગસ્ટન પર આપાત કરવામાં આવે છે. K – shell માં રહેલા ટંગસ્ટનના ઇલેક્ટ્રૉનની ઊર્જા –72.5 keV હોય તો _____.

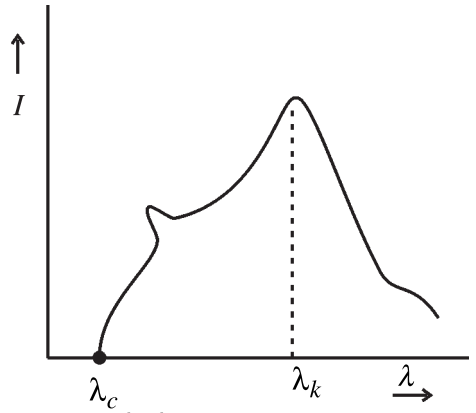
(A) $0.155\ \mathring{A}$ લઘુતમ તરંગલંબાઈવાળા સળંગ વર્ણપટની હાજરી દેખાય છે.

(B) બધી જ તરંગલંબાઈવાળો સળંગ વર્ણપટ દેખાય છે.

(C) ટંગસ્ટન માટે $X$ – ray નો લાક્ષણિક વર્ણપટ દેખાય છે.

(D) $0.155\ \mathring{A}$ લઘુતમ તરંગલંબાઈવાળો સળંગ વર્ણપટ તથા $X$ – ray નો લાક્ષણિક વર્ણપટ દેખાય છે.

(52) કુલીજ ટ્યૂબમાં મળતા X – ray માટે તીવ્રતા → તરંગલંબાઈનો ગ્રાફ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે છે. જો $\lambda_c$ લઘુતમ તરંગલંબાઈ અને $\lambda_k$, $K_\alpha$ ની તરંગલંબાઈ છે. જો પ્રવેગક સ્થિતિમાન વધારવામાં આવે તો _____.




(A) $\lambda_c$ વધે. (B) $\lambda_k$ ઘટે છે.

(C) $\lambda_k - \lambda_c$ વધે છે. (D) $\lambda_c$ અને $\lambda_k$ ઘટે છે પણ $\lambda_k - \lambda_c$ બદલાતું નથી.

(53) હાઇડ્રોજન પરમાણુ માટે આયનીકરણ ઊર્જા 13.6 eV છે. ધરાવસ્થામાં રહેલા હાઇડ્રોજન પરમાણુને 12.1 eV ઊર્જાના વિદ્યુતચુંબકીય વિકિરણ વડે ઉત્તેજિત કરવામાં આવે, તો ઉત્સર્જાતી વર્ણપટ રેખાઓની સંખ્યા _____ હોય.

(A) એક (B) બે (C) ત્રણ (D) ચાર

(54) X-rayના ઉત્સર્જન દરમિયાન હાઇડ્રોજન પરમાણુમાં $K_\alpha$ વિકિરણની તરંગલંબાઈ 0.32 $\mathring{A}$ હોય, તો $K_\beta$ વિકિરણની તરંગલંબાઈ કેટલી થાય ?

(A) 0.21 $\mathring{A}$ (B) 0.27 $\mathring{A}$ (C) 0.34 $\mathring{A}$ (D) 0.40 $\mathring{A}$

(55) તત્ત્વનો પરમાણુ-ક્રમાંક $Z$ હોય, તો $X-$ray ના લાક્ષણિક વર્ણપટની આવૃત્તિ _____ ના સમપ્રમાણમાં હોય.

(A) $Z^2$ (B) $(Z-1)^2$ (C) $Z$ (D) $\frac{1}{Z}$

**જવાબો : 36 (D), 37 (D), 38 (A), 39 (C), 40 (B), 41 (C), 42 (B), 43 (C), 44 (A), 45 (C), 46 (D), 47 (C), 48 (D), 49 (A), 50 (A), 51 (D), 52 (C), 53 (C), 54 (B), 55 (B)**

**ન્યુક્લિયસનું બંધારણ અને પરમાણુ દળો :**

- પરમાણુનો બધો જ ધન વિદ્યુતભાર અને દળ જે સૂક્ષ્મ વિસ્તારમાં કેન્દ્રિત થયેલા છે, તે વિસ્તાર એટલે ન્યુક્લિયસ, જે પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉનનો બનેલો છે.
- પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉન દરેકને ન્યુક્લિયોન કહે છે.
- પરમાણુ-ક્રમાંક (Z) = પ્રોટોનની સંખ્યા (P)
- પરમાણુ-દળાંક (A) = પ્રોટોન + ન્યુટ્રૉન [P + $n$]
- ન્યુટ્રૉનઆંક (N) = A – Z
- સંકેત ${}_ZX^A$ અથવા ${}^A_ZX$
- અનુત્તેજિત ${}_6C^{12}$ પરમાણુના દળના બારમા ભાગને કહે 1 *amu* છે.

