Física

Física relativista, quàntica i nuclear

Exercicis · 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).

Exercici 4. Física relativista, quàntica, nuclear i de partícules

Puntuació total de l'exercici 4	

[2,5 punts en total]

El radó és un gas noble radioactiu que es produeix de manera natural al subsol com a resultat de la cadena de desintegració de l'urani. El radó es pot acumular en espais tancats com ara soterranis. La inhalació de concentracions superiors a 300 Bq m^{-3} d'aquest gas durant períodes prolongats incrementa significativament el risc de patir càncer de pulmó.

4.1. Observeu la figura i escriviu les principals desintegracions que constitueixen la cadena de desintegració de l'urani fins a la formació del radó. En cada cas, indiqueu de quin tipus de reacció es tracta.

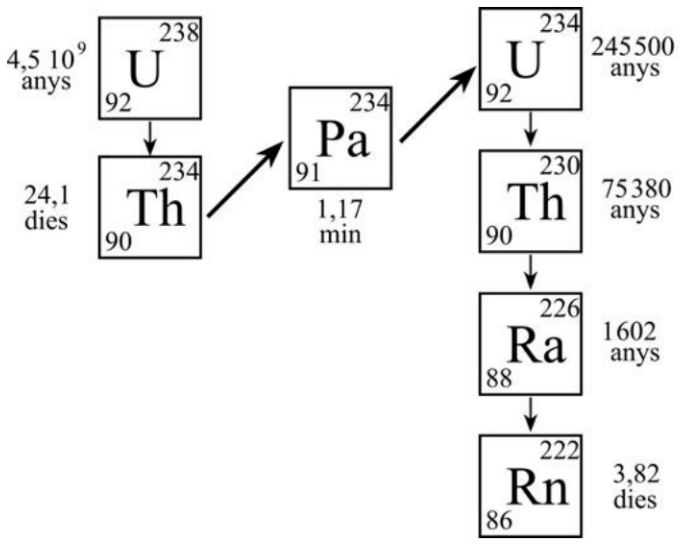
[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.1	

4.2. Es prenen mesures de la massa i l'activitat del radó en una habitació tancada de 18 m^3 de volum. Si es mesura una massa de 0,80 pg de radó, a quina activitat correspon? Aquest valor està per sobre o per sota del llindar d'activitat per unitat de volum indicat a l'enunciat? Si inicialment es mesura una activitat per unitat de volum de 230 Bq m^{-3} i l'habitació queda perfectament aïllada, quina activitat per unitat de volum hi haurà al cap de 15 dies?

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.2	



DADES: Nombre d'Avogadro: $N_A = 6{,}022 \times 10^{23}$.
$m(^{222}_{86}\mathrm{Rn}) = 222\ \mathrm{g\ mol^{-1}}$.
El període de semidesintegració del $^{222}_{86}$Rn és de 3,82 dies.

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

Exercici 4. Física relativista, quàntica, nuclear i de partícules

Puntuació total de l'exercici 4	

[2,5 punts en total]

Trieu UNA de les dues opcions (A o B) i responeu als apartats corresponents. **Indiqueu a la portada de l'examen l'opció escollida**.

OPCIÓ A

Enguany fa 40 anys de l'accident nuclear més greu de la història. La central nuclear de Txernòbil va alliberar una gran quantitat de materials radioactius a l'atmosfera. En particular, cesi-137 ($^{137}_{55}Cs$), que en desintegrar-se mitjançant una emissió β^- genera un nucli de bari. Aquest isòtop té una vida mitjana llarga (30,17 anys) i, per tant, representa un perill durant dècades.

4.1. Escriviu la reacció de desintegració del cesi-137. Calculeu quin percentatge de la quantitat inicial de cesi-137 queda avui, 40 anys després de l'accident.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.1	

4.2. En una zona a uns 10,0 km de la central es va detectar una concentració inicial de $6{,}00 \times 10^5$ Bq m^{-2} de cesi-137, immediatament després de l'accident. Segons alguns estudis, es considera segur tornar a habitar una zona afectada quan la concentració estigui per sota de $3{,}70 \times 10^4$ Bq m^{-2}. Quin any podrà tornar-se a habitar aquesta zona si només considerem la desintegració natural del cesi-137?

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.2	

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

OPCIÓ B

En un experiment d'efecte fotoelèctric, fem incidir una llum monocromàtica sobre el càtode d'una cèl·lula fotoelèctrica. Quan s'il·lumina el càtode amb llum blava de longitud d'ona 460 nm, s'observa un corrent fotoelèctric. Aplicant una diferència de potencial de com a mínim 0,50 V entre càtode i ànode, el corrent desapareix completament.

4.1. Calculeu l'energia mínima necessària per a arrencar un electró del càtode (funció de treball) i la velocitat màxima amb què surten els electrons emesos quan no s'aplica cap diferència de potencial.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.1	

4.2. Determineu quina diferència de potencial caldria aplicar per a anul·lar el corrent fotoelèctric si primer el càtode s'il·lumina amb llum verda de longitud d'ona 520 nm, i després amb llum vermella de longitud d'ona 650 nm. Justifiqueu els resultats obtinguts.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.2	

DADES: $|e| = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C.
$m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.
$c = 3{,}00 \times 10^8$ m s^{-1}.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.

Exercici 4. Física relativista, quàntica, nuclear i de partícules

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 4	

Un dels accidents nuclears més importants dels darrers temps va ser el de Fukushima, l'11 de març de 2011. Les mesures de l'activitat radioactiva que es van fer al cap de cinc anys van mostrar que un tanc de $8{,}60 \times 10^5\ \text{m}^3$ d'aigua contaminada amb triti radioactiu produïa una activitat de 760 TBq.

