

La física quàntica.

1.

Un ciclotró que accelera protons té un camp magnètic de $9,00 \times 10^{-3} \text{ T}$, perpendicular a la velocitat dels protons, que descriuen una trajectòria circular de $0,50 \text{ m}$ de radi. Calculeu:

- a) La freqüència del moviment circular dels protons en el ciclotró.
- b) L'energia cinètica dels protons accelerats i la longitud d'ona de De Broglie que tenen associada.

DADES: $Q_{\text{protó}} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
 $m_{\text{protó}} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
 $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$.

2.

Les radiacions UV tenen una longitud d'ona d'entre 15 i 400 nanòmetres, mentre que les radiacions IR tenen longituds d'ona compreses entre $0,75$ i $1000 \mu\text{m}$. Si considerem que per a trencar un enllaç d'una molècula típica de les que es troben en un ésser viu és necessària una energia de $4,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$,

- a) la molècula es pot trencar amb fotons de radiació IR de $100 \mu\text{m}$, però no amb fotons de radiació UV de 100 nm .
- b) la molècula es pot trencar amb fotons de radiació UV de 100 nm , però no amb fotons de radiació IR de $100 \mu\text{m}$.
- c) Cap de les opcions anteriors no és certa.

DADES: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

3.

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' $1,97 \text{ eV}$. 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: $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$;
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$;
 $m_{\text{electró}} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$;
 $q_{\text{electró}} = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$;
 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$;
 $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

4.

Una radiació de llum ultraviolada, d'una freqüència d' $1,5 \cdot 10^{15}$ Hz, incideix sobre una làmina de coure de manera que es produeix efecte fotoelèctric. La freqüència mínima perquè es produeixi efecte fotoelèctric en aquest metall és $1,1 \cdot 10^{15}$ Hz.

- Calculeu l'energia cinètica màxima dels fotoelectrons emesos.
- Expliqueu què passaria si la llum incident tingués una longitud d'ona de $3,0 \cdot 10^{-7}$ m.

DADES: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J · s; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

5.

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

Calculeu:

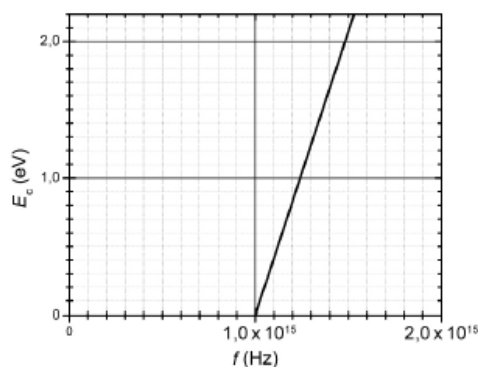
- L'energia cinètica màxima dels electrons extrets.
- El nombre de fotons que emet la font lluminosa en un minut.

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

6.

Al laboratori es mesura l'energia cinètica màxima dels electrons emesos quan es fa incidir llum de freqüències diferents sobre una superfície metàl·lica. Els resultats obtinguts es mostren en la gràfica adjunta.

- Determineu el valor de la constant de Planck a partir de la gràfica.
- Calculeu l'energia mínima d'extracció dels electrons (en eV).



DADA: $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$ J.

7.

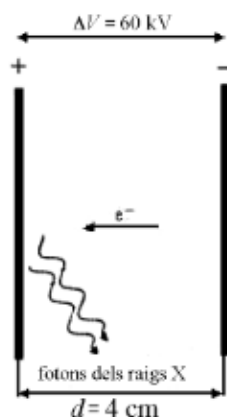
Fem incidir radiació electromagnètica d'una freqüència determinada sobre un metall que té una freqüència llimar de $6,00 \cdot 10^{16}$ Hz. Observem que l'energia cinètica màxima dels electrons emesos és $6,62 \cdot 10^{-17}$ J. Calculeu:

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

8.

El 1895, Wilhelm Conrad Röntgen va descobrir els raigs X, que, entre altres aplicacions, són un recurs fonamental per a la medicina. La manera més habitual de generar raigs X consisteix a accelerar electrons fins a velocitats altes i a fer-los xocar amb un material, de manera que emetin una part de l'energia, o tota, en forma de raigs X. En un determinat aparell, aquesta acceleració es produeix aplicant als electrons una diferència de potencial de 60 kV al llarg de 4 cm, tal com s'indica en la figura següent:



- Determineu el camp elèctric, que considerem constant, aplicat als electrons a l'interior de les plaques. Indiqueu-ne el mòdul, la direcció i el sentit.
- Calculeu l'energia cinètica amb què xoquen els electrons contra la placa positiva i la freqüència dels fotons dels raigs X emesos. Considereu que els electrons incidents els transfereixen tota l'energia possible; és a dir, l'energia cinètica que porten en xocar contra la placa.

