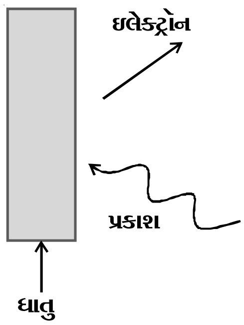
1. **ફોટો ઉત્સર્જનની ઘટનામાં વેગમાનનું સંરક્ષણ કેવી રીતે થાય છે ? એ નોંધો કે ઉત્સર્જાતા ઇલેક્ટ્રૉનનું વેગમાન, આપાત ફોટોનના વેગમાન કરતાં અલગ દિશામાં છે.**



➠ આપાત ફોટોનનું શોષણ થવાથી તેનું વેગમાન શૂન્ય બને છે. અત્રે આ વેગમાન ધાતુના પરમાણુઓને મળે છે. જેના કારણે પરમાણુ ઉત્તેજિત થવાથી તેમાંના ઇલેક્ટ્રૉન્સ સંક્રાંતિ કરીને ઊંચી કક્ષાઓમાં જાય છે તથા મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન્સનું ફોટો ઇલેક્ટ્રૉન સ્વરૂપે ઉત્સર્જન થાય છે. અત્રે ફોટોનની અથડામણ સ્થિતિસ્થાપક હોય કે અસ્થિતિસ્થાપક, એ દરેક અથડામણમાં કુલ વેગમાનનું સંરક્ષણ થાય છે.

2. **I જેટલી સમાન તીવ્રતા ધરાવતા પ્રકાશની બે કિરણાવલિઓ (beams) A અને B એક પડદા પર અથડાય છે. A વડે પડદાને અથડાતા ફોટોન્સની સંખ્યા B કરતાં બમણી છે. તો તમે આ બે બીમની આવૃત્તિઓ વિશે શું નિષ્કર્ષ કાઢશો ?**

➠ પ્રકાશની તીવ્રતા વ્યાખ્યાનુસાર,

$$I = \frac{E_n}{At} = \frac{nhf}{At}$$

(જ્યાં A = અત્રે આપેલા પડદાનું ક્ષેત્રફળ)

$\therefore \ I = n'hf$

જ્યાં $n' = \frac{n}{At}$ = પડદાના એકમ ક્ષેત્રફળ પર એકમ સમયમાં આપાત થતાં ફોટોન્સની સંખ્યા

$\therefore \ n'f = \frac{I}{h}$ = અચળ (∵ અત્રે I અચળ છે)

$\therefore \ n'_A f_A = n'_B f_B$

$\therefore \ (2n'_B) f_A = n'_B f_B$ (રકમ પ્રમાણે)

$\therefore \ f_A = \frac{f_B}{2}$

⇒ બીમ A ની આવૃત્તિ, બીમ B ની આવૃત્તિ કરતાં અડધી હશે.

3. **એક પરિમાણમાં ગતિ કરતા બે કણો A અને B, અનુક્રમે λ_1 અને λ_2 જેટલી ડી-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈઓ ધરાવે છે. તેમનું સંયોજન થવાથી કણ C મળે છે. જો સંયોજનની આ પ્રક્રિયામાં વેગમાનનું સંરક્ષણ થતું હોય તો કણ C માટે ડી-બ્રૉગ્લી તરંગલંબાઈ શોધો.**

➠ ધારો કે $\vec{p}_A \parallel \vec{p}_B$ તો $p_A + p_B = p_C$

$$\therefore \ \frac{h}{\lambda_A} + \frac{h}{\lambda_B} = \frac{h}{\lambda_C}$$

$$\therefore \ \frac{1}{\lambda_C} = \frac{1}{\lambda_A} + \frac{1}{\lambda_B}$$

$$= \frac{\lambda_B + \lambda_A}{\lambda_A \lambda_B}$$

$$\therefore\ \lambda_C = \frac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_A + \lambda_B} \qquad \text{... (1)}$$

➠ ધારો કે $\vec{p}_A \parallel (-\vec{p}_B)$ (અર્થાત્ $\vec{p}_A$ અને $\vec{p}_B$ પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં છે)

$\Rightarrow p_C = p_A \sim p_B$ (અત્રે ~ એટલે તફાવત)

$$\therefore\ \frac{h}{\lambda_C} = \frac{h}{\lambda_A} \sim \frac{h}{\lambda_B}$$

$$\therefore\ \frac{1}{\lambda_C} = \frac{1}{\lambda_A} \sim \frac{1}{\lambda_B}$$

$$= \frac{\lambda_B \sim \lambda_A}{\lambda_A \lambda_B}$$

$$\therefore\ \lambda_C = \frac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_B \sim \lambda_A}$$

અથવા $\lambda_C = \dfrac{\lambda_A \lambda_B}{|\lambda_B - \lambda_A|}$

4. **E ઊર્જાવાળા ન્યૂટ્રોન્સની એક કિરણાવલિ એક સપાટી પરના પરમાણુઓ પરથી પરાવર્તન પામે છે ત્યારે $\theta = 30°$ ના કોણે પ્રથમ અધિકતમ મળે છે. જો આ સપાટીની નીચે પરમાણુઓના બે ક્રમિક સ્તરો વચ્ચેનું અંતર $d = 0.1$ nm હોય, તો E નું મૂલ્ય eV માં શોધો.**

➠ પરમાણુઓના બે ક્રમિક સ્તરો વચ્ચેનું લંબઅંતર d હોય ત્યારે તેમના પરથી θ કોણે પરાવર્તિત થતા કિરણો વચ્ચેનો પથતફાવત $2d\sin\theta$ જેટલો હોય છે. જે અત્રે સહાયક વ્યતિકરણ માટે $n\lambda$ જેટલો થશે.

