

## Дошр ефект.

\*) Дошр шрпасте дуркитне  $\lambda = 7 \text{ nm}$  ида на материјал иши је изловни раг  $A = 20 \text{ eV}$ . Израчунаи енергију ослобођеног електрона

$$h\nu = A + E$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

$$E = h\nu - A$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E = h \frac{c}{\lambda} - A$$

$$E = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{7 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \cdot \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}}} - 20 \text{ eV}$$

$$E = 1,773 \cdot 10^{-34+9+19} \text{ eV} - 20 \text{ eV}$$

$$E = 1,773 \cdot 10^{-34+36} \text{ eV} - 20 \text{ eV}$$

$$E = 1,773 \cdot 10^2 \text{ eV} - 20 \text{ eV}$$

$$E = 177,3 \text{ eV} - 20 \text{ eV}$$

$$E = 157,3 \text{ eV}$$

\*) Колику максималну штаточну дужину може имати светлост да се догоди фотоелектрични ефекат на металу за који је изнази

$$\text{рад } A = 2,4 \text{ eV?}$$

$$h\nu = A + E$$

$$E_e = 0 \Rightarrow \lambda = \lambda_{\text{max}}$$

$$h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{max}}} = A$$

$$\lambda_{\text{max}} = h \cdot \frac{c}{A}$$

$$\lambda_{\text{max}} = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

$$\lambda_{\text{max}} = 5,17 \cdot 10^{-34+8+19} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{max}} = 5,17 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{max}} = 517 \text{ nm}$$

\*) Неки метал обасја се светлосћу интензитета 250 nm.

Занемарујући импулс фотона, наћи максимални импулс који добије површина метала при излазању фотоелектрона ако је зрвена граница фотоефекта за овај метал 280 nm

$$\lambda_{\max} = 280 \text{ nm}$$

$$\downarrow$$
$$E_k = 0$$

$$h \frac{c}{\lambda_{\max}} = A$$

$$\lambda = 250 \text{ nm}$$

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = A + E_k$$

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\max}} + E_k$$

$$E_k = h \frac{c}{\lambda} - h \frac{c}{\lambda_{\max}}$$

$$E_k = hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\max}} \right)$$

Ако је импулс фотона занемарљив, онда је, по закону одржања импулса, импулс електрона након излазања фотоелектрона једнак импулсу фотоелектрона (само има супротан смер)

$$p = m \cdot v$$

$$v = ?$$

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

$$p = \sqrt{2mE_k}$$

$$p = \sqrt{2mhc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\max}} \right)}$$

$$p \approx 4 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

\*) Површину металне плоче обасјало светлосту таласне дужине  $0,35 \mu\text{m}$ , а затим светлосту којој је таласна дужина  $0,54 \mu\text{m}$ . При томе, енергија издијетих електрона четири пута је већа у првом случају у односу на други. Колики је излазни рад метала од којег је плоча направљена?

$$h\nu_1 = A + E_1$$

$$h\nu_2 = A + E_2$$

$$h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = A + E_1$$

$$h \cdot \frac{c}{\lambda_2} = A + E_2$$

$$hc \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = E_1 - E_2$$

$$hc \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = 4E_2 - E_2$$

$$hc \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = 3E_2$$

$$E_2 = \frac{hc}{3} \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)$$

$$E_1 = \frac{4hc}{3} \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)$$

$$\lambda_1 = 0,35 \mu\text{m} = 0,35 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

$$\lambda_2 = 0,54 \mu\text{m} = 0,54 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

$$E_1 = 4E_2$$

$$h \cdot \frac{c}{\lambda_2} = A + E_2$$

$$A = h \cdot \frac{c}{\lambda_2} - E_2$$

$$A = h \cdot \frac{c}{\lambda_2} - \frac{hc}{3} \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)$$

$$A = \frac{hc}{3} \left( \frac{3}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} \right)$$

$$A = \frac{hc}{3} \left( \frac{4}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)$$

$$A = \frac{1}{3} 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \left( \frac{4}{0,54 \cdot 10^{-6} \text{m}} - \frac{1}{0,35 \cdot 10^{-6} \text{m}} \right)$$

$$A = 6,62 \cdot 10^{-26} \text{ J} (7,4 \cdot 10^6 - 2,85 \cdot 10^6)$$

$$A = 163,8 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

$$A = 163,8 \cdot 10^{-20} \cdot \frac{1}{1,6} \cdot 10^{19} \text{ eV}$$

$$A = 102,375 \cdot 10^{-1} \text{ eV}$$

$$A = 10,2 \text{ eV}$$

\*) Kada se površina volframa obasja svetlošću intenziteta  $200 \text{ nm}$  zakoni naпон za fotoelektrone je  $U$ . Za koliko napona povećati zakoni naпон ako se intenzivna svetlost stavi za 1/3.

