

Argi-izpi batek, 400 nm-ko uhin-luzerakoa bera, zeriozko fotokatodo bati eraso dio. Zerioaren erazte-lana 1,8 eV da. Kalkulatu:

1. Fotoelektroiaren energia zinetiko maximoa.
2. Atari-maiztasuna.
3. Arrazoitu nola aldatuko diren emaitzak, oraingo honetan erradiazioaren uhin-luzera 800nm bada.

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

1. Efektu fotoelektrikoan argiak daukan energia fotoietan dago, eta fotoi bakoitzak daukana $E_0 = h \cdot f$ da. Fotoi batek metalaren elektroia bat jotzean bere energia osoa ematen dio, eta erazte-lana baino handiagoa bada fotoelektroiak sortzen da, soberako energia energia zinetiko serala eramanen.

Fotoien energia kalkulatuko dut, jakinda $v = \lambda \cdot f$

$$E_0 = h \cdot f = h \cdot \frac{v}{\lambda} = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} = 4,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Erazte-lana: } W_0 = 1,8 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 2,88 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Beraz, soberako energia zinetiko maximoa:

$$E_{z\text{max}} = E_0 - W_0 = 4,97 \cdot 10^{-19} - 2,88 \cdot 10^{-19} = 2,09 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

2. Metalekin loturarik ahuleneko elektroia askatzeko behar den energia minimoa erazte-lana da (W_0). Energia hori fotoiak ekarri behar du behar den energia minimoa da, eta dagokien frekuentzia atari-maiztasuna (f_u) deitzen da:

$$E = h \cdot f \quad \frac{E_{\text{min}} = W_0}{f = f_u} \quad W_0 = h \cdot f_u \rightarrow f_u = \frac{W_0}{h} = \frac{2,88 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 4,34 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{Beraz atariko uhin-luzera: } \lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3 \cdot 10^8}{4,34 \cdot 10^{14}} = 6,9 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

3. $\lambda_2 = 8 \cdot 10^{-7} \text{ m} > \lambda_0$, beraz fotoelektroiak ez da sortuko. $\Rightarrow (E_z = 0)$

• Metalaren atari maiztasuna ez da aldatzen, bakoiz argia aldatu delako.

2025-7-D2

Metal baten gainazala argizatutakoan $\lambda_1 = 200\text{nm}$ -ko uhin-luzerako argiaren bidez, fotoelektroiaren balaztatze-potentziala 2V da; argiaren uhin-luzera aurrekoa baino % 20 handiagoa denean, balaztatze-potentziala 1V -era txikiagotzen da. Lortu, **arrazoituz**:

1.- saiakuntza honetan, zer balio ondorioztatzen da h Planck-en konstanterako,

2.- metalaren erazte-lana.

Datuak: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$ $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

① Ematen ditziguten bi esoen datuak prestatuko ditugu:

$$1 \rightarrow \lambda_1 = 200 \text{ nm} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m} \rightarrow f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{-7}} = 1,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}; V_{B1} = 2\text{V}$$

$$2 \rightarrow \lambda_2 = \lambda_1 \cdot 1,2 = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ m} \rightarrow f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^{-7}} = 1,25 \cdot 10^{15} \text{ Hz}; V_{B2} = 1\text{V}$$

Balaztatze-potentziala fotoelektroiek daukien soberako energia zinetikoa anulatzeke behar den energiari dagokion potentziala da, beraz:

$$E_{z\text{max}1} = e^- \cdot V_{B1} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_{z\text{max}2} = e^- \cdot V_{B2} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Einsteinen efektu fotoelektroikaren analisiari planteatutako formularekin:

$$E_0 = W_0 + E_{z\text{max}} \quad \begin{cases} 1 \rightarrow h \cdot f_1 = W_0 + e^- \cdot V_{B1} \\ 2 \rightarrow h \cdot f_2 = W_0 + e^- \cdot V_{B2} \end{cases} \quad \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \text{Birik kentzen} \Rightarrow \\ \rightarrow \text{Birik kentzen} \Rightarrow \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow h(f_1 - f_2) = e^-(V_{B1} - V_{B2}) \Rightarrow h = \frac{e^-(V_{B1} - V_{B2})}{f_1 - f_2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{h = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} (2-1)}{(1,5-1,25) \cdot 10^{15}} = 6,4 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}$$

② Orain lehen uhinari formula aplikatuz: $E_{01} = W_0 + E_{z\text{max}1} \rightarrow$

$$\rightarrow \boxed{W_0 = E_{01} - E_{z\text{max}1} = h \cdot f_1 - E_{z\text{max}1} =}$$

$$= 6,4 \cdot 10^{-34} \cdot 1,5 \cdot 10^{15} - 3,2 \cdot 10^{-19} = \boxed{6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

$$\text{Unitateak aldatuz: } \boxed{W_0 = \frac{6,4 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4 \text{ eV}}$$

2025-6-D1.- Potasioaren erazte-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 Masleko erazte-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 den bezala $E_0 > W_0$, beraz fotoelektrioak sortuko dira.

Einsteinen efektu fotoelektrikorako formula baliatuz:

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

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

Atari-maiztasuna erazte-lanari dagokiona da:

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

② Potentzial diferentzia justu $E_{z\text{max}}$ hari anulaheko kapata

izan behar da, beraz: $|q_e| \cdot \Delta V = E_{z\text{max}} \rightarrow$

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

2025-6-D2.- Metal bat $\lambda = 700\text{nm}$ uhin-luzerako (hutsen 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 saliatuko gara. Lehen argiaren fotoi satek daukan energiaren formula: $E = h \cdot f = h \frac{c}{\lambda}$.
Bigarrena Einsteinen efektu fotoelektrikorako formula,
 $E_{\text{zmax}} = E_0 - W_0$ Non: E_{zmax} = fotoelektroi atkarrenaren energia zinetikoa den

h = Plancken konstantea

W_0 = erazketa lana.

Aurrerago jarraitu Saiuo lehen ere, energiak juletan kalkulatuko ditugu:

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

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

Lehen kasuan metalaren erazketa lana lor dezakegu:

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

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

Berat bigarren neurketan erabilitako maiztasuna, $f_2 \rightarrow$

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

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

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:

- $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- Elektroien karga, $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Elektroien 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 batak daukan energia) jakinda da argiaren maiztasuna igotzean fotoelektroien energia handitzen dela, eta, aldeantze erlatzionaletan daudenez $c = \lambda \cdot f$, uhin luzeak jasotzen dituzten fotoien energia gutxiagoa da. Kasu honetan uhin-luzeraren ataria 612 nm da eta erasotzen duten fotoien 500 nm, beraz energia gutxiagoa da eta fotoelektroiak askatuko dira.

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

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

$$= \boxed{4 \cdot 10^5 \text{ m/s}}$$

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:

- Elektroien kargaren balio absolutua: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Elektroien 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 Planck-en formula erabiltzen 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: $E = W + E_{zmax}$ (non E fotoia erasotzailearen energia, W lan funtzioa edo erasotzeko lana eta E_{zmax} fotoelektroiaren energia zinetiko maximoa diren).
Lortzen duen abiadura maximoari dagokion energia zinetikoa da.

Balaztatze-potentzialak fotoelektroiak geldiarazten ditu, beraz balaztatze-potentzialak fotoelektroiari emandako energia justu bere energia zinetiko maximoa da.

$$E_{zmax} = q_e \cdot V_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,25 = 2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

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

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

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

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

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

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

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

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 ahulenerako elektroia askatuko atomoari emon behar jaken energia minimoa da. Energia hori fotoiak daraman energia da, eta erauzketa-lanagatik loturiko energia minimo hori fotoiak ekit 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) Masteko erradiazio berriaren maiztasuna kalkulatu efektu fotoelektrikoa gertatzen den ala ez zehazteko dugu.

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

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

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

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

Energia hau balaztatze potentzialagatik galdierari behar da,

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

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

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

Behar dau v_e energia zinetikotik lortuko dogu:

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

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

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

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 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 eraguzten diren, zuzenean:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2018-6-B-P2

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 fotosak euki behar duen maiztasun minimoa da, fotoelektronak askatzeke; 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) Uhin-en 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, bere $\lambda = 100 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ dankana.

c) Bigarren uhinaren kasuan fotoelektronen energia zinetikoa maximoa lortuko da:

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

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

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

2017-7-A-P1

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

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

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

b) Argiaren uhin-luzera murrizten fotoiak energetikoagoak dira.

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

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

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

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

c) Uhin-luzera bikoizten bada maiztasuna erdira jaisten da, eta atari-maiztasunegatik alderatu behar da.

Dena den erazte-lanaren salioa eragotzen dugunez, ea fotoiaren a hori baino handiagoa segiratu behar da.

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

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

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 erazuziko den ala ez.
- Baiezkoan, kalkulatu zer abiadura izango duten, gehienez, elektro horiek.
- Metalaren erazuzte-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 hitzez justifikatu daiteke. Atariko uhin-luzerak uhinak euki behar dauan energia minimoa adierazten dau. Uhin-luzera guzti eta laburragoa izanik uhinak guzti eta energia gehiago dauka, bera fotoien uhin-luzerak txikiagoak direnez atari uhin-luzera baino, igorpen elektronikoa eragingo da.

Dena den kuantifikatutako da:

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

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

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

Ikusten dener: $E > W_0 \Rightarrow$ ELEKTROIAK ERASOTZIKO DIRA

b) dardartako emisioak erabiliz: $E_{2\text{max}} = E - W_0 \rightarrow \frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2 = E - W_0 \rightarrow$

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

c) Emisioa Saldintra Sariakart, non $W'_0 = 2W_0$ dau:

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

Ikusten dener erazuzte-lana bikoiztean atari-maiztasuna bikoizte egiten da. $f'_0 = 2 \cdot f_0$

2016-6-B-P2

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 erazte-energia.
- Irradiazio erasotzailearen maiztasuna bikoizten bada, zein izango da igorritako elektroien gehienko abiadura?
- Potasioaren ordeztasun sodioa erabiltzen badugu, lortuko al da efektu fotoelektrikoa gainazala 670 nm-ko uhin-luzerako argi laranjaarekin argizatzen badugu?

