

Problemes & Resolucions: **PAU-LOE**

de **FÍSICA MODERNA**

(Física, 2010 — 2014; «**MOD**»)

- **Instruccions generals de tots els anys:** L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents. Cada problema val 2 punts.
- **CONTINGUTS:** La pàgina referida per a cada problema en la taula següent indica on pot trobar-se el corresponent enunciat al Dossier de l'Acadèmia. El contingut temàtic de cada problema s'especifica a la columna de "Comentaris".

| NOM | sèrie | any | op. | probl. | pág. | Comentaris |
|--------|-------|------|-----|--------|------|---|
| MOD-01 | 3 | 2014 | A | 3 | 2 | Ef-foto: W ; $\lambda_{llin} \leftarrow f(Pot)$? |
| MOD-02 | 5 | 2014 | A | 3 | 6 | Ef-foto: gràfic $\Rightarrow \lambda_{llin}, h, v$ |
| MOD-03 | 5 | 2014 | B | 3 | 7 | Ef-foto, condens \rightarrow dada: E_c_{fin} |
| MOD-04 | 3 | 2013 | A | 3 | 14 | Ef-foto, V_{fre} : $v_{màx}, W, h$ |
| MOD-05 | 1 | 2013 | A | 5 | 19 | Ef-foto: $v_{màx}; V_{fre} \Rightarrow W$ |
| MOD-06 | 1 | 2011 | B | 4 | 38 | Ef-foto: #fotons; λ_{llin} ; canvi Pot |
| MOD-07 | 1 | 2011 | B | 5 | 39 | Anihil elec-posit; Δm i E_c RELAT |
| MOD-08 | 2 | 2011 | B | 4 | 52 | Ef-foto: gràfic $\Rightarrow h, W$ (BÀSIC.1) |
| MOD-09 | 1 | 2010 | A | 3 | 59 | Ef-foto: f, λ de Broglie (BÀSIC.3) |
| MOD-10 | 2 | 2010 | - | 2 | 82 | Ef-foto: W, λ de Broglie (BÀSIC.2) |
| MOD-11 | Extra | 2010 | A | 3 | | Ef-foto: $Pot \Rightarrow E_c, \#fotons$ (BÀSIC.4) |

► **MOD-01)** juny'14 [S3 — A3]: ENUNCIAT

A l'espectroscòpia de fotoemissió ultraviolada (UV), il·luminem les mostres amb un feix de radiació UV i analitzem l'energia dels electrons emesos.

- a) Hem il·luminat una mostra amb radiació de longitud d'ona $\lambda = 23,7 \text{ nm}$ i els fotoelectrons analitzats tenen una energia cinètica màxima de $47,7 \text{ eV}$. Calculeu la funció de treball del material analitzat en J i en eV.
- b) Determineu el llindar de longitud d'ona per a aquest material. Com canviaria aquest llindar de longitud d'ona si es dupliqués la potència del feix de radiació UV?

DADES: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

resolució **MOD-01**:

juny'14 [S3 — A3]

- a) En el balanç energètic de l'efecte fotoelèctric tenim:

$$h \frac{c}{\lambda} - W = E_c \quad \boxed{0.4} \Rightarrow$$

$$W = h \frac{c}{\lambda} - E_c = 6,63 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{23,7 \cdot 10^{-9}} - 47,7 \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{1 \text{ eV}} = 7,60 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \boxed{0.3} = 4,75 \text{ eV} \quad \boxed{0.3}$$

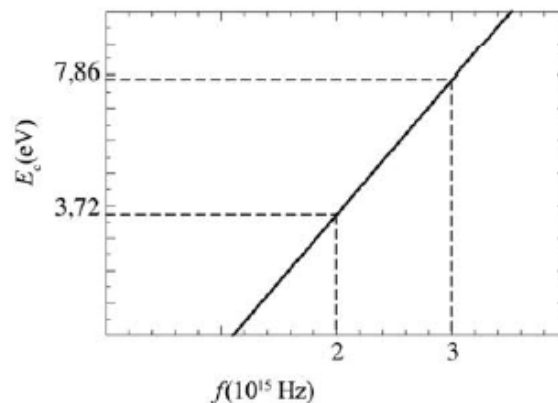
- b) La longitud d'ona llindar la obtindrem fent que l'energia cinètica dels electrons emesos sigui zero. **0.2**

$$\lambda_L = h \frac{c}{W} = 2,62 \cdot 10^{-7} \text{ m} \quad \boxed{0.5}$$

La longitud d'ona llindar no depèn de la potència de la radiació incident, per tant si dupliquem aquesta potència la longitud d'ona llindar no variarà **0.3**