  $1u = 1\,amu = 1.66\times10^{-27}$ kg
- પરમાણુના દળ ચોકસાઈપૂર્વક માપવા માટે mass spectrometer વપરાય છે.
- એક જ તત્ત્વના બે પરમાણુઓ જેમના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય, પરંતુ દળ જુદાં હોય તેમને એકબીજાના **સમસ્થાનિકો (આઇસોટોપ્સ)** કહે છે. એટલે કે તેમાં પ્રોટોન સમાન હોય પરંતુ ન્યુટ્રૉન જુદા-જુદા હોય છે.
- દા.ત., $Cl$ માટે 34.98 $u$ દળ ધરાવતા પરમાણુનું પ્રમાણ 75.4 % અને 36.98 $u$ નું પ્રમાણ 24.6 % હોય, તો $Cl$ ના પરમાણુનું દળ ભારિત સરેરાશથી ગણવામાં આવે છે.

  $Cl$ પરમાણુનું દળ $= \frac{75.4\times34.98 + 24.6\times36.98}{100}$

  $= 35.47\,u$
- જે ન્યુક્લિયસો માટે ન્યુટ્રૉનની સંખ્યા (N = A – Z) સમાન હોય તેમને એકબીજાના **આઇસોટોન** કહે છે.
- જે ન્યુક્લિયસો માટે પરમાણુ-દળાંક સમાન હોય તેમને એકબીજાના **આઇસોબાર** કહે છે.
- જે ન્યુક્લિયસો માટે Z સમાન, A સમાન, N સમાન, પરંતુ રેડિયોઍક્ટિવ ગુણધર્મો જુદા-જુદા હોય તેમને એકબીજાના **આઇસોમર** કહે છે.

- આઇસોટોપના ઉદાહરણ : $_{92}U^{235}$ $_{92}U^{238}$
- આઇસોટોનના ઉદાહરણ : $_{36}Kr^{86}$ $_{37}Rb^{87}$
- આઇસોબારના ઉદાહરણ : $_{82}Pb^{214}$ $_{83}Bi^{214}$
- $_{35}Br^{80}$ આઇસોમરની જોડ ધરાવે છે.

**ન્યુક્લિયર-બળો, ન્યુક્લિયસ ત્રિજ્યા, ન્યુક્લિયસનું સ્થાયીપણું**

- P–P, P–N, N–N પ્રવર્તતું સ્ટ્રૉંગ ન્યુક્લિયર બળ
- P અને N ક્વૉક્સના બનેલા છે, તેથી આ બળ કર્વાક્-કર્વાક્ બળ તરીકે પણ ઓળખાય છે.
- ક્વાર્ક્સના પ્રકારો : up, down, charm, strange, top, bottom
- ન્યુક્લિયર બળો ન્યુક્લિયોનની 'સ્પિન'ના નમન પર આધાર રાખે છે.
- ન્યુક્લિયસની સરેરાશ ત્રિજ્યા $R = R_0\ A^{\frac{1}{3}}$ જ્યાં $R_0 = 1.1\ fm$
- ન્યુક્લિયસની ઘનતા આશરે $2.3 \times 10^{17}\ kgm^{-3}$ છે. જે પાણીની ઘનતા કરતા લગભગ $10^{14}$ ગણી છે.
- ન્યુક્લિયસમાં જેમ-જેમ પરમાણુ-ક્રમાંક વધતો જાય તેમ-તેમ કુલંબ બળ અનેક ગણું વધતું જાય છે. તેને સમતોલવા સ્ટ્રૉંગ ન્યુક્લિયસ બળનું વધવું જરૂરી છે. આથી ન્યુટ્રૉનની સંખ્યા પ્રોટોનને સમતુલ્ય ન રહેતાં વધતી જાય છે.

  દા.ત., $_6C^{12}$ માં $P-6, N-6$ પરંતુ, $_{92}U^{235}$ માં $P-92$ અને $N-143$

  જે ન્યુક્લિયસના સ્થાયીપણા માટેની જરૂરી શરત છે.

