

Zadatak 221 (Mario, gimnazija)

Cezijevu pločicu obasjamo elektromagnetskim zračenjem valne duljine 450 nm. Kolika je razlika potencijala potrebna za zaustavljanje emisije elektrona iz pločice? Izlazni rad za cezij iznosi 2 eV. (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rješenje 221

$$\lambda = 450 \text{ nm} = 4.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad W_i = 2 \text{ eV} = [2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}] = 3.204 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \\ h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad U = ?$$

Fotoelektrični učinak pojava je izbijanja elektrona pomoću svjetlosti (elektromagnetskog zračenja) iz kovina. Kad fotoni energije

$$E_f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

padnu na neku kovinu, oni uz određene uvjete izbijaju elektrone iz kovine. To je fotoelektrični efekt. Pritom se energija fotona utroši dijelom na izbijanje elektrona iz kovine, a dijelom ta energija prelazi u kinetičku energiju elektrona pa vrijedi:

$$E_f = W + E_{k, \max},$$

gdje je $E_{k, \max}$ kinetička energija izbijenog elektrona, a W izlazni rad. Formula se može i ovako napisati:

$$h \cdot \nu = E_k + W, \quad h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W,$$

gdje je h Planckova konstanta, ν frekvencija, E_k kinetička energija izbijenog elektrona, W izlazni rad, c brzina svjetlosti, λ valna duljina.

Rad električnog polja računa se po formuli

$$W = Q \cdot U,$$

gdje je Q naboj, U napon.

Razlika potencijala potrebna za zaustavljanje emisije elektrona iz pločice mora biti takva da rad sile električnog polja bude jednak kinetičkoj energiji elektrona.

$$E_k = e \cdot U.$$

$$\left. \begin{array}{l} E_k = e \cdot U \\ h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W_i \end{array} \right\} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = e \cdot U + W_i \Rightarrow e \cdot U + W_i = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow e \cdot U = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e \cdot U = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i \quad / \cdot \frac{1}{e} \Rightarrow U = \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i}{e} =$$

$$= \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m}}{4.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 3.204 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 0.757 \text{ V} \approx 0.76 \text{ V}.$$

Vježba 221

Cezijevu pločicu obasjamo elektromagnetskim zračenjem valne duljine 0.45 μm . Kolika je razlika potencijala potrebna za zaustavljanje emisije elektrona iz pločice? Izlazni rad za cezij iznosi 2 eV. (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rezultat: 0.76 V.

Zadatak 222 (Franka, gimnazija)

Pri povećanju energije elektrona za 200 eV njegova valna duljina promijeni se dva puta. Kolika je bila prvobitna valna duljina elektrona? (masa elektrona u mirovanju $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s)

Rješenje 222

$\Delta E_k = 200 \text{ eV} = [200 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}] = 3.2 \cdot 10^{-17} \text{ J}$, $\lambda_1 = \lambda$, $\lambda_2 = \frac{1}{2} \cdot \lambda$ pri povećanju energije valna duljina smanjuje se, $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $\lambda = ?$

Elektronvolt (eV) je jedinica za energiju. Energiju 1 eV dobije čestica nabijena istim električnim nabojem kao što ga ima elektron ($1.6 \cdot 10^{-19}$ C) kad prođe električnim poljem razlike potencijala 1 V:

$$eV = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

gdje je h Planckova konstanta.

De Broglie je teorijski došao do zaključka da svaka čestica koja se giba mora imati valna svojstva.

U klasičnoj nerelativističkoj fizici kad su brzine male prema brzini svjetlosti, kinetička energija čestice E_k koja ima valnu duljinu λ i masu m jednaka je:

$$E_k = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2},$$

gdje je h Planckova konstanta.

Računamo valnu duljinu.

$$\begin{aligned} \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} &\Rightarrow \Delta E_k = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda_2^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda_1^2} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \lambda\right)^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \Delta E_k = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \Delta E_k = \frac{h^2}{m \cdot \frac{1}{2} \cdot \lambda^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{2 \cdot h^2}{m \cdot \lambda^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{4 \cdot h^2 - h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \Delta E_k = \frac{3 \cdot h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{3 \cdot h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \cdot \frac{\lambda^2}{\Delta E_k} \Rightarrow \lambda^2 = \frac{3 \cdot h^2}{2 \cdot m \cdot \Delta E_k} \Rightarrow \lambda^2 = \frac{3 \cdot h^2}{2 \cdot m \cdot \Delta E_k} \checkmark \Rightarrow \\ &\Rightarrow \lambda = \sqrt{\frac{3 \cdot h^2}{2 \cdot m \cdot \Delta E_k}} \Rightarrow \lambda = h \cdot \sqrt{\frac{3}{2 \cdot m \cdot \Delta E_k}} = \\ &= 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \sqrt{\frac{3}{2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 3.2 \cdot 10^{-17} \text{ J}}} = 1.5 \cdot 10^{-10} \text{ m}. \end{aligned}$$

Vježba 222

Pri povećanju energije elektrona za 0.2 keV njegova valna duljina promijeni se dva puta. Kolika je bila prvobitna valna duljina elektrona? (masa elektrona u mirovanju $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s)

Rezultat: 0.76 V.