

2025-6-D1.- Potasioaren erauzte-lana $2,29\text{eV}$ da. Potasiozko gainazal bati, $0,2 \cdot 10^{-6}\text{m}$ uhin- luzerako argiak eraso dio.

1. Arrazoitu efektu fotoelektrikoa gertatuko den; eta baiezko kasuan, zenbatetsi igorritako elektroien abiadura, eta, berebat, materialaren atari-maiztasuna.
2. Katodoaren aurrean, xafla metalikoa kokatu da. Zenbatekoa izan behar du xaflaren eta katodoaren arteko potentzial-diferentziak elektroiak xaflaraino ez heltzeko?

Datuak: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}\text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8\text{ms}^{-1}$; $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$

① Hasleko erauzte-lana joutetan adierariko dugu:

$$W_0 = 2,29\text{eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}}{1\text{e}} = 3,664 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

Orain argiaren fotoi batek daukan energia kalkulatu dugu,

$$\text{Planck: } E_0 = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,2 \cdot 10^{-6}} = 9,9 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

Ikusten dena $E_0 > W_0$, beraz fotoelektrikoki sortuko dira.

Eiusteinen efektu fotoelektrikorako formula bat baliatuz:

$$E_{\text{max}} = E_0 - W_0 = 9,9 \cdot 10^{-19} - 3,664 \cdot 10^{-19} = 6,236 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

$$\text{Beraz: } E_{\text{max}} = \frac{1}{2} m_e \cdot v_{\text{max}}^2 \rightarrow \boxed{v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{max}}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,236 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 1,2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

Atari-maiztasuna erauzte-lanari dagokiona da:

$$W_0 = h \cdot f_0 \rightarrow \boxed{f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{3,664 \cdot 10^{-19}}{6,6 \cdot 10^{-34}} = 5,5 \cdot 10^{14}\text{Hz}}$$

② Potentzial diferentzia justu E_{max} hori anulatuko kapara izan behar da, beraz: $|q_e| \cdot \Delta V = E_{\text{max}} \rightarrow$

$$\rightarrow \boxed{\Delta V = \frac{E_{\text{max}}}{|q_e|} = \frac{6,236 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,89\text{V}}$$

2025-6-D2.- Metal bat $\lambda = 700\text{nm}$ uhin-luzerako (hutsean neurtuta) argiaren bidez argiztatu da, eta ikusi da igorritako elektroien energia zinetiko maximoa $0,45\text{eV}$ izan dela. Argi erasotzailearen uhin-luzera aldatu, eta berriro neurtu da energia zinetiko maximoa, eta honako balio hau lortu da: $1,49\text{eV}$. Kalkulatu:

1. Bigarren neurketan erabilitako argiaren maiztasuna.
2. Maiztasunaren zer baliotatik gora behatuko da metalean efektu fotoelektrikoa.

Datuak: $q_e = 1,6 \times 10^{-19}\text{C}$ $c = 3 \times 10^8\text{m/s}$ $h = 6,63 \cdot 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$

① Hau gusia artebako bi elementuz laburtuko gara. Lehen argiaren fotoi batek daukan energiaren formula: $E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$. Bigarrena Einsteinen efektu fotoelektrikorako formula, $E_{\text{max}} = E_0 - W_0$ Non: E_{max} = fotoelektroi askarrenaren energia zinetikoa den

h = Plancken konstantea

W_0 = erazketa lana.

Aurrerago garrantzi Saiho lehen ere, energiak juletan kalkulatzeko ditugu:

$$E_{\text{max}1} = 0,45\text{eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}}{e} = 7,2 \cdot 10^{-20}\text{J}$$

$$E_{\text{max}2} = 1,49\text{eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}}{e} = 2,384 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

Lehen kasuan metalaren erazketa lana ber derakegu:

$$E_{\text{max}1} = E_{01} - W_0 \rightarrow W_0 = E_{01} - E_{\text{max}1} = h \cdot \frac{c}{\lambda_1} - E_{\text{max}1} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{W_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{700 \cdot 10^{-9}} - 7,2 \cdot 10^{-20} = 2,12 \cdot 10^{-19}\text{J}}$$

