Física

Física relativista, quàntica i nuclear

Solucions · 91 exercicis

Proves d'accés a la universitat (PAU) de Catalunya. Ordenats del més recent al més antic.
Retalls dels exàmens i pautes oficials (selecat.cat / universitats.gencat.cat).

1. PAU 2026 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 4

EXERCICI 4

a)

1,25 p

$$\alpha: {}^{238}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\alpha + \gamma$$
$$\beta^-: {}^{234}_{90}\mathrm{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\mathrm{Pa} + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e$$
$$\beta^-: {}^{234}_{91}\mathrm{Pa} \rightarrow {}^{234}_{92}\mathrm{U} + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e$$
$$\alpha: {}^{234}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{230}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\alpha + \gamma$$
$$\alpha: {}^{230}_{90}\mathrm{Th} \rightarrow {}^{226}_{88}\mathrm{Ra} + {}^{4}_{2}\alpha + \gamma$$
$$\alpha: {}^{226}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\alpha + \gamma$$

Alternativament es pot escriure ${}^{0}_{-1}\beta$ o e^- en lloc de ${}^{0}_{-1}e$.

Alternativament es pot escriure ${}^{4}_{2}He$ en lloc de ${}^{4}_{2}\alpha$.

No es penalitzarà l'omissió del fotó.

Si no s'indica l'antineutrí cal restar 0,25 p.

No cal que l'estudiant detalli les operacions relacionades amb la conservació de la càrrega i del nombre màssic; són operacions molt senzilles que es poden fer de cap, per tant, només es valorarà si ha estat capaç de deduir correctament els diferents termes de la reacció.

b)

0,5 p Per trobar l'activitat necessitem el coeficient de desintegració λ i el nombre d'àtoms. λ l'obtenim del temps de semidesintegració, que és el temps de reduir l'activitat a la meitat: $A(t) = \frac{A_0}{2} = A_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$ i, per tant, $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.

I obtenim:

$$t_{1/2} = 3{,}82 \times 24 \times 3600 = 3{,}30 \times 10^5 \text{ s}$$
$$\lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}} = \frac{ln2}{3{,}30 \times 10^5} = 2{,}10 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

El nombre d'àtoms és:

$$N = 0{,}8 \text{ pg} = 8{,}0 \times 10^{-13} \text{ g} \frac{1 \text{ mol}}{222 \text{ g}} \cdot \frac{6{,}022 \times 10^{23} \text{ àtoms}}{1 \text{ mol}} = 2{,}17 \times 10^9 \text{ àtoms}$$

L'activitat és:

$$A = \lambda N = 2{,}10 \cdot 10^{-6} \times 2{,}17 \times 10^9 = 4{,}56 \times 10^3 \text{ Bq}$$

0,25 p L'activitat per unitat de volum és:

$$\frac{A}{V} = \frac{4{,}56 \times 10^3}{18} = 253 \text{ Bq/m}^3$$

Podem observar que aquest valor és lleugerament inferior al llindar de 300 Bq/m^3 indicat a l'enunciat.

0,5 p L'activitat inicial per unitat de volum és 230 Bq/m^3. L'activitat per unitat de volum al cap d'un temps ve donada per:

$$A = A_0\, e^{-\lambda t} \rightarrow A/V = A_0/\text{V}\, e^{-\lambda t}$$

i per tant l'activitat al cap de 15 dies és:

$$t = 15 \text{ dies} = 1{,}296 \times 10^6 \text{ s}$$
$$A/V(15 \text{ dies}) = 230\, e^{-\lambda t} = 230\, e^{-2{,}10 \times 10^{-6} \times 1{,}296 \times 10^6} = 15{,}1 \text{ Bq/m}^3$$

2. PAU 2026 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció A)

EXERCICI 4, opció 1

a)

0,75 p Es tracta d'una desintegració β^-, per tant, s'emeten un electró i un antineutrí.
A més, la reacció ha de complir la conservació del nombre màssic nuclear i, a més, ha de conservar la càrrega; amb aquestes premisses, la reacció de desintegració serà:

$$^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{x}_{y}\text{Ba} + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$$

Per una banda, es compleix la conservació del nombre màssic:

$$137 = x + 0 \quad \Rightarrow \quad x = 137$$

I per a la conservació de càrrega:

$$55 = y - 1 \quad \Rightarrow \quad y = 56$$

Per tant, la reacció completa és:

$$^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$$

Alternativament, es pot escriure ${}^{0}_{-1}\beta$ o e^- enlloc de ${}^{0}_{-1}e$.
Si no s'indica l'antineutrí, cal restar **0,25 p**.
No cal que l'estudiant detalli les operacions relacionades amb la conservació de la càrrega i del nombre màssic, són operacions molt senzilles que es poden fer de cap; per tant, només es valorarà si ha estat capaç de deduir correctament els diferents termes de la reacció.

0,25 p El nombre de nuclis al cap d'un temps ve donada per:

$$N = N_0\, e^{-\lambda t}$$

El coeficient de desintegració λ s'obté del temps de vida mitja: $\lambda = \frac{1}{t_{vm}} = 1{,}05 \times 10^{-9}\ \text{s}^{-1}$

0,25 p i per tant l'activitat al cap de 40 anys és:

$$t = 40 \text{ anys} = 1{,}26 \times 10^{9}\ \text{s}$$

$$N(40 \text{ anys}) = 100\%\ e^{-\lambda t} = 100\%\ e^{-1{,}05\times10^{-9}\times1{,}26\times10^{9}} = 26{,}6\ \%$$

Alternativament. Atès que els estudiants estan més familiaritzats amb el temps de semidesintegració, s'han considerat correctes aquelles resolucions que estiguin ben plantejades tant si l'estudiant interpreta que el paràmetre proporcionat a l'enunciat és la vida mitjana com si interpreta que és el període de semidesintegració. Així, també es considera correcte el següent plantejament:
el coeficient de desintegració λ s'obté del temps de semidesintegració:
$N(t) = \frac{N_0}{2} = N_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$ i per tant, $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.
I obtenim:

$$t_{1/2} = 30{,}17 \times 365 \times 24 \times 3600 = 9{,}51 \times 10^{8}\ \text{s}$$

$$\lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}} = \frac{ln2}{9{,}51 \times 10^{8}} = 7{,}28 \times 10^{-10}\ \text{s}^{-1}$$

0,25 p i per tant l'activitat al cap de 40 anys és:

$$t = 40 \text{ anys} = 1{,}26 \times 10^{9}\ \text{s}$$

$$N(40 \text{ anys}) = 100\%\ e^{-\lambda t} = 100\%\ e^{-7{,}28\times10^{-10}\times1{,}26\times10^{9}} = 39{,}9\ \%$$

No cal que l'estudiant faci els càlculs dins el SI; per exemple, si ha operat amb anys també es considerarà correcte.

b)

0,5 p L'activitat al cap d'un temps ve donada per:

$$A = A_0\, e^{-\lambda t}$$

Si aïllem el temps:

$$\frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \Longrightarrow ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda t \Longrightarrow t = -\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = \frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$$

0,5 p I si substituïm:

$$t = \frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{A_0}{A}\right) = \frac{1}{7{,}28 \times 10^{-10}} ln\left(\frac{6{,}00 \times 10^5}{3{,}70 \times 10^4}\right) = \ 3{,}82 \times 10^9 \text{ s} = 121 \text{ anys}$$

0,25 p Per tant, hauran de passar aproximadament 121 anys des de l'accident perquè la zona sigui habitable, és a dir, fins aproximadament el 2107.

3. PAU 2026 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció B)

EXERCICI 4, opció 2

a)

0,25 p L'energia del fotó incident és:

$$E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\,\frac{3{,}00 \times 10^{8}}{460 \times 10^{-9}} = 4{,}32 \times 10^{-19}\ \text{J} = 2{,}70\ \text{eV}$$

0,5 p L'energia cinètica màxima que poden adquirir els electrons emesos per efecte fotoelèctric depèn de l'energia dels fotons E_{fotons} i la funció de treball del metall, W, de la manera següent:

$$E_{C,màx} = E_{fotons} - W$$

El potencial de frenada és el potencial elèctric mínim que cal aplicar entre el metall emissor i l'ànode receptor per aturar completament els electrons emesos. Això impedeix que els electrons arribin a l'ànode. Per tant, el potencial de frenada, V_f, es relaciona amb l'energia cinètica màxima dels electrons:

$$E_{C,màx} = eV_f$$

Combinant les dues expressions anteriors tenim:

$$eV_f = E_{fotons} - W \Longrightarrow W = E_{fotons} - eV_f$$

I si substituïm:

$$W = E_{fotons} - eV_f = 4{,}32 \times 10^{-19} - 0{,}5 \times 1{,}602 \times 10^{-19} = 3{,}52 \times 10^{-19}\ \text{J} = 2{,}20\ \text{eV}$$

No és necessari que l'estudiant doni el resultat en J i eV. També es poden fer els càlculs directament en eV.

0,5 p L'energia cinètica màxima és:

$$E_{C,màx} = E_{fotons} - W = 8{,}01 \cdot 10^{-20}\ \text{J}$$

I la velocitat d'aquests electrons és:

$$v = \sqrt{\frac{2\,E_{C,màx}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2\ \times 8{,}01 \times 10^{-20}}{9{,}11 \times 10^{-31}}} = 4{,}19 \times 10^{5}\ \text{m/s}$$

b)

0,25 p A partir de les expressions anteriors, podem calcular el potencial de frenada com:

$$V_f = \frac{E_{fotons} - W}{e}$$

0,5 p Per a la llum verda:

$$E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\,\frac{3{,}00 \times 10^{8}}{520 \times 10^{-9}} = 3{,}82 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 2{,}39\ \text{eV}$$

$$V_f = \frac{E_{fotons} - W}{e} = \frac{3{,}82 \times 10^{-19} - 3{,}52 \times 10^{-19}}{1{,}602 \times 10^{-19}} = 0{,}19\ \text{V}$$

0,5 p Per a la llum vermella:

$$E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\,\frac{3{,}00 \times 10^{8}}{650 \times 10^{-9}} = 3{,}06 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 1{,}91\ \text{eV}$$

Tenim que $E_{fotons} < W$; els fotons no tenen prou energia per arrencar electrons del càtode. Per tant, no es produeix efecte fotoelèctric i no cal aplicar cap potencial de frenada.

4. PAU 2026 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4

EXERCICI 4

4.1.

1,0 p La reacció ha de complir la conservació del nombre màssic nuclears i a més ha de conservar la càrrega, amb aquestes premisses, la reacció de desintegració serà:

$$^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{x}_{y}? + ?$$

Per una banda es compleix la conservació del nombre màssic:

$$3 = 3 + x \quad \Rightarrow \quad x = 0$$

I per a la conservació de càrrega:

$$1 = 2 + y \quad \Rightarrow \quad y = -1$$

Per tant, la partícula que busquem és un electró ($^{0}_{-1}e$). A banda aquestes reaccions per complir la conservació d'energia emeten neutrins, que per conservar el nombre leptònic hauria de tractar-se d'una antipartícula, per tat serà un antineutrí de la família electrònica. La reacció completa és:

$$^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$$

Alternativament es pot escriure $^{0}_{-1}\beta$ o e^- enlloc de $^{0}_{-1}e$.

Si no s'indica l'antineutrí cal restar 0,25 p.

No cal que l'estudiant detalli les operacions relacionades amb la conservació de la càrrega i del nombre màssic, són operacions molt senzilles que es poden fer de cap, per tant, només es valorarà si ha estat capaç de deduir correctament els diferents termes de la reacció.

0,25 p Es tracta d'una desintegració β^-.

4.2.

0,25 p La constant de desintegració λ la obtenim a partir del període de semidesintegració:

$A(t) = \frac{A_0}{2} = A_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$ i per tant, $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.

i $t_{1/2} = 4500$ dies $= 3{,}89 \cdot 10^8$ s

Directament obtenim $\lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}} = \frac{ln2}{3{,}89 \cdot 10^8\ \text{s}} = 1{,}78 \cdot 10^{-9}\ \text{s}^{-1}$

0,4 p Per altra banda sabem que al cap de 5 anys ($t = 1{,}58 \cdot 10^8$ s) l'activitat s'ha reduït a $7{,}60 \cdot 10^{14}$ Bq:

$$A(t) = A_0\, e^{-\lambda t} \Rightarrow A_0 = A(t)e^{\lambda t} = 7{,}60 \cdot 10^{14} e^{1{,}78 \cdot 10^{-9} \cdot 1{,}58 \cdot 10^8} = 1{,}01 \cdot 10^{15}\ \text{Bq}$$

0,4 p Perquè sigui segura l'activitat ha de ser:

$$A(t) = 10^7 \cdot 8{,}60 \cdot 10^5 = 8{,}60 \cdot 10^{12}\ \text{Bq}$$

i:

$$A(t) = A_0\, e^{-\lambda t} \Rightarrow ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = -\lambda t$$

$$t = \frac{-1}{\lambda} ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = \frac{-1}{1{,}78 \cdot 10^{-9}} ln\left(\frac{8{,}60 \cdot 10^{12}}{7{,}60 \cdot 10^{14}}\right) = 2{,}67 \cdot 10^9\ \text{s} = 84{,}7\ \text{anys}$$

0,2 p Aquesta pregunta no té una resposta tancada, per tant, es valorarà correctament si l'argument és coherent.

Es pot defensar que no és una mesura gaire bona perquè en el moment de fer l'abocament l'activitat per unitat de volum està molt lluny de ser aconsellable. De fet, diversos països veïns veuen amb mals ulls la proposta. A més, depèn de la velocitat amb què tingui lloc la dispersió, existència de corrents (recordem per exemple l'existència de grans illes d'acumulació de plàstics al mig de l'Oceà Pacífic), podent-se produir nivells locals de contaminació massa alts, per no parlar de danys locals en plàncton i fauna marina al lloc d'abocament, ja que la concentració encara que sigui en quantitats petites segueix sent molt per sobre del recomanable.

No obstant, també es considerarà correcte, que l'estudiant argumenti que amb el temps, la concentració disminuirà significativament en diluir-se en una gran massa d'aigua.

5. PAU 2025 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 4

EXERCICI 4

a)

1,0 p. La reacció ha de complir la conservació del nombre màssic nuclear i, a més, ha de conservar la càrrega. Amb aquestes premisses, la reacció de desintegració és la següent:

$$^{131}_{53}I \longrightarrow {}^{131}_{54}Xe + {}^{x}_{y}? + ?$$

Es compleix la conservació del nombre màssic:

$$131 = 131 + x \quad \Rightarrow \quad x = 0$$

I per a la conservació de càrrega:

$$53 = 54 + y \quad \Rightarrow \quad y = -1$$

Per tant, la partícula que busquem és un electró ($^{0}_{-1}e$). A banda d'aquestes reaccions, per complir la conservació d'energia emeten neutrins, que, per conservar el nombre leptònic, hauria de tractar-se d'una antipartícula. Per tant, serà un antineutrí de la família electrònica. La reacció completa és:

$$^{131}_{53}I \longrightarrow {}^{131}_{54}Xe + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$$

Alternativament es pot escriure $^{0}_{-1}\beta$ o e^- enlloc de $^{0}_{-1}e$.

Si no s'indica l'antineutrí, cal restar 0,25 p.

No cal que l'estudiant detalli les operacions relacionades amb la conservació de la càrrega i del nombre màssic. Són operacions molt senzilles que es poden fer de cap; per tant, només cal valorar si ha estat capaç de deduir correctament els diferents termes de la reacció.

0,25 p. Es tracta d'una desintegració β^-.

0,5 p. L'activitat és el nombre de nuclis que es desintegren per unitat de temps:

$$A(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

Necessitem el coeficient de desintegració λ que obtenim del temps de semidesintegració:

$A(t) = \frac{A_0}{2} = A_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$ i per tant, $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.

I $t_{1/2} = 8{,}02$ dies $= 6{,}93 \cdot 10^5$ s.

Directament, obtenim $\lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}} = \frac{ln2}{6{,}93 \cdot 10^5\ \text{s}} = 1{,}00 \cdot 10^{-6}\ \text{s}^{-1}$.

Així, el nombre de nuclis és:

$$N = \frac{A(t)}{\lambda} = \frac{40 \cdot 10^6}{1{,}00 \cdot 10^{-6}} = 4{,}00 \cdot 10^{13}\ \text{nuclis}$$

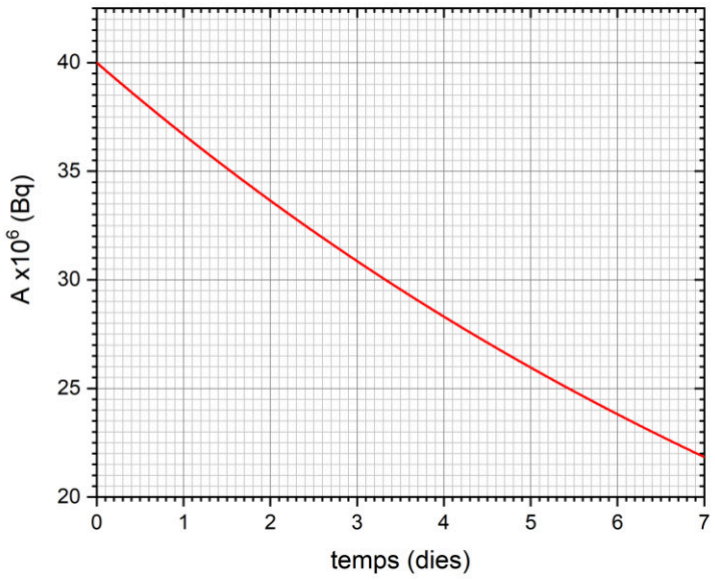
I la quantitat de I-131:

$$m = 4{,}00 \cdot 10^{13}\ \text{nuclis} \frac{1\ \text{mol}}{6{,}022 \times 10^{23}\ \text{nuclis}} \frac{131\ \text{g}}{1\ \text{mol}} = 8{,}70 \cdot 10^{-9}\ \text{g}$$

0,25 p. L'activitat al cap d'una setmana ($t = 7$ dies $= 6{,}05 \cdot 10^5$ s) és:

$$A(t) = A_0\, e^{-\lambda t} = 40 \cdot 10^6 e^{-1{,}00 \cdot 10^{-6} \cdot 6{,}05 \cdot 10^5} = 2{,}18 \cdot 10^7\ \text{Bq}$$

0,5 p. Representació gràfica correctament escalada, amb títols i unitats:



6. PAU 2025 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4

EXERCICI 4

a)

0,25 p. Ens diuen que el nucli inicial té un excés de neutrons; per tant, s'estabilitzarà convertint un neutró en protó. Com que tindrem un protó de més, Z passa d'11 a 12 i, per tant, el nou element serà el magnesi-24.

1,0 p. En la reacció de transformació d'un neutró en un protó, s'emet un electró per respectar la conservació de la càrrega elèctrica.