- **દળ-ઊર્જા :** $1\ u = 1.66 \times 10^{-27}\ kg\ ;\ 1\ eV = 1.6 \times 10^{-19}\ J$

  $1\ u = 931.48\ MeV \rightarrow$ દળ-ઊર્જાની સમતુલ્યા

  $E = mc^2$

  $= (1\ u)\ (3 \times 10^8\ ms^{-1})^2$

  $= \frac{(1.66 \times 10^{-27})\ (9 \times 10^{16})}{1.6 \times 10^{-19}} = 931.48 \times 10^6 = 931.48\ MeV$

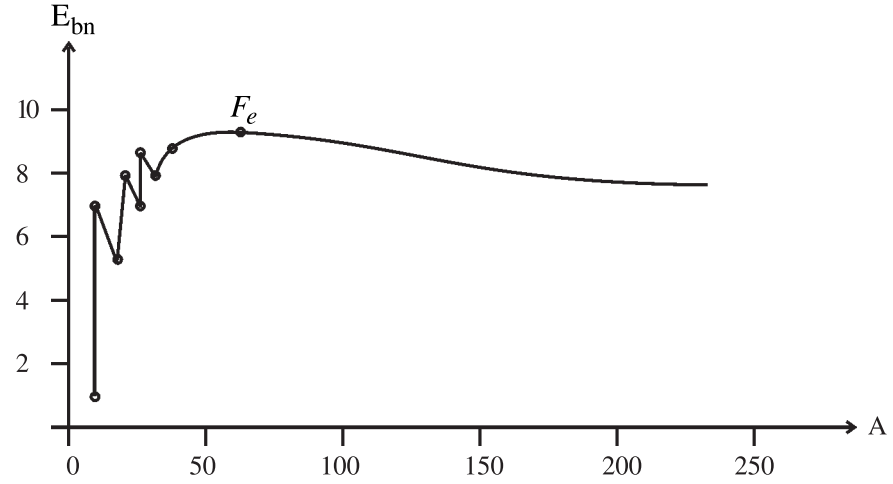
**ન્યુક્લિયસની બંધન-ઊર્જા**

સ્થાયી ન્યુક્લિયસનું દળ હંમેશાં તેના ઘટકકણોના મુક્ત અવસ્થામાંના કુલ દળ કરતાં ઓછું હોય છે, આ ઘટાડાને **દળક્ષતિ** કહે છે.

$M < Zm_p + Nm_n$

$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M$

- દળક્ષતિ $\Delta m$ ને સમતુલ્ય ઊર્જા $(\Delta m)\,c^2$ ને **ન્યુક્લિયસની બંધન-ઊર્જા** $(E_b)$ કહે છે.
- ન્યુક્લિયસની બંધન ઊર્જાને ન્યુક્લિયોનની સંખ્યા $(A)$ વડે ભાગવાથી મળતી ઊર્જાને **ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધન-ઊર્જા** $E_{bn} = \left(\frac{E_b}{A}\right)$ કહે છે.
- $E_{bn}$ એ ન્યુક્લિયસમાંથી બધા ઘટકકણોને મુક્ત કરી દેવા માટે ન્યુક્લિયોન દીઠ આપવી પડતી સરેરાશ ઊર્જા છે.
- ન્યુક્લિયોન દીઠ સરેરાશ બંધન-ઊર્જા $(E_{bn})$ એ ન્યુક્લિયસના સ્થાયીપણાનું માપ છે.
- ${}_1H^2$ ના સ્થાયી ન્યુક્લિયસનું દળ 2.0141 $u$ છે. મુક્ત અવસ્થામાંના 1 પ્રોટોન અને 1 ન્યુટ્રૉનના દળોનો સરવાળો 2.0165 $u$ છે. આમ ${}_1H^2$ ની દળક્ષતિ $\Delta m = 2.0165 - 2.0141 = 0.0024\,u$ છે અને તેને સમતુલ્ય ઊર્જા $= 0.0024 \times 931.48 = 2.24$ MeV.
- આમ ${}_1H^2$ ની બંધન-ઊર્જા 2.24 MeV છે.
- ${}_1H^2$ માંથી પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉનને મુક્ત કરવા 2.24 MeV જેટલી ઊર્જા બહારથી આપવી પડે અથવા 1 પ્રોટોન અને 1 ન્યુટ્રૉનને ભેગા કરી ${}_1H^2$ રચી શકાય, તો 2.24 MeV ઊર્જાનું ઉત્સર્જન થાય.
- ${}_1H^2$ માં $E_{bn} = \frac{2.24}{2} = 1.12$ MeV.