4.1. Escriviu la reacció de desintegració del triti radioactiu, ${}^{3}_{1}\text{H}$, si un dels productes de la reacció és heli-3, ${}^{3}_{2}\text{He}$. Completeu la reacció nuclear amb totes les partícules que intervenen en el procés. Justifiqueu de quin tipus de decaïment radioactiu es tracta.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.1	

4.2. Determineu la constant de desintegració d'aquesta reacció. Quina era l'activitat original del tanc en el moment de l'accident? Si l'OMS recomana que l'activitat per triti per cada litre d'aigua no hauria de superar els $10^7\ \text{Bq m}^{-3}$, quants anys des del dia de l'accident han de passar perquè l'aigua d'aquest tanc sigui segura? El Japó va proposar desfer-se d'aquesta aigua abocant-la en petites quantitats a l'oceà Pacífic. Expliqueu si aquesta proposta és raonable o bé implica un risc ambiental.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 4.2	

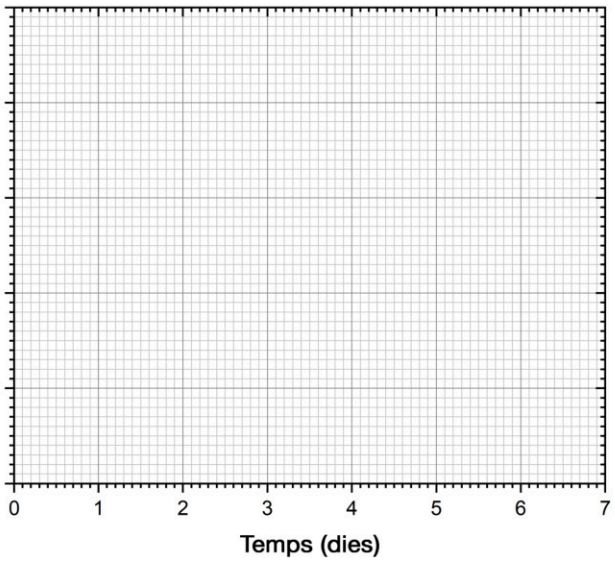
DADA: Període de semidesintegració del triti: 4 500 dies.

Exercici 4. Física relativista, quàntica, nuclear i de partícules

L'isòtop del iode 131 ($Z = 53$) es fa servir en radioteràpia per a tractar determinades malalties de la tiroide, especialment l'hipertiroïdisme i el càncer de tiroide. Aquest isòtop es desintegra i dona lloc al xenó 131 estable ($Z = 54$).

a) Escriviu la reacció de desintegració d'aquest isòtop. Completeu la reacció nuclear amb totes les partícules que intervenen en la reacció i justifiqueu la resposta. De quin tipus de desintegració es tracta?
[1,25 punts]

b) Si a un pacient se li subministra una pastilla de I-131 amb una activitat de $40{,}0 \times 10^6$ Bq, quina massa de iode 131 conté aquesta pastilla? Quina activitat tindrà el I-131 al cap d'una setmana? Representeu a la quadrícula de sota l'evolució de l'activitat durant aquesta setmana en funció del temps en dies. La corba ha de tenir com a mínim tres punts calculats.
[1,25 punts]



DADES: Nombre d'Avogadro: $N_A = 6{,}022 \times 10^{23}$.
$m(^{131}\text{I}) = 131$ g/mol.
El període de semidesintegració del iode 131 és de 8,02 dies.

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

Exercici 4. Física relativista, quàntica, nuclear i de partícules

L'isòtop del sodi $^{24}_{11}$Na té un excés de neutrons i sabem que és un emissor beta.

a) Raoneu si el sodi 24 serà una font d'emissió d'electrons o de positrons. Escriviu la reacció de la desintegració beta del $^{24}_{11}$Na sense oblidar els neutrins o antineutrins. Quin és l'altre nucli resultant?
[1,25 punts]

b) L'isòtop del sodi 24 té un període de semidesintegració de 15,0 h. Una solució salina amb àtoms de sodi 24 té una activitat inicial de 580 kBq. Aquesta solució s'injecta a un pacient i es dissol per tota la seva sang. Trobeu l'activitat de la solució injectada al cap de 10,0 h. Si al cap d'aquest temps en 1,00 mL de sang hi ha una activitat de 60,0 Bq, quin és el volum de sang del pacient?
[1,25 punts]

DADES:

Element	F	Ne	Na	Mg	Al
Z	9	10	11	12	13

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

P6) Al jaciment neolític de la Draga (Banyoles) s'utilitza el mètode del carboni 14 (^{14}C) per a la datació de restes. El ^{14}C és un isòtop radioactiu que es produeix a l'atmosfera de manera continuada quan neutrons provinents dels raigs còsmics xoquen amb els nuclis de nitrogen (^{14}N). Els éssers vius l'incorporem a l'organisme mentre interactuem amb l'atmosfera, però, a partir del moment de la mort, el ^{14}C comença a desintegrar-se novament en ^{14}N, amb un període de semidesintegració de 5 730 anys. La datació d'una mostra d'os d'animal del sector D de la Draga és de 6 010 anys.

a) Escriviu la reacció nuclear que correspon al decaïment del ^{14}C a ^{14}N, incloent-hi els antineutrins. Justifiqueu de quin tipus de reacció nuclear es tracta. A partir de l'equació de la desintegració, determineu la relació entre la constant de desintegració λ i el període de semidesintegració.
[1,25 punts]

b) Calculeu la constant de desintegració λ del ^{14}C. Determineu quin percentatge de ^{14}C encara roman a la mostra d'os del sector D respecte al ^{14}C que hi havia quan l'organisme estava viu. Calculeu l'activitat de l'os en el moment de morir l'animal si actualment l'activitat de l'os és de 3,63 Bq.
[1,25 punts]

DADES: El nombre atòmic del carboni és $Z = 6$.
El nombre atòmic del nitrogen és $Z = 7$.

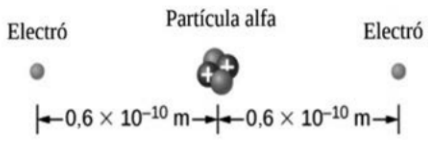
8. PAU 2024 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 6

P6) El poloni ($Z = 84$) fou descobert el 1898 per Marie Sklodowska-Curie i Pierre Curie. L'isòtop de poloni amb un temps de semidesintegració més llarg és el Po-210, que el té de 138 dies. Es desintegra per emissió d'una partícula alfa i origina un isòtop estable de plom (Pb).

a) Escriviu la desintegració del Po-210. Si l'activitat inicial per unitat de massa del Po-210 és d'$1{,}66 \times 10^{14}$ Bq/g, quina serà l'activitat de 5 mg d'aquest element al cap d'una setmana?