Berat bigarren neurketan erabilitako maiztasuna, $f_2 \rightarrow$

$$\rightarrow E_{\text{max}2} = h \cdot f_2 - W_0 \rightarrow f_2 = \frac{E_{\text{max}2} + W_0}{h} = \frac{2,384 \cdot 10^{-19} + 2,12 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{f_2 = 6,79 \cdot 10^{14}\text{Hz}}$$

② Atari maiztasuna erazketa lana gainditzeko minimoa da, beraz:

$$h \cdot f_u = W_0 \rightarrow \boxed{f_u = \frac{W_0}{h} = \frac{2,12 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 3,197 \cdot 10^{14}\text{Hz}}$$

Argiaren maiztasuna f_u edo gehiago bada, efektu fotoelektrikoa egongo da.

2024-07-A.4.- Metal baten gainazalari 500 nm-ko uhin-luzerako fotoiek eraso egin diote. Metalari dagokion uhin-luzeraren ataria 612 nm bada, erantzun honako hauei:

- Aterako al dira elektroiak?
- Baiezkoan, lortu aterako diren elektroien abiadura maximoa.
- Metalaren erauzte-energia bikoitza balitz, zer baliotakoa izan beharko litzateke erradiazio erasotzailearen maiztasuna fotoelektroiak igortzeko?

Datuak:

- $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- Elektroiaren karga, $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Elektroiaren masa, $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- Argiaren abiadura, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

a) Elektroiak aterateko, edo fotoelektroiak lortzeko, uhinaren fotoiek energia minimo bat eduki behar dute, atomoaren lan-funtzioa hain zuzen ere (W_0) Plancken formularen bitartez $E = h \cdot f$ (fotoi bakoitz daren energia) jakinda da argiaren maiztasuna jotzean fotoelektroien energia handitzen dela, eta, aldeantze erlatibonahita daudener $c = \lambda \cdot f$, uhin luera jaisteak fotoiaren energia jotzen du. Kasu honetan uhin-luzeraren ataria 612 nm da eta erasotzen duten fotoiarena 500 nm, beraz energia txikiagoa da eta fotoelektroiak askatuko dira.

b) Honetarako Einsteinek efektu fotoelektrikorako proposatutako formula erabiliko dugu: $E_{2\text{max}} = E - W_0$. Non E fotoiaren energia den, W_0 lan-funtzioa, eta $E_{2\text{max}}$ fotoelektroi bakoitz daren energia zinetikoa maximoa. Holan ere: $\frac{1}{2} m_e v_{\text{max}}^2 = E - W_0 \rightarrow$

$$\rightarrow \boxed{v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m} \left(h \cdot \frac{c}{\lambda} - h \cdot \frac{c}{\lambda_0} \right)}} = \sqrt{\frac{2}{9,11 \cdot 10^{-31}} \left[6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{500 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{612 \cdot 10^{-9}} \right) \right]} = \boxed{4 \cdot 10^5 \text{ m/s}}$$

c) W_0' bikoitza izatean: $W_0' = 2 \cdot W_0 = 2 \cdot h \cdot f_0 = 2 \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda_0} = 2 \cdot h \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{612 \cdot 10^{-9}}$

Holan atari maiztasun berria f_0' izanik: $W_0' = h \cdot f_0'$

$$\rightarrow h \cdot f_0' = 2 \cdot h \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{612 \cdot 10^{-9}} \rightarrow \boxed{f_0' = 2 \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{612 \cdot 10^{-9}} = 9,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$$

2024 -6-A.4.- 150 nm-ko uhin-luzerako fotoi batzuek xafla metaliko bati erasotu diote, eta, ondorioz, elektroiak igorri ditu xaflak. Balaztatze-potentziala 1,25 V bada, lortu honako hauek:

- Fotoi erasotzaileen energia eta igorritako elektroien energia zinetiko maximoa.
- Energia zinetiko maximoarekin igorritako elektroiei dagokien uhin-luzera.
- Demagun fotoi erasotzaileen maiztasuna bikoiztutakoan balaztatze-potentziala 9,54 V dela; zenbatetsi Planck-en konstantearen balioa.