O alternativament, ${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e$.

Per tant, la reacció serà:

$$ {}^{24}_{11}Na \rightarrow {}^{24}_{12}Mg + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e $$

b)

0,75 p. Per trobar l'activitat al cap de 10 h, necessitem el coeficient de desintegració λ que obtenim del temps de semidesintegració, que és el temps en reduir l'activitat a la meitat: $A(t) = \frac{A_0}{2} = A_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$ i per tant, $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.

Directament obtenim:

$$ \lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}} = \frac{ln2}{15} = 4{,}62 \cdot 10^{-2}\ \text{h}^{-1} $$

L'activitat després de 10 hores:

$$ A = A_0\, e^{-\lambda t} = 5{,}80 \cdot 10^5\, e^{-4{,}62 \cdot 10^{-2} \cdot 10} = 3{,}65 \cdot 10^5\ \text{Bq} $$

0,5 p. Després de 10 h, l'isòtop de sodi injectat s'ha dissolt en tot el volum de sang. Sabent que l'activitat de 1,00 mL són 60 Bq i que la de tot el volum de sang és l'activitat que acabem de calcular, podem calcular el volum total de sang, ja que la proporció serà la mateixa:

$$ \frac{3{,}65 \cdot 10^5\ \text{Bq}}{V_{total}} = \frac{60\ \text{Bq}}{1\ \text{mL}} $$

Per tant:

$$ V_{total} = 3{,}65 \cdot 10^5\ \text{Bq} \cdot \frac{1\ \text{mL}}{60\ \text{Bq}} \frac{1\ \text{L}}{1000\ \text{mL}} = 6{,}09\ \text{L} $$

7. PAU 2024 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 6

P6)

a)

0,5 p Hem d'imposar la conservació del nombre de nucleons i de la càrrega elèctrica. Igualment, com que s'emet un leptó (electró) que és partícula, s'ha d'emetre un leptó que sigui antipartícula, per tant s'emetrà un antineutrí:

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e$$

0,25 p Es tracta d'una desintegració beta (β^-) perquè s'emet un electró.

0,5 p L'equació de desintegració és $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$ en què λ és la constant de desintegració. El període de semidesintegració $t_{1/2}$ és aquell en el qual la mostra radioactiva *N* s'ha reduït a la meitat. Per a aquest temps es compleix:

$N(t) = \frac{N_0}{2} = N_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$ i per tant, $\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}}$ i obtenim $\lambda \cdot t_{1/2} = -ln\frac{1}{2}$. Aïllant el període de semidesintegració tenim: $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.

b)

0,25 p Utilitzem l'expressió $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$ per calcular la constant de desintegració:

$$\lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}} = \frac{ln2}{5730} = 1{,}21 \cdot 10^{-4} anys^{-1}$$

o el seu equivalent en segons $\lambda = 3{,}83 \cdot 10^{-12} s^{-1}$

0,5 p Per calcular quin percentatge de carboni-14 roman a la mostra respecte el que hi havia en el moment de la mort de l'animal, tornem a utilitzar l'equació de desintegració $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$. Aplicant l'expressió pel temps que ha passat obtenim el quocient entre el carboni-14 actual i l'inicial (moment de la mort de l'animal): $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-1{,}21 \cdot 10^{-4} \cdot 6010} = 0{,}483$. Per tant, queda un 48,3% del carboni-14 inicial.

0,5 p La variació de l'activitat amb el temps ens la dona la relació següent: $A(t) = A_0\, e^{-\lambda t}$ Si l'activitat actual és de 3,63 Bq i han passat 6010 anys, l'activitat de l'os en el moment de la mort de l'animal, A_0, és: $A_0 = \frac{\mathrm{A(t)}}{e^{-\lambda t}} = \frac{3{,}63}{0{,}483} = 7{,}51$ Bq.

---

8. PAU 2024 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 6

P6)

a)

0,5 p. Si imposem la conservació del nombre de nucleons i de la càrrega elèctrica tenim:

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb$$

0,25 p. Per trobar l'activitat després d'una setmana, utilitzem l'equació de l'activitat $A(t) = A_0\, e^{-\lambda t}$, en què l'activitat inicial és: $A_0 = 1{,}66 \cdot 10^{14} \frac{Bq}{g} \cdot 5 \cdot 10^{-3}\, g = 8{,}3 \cdot 10^{11}\, Bq$

0,25 p. Necessitem el coeficient de desintegració λ, que obtenim del temps de semidesintegració:

$A(t) = \frac{A_0}{2} = A_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$ i per tant, $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.

Directament obtenim $\lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}} = \frac{ln2}{138} = 5{,}023 \cdot 10^{-3} dies^{-1}$

0,25 p. L'activitat després de set dies és: $A = A_0\, e^{-\lambda t} = 8{,}3 \cdot 10^{11}\, e^{-5{,}023 \cdot 10^{-3} \cdot 7} = 8{,}01 \cdot 10^{11} Bq$

b)

0,25 p. El treball realitzat pel camp elèctric és menys l'increment d'energia potencial:

$$W = -\Delta U = -q \cdot \Delta V$$

0,25 p. En portar el primer electró des de l'infinit (distància molt gran), el camp elèctric i potencial elèctric existents són els creats per la partícula alfa. El potencial inicial és nul $V_i = 0$ i el final serà $V_{f1} = \mathrm{k}\frac{\mathrm{q}_\alpha}{\mathrm{r}}$, en què *r* és la distància final, r=0,6 × 10^{-10} m; per tant: $\Delta V_1 = 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}{0{,}6 \cdot 10^{-10}} = 48{,}006\, V$ i el treball fet pel camp elèctric durant el desplaçament del primer electró és $W_{e1} = -\mathrm{q}_e \cdot \Delta V_1 = 1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 48{,}006 = 7{,}69 \cdot 10^{-18}\, J$.

0,25 p. En portar el segon electró des de l'infinit, el potencial elèctric existent és el creat per la partícula alfa i l'electró. El potencial inicial és nul i el final serà $V_{f2} = \mathrm{k}\frac{\mathrm{q}_\alpha}{\mathrm{r}} + \mathrm{k}\frac{\mathrm{q}_e}{2\mathrm{r}}$, per tant: $\Delta V_2 = 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}}{0{,}6 \cdot 10^{-10}} - 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19}}{2 \cdot 0{,}6 \cdot 10^{-10}} = 36{,}005\, V$, i el treball pel segon electró és $W_{e2} = -\mathrm{q}_e \cdot \Delta V_2 = 1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 36{,}005 = 5{,}77 \cdot 10^{-18}\, J$.

L'energia potencial final:

0,50 p. L'energia potencial de la configuració final és menys el treball total fet pel camp, ja que l'energia potencial inicial era nul·la:

$W_{total} = W_{e1} + W_{e2} = 7{,}69 \cdot 10^{-18} + 5{,}77 \cdot 10^{-18} = 1.346 \cdot 10^{-17}\ J$

$\Delta U = U_f - U_i = -W$, i, per tant, l'energia potencial final és $U_f = -1.346 \cdot 10^{-17}\ J$

O alternativament:

0,50 p. Calculem l'energia potencial electroestàtica del sistema final com a suma dels termes d'energia potencial per parelles:

$U_{Sistema} = U_{e-He} + U_{e-He} + U_{e-e} = 2U_{e-He} + U_{e-e}$

$U_{Sistema} = 2\mathrm{k}\frac{\mathrm{q}_\alpha \mathrm{q}_e}{\mathrm{r}} + \mathrm{k}\frac{\mathrm{q}_e \mathrm{q}_e}{2\mathrm{r}} = 2 \cdot 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot (-1{,}602 \cdot 10^{-19})}{0{,}6 \cdot 10^{-10}} + 8{,}99 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-1{,}602 \cdot 10^{-19})^2}{2 \cdot 0{,}6 \cdot 10^{-10}} = -1.346 \cdot 10^{-17}\ J$

9. PAU 2024 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 7

P7)

***a*)**

0, 25 p. La longitud d'ona llindar $\lambda_0 = 650 \cdot 10^{-9}\, m$ és la longitud d'ona més alta per la qual tenim efecte fotoelèctric. Correspon a una freqüència: $f_0 = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{650 \cdot 10^{-9}} = 4{,}62 \times 10^{14}$ Hz.

0, 25 p. El treball d'extracció del metall és l'energia mínima per extreure l'electró: $hf = E_C + W_0$, per tant, per E_c=0, $W_0 = hf_0$ i fent el càlcul obtenim:

$$W_0 = hf_0 = 6{,}626 \times 10^{-34} \cdot 4{,}62 \times 10^{14} = 3{,}06 \cdot 10^{-19}\, J = 1{,}91\, eV$$

0, 25 p. El potencial de frenada és el voltatge que necessitem aplicar per frenar els electrons amb més energia cinètica: $\Delta U = |e|\Delta V = Ec$

0, 25 p. Calculem l'energia cinètica amb què surten els electrons per 300 nm. Primer, calculem la freqüència corresponent: $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} = 1{,}00 \times 10^{15}$ Hzi. I, seguidament, l'energia cinètica amb què surten és:

$$E_C = hf - W_0 = 6{,}626 \times 10^{-34} \cdot 1{,}00 \times 10^{15} - 3{,}06 \cdot 10^{-19} = 3{,}57 \cdot 10^{-19}\, J$$

0, 25 p. L'energia cinètica es contraresta amb una energia potencial elèctrica d'igual mòdul: $\Delta U = q \cdot \Delta V$ i, per tant, el potencial de frenada ha de ser $\Delta V = \frac{Ec}{|e|} = \frac{3{,}57 \cdot 10^{-19}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}} = 2{,}23\, V$.

***b*)**

0,5 p. A partir de l'equació de l'energia cinètica ja utilitzada tenim $E_C = \frac{1}{2}mv^2 = hf - W_0$, i posant la freqüència en funció de la longitud d'ona s'obté: $v = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{hc}{\lambda} - W_0\right)}$.

Introduint els valors corresponents: $v(\lambda) = \sqrt{\frac{2}{9{,}11 \cdot 10^{-31}}\left(\frac{6{,}626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\lambda} - 3{,}06 \cdot 10^{-19}\right)}\ \frac{m}{s}$, per tant, l'expressió és $v(\lambda) = \sqrt{\frac{4{,}36 \cdot 10^5}{\lambda} - 6{,}72 \cdot 10^{11}}\ \frac{m}{s}$

0,25 p. La velocitat per 500 nm: $v(500nm) = \sqrt{\frac{4{,}36 \cdot 10^5}{500 \cdot 10^{-9}} - 6{,}72 \cdot 10^{11}} = 4{,}47 \cdot 10^5 \frac{m}{s}$

0,5 p. La longitud d'ona de De Broglie la calculem a partir de la quantitat de moviment de l'electró i la relació de De Broglie: $p = mv = \frac{h}{\lambda}$.

Per tant, $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}}{9{,}11 \cdot 10^{-31} \cdot 4{,}47 \cdot 10^5} = 1{,}63 \cdot 10^{-9} m = 1{,}67\, nm.$

10. PAU 2023 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 6

P6)

a)

Com que el nombre de protons és 92 i el nombre nucleons és 235 llavors el nombre de neutrons és 143.

0,1 p

El defecte de massa és:

$$\Delta m = \left(92\, m(^1_1p) + 143\, m(^1_0n)\right) - m(^{235}_{92}U) = 3{,}18\ \times 10^{-27}\ \text{kg}$$

0,4 p

I l'energia d'enllaç és

$$E = \Delta mc^2 = 3{,}18\ \times 10^{-27} \times \left(3{,}00\ \times 10^8\right)^2 = 2{,}862\ \times 10^{-10}\text{J} = 1{,}78 \times 10^9\ \text{eV}$$

0,3 p

I l'energia d'enllaç per nucleó:

$$\frac{\Delta mc^2}{A} = \frac{2{,}862\ \times 10^{-10}\text{J}}{235} = 1{,}22\ \times 10^{-12}\text{J} = 7{,}60 \times 10^6\ \text{eV}$$

0,2 p

A partir de la taula:

Nucli	Sofre-34	**Ferro-56**	Radi-226	Urani-235
Energia d'enllaç per nucleó (MeV)	8,58	**8,79**	7,66	**7,60**

Com que l'estabilitat dels nuclis augmenta amb l'energia d'enllaç per nucleó, podem comprovar que el nucli més estable de la taula seria el Ferro-56.

0,25 p

b)

Reacció nuclear

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{56}Ba + 3\,^{1}_{0}n + ^{x}_{y}Z$$

$$\left.\begin{array}{l} 235 + 1 = 141 + 3 + x \longrightarrow x = 92 \\ 92 = 56 + y \longrightarrow y = 36 \end{array}\right\} {}^{92}_{36}Kr$$

Per tant, la reacció és

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3\,^{1}_{0}n$$

0,6 p

Energia consumida per la il·luminació d'un estadi esportiu en MeV:

$$25\,000\ \text{kWh} = 25\,000 \times 1000 \times 3600 = 9{,}00 \times 10^{10}\ \text{J}$$

$$9{,}00 \times 10^{10}\ \text{J}\ \frac{1\ \text{eV}}{1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}}\ \frac{1\ \text{MeV}}{10^{6}\ \text{eV}} = 5{,}62 \times 10^{23}\ \text{MeV}$$

0,15 p

Nuclis d'urani

$$n\left(^{235}_{92}U\right) = \frac{5{,}62 \times 10^{23}}{202{,}5} = 2{,}77 \times 10^{21}$$

0,25 p

Massa d'urani

$$n\left(^{235}_{92}U\right)\ \frac{3{,}902158 \times 10^{-25}\ \text{kg}}{1\ \text{nucli}\ ^{235}_{92}U} = 1{,}083 \times 10^{-3}\ \text{kg} = 1{,}083\ \text{g}$$

0,25 p

11. PAU 2023 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 7

P7)

a)

Si apliquem balanç d'energia de l'efecte fotoelèctric tenim:

$$E_C = hf - W_0$$

0,3 p

La freqüència dels fotons és:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{300 \times 10^{-9}} = 1{,}00 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

0,2 p

I l'energia dels fotons és:

$$hf = 6{,}63 \times 10^{-19}\ \text{J}\,\frac{1\ \text{eV}}{1{,}602 \times 10^{-19}\text{J}} = 4{,}14\ \text{eV}$$

0,2 p

Per tant, la funció de treball que ens cal per construir el sensor és:

$$W_0 = hf - E_C = 4{,}14 - 1 = 3{,}14\ \text{eV}\,\frac{1{,}602 \times 10^{-19}\text{J}}{1\ \text{eV}} = 5{,}03 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

0,2 p

La freqüència llindar és:

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = 7{,}58 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

0,1 p

I finalment la longitud d'ona llindar és:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{7{,}58 \times 10^{14}} = 3{,}96 \times 10^{-7}\ \text{m}\,\frac{10^9\ \text{nm}}{1\ \text{m}} = 396\ \text{nm}$$

0,25 p

b)

La freqüència llindar és:

$$f_0 = \frac{W_0}{h}$$

I la longitud d'ona llindar s'expressa com:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{hc}{W_0}$$

Llavors pel tungstè

$$\lambda_0 = h\frac{c}{W_0} = 6{,}63 \times 10^{-34}\,\frac{3{,}00 \times 10^{8}}{8{,}36 \times 10^{-19}} = 2{,}38 \times 10^{-7}\ \text{m}\,\frac{10^{9}\ \text{nm}}{1\ \text{m}} = 238\ \text{nm}$$

pel magnesi

$$\lambda_0 = h\frac{c}{W_0} = 6{,}63 \times 10^{-34}\,\frac{3{,}00 \times 10^{8}}{5{,}86 \times 10^{-19}} = 3{,}39 \times 10^{-7}\ \text{m}\,\frac{10^{9}\ \text{nm}}{1\ \text{m}} = 339\ \text{nm}$$

i pel potassi

$$\lambda_0 = h\frac{c}{W_0} = 6{,}63 \times 10^{-34}\,\frac{3{,}00 \times 10^{8}}{3{,}67 \times 10^{-19}} = 5{,}42 \times 10^{-7}\ \text{m}\,\frac{10^{9}\ \text{nm}}{1\ \text{m}} = 542\ \text{nm}$$

Element	Símbol	Funció Treball (J)	Longitud d'ona llindar (nm)
Tungstè	W	$8{,}36 \times 10^{-19}$	238
Magnesi	Mg	$5{,}86 \times 10^{-19}$	339
Potassi	K	$3{,}67 \times 10^{-19}$	542

0,5 p

Només podem fer servir el potassi que té una longitud d'ona llindar més gran que la que hem determinat a l'aparat a: $\lambda_{0,Mg} = 542\ \text{nm} > 396\ \text{nm}$. Les longituds d'ona llindars del tungstè i del potassi són massa petites.

0,75 p

12. PAU 2023 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4

P4)

a)

Disminució de la massa:

0,25 p.

$$\Delta m = 4\, m(^1_1p) - m(^4_2He) = 4{,}765\ \times 10^{-29}\text{kg}$$

Energia alliberada per nucli d'heli:

0,25 p.

$$E_{at,Heli} = \Delta m\, c^2 = 4{,}765\ \times 10^{-29} \times (3{,}00\ \times 10^8)^2 = 4{,}29\ \times 10^{-12}\text{J}$$

0,5 p.

Per formar un nucli d'heli calen 2 molècules d'aigua; per tant, el nombre total de nuclis d'heli que es poden formar és:

$$n = N_A \frac{n_{mols\ H2O}}{2} = 5{,}12\ \times 10^{24}$$

0,25 p.

I, finalment, l'energia total que es pot extreure del got d'aigua és:

$$E_{Tot} = n\, \Delta m\, c^2 = 5{,}12\ \times 10^{24} \times 4{,}29\ \times 10^{-12} = 2{,}20\ \times 10^{13}\text{J}$$

b)

0,2 p.

Una partícula α és un nucli d'heli (és un àtom d'heli totalment ionitzat): ^4_2He o $^4_2\alpha$.

0,7 p.

$$^6_3Li + ^1_0n \rightarrow ^4_2He + ^3_1H$$

0,15 p.

A partir de l'energia que es pot extreure de l'aigua mitjançant la cadena protó-protó i el consum energètic per persona, podem comprovar que l'energia continguda a l'aigua és superior al consum d'una persona durant mil anys.

No obstant això, en els reactors de fusió nuclear no es produeix la cadena protó-protó, sinó que l'energia s'obté de la fusió del triti amb el deuteri. La quantitat de triti natural és ínfima i s'ha d'obtenir artificialment a partir de la fissió del liti. Així doncs, no és cert que amb un simple got d'aigua es pugui produir l'energia que consumeix una família

de quatre persones durant tota la vida. Per tant, no es pot considerar una font d'energia tan il·limitada com la quantitat d'aigua del nostre planeta.

0,2 p.