[1,25 punts]

b) Els nuclis d'heli que es produeixen en les desintegracions alfa no triguen a captar dos electrons. Suposem que es forma un àtom d'heli en dos passos ben diferenciats. Primerament, es transporta des d'una distància molt gran un primer electró a $0{,}6 \times 10^{-10}$ m de la partícula alfa i es manté allà. Posteriorment, un segon electró es porta a l'altra banda de la partícula alfa a $0{,}6 \times 10^{-10}$ m. La configuració final es mostra en la figura.



Calculeu el treball realitzat pel camp elèctric en cada un dels dos passos. Quina és l'energia potencial electroestàtica de la configuració final?

[1,25 punts]

DADES: $|e| = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C.

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8{,}99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}.$$

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

P7) Observem que en una mostra metàl·lica apareix l'efecte fotoelèctric quan la il·luminem amb llum monocromàtica de longituds d'ona més petites o iguals a 650 nm.

a) Calculeu el treball d'extracció del metall. Determineu el potencial de frenada si il·luminem el metall amb llum de 300 nm.

[1,25 punts]

b) Trobeu l'expressió de la velocitat dels electrons en funció de la longitud d'ona incident per a aquest metall. Calculeu la velocitat dels electrons per a una longitud d'ona incident de 500 nm i la longitud d'ona de De Broglie associada a aquests electrons.

[1,25 punts]

DADES: $c = 3{,}00 \times 10^8$ m s^{-1}.
$|e| = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C.
$m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.
$h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J s.

Etiqueta de l’estudiant

Institut d’Estudis Catalans

P6) En les centrals nuclears es produeix electricitat a partir de la fissió de nuclis d'urani. Aquesta energia s'utilitza per a generar vapor d'aigua, que fa girar una turbina. L'urani és un element químic metàl·lic de símbol U i nombre atòmic 92. A la natura trobem diferents isòtops de l'urani, però els més comuns són l'urani 238 i l'urani 235.

a) Calculeu el defecte de massa i l'energia d'enllaç per nucleó per a l'urani 235, i introduïu el valor obtingut a la taula de sota. Expliqueu la relació entre l'energia d'enllaç per nucleó i l'estabilitat del nucli. A partir d'aquí, indiqueu quin dels nuclis de la taula és el més estable.

[1,25 punts]

Nucli	sofre 34	ferro 56	radi 226	urani 235
Energia d'enllaç per nucleó (MeV)	8,58	8,79	7,66	

b) En una reacció nuclear de fissió de l'urani 235, un neutró d'alta energia impacta en un nucli d'urani. Com a resultat, es formen dos nuclis més petits i tres neutrons. Si considerem que un dels nuclis que es formen és el bari 141, escriviu-ne la reacció nuclear completa. Per a cada nucli d'urani fissionat, s'alliberen 202,5 MeV. Calculeu quants grams d'urani 235 són necessaris per a produir l'energia necessària per a il·luminar un estadi esportiu durant un partit en què es consumeixen aproximadament 25 000 kW h.

[1,25 punts]

DADES: $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
Masses nuclears (en kg):

Protó	*Neutró*	*Nucli d'urani 235*
$1{,}672\,622 \times 10^{-27}$	$1{,}674\,927 \times 10^{-27}$	$3{,}902\,158 \times 10^{-25}$

Nombre atòmic de diversos elements químics:

Kr	*Rb*	*Sr*	*Ba*	*La*	*U*
$Z = 36$	$Z = 37$	$Z = 38$	$Z = 56$	$Z = 57$	$Z = 92$

P7) Volem construir un sensor de radiació ultraviolada que sigui sensible a radiacions de longitud d'ona de 300 nm. Decidim utilitzar l'efecte fotoelèctric com a principi del sensor. Així doncs, utilitzarem una cèl·lula fotoelèctrica que emeti electrons. Per al bon funcionament d'aquesta cèl·lula, cal que l'energia mínima dels electrons emesos sigui d'1 eV.

a) Calculeu la longitud d'ona llindar del material que hauríem d'utilitzar per a construir la cèl·lula.
[1,25 punts]

b) Empleneu la taula de sota amb els valors de la longitud d'ona llindar dels tres materials donant el resultat en nanòmetres. Si podem triar un dels tres materials mostrats a la taula de sota per a construir la cèl·lula, quin triaríeu? Justifiqueu la resposta.
[1,25 punts]

Element	*Símbol*	*Funció de treball (J)*	*Longitud d'ona llindar (nm)*
tungstè	W	$8{,}36 \times 10^{-19}$	
magnesi	Mg	$5{,}86 \times 10^{-19}$	
potassi	K	$3{,}67 \times 10^{-19}$	

DADES: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.

Etiqueta de l'alumne/a

P4) Arran de l'anunci fet el desembre del 2022 pels Estats Units que s'havia aconseguit per primera vegada la fusió nuclear amb un guany net d'energia, alguns mitjans de comunicació han publicat que un got d'aigua pot produir l'energia que consumirà una família de quatre membres durant tota la vida. Per una altra banda, a dins del Sol hi ha una pressió i una temperatura tan elevades que els àtoms d'hidrogen es fusionen i es transformen en heli. El principal procés de fusió nuclear que té lloc al Sol és la cadena protó-protó. El balanç global d'aquest procés és que quatre protons s'uneixen per formar un nucli d'heli.

a) Calculeu l'energia que s'allibera en la cadena protó-protó quan es forma un nucli d'heli. Tenint en compte que un got d'aigua conté, aproximadament, 17 mol d'aigua, quanta energia es pot extreure de l'hidrogen que hi ha a l'aigua d'un got mitjançant la cadena protó-protó?