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

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

Jakinda fotoiaren energia eta sobako E_z 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: $E'_{z_{\max}} = E' - W_0 \rightarrow \frac{1}{2} m v'_{\max}{}^2 = E' - W_0 \rightarrow$

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

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

c) Na-ren erazte-energiaren ematen den beraberetasun argi laranjaarekin fotoiaren energia kalkulatu behar da:

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

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

Fotoi bariaren energia sodioaren erazte-energiaren berdina baino txikiagoa denez ez dago efektu fotoelektrikoa.

2015-6-B-P1

A1.- Zelula fotoelektriko baten erazte-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 gehinezko 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; $1 \text{ nm} = 10^{-9}$ m; elektroien karga, $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J; $c = 3 \cdot 10^8$ m's⁻¹

a) Erazte-lana fotoiak ekarri behar duen energia minimoa adierasten dugu. 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 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 gertatzen denez, 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 sardina baino 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 denez, uhin-luzera berriari dagokiona kalkulatu:

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

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

Arren uhin-luzeragat et da lortzen efektu fotoelektrikorik, dagokion maiztasuna atari maiztasuna baino txikiagoa delako.

2014-7-A-P2

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) Eman dako uhin-luzeragat fotoiak daukeren energia kalkulatuko dugu:

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

Efektu fotoelektrikoa gertatzen dener:

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

Erauzte-lana lotzeko fotoiaren 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 berdinak 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 fotoiaren energetikoagoa da, beraz soberako energia zinetiko gehiago gertatuko da.

Goazten kalkulatu:

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

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

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

P2.- Sodioaren elektroiei ba erazteko gitxienerako energia 2,3 eV da.

- a) Erradiazio hauen artetik, azaldu ezazu zeinek eragingo duen efektu fotoelektrikoa sodiozko xafila bat argizatzean:
- argi gorria (uhin-luzera, $\lambda = 680 \text{ nm}$)
 - argi ultramoreia (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 lanagat lotuta dagoan maiestasun atari kalkulatuko 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) $\lambda_a = 680 \cdot 10^{-9} \rightarrow f_a = \frac{c}{\lambda_a} = \frac{3 \cdot 10^8}{680 \cdot 10^{-9}} = 4,41 \cdot 10^{14} \text{ Hz} < f_0 \Rightarrow$ EZ DAGO E. FOTOELEKTR.

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

b) Efektu fotoelektrikoa dagoan kasu sakarrerako (b):

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

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

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

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

2011-6-B-P2. 5 mW-eko potentzia izendatua duen laser batek bere potentziaren % 15 bakarrik igortzen du 650 nm-ko uhin-luzerako argi gorri gisa. Kalkula ezazu:

- fotoi bakoitzaren maiztasuna eta energia,
- segundo bakoitzean igorritako fotoi-kopurua, eta
- uhin-luzera eta abiadura, argiak 1,35-ko errefrakzio-indizea duen beira bat zeharkatzen duenean.

Elektroiaren karga: $e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; Planck-en konstantea: $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- a) Argiaren uhin-luzera eragututa bere frekuentzia kalkulatu daiteke, eta gero fotoi bakoitzaren energia.

$$\lambda = 650 \cdot 10^{-9} \text{ m} \rightarrow \nu = \lambda \cdot f \rightarrow \left[f = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{650 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 462 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \right]$$

$$\text{Horrela: } [E = h \cdot f = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \cdot 462 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} = 3,04 \cdot 10^{-19} \text{ J}]$$

- b) Laserraren potentziaren % 15 igortzen da, beraz ehuneko horren berruan dauden fotoiak kalkulatu behar ditugu.

$$P = 5 \text{ mW} = 5 \text{ m} \frac{\text{J}}{\text{s}} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$P_{\text{igorritakoa}} = P \cdot \%15 = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{15}{100} = 7,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Horrela:

$$\left[\text{Fotoi Kopurua} = 7,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ fotoi}}{3,04 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 2,49 \cdot 10^{15} \frac{\text{fotoi}}{\text{s}} \right]$$

- c) Inguzune sarriari maiztasuna mantentzen da, baina abiadura eta uhin-luzera aldatzen dira. (Huygens)

$$\text{Errefrakzio indizea: } n = \frac{c}{v'} \rightarrow \left[v' = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,35} = 2,22 \cdot 10^8 \text{ m/s} \right]$$

Horrela, hedapen abiadurarekin:

$$v' = \lambda' \cdot f \rightarrow \left[\lambda' = \frac{v'}{f} = \frac{2,22 \cdot 10^8}{462 \cdot 10^{14}} = 4,81 \cdot 10^{-7} \text{ m} \right]$$

2010-7-B-P2 Eguzkitiko argiaren intentsitateak 1.400 W/m^2 balio du, gutxi gorabehera lurrazalean. Fotoien batez besteko energia 2 eV bada, kalkulatu:

- fotoi bakoitzaren batezbesteko maiztasuna.
- batez besteko energia horri dagokion uhin-luzera.
- 1 m^2 -eko azalera jotzen duen fotoi-kopurua ordu bakoitzeko.

Elektroiaren karga: $e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
 Planck-en konstantea: $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

a) Planck-en konstantea eta fotoien energia dakigu, beraz fotoien energiaren formula erabiltzen aplikatuko dugu:

$$E = h \cdot f \rightarrow \left[f \right] = \frac{E}{h} = \frac{2 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{1 \text{ e}}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}} = \boxed{4,83 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$$

b) Hedapen-abiadurarekin, eta hutsetik hedabreko abiadura c itaunik:

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow \left[\lambda \right] = \frac{v}{f} = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{4,83 \cdot 10^{14}} = \boxed{6,21 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

c) Dakigun argiaren intentsitatea, eta saliokidetasunak erabiliz:

$$\begin{aligned} \left[\frac{\text{Fotoi kopurua}}{\text{ordu}} \right] &= \frac{1400 \frac{\text{J}}{\text{s}\cdot\text{m}^2} \cdot \frac{1 \text{ e}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \cdot \frac{1 \text{ fotoi}}{2 \text{ eV}}}{1} \\ &= \boxed{4375 \cdot 10^{21} \frac{\text{fotoi}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}} \end{aligned}$$

2009-7-B1. Fotoi batek 2 eV-eko energia du. a) Kalkulatu fotoiaren maiztasuna, b) Kalkulatu fotoiaren uhin-luzera hutsean eta $n=1,45$ -ko errefrakzio-indizea duen ingurune material batean.

Planck-en konstantea: $h=6,62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, Elektroien karga elektrikoa: $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

a) Fotoiak dardartzen energiaren formula erabiliz:

$$E = h \cdot f \rightarrow f = \frac{E}{h} = \frac{2 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{1 \text{ e}}}{6,62 \cdot 10^{-34}} = \underline{4,83 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$$

b) Kalkulu hauetako egiteko hedapen-abiaduraren formula onarrituko gara, jekiunda ere, ingurune ez sedimentatiko pasatzean maiztasuna konstante mantentzen dela.

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow \text{hutsen: } \lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{4,83 \cdot 10^{14}} = \underline{6,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

Bigarren ingurunean, errefrakzio-indizea eraguna denez:

$$n' = \frac{c}{v'} \rightarrow v' = \frac{c}{n'} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,45} = 2,069 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Honela:

$$v' = \lambda' \cdot f \rightarrow \lambda' = \frac{v'}{f} = \frac{2,069 \cdot 10^8}{4,83 \cdot 10^{14}} = \underline{4,28 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

Logikoa denez $\lambda' < \lambda_0$, ziklo sakonitzean distantzia txikiagoa seletzen delako.

2008-6-B1. Elektroi bat eta bere antipartikula, positroia, elkarrengandik 1 m-ko distantziara aurkitzen dira. a) Kalkulatu partikula horien arteko erakarpen elektrostatiakoaren indarra, grabitazioerakarpenaren indarra eta horien arteko zatidura. Partikula horiek, orain, elkartu egiten dira, pausagunean, eta bien masa osoa irradiatze-energia bihurtzen da, hots, bi fotoi berdin irteten dira. Kalkulatu: b) fotoi bakoitzaren energia osoa, eta c) fotoi bakoitzaren uhin-luzera eta maiztasuna.

Grabitazio unibertsalaren konstantea: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{kg}^{-2}$.

Coulomb-en konstantea: $K = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{C}^{-2}$

Planck-en konstantea: $h = 6,26 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Positroiaren masa = elektroiaren masa = $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

Elektroiaren karga = $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Positroiaren karga = elektroiaren karga, baina zeinu positiboarekin

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

a) Elektroia (e^-) eta positroia (e^+ edo β^+) masa berdina eta kontrako zeinuko karga dute. Honela:

1) Grabitazio Unibertsalaren legea aplikatuz, eta indar grabitatorioaren modulu kalkulatu:

$$F_G = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = G \frac{m_{e^-} \cdot m_{e^+}}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{(9,1 \cdot 10^{-31})^2}{1^2} = 5,52 \cdot 10^{-71} \text{ N}$$

2) Indar elektrikoaren modulu kalkulabreko Coulomben legea aplikatuz:

$$F_E = K \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} = K \frac{|q_{e^-}| \cdot |q_{e^+}|}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{1^2} = 2,304 \cdot 10^{-28} \text{ N}$$

3) Bien arteko konparaketa:

$$\frac{F_E}{F_G} = \frac{2,304 \cdot 10^{-28}}{5,52 \cdot 10^{-71}} = 4,17 \cdot 10^{42} \rightarrow \boxed{F_E = 4,17 \cdot 10^{42} F_G}$$

b) Bien masak berdinak izanik irradiatutako energia berdina da; Einsteinen formula aplikatuz: $\boxed{E = \Delta m \cdot c^2 = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 8,19 \cdot 10^{-14} \text{ J}}$

c) Honetarako L. De Broglie-ren uhin-luzeraren formula era Siliz:

$$\boxed{\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,26 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} = 2,29 \cdot 10^{-12} \text{ m}}$$

Beraz datu maiztasuna:

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow \boxed{f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,29 \cdot 10^{-12}} = 1,31 \cdot 10^{20} \text{ Hz}}$$

2007-6-B2. Batezbestez, argi ikusgaiaren uhin-luzera 550 nanometrokoa da. Kalkulatu fotoi bakoitzak garraiatzen duen energia. 50 W-eko lanpara elektriko batek igortzen duen energiatik % 2 espektro elektromagnetikoaren alde ikusgai igortzen badu, zenbat fotoi igortzen ditu lanparak segunduko? Zer gertatzen da lanparak xahutzen duen gainontzeko energiarekin?