► **MOD-02)** set'14 [S5 — A3]: ENUNCIAT

Il·luminem una superfície de coure amb llum de diverses freqüències i quan s'alliberen electrons del metall, en mesurem l'energia cinètica. Amb les dades obtingudes de l'experiment dibuixem la gràfica següent:



- a) Expliqueu breument què és el *llindar de freqüència* de l'efecte fotoelèctric i calculeu quin valor té en aquest cas.
 b) Calculeu el valor de la constant de Planck i la velocitat que assoleixen els electrons emesos quan la longitud d'ona de la llum incident és $1,2 \times 10^{-7}$ m.

DADES: $c = 3,00 \times 10^8$ m s⁻¹
 $m_{\text{electró}} = 9,11 \times 10^{-31}$ kg
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$ J

resolució **MOD-02**:

set'14 [S5 — A3]

- a) La freqüència llindar d'un metall és la freqüència mínima que ha de tenir una radiació electromagnètica, per a què els seus fotons puguin arrencar electrons d'aquest metall, per efecte fotoelèctric. **0.2**
 A partir de la gràfica veiem que l'energia cinètica en funció de la freqüència ve donada per la recta:

$$E_c = 3,72 + \frac{7,86 - 3,72}{3 - 2} \left(\frac{f}{10^{15}} - 2 \right) \text{ eV} \quad \mathbf{0.3}$$

A partir de l'expressió anterior obtindrem la freqüència llindar fent que l'energia cinètica sigui zero: **0.2**

$$0 = 3,72 + 4,14 \left(\frac{f_{\text{llindar}}}{10^{15}} - 2 \right) \quad \mathbf{0.1} \Rightarrow f_{\text{llindar}} = \left(-\frac{3,72}{4,14} + 2 \right) \cdot 10^{15} = 1,10 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \quad \mathbf{0.2}$$

- b) La constant de Planck la podem trobar a partir del pendent de la recta representada: **0.2**

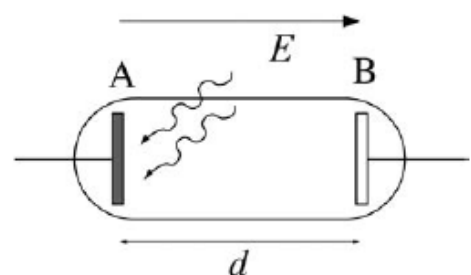
$$h = \frac{(7,86 - 3,72) \text{ eV}}{(3 - 2) \text{ s}^{-1}} \times \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{1 \text{ eV}} = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \quad \mathbf{0.2}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{hc}{\lambda} - h f_{\text{llindar}} \quad \mathbf{0.2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{m} \left\{ \frac{hc}{\lambda} - h f_{\text{llindar}} \right\}} \quad \mathbf{0.2} \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \left\{ \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 4,56 \text{ eV} \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} \right\}} = 1,43 \cdot 10^6 \text{ m/s} \quad \mathbf{0.2}$$

► **MOD-03)** set'14 [S5 — B3]: ENUNCIAT

Un tub de buit com el de la figura adjunta té l'ànode A fet de coure i la distància entre els elèctrodes és $d = 30$ cm. Establim un camp elèctric uniforme de A a B que genera una diferència de potencial de 3 V i il·luminem l'ànode amb radiacions que tenen fotons incidents amb una energia de 10 eV. Observem que al càtode B arriben electrons amb una energia cinètica de 2,3 eV.



- a) Quina és la freqüència i la longitud d'ona de la radiació incident (expressada en nm)? Quin és el valor del camp elèctric E ?
- b) Amb quina energia cinètica surten emesos els electrons arrencats de l'ànode A? Quin és el treball d'extracció del coure en eV?