Datuak:

- Elektroiaren kargaren balio absolutua: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Elektroiaren masa: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- Planck-en konstantea: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
- Argiaren abiadura hutsean: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

a) Fotoi erasotzaileen energia Plancken formula erabiliz dugu:

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{150 \cdot 10^{-9}} = 1,326 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

Einsteinen interpretazioa aplikatuz: $E = W + E_{\text{zmax}}$ (non E fotoiaren energia, W lan funtzioa edo eraketeta lana eta E_{zmax} fotoelektroiak lortzen duen abiadura maximoari dagokion energia zinetikoa diren).

Balaztatze-potentzialak fotoelektroiak geldiarazten du, beraz balaztatze-potentzialak fotoelektroiari emandako energia justu hve energia zinetiko maximoa da. $E_{\text{zmax}} = q_e \cdot V_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,25 = 2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

b) Fotoelektroiarekin lotutako uhin-luzera kalkulatzeko De Broglie-ren ekuazioa erabiliko dugu: $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$

$$\text{Abiadura } E_{\text{zmax}}\text{-an dago: } E_{\text{zmax}} = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{m} \cdot E_{\text{zmax}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = 6,63 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$\text{Beraz: } \lambda = h / (m \cdot v) = 6,63 \cdot 10^{-34} / (9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 6,63 \cdot 10^5) = 1,099 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

c) Einsteinen formulatik: $E = W + E_{\text{zmax}} \rightarrow h \cdot f = W + e \cdot V_0 \rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = W + e V_0 \rightarrow$

$$\rightarrow \text{Bi uhinelerako: } \begin{cases} h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = W + q_e \cdot V_{01} \\ h \cdot \frac{c}{\lambda_2} = W + q_e \cdot V_{02} \end{cases} \rightarrow (-) \rightarrow -h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = q_e (V_{01} - V_{02}) \rightarrow$$

$$\rightarrow h = \frac{q_e \cdot \lambda_1 (V_{02} - V_{01})}{c} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 150 \cdot 10^{-9} (9,54 - 1,25)}{3 \cdot 10^8} = 6,632 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

Zilarraren erauzketa-lana da $4,73\text{eV}$.

- Lortu, efektu fotoelektrikoaren kasuan, metal horri dagokion atari-maiztasuna.
- Zilarrezko lagin bat 200nm uhin-luzerako erradiazioaren bidez irradiatu da. Lortu, baldintza horietan, erauzitako elektroien balaztatze-potentziala.

Datuak:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$$

$$1\text{eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

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

- a) Erauzketa-lana loturarik ahuleneke elektroia askatuko atomoari emon behar jaken energia minimoa da. Energia hori fotoiak daraman energia da, eta erauzketa-lanagatik loturiko energia minimo hori fotoiak euki behar daraman maiztasun minimoagatik lotuta dago, hots, atari maiztasunagatik: $E = h \cdot f \rightarrow W_0 = h \cdot f_u \rightarrow$

$$\boxed{f_u = \frac{W_0}{h} = \frac{4,73 \text{ eV}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} \cdot \frac{1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 1,14 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$$

- b) Hasteko erradiazio sarriaren maiztasuna kalkulatu efektu fotoelektrikoa gertatzen den ala ez zehaztuko dugu.

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow \boxed{f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{200 \cdot 10^{-9}} = 1,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}} > f_u \Rightarrow \exists \text{ e.f.}$$

Holan fotoiaren energia: $E = E_{\text{max}} + W_0 \Rightarrow E_{\text{max}} = E - W_0 \rightarrow$

$$\rightarrow E_{\text{max}} = h \cdot f_2 - W_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 1,5 \cdot 10^{15} - 4,73 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_{\text{max}} = 2,37 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Energia hau balaztatze potentzialagatik galdierari beharokoa da,

$$\text{Beraz: } \boxed{V_B = \frac{E_{\text{max}}}{|q|} = \frac{2,37 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1,48 \text{ V}}$$

Elektroi batek 25 eV-eko energia zinetikoa du. Kalkulatu:

- Elektroiari lotutako uhin-luzera.
- Elektroiaren energia bera duen fotoi baten uhin-luzera.
- Aurreko ataleko elektroiaren abiadura bera duen $m = 0,005 \mu\text{g}$ -ko masako partikula baten kasuan, dagokion De Broglie uhin-luzera.