Per una altra banda, la fusió del deuteri i del triti genera neutrons d'elevada energia que poden convertir en radioactius els materials del reactor. Certament, la fusió genera menys residus nuclears que la fissió, però no es pot considerar totalment neta.

13. PAU 2023 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 7

P7)

a)

0,2 p.

$$f = \frac{c}{\lambda} = 10^{15}\ \text{Hz}$$

0,3 p.

$$E_{fotó} = hf = 6{,}63 \times 10^{-19}\ \text{J} = 4{,}14\ \text{eV}.$$

0,5 p.

$$E_{C,màx} = hf - W_e = 2{,}78 \times 10^{-19}\ \text{J} = 1{,}74\ \text{eV}$$

0,25 p.

$$I = 2{,}00 \times 10^{15}\,\frac{e}{s}\,\frac{1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{C}}{1e} = 3{,}20 \times 10^{-4}\ \text{A} = 0{,}320\ \text{mA}$$

(Com que no s'indica en quin sistema d'unitats s'ha de respondre, els resultats es poden donar tant en J com en eV.)

b)

0,25 p.

La freqüència llindar correspon a la dels fotons que tenen una energia W_e:

$$f = \frac{W_e}{h} = \frac{2{,}4 \cdot 1{,}602 \times 10^{-19}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 5{,}80 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

0,1 p.

La freqüència dels fotons del nou tub és: $f = \frac{c}{\lambda} = 8{,}57 \times 10^{14}\ \text{Hz}$

0,25 p.

Per tant, també s'arrencaran electrons per efecte fotoelèctric amb el nou tub.

0,4 p.

El nombre d'electrons arrencats depèn del nombre de fotons incidents, i com que el nombre de fotons és el mateix, el nombre d'electrons arrencats no varia.

0,25 p.

L'única diferència serà que l'energia cinètica dels electrons emesos serà menor, atès que la freqüència (i, per tant, l'energia) dels fotons emesos pel nou tub és menor. Ara bé, el que és important és que els fotons generats pel nou tub tenen suficient energia per arrencar electrons, de manera que el dispositiu de seguretat segueix funcionant. En cas contrari, hauria estat necessari canviar aquest dispositiu.

14. PAU 2023 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5

P5)

a)

0,45 p

$$^{209}_{83}Bi + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{210}_{83}Bi + \gamma$$

En aquest apartat es penalitzarà l'omissió del fotó amb 0,15 p.

0,4 p

$$^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Po + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

En aquest apartat es penalitzarà l'omissió de l'antineutrí amb 0,15 p.

Alternativamentes pot escriure $^{0}_{-1}\beta$ o e^{-} enlloc de $^{0}_{-1}e$.

0,4 p

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$$

Alternativament es pot escriure $^{4}_{2}\alpha$ enlloc de $^{4}_{2}He$.

b)

0,25 p

$$^{206}_{82}Pb + 3\ {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{209}_{82}Pb$$

0,25 p

$$^{209}_{82}Pb \rightarrow {}^{209}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

En aquest apartat es penalitzarà l'omissió de l'antineutrí amb 0,1 p.

0,75 p

balanç del cicle:

$$\begin{aligned}
&{}^{209}_{83}Bi + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{210}_{83}Bi + \gamma \\
+\ &{}^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Po + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu} \\
+\ &{}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He \\
+\ &{}^{206}_{82}Pb + 3\,{}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{209}_{82}Pb \\
+\ &{}^{209}_{82}Pb \rightarrow {}^{209}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu} \\
\hline
&4\,{}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{0}_{-1}e + 2\bar{\nu} + \gamma
\end{aligned}$$

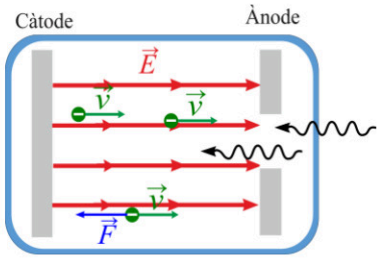
15. PAU 2023 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 7

P7)

a)

0,25 p

Es tracta de crear una força que freni els electrons de manera que no arribin a l'ànode i d'aquesta manera fer que el corrent que circula pel circuit sigui zero. Llavors la força ha de tenir el sentit oposat a la velocitat i com els electrons tenen càrrega negativa el camp elèctric ha de tenir el sentit oposat a la força, tal i com s'indica a la figura:



Com el camp elèctric apunta en la direcció que disminueix el potencial, el càtode ha d'estar connectat al potencial alt i l'ànode al potencial baix.

0,5 p

Quan el potencial aplicat és el potencial de frenada, V_f, el treball aplicat pel camp elèctric ha de ser igual a l'energia cinètica màxima dels electrons, així la velocitat dels electrons serà nul·la quan arriben a l'ànode:

$$E_C = eV_f$$

0,25 p

I si apliquem balanç d'energia de l'efecte fotoelèctric tenim:

$$eV_f = E_C = hf - W_0$$

On W_0 és la funció de treball o treball d'extracció. Llavors:

$$V_f = \frac{hf - W_0}{e}$$

També es pot expressar com:

$$f = \frac{eV_f + W_0}{h}$$

0,25 p

Podem determinar la constant de Planck a partir de dues parelles de dades de la taula,

$$\left.\begin{aligned} eV_{f,1} &= hf_1 - W_0 \\ eV_{f,2} &= hf_2 - W_0 \end{aligned}\right\} \Longrightarrow eV_{f,2} - eV_{f,1} = hf_2 - hf_1$$

I si aïllem la constant de Planck obtenim

$$h = e\frac{V_{f,2} - V_{f,1}}{f_2 - f_1} = 1{,}602 \times 10^{-19}\frac{3{,}29 - 0{,}4}{(12{,}5 - 5{,}49) \times 10^{14}} = 6{,}60 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$$

b)

0,75 p

Un cop determinada la constant de Planck, W_0 és:

$$W_0 = hf - eV_f = 2{,}98 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

I la freqüència llindar és

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = 4{,}52 \times 10^{14}\ \mathrm{Hz}$$

0,25 p

S'emetran electrons sempre i quan la freqüència de la llum superi a la freqüència llindar.

0,25 p

La freqüència de la llum és:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00 \times 10^{8}}{350 \times 10^{-9}} = 8{,}57 \times 10^{14}\ \mathrm{Hz}$$

Com $f > f_0$ hi haurà emissió d'electrons.

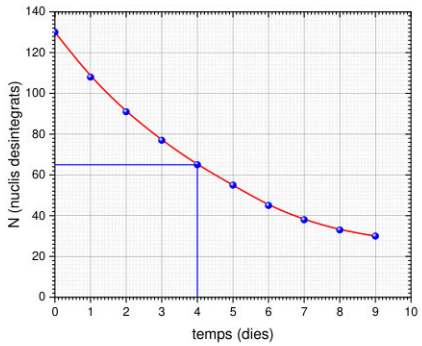
Nota pels correctors: en els criteris generals s'estableix que un error no s'ha de penalitzar dues vegades en el mateix problema. Per tant, no ha de tenir cap mena de penalització el fet que en la resolució d'aquest apartat l'estudiant utilitzi un valor incorrecte de la constant de Planck o que utilitzi el valor conegut de $6{,}63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$.

16. PAU 2022 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 5

P5)

a)

0,45 p



Si no s'indiquen els títols als eixos, cal restar 0,1 punts.
Si no s'indiquen les unitats als eixos, cal restar 0,25 punts.
Si no està ben escalat o la representació és deficient, cal restar 0,2 punts.
En cap cas, la valoració de la representació gràfica no pot ser negativa, ha d'estar puntuada de 0 a 0,45.

0,4 p Del gràfic obtenim $T_{1/2} = 4$ dies.

0,4 p $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow \lambda = -\frac{\ln 0{,}5}{T_{\frac{1}{2}}} = 0{,}173 \text{ dies}^{-1} = 2{,}00 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

b)

0,1 p De la taula $N_0 = 130$ per cada 10 minuts, $\Delta t = 600$ s

0,55 p

$$A_0 = \frac{N_0}{\Delta t} = 0{,}217 \text{ Bq}$$

0,20 p La concentració és:

$$C_0 = \frac{A_0}{V} = \frac{0{,}217}{180 \times 10^{-6}} = 1200 \text{ Bq/m}^3$$

0,20 p I la concentració límit segons l'EPA és:

$$C_{lim} = 4 \frac{\text{pCi}}{\text{litre}} \frac{10^{-12} \text{ Ci}}{1 \text{ pCi}} \frac{3{,}70 \times 10^{10} \text{ Bq}}{1 \text{ Ci}} \frac{10^3 \text{ litres}}{1 \text{ m}^3} = 148 \text{ Bq/m}^3$$

0,20 p

$$\frac{C_0}{C_{lim}} = \frac{1200}{148} = 8{,}1$$

La concentració de l'estança és 8 vegades superior a la recomanada per l'EPA; per tant, és perillosa.

---

17. PAU 2022 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 6

P6)

a)

0,65 p L'efecte fotoelèctric es produeix per la transferència d'energia dels fotons als electrons. Si la intensitat de llum és constant, el nombre d'electrons emesos serà el mateix, perquè el nombre de fotons que arriba a la superfície és el mateix.
Nombre d'electrons emesos: Es manté constant
0,6 p En augmentar la freqüència dels fotons també augmenta l'energia que transfereixen als electrons i, per aquest motiu, l'energia dels electrons emesos serà més gran.
Energia dels electrons emesos: Augmenta

b)

0,3 p Balanç d'energia: $E_C = hf - W_0 \Rightarrow W_0 = hf - E_C$
0,3 p El potencial de frenada ens permet calcular l'energia necessària per aturar els electrons i, per tant, l'energia cinètica que adquireixen els electrons:

$$E_C = e \times V_{frenada} = 0{,}29 \text{ eV} \frac{1{,}602 \times 10^{-19} \text{J}}{1 \text{ eV}} = 4{,}64 \times 10^{-20} \text{ J}$$

0,3 p La freqüència dels fotons és:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00 \times 10^{8}}{550 \times 10^{-9}} = 5{,}45 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

0,35 p I el balanç energètic dona:

$$W_0 = hf - E_C = 3{,}62 \times 10^{-19} - 4{,}64 \times 10^{-20} = 3{,}15 \times 10^{-19} \text{ J} \frac{1 \text{ eV}}{1{,}602 \times 10^{-19} \text{J}} = 1{,}97 \text{ eV}$$

O directament en eV:

$$W_0 = hf - E_C = 3{,}62 \times 10^{-19} J \frac{1 \text{ eV}}{1{,}602 \times 10^{-19} \text{J}} - 0{,}29 \text{ eV} = 1{,}97 \text{ eV}$$

---

18. PAU 2022 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 8

P8)

a)

0,35 p L'energia del fotó en eV és:

$$E_{fotó} = 14{,}4 \times 10^3 \text{ eV} \frac{1{,}602 \times 10^{-19} \text{J}}{1 \text{ eV}} = 2{,}31 \times 10^{-15} \text{ J}$$

0,3 p La freqüència del fotó és:

$$f = \frac{E_{fotó}}{h} = \frac{2{,}31 \times 10^{-15}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 3{,}48 \times 10^{18} \text{ Hz}$$

0,3 p La massa és:

$$m = \frac{E_{fotó}}{c^2} = \frac{2{,}31 \times 10^{-15}}{(3{,}00 \times 10^8)^2} = 2{,}56 \times 10^{-32} \text{ kg}$$

0,3 p I la quantitat de moviment és:

$$p = mc = 2{,}56 \times 10^{-32} \cdot 3{,}00 \times 10^8 = 7{,}69 \times 10^{-24} \text{ kg m s}^{-1}$$

b)

0,2 p L'energia mecànica d'un fotó és la suma de l'energia cinètica i potencial gravitatòria:

$$E_m = E_P + E_C = mgh + hf$$

0,4 p Si imposem la conservació de l'energia, tenim que la diferència d'energia dels fotons és:

$$E_{m,0} = E_{m,f} \Rightarrow mgh_0 + hf_0 = mgh_f + hf_f$$

$$\Delta E_{fotó} = hf_f - hf_0 = mgh_0 - mgh_f = 5{,}68 \times 10^{-30} \text{ J}$$

Hem considerat com a punt inicial el punt elevat i, com a punt final, el punt més baix, per obtenir una variació positiva. En tot cas, el signe no és rellevant, atès que es demana el valor absolut de la variació d'energia i freqüència.

0,4 p I la variació de la freqüència és:

$$\Delta f = \frac{\Delta E_{fotó}}{h} = \frac{5{,}68 \times 10^{-30}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 8{,}570 \times 10^3 \text{ Hz}$$

0,25 p Atès que l'energia mecànica és la mateixa, i l'energia potencial gravitatòria és més gran en el punt elevat, l'energia del fotó i la seva freqüència seran més petites al punt més elevat. Per tant, el fotó té una freqüència més gran quan està a terra.

19. PAU 2022 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 5

P5)

a)

0,15 p $^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}\alpha$

0,15 p $^{218}_{84}Po \rightarrow {}^{214}_{82}Pb + {}^{4}_{2}\alpha$

0,15 p $^{214}_{82}Pb \rightarrow {}^{214}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$

0,15 p $^{214}_{83}Bi \rightarrow {}^{214}_{84}Po + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$

0,15 p $^{214}_{84}Po \rightarrow {}^{210}_{82}Pb + {}^{4}_{2}\alpha$

0,15 p $^{210}_{82}Pb \rightarrow {}^{210}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$

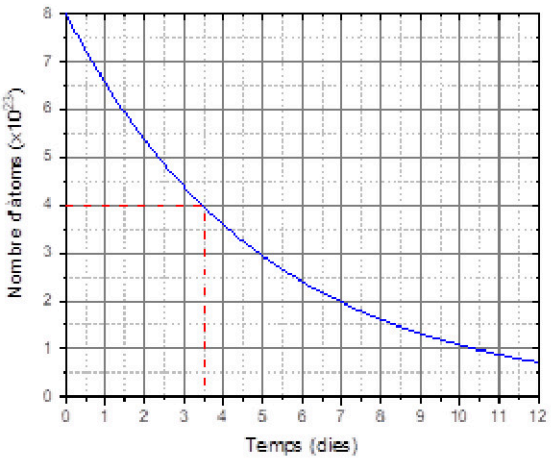
0,15 p $^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Po + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$

0,2 p $^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}\alpha$

Alternativament es pot escriure $^{4}_{2}He$ en lloc de $^{4}_{2}\alpha$, o bé $^{0}_{-1}\beta^{-}$ en lloc de $^{0}_{-1}e^{-}$.

b)

0,75 p El període de semidesintegració correspon al temps necessari per desintegrar la meitat dels nuclis inicials, $8 \cdot 10^{23}/2 = 4 \cdot 10^{23}$.



Del gràfic, obtenim $T_{1/2} = 3{,}5$ dies, és a dir, correspon a la desintegració del $^{210}_{83}Bi$.

0,25 p $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow \lambda = -\frac{\ln 0{,}5}{T_{\frac{1}{2}}} = 0{,}200 \text{ dies}^{-1}$$

0,25 p $N(t) = 8 \times 10^{23} - 7{,}95 \times 10^{23} = 5{,}0 \times 10^{21}$

$$\frac{N(t)}{N_0} = \frac{5 \times 10^{21}}{8 \times 10^{23}} = 6{,}25 \times 10^{-3} = e^{-\lambda t} \Longrightarrow t = -\frac{\ln(6{,}25 \times 10^{-3})}{\lambda} = 25{,}4 \text{ dies}$$

Alternativament

0,25 p $N(t) = 8 \times 10^{23} - 7{,}95 \times 10^{23} = 5{,}0 \times 10^{21}$

$$\frac{N(t)}{N_0} = \frac{5 \times 10^{21}}{8 \times 10^{23}} = 6{,}25 \times 10^{-3}$$

0,25 p
$$\left.\begin{matrix} 6{,}25 \times 10^{-3} = e^{-\lambda t} \\ 0{,}5 = e^{-\lambda T_{1/2}} \end{matrix}\right\} \Longrightarrow \frac{\ln 6{,}25 \times 10^{-3}}{\ln 0{,}5} = \frac{t}{T_{1/2}}$$

$$t = T_{1/2}\frac{\ln 6{,}25 \times 10^{-3}}{\ln 0{,}5} = 25{,}4 \text{ dies}$$

20. PAU 2022 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 8

P8)

a)

0,1 p Treball d'extracció o funció de treball: $W_0 = hf_0 = 3{,}04 \times 10^{-19}$ J

0,25 p Perquè hi hagi emissió cal que la freqüència sigui superior a la freqüència llindar.

0,1 p Pel làser blau, λ_b= 460 nm:

$$f_b = \frac{c}{\lambda_b} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{460 \times 10^{-9}} = 6{,}52 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

Com que $f_b > f_0$ hi haurà emissió d'electrons.

0,1 p Pel làser verd, λ_v= 532 nm:

$$f_v = \frac{c}{\lambda_v} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{532 \times 10^{-9}} = 5{,}64 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

Com $f_v > f_0$ hi haurà emissió d'electrons.

0,1 p Pel làser infraroig, λ_{IR}= 1080 nm:

$$f_{IR} = \frac{c}{\lambda_{IR}} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{1080 \times 10^{-9}} = 2{,}78 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

Com que $f_v < f_0$ no hi haurà emissió d'electrons.

Alternativament es podia comparar l'energia del fotons amb el treball d'extracció, per al làser blau és $4{,}32 \times 10^{-19}$ J $> W_0$ i per al làser verd $3{,}74 \times 10^{-19}$ J $> W_0$, per tant, per aquests dos casos hi ha emissió d'electrons. En canvi per al làser d'infraroig $1{,}84 \times 10^{-19}$ J $< W_0$, per tant, no hi ha emissió d'electrons.

0,2 p Per determinar l'energia dels electrons emesos cal imposar el balanç d'energia:

$E_C = hf - W_0$.