DADES: $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
 $Q_{\text{electró}} = -1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
 $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
 $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

resolució **MOD-03**:

set'14 [S5 — B3]

- a) Calculem la freqüència:

$$f = \frac{E}{h} \boxed{0.2} = 10 \text{ eV} \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} \times \frac{1}{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}} \boxed{0.1} = 2,418 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \boxed{0.1}$$

La longitud d'ona serà:

$$\lambda = \frac{c}{f} \boxed{0.2} = 1,241 \cdot 10^{-7} \text{ m} \times \frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} = 124,1 \text{ nm} \boxed{0.1}$$

Com que el camp elèctric és constant tindrem:

$$E = \frac{\Delta V}{d} \boxed{0.2} = 10 \text{ N/C} \boxed{0.1}$$

- b) Per trobar l'energia cinètica amb què surten els electrons des de l'ànode A, farem servir el principi de conservació de l'energia total:

$$E_c^A + E_p^A = E_c^B + E_p^B \boxed{0.2} \Rightarrow$$

$$E_c^A = E_c^B + E_p^B - E_p^A = E_c^B + q_e(V_B - V_A) \boxed{0.2} = 2,3 \text{ eV} - 1e(-3\text{V}) \boxed{0.2} = 5,3 \text{ eV} \boxed{0.2}$$

Per trobar el treball d'extracció només caldrà que restem a l'energia dels fotons, la energia cinètica dels electrons emesos:

$$W = hf - E_c = 10 - 5,3 = 4,7 \text{ eV} \boxed{0.2}$$

► **MOD-04**) juny'13 [S3 — A3]: ENUNCIAT

En una experiència, enviem radiació ultraviolada contra una placa de plom i produïm efecte fotoelèctric. Els electrons que es desprenen de la placa són frenats totalment per una diferència de potencial elèctric que depèn de la longitud d'ona de la radiació ultraviolada incident. A partir de les mesures efectuades sabem que quan la longitud d'ona és $1,50 \times 10^{-7} \text{ m}$, la diferència de potencial que frena els electrons és de 4,01 V, i quan la longitud d'ona és $1,00 \times 10^{-7} \text{ m}$, la diferència de potencial de frenada és de 8,15 V. Calculeu:

- a) Per a cada longitud d'ona, la velocitat màxima amb què els electrons són extrets de la placa de plom.

b) L'energia mínima (funció de treball) necessària per a extreure un electró de la placa de plom. Determineu la constant de Planck a partir d'aquestes dades.

DADES: $Q_{\text{electró}} = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
 $m_{\text{electró}} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

resolució **MOD-04**:

juny'13 [S3 — A3]

a) Els electrons son frenats pel camp elèctric, transformant la seva energia cinètica en energia potencial elèctrica: **0.2**

$$\Delta E_c = \Delta E_p \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = |e|\Delta V \quad \mathbf{0.2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2|e|\Delta V}{m}} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} v_1 = \sqrt{\frac{2 \times 1,60 \times 10^{-19} \times 4,01}{9,11 \times 10^{-31}}} = 1,19 \times 10^6 \text{ m/s} & \mathbf{0.3} \\ v_2 = \sqrt{\frac{2 \times 1,60 \times 10^{-19} \times 8,15}{9,11 \times 10^{-31}}} = 1,69 \times 10^6 \text{ m/s} & \mathbf{0.3} \end{cases}$$

b)

El balanç energètic en l'efecte fotoelèctric és:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = W_0 + E_c \quad \mathbf{0.1} = W_0 + |e|\Delta V \quad \mathbf{0.1}$$

Per tant

$$\left. \begin{aligned} \frac{hc}{\lambda_1} &= W_0 + |e|\Delta V_1 \\ \frac{hc}{\lambda_2} &= W_0 + |e|\Delta V_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \mathbf{0.1} h \left\{ \frac{c}{\lambda_1} - \frac{c}{\lambda_2} \right\} = |e| \{ \Delta V_1 - \Delta V_2 \} \quad \mathbf{0.1} \Rightarrow$$

$$h = \frac{|e|}{c} \frac{\Delta V_1 - \Delta V_2}{\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}} = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s} \quad \mathbf{0.3}$$