DATUAK: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Hasteko energia Jouletan kalkulatu dot: $E_z = 25 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 4 \cdot 10^{-18} \text{ J}$

a) Elektroiaren uhin-luzera: $\lambda_e = \frac{h}{m_e \cdot v_e}$

Behar dau v_e energia zinetikotik lortuko dugu:

$$E_z = \frac{1}{2} m_e \cdot v_e^2 \rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2}{m_e} E_z} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-18}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 2,96 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Holan: $\lambda_e = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 2,96 \cdot 10^6 \text{ m/s}} = 2,46 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

b) Fotoiaren kasuan: $E = h \cdot f \rightarrow E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} \rightarrow$

$$\rightarrow \lambda_{\text{fotoi}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}{4 \cdot 10^{-18} \text{ J}} = 4,97 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

c) Partikula horren De Broglie-ren uhin-luzera:

$$\lambda_{\text{part.}} = \frac{h}{m_{\text{part.}} \cdot v_{\text{part.}}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}{5 \cdot 10^{-12} \text{ kg} \cdot 2,96 \cdot 10^6 \text{ m/s}} = 4,48 \cdot 10^{-29} \text{ m}$$

2019-7-A-P2

P2.- 5 mW-eko potentzia izendatua duen laser batek 633 nm-ko uhin-luzerako argi gorri gisa igortzen du. Kalkula itzazu:

- Fotoi bakoitzaren maiztasuna eta energia.
- Segundo bakoitzean igorritako fotoi kopurua.
- Uhin-luzera eta abiadura, argiak 1,35-ko errefrakzio-indizeko beira bat zeharkatzen duenean.

DATUAK: Planck-en konstantea: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

a) Fotoi bakoitzaren energia: $E = h \cdot f = h \cdot \frac{v}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{633 \cdot 10^{-9}} = 3,14 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Maiztasuna: $v = \lambda \cdot f \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{633 \cdot 10^{-9}} = 4,74 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

b) Potentzia kontuan hartuta:

$5 \text{ mW} \cdot \frac{1 \text{ W}}{1000 \text{ mW}} \cdot \frac{1 \text{ J/s}}{1 \text{ W}} \cdot \frac{1 \text{ fotoi}}{3,14 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 1,59 \cdot 10^{16} \text{ fotoi/s}$

c) Ingurune sarriaren abiadura: $n = \frac{c}{v} \rightarrow \frac{v}{v_A} = \frac{c}{n_A} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,35} = 2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Holan: $v = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda_A = \frac{v_A}{f} = \frac{2,2 \cdot 10^8}{4,74 \cdot 10^{14}} = 4,64 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

P2.- $\lambda = 2 \cdot 10^{-7}$ m-ko uhin-luzerako erradiazio elektromagnetiko baten izpi batek aluminiozko gainazal baten gainean jo du.

- Kalkulatu igorritako fotoelektroiaren energia zinetikoa.
- Kalkulatu aluminioaren uhin-luzeraren atalase-balioa (atari-balioa)
- Zenbat aldiz txikiago izan beharko luke erradiazio elektromagnetiko erasotzailearen uhin-luzerak igorritako fotoelektroiaren energia zinetikoa bikoizteko?

DATUAK: Aluminioaren erazte-lana: 4,2 eV ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$); $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$;
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

a) Erradiazioaren uhin-luzera eta aluminioaren erazte-lana eragotzen diren, zurenean:

$$E_{\text{zmax}} = h \cdot f - W_0 = h \cdot \frac{v}{\lambda} - W_0 = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{-7}} - 4,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{E_{\text{zmax}} = 3,18 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

b) Atalase-balioak, edo atari-balioak, efektu fotoelektrikoa esistitzeko energia minimoaren maila definitzen dau. Hau da, fotoiak euki behar duen energia minimoa aluminioaren erazte-lanarena izan behar da. Holan:

$$E_0 = W_0 \rightarrow h \cdot f_0 = W_0 \rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_0} = W_0 \rightarrow \lambda_0 = \frac{h \cdot c}{W_0} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{\lambda_0 = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,94 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

$\forall \lambda < \lambda_0 \Rightarrow \exists$ efektu fotoelektrikoa aluminioan.