El resultat obtingut és:

Tipus de punter làser	Longitud d'ona (nm)	Freqüència ($\times 10^{14}$ Hz)	Energia fotó ($\times 10^{-19}$ J)	Energia electró ($\times 10^{-19}$ J)	Energia electró (eV)
Làser blau	460	6,52	4,32	1,28	0,799
Làser verd	532	5,64	3,74	0,696	0,434
Làser infraroig	1080	2,78	1,84	-	-
Llindar		4,59	3,04	0	0

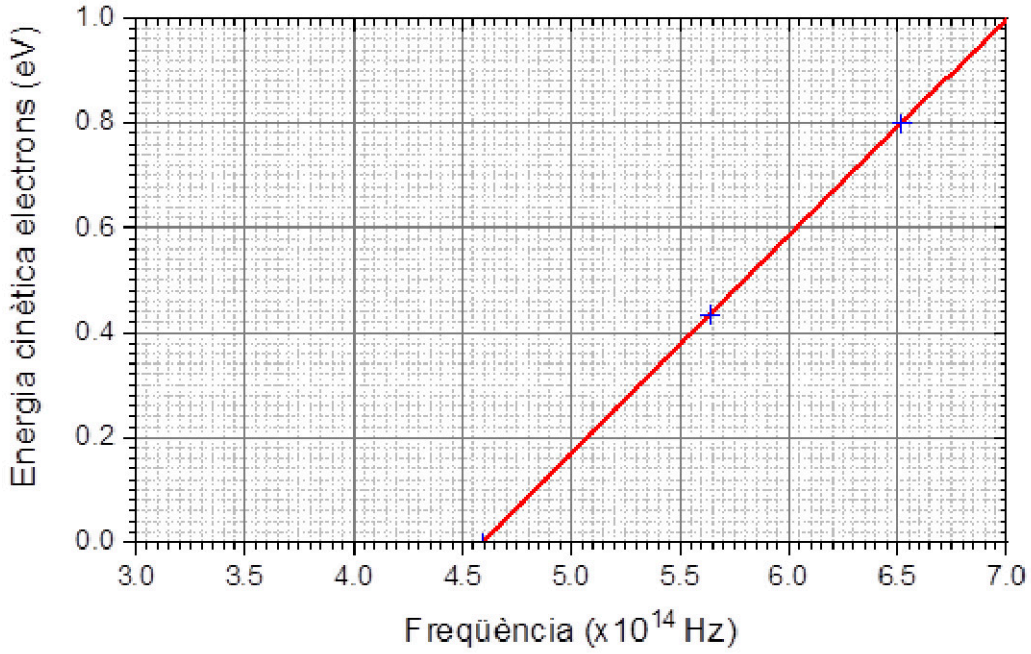
0,4 p Si no s'indiquen les unitats als eixos o un títol dels eixos, cal restar 0,25 p.

Si es representen punts de la recta per sota la freqüència llindar de valor diferent a zero, cal restar 0,25 punts.

Si la representació no és una recta, cal restar 0,25 punts.

Si els eixos no estan correctament escalats, cal restar 0,1 punts.

Si es comenten diversos error i el valor a restar és superior a 0,4 p, no es farà la resta completa, simplement la qualificació de la representació gràfica serà 0 punts, els errors en d'aquesta part no s'acumulen a la resta del problema.



b)

0,3 p Càlcul de l'energia cinètica

$$E_C = hf - W_0 = 5{,}30 \times 10^{-19} - 3{,}04 \times 10^{-19} = 2{,}26 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

0,45 p I la velocitat és:

$$v = \sqrt{2\frac{E_C}{m_e}} = 7{,}04 \times 10^{5}\ \text{m/s}$$

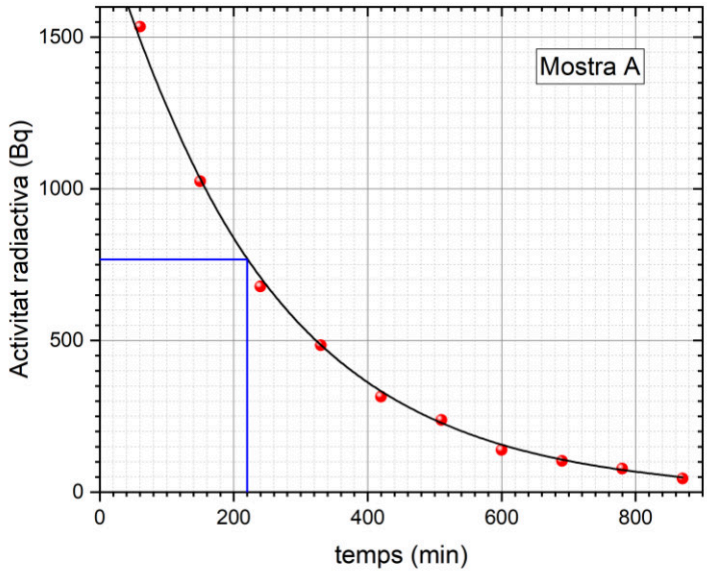
0,5 p I la longitud de De Broglie és:

$$\lambda = \frac{h}{m_e v} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34}}{9{,}11 \times 10^{-31} \times 7{,}04 \times 10^{5}} = 1{,}03 \times 10^{-9}\ \text{m}$$

21. PAU 2022 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5

P5)

a)

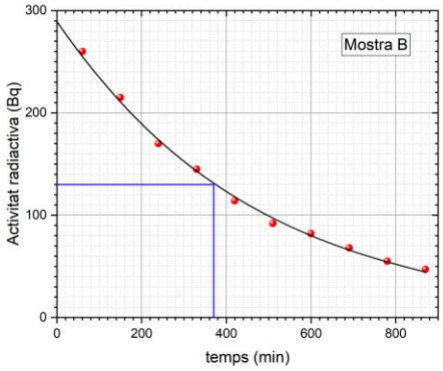


0,2 p Escalat eixos correcte

0,2 p Punts correctament representats

0,05 p Línia de tendència ben representada

0,2 p Títols eixos amb unitats.



0,2 p Escalat eixos correcte

0,15 p Punts correctament representats

0,05 p Línia de tendència ben representada

0,2 p Títols eixos amb unitats.

b)

0,25 p L'activitat s'expressa com $A = \lambda N(t) = \lambda N_0\, e^{-\lambda t} = A_0\, e^{-\lambda t}$

0,5 p Poden obtenir el període de semidesintegració directament dels gràfics a partir de determinar el temps que triga l'activitat a reduir-se a la meitat del seu valor inicial. Això és el que hem representat a les figures anteriors amb les línies blaves.

0,25 p Per la mostra A, A_0 = 1535 Bq i $A_0/2$ = 768 Bq i per tant $T_{1/2} = 220 - 60 = 160$ min.

0,25 p Per la mostra B, A_0 = 260 Bq i $A_0/2$ = 130 Bq i per tant $T_{1/2} = 370 - 60 = 310$ min.

Alternativament

0,5 p A partir de dos punts podem determinar λ

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{e^{-\lambda t_1}}{e^{-\lambda t_2}} = e^{\lambda(t_2 - t_1)} \Rightarrow ln\frac{A_1}{A_2} = \lambda(t_2 - t_1) \Rightarrow \lambda = \frac{lnA_1/A_2}{(t_2 - t_1)}$$

I conegut λ podem determinar $T_{1/2}$:

0,25 p $\frac{A_0}{2} = A_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow T_{1/2} = -\frac{\ln 0{,}5}{\lambda} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

0,25 p Per exemple, per la mostra A, A_1 = 1535 Bq, t_1 = 60 s, A_2 = 484 Bq i t_2 = 330 s. Llavors $\lambda = \ln(1535/484)/(330 - 60) = 0{,}00427$ min^{-1} i $T_{1/2} = 162$ min.

0,25 p Per exemple, per la mostra B, A_1 = 260 Bq, t_1 = 60 s, A_2 = 82 Bq i t_2 = 600 s. Llavors $\lambda = \ln(260/82)/(600 - 60) = 0{,}00214$ min^{-1} i $T_{1/2} = 324$ min.

22. PAU 2022 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 8

P8)

a)

0,25 p $E = mc^2$

0,1 p $E = 9{,}11 \times 10^{-31}(3{,}00 \times 10^8)^2 = 8{,}20 \times 10^{-14}\ \text{J}$

0,1 p $E = 8{,}20 \times 10^{-14}\ \text{J}\ \frac{1\ \text{eV}}{1{,}602\times10^{-19}\ \text{J}}\frac{1\ \text{MeV}}{10^6\ \text{eV}} = 0{,}512\ \text{MeV}$

0,2 p L'energia mínima d'un fotó per materialitzar-se en un parell electró-positró és el doble de l'energia en repòs del positró, ja que l'energia en repòs de l'electró és la mateixa que la del positró: $E = 2 \times 0{,}512\ \text{MeV} = 1{,}02\ \text{MeV}$

0,2 p La freqüència d'aquest fotó és:

$E_{fotó} = hf \Rightarrow f = \frac{2\times8{,}20\times10^{-14}}{6{,}63\times10^{-34}} = 2{,}47 \times 10^{20}\ \text{Hz}.$

0,2 p La longitud d'ona d'aquest fotó és:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{2{,}47 \times 10^{20}} = 1{,}21 \times 10^{-12}\ \text{m}$$

0,2 p La quantitat de moviment d'aquest fotó és:

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{E_{fotó}}{c} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34}}{1{,}21 \times 10^{-12}} = 5{,}47 \times 10^{-22}\ \text{kg m s}^{-1}$$

---

b)

0,25 p En la desintegració β^+ es crea un positró:

$$^1_1p^+ \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e^+ + {}^0_0\nu$$

0,25 p En la desintegració β^- la partícula que es crea que és antimatèria és l'antineutrí.

$$^1_0n \rightarrow {}^1_1p^+ + {}^0_{-1}e^- + {}^0_0\bar{\nu}$$

0,25 p En el procés d'anihilació positró-electró, es crea un parell de fotons que viatgen en sentits oposats per a conservar la quantitat de moviment.

0,25 p La càrrega inicial, abans d'anihilar-se, és zero, ja que abans de l'anihilació tenim $e^+ + e^-$, la càrrega positiva del positró té el mateix valor absolut que la negativa de l'electró, per tant, sumades ens dona una càrrega neta nul·la.

0,25 p També és zero la final, després de l'anihilació: $e^+ + e^- \longrightarrow \gamma + \gamma$, tenim dos fotons i els fotons tenen càrrega nul·la. També sabem que en tot procés la carrega neta es conserva, per tant si inicialment era zero, al final també ho ha de ser.

23. PAU 2021 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 4

P4)

a)

0,25 p Partícules: un neutró es desintegra per donar lloc a un protó, un electró i un antineutrí.

1 p ${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e$

En aquest apartat es penalitzarà amb 0,5 p l'omissió de l'antineutrí.

Alternativament es pot escriure ${}^{0}_{-1}\beta$ en lloc de ${}^{0}_{-1}e$.

b)

Disminució de la massa:

0,6 p $\Delta m = m({}^{1}_{0}n) - \left[m\left({}^{1}_{1}p\right) + m({}^{0}_{-1}e)\right] = 8{,}404 \times 10^{-4}\text{u} = 1{,}40 \times 10^{-30}\text{kg}$

0,4 p $E = \Delta m c^2 = 1{,}40 \times 10^{-30} \times (3{,}00 \times 10^{8})^2 = 1{,}26 \times 10^{-13}\ \text{J}$

0,25 p $E = 1{,}26 \times 10^{-13}\ \text{J} = 7{,}84 \times 10^{5}\ \text{eV} = 784\ \text{keV}$

24. PAU 2021 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 8

P8)

a)

Si per frenar-los calen 0,376 V, l'energia cinètica màxima serà 0,376 eV i del balanç d'energia:

0,2 p $\mathrm{E}_{C,màx} = 0{,}376\ \mathrm{eV} = 6{,}02 \times 10^{-20}\ \mathrm{J}$

0,2 p $E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 3{,}64 \times 10^{-19}\ \mathrm{J} = 2{,}27\ \mathrm{eV}$

Balanç energètic

0,4 p $E_{fotons} = W_e + E_{C,màx}$

0,2 p $W_e = E_{fotons} - E_{C,màx} = 3{,}04 \times 10^{-19}\ \mathrm{J} = 1{,}90\ \mathrm{eV}$

0,25 p I la freqüència llindar correspon a la dels fotons que tenen una energia W_e:

$$f = \frac{W_e}{h} = \frac{3{,}04 \times 10^{-19}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 4{,}58 \times 10^{14}\ \mathrm{Hz}$$

b)

0,3 p $E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 3{,}38 \times 10^{-19}\ \mathrm{J} = 2{,}11\ \mathrm{eV}$

0,6 p $\mathrm{E}_{C,màx} = E_{fotons} - W_e = 3{,}38 \times 10^{-19} - 3{,}04 \times 10^{-19} = 3{,}46 \times 10^{-20}\ \mathrm{J} = 0{,}216\ \mathrm{eV}$

0,35 p $V_{frenada} = \frac{\mathrm{E}_{C,màx}}{|e|} = \frac{3{,}46 \times 10^{-20}}{1{,}602 \times 10^{-19}} = 0{,}216\ \mathrm{V}$

25. PAU 2021 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 5

P5)

a)

0,1 p Nombre màssic: $A = 13$.

0,1 p Nombre atòmic: $Z = 7$.

0,2 p Nombre de neutrons: $N = A - Z = 13 - 7 = 6$.

0,85 p ${}^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{0}_{+1}e + \nu$

En aquest apartat es penalitzarà l'omissió del neutrí amb 0,15 p.

Alternativament es pot escriure ${}^{0}_{1}e^{+}$, ${}^{0}_{+1}\beta$ o ${}^{0}_{1}\beta^{+}$ enlloc de ${}^{0}_{+1}e$ i ${}^{0}_{0}\nu$ enlloc de ν.

0, p La reacció ${}^{1}_{1}p^{+} \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e^{+} + {}^{0}_{0}\nu$ no pot tenir lloc fora d'un nucli ja que la massa del neutró és mes gran que la del protó, i, per tant, cal aportar energia perquè el protó es transformi en un neutró. Si el sistema està aïllat, llavors no es pot obtenir l'energia que cal perquè la reacció sigui possible. Aquest apartat no puntua perquè es considera que per resoldre'l era necessari que en l'enunciat s'indiquessin els masses del protó i del neutró.

b)

$N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$

0,25 p $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow T_{1/2} = -\frac{\ln 0{,}5}{\lambda} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

0,25 p $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \Longrightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = 0{,}0696\ \text{min}^{-1} = 1{,}16\ \text{X}\ 10^{-3}\ \text{s}^{-1}$ (es pot resoldre el problema amb unitats de temps de minuts o de segons).

0,25 p $m(t) = m_0 e^{-\lambda t} = 5e^{-\lambda t} = 0{,}620\ \text{ng}$

0,25 p $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$

0,25 p $\frac{A(t)}{A_0} = 0{,}01 = e^{-\lambda t} \Longrightarrow t = -\frac{\ln 0{,}01}{\lambda} = 66{,}2\ \text{min} = 3972\ \text{s}$

---

26. PAU 2021 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 8

P8)

a)

0,25 p $E_{fotó} = hf = h\frac{c}{\lambda}$, com més petita sigui λ, major serà la freqüència i l'energia del fotó, per tant, l'ona de λ = 550 nm serà la d'energia més gran.

Per al vermell:

0,1 p $f_r = \frac{c}{\lambda_r} = 4{,}00 \times 10^{14}\ \text{Hz}$

0,2 p $E_{fotó,r} = hf_r = 2{,}65 \times 10^{-19}\ \text{J}.$

0,2 p $E_{1mol,r} = N_A h f_r = 1{,}60 \times 10^{5}\ \text{J} = 160\ \text{kJ}.$

Per al verd:

0,1 p $f_g = \frac{c}{\lambda_g} = 5{,}45 \times 10^{14}\ \text{Hz}$

0,2 p $E_{fotó,g} = hf_g = 3{,}62 \times 10^{-19}\ \text{J}.$

0,2 p $E_{1mol,g} = N_A h f_g = 2{,}18 \times 10^{5}\ \text{J} = 218\ \text{kJ}.$

b)

0,15 p La freqüència llindar correspon a la dels fotons que tenen una energia W_0:

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{3{,}46 \times 10^{-19}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 5{,}22 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

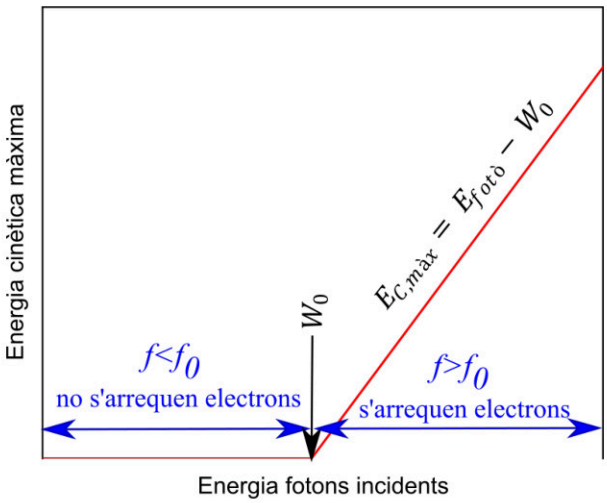
0,1 p $\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = 5{,}75 \times 10^{-7}\ \text{m} = 575\ \text{nm}$

0,1 p Com que per al vermell $f_r = 4{,}00 \times 10^{15}\ \text{Hz} < f_0$, no té suficient energia per arrencar electrons.

0,1 p Com que per al verd $f_g = \frac{c}{\lambda_g} = 5{,}45 \times 10^{15}\ \text{Hz} > f_0$, sí té suficient energia per arrencar electrons.

0,3 p $E_{C,màx} = hf_g - W_0 = 1{,}56 \times 10^{-20}\ \text{J}.$

0,5 p



Hi ha dues regions:

- si l'energia del fotó és inferior a W_0 no s'arrenquen electrons, llavors $E_{C,màx} = 0$.
- si l'energia del fotó és superior a W_0 s'arrenquen electrons i $E_{C,màx} = E_{fotò} - W_0$, és a dir, la dependència de $E_{C,màx}$ en $E_{fotò}$ és lineal.

Si no es distingeixen les dues regions cal restar **0,2 p,**

Si no s'indica W_0 cal restar **0,1 p,**

Si a la primera regió no es representa $E_{C,màx} = 0$, cal restar **0,1 p,**

Si a la segona regió no es representa la dependència lineal, cal restar **0,1 p,**

En la representació esquemàtica no és necessari que apareguin les dades del problema perquè es tracta d'una representació qualitativa. Si l'estudiant intenta fer una representació tenint en compte els valors numèrics del problema, no se'l penalitzarà. El que es valora és que sàpiga interpretar i plasmar gràficament el fenomen.

27. PAU 2021 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4

P4)

a)

1,25 p $^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + {}^{0}_{1}e^{+} + \nu_e$

En aquest apartat es penalitzarà amb 0,25p l'omissió del neutrí.