[1,25 punts]

b) Malauradament, a la Terra no es poden assolir les condicions de temperatura i pressió que hi ha al Sol, per això, en els reactors de fusió es fan servir els isòtops de l'hidrogen: el deuteri ($^{2}_{1}$H) i el triti ($^{3}_{1}$H). L'abundància relativa del deuteri és d'un 0,001 %, mentre que la del triti és pràcticament nul·la (a la Terra hi ha uns 20 kg de triti natural).

Per a generar triti, s'utilitza liti 6 ($^{6}_{3}$Li) obtingut a partir de reactors nuclears de fissió. El triti s'obté a còpia de bombardejar nuclis de liti 6 amb neutrons. Escriviu la reacció nuclear sabent que el resultat és la formació de triti i partícules alfa. S'ha afirmat que la fusió nuclear és una energia neta perquè la reacció de la cadena protó-protó no genera residus radioactius. Ara bé, en el procés de fusió del deuteri i del triti s'alliberen neutrons amb una energia capaç de fer tornar radioactius els materials circumdants. Digueu si la fusió nuclear és una font d'energia neta i inesgotable i justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

DADES: $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$N_A = 6{,}022 \times 10^{23}$.
Masses nuclears (en kg):

Protó	*Nucli d'heli*
$1{,}672\,621\,92 \times 10^{-27}$	$6{,}642\,835\,33 \times 10^{-27}$

El consum anual mitjà d'electricitat d'una persona a Catalunya és d'$1{,}22 \times 10^{10}$ J.

P7) En un centre d'estètica disposen d'una màquina de bronzejar amb radiació ultraviolada. Cal canviar-ne un dels tubs fluorescents perquè s'ha fet malbé per l'ús. El tub que cal substituir indica: «Llum UVA 300 nm 20 W 600 mm». Atès que el fabricant de la màquina ha fet fallida, es busca un tub fluorescent compatible. Després de fer-ne una selecció, es tria un llum que pot fer servei. A les especificacions del producte triat hi diu: «Llum UVA 350 nm 20 W 600 mm T8 làmpada fluorescent». Com que els dos tubs consumeixen la mateixa potència, emeten el mateix nombre de fotons.

L'aparell disposa d'un dispositiu de seguretat basat en l'efecte fotoelèctric que apaga el fluorescent quan el nombre d'electrons emesos per unitat de temps és superior a $2{,}50 \times 10^{15}\ \mathrm{s^{-1}}$. Aquest dispositiu està format per una placa de sodi (la funció de treball és 2,40 eV) i, amb els tubs originals, el nombre d'electrons que abandona la superfície de sodi per unitat de temps és $2{,}00 \times 10^{15}\ \mathrm{s^{-1}}$.

a) Determineu l'energia cinètica màxima dels electrons emesos i la intensitat de corrent que abandona la superfície de sodi amb els tubs originals.
[1,25 punts]

b) Determineu com afecta el nou tub al funcionament del dispositiu de seguretat.
[1,25 punts]

DADES: $1\ \mathrm{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$.
$|e| = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\ s}$.

Etiqueta de l'alumne/a

Institut d'Estudis Catalans

Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Oficina d'Accés a la Universitat

2023

Proves d'accés a la universitat

Física

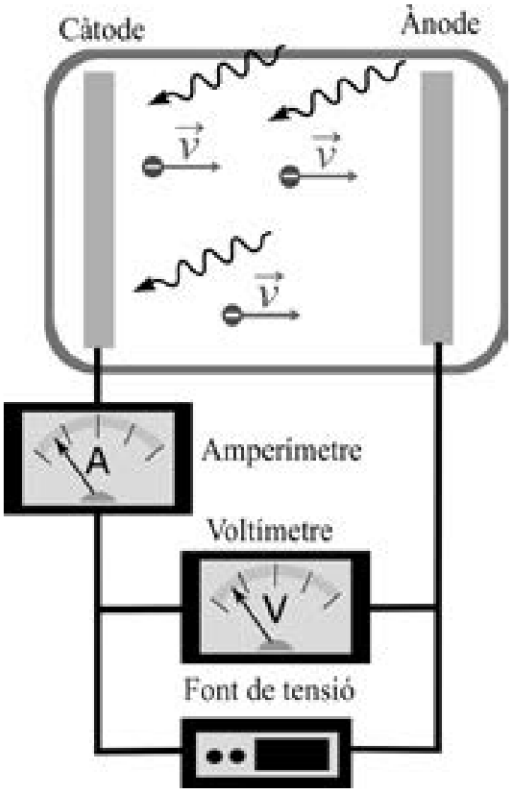
14. PAU 2023 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5

P5) Dins de la nucleosíntesi, el procés S es dona a les supernoves i és el responsable d'aproximadament la meitat dels elements més pesants que el ferro. Al final del procés S apareix un cicle tancat de bismut. La primera part d'aquest cicle correspon a la cadena de reaccions següent: el bismut $^{209}_{83}Bi$ captura un neutró i cedeix rajos gamma. El producte d'aquesta primera reacció es desintegra en poloni seguint un decaïment β^-. En la tercera desintegració, el nucli de poloni es desintegra en un nucli de plom i una partícula α.

a) Escriviu les tres reaccions que componen aquesta primera part del cicle.
[1,25 punts]

b) La part final, que tanca el cicle, es compon de dues reaccions. En la primera, el nucli de plom captura 3 neutrons, i, en la segona, s'alliberen 1 electró i 1 antineutrí, de manera que s'obté el nucli inicial de bismut $^{209}_{83}Bi$. Escriviu aquestes dues reaccions finals. Escriviu també la reacció resultant del balanç del cicle tancat del bismut, és a dir, el balanç final dels dos cicles, que correspon a la reacció dels 4 neutrons que entren en el cicle.
[1,25 punts]

P7) El 1921 Albert Einstein (1897-1955) va guanyar el Premi Nobel de Física pel seu treball sobre l'explicació de l'efecte fotoelèctric. Amb el mètode del potencial invers es pot trobar l'energia cinètica màxima dels electrons que són emesos quan s'il·lumina una cel·la fotoelèctrica amb llum monocromàtica. Aquest mètode consisteix a aplicar un potencial entre l'ànode i el càtode per a frenar aquests electrons i impedir que arribin a l'ànode de la cèl·lula fotoelèctrica.



a) D'acord amb l'esquema de la dreta, a quina placa s'aplica el potencial alt, a l'ànode o al càtode? Quina relació hi ha entre el potencial mínim que cal aplicar per a aturar el corrent (potencial de frenada) i la freqüència dels fotons? Justifiqueu les respostes. En un experiment amb el mètode del potencial invers es van obtenir els resultats indicats a la taula de sota. Determineu la constant de Planck a partir d'aquests resultats.

