1. **(1 pt)** Calculeu l'energia cinètica màxima dels electrons emesos per una superfície metàl·lica quan hi incideixen fotons de longitud d'ona $\lambda = 200\,nm$. Suposem conegut que l'energia mínima per alliberar els electrons, en aquest cas, són $4,2\,eV$.

   El balanç d'energia de l'efecte fotoelèctric s'escriu com

   $$hf = hf_0 + E_c$$

   de forma que l'energia cinètica màxima dels electrons es pot calcular directament

   $$\begin{aligned} E_c &= hf - hf_0 \\ &= h\frac{c}{\lambda} - hf_0 \\ &= 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{200 \cdot 10^{-9}} - 4,2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \\ &= 3,21 \cdot 10^{-19}\,J \end{aligned}$$

2. Quan un feix de llum de longitud d'ona $150\,nm$ incideix sobre una làmina d'or s'emeten electrons amb una energia cinètica màxima de $3,17\,eV$. Es demana:

   (a) **(1.5 pts)** Calculeu el treball d'extracció i la longitud d'ona llindar per l'efecte fotoelèctric de l'or.

   De forma semblant a l'exercici anterior

   $$hf = hf_0 + E_c$$

   d'on

   $$\begin{aligned} hf_0 &= hf - E_c = h \cdot \frac{c}{\lambda} - E_c \\ &= 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{150 \cdot 10^{-9}} - 3,17 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \\ &= 8,17 \cdot 10^{-19}\,J \end{aligned}$$

   La freqüència llindar s'obté a partir del resultat anterior

   $$hf_0 = 8,17 \cdot 10^{-19}$$

llavors

$$f_0 = \frac{8,17 \cdot 10^{-19}}{h} = \frac{8,17 \cdot 10^{-19}}{6,626 \cdot 10^{-34}} = 1,23 \cdot 10^{15}\, Hz$$

i per tant la corresponent longitud d'ona llindar serà

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,23 \cdot 10^{15}} = 2,44 \cdot 10^{-7} = 244\, nm$$

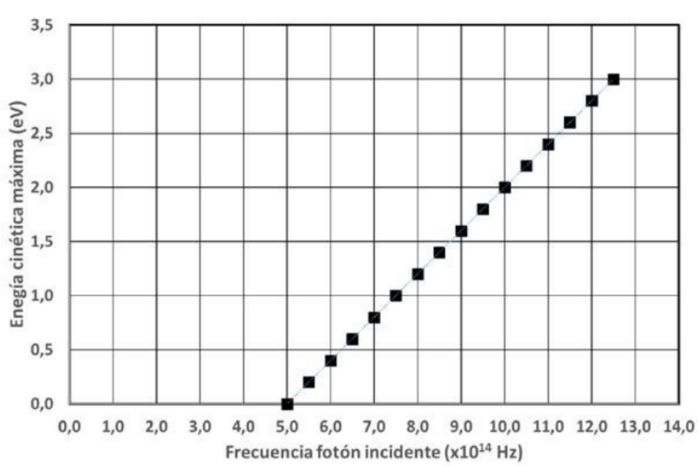
(b) **(1.5 pts)** Calculeu la longitud d'ona associada als electrons amb energia cinètica màxima.

A partir de l'expressió de de broglie i fent servir la relació entre la velocitat i l'energia cinètica

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m\sqrt{\frac{2E_c}{m}}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31}\sqrt{\frac{2 \cdot 3,17 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}}}} = 1,2 \cdot 10^{-9}\, m$$

3. Es fa incidir un feix de freqüència variable sobre una làmina de material metàl·lic, de forma que s'emeten electrons, dels quals es mesura la seva energia cinètica màxima, obtenint-se la gràfica que hi ha a continuació.



Es demana:

(a) **(1.5 pts)** Calculeu el treball d'extracció en eV.

De la gràfica es veu que la freqüència llindar correspon a $5,0 \cdot 10^{14}\,Hz$ llavors el treball d'extracció val

$$hf_0 = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 5,0 \cdot 10^{14} = 3,313 \cdot 10^{-19}\,J$$

que en electronvolts serà

$$3,313 \cdot 10^{-19}\,J \cdot \frac{1\,eV}{1,602 \cdot 10^{-19}\,J} = 2,07\,eV$$

(b) **(1.5 pts)** Calculeu la longitud d'ona associada als electrons emesos, quan la freqüència de la radiació incident és $10 \cdot 10^{14}\,Hz$.

Calculem primer l'energia cinètica dels electrons emesos

$$\begin{aligned} E_c &= hf - hf_0 \\ &= 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 10 \cdot 10^{14} - 3,313 \cdot 10^{-19} \\ &= 3,313 \cdot 10^{-19}\,J \end{aligned}$$

ara

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \to v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m\sqrt{\frac{2E_c}{m}}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31}\sqrt{\frac{2 \cdot 3,313 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}}}} = 8,53 \cdot 10^{-10}\,m$$

4. Al fer incidir radiació de longitud d'ona de $589\,nm$ sobre un cert material, s'alliberen electrons amb una energia cinètica màxima de $0,577\,eV$. Per una altra banda, quan la longitud d'ona és de $179,76\,nm$ (llum ultraviolada), aquesta energia cinètica màxima val $5,38\,eV$. Es demana:

(a) **(1.5 pts)** Calculeu la constant de Planck.

A partir de l'equació del balanç d'energia de l'efecte fotoelèctric

$$h\frac{c}{\lambda} = hf_0 + E_c$$

i les dades de l'enunciat, plantegem un sistema d'equacions

$$\begin{cases} h \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{589 \cdot 10^{-9}} = hf_0 + 0,577 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \\ h \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{179,76 \cdot 10^{-9}} = hf_0 + 5,38 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \end{cases}$$

restant-les

$$h \cdot \frac{c}{179,76 \cdot 10^{-9}} - h \cdot \frac{c}{589 \cdot 10^{-9}} = (5,38 - 0,577) \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}$$

d'on

$$hc \left(\frac{1}{179,76 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{589 \cdot 10^{-9}} \right) = (5,38 - 0,577) \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}$$

$$hc = 2 \cdot 10^{-25} \rightarrow h = \frac{2 \cdot 10^{-25}}{3 \cdot 10^8} = 6,67 \cdot 10^{-34}\, J$$

(b) **(1.5 pts)** Calculeu el potencial de frenada quan s'il·lumini amb una longitud d'ona de $50\, nm$.

De l'apartat anterior podem trobar

$$\begin{aligned} hf_0 &= h \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{589 \cdot 10^{-9}} - 0,577 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \\ &= 6,67 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{589 \cdot 10^{-9}} - 0,577 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 2,473 \cdot 10^{-19}\, J \end{aligned}$$

I l'energia cinètica dels electrons val ara

$$\begin{aligned} E_c &= hf - hf_0 = h\frac{c}{\lambda} - hf_0 \\ &= 6,67 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{50 \cdot 10^{-9}} - 2,473 \cdot 10^{-19} = 3,75 \cdot 10^{-18}\, J \end{aligned}$$

llavors, el potencial de frenada es pot calcular a partir de

$$V_f q_e = E_c \rightarrow V_f = \frac{E_c}{q_e} = \frac{3,75 \cdot 10^{-18}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 23,44\, V$$