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

Fotoi bakoitzaren energia kalkulatzeko Planck-en formula erabiliko dugu. Ingarmentea airea edo hutsa dela uertuta, hasteko fotoien maiztasuna kalkulatzeko dugu:

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{550 \cdot 10^{-9}} = 5,45 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Horrela fotoi bakoitzak garraiatzen duen energia:

$$E = h \cdot f = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 5,45 \cdot 10^{14} = \boxed{3,62 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \text{ Fotoi bakoitzak}$$

Igarritako fotoi kopurua kalkulatzeko dugu:

$$50 \text{ W} = 50 \frac{\text{J sortuak}}{\text{s}} \cdot \frac{2 \text{ J ikusgai}}{100 \text{ J sortuak}} \cdot \frac{1 \text{ fotoi}}{3,62 \cdot 10^{-19} \text{ J ikusgai}} = \boxed{2,77 \cdot 10^{18} \frac{\text{fotoi}}{\text{s}}}$$

Solarrako energia bero berata igortzen da, lanpara bera sortzen.

2006-6-A2. Erradiazio elektromagnetiko monokromatikozko iturri batek $f = 5,88 \cdot 10^{14}$ Hz-ko maiztasuneko argia igortzen du, 10 W-ko potentziarekin. Kalkulatu: a) bere uhin-luzera, b) fotoi bakoitzaren energia, eta c) segundu bakoitzean igorritako fotoi kopurua.
 Planck-en konstantea: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s. Argiaren abiadura hutsean/airean: $c = 3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹

a) Ingarunea hutsa edo airea dela ulheranda.

$$\text{Honela: } c = \lambda \cdot f \rightarrow \boxed{\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,88 \cdot 10^{14}} = 5,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

b) Fotoien energia kalkulatzeko Plancken formula aplikatuz:

$$\boxed{E = h \cdot f = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 5,88 \cdot 10^{14} = 3,89 \cdot 10^{-19} \text{ J/fotoi}}$$

c) Fotoien kuantitatea lortzeko:

$$P = 10 \text{ W} = 10 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ fotoi}}{3,89 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = \boxed{2,56 \cdot 10^{19} \text{ fotoi/s}}$$

2004-7-B2. 800 MW-eko potentzia duen zentral nuklear batek, isotopo fisioagarria %3-raino aberastutako uranio erabiltzen du erregaitzat (U-235).

a) Zenbat fisio gertatu behar da segundoko?

b) Zenbat tona erregai kontsumituko du urte batean?

(U-235 nukleo baten fisioan 200 MeV askatzen dira).

Elektroiaren karga: $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; Avogadroren zenbakia: $N = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ atomo/mol}$

a) Zuzenean emandako datuak erabili?

$$800 \text{ MW} = 800 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \cdot \frac{1 \text{ fisio}}{200 \cdot 10^6 \text{ eV}} = \boxed{2,5 \cdot 10^{19} \frac{\text{fisio}}{\text{s}}}$$

b) Hori kalkulatu behar da fisio kopurua urteko behar dugu:

$$\frac{\text{Fisioak}}{\text{urte}} = 2,5 \cdot 10^{19} \frac{\text{fisio}}{\text{s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ egun}} \cdot \frac{365 \text{ egun}}{1 \text{ urte}} = 7,884 \cdot 10^{26} \frac{\text{fisio}}{\text{urte}}$$

Behar urte batean $7,884 \cdot 10^{26}$ nukleo uraniko fisioatuko dira.

Aberastasuna %3a denez, beretan zentralen erabiltzeko nukleoak gehiago dira:

$$\text{Nukleo totalak} = 7,884 \cdot 10^{26} \text{ nukleo} \cdot \frac{100}{3} = 2,628 \cdot 10^{28} \text{ nukleo U.}$$

$$\boxed{\text{Kantitate totala}} = 2,628 \cdot 10^{28} \text{ nukleo} \cdot \frac{235 \text{ g U}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ nukleo}}$$

$$\cdot \frac{1 \text{ Tm U}}{10^6 \text{ g U}} = \boxed{10,25 \text{ Tm U-235}}$$

2004-6-A2. a) Zenbat energia darama argi ikuskorrenen fotoi "ertain" batek, bere uhin-luzera $5 \cdot 10^{-7}$ m-koa bada?

b) Kalkula bedi 100 W-eko lanpara batek segundu bakoitzeko igorritako argi ikuskorreko fotoi kopurua, bere potentziaren %1-a bada argi ikuskorrez igortzen duena.

Planck-en konstantea: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J·s $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

a) Uhin-luzera datigunetara eta hutsean edo airean hedatzen dela suposatuz; Planck-en formula aplikatuko dugu:

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,62 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{-7}} = 3,972 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Fotoi bakoitzak $3,972 \cdot 10^{-19}$ J darama

b) Lanparako, zuzenean, potentziaren salbositik abiatuz:

$$100 \text{ W} = 100 \frac{\text{J sortu}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ J ikusgai}}{100 \text{ J sortu}} \cdot \frac{1 \text{ fotoi}}{3,972 \cdot 10^{-19} \text{ J ikusgai}} = 2,52 \cdot 10^8 \frac{\text{fotoi}}{\text{s}}$$

Lanparak igorritako fotoi kopurua segunduko $2,52 \cdot 10^8$ da.

2003-7-B2. Etxeko mikrouhin-labe batek 500 W ematen ditu 2450 MHz-ko maiztasunean.

- Zenbatekoa da erradiazio honen uhin-luzera?
- Zenbatekoa da igorritako fotoi bakoitzaren energia?
- Zenbat fotoi igortzen du magnetroiak segundu bakoitzeko?

Planck-en konstantea: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

a) Uhin-luzera lortzeko hedapen aritmetika eta maiztasunarekin erlacionaturiko dugu, syposaturu airean edo hutsean hedatzen dela.

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow \boxed{\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2'45 \cdot 10^9} = 0'12 \text{ m}}$$

b) Fotoiaren energia kalkulatzeko Plancken formula erabiliko dugu:

$$\boxed{E = h \cdot f = 6'62 \cdot 10^{-34} \cdot 2'45 \cdot 10^9 = 1'6219 \cdot 10^{-24} \frac{\text{J}}{\text{fotoi}}}$$

c) Horretarako bera potentziatik abiatuko gara:

$$500 \text{ W} = 500 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ fotoi}}{1'6219 \cdot 10^{-24} \text{ J}} = \boxed{3'0828 \cdot 10^{26} \frac{\text{fotoi}}{\text{s}}}$$

2003-6-A1. Zesioaren ateratze-energia 1,9 eV-koa da.

a) Lor bedi efektu fotoelektrikoaren atari-maiztasuna eta atari-uhin luzera.

b) Lor bedi de Broglie-ren 300 nm-ko uhin luzera duten elektroiak geldiarazteko behar den potentziala.

1 nm = 10^{-9} m;

Elektroiaren karga: $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C;

Planck-en konstantea: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J·s

1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$ kg

a) Ateratze-energia eragina denet, zuzenean, Planck-en formulat fotoelektronak berteko behar den energia minimo horri dagokien atari-maiztasuna eta atari-uhin luzera.

$$E_u = h \cdot \nu_u \quad \left\{ \begin{array}{l} \nu_u = \frac{E_u}{h} = \frac{1,9 \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}} = 4,59 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \end{array} \right.$$

Airean edo hutsean gaudela dertuta, atari-maiztasunarekin lotuta dagoen atari-uhin luzera:

$$\nu = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda_u = \frac{c}{\nu_u} = \frac{3 \cdot 10^8}{4,59 \cdot 10^{14}} = 6,53 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

b) De Broglie-ren uhin-luzeraren formularekin uhinadura lortzen da:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} \rightarrow \lambda_e = \frac{h}{\lambda \cdot m} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{300 \cdot 10^{-9} \cdot 9,109 \cdot 10^{-31}} = 2,423 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Eskatzen digutena balantate-potentziala da (V_B).

Horretarako fotoelektronaren energia zehelikoia eta V_B potentzialagar lortzen den E potentziala berdinduko ditugu:

$$\frac{1}{2} m_e \cdot v_e^2 = q_e \cdot V_B \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{V_B} = \frac{\frac{1}{2} m_e \cdot v_e^2}{q_e} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 9,109 \cdot 10^{-31} \cdot (2,423 \cdot 10^8)^2}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 17 \cdot 10^5 \text{ V}$$

2002-6-B2. 400 nm-ko uhin-luzera duen argi-sorta batek $100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ko intentsitatea du.

a) Zein da argi-sortaren fotoi bakoitzaren energia?

b) Zein da argi-sortaren perpendikularra den 1 cm^2 -ko gainazal batera heltzen den energia minutuko?

c) Zein da gainazal horretara heltzen den fotoi-kopurua segunduko?