c) Kasu honetan λ' -ri dagokien energia E' izanik, hau beteko da:

$$\left. \begin{aligned} E' &= 2E = 2 \cdot 3,18 \cdot 10^{-19} = 6,36 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ E' &= h \cdot f' - W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda'} - W_0 \end{aligned} \right\}$$

Berrik berrikiduz: $6,36 \cdot 10^{-19} = h \cdot \frac{c}{\lambda'} - W_0 \rightarrow \lambda' = \frac{h \cdot c}{6,36 \cdot 10^{-19} + W_0} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \lambda' = 1,513 \cdot 10^{-7} \text{ m} \quad \text{Beraz: } \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{1,513 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-7}} = 0,757 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\lambda' = 0,757 \lambda}$$

P2.- M metal jakin baten gainazal bati aldi berean eraso diote hurrenez hurren 200 nm-ko eta 100 nm-ko uhin luzerako bi irradiazio monokromatikok. M metal horren lan-funtzioa (erauzte-lana) 8,3 eV da.

- Kalkulatu efektu fotoelektrikoaren atari-maiztasunaren balio metal horretarako.
- Lortuko al da igorpen fotoelektrikorik emandako bi uhin-luzerekin?
- Baiezkoan, kalkulatu igorritako fotoelektroien gehieneko abiadura.

DATUAK: Planck-en konstantea: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

a) Atari-maiztasuna fotosiak euki behar dauan maiztasun minimoa da, fotoelektroiak askatzeko; beraz:

$$E_0 = h \cdot f_0 = W_0 \rightarrow \boxed{f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{8,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$$

b) Uhinen maiztasuna atari-maiztasuna baino handiagoak badira igarpen elektronikoa lortuko da.

Lehen uhina: $\lambda_1 = 200 \cdot 10^{-9} \text{ m} \rightarrow \boxed{f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{200 \cdot 10^{-9}} = 1,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$

Bigarrenagat: $\boxed{f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{100 \cdot 10^{-9}} = 3 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$

Bigarren uhinak lortuko dau, bese $\lambda = 100 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ dantxana.

c) Bigarren uhinen kasuan fotoelektroien energia zinetikoa maximoa lortuko dogu:

$$E = h \cdot f - W_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{15} - 8,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 6,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Energia zinetikoa izanik: $E_2 = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_2}{m}} \rightarrow$

$$\rightarrow \boxed{v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,61 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 1,205 \cdot 10^6 \text{ m/s}}$$

P1.- Zinkezko gainazal metaliko bati 170 nm-ko uhin-luzerako argi ultramore batek erasotzen badio, elektroi bat igortzen da (zinkaren erazte-lana 4,31 eV da).

- Kalkulatu igorritako elektroien abiadura.
- Argi erasotzailearen uhin-luzera lau aldiz txikiagoa bada, nola handituko da igorritako fotoelektroien abiadura?
- Zer gertatuko da argi erasotzailearen uhin-luzera bikoizten bada?

DATUAK: Planck-en konstantea: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

a) Elektroia igorrieko fotoiaren energia erazte-lana baino handiagoa izango da: $E_{\text{fotoi}} = W_0 + E_z \rightarrow$

$$\rightarrow h \cdot f = W_0 + \frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2 \rightarrow v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m} (h f - W_0)} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{170 \cdot 10^{-9}} - 4,31 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right)}} = \boxed{1,027 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

b) Argiaren uhin-luzera murrizten fotoiak energetikoagoak dira.

$$\text{Kasu honetan } \lambda' = \frac{\lambda}{4} = \frac{170 \cdot 10^{-9}}{4} = 4,25 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

$$\text{Gorriko bide beretik: } v'_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m} (h \cdot f' - W_0)} = \sqrt{\frac{2}{m} \left(h \cdot \frac{c}{\lambda'} - W_0 \right)} \rightarrow$$

$$\rightarrow v'_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{4,25 \cdot 10^{-8}} - 4,31 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right)} = 2,96 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$\text{Beraz: } \frac{v'}{v} = \frac{2,96 \cdot 10^6}{1,027 \cdot 10^6} \Rightarrow \boxed{v' = 2,88 v}$$

c) Uhin-luzera bikoizten bada maiztasuna erdira jaisten da, eta atari-maiztasunegatik aldatu behar da. Dena den erazte-lanaren balioa eragiten duenaz, ea fotoiaren hori baino handiagoa segiratu behar da.