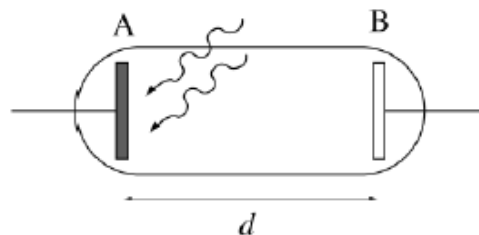
Per altre banda, substituint en una les equacions anteriors:

$$W_0 = \frac{hc}{\lambda_1} - |e|\Delta V_1 = 6,82 \times 10^{-19} \text{ J} \quad \mathbf{0.3}$$

► **MOD-05)** set'13 [S1 — A5]: ENUNCIAT

Disposem d'un tub de buit com el de la figura. L'elèctrode A és fet de potassi, que té $W_0 = 2,29 \text{ eV}$ com a valor de treball d'extracció.

a) Determineu la velocitat amb què surten els electrons arrancats de l'elèctrode A quan l'il·luminem amb llum de color violet de 400 nm de longitud d'ona.



- b) A continuació canviem l'elèctrode A per un altre que és fet d'un material desconegut. Per tal de determinar de quin material es tracta, l'illuminem un altre cop amb la mateixa llum d'abans, i determinem que el potencial de frenada dels electrons de l'elèctrode A és $V_f = 0,17 \text{ V}$. Determineu el treball d'extracció del material i indiqueu de quin element és fet a partir de la taula de valors següent:

| Element | Ba | Li | Mg | As | Al | Bi | Cr | Ag | Be |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| W_0 (eV) | 2,70 | 2,93 | 3,66 | 3,75 | 4,08 | 4,34 | 4,50 | 4,73 | 4,98 |

DADES: Massa de l'electró, $m_{\text{electró}} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
 Constant de Planck, $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
 Velocitat de la llum, $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

resolució **MOD-05**:

set'13 [S1 — A5]

- a) A partir de $\lambda = 400 \text{ nm}$ obtenim la freqüència dels fotons incidents

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \mathbf{0.1} \quad \rightarrow \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} = 7.50 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad \mathbf{0.2}$$

i la seva energia

$$hf \quad \mathbf{0.1} = (6.63 \cdot 10^{-34})(7.5 \cdot 10^{14}) \equiv 4.97 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \mathbf{0.2}$$

El treball d'extracció del Potassi és

$$2.29 \text{ eV} \frac{1.60 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 3.66 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

i la energia cinètica amb la que surten els electrons arrancats de l'elèctrode A és per tant

$$E_c^A = hf - W_0 = 4.97 \cdot 10^{-19} - 3.66 \cdot 10^{-19} = 1.31 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \mathbf{0.2}$$

Finalment, com que $E_c = mv^2/2$, obtenim

$$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2(1.31 \cdot 10^{-19})}{9.11 \cdot 10^{-31}}} = 5.36 \cdot 10^5 \text{ m/s} \quad \mathbf{0.2}$$

- b) El potencial de frenada és el valor mínim de tensió que fa que els electrons que surten d'un dels elèctrodes no arribin a l'altre. Per tal d'aconseguir això, l'elèctrode B ha d'estar a un potencial menor que l'elèctrode A. Així doncs, quan incideixen fotons de freqüència f sobre A, s'arranquen electrons amb energia cinètica E_c^A d'acord a l'expressió

$$hf = W_0 + E_c^A, \quad \mathbf{0.2}$$

mentre que l'equació del balanç d'energia dels electrons que surten de A i van a B ens diu que

$$E_c^A + E_p^A = E_c^B + E_p^B \quad \mathbf{0.2}$$

sent E_c i E_p les energies cinètica i potencial elèctrica, respectivament. En el nostre cas haurà de ser $E_c^B = 0$ i per tant

$$E_c^A = E_p^B - E_p^A = q(V_B - V_A) \equiv -qV_f \quad \mathbf{0.1}$$

on, al ser $q < 0$, veiem que $V_A > V_B$ com era d'esperar. A l'anterior expressió, V_f és el valor del potencial de frenada. Juntant les expressions anteriors trobem

$$hf - W_0 = -qV_f \quad \boxed{0.1}$$

i per tant

$$W_0 = hf + qV_f .$$

A partir dels resultat d'abans per a la llum de longitud d'ona $\lambda = 400 \text{ nm}$ obtinguts abans