$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ Planck-en konstantea: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

a) Argiaren uhin-luzera eragututa zuzenean fotoi bakoitzaren energia kalkulatu daiteke, Planck-en bidez:

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} = 4,965 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

b) Kalkulatu egiteko biderke faktoreen bidez eta intentsitatearen salioetik abiatuta:

$$100 \frac{\text{J/s}}{\text{m}^2} \cdot \frac{(1 \text{ m})^2}{(100 \text{ cm})^2} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{100 \cdot 60 \text{ J}}{100^2 \text{ min}} = 0,6 \frac{\text{J}}{\text{min} \cdot \text{cm}^2}$$

Zentimetro karratu bakoitzera $0,6 \text{ J}$ heltzen dira minutuko.

c) Goiko emaitza beraz erabili:

$$0,6 \frac{\text{J}}{\text{min} \cdot \text{cm}^2} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{1 \text{ fotoi}}{4,965 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 2,014 \cdot 10^{16} \frac{\text{fotoi}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2}$$

Segunduro zentimetro karratuko $2,014 \cdot 10^{16}$ fotoi heltzen dira.

2001-6-A2. Kalkula bedi 500 MW-ko potentzia elektrikoa duen fusiozko zentral hipotetiko batek egunero behar duen deuteriozko masa, non energia $2\ ^2_1\text{H} \rightarrow\ ^4_2\text{He}$ prozesuaren bitartez lortzen den, % 30-ko etekinarekin.

Deuterioren masa atomikoa: 2,01474 u;

Helioren masa atomikoa: 4,00387 u

1 u = $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg;

Avogadroren zenbakia: $N = 6,03 \cdot 10^{23}$ atomo/mol

$c = 3 \cdot 10^8$ m/s

- Hasteko erreakzioan dauden masa defektua eta beragat sortzen den energia lortzeko dagu.

$$\Delta m = m_e - m_p = 2 \cdot m_{\text{DEUTERIO}} - m_{\text{HELIO}} =$$

$$= 2 \cdot 2,01474 \text{ u} - 4,00387 \text{ u} = 0,02561 \text{ u}$$

$$\text{Kilogramoetan: } \Delta m = 0,02561 \text{ u} \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 4,25126 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

- Honela, erreakzio sakonhean sortzen den energia, Einsteinen formula erabiliz: $E = \Delta m \cdot c^2 = 4,25126 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 3,826134 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ fusio

- Fusio sakonhean sortzen den energiaren % 30 a auzotzatzen

$$\text{denet: } E_{\text{ERABILGARRI FUSIOKO}} = 3,826134 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{30}{100} = 1,1478402 \cdot 10^{-12} \text{ Jerafi fusio.}$$

- Zentralak egun batean sortzen den energia:

$$500 \frac{\text{MJ}}{\text{s}} = 500 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ egun}} = 4,32 \cdot 10^{13} \frac{\text{J}}{\text{egun}}$$

- Egunean gertatuko fusioak:

$$4,32 \cdot 10^{13} \frac{\text{J}}{\text{egun}} \cdot \frac{1 \text{ fusio}}{1,1478402 \cdot 10^{-12} \text{ Jerafi}} = 3,76359 \cdot 10^{25} \frac{\text{fusio}}{\text{egun.}}$$

- Horretarako egun batean behar den masa:

$$3,76359 \cdot 10^{25} \frac{\text{fusio}}{\text{egun}} \cdot \frac{2 \text{ atmu}^2\text{H}}{1 \text{ fusio}} \cdot \frac{2,01474 \text{ u}}{1 \text{ atmu}^2\text{H}} \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 0,252 \text{ kg}^2\text{H} \frac{\text{fusio}}{\text{egun}}$$

Egun batean 252 g ^2H behar dira.

2001-6-B1. Eguzkitiko argiaren intentsitatea Lurraren gainazalean $1400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ingurukoa da. Fotoien batezbesteko energia 2 eV -koa dela suposatuz, a) kalkulatu bedi Lurraren gainazaleko metro karratu bakoitzeko iristen den fotoi-kopurua. b) Zein da fotoien batezbesteko energia horri dagokion uhin-luzera?

Elektroiaren karga: $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; Planck-en konstantea: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

a) Fotoien energia oragututa, zuzenean ematen diguten intentsitatearekin landuko dugu.

$$I = 1400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 1400 \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} = 1400 \frac{\text{C} \cdot \text{V}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \cdot \frac{1e}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \cdot \frac{1 \text{ fotoi}}{2 \text{ eV}} =$$

$$= \boxed{4,375 \cdot 10^{21} \frac{\text{fotoi}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}}$$

b) Plancken formularekin; fotoien energia:

$$\boxed{E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = \boxed{6,21 \cdot 10^{-7} \text{ m}}}$$

2.- $^{12}_6\text{C}$ nukleorako, bere masa 12,0000 u izanik, kalkulatu:

a) Masa-defektua.

b) Lotura-energia osoa eta nukleo bakoitzeko (nukleoi bakoitzeko) lotura-energia.

Datuak: $m_p = 1,0073$ u; $m_n = 1,0087$ u; $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$.

a) Karbonoaren egitura ikusita 12 nukleoi dauka; bi protoni eta bi neutroi.

Masa defektua nukleoi isolatuen elkartraien energia moduan dagoen den masa kantitatea.

Horrela hasteko, nukleoi isolatuen masa totala kalkulatu daugu:

$$M_0 = \text{nukleoi isolatuen masa} = 6 \cdot m_p + 6 m_n = \\ = 6 \cdot 1,0073 + 6 \cdot 1,0087 = 12,096 \text{ u}$$

Emandako karbonoaren masa = $12 \text{ u} = M_c$

$$\text{Beraz, masa-defektua} = \Delta m = M_0 - M_c = 12,096 - 12 = \boxed{0,096 \text{ u}}$$

b) Osatu Einsteinen formularekin, masa eta energia elatibitatez:

$$\boxed{E = \Delta m \cdot c^2 = 0,096 \text{ u} \cdot \frac{931,5 \text{ MeV}/c^2}{1 \text{ u}} \cdot c^2 = \boxed{89,424 \text{ MeV}}}$$

12 nukleoi dagoenez, nukleoi bakoitzeko dagoen lotura energia:

$$\boxed{\frac{E_{\text{lotura}}}{\text{nukleoi}} = \frac{89,424 \text{ MeV}}{12 \text{ nukleoi}} = \boxed{7,452 \frac{\text{MeV}}{\text{nukleoi}}}}$$

3.- Z = 26 eta A = 56 dituen burdinaren nuklidorako, bere masa 55,9394 u izanik, kalkulatu:

a) Masa-defektua.

b) Nukleoaren lotura-energia eta nukleoi bakoitzeko lotura-energia. Adierazi emaitza jouletan.

Datuak: $m_p = 1,0073$ u; $m_n = 1,0087$ u; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

Datua: ${}_{26}^{56}\text{Fe}$, $m_{\text{Fe}} = 55,9394 \text{ u}$.

a) Atomoa osatzen nukleoiak elkartrazaitik energia moduan askatzen edo deusgaitzen den materia kantitatea masa-defektua da.

$$\Delta m = M_{\text{NUKLEOI ISLATUENA}} - M_{\text{ATOMO.}}$$

Lehen kalkulatu:

$$\begin{aligned} M_{\text{NUKLEOI ISLATUENAK}} &= 26 \cdot m_p + (56 - 26) m_n = \\ &= 26 \cdot 1,0073 + 30 \cdot 1,0087 = 56,4508 \text{ u} \end{aligned}$$

Molan:

$$\Delta m = 56,4508 - 55,9394 = \boxed{0,5114 \text{ u}}$$

b) Masa-defektua energia bihurtzen da Einsteinen formularen bitartez.

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

Jouletan lortzeko Δm kg-tan jarri behar dugu.

$$\Delta m = 0,5114 \text{ u} \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 8,488 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

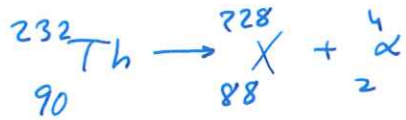
$$\text{Marra lotura-energia: } \boxed{E = \Delta m \cdot c^2 = 8,488 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 7,64 \cdot 10^{-11} \text{ J}}$$

Beza nukleoriko dagoen energia:

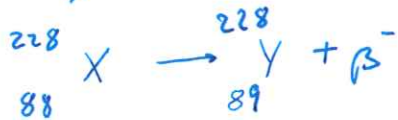
$$\boxed{\frac{E_{\text{LOTURA}}}{\text{NUKLEOI}}} = \frac{E_{\text{LOTURA}}}{\text{Nukleoi kopurua}} = \frac{7,64 \cdot 10^{-11}}{56} = \boxed{1,37 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{nukleoi}}}$$

4.- ^{232}Th nuklidoa erradioaktiboa da. α partikula bat, bi β partikula izango da desintegrazioaren ondoriozko nuklidoa?

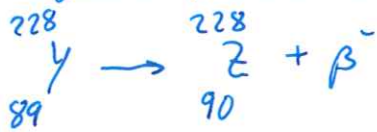
Hasteko α partikula bat igortzen da, beraz gertatzen den erreakzioa hau da:



Geratu β partikula bi igortzen ditu. Beraz nukleoko bi neutroi protoi bihurtzen dira.



Eta bigarren β -rekin:

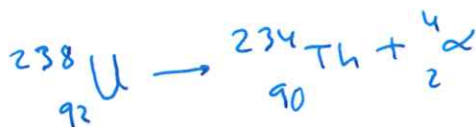


Beraz emaitza: ${}_{90}^{228}\text{Z}$ da.

5.- Beha ezazu ondoko desintegrazio erradioaktiboa eta adierazi zein desintegrazio mota gertatzen den adierazitako etapa bakoitzean.