Alternativament es pot escriure $^{0}_{+1}\beta$ o $^{0}_{+1}e$ enlloc de $^{0}_{1}e^{+}$.

b)

0,25 p $m(t) = m_0\, e^{-\lambda t}$

0,25 p $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow \lambda = -\frac{\ln 0{,}5}{T_{1/2}} = 5{,}55 \times 10^{-10}$ anys^{-1}

0,1 p $\frac{m(t)}{m_0} = \frac{0{,}1}{0{,}84+0{,}1} = 0{,}106$

0,4 p $\frac{m(t)}{m_0} = 0{,}106 = e^{-\lambda t} \Longrightarrow t = -\frac{\ln 0{,}106}{\lambda} = 4{,}03 \times 10^{9}$ anys

Alternativament

0,25 p $m(t) = m_0\, 2^{-t/T_{1/2}}$

0,1 p $\frac{m(t)}{m_0} = \frac{0{,}1}{0{,}84+0{,}1} = 0{,}106$

0,65 p $\frac{m(t)}{m_0} = 0{,}106 = 2^{-t/T_{1/2}} \Longrightarrow t = -T_{1/2}\frac{\ln 0{,}106}{ln2} = 4{,}03 \times 10^{9}$ anys

Alternativament

0,25 p $m(t) = m_0\, e^{-\lambda t}$

0,1 p $\frac{m(t)}{m_0} = \frac{0{,}1}{0{,}84+0{,}1} = 0{,}106$

0,4 p $\left.\begin{matrix} 0{,}106 = e^{-\lambda t} \\ 0{,}5 = e^{-\lambda T_{1/2}} \end{matrix}\right\} \Longrightarrow \frac{\ln 0{,}106}{\ln 0{,}5} = \frac{t}{T_{1/2}}$

0,25 p $t = T_{1/2}\frac{\ln 0{,}106}{\ln 0{,}5} = 4{,}03 \times 10^{9}$ anys

Finalment:

0,25 p $t = 4{,}03 \times 10^{9}$ anys $> 3{,}2 \times 10^{9}$ anys, per tant, aquest meteorit ve de la Lluna.

---

28. PAU 2021 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 8

P8)

a)

0,65 p La dualitat ona-corpuscle o ona-partícula, la llum és alhora una ona electromagnètica i una partícula, el fotó.

0,6 p $W_e = hf_{llindar} = 6{,}63 \times 10^{-34} \cdot 4{,}39 \times 10^{14} = 2{,}91 \times 10^{-19}\ \text{J} = 1{,}82\ \text{eV}$

b)

En aquest apartat no cal donar els resultats en J i eV, és suficient una sola d'aquestes unitats.

0,5 p S'arrenquen electrons atès que la freqüència dels fotons és superior a la freqüència:

$$f = \frac{c}{v} = 7{,}14 \times 10^{14}\ \text{Hz} > 4{,}39 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

Alternativament es pot fer un raonament energètic: s'arrenquen electrons atès que l'energia dels fotons és més gran que el treball d'extracció:

$$E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 4{,}74 \times 10^{-19}\ \text{J} = 2{,}96\ \text{eV}$$

Balanç energètic:

0,25 p $E_C = E_{fotons} - W_e = 1{,}82 \times 10^{-19}\ \text{J} = 1{,}14\ \text{eV}$

0,1 p $v = \sqrt{2\,\frac{E_C}{m_e}} = 6{,}33 \times 10^{5}\ \text{m/s}$

0,15 p $p = m_e v = 5{,}77 \times 10^{-25}\ \text{kg} \cdot \text{m/s}$

0,25 p $\lambda_e = \frac{h}{p} = 1{,}15 \times 10^{-9}\ \text{m}$

29. PAU 2020 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 5

P5)

a)

0,75 p $^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p$

Alternativament, es pot escriure $^{1}_{1}H$ en lloc de $^{1}_{1}p$.

0,5 p $\Delta m = \left[m(^{14}_{6}C) + m(^{1}_{1}p)\right] - \left[m(^{14}_{7}N) + m(^{1}_{0}n)\right] = -1{,}22 \times 10^{-3}$ u

Com que la massa disminueix, s'ha d'emetre energia en forma de llum.

b)

0,25 p $m(t) = m_A\, e^{-\lambda t}$

0,25 p $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow \lambda = -\frac{\ln 0{,}5}{T_{1/2}} = 1{,}21 \times 10^{-4}$ anys^{-1}

0,25 p $\frac{m_A - m_B}{m_A} \times 100 = 23\% \Longrightarrow \frac{m_B}{m_A} = 0{,}77$

0,5 p $\frac{m_B}{m_A} = 0{,}77 = e^{-\lambda t} \Longrightarrow t = -\frac{\ln 0{,}77}{\lambda} = 2160$ anys

Alternativament:

0,25 p $\frac{m_A - m_B}{m_A} \times 100 = 23\% \Longrightarrow \frac{m_B}{m_A} = 0{,}77$

0,75 p $\left.\begin{matrix} 0{,}77 = e^{-\lambda t} \\ 0{,}5 = e^{-\lambda T_{1/2}} \end{matrix}\right\} \Longrightarrow \frac{\ln 0{,}77}{\ln 0{,}5} = \frac{t}{T_{1/2}}$

0,25 p $t = T_{1/2}\frac{\ln 0{,}77}{\ln 0{,}5} = 2160$ anys

30. PAU 2020 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 8

P8)

a)

0,25 p $E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 3{,}98 \times 10^{-19}$ J $= 2{,}48$ eV

Balanç d'energia:

0,5 p $E_{C,màx} = hf + (-W_e)$

0,4 p $E_{C,màx} = 2{,}48 - 1{,}20 = 1{,}28$ eV **0,1 p**

Alternativament:

0,15 p $W_e = 1{,}20$ eV$\frac{1{,}602\times10^{-19}\text{J}}{1\text{ eV}} = 1{,}92 \times 10^{-19}$ J

0,25 p $E_{C,màx} = 3{,}98 \times 10^{-19} - 1{,}92 \times 10^{-19} = 2{,}06 \times 10^{-19}$ J **0,1 p**

b) **1,25 p** L'energia cinètica dels electrons només depèn de la longitud d'ona de la llum incident, per tant, aquest paràmetre no canviarà.

L'únic efecte serà un augment del nombre d'electrons emesos, és a dir, augmentarà la intensitat de corrent que circula per la fotocèl·lula.

31. PAU 2020 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5

P5)

a)

1,25 p ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e$

En aquest apartat es penalitzarà l'omissió de l'antineutrí amb 0,25p.

Alternativament es pot escriure ${}^{0}_{-1}\beta$ enlloc de ${}^{0}_{-1}e$.

b)

0,25 p $m(t) = m_0\, e^{-\lambda t}$

0,25 p $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow \lambda = -\frac{\ln 0{,}5}{T_{1/2}} = 1{,}21 \times 10^{-4}\ \text{anys}^{-1}$

0,75 p $\frac{m(t)}{m_0} = 0{,}58 = e^{-\lambda t} \Longrightarrow t = -\frac{\ln 0{,}58}{\lambda} = 4500\ \text{anys}$

Alternativament

1,0 p $\left.\begin{matrix} 0{,}58 = e^{-\lambda t} \\ 0{,}5 = e^{-\lambda T_{1/2}} \end{matrix}\right\} \Longrightarrow \frac{\ln 0{,}58}{\ln 0{,}5} = \frac{t}{T_{1/2}}$

0,25 p $t = T_{1/2}\frac{\ln 0{,}58}{\ln 0{,}5} = 4500\ \text{anys}$

32. PAU 2020 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 8

P8)

a)

0,4 p $f = \frac{c}{\lambda}$

0,5 p $E_{fotó} = hf$

0,35 p

λ (μm)	f (Hz)	E (J)	E (eV)
1,04	$2{,}88 \times 10^{14}$	$1{,}91 \times 10^{-19}$	1,19
0,6	5×10^{14}	$3{,}32 \times 10^{-19}$	2,07
0,5	6×10^{14}	$3{,}98 \times 10^{-19}$	2,48

b)

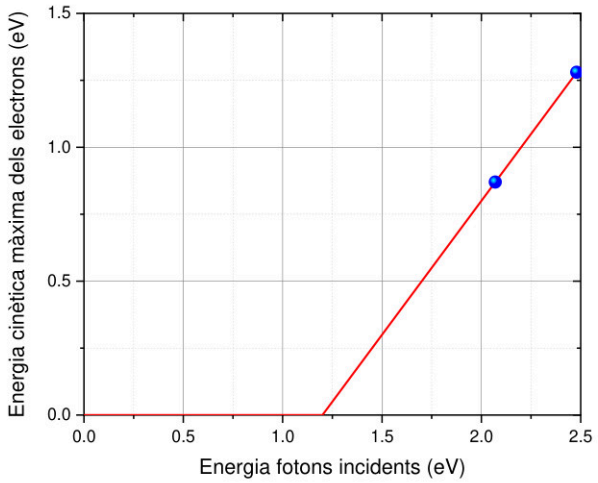
0,5 p $E_{C,màx} = hf - W_e$

λ (μm)	E (eV)	$E_{C,màx}$ (eV)
1,04	1,19	-
0,6	2,07	0,87
0,5	2,48	1,28

0,25 p La freqüència llindar correspon a la dels fotons que tenen una energia W_e:

$$f = \frac{W_e}{h} = \frac{1{,}2 \cdot 1{,}602 \times 10^{-19}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 2{,}90 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

No hi ha electrons arrencats per λ_1 atès que la seva freqüència, $2{,}88 \times 10^{14}$ Hz, està per sota del llindar.
També és pot argumentar que no s'arrenquen electrons per λ_1 atès que la seva energia, 1,19 eV, és inferior a W_e.



0,25 p Escalat eixos correcte, punts correctament representats.
0,25 p Eixos amb títols i unitats.
Si es representa l'extrapolació de les dades de manera que s'entra en la regió d'energies

33. PAU 2020 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 5

P5)

a)

0,4 p $A(t) = A_0\, e^{-\lambda t}$

0,1 p $t = 2020 - 1957 = 63$ anys

0,25 p $\lambda = -\frac{\ln(A(t)/A_0)}{t} = -\frac{\ln(600/2500)}{63} = 0{,}0226\ \text{anys}^{-1}$

0,1 p $0{,}5 = e^{-\lambda T_{1/2}} \Longrightarrow T_{\frac{1}{2}} = -\frac{\ln 0{,}5}{\lambda} = 30{,}6$ anys

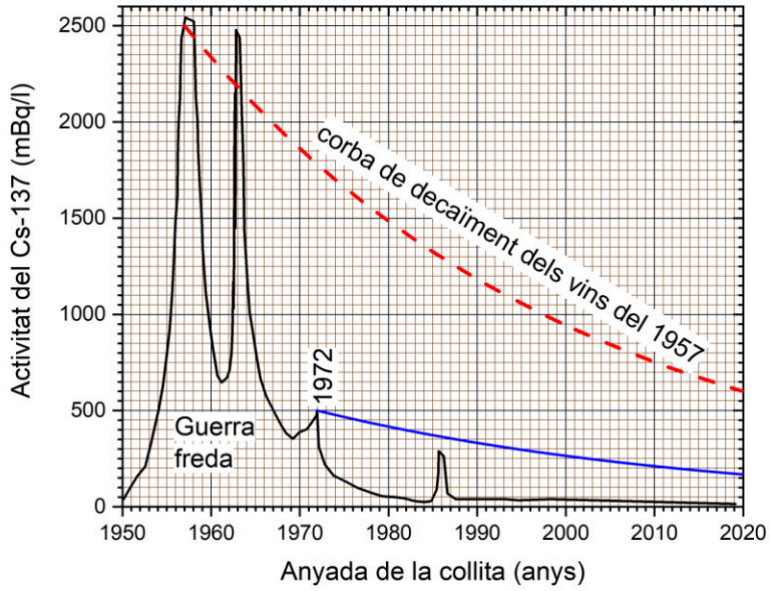
Alternativament

0,4 p $A(t) = A_0\, 2^{-t/T_{1/2}}$

0,1 p $t = 2020 - 1957 = 63$ anys

0,35 p $\frac{600}{2500} = 0{,}24 = 2^{-t/T_{1/2}} \Longrightarrow T_{1/2} = -t\frac{\ln 2}{ln 0{,}24} = 30{,}6$ anys

0,4 p



Cal que la figura comenci al pic de l'any 1972 i mostri un decreixement logarítmic. A l'any 2020 l'activitat és: $A(t) = A_0\, 2^{-\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}} = 500 \cdot 2^{-\frac{48}{30,6}} = 168$ mBq/l.

b)

0,4 p Càlcul de x: $235 + 1 = 137 + x + 3 \cdot 1 \Rightarrow x = 96$

0,4 p Càlcul de y: $92 = 55 + y \Rightarrow y = 37$

0,2 p neutró

${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{137}_{55}Cs + {}^{96}_{37}Rb + 3\,{}^{1}_{0}n$

0,25 p Es tracta d'una fissió nuclear.

34. PAU 2020 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 8

P8)

a)

0,2 p $m_m v r_m = \frac{h}{2\pi} \Rightarrow v = \frac{h}{2\pi}\frac{1}{m_m r_m}$

0,25 p D'altra banda, considerant que el muó descriu un moviment circular uniforme al voltant del nucli, la seva acceleració centrípeta és: $a=\frac{v^2}{r_m} = \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 \frac{1}{m_m^2 r_m^3}$

0,1 p La segona llei de Newton estableix que la força normal és: $F = m_m a = \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 \frac{1}{m_m r_m^3}$

0,1 p i la llei de Coulomb: $F = k\frac{e^2}{r_m^2}$

0,25 p Per tant obtenim que $k\frac{e^2}{r_m^2} = \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 \frac{1}{m_m r_m^3}$

$r_m = \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 \frac{1}{m_m k e^2} = 2{,}65 \times 10^{-13}$ m **0,1 p**

0,25 p De l'anterior expressió podem comprovar que el radi de l'orbita és inversament proporcional a la massa del leptó, per tant el radi de l'electró serà 200 vegades més gran que el radi del muó. Llavors, serà molt més gran l'hidrogen que l'hidrogen muònic.

b)

0,5 p L'energia del fotó emès és igual a la energia perduda per l'electró quan salta de l'orbita de més energia a la fonamental, és a dir,:

$$E_{fotó} = -(E_1 - E_2) = 3{,}266 \times 10^{-16}\ \text{J}$$

0,25 p Per altre banda l'energia del fotó és: $E_{fotó} = hf = h\frac{c}{\lambda}$

I finalment,

0,25 p $f = \frac{E_{fotó}}{h} = 4{,}93 \times 10^{17}$ Hz

0,25 p $\lambda = h\frac{c}{E_{fotó}} = \frac{c}{f} = 6{,}09 \times 10^{-10}$ m

35. PAU 2019 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a)

0,4 p $E = 10\ \text{GeV} \cdot \frac{10^9 \text{eV}}{1\ \text{GeV}} \cdot \frac{1{,}602\times10^{-19}\ \text{J}}{1\text{eV}} = 1{,}60 \times 10^{-9}\ \text{J}$

0,2 p $E = hf \Rightarrow f = \frac{E}{h} = \frac{1{,}602\times10^{-9}}{6{,}63\times10^{-34}} = 2{,}42 \times 10^{24}$ Hz

0,4 p $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}00\times10^{8}}{2{,}416\times10^{24}} = 1{,}24 \times 10^{-16}$ m

b)

0,4 p $E = mc^2 \Rightarrow m = \frac{E}{c^2}$

0,6 p $m = \frac{1{,}602\times10^{-9}}{9{,}00\times10^{16}} = 1{,}78 \times 10^{-26}$ kg

36. PAU 2019 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a)

0,5 p Es forma deuteri ${}_1^2H$

0,5 p ${}_1^1p + {}_0^1n \rightarrow {}_1^2H + {}_0^0\gamma$

b)

0,2 p L'energia del fotó serà igual a la disminució de la massa per la velocitat de la llum al quadrat.

$E = \Delta mc^2$

0,2 p $\Delta m = [m({}_1^1p) + m({}_0^1n)] - m({}_1^2H)$

0,1 p $\Delta m = 3{,}96 \times 10^{-30}\text{kg}$

0,1 p $E = \Delta mc^2 = 3{,}96 \times 10^{-30} \times (3{,}00 \times 10^8)^2 = 3{,}564 \times 10^{-13}\text{J}$

0,1 p $E = 3{,}564 \times 10^{-13}\text{J} \cdot \frac{1\text{eV}}{1{,}602\times10^{-19}J} = 2{,}22 \times 10^6\ \text{eV}$

0,3 p $f = \frac{E}{h} = \frac{3{,}564\times10^{-13}}{6{,}63\times10^{-34}} = 5{,}38 \times 10^{20}\ \text{Hz}$

37. PAU 2019 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a)

0,2 p ${}_1^2H$, deuteri, 1 protó i 1 neutró

0,2 p ${}_1^3H$, triti, 1 protó i 2 neutrons

0,2 p ${}_2^4He$, heli, 2 protons i 2 neutrons

0,4 p ${}_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4He + {}_0^1n$

b)

Disminució de la massa:

0,5 p $\Delta m = [m({}_1^2H) + m({}_1^3H)] - [m({}_2^4He) + m({}_0^1n)] = 3{,}14 \times 10^{-29}\text{kg}$

0,5 p $E = \Delta mc^2 = 3{,}14 \times 10^{-29} \times (3{,}00 \times 10^8)^2 = 2{,}82 \times 10^{-12}\text{J}$

38. PAU 2019 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a)

0,2 p $E_{fotons} = hf = h\frac{c}{\lambda} = 6{,}63 \times 10^{-19}J = 4{,}14\text{eV}$

Si per frenar-los calen 1,04 V, l'energia cinètica màxima serà 1,04 eV i del balanç d'energia:

0,4 p $hf + (-W_e) = E_{C,màx}$

0,2 p $W_e = hf - E_{C,màx} = 4{,}14 - 1{,}04 = 3{,}10\ \text{eV} = 4{,}96 \times 10^{-19}\ \text{J}$ **0,2 p**

b)

0,2 p $h\frac{c}{\lambda} + (-W_e) = \frac{1}{2}mv_{màx}^2$

0,8 p $v_{màx} = \sqrt{\frac{2}{m}\left(h\frac{c}{\lambda} - W_e\right)}$

39. PAU 2019 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3)

a)

0,3 p $h\nu + (-W_e) = E_c$

0,1 p $h\nu$: Energia del fotó

0,1 p W_e: Treball d'extracció de l'electró al metall

0,1 p E_c: Energia cinètica màxima dels fotoelectrons

0,4 p La condició de llindar correspon a $E_c = 0$, per tant $h\nu_L = W_e$.
Com $\nu = \frac{c}{\lambda} \rightarrow \frac{hc}{\lambda_L} = W_e \Rightarrow \lambda_L = \frac{hc}{W_e}$
Nota: S'han d'acceptar com a vàlides expressions equivalents amb altres símbols per a la freqüència (*f*) o el treball d'extracció (Φ), o expressant la E_c com $(1/2)mv^2$ o en funció del potencial de frenat (eV_{frenat}), o fins hi tot expressions com "energia del fotó - treball d'extracció de l'electró al metall = energia cinètica màxima dels fotoelectrons" (en aquest cas també s'explicita el significat de cada terme. En qualsevol cas, hi ha d'haver tres termes i cadascun ha de representar una energia.

b)

0,2 p Energia del fotó: $h\nu = 4{,}375 \times 10^{-19}\ \text{J} = 2{,}735\ \text{eV}$