$$E'' = h \cdot f'' = h \cdot \frac{c}{\lambda''} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 170 \cdot 10^{-9}} = 5,85 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \rightarrow$$

$$\rightarrow E'' = 3,65 \text{ eV} < 4,31 \text{ eV} = W_0 \Rightarrow \underline{\underline{\text{EZ DA GO IGORPEN ELEKTROI KORRIK}}}$$

P2.- Metal baten gainean, 500 nm-ko uhin-luzerako fotoiak erasotzen ari dira. Metalaren atariko uhin-luzera 612 nm dela jakinik:

- Adierazi elektroirrik erauziko den ala ez.
- Baiezkoan, kalkulatu zer abiadura izango duten, gehienez, elektroien horiek.
- Metalaren erauzte-energia bikoitza izango balitz, zer balio izan beharko luke, gutxienez, irradiazio erasotzailearen maiztasunak fotoelektroien igorpena gertatzeko?

DATUAK: Planck-en konstantea: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; elektroien karga, $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

a) Erantzuna hitz jushifikatu daiteke. Atariko uhin-luzerak uhinak euki behar duen energia minimoa adierasten du. Uhin-luzera guztiak eta laburragoa izanik uhinak guztiak eta energia gehiago dauka, beraz fotoien uhin-luzerak txikiagoak direnez atari uhin-luzera baino, igorpen elektronikoa egongo da. Bena den kuantifikatutako da:

$$\lambda_0 = 612 \cdot 10^{-9} \text{ m} \rightarrow f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \cdot 10^8}{612 \cdot 10^{-9}} = 4,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow W_0 = h \cdot f_0 \rightarrow$$

$$\rightarrow W_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 4,9 \cdot 10^{14} = 3,25 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Fotoiak: } \lambda = 500 \text{ nm} \rightarrow E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{500 \cdot 10^{-9}} = 3,98 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Ikusten dugu: $E > W_0 \Rightarrow$ ELEKTROIAK ERATZIKO DIRA

b) deribatuko emaitzak erabiliz: $E_{\text{max}} = E - W_0 \rightarrow \frac{1}{2} m_e v_{\text{max}}^2 = E - W_0 \rightarrow$

$$\rightarrow v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m} (E - W_0)} = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} (3,98 \cdot 10^{-19} - 3,25 \cdot 10^{-19})} = 4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

c) Emundako Saldintra Sariaketa, non $W'_0 = 2 W_0$ dau:

$$E' \geq W'_0 \rightarrow h \cdot f'_0 = 2 \cdot 3,25 \cdot 10^{-19} \rightarrow f'_0 = \frac{2 \cdot 3,25 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 9,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Ikusten dugu erauzte-energiaren bikoiztean atari-maiztasuna bikoizte egiten da. $f'_0 = 2 \cdot f_0$

P2.- Potasiozko gainazal metaliko bat 300 nm-ko uhin-luzerako argiarekin argizatzen denean, igortzen diren elektroiek 2,05 eV-eko energia zinetikoa dute, gehienez.

- Kalkulatu fotoi erasotzailearen energia eta potasioaren erauzte-energia.
- Irradiazio erasotzailearen maiztasuna bikoizten bada, zein izango da igorritako elektroien gehienko abiadura?
- Potasioaren ordeztu sodioa erabiltzen badugu, lortuko al da efektu fotoelektrikoa gainazala 670 nm-ko uhin-luzerako argi laranjarekin argizatzen badugu?