DADES: $Q_{\text{electró}} = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$; $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$.

9.

Una porta s'obre i es tanca mitjançant un dispositiu fotoelèctric. La longitud d'ona de la radiació electromagnètica utilitzada és de 850 nm i l'energia mínima d'extracció del material fotodetector és d'1,20 eV. Calculeu:

- L'energia cinètica dels fotoelectrons emesos i la longitud d'ona de De Broglie associada a aquests electrons.
- La longitud d'ona que hauria de tenir una radiació electromagnètica incident per a duplicar l'energia cinètica dels fotoelectrons emesos de l'aparat *a*.

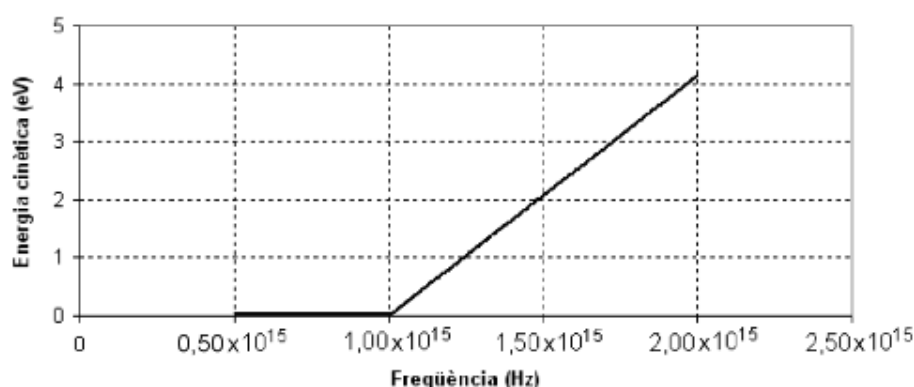
DADES: $m_{\text{electró}} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
 $Q_{\text{electró}} = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
 $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

10.

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

11.

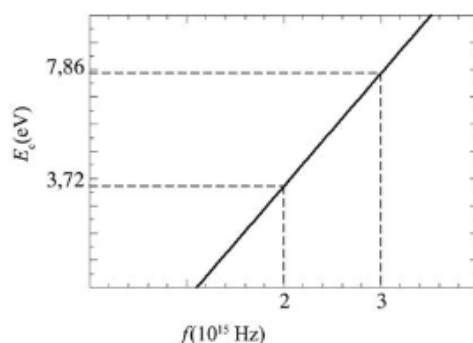
Una cèl·lula fotoelèctrica és il·luminada amb llum blava de 4750 Å . La freqüència lliardar de la cèl·lula és de $4,75 \times 10^{14} \text{ Hz}$. Calculeu:

- L'energia dels fotons incidents i el treball d'extracció característic del metall de la cèl·lula.
- L'energia cinètica màxima dels electrons emesos i el seu potencial de frenada.

DADES: Velocitat de la llum, $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
 Constant de Planck, $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
 Càrrega de l'electró, $Q_{\text{electró}} = -1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
 $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$

12.

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:

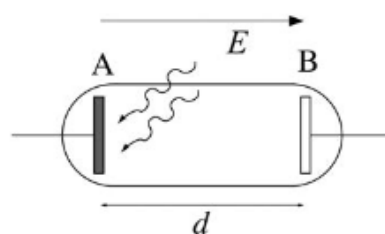


- Expliqueu breument què és el *llindar de freqüència* de l'efecte fotoelèctric i calculeu quin valor té en aquest cas.
- Calculeu el valor de la constant de Planck i la velocitat que assolixen els electrons emesos quan la longitud d'ona de la llum incident és $1,2 \times 10^{-7}$ m.

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

13.

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.



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

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

14.

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 duplicués la potència del feix de radiació UV?

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

15.

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

16.

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

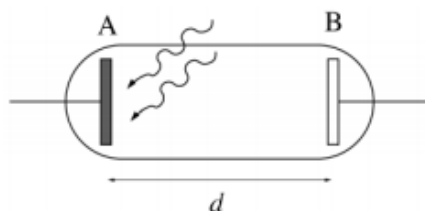
- a) Calculeu quants fotons emet l'antena en un minut.
- b) Valoreu si els fotons que emet l'antena poden produir efecte fotoelèctric en un metall que és a prop, tenint en compte que l'energia d'extracció mínima dels electrons del metall és $4,1 \text{ eV}$. En cas afirmatiu, calculeu l'energia cinètica 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: $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$; $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

17.

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 violat 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'il·luminem 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
$W_0(\text{eV})$	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, $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$