[1,25 punts]

Freqüència de la llum incident ($\times 10^{14}$ *Hz*)	5,49	7,41	12,5
Potencial de frenada (V)	0,40	1,19	3,29

b) Quina és la freqüència llindar? Hi haurà emissió d'electrons si il·luminem la cel·la amb una llum monocromàtica d'una longitud d'ona de 350 nm? Justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

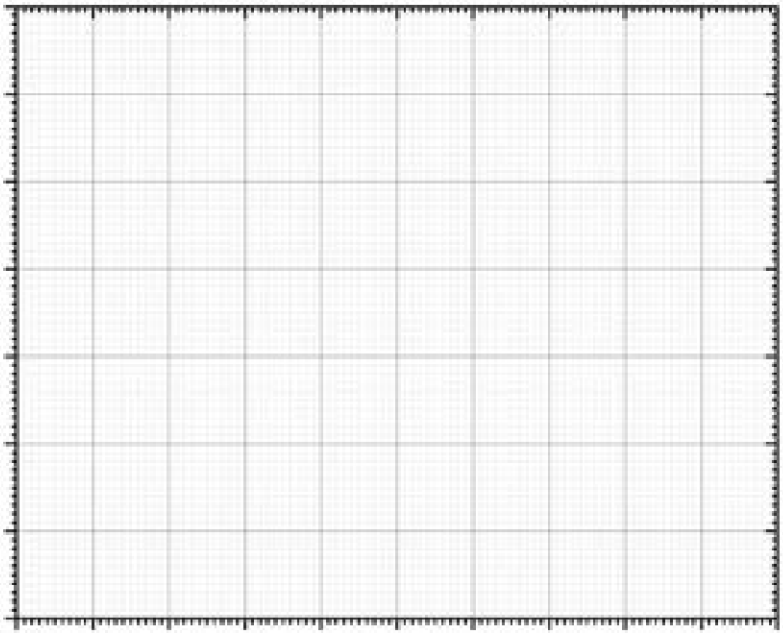
DADES: $|e| = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}.

Etiqueta de l'alumne/a

Institut d'Estudis Catalans

P5) Per a mesurar la concentració de radó d'una estança, s'agafa una mostra de 180 cm^3 d'aire. Es col·loca la mostra dins d'un detector que compta el nombre total de desintegracions α. Considerem que totes les desintegracions provenen del radó 222, $^{222}_{86}Rn$. S'efectua un mesurament de les desintegracions durant 10 minuts cada dia, 10 dies seguits, i sempre a la mateixa hora. Les dades obtingudes són les següents:

t (dies)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N (nuclis desintegrats)	130	108	91	77	65	55	45	38	33	30



a) Representeu, dins la quadrícula adjunta, els nuclis desintegrats en funció del temps. A partir de la gràfica determineu el període de semidesintegració. Tenint en compte que l'evolució temporal del nombre de nuclis desintegrats és la mateixa que la del nombre total de nuclis de radó a l'estança, calculeu la constant de desintegració.
[1,25 punts]

b) Tenint en compte que un mesurament dura 10 minuts, quina activitat té la mostra de 180 cm^3 d'aire de l'estança el dia $t = 0$? L'Agència de Protecció Ambiental dels Estats Units (EPA) recomana no sobrepassar l'activitat de 4 pCi per litre d'aire. Segons aquest límit, és perillosa la concentració a $t = 0$ a l'estança d'on s'ha extret la mostra?
[1,25 punts]

DADA: $1\ Ci = 3{,}70 \times 10^{10}\ Bq$.

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

P6) S'observa que els fotons d'una determinada freqüència que incideixen sobre una superfície metàl·lica provoquen l'emissió d'electrons d'aquesta superfície.

a) Si mantenim la intensitat de la llum constant i augmentem la freqüència dels fotons, com varia el nombre d'electrons emesos i l'energia d'aquests? Encercleu la resposta correcta dins del requadre següent i, a continuació, justifiqueu les dues respostes.

Nombre d'electrons emesos: Disminueix / Es manté constant / Augmenta
Energia dels electrons emesos: Disminueix / Es manté constant / Augmenta

[1,25 punts]

b) Determineu la funció de treball dels electrons emesos sabent que el potencial de frenada és de 0,29 V, quan la longitud d'ona incident és de 550 nm. Expresseu el resultat en eV.

[1,25 punts]

DADES: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.



P8) A principis dels anys seixanta del segle XX, els físics Robert Pound, Glen Anderson Rebka i Joseph Snider van verificar al Jefferson Physical Laboratory de Harvard la predicció d'Einstein que la gravetat canvia la freqüència de la llum. Entendre aquest efecte és essencial per a la navegació moderna, com per exemple per al funcionament del GPS. L'experiment consistia a mesurar la variació de freqüència d'uns fotons entre dos punts a diferent altura.

a) Calculeu la freqüència, la massa (vegeu la nota) i la quantitat de moviment dels fotons al terra del laboratori de l'experiment si tenen una energia de 14,4 keV.
[1,25 punts]

b) L'energia mecànica dels fotons és la suma de l'energia dels fotons i de l'energia potencial gravitatòria. A partir del principi de conservació de l'energia mecànica, calculeu la variació (en valor absolut) de l'energia i de la freqüència dels fotons entre dos punts separats verticalment 22,6 m. És a dir, entre el terra del laboratori i un altre punt a la mateixa vertical, 22,6 m més amunt. En quin punt el fotó té una freqüència més gran, quan es troba al terra o quan està 22,6 m per sobre del terra?
[1,25 punts]

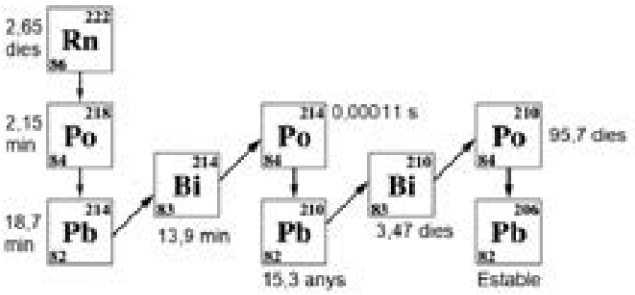
NOTA: Tot i que la massa en repòs d'un fotó és zero, la seva massa efectiva quan és atret per les altres masses és: $m = \dfrac{E_{\text{fotó}}}{c^2}$.