DATUAK: Atari-energia (Na) = 2,4 eV; Planck-en konstantea: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; elektroien karga, $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

a) Fotoi erasotzailearen energia: $E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} = 6,63 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Jakinda fotoiaren energia eta sobako E. zinetikoa:

$$E_z = E - W_0 \rightarrow W_0 = E - E_z = 6,63 \cdot 10^{-19} - 2,05 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,35 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Edo: } W_0 = 3,35 \cdot 10^{-19} / 1,6 \cdot 10^{-19} = 2,094 \text{ eV}$$

b) W_0 et dener aldatzen: $E'_{z_{\max}} = E' - W_0 \rightarrow \frac{1}{2} m v_{\max}'^2 = E' - W_0 \rightarrow$

$$\rightarrow v_{\max}' = \sqrt{\frac{2}{m} (E' - W_0)} = \sqrt{\frac{2}{m} (h \cdot 2 \cdot f - W_0)} \rightarrow$$

$$\rightarrow v_{\max}' = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} - 3,35 \cdot 10^{-19} \right)} = 1,48 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

c) Na-ren erazketa-lana erroten detskuenet argi laranjaren fotoiaren energia kalkulatuko dugu:

$$E'' = h \cdot f'' = h \cdot \frac{c}{\lambda''} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{670 \cdot 10^{-9}} = 2,969 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,86 \text{ eV}$$

$$\text{Holatu: } E'' = 1,86 \text{ eV} < 2,4 \text{ eV} = W_{0\text{Na}} \rightarrow \text{X igorpenik} \Rightarrow$$

Fotoi laranjiaren energia sodioaren erazketa-lana baino txikiagoa denez er dago efektu fotoelektrikoa.

A1.- Zelula fotoelektriko baten erauzte-lana $W_e = 2,97 \cdot 10^{-19}$ J da.

- Zehaztu dagokion maiztasu-ataria, eta kalkulatu zer balio izango duen igorritako elektroien gehinezko energia zinetikoak zelula $\lambda = 620$ nm-ko uhin-luzera duen argi batekin argizatzen badugu.
- Zer uhin-luzera beharko dugu 0,22 eV-ko gehieneko energia zinetikoa duten elektroiak igorri nahi baditugu?
- Lortuko al da igorpen fotoelektrikorik zelula bera a atalean erabilitako argiaren uhin-luzeraren bikoitza duen argi batekin argizatzen badugu?

DATUAK: Planck-en konstantea: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; elektroien karga, $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

a) Erauzte-lana fotoiak ekarri behar duen energia minimoa adierazten deneko. Hala: $E \geq W_e \rightarrow h \cdot f_0 = W_e \rightarrow$

$$\rightarrow \boxed{f_0 = \frac{W_e}{h} = \frac{2,97 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 4,48 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$$

Emandako uhinagari: $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{620 \cdot 10^{-9}} = 4,84 \cdot 10^{14} > f_0 \Rightarrow \exists \text{ e.f.}$

Efektu fotoelektrikoa gertatu denaz, orduan:

$$\boxed{E_{2\text{max}} = E - W_0 = h \cdot f - W_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 4,84 \cdot 10^{14} - 2,97 \cdot 10^{-19} = 2,38 \cdot 10^{-20} \text{ J}}$$

b) Prozesu berria baina frekuentziaren sila jokatzen:

$$E' = E'_{2\text{max}} + W_0 \rightarrow h \cdot f' = E'_{2\text{max}} + W_0 \rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda'} = E'_{2\text{max}} + W_0 \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{\lambda' = \frac{h \cdot c}{E'_{2\text{max}} + W_0} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,22 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 2,97 \cdot 10^{-19}} = 5,99 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

c) Maiztasun ataria eragiten duenaz, uhin-luzera berriari dagokiena kalkulatu:

$$f'' = \frac{c}{\lambda''} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 620 \cdot 10^{-9}} = 2,42 \cdot 10^{14} \text{ Hz.}$$

$$f'' = 2,42 \cdot 10^{14} < 4,48 \cdot 10^{14} = f_0 \Rightarrow \text{Ez dago e.f.}$$

Arren uhin-luzeragatik ez da lortzen efektu fotoelektrikorik, dagokion maiztasuna atari maiztasuna baino txikiagoa delako.

P2.- Metal baten gainazala $\lambda = 512 \text{ nm}$ -ko argiarekin argizatzen badugu, igorritako elektroien gehieneko energia zinetikoa $8,65 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ da.

- Kalkulatu metalaren erauzte-lana eta dagokion maiztasun-ataria.
- Kalkulatu igorritako elektroien gehieneko energia zinetikoa baldin eta aurreko gainazal metalikoari $\lambda = 365 \text{ nm}$ -ko argiarekin erasotzen badiogu.
- b atalean erabilitako argiaren uhin-luzera % 50 gutxitzen bada, nolakoa izango da igorritako elektroien gehieneko energia zinetikoa: handiagoa ala txikiagoa? Zenbat aldiz handiagoa edo txikiagoa?