Kosten denet zehar atonikoa bi unitatean jaitsi da eta masa atonikoa 4 unitate. Beraz α erradiarria gertatu da, $\frac{4}{2}\alpha$ izanik; horrela:



Bigarren etapa:



Kasu honetan masa atonikoa mantentzen da eta zehar atonikoa unitate batean igortzen da.

Beraz β^- erradiarria da, non neutroi bat desintegratzen den elektroi bat eta positroi bat sartuz.

Elektronia erradiazio berala igortzen da eta positroi nukleoan gertatu da, neutroien masa berdinez baina karga positiboarekin.

6.- Lagin erradioaktibo bat aztertzean egiaztatzen da hilabete bat (30 egun) igarotakoan bere jarduera hasierakoa baino bost aldiz txikiagoa dela.

a) Zehaztu desintegrazio-konstantearen balioa.

b) Kalkulatu erdi-bizitza-aldia (semidesintegrazio-aldia).

c) 30 egun igaro ondoren laginaren jarduera neurtzen da, eta $7,88 \cdot 10^{14}$ Bq dela zehazten da. Kalkulatu hasieran zenbat atomo erradioaktibo zeuden.

d) Deskribatu laburki β (beta) partikula bat igortzen den desintegrazio-prozesu bat.

a) Aktibitatea jaisten da nukleo motaren araberako, baina beti desintegratu gabe geratzen diren nukleoaren kopururekin proportionala da.

$$A = \lambda \cdot N$$

N hasierako nukleoaren araberako determinatzen da: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

Beraz hasierako eta hilabete lateko aktibitateak konparatuz:

$$\frac{A_{hila}}{A_0} = \frac{\lambda N_{hila}}{\lambda N_0} = \frac{N_0 \cdot e^{-\lambda t_{hila}}}{N_0} \Rightarrow \frac{A_{hila}}{A_0} = e^{-\lambda t_{hila}} \rightarrow \ln \frac{A_{hila}}{A_0} = -\lambda t_{hila} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\lambda = -\frac{\ln(A_{hila}/A_0)}{t_{hila}} = -\frac{\ln(1/5)}{30 \text{ egun}} = 5,365 \cdot 10^{-2} \text{ egun}^{-1}}$$

b) Erdi-bizitza momentuan desintegratu gabe dauden nukleoaren kopurua hasierako nukleoaren erdia da, beraz:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \xrightarrow[t = T_{1/2}]{N = N_0/2} \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \ln \frac{1}{2} = -\lambda \cdot T_{1/2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \ln 2 = \lambda \cdot T_{1/2} \rightarrow \boxed{T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{5,365 \cdot 10^{-2} \text{ egun}^{-1}} = 12,92 \text{ egun}}$$

c) Aktibitatearen formula erabiliko dugu: $A_0 = \lambda \cdot N_0$ (*)

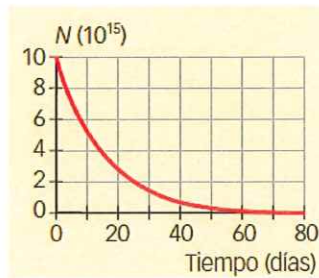
A_0 ez dakigu, baina Sai hilabete osteko aktibitatea bere sistean bat dela: $A_{hila} = \frac{A_0}{5} \rightarrow A_0 = 5 \cdot A_{hila} \rightarrow (*) \rightarrow$

$$\rightarrow 5 \cdot A_{hila} = \lambda \cdot N_0 \rightarrow \boxed{N_0 = \frac{5 \cdot A_{hila}}{\lambda} = \frac{5 \cdot 7,88 \cdot 10^{14} \text{ Bq}}{5,365 \cdot 10^{-2} \frac{1 \text{ egun}}{243600 \text{ s}}}} = 6,35 \cdot 10^{21} \text{ atomo}$$

d) β erradiarioan nukleoko neutroi bat protei bihurtzen da, karga positibarekin geratuz, eta elektroni bat igortzen da karga negatiboa eramaten:



7.- Grafikoak lagin bateko nuklido kopuruaren bilakaera adierazten du. Grafikotik abiatuta, adierazi substantzia honen desintegrazio erradioaktiboaren konstantearen balioa, λ . 100 urte igaro ondoren, hasieran zeuden nuklidoen erdia baino gehiago ala gutxiago egongo al dira?



Grafikoan erdibizitza edo semidesintegrazio periodoa, noiz desintegratu gabeko nukleoen kopurua hasierakoaren erdia den, 10 egunetara dela ikusten da.

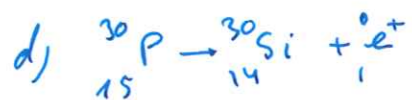
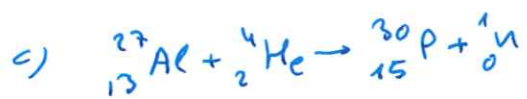
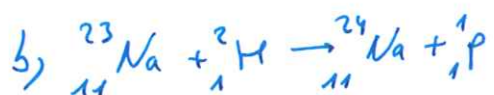
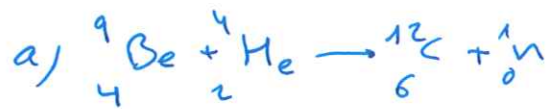
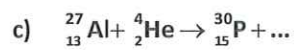
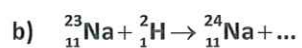
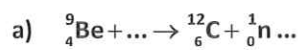
Momentu horretako desintegratu gabeko nukleoen kopurua hasierakoarekin aldatuz: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow$ Horrela $N = \frac{N_0}{2}$ iratean

denbora 10 egun da: $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \ln \frac{1}{2} = -\lambda \cdot T_{1/2} \rightarrow$

$$\rightarrow \boxed{\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{10 \text{ egun}} = 0.0693 \text{ egun}^{-1}}$$

Denbora 100 urte iratean semidesintegrazio periodoa pasatu denet, desintegratu gabe geratzen diren nukleotik hasierakoaren erdia baino gutxiago dira.

8.- Osatu hurrengo erreazio nuklearrak:



9.- ^{235}U -ko 2 g-ko lagin bat fisionatzen da, eta nukleo bakoitzak $2 \cdot 10^6$ eV sortzen ditu. Nukleo guztiak fisionatzen badira, kalkulatu askatzen den energia osoa. Adierazi emaitza jouletan eta kilowatt-ordutan (kWh).

Datuak: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Hasleko laginean dauden nukleoak zehazki diren kalkulatuko dugu:

$$2 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{235 \text{ g}} \cdot \frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ nukleo}}{1 \text{ mol}} = 5,125 \cdot 10^{21} \text{ nukleo.}$$

Berat guztiek sortuko duten energia totala:

$$5,125 \cdot 10^{21} \text{ nukleo} \cdot \frac{2 \cdot 10^6 \text{ eV}}{1 \text{ nukleo}} = \boxed{1,025 \cdot 10^{28} \text{ eV}}$$

Jouletan adierazita:

$$1,025 \cdot 10^{28} \text{ eV} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = \boxed{1,64 \cdot 10^9 \text{ J}} \quad (*)$$

Kilowatt-orduan saltoa jouletan:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Berat, askatutako energia (*) kWh erabiliz:

$$1,64 \cdot 10^9 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = \boxed{455,57 \text{ kWh}}$$

10.- $^{131}_{53}\text{I}$ isotopoa, zentral nuklearretako erreaktoretan agertzen dena, osasunerako oso arriskutsua da, iodoa oso erraz finkatzen baita tiroide gurutuan.

- a) Idatzi isotopo erradioaktibo honen desintegrazio-erreakzioa, β^- partikulak igortzen dituela jakinda.
- b) Kalkulatu nuklido honek desintegratzean askatzen duen energia. Adierazi emaitza Nazioarteko Sistemako unitateetan.

Datuak: $m(^{131}\text{I}) = 130,90612 \text{ u}$; $m(^{131}\text{Xe}) = 130,90508 \text{ u}$; $m(\beta^-) = 5,4891 \cdot 10^{-4} \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

a) β^- erradiarria nukleoa zegoen neutroi baten desintegrazioetik igortzen den elektroia da, hasierako neutroi positiboki kargatuta zegoen delarik:

$$^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + \beta^-$$

b) Askatzen den energia, hasierako masa minus amaierako masaren arteko masa-defektua energia bikoituz lortzen da Einsteinen formularen bidez: $E = \Delta m \cdot c^2$
 Masa-defektua kalkulatuko dugu:

$$\Delta m = m(^{131}_{53}\text{I}) - [m(^{131}_{54}\text{Xe}) + m(\beta^-)] =$$

$$= 130,90612 \text{ u} - (130,90508 \text{ u} + 5,4891 \cdot 10^{-4} \text{ u}) = 4,9109 \cdot 10^{-4} \text{ u}$$

Berat sartutako energia:

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 4,9109 \cdot 10^{-4} \text{ u} \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 7,34 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

12.- Hidrogeno-bomba bat lehertzen denean, ondoko erreakzioa gertatzen da:



Kalkulatu ${}^4\text{He}$ -rako nukleoi bakoitzeko lotura-energia eta helio atomo bat eratzen denean askatzen den energia.