0,5 p $E_c = h\nu + (-W_e) = 4{,}375 \times 10^{-19} - 2{,}36\ \text{eV} \times \frac{1{,}60\times 19^{-19}\text{J}}{1\ \text{eV}} = 6{,}00 \times 10^{-20}\ \text{J}$
o bé, de manera equivalent
$E_c = h\nu + (-W_e) = 2{,}735\ \text{eV} - 2{,}36\ \text{eV} = 0{,}375\ \text{eV}$

0,3 p Per frenar-los cal aplicar una diferència de potencial que provoqui un augment de l'energia potencial elèctrica igual a aquesta energia cinètica, per tant:

$$\Delta V = 0{,}375V$$

Nota: No s'exigeix a l'exercici que indiquin el signe

40. PAU 2019 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

P3)

a)

0,5 p $^{106}_{44}\text{Ru} \rightarrow {}^{106}_{45}\text{Rh} + {}^{0}_{-1}e^{-} + \bar{\nu}_e$

0,5 p Han d'indicar expressament que $^{0}_{-1}e^{-}$ és un electró o bé que és $^{0}_{-1}\beta^{-}$ una partícula beta o beta negativa i que $\bar{\nu}_e$ és un antineutrí.
Es tracta d'una <u>desintegració (o emissió) beta (o beta negativa)</u>

b)

0,4 p $\left.\begin{array}{l} A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \\ \lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}} \end{array}\right\} \Longrightarrow A(t) = A_0 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}$ **0,4 p**

0,2 p $A(210 \text{ dies}) = 200 \times 2^{-210/374} = 135,5 \text{ TBq}$

O alternativament

0,5 p $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}} = 1,853 \times 10^{-3} \text{ dies}^{-1} = 2,145 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$

0,5 p $A(t) = A_0 e^{-\lambda t} = 200 e^{-1,853 \times 10^{-3} \times 210} = 135,5 \text{ TBq}$

41. PAU 2018 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a)

0,5 p $^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}H$

0,5 p $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}\beta^{-} + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e$

b)

0,2 p $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

0,4 p $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}} = \dfrac{\ln 2}{5730} = 1,21 \times 10^{-4} anys^{-1}$

0,2 p $\dfrac{N(4000\,anys)}{N_0} \times 100 = e^{-1,21 \times 10^{-4} \times 4000} = 61,6\%$ **0,2 p**

42. PAU 2018 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a)

0,4 p $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00\times10^{8}}{500\times10^{-9}} = 6{,}0\times10^{14}\,Hz$

0,2 p $E_{fotó} = hf = 6{,}63\times10^{-34}\times6{,}0\times10^{14} = 3{,}98\times10^{-19}\,J$ **0,4 p**

b)

0,2 p $E_c = hf - W_e$

0,2 p $W_e = 1{,}30\,eV\,\frac{1{,}60\times10^{-19}\,J}{1\,eV} = 2{,}08\times10^{-19}\,J$

$\Big\} E_c = 3{,}98\times10^{-19} - 2{,}08\times10^{-19} = 1{,}90\times10^{-19}\,J$ **0,4 p**

0,2 p $E_c = 1{,}90\times10^{-19}\,J\times\frac{1eV}{1{,}60\times10^{-19}\,J} = 1{,}19eV$

43. PAU 2018 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a)

1 p $^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}\alpha$

b)

0,2 p $m(t) = m_0 e^{-\lambda t}$

0,2 p $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = 5{,}02\times10^{-3}\,dies^{-1}$

0,6 p $m(69dies) = 10{,}0\times e^{-5{,}02\times10^{-3}\times69} = 7{,}07\,g$

44. PAU 2018 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a)

0.4 p $h\nu = h\frac{c}{\lambda}$

0.4 p $h\nu = 6{,}63\times10^{-34}\,\frac{3{,}00\times10^{8}}{3{,}00\times10^{-7}} = 6{,}63\times10^{-19}\,J = 4{,}14eV$ **0.2 p**

b)

0.4 p $h\nu + (-W_e) = E_{c,\max} \Rightarrow W_e = h\nu - E_{c,\max}$

0.4 p $W_e = 6{,}63\times10^{-19} - 2{,}00\cdot(1{,}60\times10^{-19}) = 3{,}43\times10^{-19}\,J = 2{,}14eV$ **0.2 p**

45. PAU 2018 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

a)

0,2 p Nombre màssic = A = 99

0,2 p Nombre atòmic = Protons = Z = 43

0,2 p Neutrons = N = A – Z = 56

0,4 p $^{99}_{43}Tc^{*} \rightarrow ^{99}_{43}Tc + \gamma$

b)

0,3 p $m = m_0 e^{-kt}$

0,3 p $\frac{m_0}{2} = m_0 e^{-kt_{1/2}} \rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -kt_{1/2} \rightarrow k = \frac{\ln 2}{6} = 0{,}116 h^{-1}$

0,4 p $m = 2 \cdot \underbrace{e^{-\left(\frac{\ln 2}{6}\right)\cdot 24}}_{0{,}0625} = 0{,}125 ng$

También es pot fer argumentant que per cada període de semidesintegració la mostra queda reduïda a la meitat. Com que passen 4 períodes la mostra queda reduïda a la setzena part. $m = \frac{m_0}{16} = 0{,}125 ng$

46. PAU 2017 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

P3)

a)

0.4 p
$^{131}_{53}I \rightarrow ^{131}_{54}Xe + ^{0}_{-1}\beta^{-1} + ^{0}_{0}\overline{\nu}_{e^-}$
$^{131}_{54}Xe \rightarrow ^{131}_{54}Xe + \gamma$

0.2 p $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{8{,}02} = 0{,}0864\ dies^{-1}$

0.4 p $\frac{N_f}{N_i} = e^{-\lambda t} = e^{-0{,}0864 \cdot 24{,}06} = 0{,}125 = 12{,}5\%$

b)

0.4 p
$$\left.\begin{array}{l} E = hf = h\frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = h\frac{c}{E} \\ E = 364\times10^{3}\,eV \times \frac{1{,}6\times10^{-19}\,J}{1eV} = 5{,}824\times10^{-14}\,J \end{array}\right\} \lambda = 3{,}41\times10^{-12}\,m \quad \textbf{0.6 p}$$

47. PAU 2017 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)

0.2 p $^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}\alpha$

$^{224}_{86}Rn \rightarrow {}^{224}_{87}Fr + {}^{0}_{-1}\beta^{-1} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}_{e^-}$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

0.2 p $$\lambda_{^{222}_{86}Ra} = \frac{\ln 2}{3{,}82 \cdot 24} = 7{,}56 \times 10^{-3}\, h^{-1}$$

$$\lambda_{^{224}_{86}Ra} = \frac{\ln 2}{1{,}80} = 3{,}85 \times 10^{-1}\, h^{-1}$$

Per al $^{222}_{86}Rn$:

$$9{,}00 \times 10^{-2} = 1{,}00 \times 10^{-1} e^{-7{,}56 \times 10^{-3} t} \Rightarrow \ln\left(\frac{9{,}00 \times 10^{-2}}{1{,}00 \times 10^{-1}}\right) = 7{,}56 \times 10^{-3} t \Rightarrow t = 13{,}9h$$ **0.2 p**

Per al $^{224}_{86}Rn$: $N(t = 13{,}9h) = 1{,}00 \times 10^{-1} e^{-3{,}85 \times 10^{-1} \cdot 13{,}9} = 4{,}67 \times 10^{-4}\, mol$ **0.2 p**

0.2 p $$4{,}67 \times 10^{-4}\, mol \times \frac{6{,}022 \times 10^{23}\, àtoms}{1 mol} = 2{,}81 \times 10^{20}\, àtoms$$

b)

0.4 p $$E = 5{,}590 MeV \times \frac{1{,}60 \times 10^{-13} J}{1 MeV} = 8{,}94 \times 10^{-13} J$$

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

0.4 p $$\Delta m = \frac{E}{c^2} = \frac{8{,}94 \times 10^{-13}}{\left(3{,}00 \times 10^{8}\right)^2} = 9{,}93 \times 10^{-30}\, kg$$

48. PAU 2017 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a)

0.5 p Dels nuclis presents a l'origen de la Terra, no en quedarà cap.

$$\frac{N}{N_0} = 2^{(-t/t_{1/2})} = 2^{(-4400/2,6)} \approx 0$$

0.5 p Dels nuclis generats fa 13 milions d'anys:

$$\frac{N}{N_0} = 2^{(-t/t_{1/2})} = 2^{(-13/2,6)} = 0,03125 \Rightarrow 3,1\%$$

b)

0.5 p ${}^{60}_{26}Fe \rightarrow {}^{60}_{27}Co + {}^{0}_{-1}e^{-1} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

0.5 p ${}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e^{-1} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

Alternativament es pot indicar l'electró o partícula beta amb el símbol β
Restarem 0.2 p si no escriuen els antineutrins

49. PAU 2017 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a)

0.2 p $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$

0.2 p $\lambda = \dfrac{\ln 2}{600} = 1,155\times10^{-3}\, s^{-1}$

0.2 p $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

0.4 p $N(t = 3600s) = 10^{10} e^{-1,155\times10^{-3}\cdot 3600} = 1,56\times10^{8}\, nuclis$

b)

0.4 p $A(t) = \lambda \cdot N(t)$

0.6 p $A(t = 7200) = 1,16\times10^{-3} \cdot \underbrace{10^{10} e^{-1,155\times10^{-3}\cdot 7200}}_{2,36\times10^{6}} = 2,82\times10^{3}\, Bq$

50. PAU 2017 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3)

a)

0.2 p $c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00\times10^{8}}{400\times10^{-9}} = 7{,}50\times10^{14}\,Hz$

0.2 p $E_{fotó} = hf = 6{,}63\times10^{-34}\cdot 7{,}50\times10^{14} = 4{,}97\times10^{-19}\,J$ **0.2 p**

0.2 p $p = \frac{E_{fotó}}{c} = \frac{4.97\cdot10^{-19}}{3{,}00\cdot10^{8}} = 1{,}66\cdot10^{-27}\,kg\,ms^{-1}$ **0.2 p**

b)

0.3 p $h\underbrace{\frac{c}{\lambda}}_{f} = pc \Rightarrow \lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63\cdot10^{-34}}{3{,}31\cdot10^{-25}} = 2{,}00\cdot10^{-9}\,m = 2nm$ **0.3 p**

0.4 p $\text{Relació} = \frac{2}{400} \approx 5\times10^{-3}$ és a dir, la resolució del microscopi electrònic es 200 vegades més gran que la resolució del microscopi òptic.

51. PAU 2017 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

P3)

a)

1 p

$$^{232}_{90}Th \rightarrow {}^{228}_{88}Ra + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{228}_{88}Ra \rightarrow {}^{228}_{89}Ac + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_{e^-}$$
$$^{228}_{89}Ac \rightarrow {}^{228}_{90}Th + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_{e^-}$$
$$^{228}_{90}Th \rightarrow {}^{224}_{88}Ra + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{224}_{88}Ra \rightarrow {}^{220}_{86}Rn + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{220}_{86}Rn \rightarrow {}^{216}_{84}Po + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{216}_{84}Po \rightarrow {}^{212}_{82}Pb + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{212}_{82}Pb \rightarrow {}^{212}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_{e^-}$$
$$^{212}_{83}Bi \rightarrow {}^{212}_{84}Po + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_{e^-}$$
$$^{212}_{84}Po \rightarrow {}^{208}_{82}Pb + {}^{4}_{2}\alpha$$

Es consideren mal plantejades aquelles reaccions en les quals falta algun dels termes i per tant **es restaran 0.1 p** en cadascuna de les reaccions mal plantejades.

b)

$T_{1/2} = 1{,}4 \times 10^{10}\ anys$

0.2 p $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

0.4 p $0{,}5N_0 = N_0 e^{-\lambda 1{,}4\times 10^{10}\cdot} \Rightarrow \lambda = -\dfrac{\ln 0{,}5}{1{,}4\times 10^{10}} = 4{,}95\times 10^{-11}\ anys^{-1}$

0.4 p $N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \dfrac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-4{,}95\times 10^{-11}\cdot 2\times 10^{10}} = 0{,}37 = 37\%$

52. PAU 2016 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a) $^{18}_{9}F \rightarrow {}^{A}_{B}Y + {}^{C}_{D}positró + {}^{0}_{0}\nu$

0.2 p El nucli de fluor té 9 protons segons veiem en l'equació. El nombre de neutrons seran: $A - Z = 18 - 9 = 9$ neutrons

0.2 p El positró és l'antipartícula de l'electró per tant $C = 0$ i $D = 1$
Com que en la desintegració s'ha de conservar el nombre atòmic i el màssic,

$18 = A + 0 + 0 \Rightarrow A = 18$

$9 = B + 1 + 0 \Rightarrow B = 8$

El positró i l'electró s'anihilen donant lloc a 2 fotons idèntics que viatjaran en la mateixa direcció i sentit contrari. L'energia dels 2 fotons serà la que emmagatzemava la massa en repòs de les dues partícules que s'anihilen.

0.2 p $E = 2h\nu = 2mc^2 \Rightarrow h\nu = mc^2 \Rightarrow \nu = \dfrac{mc^2}{h}$

0.4 p $\nu = \dfrac{9{,}11 \times 10^{-31} \times \left(3{,}00 \times 10^{8}\right)^2}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 1{,}24 \times 10^{20}\, Hz$

b)

0.2 p $N_{final} = 0{,}01 N_0$

0.2 p $0{,}01 N_0 = N_0 e^{-\lambda t}$

0.4 p

$$\left.\begin{array}{l} \ln 0{,}01 = -\lambda t \Rightarrow t = -\dfrac{\ln 0{,}01}{\lambda} \\ 0{,}5 N_0 = N_0 e^{-\lambda \cdot 109{,}77'} \Rightarrow \lambda = -\dfrac{\ln 0{,}5}{109{,}77'} \end{array}\right\} t = 729{,}30\,\text{min} \approx 12h$$

0.2 p

53. PAU 2016 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a)

0.3 p $E_{1\,fotó} = 2{,}20eV \times \dfrac{1{,}602\times10^{-19}J}{1eV} = 3{,}52\times10^{-19}J$

0.1 p $E = h\nu = h\dfrac{c}{\lambda}$

0.6 p $\lambda = \dfrac{6{,}63\times10^{-34}\times3{,}00\times10^{8}}{3{,}52\times10^{-19}} = 5{,}64\times10^{-7}m = 564nm$

b)

0.1 p $A = 1{,}00cm^2 = 10^{-4}m^2$

0.2 p $P = IA = 1400\times10^{-4} = 0{,}14W$

0.4 p $E = Pt = 0{,}14\times1 = 0{,}14J$

0.3 p $\text{Nombre de fotons} = \dfrac{1\,fotó}{3{,}52\times10^{-19}J}\times0{,}14J = 3{,}98\times10^{17}\,fotons$

54. PAU 2016 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

0.5 p Desintegració β^- $\quad {}^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{20}Ca + \beta^- + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e$

Si no es posa el antineutrí: **-0-2p**

0.5 p Desintegració β^+ $\quad {}^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + \beta^+ + {}^{0}_{0}\nu_e$

Si no es posa el neutrí: **-0.2 p**

$\beta^- = {}^{0}_{-1}e \;;\; \beta^+ = {}^{0}_{1}e$

b)

0.1 p $E = 1460MeV = 1460\cdot10^{6}eV\cdot\dfrac{1.6\cdot10^{-19}}{1eV} = 2.336\cdot10^{-10}J$

0.2 p $E = h\nu \Rightarrow \nu = \dfrac{E}{h} = \dfrac{2.336\cdot10^{-10}}{6.63\cdot10^{-34}} = 3.52\cdot10^{23}s^{-1}$

0.3 p $\lambda = \dfrac{c}{\nu} = \dfrac{3\cdot10^{8}}{3.52\cdot10^{23}} = 8.51\cdot10^{-16}m$

0.4 p $\Delta m = \dfrac{\Delta E}{c^2} = \dfrac{2.336\cdot10^{-10}}{\left(3{,}00\cdot10^{8}\right)^2} = 2.60\cdot10^{-27}kg$

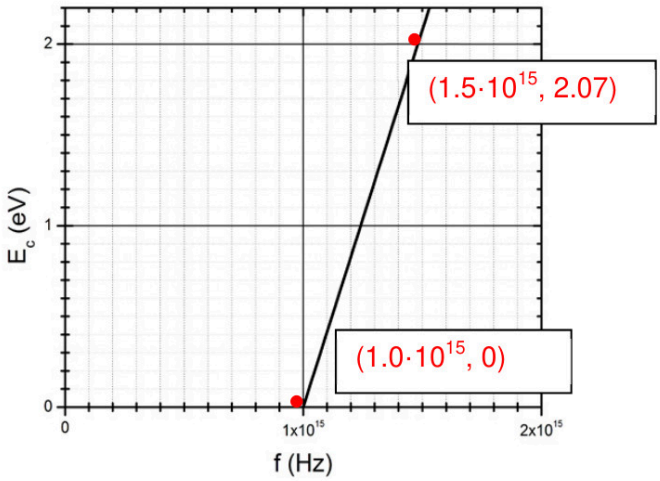
55. PAU 2016 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 5 (Opció A)

P5)
a)

0.3 p $E = hf - \underbrace{hf_0}_{W_{extracció}} = h(f - f_0)$

A partir del pendent de la recta es calcula la constant de Planck.

Triem per exemple, els punts: (1.5·10^{15}, 2,07) i (1.0·10^{15}, 0)



0.7 p

$$pendent \approx \frac{(2{,}07\times1{,}6\times10^{-19})-0}{1{,}5\times10^{15}-10^{15}} = 6{,}62\times10^{-34}\,Js$$

Es poden acceptar valors aproximats ja que estem llegint una gràfica.

b)

0.4 p La freqüència llindar f_0, és, segons la gràfica: 10^{15} Hz

La energia mínima d'extracció dels electrons és:

0.6 p $W_{extracció} = hf_0 = 6{,}62\times10^{-34}\times10^{15} = 6{,}62\times10^{-19}\,J = 4{,}14\,eV$

56. PAU 2016 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a) $N(t)$ és el nombre de nuclis que queden de la substància radioactiva, després que hagi passat un temps t, si en tenim un nombre N_0 a l'instant inicial. **0.2**

L'exponent 0.005 s^{-1} és la constant de desintegració radioactiva $\Rightarrow\ \lambda = 0,005\ \text{s}^{-1}$ **0.2**

El període de semidesintegració és el temps que ha de passar perquè es reduixi a la meitat la quantitat d'una substància radioactiva **0.2** $\Rightarrow$

$$\frac{N_0}{2} = N_0\,e^{-\lambda\,t_{1/2}} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda\,t_{1/2}} \Rightarrow \ln(1) - \ln(2) = -\lambda\,t_{1/2} \Rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 1,4\cdot10^2\ \text{s}$$ **0.4**

b) L'activitat d'una substància radioactiva es defineix com:

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = (-\lambda)(-N_0)\,e^{-\lambda\,t}$$ **0.5** $\Rightarrow$

$$A(t = 4\ \text{hores}) = 0,005\ \text{s}^{-1}\cdot10^{28}\ \text{nuclis}\ e^{-(0,005\ \text{s}^{-1}\cdot4\text{hores}\cdot3600\frac{\text{s}}{1\ \text{hora}})} = 2,7\cdot10^{-6}\frac{\text{nuclis}}{\text{s}}$$ **0.5**

57. PAU 2016 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a)

$$E_{fotons} = W_0 + E_{c\ màxima} \Rightarrow W_0 = \frac{hc}{\lambda} - E_{c\ màxima}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

El potencial de frenada és una manera de determinar l'energia cinètica màxima:

$$E_{c\ màxima} = q\ V_{potencial\ de\ frenada} \Rightarrow$$

$$W_0 = \frac{hc}{\lambda} - q\ V_{potencial\ de\ frenada}\ \boxed{\mathbf{0.2}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \cdot 3 \times 10^{8}}{560 \times 10^{-9}} - 1,6{\times}10^{-19}{\cdot}0.95 = 2.03{\times}10^{-19}\ \text{J}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

On W_0 és la funció de treball.

