

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 joveletan 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 poteri satek dantzen energia kalkulatuko dugu,

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

Ikuisten denet  $E_0 > W_0$ , beraz fotoelektrikale sorikoa dira.

Einsteinen efektu fotoelektrikorako formularaz baliztu zituztela:

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

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

Atari-maiztasunha erauzte-lanari dagokiona da:

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

② Potentzial-diferentzia josten  $E_{\text{zumax}}$  hori anulatzeheko kaparra izan behar da, beraz:  $|q_e| \cdot \Delta V = E_{\text{zumax}} \rightarrow$

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

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 balioatik gora behatuko da metalean efektu fotoelektrikoa.

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

① Hau gertia arteko bi elemente saliatuko gara. Lehen argiaren potzi sarek dantzen energiaren formula:  $E = h \cdot f = h \frac{c}{\lambda}$ . Bigarrena Einsteinen efekti fotoelektrikorako formula,  $E_{\text{max}} = E_0 - W_0$  Non:  $E_{\text{max}} = \text{fotoelektroi atxarraren energia zinetikoa den}$

- $h$  = Plancken konstantea
- $W_0$  = erazketa lana.

Aurrago jarratu Saino lehen ere, energiak joubetan kalkulatzeko ditugu:

$$E_{\text{max}_1} = 0,45\text{eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{C}}{\text{e}} = 7,2 \cdot 10^{-20} \text{J}$$

$$E_{\text{max}_2} = 1,49\text{eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{C}}{\text{e}} = 2,384 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

Lehen kasuan metalaren erazketa lana lor derakegu:

$$\begin{aligned} E_{\text{max}_1} &= E_0 - W_0 \rightarrow W_0 = E_0 - E_{\text{max}_1} = h \cdot \frac{c}{\lambda_1} - E_{\text{max}_1} \rightarrow \\ &\rightarrow \boxed{W_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{700 \cdot 10^{-9}} - 7,2 \cdot 10^{-20} = 2,12 \cdot 10^{-19} \text{J}} \end{aligned}$$

Beraz bigarren neurketan erabilitako maiztasuna,  $f_2 \rightarrow$

$$\begin{aligned} \rightarrow E_{\text{max}_2} &= h \cdot f_2 - W_0 \rightarrow f_2 = \frac{E_{\text{max}_2} + W_0}{h} = \frac{2,384 \cdot 10^{-19} + 2,12 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} \rightarrow \\ &\rightarrow \boxed{f_2 = 6,79 \cdot 10^{14} \text{Hz}} \end{aligned}$$

② Atari maiztasuna erazketa lana gaixditzeko 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, efekti 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:

- $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- Elektroaren karga,  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Elektroaren 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 ateratuko, edo fotoelektroiak lortuko, uhinaren fotoiek energia minimo bat eduki behar dute, atomoen lan-juntzioa hain zuzen ere. ( $W_0$ ) Plaucken formularen bitartez  $E = h \cdot f$  (fotoi sarek dantzen energia) jakinda da argiaren maiztasuna igotzean fotoelektroiaren energia handitzen dela, eta, aldeanz hiz erlazionatuta dudenean  $c = \lambda \cdot f$ , uhin lortera jaistean fotoien energia igotzen da. Kasu honetan uhin-luzeraren ataria 612 nm da eta erasotzen duten fotoien 500 nm, beraz energetikoa da eta fotoelektroiak askatiko dira.

b) Honetako Einsteinen efektu fotoelektzikorako proposatutako formula erabili dugu:  $E_{\text{max}} = E - W_0$ . Non  $E$  fotoaren energia den,  $W_0$  lan-juntzia, eta  $E_{\text{max}}$  fotoelektroi sarek eduki ahal duen energia zinematikoa maximoa. Holan ere:  $\frac{1}{2} m_e v_{\text{max}}^2 = E - W_0 \rightarrow$

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

c)  $W'_0$  bikoitza izatean:  $W'_0 = 2 \cdot W_0 = 2 \cdot h \cdot f_0 = 2 \cdot h \frac{c}{\lambda_0} = 2 \cdot h \frac{3 \cdot 10^8}{612 \cdot 10^{-9}}$   
Holan atximaitzatu berria  $f'_0$  izanik:  $W'_0 = h \cdot f'_0$   
 $\rightarrow h \cdot f'_0 = 2 \cdot h \frac{3 \cdot 10^8}{612 \cdot 10^{-9}} \rightarrow \boxed{f'_0 = 2 \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{612 \cdot 10^{-9}} = 9,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$