Datuak: $m({}^2\text{H}) = 2,01474 \text{ u}$; $m({}^3\text{H}) = 3,01700 \text{ u}$; $m({}^4\text{He}) = 4,002603 \text{ u}$; $m({}^1_0\text{n}) = 1,008665 \text{ u}$;
 $m({}^1_1\text{p}) = 1,007825 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Nukleoi bakoitzeko lotura-energia kalkulatzeko lotura-energia bera kalkulatu behar da; hau da He atomoa osatzen duten masa-defektuaren biderkhoa: $\Delta m = (2m_p + 2m_n) - m({}^4_2\text{He}) =$

$$= 2 \cdot 1,007825 \text{ u} + 2 \cdot 1,008665 \text{ u} - 4,002603 \text{ u} = 0,030377 \text{ u}$$

Hori da He sortzen den masa eta berarekin lotura-energia:

$$E_{\text{lotura}} = \Delta m \cdot c^2 = 0,030377 \text{ u} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$$

Jakinda helio bakoitzeko nukleoi bakoitzeko, eskatzen den lotura-energia nukleoi bakoitzeko hau da:

$$\boxed{\frac{E_{\text{lotura}}}{\text{nukleoi}} = \frac{0,030377 \text{ u} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}}}{4} = 1,1414 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{nukleoi}}}$$

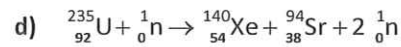
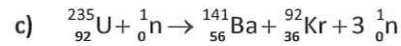
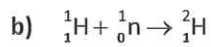
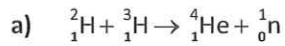
Beraz, He nukleo bakoitzeko askatzen den energia emandako erreakzioan dagoen masa-defektuaren bidez kalkulatu daugu:

$$\boxed{E = \Delta m \cdot c^2 = \left[m({}^2_1\text{H}) + m({}^3_1\text{H}) - m({}^4_2\text{He}) - m({}^1_0\text{n}) \right] \cdot c^2 =}$$

$$= (2,01474 \text{ u} + 3,017 \text{ u} - 4,002603 \text{ u} - 1,008665 \text{ u}) \cdot \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 =$$

$$\boxed{= 3,077 \cdot 10^{-12} \text{ J}}$$

13.- Zertan datza fisio nuklearra? Eta fusio nuklearra? Beha itzazu ondoko erreakzio nuklearrak eta adierazi ea fisio- edo fusio-erreakzio nuklearrak diren.



Fisioa: nukleo astun bat neutroi baten bonbardaketa da eta nukleo handia bi atomo txikiagoetan zatitzen da, ondorioz neutroi askeak sortzen dira eta energia askatzen da.

Fusioa: bi atomo txiki baten dira handiago bat eta energia emanen. Hidrogeno atomoekin helio atomoak lorzen dira.

a) Fusioa

b) Fusioa

c) Fisioa

d) Fisioa

14.- Gammagrafia hainbat arlotan erabiltzen da; adibidez, tumoreak diagnostikatzeko. Kasu horietan, pazienteari teknezioaren isotopo erradioaktibo bat ematen zaio, gamma izpien igorlea. Isotopo horren erdi-bizitza (semidesintegrazio-aldia) 6 ordukoa da. Kalkulatu zenbat denbora igaro behar den pazientean behatutako jarduera, erradioisotopoa injektatu zitzaien unean neurtutako jardueraren %5a baino txikiagoa izan dadin.

Erdi-bizitza eragutuen dugunet konstante erradioaktibisa kalkulatu dezakegu, jakinda momentu horietan desintegratu gabe gertatu diren nukleoen kopurua hasierakoaren erdia dela.

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \ln \frac{1}{2} = -\lambda T_{1/2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (*)$$

Ber aldehik aktibitatea kontuan hartuz: ($A = \lambda \cdot N$)

$$\frac{A}{A_0} = \frac{\lambda N}{\lambda N_0} = \frac{N_0 \cdot e^{-\lambda t}}{N_0} \rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln \frac{A}{A_0} = -\lambda t$$

$$(*) \text{ hartuz: } \ln \left(\frac{A}{A_0} \right) = -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{t = -\frac{\ln \left(\frac{A}{A_0} \right)}{\ln 2} \cdot T_{1/2} = -\frac{\ln(0'05)}{\ln 2} \cdot 6 \text{ h} = 25'93 \text{ h}}$$

15.- 2011n Japonian gertatutako Fukushimako zentral nuklearreko istripuaren ondoren, ^{238}Pu askatu zen; isotopo horren erdi-bizitza (semidesintegrazio-aldia) 88 urtekoa da. Zehaztu zenbat denbora igaro behar den igorritako ^{238}Pu -ren hamarren bat bakarrik gera dadin.

Desintegrazioen ekuazioan falta den datu Sakarra konstante erradioaktiboa da (λ). Horretarako erdi-bizitaren datua ematen digute. Denbora horretan desintegratu gabeko nukleoaren kuantitatea hasierako nukleoaren erdia da.

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \\ \text{Eta: } t = T_{1/2} \rightarrow N = \frac{N_0}{2} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \ln \frac{1}{2} = \ln e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \ln 2 = \lambda T_{1/2} \rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (*)$$

Orain eskatutako denbora $N = \frac{N_0}{10}$ izatean gertaluko da,

$$\text{Beraz Serio: } N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \frac{N = \frac{1}{10} \cdot N_0}{10} \rightarrow \frac{N_0}{10} = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow$$

$$\rightarrow \ln \frac{1}{10} = \ln e^{-\lambda t} \rightarrow \ln 10 = \lambda \cdot t$$

$$(*) \lambda\text{-ren balioa sartuz: } \ln 10 = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{t = \frac{T_{1/2} \cdot \ln 10}{\ln 2} = \frac{88 \text{ urte} \cdot \ln 10}{\ln 2} = 292,33 \text{ urte}}$$

16.- ^{60}Co isotopoa erradioaktiboa da eta γ izpiak igortzen ditu. Bere erdi-bizitza (semidesintegrazio-aldia) 5,25 urtekoa da. Hasieran 100 g-ko lagin bat badugu, kalkulatu zenbat ^{60}Co geratuko den bi urte igaro ondoren.

Desintegrazioen ekuazioak abiatuko gara: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

Konstante erradioaktiboa kalkulatzeko erdi-bizitzaren datua erabiliko dugu, non momentu horretan $N = \frac{N_0}{2}$ izango da.

Honela: $t = T_{1/2} \rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \ln \frac{1}{2} = \ln e^{-\lambda T_{1/2}}$

$\rightarrow \ln 2 = \lambda \cdot T_{1/2} \rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5,25} = 0,132 \text{ urte}^{-1} (*)$

Bi urte igaro eta gero:

$N_{2\text{urte}} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot 2\text{urte}} \rightarrow N_{2\text{urte}} = N_0 \cdot e^{-0,132 \cdot 2} \rightarrow$

$\rightarrow \boxed{N_{2\text{urte}} = N_0 e^{-0,132 \cdot 2} = N_0 \cdot 0,768}$

Geratzen den kuantitatea hasierakoaren % 76,8 a da, bai nukleotau zein masan, beraz:

Geratzen den ^{60}Co -ren kuantitatea = $100 \cdot \% 76,8 = \boxed{76,8\text{g}}$

17.- Koba batean hondakin organikoak aurkitzen dira, eta karbono-14aren proba egitean ikusten da laginaren jarduera 10^8 desintegrazio $\cdot s^{-1}$ dela. Kalkulatu:

a) Laginaren hasierako masa.

b) 5000 urte igaro ondoren jarduera zein den, eta une horretan laginaren masa.

Datuak: $T_{1/2}({}^{14}\text{C}) = 5730$ urte; $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $M({}^{14}\text{C}) = 14 \text{ g/mol}$.

a) Alde baketik aktibitatearen formulatik abiatuko gara: $A = \lambda \cdot N$ (1)

Ber aldeetik desintegrazioen ekuazioarekin ere: $N = \lambda \cdot N_0$ (2)

Bigarren honetan, erdibizitza eragutien dugunet, λ -rateo adierazpide bat lortuko dugu:

$$t = T_{1/2} \rightarrow N = \frac{N_0}{2} \xrightarrow{(2)} \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \ln \frac{1}{2} = \ln e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (3)$$

Aktibitatearen balioa eraguma da: $A = 10^8 \text{ s}^{-1}$. Beraz hau eta (3), (1) ekuazioan sartuz:

$$A = \lambda \cdot N \rightarrow 10^8 = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N \rightarrow$$

$$\Rightarrow N = \frac{10^8 \cdot \text{s}^{-1} \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{10^8 \cdot \text{s}^{-1} \cdot 5730 \text{ urte} \cdot \frac{365 \text{ egun}}{1 \text{ urte}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ egun}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}}{\ln 2} = 2'6 \cdot 10^{19} \text{ Nukleo}$$

Berat, ber masa kalkulatzeko:

$$\text{Hasierako masa} = 2'6 \cdot 10^{19} \text{ atomo} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6'022 \cdot 10^{23} \text{ atomo}} \cdot \frac{14 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 6'06 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

b) 5000 urte sarri daguen aktibitatea kalkulatzeko dugu: $A = \lambda \cdot N \rightarrow$

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} \\ A_0 = \lambda \cdot N_0 \end{array} \right. \div \frac{A}{A_0} = \frac{\lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}}{\lambda \cdot N_0} \rightarrow A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow$$

$$\text{Aktibitatea 5000 urte sarri } A_{5000} = 10^8 \text{ s}^{-1} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{5730} \cdot 5000} = 5'46 \cdot 10^7 \text{ Bq.}$$

$$\text{Momentu horretan: } A = \lambda \cdot N \rightarrow N = \frac{A}{\lambda} = \frac{5'46 \cdot 10^7 \text{ desin.} \cdot \text{s}^{-1}}{\frac{\ln 2}{5730 \text{ urte} \cdot \frac{365 \text{ egun}}{1 \text{ urte}} \cdot \frac{24 \cdot 3600 \text{ s}}{1 \text{ egun}}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = 1'42 \cdot 10^{19} \text{ nukleo desintegratugabe.}$$

$$\text{Berat masa} = 1'42 \cdot 10^{19} \text{ atomo} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6'022 \cdot 10^{23} \text{ atomo}} \cdot \frac{14 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 3'309 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

18.- Indusketa arkeologiko batean lagin organiko bat aurkitzen da, eta hasieran zuen ^{14}C karbonoaren hamarren bat baino ez da geratzen.

a) Kalkulatu indusketan aurkitutako lagin organikoaren adina.

b) Jakinda une honetan laginak 10^{14} ^{14}C atomo dituela, kalkulatu zein den bere jarduera.