La freqüència llindar per produir efecte fotoelèctric és:

$$\nu_0 = \frac{W_0}{h} = \boxed{\mathbf{0.2}} = 3,06 \times 10^{14}\ \text{Hz}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

b)

$$\text{Si } \lambda > \lambda_0 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} < \frac{1}{\lambda_0} \Rightarrow E(\lambda) = \frac{hc}{\lambda} < \frac{hc}{\lambda_0} = W_0 \Rightarrow$$

No es pot produir efecte fotoelèctric $\boxed{\mathbf{0.5}}$

$$\text{Si } \nu > \nu_0 \Rightarrow E(\nu) = h\nu > h\nu_0 = W_0 \Rightarrow$$

En aquest cas sí que es produirà efecte fotoelèctric $\boxed{\mathbf{0.5}}$

58. PAU 2015 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A

P3)
a)

1 $^{222}_{86}Rn \rightarrow ^{218}_{84}Po + ^{4}_{2}He$ (ó $^{4}_{2}\alpha$)

Descomptarem 0,3 per cada mancança o terme incorrecte.

b)

0,2 $$E = 5{,}50\times10^{6}\,eV \times \frac{1{,}60\times10^{-19}\,J}{1eV} = 8{,}80\times10^{-13}\,J$$

0,2 $$E = hf \Rightarrow f = \frac{E}{h}$$

0,2 $$f = \frac{8{,}80\times10^{-13}}{6{,}63\times10^{-34}} = 1{,}33\times10^{21}\,s^{-1}$$

0,2 $$\lambda = \frac{c}{f}$$

0,2 $$\lambda = \frac{3{,}00\times10^{8}}{1{,}33\times10^{21}} = 2{,}26\times10^{-13}\,m$$

Opció B

P3)

a)

Les reaccions nuclears conserven la massa i la càrrega.

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}\text{massa inicial}: 208+70=278\\ \text{massa final}: 277+d=277+d\end{array}\right\} d=1\\ \left.\begin{array}{l}\text{càrrega inicial}: a+b\\ \text{càrrega final}: c+e\\ a=82, b=30, c==112\end{array}\right\} e=0\end{array}\right\} {}^{208}_{82}Pb+{}^{70}_{30}Zn\rightarrow{}^{277}_{112}Cn+{}^{1}_{0}n \text{ (neutró)}$$

0,4

0,6

El període de semidesintegració, $T_{1/2}$, és el temps que ha de passar per reduir-se a la meitat la quantitat d'una substància radioactiva, en aquest cas $T_{1/2}$ = 0.17 ms ⇒ En t = 1 minut no hi haurà res → 0 % de copernici.

b)

$${}^{277}_{112}Cn\rightarrow{}^{273}_{110}Ds+{}^{4}_{2}\alpha$$
$${}^{273}_{110}Ds\rightarrow{}^{269}_{108}Hs+{}^{4}_{2}\alpha$$
$${}^{269}_{108}Hs\rightarrow{}^{265}_{106}Sg+{}^{4}_{2}\alpha$$
$${}^{265}_{106}Sg\rightarrow{}^{261}_{104}Rf+{}^{4}_{2}\alpha$$
$${}^{261}_{104}Rf\rightarrow{}^{257}_{102}No+{}^{4}_{2}\alpha$$
$${}^{257}_{102}No\rightarrow{}^{253}_{100}Fm+{}^{4}_{2}\alpha$$

1

Es produeix una desintegració alfa repetida.

Per cada desintegració incompleta o incorrecta es penalitzarà amb 0,2 p. Si totes les reaccions són incorrectes, la puntuació serà de zero.

60. PAU 2015 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a)

0.1 $$T_{1/2} = 7{,}00\times10^{8}\,anys\cdot\frac{(365\times24\times3600)s}{1any} = 2{,}21\times10^{16}\,s$$

La constant de desintegració es calcula a partir del període de semidesintegració, que és el temps que ha de passar perquè es redueixi a la meitat la quantitat d'una substància radioactiva.

0.3 $$\left.\begin{aligned} N_{1/2} &= N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \\ N_{1/2} &= \frac{1}{2}N_0 \end{aligned}\right\}\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = 3{,}14\times10^{-17}\,s^{-1}$$

El nombre de nuclis inicials (N_0):

0.2 $$N_0 = 1{,}00\,g\cdot\frac{1\,\text{mol d'U}}{235\,g}\cdot\frac{6{,}02\times10^{23}\,nuclis}{1mol} = 2{,}56\times10^{21}\,nuclis$$

0.2 L'activitat d'una substància radioactiva es defineix com:

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = (-\lambda)\underbrace{(N_0)e^{-\lambda t}}_{N(t)}$$

0.2 $$A_0 = \lambda N_0 = 8{,}04\times10^{4}\,Bq$$

b)

0.2 $$m(t) = m_0 e^{-\lambda t}$$

0.2 $$t = 10^{8}\,anys\cdot\frac{(365\times24\times3600)s}{1any} = 3{,}15\times10^{15}\,s$$

0.6 $$m(t = 10^{8}\,anys) = 1{,}000\times e^{-3{,}14\times10^{-17}\times3{,}15\times10^{15}} = 0{,}906\,g$$

61. PAU 2015 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a)

0.2 $$\lambda = 4750\text{Å} \times \frac{10^{-10} m}{1\text{Å}} = 4{,}75 \times 10^{-7} m$$

0.2 $$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3{,}00 \times 10^{8}}{4{,}75 \times 10^{-7}} = 6{,}32 \times 10^{14} Hz$$

0.2 $$E = hf = 4{,}19 \times 10^{-19} J$$

0.2 $$\left.\begin{array}{l} W_0 = hf_0 \\ f_0 = 4{,}75 \times 10^{14} \end{array}\right\} W_0 = 3{,}15 \times 10^{-19} J$$ 0.2

b) L'energia cinètica màxima dels electrons emesos és la diferència entre l'energia subministrada pels fotons $E = h\nu$ i el treball d'extracció $W_0 = h\nu_0$ necessari per extreure els electrons. Per tant:

0.3 $$E_C = E - W_0$$

0.2 $$E_C = 4{,}19 \times 10^{-19} - 3{,}15 \times 10^{-19} = 1{,}05 \times 10^{-19} J$$

0.3 $$E_C = q_e V_0$$

El potencial de frenada és:

0.2 $$V_0 = \frac{1{,}05 \times 10^{-19}}{1{,}602 \times 10^{-19}} = 0{,}655 V$$

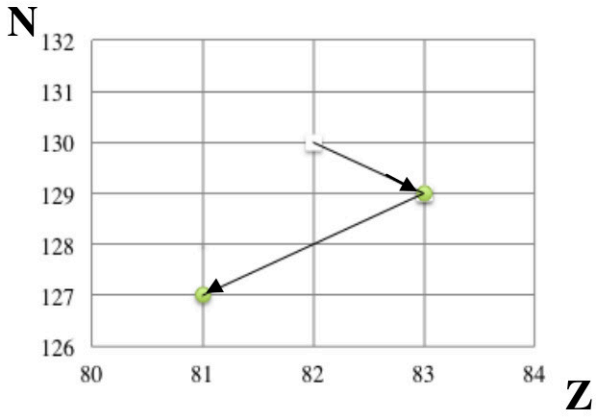
62. PAU 2015 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

a)

0.3 $^{212}_{82}Pb \rightarrow {}^{212}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}\beta + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e$

Desintegració beta β^- (electró)



0.3 $^{212}_{83}Bi \rightarrow {}^{208}_{81}Tl + {}^{4}_{2}\alpha$

Desintegració alfa, α (nuclis d'heli)

0.2

$^{212}_{82}Pb$ { nom: plom; nombre atòmic: 82; nombre màssic: 212 } ; $^{212}_{83}Bi$ { nom: bismut; nombre atòmic: 83; nombre màssic: 212 } ; $^{208}_{81}Tl$ { nom: tal·li; nombre atòmic: 81; nombre màssic: 208 }

0.2 $^{0}_{-1}\beta = {}^{0}_{-1}e$ = electró - partícula β; $^{4}_{2}\alpha$ = partícula α; $^{0}_{0}\bar{\nu}_e$ = antineutrí electrònic

Descomptarem 0.1 per cada mancança.

b)

0.2 Si s'han desintegrat el 10%, queden el 90% dels nuclis

$$\rightarrow N = 0{,}9N_0 \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 0{,}9$$

Obtenim la constat de desintegració radioactiva, λ, a partir del període de semidesintegració que es el temps que ha de passar per reduir-se a la meitat la quantitat d'una substancia radioactiva

0.2 $$\frac{1}{2}N_0 = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

Calculem el temps que haurà de passar per tal de que es desintegrin un 10% dels nuclis:

0.2 $$t = -\left(\frac{T_{1/2}}{\ln 2}\right)\left(\ln \frac{N}{N_0}\right)$$

0.4 $$t = -\left(\frac{10{,}64}{\ln 2}\right)(\ln 0{,}9) = 1{,}617h$$

63. PAU 2014 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A
P3)

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:

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

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

$$0 = 3,72 + 4,14\left(\frac{f_{llindar}}{10^{15}} - 2\right)\ \boxed{\mathbf{0.1}} \Rightarrow f_{llindar} = \left(-\frac{3.72}{4,14} + 2\right)\cdot 10^{15} = 1,10\cdot 10^{15}\,\text{Hz}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

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

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

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

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

64. PAU 2014 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció B)

Opció B
P3)

a) Calculem la freqüència:

$$f = \frac{E}{h}\ \boxed{\mathbf{0.2}} = 10\,\text{eV}\,\frac{1.602\cdot 10^{-19}\,\text{J}}{1\,\text{eV}} \times \frac{1}{6,626\cdot 10^{-34}\,\text{J}\,\text{s}}\ \boxed{\mathbf{0.1}} = 2,418\cdot 10^{15}\,\text{Hz}\ \boxed{\mathbf{0.1}}$$

La longitud d'ona serà:

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

Com que el camp elèctric és constant tindrem:

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

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:

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

$$E_c^A = E_c^B + E_p^B - E_p^A = E_c^B + q_e(V_B - V_A)\ \boxed{\mathbf{0.2}} = 2.3\,\text{eV} - 1\text{e}\,(-3\text{V})\ \boxed{\mathbf{0.2}} = 5,3\,\text{eV}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

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

$$W = hf - E_c = 10 - 5.3 = 4.7\,\text{eV}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

65. PAU 2014 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A
P3)

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

$$h\frac{c}{\lambda} - W = E_C \boxed{\mathbf{0.4}} \Rightarrow$$

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

b) La longitud d'ona llindar la obtindrem fent que l'energia cinètica dels electrons emesos sigui zero. $\boxed{\mathbf{0.2}}$

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

La longitud d'ona llindar no depèn de la potencia de la radiació incident, per tant si dupliquem aquesta potència la longitud d'ona llindar no variarà $\boxed{\mathbf{0.3}}$

66. PAU 2014 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció B)

Opció B
P3)

a)

$$N(t) = N_0\,\text{e}^{-\frac{t\ln 2}{t_{1/2}}} = \boxed{\mathbf{0.4}} \Rightarrow t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\frac{N(t)}{N_0}\boxed{\mathbf{0.4}} = -\frac{5760}{\ln 2}\ln\frac{9,5\cdot 10^8}{6,9\cdot 10^9} = 1,65\cdot 10^4\,\text{anys}\boxed{\mathbf{0.2}}$$

b)

$${}^{14}_{6}C \rightarrow \beta^- + {}^{14}_{a}X + {}^{0}_{0}\overline{\nu}\boxed{\mathbf{0.2}} \Rightarrow a = 7\boxed{\mathbf{0.1}}$$

Per tant ${}^{14}_{a}X = {}^{14}_{7}N$ $\boxed{\mathbf{0.1}}$ Si es deixen l'antineutrí i/o el col·loquen malament, descomptarem **0.1** punts.

$$|\Delta m| = |m({}^{14}_{6}C) - 8\,m({}^{1}_{0}n) - 6\,m({}^{1}_{1}p) - 6\,m(e^-)|\boxed{\mathbf{0.2}} = 1.873\cdot 10^{-28}\,\text{kg}\boxed{\mathbf{0.1}} \Rightarrow$$

$$\text{Defecte de massa del } {}^{14}_{6}\text{C} = \frac{|\Delta m|}{14} = 1.338\cdot 10^{-29}\,\text{kg}\boxed{\mathbf{0.3}}$$

67. PAU 2014 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A
P3)

a) Podem plantejar l'equació de la desintegració del poloni-210 com:

$${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{x}_{82}\text{Pb}\boxed{\mathbf{0.5}} \Rightarrow$$

$$x + 4 = 210\boxed{\mathbf{0.3}} \Rightarrow x = 206\boxed{0.2}$$

b)

$$m = m_0\,\text{e}^{-\frac{\ln 2\, t}{t_{1/2}}}\boxed{0.5} \Rightarrow m = (5\,\text{mg})\,\text{e}^{-\frac{(\ln 2)\,20\text{ dies}}{37\text{ dies}}} = 3,4\,\text{mg}\boxed{0.5}$$

68. PAU 2014 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció B)

Opció B
P3)

a)

$$E_c = \frac{\text{hc}}{\lambda} - W = \frac{6,63\cdot 10^{-34}\,\text{J s}\times 3\cdot 10^{8}\,\text{m/s}}{850\cdot 10^{-9}\,\text{m}} - 1,2\,\text{eV}\,\frac{1,6\cdot 10^{-19}\,\text{J}}{1\text{eV}} = 4,2\cdot 10^{-20}\,\text{J}\ \boxed{\mathbf{0.5}}$$

$$\left.\begin{array}{rl}\lambda_e = & \frac{h}{mv}\\ v = & \sqrt{\frac{2E_c}{m}}\end{array}\right\} \Rightarrow \lambda_e = \frac{\text{h}}{\sqrt{2mE_c}} = 2,40\cdot 10^{-9}\,\text{m}\ \boxed{\mathbf{0.5}}$$

b)

$$\lambda = \frac{\text{hc}}{E_c + W}\ \boxed{\mathbf{0.4}} = \frac{6,63\cdot 10^{-34}\,\text{J s}\times 3\cdot 10^{8}\,\text{m/s}}{2\times 4,2\cdot 10^{-20}\,\text{J} + 1,2\,\text{eV}\,\frac{1,6\cdot 10^{-19}\,\text{J}}{1\,\text{eV}}}\ \boxed{\mathbf{0.4}} = 7,21\cdot 10^{-7}\,\text{m}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

69. PAU 2013 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció B)

Opció B
P3)

a)

$$N(t) = N_0\,\text{e}^{-\frac{t\ln 2}{t_{1/2}}}\ \boxed{\mathbf{0.4}}$$

$$N(t=24\text{h}) = N_0\,\text{e}^{-\frac{24\text{h}\ln 2}{13.2\text{h}}}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

La fracció restant serà:

$$\frac{N(t=24\text{h})}{N_0} = \text{e}^{-\frac{24\text{h}\ln 2}{13.2\text{h}}} = 0.28 \text{ ó } 28\%\ \boxed{\mathbf{0.4}}$$

b) La reacció serà la següent:

$${}^{131}_{53}\mathbf{I} \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{131}_{54}\mathbf{Xe}\ \boxed{\mathbf{0.5}}$$

Veiem que es tracta d'una partícula β (o electró) $\boxed{\mathbf{0.5}}$

70. PAU 2013 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

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

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

i la seva energia

$$h\,f\ \boxed{\mathbf{0.1}} = (6.63\cdot 10^{-34})(7.5\cdot 10^{14}) \equiv 4.97\cdot 10^{-19}\,\text{J}\ \boxed{\mathbf{0.2}}.$$

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

$$E_c^A = h\,f - W_0 = 4.97\cdot 10^{-19} - 3.66\cdot 10^{-19} = 1.31\cdot 10^{-19}\,\text{J}\ \boxed{\mathbf{0.2}}.$$

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

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

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

$$h\,f = W_0 + E_c^A\ ,\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

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

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

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

$$E_c^A = E_p^B - E_p^A = q(V_B - V_A) \equiv -q\,V_f\ \boxed{\mathbf{0.1}}$$

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

$$h\,f - W_0 = -q\,V_f\ \boxed{\mathbf{0.1}}$$

i per tant

$$W_0 = h\,f + q\,V_f\ .$$

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

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

obtenim

$$W_0 = h\,f + q\,V_f = 3.11 - 0.17 = 2.94\ \text{eV}\ \boxed{\mathbf{0.2}}$$

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

71. PAU 2013 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A
P3)

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

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

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

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

b)

El balanç energètic en l'efecte fotoelèctric és:

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

Per tant

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

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

Per altre banda, substituint en una les equacions anteriors:

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

72. PAU 2013 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3 (Opció B)

Opció B
P3)

a) La reacció nuclear del $^{210}_{84}$Po, serà:

$$^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + {}^{206}_{82}\text{Pb} \ \boxed{0.5}$$

També considerem vàlida la resposta on en lloc del He i posem α

Podem escriure la llei de desintegració com:

$$N(t) = N_0\, e^{-\lambda\, t}$$

Per altre banda:

$$N(t = t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0\, e^{-\lambda\, t_{1/2}} \ \boxed{0.2} \Rightarrow e^{\lambda\, t_{1/2}} = 2 \Rightarrow \lambda = \frac{\ln\, 2}{t_{1/2}} = 5,02{\cdot}10^{-3}\,\text{dies}^{-1} = 5,81{\cdot}10^{-8}\,\text{s}^{-1} \ \boxed{0.3}$$

b) La llei de desintegració també la podem escriure:

$$\frac{m(t)}{m_A}N_A = \frac{m_0}{m_A}N_A\, e^{-\lambda\, t} \ \boxed{0.1} \Rightarrow m(t) = m_0\, e^{-\lambda\, t} \ \boxed{0.2}$$