DADES: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.
$g = 9{,}81\ \text{m/s}^2$.

Etiqueta de l’alumne/a

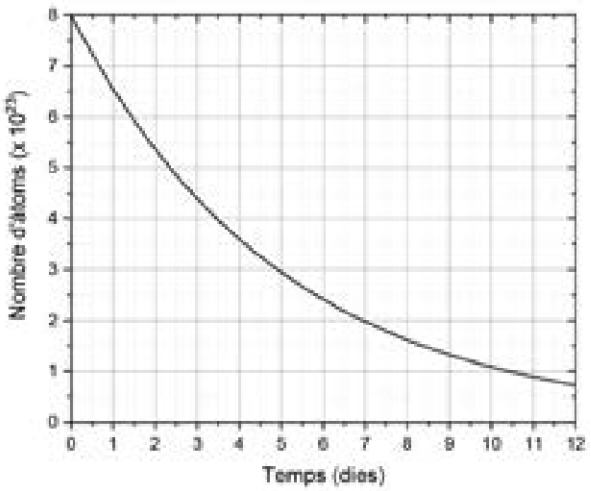
Institut d’Estudis Catalans

P5) El gas radó és una de les fonts de radioactivitat natural més abundants de la Terra. El radó prové de la descomposició d'elements radioactius naturals (com l'urani i el tori). El gas es difon a través del sòl fins a arribar a la superfície. La cadena de desintegració del radó $^{222}_{86}Rn$ inclou vuit desintegracions radioactives, fins que es forma l'isòtop estable del plom $^{206}_{82}Pb$. En la figura següent es representen els nuclis que formen part d'aquesta cadena de desintegració nuclear. Al costat de cada nucli, se n'indica el període de semidesintegració.



a) Escriviu les reaccions nuclears que permeten arribar al $^{206}_{82}Pb$ a partir del $^{222}_{86}Rn$.
[1,25 punts]

b) El gràfic següent correspon a l'evolució dels nuclis d'una de les desintegracions radioactives de la cadena del radó. La mostra estudiada inicialment tenia $8{,}00 \times 10^{23}$ nuclis. A partir del gràfic, determineu quin és el període de semidesintegració de la mostra, i raoneu a quin nucli de la cadena correspon. Amb aquesta dada calculeu quants dies han de passar fins que s'hagin desintegrat $7{,}95 \times 10^{23}$ àtoms.
[1,25 punts]

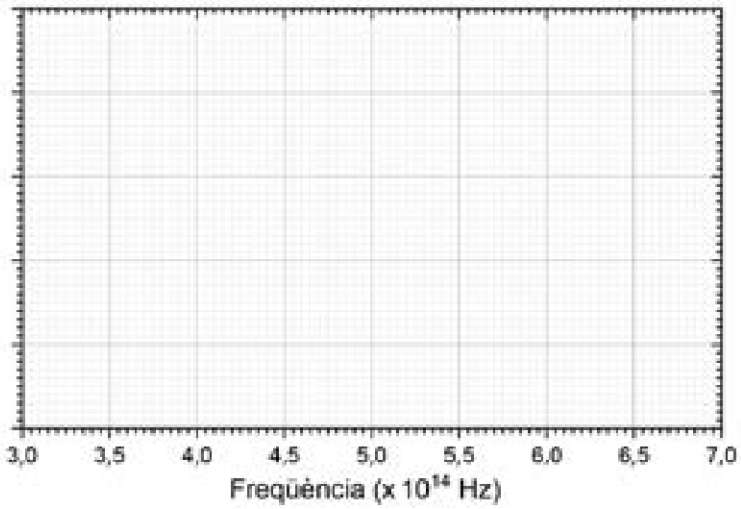


P8) Considereu un experiment d'efecte fotoelèctric en què el càtode és una làmina de cesi que té una freqüència llindar de $4{,}59 \times 10^{14}$ Hz.

a) Calculeu el treball d'extracció del càtode. Si il·luminem el càtode amb els diferents punters làser de la taula que hi ha a continuació, justifiqueu amb quins punters làser es produirà l'efecte fotoelèctric. Completeu la taula i representeu gràficament en la quadrícula adjunta l'energia cinètica màxima dels electrons (en eV) en funció de la freqüència dels fotons incidents (en Hz) per a un interval de freqüències entre $3{,}00 \times 10^{14}$ Hz i $7{,}00 \times 10^{14}$ Hz.

[1,25 punts]

Tipus de punter làser	*Longitud d'ona (nm)*	*Freqüència ($\times 10^{14}$ Hz)*	*Energia fotó ($\times 10^{-19}$ J)*	*E_c electró ($\times 10^{-19}$ J)*	*E_c electró (eV)*
Làser blau	460				
Làser verd	532				
Làser infraroig	1 080				



b) Il·luminem el càtode amb un làser de freqüència $8{,}00 \times 10^{14}$ Hz. Calculeu la velocitat i la longitud d'ona de De Broglie dels electrons arrencats del càtode amb la radiació d'aquest làser.

[1,25 punts]

DADES: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}$ J.
$m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.