2024 -6-A.4.- 150 nm-ko uhin-luzerako fotoi batzuek xafla metaliko bati erasotu diote, eta, ondorioz, elektroiak igorri ditu xaflak. Balaztatze-potenziala 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 bikoitztutakoan balaztatze-potenziala 9,54 V dela; zenbatetsi Planck-en konstantaren 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 erasotzailearen energia Plancken formula ematen digu:

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

Einsteinen interpretazioa aplikatuz:  $E = W + E_{\max}$  (non  $E$  fotoiaren energia,  $W$  lan funtsoa edo eratzeta lana eta  $E_{\max}$  fotoelektroiak lortzen duen abiadura maximari dagokion energia zinetikoa diren). Balaztatze-potenzialak fotoelektrosa geldiarazten du, beraz balaztatze-potenzialak fotoelektroiari emandako energia justu bere energia zinetiko maximoa da.  $E_{\max} = q_e \cdot V_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,25 = 2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

b) Fotoelektroiaren potentzialko uhin-luzera kalkulatzeko De Broglie-ren ekuarria erabiliko dut:  $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$

Abradura  $E_{\max}$ -an dago:  $E_{\max} = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{m} \cdot E_{\max}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \rightarrow$   
 $v = 6,63 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

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

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

→ Bi uhinelarako:  $\begin{cases} h \frac{c}{\lambda_1} = W + q_e \cdot V_{01} \\ h \frac{c}{\lambda_2} = W + q_e \cdot V_{02} \end{cases} \left\{ \begin{array}{l} (\rightarrow -h \frac{c}{\lambda} = q_e (V_{01} - V_{02})) \end{array} \right. \rightarrow$

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

2023-7-A3

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

- Lortu, efektu fotoelektrikoaren kasuan, metal horri dagokion atari-maiztasuna.
- Zilarrezko lagin bat  $200\text{nm}$  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 loturariik ahaleneho elektroia askatzen  
atomoari emon. Sehar jakan energia minimoa da.  
Energia hori fotoiak darama energia da, eta erauzketa-  
Canagat loturiko energia minimoa hori fotoiak echi  
- Sehar darama maiztasun minimoa agat lortu dago, hots,  
atari maiztasunaga:  $E = h \cdot f \rightarrow W_0 = h \cdot f_u \rightarrow$

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

- b) Masteko erradiario barriaren maiztasuna kalkulatz efektu  
fotoelektrikoa geratzen dan ala et zirkuituko doa.

$$v = \lambda^{-2} \cdot f_2 \rightarrow f_2 = \frac{v}{\lambda^2} = \frac{3 \cdot 10^8}{200 \cdot 10^{-9}} = 1,5 \cdot 10^{15} \text{Hz} > f_u \Rightarrow \exists \text{ef}$$

$$\text{Molan fotoiaren energia: } E = E_{\text{Zmax}} + W_0 \Rightarrow E_{\text{Zmax}} = E - W_0 \rightarrow \\ \rightarrow E_{\text{Zmax}} = h \cdot f_2 - W_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 1,5 \cdot 10^{15} - 4,73 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} \rightarrow \\ \rightarrow E_{\text{Zmax}} = 2,37 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

Energia han salarrak potencialagat geldiztan behar da,

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

2022-7-A4

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 kalkulatuko da:  $E_z = 25 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 4 \cdot 10^{-18} \text{ J}$

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

Behar dan  $v_e$  energia zinetikotik lortuko dogu:

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

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

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

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

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 =  $E = h \cdot f = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{633 \cdot 10^{-9}} = 3,14 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

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

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

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

2019-6-B-P2

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 erauzte-lana: 4,2 eV (1 eV =  $1,6 \cdot 10^{-19}$  J);  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C;  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  J·s;  $c = 3 \cdot 10^8$  m·s<sup>-1</sup>

a) Erradiarioaren uhin-luzera eta aluminioaren erauzketela-lana eragutzen dira, zutenean:

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

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

b) Atalase-balioak, edo atari-balioak, efektu fotoelektrikoa esishiko energia minimoaren maila definitzen da. Han da, fotoiak euki behar davan energia minima aluminioaren erauzketza-lanarena izan behar da. Holan:

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

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

$\forall \lambda < \lambda_0 \Rightarrow$  Efektu fotoelektrikoa aluminioan.

c) Kasu horretan  $\lambda'$ -ri dagokion energia  $E'$  izanik, han

$$\text{beteko da: } \begin{cases} E' = 2E = 2 \cdot 3,18 \cdot 10^{-19} = 6,36 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ E' = h \cdot f' - W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda'} - W_0 \end{cases}$$

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

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

$$\Rightarrow \lambda' = 0,757 \lambda$$

2018-6-B-P2

P2.- M metal jakin baten gainazal batia 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-luzerekir?
- 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 fotosak euki lehor davan maiztasun minimoa da, fotoelektronak askeatzeko; berat:

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

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

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

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

Bigarren uhinak lortuko da, bere  $\lambda = 100 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  dantza.

c) Bigarren uharen kasuan fotoelektronen energia zinetiko maximoa lortuko dozu:

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

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

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

2017-7-A-P1

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

- Kalkulatu igorritako elektrioaren abiadura.
- Argi erasotzailearen uhin-luzera lau aldiz txikiagoa bada, nola handituko da igorritako fotoelektroiaren 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) Elektrioa igorheko fotoaren energia eraketa-laua Saino handiagoa izango da:  $E_{\text{foto}} = W_0 + E_\varepsilon \rightarrow$

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

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

b) Argiaren uhin-luzera munizten fotoak energetikoagoak dira.

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

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

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

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

c) Uhin-luzera Saino baten maiztasuna erdira jaiisten da, eta atari-maiztasunagat aldatu beharko da.

Dena den eraketa-lauaren Saino eragutzen dugunet, ea fotoarena hori Saino handiagoa segiatur zaliho da.

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

$$\rightarrow E'' = 3,65 \text{ eV} < 4,31 \text{ eV} = W_0 \Rightarrow \underline{\text{EZ OAGO IGORPEN ELEKTRONIKORIK}}$$

2016-7-B-P2

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

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

DATUAK: Planck-en konstantea:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ;  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ; elektroaren 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 hibet jasifikatu daitake. Atankoa uhin-luzerak uhinak eukisehar davan energia minimoa adierazten du. Uhin-luzera gero eta laburragoa izanik uhinak gero eta energia gehiago dantza, beraz fotien uhin-luzerak txikiagoak diranes atari uhin-luzera saino, igarpen elektronikoa esangos da.

Dena den kuantitatiboki deitu:

$$\lambda_0 = 612 \cdot 10^{-9} \text{ m} \rightarrow f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \cdot 10^8}{612 \cdot 10^{-9}} = 4,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow \omega_0 = h \cdot f_0 \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{\omega_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 4,9 \cdot 10^{14} = 3,25 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

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

Ikuisten daueret:  $E > \omega_0 \Rightarrow \underline{\text{ELEKTROIAK ERAUTIKO DIRA}}$

b) dorrtako emosialak erabiliz:  $E_{2\max} = E - \omega_0 \rightarrow \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = E - \omega_0 \rightarrow$

$$\rightarrow \boxed{v_{\max} = \sqrt{\frac{2}{m}(E - \omega_0)} = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}}(3,98 \cdot 10^{-19} - 3,25 \cdot 10^{-19})} = 4 \cdot 10^5 \text{ m/s}}$$

c) Emundako Salduintza Sariakat, non  $\omega'_0 = 2\omega_0$  dan:

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

Ikuisten daueret eratzketa-paua Sikoiztean atari-maiztasuna bikoiztu egiten da.  $f'_0 = 2 \cdot f_0$

2016-6-B-P2

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

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

DATUAK: Atari-energia ( $Na$ ) = 2,4 eV; Planck-en konstantea:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ;  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ; elektroiaren 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:  $E = h \cdot f = h \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} = 6,63 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Jakindu fotoiaren energia eta sosealdeko 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 danet aldatzek:  $E'_{v_{\max}} = E' - W_0 \rightarrow \frac{1}{2} m v'^2 = E' - W_0 \rightarrow$

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

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

c) Na-ren eratzketa-lana ermoten debykuenet argi laurajaren fotoien energia kalkulatuko ditzake:

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

Holan:  $E'' = 1,86 \text{ eV} < 2,09 \text{ eV} = W_0_{Na} \rightarrow \cancel{\text{X}} \text{ igorpenik} \Rightarrow$

Fotoi horien energia Sodioaren eratzketa-lana Sorko txikiagoa denez er dago efektu fotoelektrikorik.