- લોખંડ (Fe) $[A = 56]$ ના ન્યુક્લિયસ માટે $E_{bn}$ નું મૂલ્ય મહત્તમ $\left(\approx 8.8\ \frac{\text{MeV}}{nucleon}\right)$ છે.
- $A < 30$ અને $A > 170$ માટે $E_{bn}$ નાં મૂલ્યો નાનાં છે.
- $30 < A < 170$ ધરાવતા ન્યુક્લિયસો માટે $E_{bn}$ નું મૂલ્ય લગભગ અચળ છે, આથી તેઓ સ્થાયી છે. જે ન્યુક્લિયર બળોના સંતૃપ્તતાના ગુણધર્મને આભારી છે.
- $A > 170$ ધરાવતા ભારે ન્યુક્લિયસને બે હલકા ન્યુક્લિયસમાં વિભાજિત કરવામાં આવે, તો ઊર્જા ઉત્પન્ન થાય છે. આ ક્રિયાને **ન્યુક્લિયર વિખંડન (ફિશન)** કહે છે.
- બે હલકા ન્યુક્લિયસ $(A < 10)$ ને સંલગ્ન કરીને ભારે ન્યુક્લિયસ રચતાં ઊર્જા ઉત્પન્ન થાય છે. આ ક્રિયાને **ન્યુક્લિયર-સંલયન (ફ્યુઝન)** કહે છે.

- ન્યુક્લિયસમાંથી એક ન્યુક્લિયોનને છૂટો પાડવા માટે જરૂરી ઊર્જાને Separation energy કહે છે.
- ન્યુક્લિયોન દીઠ દળક્ષતિને પૅકિંગ અંશ (*f*) કહે છે.

$$f = \frac{\Delta m}{A} \Rightarrow E_{bn} = f\,c^2 \text{ અથવા } f \times 931.48\,(MeV).$$

---

(56) ન્યુક્લિયસમાં રહેલા (એકબીજાથી 1 *fm* અંતરે) બે પ્રોટોન વચ્ચે લાગતું બળ $F_1$ છે. બે ન્યુટ્રૉન વચ્ચે લાગતું બળ $F_2$ છે તથા એક ન્યુટ્રૉન અને પ્રોટોન વચ્ચે લાગતું બળ $F_3$ છે, તો, _____

(A) $F_1 < F_2 < F_3$ (B) $F_2 < F_1 < F_3$ (C) $F_1 < F_2 = F_3$ (D) $F_1 = F_2 < F_3$

(57) એક તારામાં પ્રારંભિક $10^{40}$ ડ્યુટેરોન છે. તે નીચેની પ્રક્રિયા દ્વારા ઊર્જા ઉત્પન્ન કરે છે :

$${}_1H^2 + {}_1H^2 \rightarrow {}_1H^3 + p \text{ અને } {}_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow {}_2He^4 + n$$

જો ઉત્સર્જિત સરેરાશ પાવર $10^{16}$ W હોય, તો ડ્યુટેરોનના જથ્થાને નિષ્કાસ થતા લાગતો સમય _____ ક્રમનો હોય.

(A) $10^6$ s (B) $10^8$ s (C) $10^{12}$ s (D) $10^{16}$ s

$$m\left({}_1H^2\right) = 2.014\,u,\ m(P) = 1.007\,u,\ m(n) = 1.008\,u,\ m(He^4) = 4.001\,u.$$

(58) ન્યુક્લિયર ફિશનની પ્રક્રિયા, ${}_{92}U^{236} \rightarrow X^{117} + Y^{117} + n + n$. X અને Y માટે $E_{bn} = 8.5$ MeV તથા $U^{236}$ માટે $E_{bn} = 7.6$ MeV છે, તો ઉત્પન્ન થતી ઊર્જા _____ હશે.

(A) 2000 MeV (B) 200 MeV (C) 20 MeV (D) 2 MeV

(59) પૅકિંગ અંશ (*f*) = _____.

(A) $\frac{A}{M-A}$ (B) $\frac{A-M}{A}$ (C) $\frac{M}{M-A}$ (D) $\frac{M-A}{A}$

(60) જો $u = 1$ *amu* હોય તો એક તત્ત્વના પરમાણુ કે જેનું દળ Au છે. જ્યાં A = પરમાણુ-દળાંક તો A = _____.

(A) 1 (B) 12 (C) 16 (D) 1 to 110ની વચ્ચે

(61) જો પ્રોટોનમાં રહેલ દ્રવ્યનું સંપૂર્ણપણે ઊર્જામાં રૂપાંતર થાય, તો તે ઊર્જા _____ MeV હોય.