Per tant:

$$m(t = 20 \text{ dies}) = 5 \text{ mg } e^{-\,5,02\cdot 10^{-3}\cdot\text{dies}^{-1}\cdot 20 \text{ dies}} = 4,52 \text{ mg} \ \boxed{0.7}$$

O sigui ens quedaran: 4.52 mg

73. PAU 2013 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)

$$^{240}_{94}\text{Pu} + ^{a}_{b}\text{x} \rightarrow ^{241}_{94}\text{Pu} \Rightarrow \begin{cases} 240 + a = 241 \Rightarrow a = 1 & \boxed{\textbf{0.1}} \\ 94 + b = 94 \Rightarrow b = 0 & \boxed{\textbf{0.1}} \end{cases}$$

$$^{241}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{241}_{95}\text{Am} + ^{c}_{d}\text{y} \Rightarrow \begin{cases} 241 = c + 241 \Rightarrow c = 0 & \boxed{\textbf{0.1}} \\ 94 = d + 95 \Rightarrow d = -1 & \boxed{\textbf{0.1}} \end{cases}$$

El ^{240}Pu ha capturat un neutró $\boxed{\textbf{0.3}}$

El ^{241}Pu ha emes una partícula β ó electró. La desintegració s'anomena emissió beta $\boxed{\textbf{0.3}}$

b) La llei de desintegració la podem escriure com:

$$N(t) = N_0\, \mathrm{e}^{-\frac{t\ \ln 2}{t_{1/2}}} = N_0\, \left(\mathrm{e}^{-\ln 2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} = N_0\, 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}} \quad \boxed{\textbf{0.5}}$$

% de nuclis que s'hauran desintegrat després de (2013-1944) = 69 anys:

$$100 \cdot \frac{N_0 - N(t=69)}{N_0} = 100 \cdot \frac{N_0\ (1 - 2^{-\frac{69}{432}})}{N_0} = 10,5\% \quad \boxed{\textbf{0.5}}$$

74. PAU 2013 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a) La reacció que ens demanen és:

$$^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{18}\text{Ar} + ^{0}_{1}\beta^{+} \quad \boxed{\textbf{0.6}}$$

Com podem comprovar la partícula emergent és un positró $\boxed{\textbf{0.4}}$ (no és precís que comentin res respecte la possible producció de neutrins)

b) La llei de desintegració la podem escriure com:

$$N(t) = N_0\, \mathrm{e}^{-\frac{t\ \ln 2}{t_{1/2}}} \rightarrow m(t) = m_0\, \mathrm{e}^{-\frac{t\ \ln 2}{t_{1/2}}} \quad \boxed{\textbf{0.2}}$$

$$m(t = 5 \cdot 10^9) = 10\ \text{g}\ \mathrm{e}^{-\frac{5 \cdot 10^9\ \ln 2}{1,25 \cdot 10^9}} = 6,25 \cdot 10^{-1}\ \text{g} \quad \boxed{\textbf{0.3}}$$

Tal com diu el enunciat, per saber l'edat de la pedra, hem de partir de la hipòtesi que tot el Ar de la roca prove de la desintegració del K, per tant en el instant inicial teníem 20 g de K. $\boxed{\textbf{0.1}}$, després de passar el temps t, en tenim 10 g, per tant hem de resoldre l'equació:

$$10\ \text{g} = 20\ \text{g}\ \mathrm{e}^{-\frac{t\ \ln 2}{t_{1/2}}} \quad \boxed{\textbf{0.2}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} = 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}} \Rightarrow t = t_{1/2} = 1,25 \cdot 10^9\ \text{anys} \quad \boxed{\textbf{0.2}}$$

75. PAU 2012 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

a)

$$N(t) = N_0\, \mathrm{e}^{-\frac{t \ln 2}{t_{1/2}}}\ [\mathbf{0.5}]$$

$$N(t = 1\mathrm{dia}) = N_0\, \mathrm{e}^{-\frac{24\mathrm{h} \ln 2}{6\mathrm{h}}} \Rightarrow \frac{N(t = 1\mathrm{dia})}{N_0} = \mathrm{e}^{-4 \ln 2} = \frac{1}{2^4} = 0.06\ [\mathbf{0.5}]$$

b)

$${}^{a}_{b}\mathrm{X} \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{99}_{43}\mathrm{Tc}\ [\mathbf{0.2}] \Rightarrow a = 99;\ b = 42:\ [\mathbf{0.2}]$$

nombre de neutrons = a - b = 57 [**0.3**]
nombre de protons = b = 42 [**0.3**]

76. PAU 2012 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A
P3)

a)

$${}^{b}_{a}n + {}^{235}_{92}U \Rightarrow {}^{95}_{38}Sr + {}^{c}_{d}Xe + 2\,{}^{b}_{a}n$$

$$\left.\begin{array}{r} b + 235 = 95 + c + 2b \\ b = 1 \end{array}\right\} \Rightarrow c = 139; [\mathbf{0.4}]$$

$$\left.\begin{array}{r} a + 92 = 38 + d + 2a \\ a = 0 \end{array}\right\} \Rightarrow d = 54; [\mathbf{0.4}]$$

Aquest nucli d'Urani té: 92 protons i 235-92=143 neutrons; [**0.2**]

b)

$$\Delta m = m_{\,{}^{235}U} - (m_{\,{}^{95}Sr} + m_{\,neutró} + m_{\,{}^{139}Xe}) = 0,27694u; [\mathbf{0.4}]$$

$$0.27694u\ \frac{1,66054 \times 10^{-27} kg}{1\ u} = 4,59870 \times 10^{-28} kg; [\mathbf{0.2}]$$

$$E = \Delta m\, c^2 = 4.13309 \times 10^{-11} J; [\mathbf{0.4}]$$

77. PAU 2012 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

$$N(t) = N_0\, \mathrm{e}^{-\lambda\, t}\ [\mathbf{0.2}]; \lambda = \frac{\ln 2}{\tau}\ [\mathbf{0.2}]$$

$$N(t = 100\, anys) = N_0\, \mathrm{e}^{-\frac{\ln 2}{6580} 100} = N_0\ .\ 0.99\ [\mathbf{0.4}]$$

Per tan quedarà un 99% de plutoni sense desintegrar [**0.2**]

b)

$$p\ \lambda = h\ [\mathbf{0.2}]$$

$$E_c = \frac{1}{2} m_\alpha\, v_\alpha^2 \Rightarrow v_\alpha = \sqrt{\frac{2E_c}{m_\alpha}};\ [\mathbf{0.4}]$$

$$\lambda_\alpha = \frac{h}{m_\alpha v_\alpha} = \frac{h}{\sqrt{m_\alpha 2E_c}} = 1.81 \times 10^{-14} m\ [\mathbf{0.4}]$$

78. PAU 2012 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

a) A partir de l'observació de la gràfica veiem que als 140 dies el nombre d'àtoms radioactius s'ha reduït a la meitat. Per tant el període de semidesintegració serà: $t_{1/2} = 140$ dies **[0.4]**

$$N(t) = N_0\ e^{-\frac{t\ ln2}{t_{1/2}}}\ \textbf{[0.4]}$$

Per tant per $t = 3\ t_{1/2}$ tindrem:

$$N(t = 3t_{1/2}) = N_0\ e^{-3\ ln2} = 1.25 \times 10^{15} \text{àtoms}\ \textbf{[0.2]}$$

b) La reacciò nuclear serà:

$$^{210}_{84}Po \rightarrow\ ^{4}_{2}\alpha + {}^{206}_{82}Pb\ \textbf{[1]}$$

També considerem vàlida la resposta on enlloc de α s'escriu He.

79. PAU 2011 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

A partir de la gràfica es pot veure que la freqüència llindar per que es produeixi efecte fotoelèctric és: $\nu_0 = 10^{15} Hz$ **[0.2]**

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

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

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

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

80. PAU 2011 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a) La conservació del nombre màssic ens imposa: $210 = x + 4 \Rightarrow x = 206$ **[0.25]**, la conservació del nombre de protons ens dona: $84 = y + 2 \Rightarrow y = 82$ **[0.25]**

La llei de desintegració d'un radinucli és:

$$N = N_0\ e^{-\frac{t\ \ln 2}{\tau}}\ \textbf{[0,25]}$$

on τ és el temps de semidesintegració

$$N = 0,3N_0 = N_0\ e^{-\frac{t\ ln2}{\tau}} \Rightarrow 0,3 = e^{-\frac{t\ ln2}{\tau}} \Rightarrow$$

$$\ln(0,3) = -\frac{t\ \ln 2}{\tau} \Rightarrow t = -\frac{\ln(0,3)\ \tau}{\ln 2} = 240,4\, dies\ \textbf{[0,25]}$$

b) L'energia produida en la reacció es deguda a la transformació de massa en energia a partir de l'equació: $\Delta E = \Delta m\ c^2$, on Δm és la diferència de massa entre el radinucli inicial i els productes finals de la desintegació, **[0.5]** per tan: $\Delta m = (209,983 - 205,974 - 4,003)\ u = 6 \times 10^{-3}\ \not{u}\ \frac{1,66 \times 10^{-27}\ kg}{\not{u}} = 9,96 \times 10^{-30}\ kg$ per tant: $\Delta E = 9,96 \times 10^{-30}\ kg\ (3 \times 10^8\ m/s)^2 = 8,964 \times 10^{-13}\ \not{J}\ \textbf{[0,25]}\ \frac{1\ \not{eV}}{1,6 \times 10^{-19}\ \not{J}}\ \frac{1\ MeV}{10^6\ \not{eV}} = 5,6\ MeV$ **[0.25]**

81. PAU 2011 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció B)

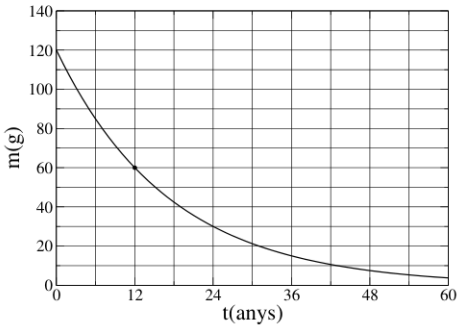
OPCIÓ B
P3)

a) A partir de la primera reacció nuclear:
El triti té 2 neutrons i un protó $\Rightarrow z = 3$ **[0.2]**
per tant: $14+x = 12+3 \rightarrow x = 1;\ 7+y = 6+1 \rightarrow y = 0$ per tant la partícula incognita és un neutró. **[0.4]**

A partir de la segona reacció nuclear tindrem:
$j+1 = 4+3 \rightarrow\ j = 6;\ k+0 = 2+1 \rightarrow k = 3$ **[0.4]**

b) La llei de desintegració de la massa i/o nombre d'atoms d'un determinat radioisótop, en funció de període τ de semidesintegració és:

$$M = M_0\ \mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}\ln 2}\ \textbf{[0.5]}$$



[0.5]

82. PAU 2011 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

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

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

b) Llindar d'energia per que es produeixi efecte fotoelèctric: $4.1\,eV\frac{1.602\times10^{-19}J}{1eV} = 6,57 \times 10^{-19} J > 5.96 \times 10^{-25} J \Rightarrow$ no hi haurà efecte fotoelèctric. **[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. **[0.5]**

83. PAU 2011 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a) Variació de massa: $\Delta m = 10m_0 - m_0 = 9m_0$ **[0.2]**
Variació de la seva energia cinètica: $\Delta E_c = \Delta mc^2 = 7,38 \times 10^{-13} J$ **[0.4]** $\times \frac{1eV}{1,60\times10^{-19}J} = 4,61 \times 10^6 eV \times \frac{1MeV}{10^6 eV} = 4,61 MeV$ **[0.4]**

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

$$\mathrm{e}^- + \mathrm{e}^+ \rightarrow 2\gamma\ \textbf{[0.5]}$$

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:

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

Freqüència:

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

84. PAU 2011 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

$$N = N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t} \Rightarrow m = m_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t}\ [\mathbf{0},\mathbf{4}]\ \lambda = \frac{\ln 2}{\tau}\ [\mathbf{0},\mathbf{2}]$$

$$m = 1\,\mathrm{e}^{-\frac{t\ln 2}{\tau}} = 0{,}957g[\mathbf{0},\mathbf{4}]$$

b)

$$N_0 = m_0(g)\,\frac{N_A(àtoms)u}{1g}\,\frac{1}{M_a(R_a)u}\ [\mathbf{0},\mathbf{1}] = \frac{1\times 6{,}02\times 10^{23}}{226} = 2{,}66\times 10^{21} núclis\ [\mathbf{0},\mathbf{2}]$$

$$A_0 = \lambda N_0\ [\mathbf{0},\mathbf{1}] = \frac{\ln 2}{1590\times 365\times 86400}\,2{,}66\times 10^{21} = 3{,}7\times 10^{10}\mathrm{Bq}\ [\mathbf{0},\mathbf{2}]$$

$$N_{100\,anys} = m_{100\,anys}(g)\,\frac{N_A(àtoms)u}{1g}\,\frac{0{,}957}{M_a(R_a)u} = \frac{0{,}957\times 6{,}02\times 10^{23}}{226} = 2{,}45\times 10^{21} núclis\ [\mathbf{0},\mathbf{2}]$$

$$A_{100\,anys} = \lambda N_{100\,anys} = \frac{\ln 2}{1590\times 365\times 86400}\,2{,}45\times 10^{21} = 3{,}5\times 10^{10}\mathrm{Bq}\ [\mathbf{0},\mathbf{2}]$$

85. PAU 2011 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a) Donat que en la reacció que ens plantejen l'ùnica transformació nuclear que té lloc és la transformació d'un neutró en un protó amb l'emissió d'un electró (partícula β), per tant el nombre màsic del Xe serà el mateix que el del I, o sigui 131 **[0.25]** i el nombre atómic serà una unitat més gran que el del I, o sigui 54 **[0.25]**.

La longitud d'ona associada a les partícules β, d'acord amb la llei d'en De Broglie serà:

$$\lambda_\beta = \frac{h}{m_\beta\ v_\beta} = \frac{6{,}62\times 10^{-34}\ Js}{9{,}11\times 10^{-31}kg\ 2\times 10^{8}m/s} = 3{,}6\times 10^{-12}\ m\ [\mathbf{0},\mathbf{5}]$$

b) La llei de desintegració d'un radinucli és:

$$N(t) = N_0\ \mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}\ln 2}\ [\mathbf{0},\mathbf{5}]$$

En el nostre cas, $N(t) = 0{,}125\ N_0 \Rightarrow$

$$0{,}125\ N_0 = N_0\ \mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}\ln 2}$$

prenen logaritmes naturals a cada cantó de l'equació tindrem:

$$\ln(0{,}125) = -\frac{t}{\tau}\ \ln 2 \Rightarrow t = -\frac{\ln(0{,}125)}{\ln 2}\ \tau = 24\ dies\ [\mathbf{0},\mathbf{5}]$$

86. PAU 2010 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 2

P2

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

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

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

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

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

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

87. PAU 2010 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció A)

P5A

a) $F = q\, v\, B$ i regla de la mà esquerra (o similar) **[0,2]**

La trajectòria de l'esquerra. La força sobre la càrrega va cap a l'esquerra. Per tant, correspon a una càrrega positiva (positró). **[0,2]**

La trajectòria de la dreta. La força sobre la càrrega va cap a la dreta. Per tant, correspon a una càrrega negativa (electró). **[0,2]**

$m\frac{v^2}{R} = qvB \ \Rightarrow\ v = \frac{qBR}{m} = 2{,}04 \cdot 10^8\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ **[0,3]**

Les dues velocitats són iguals, segons l'expressió anterior. **[0,1]**

b) L'energia en repòs de l'electró és $E_0 = m_e c^2 = 8{,}20 \cdot 10^{-14}\ \text{J}$ **[0,2]**

mínima energia del fotó (per crear dos electrons) $E = 2E_0 = 2m_e c^2 = 1{,}64 \cdot 10^{-13}\ \text{J}$ **[0,2]**

$E = h\upsilon \quad \Rightarrow \quad \upsilon = \frac{E}{h} = 2{,}47 \cdot 10^{20}\ \text{Hz}$ **[0,3]**

$c = \lambda \upsilon \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{c}{\upsilon} = 1{,}21 \cdot 10^{-12}\ \text{m}$ **[0,3]**

88. PAU 2010 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció A)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

89. PAU 2010 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

90. PAU 2010 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 2

P2

a) De la gràfica: $T = 2\,\text{s}$ (temps fins que N és N/2) **[0,3]**

$N = N_0 e^{-\lambda t}$; $\lambda = \dfrac{\ln 2}{T} = 0,347\,\text{s}^{-1}$ **[0,2]**

$N(15\,\text{s}) = N_0 e^{-\lambda t} = 6,00 \cdot 10^{23} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{2} \cdot 15} = 3,31 \cdot 10^{21}$ àtoms (àtoms que queden) **[0,3]**

s'han desintegrat: $= 6,00 \cdot 10^{23} - 3,31 \cdot 10^{21} = 5,97 \cdot 10^{23}$ àtoms **[0,2]**

b) $N = 0,05 \cdot N_0 = N_0 e^{-\lambda t}$ **[0,3]**

$0,05 = e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{\lambda t} = 20 \Rightarrow \lambda t = \ln 20 \Rightarrow t = \dfrac{\ln 20}{\lambda} = 8,63\,\text{s}$ **[0,7]**

91. PAU 2010 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 2

P2

a) De la gràfica: $T = 8\,\text{dies}$ (temps fins que la massa es redueix a la meitat) **[0,3]**

$N = N_0 e^{-\lambda t}$ **[0,2]**; $\lambda = \dfrac{\ln 2}{T} = 8,66\,\text{dies}^{-1}$ **[0,2]**

$M(40\,\text{dies}) = M_0 e^{-\lambda t} = 100 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{8} \cdot 40} = 3,1\,\text{g}$ **[0,3]**

[També es pot admetre la solució: $40\text{dies} = 8\text{dies} \cdot 5$. La massa disminuirà en $2^5 = 32$. I serà $100/32 = 3,12\,\text{g}$ **]**

b)

Les partícules β són electrons. **[0,2]**

$\Delta E = \Delta m c^2$ **[0,2]**; $\Delta m = \left[m(Xe) + m(e)\right] - m(I)$ **[0,2]**

$\Delta m = \left[130,904533 + 5,486 \cdot 10^{-4}\right] - 130,906125 = -1,043 \cdot 10^{-3}\,\text{u} = -1,732 \cdot 10^{-30}\,\text{kg}$ **[0,2]**

$\Delta E = \Delta m c^2 = -1,559 \cdot 10^{-13}\,\text{J}$ que és l'energia alliberada en desintegrar-se un ió de iode-131. **[0,2]**