આમ,

$2d\sin\theta = n\lambda$

$\therefore\ 2d\sin 30° = (1)\lambda$

$\therefore\ \lambda = d = 0.1$ nm ... (1)

➠ હવે પ્રસ્તુત કિસ્સામાં ન્યૂટ્રોનનું પરાવર્તન, તરંગની જેમ થતું હોવાથી તેનું વેગમાન $p = \dfrac{h}{\lambda}$ થવાથી તેની ઊર્જા,

$$E = \frac{p^2}{2m}$$

$$\therefore\ E = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

$$\therefore\ E = \frac{(6.625 \times 10^{-34})^2}{(2)(1.67 \times 10^{-27})(0.1 \times 10^{-9})^2}$$

$\therefore\ E = 13.14 \times 10^{-68+27+20}$ J

$\therefore\ E = 13.14 \times 10^{-21}$ J

$$\therefore\ E = \frac{13.14 \times 10^{-21}}{1.6 \times 10^{-19}}\ \text{eV}$$

$\therefore\ E = 8.2125 \times 10^{-2}$ eV

5. એક ધાતુ પર 600 nm તરંગલંબાઈનો પ્રકાશ આપાત કરવાથી તેમાંથી ઇલેક્ટ્રૉન્સનું ઉત્સર્જન થાય છે. હવે, 400 nm તરંગલંબાઈવાળા પ્રકાશનો ઉપયોગ કરવાથી ઇલેક્ટ્રૉનની મહત્તમ ગતિઊર્જા બમણી બને છે. તો આ ધાતુનું વર્ક ફંક્શન eV માં શોધો.

➠ મહત્તમ ગતિઊર્જા $\frac{1}{2}mv_{max}^2$ ને K સંજ્ઞા વડે દર્શાવતા, ફોટોઇલેક્ટ્રિક સમીકરણ અનુસાર,

$$hf = hf_0 + K$$

$$\therefore \frac{hc}{\lambda} = \phi_0 + K$$

(i) λ_1 માટે $\frac{hc}{\lambda_1} = \phi_0 + K_1$ ... (1)

(ii) λ_2 માટે $\frac{hc}{\lambda_2} = \phi_0 + K_2 = \phi_0 + 2K_1$ ... (2)

($\because K_2 = 2K_1$)

➠ સમીકરણ (1) અને (2) પરથી,

$$\frac{hc}{\lambda_2} = \phi_0 + 2\left(\frac{hc}{\lambda_1} - \phi_0\right)$$

$$\therefore \phi_0 = hc\left(\frac{2}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)$$

$$\therefore \phi_0 = 6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \times \left(\frac{2}{600 \times 10^{-9}} - \frac{1}{400 \times 10^{-9}}\right)$$

$$\therefore \phi_0 = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10^{-9}}\left(\frac{2}{600} - \frac{1}{400}\right)$$

$$\therefore \phi_0 = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10^{-9}}\left(\frac{200}{600 \times 400}\right)$$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10^{-9}} \times \frac{1}{1200}$$

$$= 1.656 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\therefore \phi_0 = \frac{1.656 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{eV} = 1.035 \text{ eV}$$

6. 1 nm પહોળા વિસ્તારમાં જ સીમિત રહીને ગતિ કરતા ઇલેક્ટ્રૉનના વેગમાનના માપનમાં રહેલી અનિશ્ચિતતા હાઇઝનબર્ગના સિદ્ધાંતની મદદથી શોધો. Δx = 1 nm લો તથા $\Delta p = p$ લઈ ઇલેક્ટ્રૉનની ઊર્જા eV માં શોધો.

➠ હાઇઝનબર્ગના અનિશ્ચિતતાના સિદ્ધાંત અનુસાર,

$$(\Delta x)(\Delta p) \approx \hbar$$

$$\therefore (\Delta x)(\Delta p) \approx \frac{h}{2\pi}$$

$$\therefore \Delta p \approx \frac{h}{2\pi\Delta x}$$

$$\therefore \Delta p = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{2 \times 3.14 \times 1 \times 10^{-9}}$$

$\therefore \Delta p = 1.055 \times 10^{-25}$ Ns

➠ હવે રકમ પ્રમાણે $\Delta p = p$ હોવાથી $p = 1.055 \times 10^{-25}$ Ns

➠ પ્રસ્તુત ઇલેક્ટ્રૉનની ઊર્જા,

$$E = \frac{p^2}{2m}$$

$$\therefore E = \frac{(1.055 \times 10^{-25})^2}{2 \times 9.1 \times 10^{-31}}$$

$$\therefore E = \frac{1.113 \times 10^{-50}}{18.2 \times 10^{-31}}$$

$\therefore E = 6.115 \times 10^{-21}$ J

$$\therefore E = \frac{6.115 \times 10^{-21}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV}$$

$\therefore E = 3.822 \times 10^{-2}$ eV

➠ **નોંધ :** અત્રે ઇલેક્ટ્રૉન આપેલા વિસ્તારમાં ગતિ કરતી વખતે કોઈ અથડામણ કરતો નથી અને તેથી તે કોઈ સ્થિતિસ્થાપક સ્થિતિઊર્જા ધારણ કરતો નથી. તેથી ઉપરોક્ત ગણતરીમાં ઇલેક્ટ્રૉનની યાંત્રિકઊર્જાને તેની ગતિઊર્જા તરીકે લઈ શકાય છે.