Etiqueta de l'alumne/a

Institut d'Estudis Catalans

Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Oficina d'Accés a la Universitat

2022

Proves d'accés a la universitat

Física

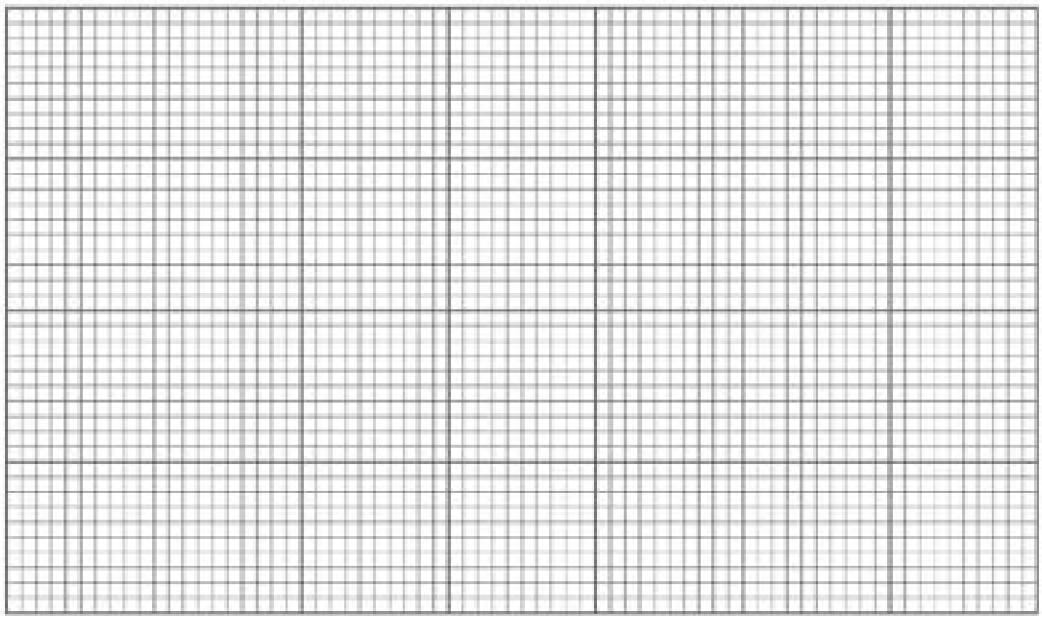
P5) En un accident de trànsit es veu involucrat un camió que transporta diferents tipus de residus nuclears. A conseqüència de l'impacte, part de la càrrega ha perdut l'embalatge i no es pot identificar el material recollit. Per l'aspecte, s'ha pogut saber que només s'han vessat dos tipus diferents de residus, però no és possible identificar amb certesa quin és cadascun. Per tal de gestionar correctament el material recollit, els agents de neteja encarreguen un estudi de l'activitat radioactiva que tenen. Es prenen dues mostres d'1 μg i s'obtenen els resultats següents:

Temps (min)	60	150	240	330	420	510	600	690	780	870
Mostra A (Bq)	1 535	1 025	678	484	315	238	139	103	78	45
Mostra B (Bq)	260	215	170	145	114	92	82	68	55	47

a) Representeu l'activitat en funció del temps. Feu un gràfic per a cada mostra en la quadrícula corresponent. A cada gràfic, dibuixeu-hi la línia de tendència de les dades. [1,25 punts]

b) Determineu, aproximadament, el període de semidesintegració de cada mostra. [1,25 punts]

Mostra A:



Mostra B:

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

P8) A l'abadia de Westminster, a Anglaterra, s'hi coronen les reines i els reis britànics i s'hi enterren o honoren els personatges més distingits. També s'hi ret homenatge a una equació, l'equació de Dirac, que data de l'any 1928 i és l'única que hi ha per ara. L'equació de Dirac és un exemple d'equació amb conseqüències inesperades. Amb aquesta equació es va predir l'antimatèria a partir de la deducció de l'existència de l'antielectró, que després va passar a anomenar-se *positró*. El positró va ser descobert experimentalment el 1932, un any després d'haver estat predit.

a) Quina és l'energia mínima necessària d'un fotó, en MeV, perquè es materialitzi en un parell electró-positró? Calculeu la freqüència, la longitud d'ona i la quantitat de moviment d'aquest fotó.

[1,25 punts]

b) En la desintegració β^+, es crea una partícula que és antimatèria. De quina partícula es tracta? En la desintegració β^-, quina partícula que també és antimatèria es crea? En el procés d'anihilació positró-electró, per quin motiu s'han de crear un parell de fotons que tenen la mateixa energia que el sistema i que viatgen en sentits oposats? Quant val la càrrega inicial, abans de l'anihilació positró-electró? I la càrrega final, després de l'anihilació?

[1,25 punts]

DADES: Massa de l'electró = massa del positró = $9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.
$1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}$ J.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.

Etiqueta de l’alumne/a

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

P4) Si fem servir una cambra de boira, podem identificar diferents partícules qualitativament en funció de les traces que s'observen. En la fotografia adjunta veiem una traça fina i erràtica que es corba menys que els fotoelectrons, la qual cosa indica que es tracta d'un electró generat en una desintegració β. Els neutrons lliures són inestables i es descomponen emetent radiació ${}^{0}_{-1}\beta$.



FONT: *http://physicsopenlab.org/2017/05/18/particles-in-the-mist.*

a) Escriviu la reacció de desintegració d'un neutró identificant cadascuna de les partícules implicades.
[1,25 punts]

b) Calculeu l'energia que es desprèn en la desintegració d'un neutró i expresseu-ne el resultat en keV.
[1,25 punts]

DADES: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$1\ \text{u} = 1{,}660\,54 \times 10^{-27}\ \text{kg}$.
Masses (en u):

Neutró	*Protó*	*Electró*	*Antineutrí*
1,008 665	1,007 276	$5{,}485\,8 \times 10^{-4}$	≈ 0

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

P8) En un experiment fotoelèctric, il·luminem una superfície metàl·lica amb una llum verda que té una longitud d'ona de 546,1 nm. Observem que el potencial de frenada és de 0,376 V (tensió per la qual desapareix el corrent).

a) Determineu la funció de treball (treball d'extracció) d'aquesta superfície metàl·lica. Calculeu el llindar de freqüència per a l'extracció de fotoelectrons d'aquest metall.
[1,25 punts]

b) Si il·luminem la superfície anterior amb una llum groga de 587,5 nm, determineu l'energia dels fotons incidents. Calculeu el potencial de frenada amb aquesta nova font de llum.
[1,25 punts]

DADES: $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}\ \text{kg}$.
$|e| = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{C}$.
$1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.