DATUAK: Planck-en konstantea: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

a) Emandako uhin-luzeragat fotonek daukaten energia kalkulatuko dugu:

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{512 \cdot 10^{-9}} = 3,88 \cdot 10^{-19} \text{ J/fotoni}$$

Efektu fotoelektrikoa gertatzen denez:

$$E = E_{z\max} + W_0 \rightarrow W_0 = E - E_{z\max} = 3,88 \cdot 10^{-19} - 8,65 \cdot 10^{-20} = 3,02 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Erauzketa lana lortzeko fotoniaren energia minimoa $h \cdot f_0$ da. Beraz.

$$E_0 = W_0 \rightarrow h \cdot f_0 = W_0 \rightarrow f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{3,02 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 4,55 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

b) Erlazio berria erabiliz: $E'_z = E' - W_0 = h \cdot f' - W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda'} - W_0 \rightarrow$

$$\rightarrow E'_{z\max} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{365 \cdot 10^{-9}} - 3,02 \cdot 10^{-19} = 2,43 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

c) Argiaren uhin-luzera txikiagoa bada fotoniaren energia gehiago da, beraz solaketako energia zinetikoa gehiago gertatuko da.

Gorren kalkulak:

$$E''_{z\max} = E'' - W_0 = h \cdot f'' - W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda''} - W_0 = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{365 \cdot 10^{-9}/2} - 3,02 \cdot 10^{-19} \rightarrow$$

$$\rightarrow E''_{z\max} = 7,88 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Biak aldeatuz $\frac{E''_{z\max}}{E'_{z\max}} = \frac{7,88 \cdot 10^{-19}}{2,43 \cdot 10^{-19}} = 3,24 \Rightarrow E''_{z\max} = 3,24 \cdot E'_{z\max}$

P2.- Sodioaren elektroioi ba erazteko gitxieneko energia 2,3 eV da.

- a) Erradiazio hauen artetik, azaldu ezazu zeinek eragingo duen efektu fotoelektrikoa sodiozko xafla bat argiztatzean:
- argi gorria (uhin-luzera, $\lambda = 680 \text{ nm}$)
 - argi ultramorea (uhin-luzera, $\lambda = 360 \text{ nm}$)
- b) Zer energia zinetiko izango dute, gehienez, aurreko atalean igorritako elektroiek?
- c) Zer balaztatze-potentzial beharko da fotoelektroi horiek gelditzeko?

DATUAK: Planck-en konstantea: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

a) Hasteko erazteko lanagatik lotuta dagoan maiztasunak kalkulatu dot: $E_0 = W_0 \rightarrow h \cdot f_0 = W_0 \rightarrow f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} \rightarrow$
 $\rightarrow f_0 = 5,55 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

a $\rightarrow \lambda_a = 680 \cdot 10^{-9} \rightarrow f_a = \frac{c}{\lambda_a} = \frac{3 \cdot 10^8}{680 \cdot 10^{-9}} = 4,41 \cdot 10^{14} \text{ Hz} < f_0 \Rightarrow$ EZ DAGO E. FOTOELEKTR.

b $\rightarrow \lambda_b = 360 \cdot 10^{-9} \rightarrow f_b = \frac{c}{\lambda_b} = \frac{3 \cdot 10^8}{360 \cdot 10^{-9}} = 8,33 \cdot 10^{14} \text{ Hz} > f_0 \Rightarrow$ BAI DAGO E. FOTOELEKTR.

b) Efektu fotoelektrikoa dagoen kasu sakarretarako (b):

$$E_{z\max b} = E - W_0 = h \cdot f_b - W_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 8,33 \cdot 10^{14} - 2,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_{z\max b} = 1,845 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

c) $E_{z\max}$ gelditzeko beharrezko potentziala jarriko dugu, fotoelektroiak daukan abiadura osoa kenduko dutsana:

$$E_{z\max b} = q \cdot V_b \rightarrow \boxed{V_b = \frac{E_{z\max b}}{q} = \frac{1,845 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,15 \text{ V}}$$