Datuak: $T_{1/2}(^{14}\text{C}) = 5730$ urte.

a) Hasteko λ konstante erradioaktiboaren balioa kalkulatuko dugu, jakin da semi-desintegrazio-periodoa eraguna dela.

Desintegrazioen ekuazioa abiatuta, eta jakinda $T_{1/2}$ momentuan hasierako nukleoaren erdia desintegratu gabe dagoela:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \frac{N = N_0/2}{t = T_{1/2}} \rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \text{Ln } \frac{1}{2} = \text{Ln } e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{\text{Ln } 2}{T_{1/2}} \quad \text{Kasu honetan } \lambda = \frac{\text{Ln } 2}{5730 \text{ urte}} = 1'2097 \cdot 10^{-4} \text{ urte}^{-1}$$

Berat laginaren adina kalkulatuko $N = N_0/10$ hartuko dugu:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N_0}{10} = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow \text{Ln } \frac{1}{10} = -\lambda \cdot t \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{t = \frac{\text{Ln } 10}{\lambda} = \frac{\text{Ln } 10}{1'2097 \cdot 10^{-4} \text{ urte}^{-1}} = 19.034'65 \text{ urte}}$$

b) Aktibitatea momentuan desintegratu gabe nukleoekin zureki estimatuta dago. Beraz, gaurko momenturako:

$$A = \lambda \cdot N \quad \frac{N = 10^{14} \text{ atomo}}{\rightarrow} \quad A = \frac{1'2097 \cdot 10^{-4}}{1 \text{ urte}} \frac{1 \text{ urte}}{365 \text{ egun}} \frac{1 \text{ egun}}{24 \cdot 3600 \text{ s}} \cdot 10^{14} \text{ atomo} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{A = 383,6 \text{ Bq}}$$

22.- $^{12}_6\text{C}$ eta $^{13}_6\text{C}$ isotopoetarako, adierazi zein den egonkorragoa eta kalkulatu nukleoi bakoitzeko lotura-energia.

Datuak: $m(^{12}_6\text{C}) = 12,0000 \text{ u}$; $m(^{13}_6\text{C}) = 13,0034 \text{ u}$; $m_p = 1,0073 \text{ u}$; $m_n = 1,0087 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Isotopo egonkorragoak nukleoiko energia handiena daukara da. Horrela nukleoien lotura energia kalkulatuko dugu, eta zati nukleoi kopurua gines nukleoiko energia kalkulatuko dugu, atomo bakoitzarentzako

$$^{12}_6\text{C} \Rightarrow \text{Masa defektua} = \Delta m_1 = m_{\text{nukleoien}} - m_{\text{atomo}} =$$

$$= 6m_p + 6m_n - m(^{12}_6\text{C}) = 6 \cdot 1,0073 \text{ u} + 6 \cdot 1,0087 \text{ u} - 12 \text{ u} = 0,096 \text{ u}$$

$$^{13}_6\text{C} \Rightarrow \text{Masa defektua} = \Delta m_2 = 7m_n + 6m_p - m(^{13}_6\text{C}) =$$

$$= 7 \cdot 1,0087 \text{ u} + 6 \cdot 1,0073 \text{ u} - 13,0034 \text{ u} = 0,1013 \text{ u}$$

Einsteinen formula erabiliz $E = \Delta m \cdot c^2$:

$$^{12}_6\text{C} \Rightarrow \frac{E_{\text{lotura 1}}}{\text{Nukleoi}} = \frac{\Delta m_1 \cdot c^2}{12} = \frac{0,096 \text{ u} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{12 \cdot 1 \text{ u}} = 1,1952 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{nukleoi}}$$

$$^{13}_6\text{C} \Rightarrow \frac{E_{\text{lotura 2}}}{\text{Nukleoi}} = \frac{\Delta m_2 \cdot c^2}{13} = \frac{0,1013 \text{ u} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{13 \cdot 1 \text{ u}} = 1,16417 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{nukleoi}}$$

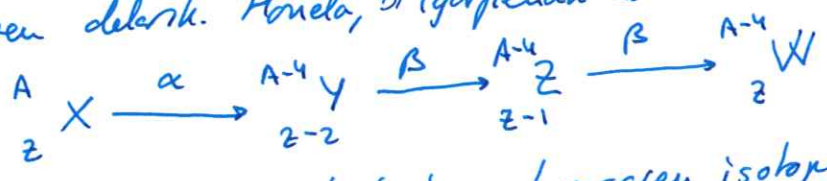
Bestat egonkorrena $^{12}_6\text{C}$ da.

23.- Nukleo atomiko batek α partikula bat eta bi β partikula igortzen ditu. Zehaztu nola aldatzen diren Z eta A.

- Hasieran daukagun atomoa X izanik: ${}^A_Z X$
- Batak: Z = zenbaki atomikoa: protonen kopurua
A = zenbaki masikoa: proton eta neutronen kopurua.
- α erradiazioa gertatzen denean atomoak bi proton eta bi neutron igortzen ditu, eta energia kantitate bat.
Beraz Z lau unitateetan jaisten da eta A bi unitateetan.



- β erradiazioa atomoaren nukleoko neutron baten desintegrazioa sortzen duen elektroi arkarra da, non neutron bateneko kargaren parte negatiboa daraman. Nolan neutroiaren ia ia masa osoa mantentzen da baina positiboki kargatuta. Beraz neutroia proton bihurtzen da, A mantentzen delarik eta Z unitate batean igotzen delarik. Honela, bi igarpenak adierazte:



Beraz hasierako mota bereko atomoaren isotopo bat gertatzen da:



Prozesu osoaren emaitza X atomoak lau neutron galduta dueda da.

27.- Lagin batek 5 g-ko masa duen material erradioaktiboa dauka. 25 urte igaro ondoren, material horretatik 4,95 g geratzen dira.

a) Zein da erdi-bizitza (semidesintegrazio-aldia)?

b) Zenbat denbora itxaron behar da material erradioaktibotik 4 g bakarrik gera daitezen?

a) Hasteko konstante erradioaktiboa kalkulatuko dugu, nukleoaren desintegrazioaren ekuazioetik: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$.
 Bertan: N = momentu batean desintegratuarik dauden nukleoak.
 N_0 = hasierako momentuko nukleoak.
 λ = konstante erradioaktiboa

Gramoak eta atomoak proportionalak direnez, gramuekin aplikatu daiteke: $m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$ $\frac{m = 4,95 \text{ g}}{m_0 = 5 \text{ g}}$ $4,95 = 5 \cdot e^{-\lambda \cdot 25 \text{ urte}}$

$$\rightarrow \ln \frac{4,95}{5} = -\lambda \cdot 25 \text{ urte} \rightarrow \lambda = \frac{\ln \frac{5}{4,95}}{25 \text{ urte}} = 4,02 \cdot 10^{-4} \text{ urte}^{-1}$$

Erdi-bizitza geratzen diren nukleoak hasierakoaren erdia da $N = \frac{N_0}{2}$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \xrightarrow[t = T_{1/2}]{N = N_0/2} \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \ln \frac{1}{2} = -\lambda T_{1/2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{4,02 \cdot 10^{-4}} = 1724,19 \text{ urte}}$$

b) Berriro g eta nukleoak proportionalak izanik:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow \ln \frac{m}{m_0} = -\lambda t \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{t = \frac{\ln(m_0/m)}{\lambda} = \frac{\ln(5/4)}{4,02 \cdot 10^{-4} \text{ urte}} = 555,07 \text{ urte}}$$

28.- Bi isotopo erradioaktibok desintegrazio-konstante desberdinak dituzte. Bakoitzetik 10 g-ko lagin batetik abiatzen bagara, denbora igaro ondoren zeinetatik geratuko dira desintegratu gabe nuklido gehiago?

- Bienbat desintegrazioen ekuazioa ezarriko dugu $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$
- Hasteko λ , konstante erradioaktiboaren adierazpena, kalkulatuko dugu. Erdibizitatu hasierako nukleoaren erdia desintegratu egiten da, beraz: $\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow$

$$\rightarrow \ln \frac{1}{2} = -\lambda T_{1/2} \rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

Gure kasuan: isotopo batena = $\lambda_1 ; (T_{1/2})_1$
 berarena = $\lambda_2 ; (T_{1/2})_2$

- Desintegratu gabeko atomo kopurua denbora konkretu pasatuta:

$$\begin{aligned} 1. \text{ isotopo} &\rightarrow N_1 = N_0 \cdot e^{-\lambda_1 t} \\ 2. \text{ ''} &\rightarrow N_2 = N_0 e^{-\lambda_2 t} \end{aligned} \left\{ \div \frac{N_1}{N_2} = \frac{e^{-\lambda_1 t}}{e^{-\lambda_2 t}} \rightarrow \right.$$

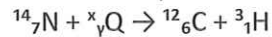
$$\rightarrow \frac{N_1}{N_2} = e^{\lambda_2 t - \lambda_1 t} \rightarrow \ln \frac{N_1}{N_2} = (\lambda_2 - \lambda_1) t \rightarrow$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_2 - \lambda_1 > 0 \rightarrow N_1 > N_2 \\ \lambda_2 - \lambda_1 < 0 \rightarrow N_1 < N_2 \end{array} \right. \rightarrow \text{Semidesintegratio periodoekin} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{\ln 2}{(T_{1/2})_2} - \frac{\ln 2}{(T_{1/2})_1} > 0 \rightarrow \frac{1}{(T_{1/2})_2} > \frac{1}{(T_{1/2})_1} \rightarrow (T_{1/2})_1 > (T_{1/2})_2 \Rightarrow N_1 > N_2 \\ \frac{\ln 2}{(T_{1/2})_2} - \frac{\ln 2}{(T_{1/2})_1} < 0 \rightarrow \frac{1}{(T_{1/2})_2} < \frac{1}{(T_{1/2})_1} \rightarrow (T_{1/2})_2 > (T_{1/2})_1 \Rightarrow N_2 > N_1 \end{array} \right.$$

Logikoki, espero genuen moduan, semidesintegratio periodo handiagoa daukaten nukleo gehiago geratuko dira, bai definizio beragaitik, zehar goiko egierapen matematikoagaitik.