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 argiztatzen badugu.
- Zer uhin-luzera beharko dugu 0,22 eV-ko gehienezko energia zinetikoa duten elektroiak igorri nahi baditugu?
- Lortuko al da igorpen fotoelektrikorik zelula bera a atalean erabilitako argiaren uhin-luzeraren bikoitza duen argi batekin argiztatzen badugu?

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

a) Erauzte-lana potziak elkarri behar davan energia minimoa adierasten denuko. Hola:  $E \geq W_e \rightarrow h \cdot f_0 = W_e \rightarrow$   
 $\rightarrow f_0 = \frac{W_e}{h} = \frac{2,97 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 4,48 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

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

Efektu fotoelektrikoa geratzen dauer, orduan:

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

b) Prozesu larduha baina frekuentziaren sila joaten:

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

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

c) Maiztasun ataria eragiten doenez, uhin-luzera berriari dagokiona kalkulatz:

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

$$f'' = 2,42 \cdot 10^{14} < 4,48 \cdot 10^{14} = f_0 \Rightarrow E_2 \text{ dago e.f.}$$

Arren uhin-luzeragat er da lortzen efektu fotoelektrikorik, dagokion maiztasuna ataria maiztasuna baino txikiagoa da.

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

- Kalkulatu metalaren erauzte-lana eta dagokion maiztasun-ataria.
- Kalkulatu igorritako elektroien gehienezko 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 gehienezko 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 fotoiek daturken energia kalkulatuko dugu:

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

Efekti fotoelektrikoa geratzen denean:

$$E = E'_{\text{zmax}} + W_0 \rightarrow [W_0 = E - E'_{\text{zmax}} = 3,88 \cdot 10^{-19} - 8,65 \cdot 10^{-20} = 3,02 \cdot 10^{-19} \text{ J}]$$

Erauzketa lana horrelako fotoien 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 berdina erabilitz:  $E'_2 = E' - W_0 = h \cdot f' - W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda'} - W_0 \rightarrow$

$$\rightarrow [E'_2 = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{365 \cdot 10^{-9}} - 3,02 \cdot 10^{-19} = 2,43 \cdot 10^{-19} \text{ J}]$$

c) Argiaren uhin-luzera txikiagoa bada fotoia energetikoaagoa da, beraz sosekiko energia zinetikoa gehiago geratuko da.

Goaten kalkuluak:

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

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

Bizik aldeatuz  $\frac{E''_{\text{zmax}}}{E'_2} = \frac{7,88 \cdot 10^{-19}}{2,43 \cdot 10^{-19}} = 3,24 \Rightarrow [E''_{\text{zmax}} = 3,24 \cdot E'_{\text{zmax}}]$

P2.- Sodioaren elektroi ba erauzteko gitxieneko energia 2,3 eV da.

- a) Erradiazio hauen artetik, azaldu ezazu zeinek eragingo duen efektu fotoelektrikoan 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 balatzatze-potenzial 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) Hasteiko erauzteko lanagat lotuta dagoan maiztasunak  
Kalkulatzeko dota:  $E_0 = W_0 \rightarrow h \cdot f_0 = W_0 \rightarrow f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}}$

$$\rightarrow f_0 = 5,55 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

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 DA 60  
E.FOTOELEKT.R.

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 DA 60  
E.FOTOELEKT.R.

b) Efektu fotoelektrikoa dagoan hasubalcarerako ( $b$ ):

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

$$E_{2\max_b} = 1,845 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

c) Ezurak gelditzenko beharrezko potenziala jarriondoa,  
fotoelektriorik dantzaan abiadura osoa henduko denbana:

$$E_{2\max_b} = q \cdot V_b \rightarrow V_b = \frac{E_{2\max_b}}{q} = \frac{1,845 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,15 \text{ V}$$