$$hf = 4.97 \cdot 10^{-19} \text{ J} \frac{1 \text{ eV}}{1.60 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 3.11 \text{ eV} .$$

obtenim

$$W_0 = hf + qV_f = 3.11 - 0.17 = 2.94 \text{ eV} \quad \boxed{0.2}$$

de forma que el material desconegut és Liti. $\boxed{0.2}$

► **MOD-06)** juny'11 [S1 — B4]: ENUNCIAT

Una antena de telefonia mòbil instal·lada al terrat d'un edifici emet ones electro-magnètiques de 900 MHz de freqüència amb una potència de 4 W.

a) Calculeu quants fotons emet l'antena en un minut.

b) Valoreu si els fotons que emet l'antena poden produir efecte fotoelèctric en un metall que és a prop, tenint en compte que l'energia d'extracció mínima dels electrons del metall és 4,1 eV. En cas afirmatiu, calculeu l'energia cinètica dels electrons extrets. Si l'antena emet amb una potència de 8 W, com variarà l'efecte fotoelèctric que es pugui produir en el metall?

DADES: $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$; $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

resolució $\boxed{\text{MOD-06}}$:

juny'11 [S1 — B4]

a)

Energia emesa per un fotó: $E_\nu = h\nu = 6.62 \times 10^{-34} \times 900 \times 10^6 = 5,96 \times 10^{-25} \text{ J}$ $\boxed{0.5}$

Energia total emesa per l'antena durant 1 minut: $E = W \times t = 240 \text{ J}$ Nombre total de fotons emesos: $n = \frac{E}{E_\nu} = 4,03 \times 10^{26}$ fotons $\boxed{0.5}$

b) Llindar d'energia per que es produeixi efecte fotoelèctric: $4.1 \text{ eV} \frac{1.602 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 6,57 \times 10^{-19} \text{ J} > 5.96 \times 10^{-25} \text{ J} \Rightarrow$ no hi haurà efecte fotoelèctric. $\boxed{0.5}$

Si l'antena emet amb una potència de 8 W, hi haurien més fotons, però tots ells amb la mateixa energia, per tant tampoc hi hauria efecte fotoelèctric. $\boxed{0.5}$

► **MOD-07)** juny'11 [S1 — B5]: ENUNCIAT

La massa d'un electró en repòs és $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$. Un accelerador lineal n'incrementa la velocitat fins que la massa de l'electró és deu vegades més gran.

a) Calculeu l'energia cinètica que ha guanyat l'electró, expressada en J i en MeV.

Fem xocar l'electró amb un positró que circula en sentit contrari i que té la mateixa energia. L'electró i el positró s'anihilen mútuament i produeixen dos fotons que tenen, cadascun, la mateixa energia.

b) Escriviu l'equació d'aquest procés i determineu l'energia i la freqüència dels fotons.

DADES: $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$; $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$; $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

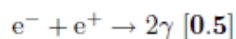
resolució **MOD-07**:

juny'11 [S1 — B5]

a) Variació de massa: $\Delta m = 10m_0 - m_0 = 9m_0$ [0.2]

Variació de la seva energia cinètica: $\Delta E_c = \Delta mc^2 = 7,38 \times 10^{-13} \text{ J}$ [0.4] $\times \frac{1 \text{ eV}}{1,60 \times 10^{-19} \text{ J}} = 4,61 \times 10^6 \text{ eV} \times \frac{1 \text{ MeV}}{10^6 \text{ eV}} = 4,61 \text{ MeV}$ [0.4]

b) Electró + positró \Rightarrow 2 fotons o bé:



Per la llei de conservació de l'energia, cada fotó ha de ser igual a la meitat de l'energia total dissipada en la reacció, per tant l'energia del fotó serà igual a l'energia corresponent a l'electró abans de xocar:

$$E = mc^2 = 10 \times 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 8,20 \times 10^{-13} \text{ J}$$
 [0.25]

Freqüència:

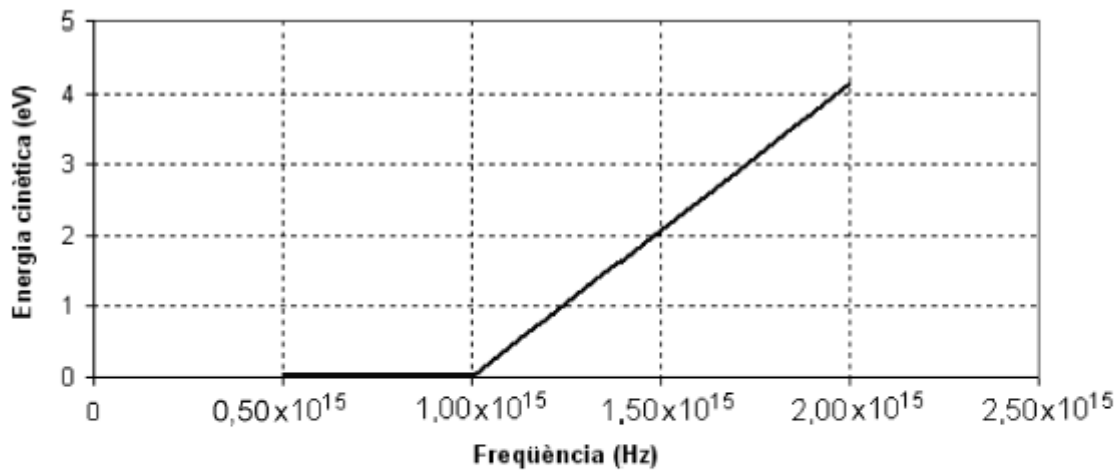
$$\nu = \frac{E}{h} = 1,24 \times 10^{21} \text{ Hz}$$
 [0.25]

► **MOD-08)** set'11 [S2 — B4]: ENUNCIAT

En una experiència de laboratori, es mesura l'energia cinètica màxima dels electrons que salten quan es fan incidir radiacions de freqüència diferent sobre una placa d'un material. Els resultats obtinguts es mostren en la taula següent, en què E_c representa l'energia cinètica, i ν , la freqüència:

| | | | | |
|-------------|-------|------|------|------|
| E_c (eV) | 0 | 0 | 2,07 | 4,14 |
| ν (PHz) | 0,500 | 1,00 | 1,50 | 2,00 |

La representació gràfica dels resultats és la següent:



Determineu:

- El valor de la constant de Planck a partir de les dades d'aquest experiment.
- La funció de treball; és a dir, l'energia mínima d'extracció d'electrons.

Expresseu els resultats en unitats del sistema internacional (SI).

DADES: $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ PHz} = 10^{15} \text{ Hz}$.

resolució **MOD-08**:

set'11 [S2 — B4]

a)

A partir de la gràfica es pot veure que la freqüència llindar per que es produeixi efecte fotoelèctric és:
 $\nu_0 = 10^{15} \text{ Hz}$ [0,2]

$$E = W + E_c \Rightarrow h\nu = h\nu_0 + E_c \quad [0,2] \Rightarrow$$

$$h = \frac{E_c}{\nu - \nu_0} \quad [0,2] = \frac{2,07 \text{ eV}}{(1,5 \times 10^{15} - 10^{15}) \text{ s}^{-1}} = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV s} \frac{1,6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s} \quad [0,4]$$

b) A partir de la gràfica podem veure que l'energia mínima per extreure un electró és:

$$W = h\nu_0 \quad [0,5] = 6,62 \times 10^{-19} \text{ J} \quad [0,5]$$

► **MOD-09** juny'10 [S1 — A3]: ENUNCIAT

Fem incidir radiació electromagnètica d'una freqüència determinada sobre un metall que té una freqüència llindar de $6,00 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$. Observem que l'energia cinètica màxima dels electrons emesos és $6,62 \cdot 10^{-17} \text{ J}$. Calculeu:

- La freqüència de la radiació electromagnètica incident.
- La longitud d'ona dels fotons incidents i la dels electrons emesos amb la màxima energia cinètica.