(A) 9310 (B) 931 (C) 10078 (D) 100

(62) *A* અને *B* આઇસોટોપ છે, *B* અને *C* આઇસોબાર છે. જો $d_A$, $d_B$ અને $d_C$ તેમના ન્યુક્લિયસની ઘનતા હોય તો _____.

(A) $d_A > d_B > d_C$ (B) $d_A < d_B < d_C$ (C) $d_A = d_B = d_C$ (D) $d_A = d_B < d_C$

(63) ન્યુક્લિયસમાંથી એક ન્યુક્લિયોનને મુક્ત કરવા માટે જરૂરી સરેરાશ ઊર્જાને _____ કહે છે.

(A) ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જા (B) બંધનઊર્જા

(C) પ્રક્રિયા માટેની જરૂરી ઊર્જા (D) સંસક્તિ ઊર્જા

(64) ન્યુક્લિયર ફ્યુઝનની નીચેની પ્રક્રિયા માટે મુક્ત થતી ઊર્જા $Q$ ગણો. ${}_1H^2 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + Q$

$m\left({}_1H^2\right) = 2.0141\,u,\ m\left({}_2He^4\right) = 4.0024\,u.$

(A) 12 MeV (B) 6 MeV (C) 24 MeV (D) 48 MeV

(65) જો પ્રકાશના વેગનું મૂલ્ય હાલ કરતાં $\frac{2}{3}$ જેટલું થાય, તો પરમાણુ વિખંડનની પ્રક્રિયામાં, મુક્ત થતી ઊર્જા _____ ગુણાંકમાં ઘટે છે.

(A) $\frac{2}{3}$ (B) $\frac{4}{9}$ (C) $\frac{5}{9}$ (D) $\sqrt{\frac{5}{9}}$

(66) બોરોનના બે આઇસોટોપ્સ ${}_5B^{10}$ અને ${}_5B^{11}$ ના દળો અનુક્રમે 10.01294 $u$ અને 11.00931 $u$ છે. જો બોરોનના પરમાણુનું દળ 10.811 $u$ હોય, તો આ બે આઇસોટોપ્સના પ્રમાણ શોધો.

(A) 30 %, 70 % (B) 40.12 %, 59.88 % (C) 72.05 %, 27.95 % (D) 19.90 %, 80.10 %

(67) ન્યુક્લિયર ફિશનની એક પ્રક્રિયામાં દળક્ષતિ 0.03 % તો એક કિલોગ્રામ દળના ફિશનમાં મુક્ત થતી ઊર્જા _____.

(A) $2.7 \times 10^{13}$ J (B) $27 \times 10^{14}$ J (C) $0.27 \times 10^{-13}$ J (D) એક પણ નહિ.

(68) નીચેની ન્યુક્લિયર-પ્રક્રિયામાં ${}_ZX^A$ = _____.

${}_7N^{14} + {}_2He^4 \rightarrow {}_ZX^A + {}_1H^1$

(A) ${}_7N^{16}$ (B) ${}_7N^{17}$ (C) ${}_8O^{16}$ (D) ${}_8O^{17}$

(69) ${}_8O^{16}$ માટે $E_{bn}$ = _____ MeV. ${}_8O^{16}$ નું દળ = 15.9949 *amu*, $m_p = 1.007825$ *amu*, $m_N = 1.008665$ *amu*.

(A) 7.973 (B) 79.73 (C) 0.79 (D) એક પણ નહિ

(70) 12 g, ${}_6C^{12}$ માં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉન, પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉન કેટલા હશે ?

(A) $6 \times 10^{23}$ (દરેક) (B) $12 \times 10^{23}$ (દરેક)

(C) $18 \times 10^{23}$ (દરેક) (D) $36 \times 10^{23}$ (દરેક)

(71) Z = 2 અને A = 4 ધરાવતા એક ન્યુક્લિયસની દળક્ષતિ 0.04 $u$ છે, તો તેની ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જા ગણો.

(A) 931 MeV (B) 93.1 MeV (C) 9.31 MeV (D) 0.04 MeV

(72) એક ન્યુક્લિયર-પ્રક્રિયામાં પ્રોટોનના નાશ દ્વારા ઉત્પન્ન થતી ઊર્જા 3724 MeV છે, તો આ પ્રોટોનની સંખ્યા = _____.

(A) એક (B) બે (C) ત્રણ (D) ચાર