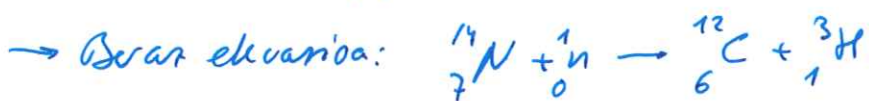
29.- Tritioa hidrogenoaren isotopo bat da, eta bi neutroi ditu bere nukleoan. Atmosferan sortzen da nitrogenoaren atomoek beste partikula ezezagun batekin talka egiten dutenean, behean idatzitako erreakzioaren arabera. Zehaztu Q partikulan zenbat protoi eta neutroi dauden:



Tritioa erradioaktiboa da. Bere erdi-bizitza (semidesintegrazio-aldia) 12 urtekoa da. Demagun 200 g tritioko lagin batetik abiatzen dela. Irudikatu grafiko batean nola aldatzen den tritio kopurua hurrengo 36 urteetan zehar.

- Goiko ekuazioan karga elektrikoa eta nukleoien kopurua mantentzea behar da, beraz:

$$\left. \begin{aligned} 7+y &= 6+1 \rightarrow y=0 \\ 14+x &= 12+3 \rightarrow x=1 \end{aligned} \right\} \text{Partikula neutroi bat da.} \rightarrow$$



- Erdi-bizitza eragutita konstante erradioaktiboa kalkulatu behar dugu, jakinda momentu horretan nukleoaren erdia desintegratu gabe mantentzen dela.

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \xrightarrow[t = T_{1/2}]{N = \frac{N_0}{2}} \quad \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow \ln \frac{1}{2} = -\lambda T_{1/2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{12 \text{ urte}} = 0.05777 \text{ urte}^{-1}$$

- Nukleoaren kopurua eta masa kanbikatea propazionalak direnez:

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Datuen datuak: $\left\{ \begin{array}{l} m \text{ (kalkulatu behar da)} \\ m_0 = 200 \text{ g} \\ \lambda = 0.05777 \text{ urte}^{-1} \\ t = 36 \text{ urte} \end{array} \right.$

Beraz: $m = 200 \cdot e^{-0.05777 \text{ urte}^{-1} \cdot 36 \text{ urte}} = 25 \text{ g}$

32.- ^{235}U uranioak gutxi gorabehera berrogei desintegrazio-modu posible ditu neutroi bat xurgatzean.

a) Osatu ondoko erreakzio nuklearra, ^{235}U nukleo batek neutroi bat xurgatzen duenean gertatzen dena:



Adierazi, halaber, uranio-nukleo horrek zenbat neutroi eta protoi dituen.

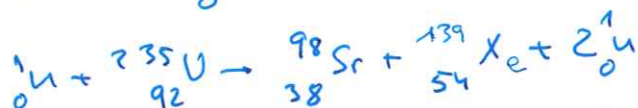
b) Kalkulatu ^{235}U uranio-nukleo baten fisioan sortzen den energia, aurreko erreakzioaren arabera. Datuak: $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $m(^{235}\text{U}) = 235,124 \text{ u}$; $m(^{95}\text{Sr}) = 94,9194 \text{ u}$; $m(^{139}\text{Xe}) = 138,919 \text{ u}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

a) Erreakzio batean kontzesatu behar dira:

- Karga elektrikoa: $0 + 92 = 38 + d + 0 \rightarrow d = 54$

- Nukleoi kopurua: $1 + 235 = 95 + c + 2 \rightarrow c = 139$

Beraz erreakzioa honela gertatu da:



b) Energia kalkulatzeko, lehenik eta behin erreakzioan gertatzen den masa-defektua, Δm , kalkulatzeko dugu:

$$\Delta m = m_n + m(^{235}\text{U}) - m(^{95}\text{Sr}) - m(^{139}\text{Xe}) - 2m_n =$$

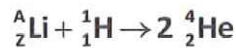
$$= -1,00866 \text{ u} + 235,124 \text{ u} - 94,9194 \text{ u} - 138,919 \text{ u} = 0,2769 \text{ u}$$

Orain, Einsteinek formulatutako, igorritako energia kalkulatzeko dugu:

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 0,2769 \text{ u} \cdot \frac{1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{E = 4,138 \cdot 10^{-11} \text{ J}} \text{ Uranio nukleo bat fisioatzean.}$$

33.- Erreakzio nuklear honetan 11,47 MeV askatzen dira.



Osatu A eta Z zenbakiak, eta kalkulatu litioaren isotopoaren masa atomikoa.

Datuak: $m(\text{H}) = 1,0078 \text{ u}$; $m(\text{He}) = 4,0026 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 931 \text{ MeV}/c^2$.

- Kasu honetan, askatutako energia eragotzen dugunet, hau sartuko beharrezkoa den masa-defektua zehin den identifikatuko, Einsteinen formula erabiliko dugu:

$$E = \Delta m \cdot c^2 \rightarrow \boxed{\Delta m = \frac{E}{c^2} = \frac{11,47 \cdot \text{MeV}}{c^2} \cdot \frac{1 \text{ u}}{931 \frac{\text{MeV}}{c^2}} = 0,01232 \text{ u}}$$

- A eta Z zehazkia kalkulatuko, badakigu hurrengoak konstante mantentzen ditela erreakzioan:

- Karga elektrikoa: $Z + 1 \rightarrow 2 \cdot 2 \rightarrow Z = 3$
- Nukleoi kopurua: $A + 1 \rightarrow 2 \cdot 4 \rightarrow A = 7$

- Masa-defektuaren datua apletzatuz:

$$\Delta m = 0,01232 \text{ u} = m({}^7\text{Li}) + m(\text{H}) - 2 \cdot m({}^4\text{He}) \rightarrow$$

$$\rightarrow 0,01232 \text{ u} = m({}^7\text{Li}) + 1,0078 \text{ u} - 2 \cdot 4,0026 \text{ u} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{m({}^7\text{Li}) = (0,01232 - 1,0078 + 2 \cdot 4,0026) \text{ u} = 7,0097 \text{ u}}$$

34.- Izar batzuetan karbono-zikloko fusio-erreakzioak gertatzen dira. Azken etapan, protoi bat $^{15}_7\text{N}$ nukleoarekin elkartzen da $^{12}_6\text{C}$ eta helio nukleo bat sortzeko.

a) Idatzi dagokion erreakzio nuklearra.

b) Zenbat energia sortzen da $^{12}_6\text{C}$ -ren 10 kg eratzen direnean?

Datuak: $m(^1_1\text{H}) = 1,007\,825\text{ u}$; $m(^{15}_7\text{N}) = 15,000\,108\text{ u}$; $m(^{12}_6\text{C}) = 12,000\,000\text{ u}$; $m(^4_2\text{He}) = 4,002\,603\text{ u}$;
 $1\text{ u} = 1,7 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$; $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$.

a) Nukleoi kopurua eta karga elektrikoa mantendu behar direnera:



b) Energia kalkulatzeko masa-defektua kalkulatzeko dugu:

$$\Delta m = m(^{15}_7\text{N}) + m(^1_1\text{P}) - m(^{12}_6\text{C}) - m(^4_2\text{He}) =$$

$$= 15,000,108\text{ u} + 1,007,825\text{ u} - 12,000,000\text{ u} - 4,002,603\text{ u} =$$

$$= 5,333 \cdot 10^{-3}\text{ u}$$

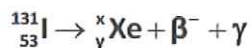
Einsteinen formula erabiliz:

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 5,333 \cdot 10^{-3}\text{ u} \cdot \frac{1,7 \cdot 10^{-27}\text{ kg}}{1\text{ u}} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 8,155 \cdot 10^{-13}\text{ J}$$

Orain, $^{12}_6\text{C}$ -ren 10kg eratzean sorturiko energia eukarren denak:

$$E_{10\text{kg}} = 8,155 \cdot 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{atomo}} \cdot \frac{1\text{ atomo}}{12\text{ u}} \cdot \frac{1\text{ u}}{1,7 \cdot 10^{-27}\text{ kg}} \cdot 10\text{ kg} = \boxed{4 \cdot 10^{13}\text{ J}}$$

35.- ^{131}I isotopo erradioaktiboa minbizia eta tiroideko gaixotasunak tratatzeko erabiltzen da. Bere erdi-bizitza (semidesintegrazio-aldia) zortzi egunekoa da, honako erreakzioaren arabera:



a) Zehaztu X eta Y.

b) Zenbat denbora igaroko da paziente bati emandako ^{131}I kantitatea hasierako balioaren %6,25era murriztu arte?

a) X eta Y zehazterakoan badakigu hurrengo magnitudeak konstanteak izango direla:

- Karga elektrikoak: $53 = Y - 1 \rightarrow Y = 54$

- Nukleo kopurua: $131 = X + 0 + 0 \rightarrow X = 131$



b) Erdi-bizitza den datetik, non nukleo erdia desintegratu gabe egongo den, λ konstante erradioaktiboa kalkulatu dezagu:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \frac{N = N_0/2}{t = T_{1/2}} \rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \ln 2 = \lambda \cdot T_{1/2} \rightarrow \boxed{\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{8 \text{ egun}} = 0,08664 \text{ egun}^{-1}}$$

Orain geratzen den kantitatea hasierakoaren %6,25 dena:

$$N = N_0 \cdot 0,0625 \rightarrow N_0 \cdot 0,0625 = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow$$

$$\rightarrow 0,0625 = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln 0,0625 = -\lambda t \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{t = \frac{-\ln 0,0625}{0,08664 \text{ egun}^{-1}} = 32 \text{ egun}}$$