DADES: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

resolució **MOD-09**:

juny'10 [S1 — A3]

a) $E = W + E_c$; [0,3]

$$W = h \nu_{\text{llindar}} = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 6,00 \cdot 10^{16} = 3,97 \cdot 10^{-17} \text{ J} \quad [0,2]$$

$$E = W + E_c = 1,06 \cdot 10^{-16} \text{ J} \quad [0,2]$$

$$E = h \nu_{\text{ind}}; \nu_{\text{ind}} = E/h = 1,60 \cdot 10^{17} \text{ Hz} \quad [0,3]$$

b) fotons: $c = \lambda_{\text{ind}} \nu_{\text{ind}}$ [0,1]; $\lambda_{\text{ind}} = c/\nu_{\text{ind}} = 3,00 \cdot 10^8 / 1,60 \cdot 10^{17} = 1,88 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ [0,2]

electrons: $p_e \lambda_e = h$ [0,1]

$$E_c = \frac{1}{2} m_e v_e^2 \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2E_c}{m_e}} = 1,21 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad [0,3]$$

$$\lambda_e = h/p_e = h/m_e v_e = 6,01 \cdot 10^{-11} \text{ m} \quad [0,3]$$

► **MOD-10)** set'10 [S2 — P2]: ENUNCIAT

Una radiació ultraviolada de $\lambda = 200 \text{ nm}$ incideix sobre una placa de plom, de manera que salten electrons amb una energia cinètica màxima d'1,97 eV. Calculeu:
a) La funció de treball (és a dir, l'energia mínima d'extracció d'electrons) del plom.

b) La longitud d'ona associada als electrons emesos amb l'energia cinètica màxima.

DADES: $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$;

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

$$m_{\text{electró}} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg};$$

$$q_{\text{electró}} = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C};$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m};$$

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

resolució **MOD-10**:

set'10 [S2 — P2]

a) energia dels fotons incidents: $E_i = hf = 9,945 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 6,21 \text{ eV}$ [0,3]

$$c = \lambda f \Rightarrow f = c/\lambda = 1,50 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \quad [0,2]$$

efecte fotoelèctric: $E_i = W + E_e$ [0,3]

$$W = E_i - E_e = 6,21 - 1,97 = 4,24 \text{ eV} \quad (=6,79 \cdot 10^{-19} \text{ J}) \quad [0,2]$$

$$b) E_e = \frac{1}{2} m_e v_e^2 \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2E_e}{m_e}} = 8,32 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad [0,4]$$

$$p_e \lambda_e = h \Rightarrow \lambda_e = \frac{h}{m_e v_e} = 8,75 \cdot 10^{-10} \text{ m} \quad [0,6]$$

► **MOD-11)** curs 2009/10 [Extra — A3]: ENUNCIAT

Una font lluminosa emet llum monocroma de 550 nm amb una potència de 2mW. Aquesta llum es fa incidir sobre un metall produint-se efecte fotoelèctric. L'energia d'extracció mínima dels electrons del metall és de 2,10 eV. Calculeu:

- L'energia cinètica màxima dels electrons extrets.
- El nombre de fotons que emet la font lluminosa en un minut.

Dades: $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

resolució **MOD-11**:

curs 2009/10 [Extra — A3]

a)

$$W = 2,10 \text{ eV} = 2,10 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} = 3,36 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = 550 \cdot 10^{-9} \text{ m} \Rightarrow E = hf = h \frac{c}{\lambda} = 6,626 \cdot 10^{-34} \frac{3,00 \cdot 10^8}{550 \cdot 10^{-9}} = 3,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = W + E_C \Rightarrow E_C = E - W = 3,61 \cdot 10^{-19} - 3,36 \cdot 10^{-19} = 2,5 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

b)

La font emet a una potència de $P = 2 \cdot 10^{-3} \text{ W}$, és a dir: emet en forma de llum (fotons) una energia de $2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ per segon. En un minut (60 s) haurà, doncs, emès una energia de $E_{\text{minut}} = P \cdot t = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 60 = 120 \cdot 10^{-3} \text{ J}$. Com que cada fotó transporta la mateixa quantitat d'energia, $3,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, llavors el nombre total de fotons emesos serà

$$\# \text{fotons} = \frac{E_{\text{minut}}}{E_{\text{un fotó}}} = \frac{120 \cdot 10^{-3}}{3,61 \cdot 10^{-19}} = 3,32 \cdot 10^{17}$$