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = A + E$$

$$E = eU$$

$$h \frac{c}{\lambda} = A + eU$$

$$h \cdot \frac{c}{0,997\lambda} = A + eU'$$

$$h \frac{c}{0,997\lambda} - h \frac{c}{\lambda} = eU' - eU$$

$$\frac{hc}{\lambda} \left( \frac{1}{0,997} - 1 \right) = e\Delta U$$

$$\Delta U = \frac{hc}{\lambda e} \left( \frac{1}{0,997} - 1 \right)$$

$$\Delta U \approx 63 \text{ mV}$$

У експерименту је мерена зависност напон који је потребан да се зауставе електрони ослобођени фотоэффектом са површине метала од таласне дужине светлости којом је обасјан узорак.

При таласној дужини од  $\lambda_1 = 500 \text{ nm}$  потребан напон је износио  $U_1 = 0,25 \text{ V}$ , а при таласној дужини  $\lambda_2 = 375 \text{ nm}$  напон је био  $U_2 = 1 \text{ V}$ .

На основу ових мерења одређити однос планкове константе и елементарног наелектрисања  $\frac{h}{e}$ . Колика је релативна грешка овако измерене вредности  $\frac{h}{e}$  у односу на тачну вредност?

$$\frac{hc}{\lambda} = A_i + T$$

$$\frac{h}{e} = \frac{U_1 - U_2}{c \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} = 3,75 \cdot 10^{-15} \frac{\text{J}}{\text{A}}$$

$$T = eU$$

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A_i + eU_1$$

$$\delta = \left| \frac{\left( \frac{h}{e} \right)_m - \left( \frac{h}{e} \right)}{\left( \frac{h}{e} \right)} \right| \approx 9,5\%$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = A_i + eU_2$$

$$\frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_2} = A_i + eU_1 - A_i - eU_2$$

$$hc \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = e(U_1 - U_2)$$

\*) Вольфрамова куглица, полупречника  $r = 1 \text{ cm}$ , се налази у вакууму.

Колико износи максимално наелектрисање куглице када се излази ултраљубинасним зрачењу таласне дужине  $\lambda = 200 \text{ nm}$ ? Излазни рад за Вольфрам је  $A_i = 4,5 \text{ eV}$ .

Решение:

Због фотоэффекта  $e^-$  најлакшеју куглицу

$$h\nu = A_i + E_k$$

$$h \frac{c}{\lambda} = A_i + \frac{mv^2}{2}$$

Када  $e^-$  најлакшеју куглицу текно позитивно наелектрисање расиће, па најлакше електрично пове кочи  $e^-$ .

Нека је  $+q$  наелектрисање куглице, тек потенциал је

$$j = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}, \text{ а потенциална енергија електрона}$$

$$E_p = -e j = \frac{-eq}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Укупна  $E e^-$ :

$$E = E_k + E_p$$

$$E = \frac{mv^2}{2} - \frac{eq}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Обе фок је  $E(e) > 0$  е могу највиши кутизу

Када је  $E(e) = 0$  на површини кутизу

$e$  не могу биве највиши кутизу

$$E = 0$$

$$0 = \frac{mv^2}{2} - \frac{eQ}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$0 = \frac{hc}{\lambda} - A_i - \frac{eQ}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$\frac{eQ}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{hc}{\lambda} - A_i$$

$$Q = \frac{4\pi\epsilon_0 r}{e} \left( \frac{hc}{\lambda} - A_i \right)$$

$$Q \approx 1,5 \text{ pC}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

$$r = 10^{-2} \text{ m}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\lambda = 200 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$A_i = 4,5 \text{ eV} = 4,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = \frac{1}{2} \frac{p^2}{m}$$

$$J = \frac{1}{F} \frac{c^2}{F}$$

$$\left[ \frac{\frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \text{m}}{\text{C}} \left( \frac{\text{J}\cdot\text{s} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{m}} - \text{J} \right) \right] = \left[ \frac{\text{F}}{\text{C}} \cdot \text{J} \right] = \left[ \frac{\text{F}}{\text{C}} \cdot \frac{\text{C}^2}{\text{F}} \right] = [\text{C}]$$