Etiqueta de l’alumne/a

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

P5) ***a)*** Escriviu el nombre màssic, el nombre atòmic i el nombre de neutrons que té el $^{13}_{7}\mathrm{N}$. En la desintegració del $^{13}_{7}\mathrm{N}$, un dels protons del nucli de nitrogen es transforma segons una desintegració $\beta^+ : {}^{1}_{1}\mathrm{p}^+ \rightarrow {}^{1}_{0}\mathrm{n} + {}^{0}_{+1}\mathrm{e}^+ + {}^{0}_{0}\nu$. Escriviu la reacció de desintegració del $^{13}_{7}\mathrm{N}$. Justifiqueu per què la desintegració β^+ no pot tenir lloc fora d'un nucli.

[1,25 punts]

b) A partir de l'equació de l'evolució de la desintegració, determineu la relació entre la constant de desintegració λ i el període de semidesintegració. El període de semidesintegració del $^{13}_{7}\mathrm{N}$ és de 9,965 min. Si en un instant determinat hi ha una massa de 5 ng de $^{13}_{7}\mathrm{N}$, quina quantitat en romandrà al cap de 30 min?

Doneu l'expressió de l'activitat radioactiva en funció del temps. Quant de temps cal esperar perquè l'activitat radioactiva es redueixi fins a un 1 % del seu valor inicial?

[1,25 punts]

DADES: ${}_{4}\mathrm{Be}$ ${}_{5}\mathrm{B}$ ${}_{6}\mathrm{C}$ ${}_{7}\mathrm{N}$ ${}_{8}\mathrm{O}$ ${}_{9}\mathrm{F}$ ${}_{10}\mathrm{Ne}$ ${}_{84}\mathrm{Po}$ ${}_{85}\mathrm{At}$ ${}_{86}\mathrm{Rn}$ ${}_{87}\mathrm{Fr}$ ${}_{88}\mathrm{Ra}$ ${}_{89}\mathrm{Ac}$ ${}_{90}\mathrm{Th}$.

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

P8) Tenim dues ones monocromàtiques, una de $\lambda = 750$ nm, corresponent al color vermell, i una altra de $\lambda = 550$ nm, corresponent al color verd.

a) Quina de les dues ones té els fotons més energètics? Calculeu la freqüència i l'energia d'un fotó i les d'un mol de fotons per a cadascuna de les dues radiacions.

[1,25 punts]

b) A continuació, volem reproduir l'efecte fotoelèctric il·luminant amb llum monocromàtica una placa de rubidi. Determineu la longitud d'ona llindar perquè es produeixi l'efecte fotoelèctric. Les ones visibles de l'apartat anterior seran capaces d'arrencar un electró de la superfície del rubidi? Si això és possible, quina serà l'energia cinètica adquirida per l'electró?

Per a l'efecte fotoelèctric, representeu esquemàticament com varia l'energia cinètica màxima dels electrons arrencats en funció de l'energia dels fotons incidents. Comenteu el significat de les dues zones diferenciades.

[1,25 punts]

DADES: La funció de treball del rubidi és $3{,}46 \times 10^{-19}$ J.
$N_A = 6{,}022 \times 10^{23}$.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.
$m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.

Etiqueta de l'alumne/a

Institut d'Estudis Catalans

Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Oficina d'Accés a la Universitat

2021

Proves d'accés a la universitat

Física

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

P4) Segons els mesuraments efectuats amb tècniques de datació radiomètrica, les roques procedents de la Lluna són molt més antigues que les roques de la Terra. La roca més jove recollida a la Lluna (3 200 milions d'anys) és més antiga que les roques més antigues localitzades a la Terra. La nit del 4 d'agost del 2018, els residents de Neftejugansk i Surgut, al nord de Rússia, van poder observar la caiguda d'un meteorit. L'endemà diverses persones afirmaven haver trobat fragments procedents de la Lluna. Una de les mostres recollides presenta una certa activitat radioactiva deguda a la desintegració del ${}^{40}_{19}\mathrm{K}$ en ${}^{40}_{18}\mathrm{Ar}$ amb un període de semidesintegració d'$1{,}248 \times 10^9$ anys. En aquesta mostra es van trobar 0,84 μg de ${}^{40}_{18}\mathrm{Ar}$ i 0,10 μg de ${}^{40}_{19}\mathrm{K}$.

a) Escriviu la reacció de desintegració del ${}^{40}_{19}\mathrm{K}$.
[1,25 punts]

b) Aquesta mostra pot procedir de la Lluna? Justifiqueu la resposta.
[1,25 punts]

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

P8) El 1916 Robert A. Millikan va determinar la constant de Planck a partir d'uns mesuraments molt acurats de l'energia dels electrons emesos i de la freqüència de la llum incident en uns experiments sobre l'efecte fotoelèctric. Paradoxalment, malgrat que Millikan volia refutar la teoria d'Albert Einstein, aquests experiments van confirmar plenament la teoria de l'efecte fotoelèctric proposada per Einstein.

a) La teoria d'Einstein anava en contra de la concepció clàssica que la llum només és una ona electromagnètica. Quina concepció nova sobre la naturalesa de la llum aportava la teoria de l'efecte fotoelèctric d'Einstein? Millikan va trobar que per a un cert metall la freqüència llindar tenia un valor de $4{,}39 \times 10^{14}$ Hz. Calculeu el treball d'extracció (o funció de treball) d'aquest metall. Doneu el resultat en joules i electró-volts.
[1,25 punts]

b) Si es fa incidir llum de 420 nm de longitud d'ona sobre el metall de l'apartat anterior, s'arranquen electrons? Raoneu la resposta. Si la resposta és afirmativa, trobeu l'energia cinètica i la longitud d'ona dels electrons emesos.
[1,25 punts]

DADES: $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.
$1\ \mathrm{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}$ J.
$c = 3{,}00 \times 10^8\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\ s}$.

Etiqueta de l’alumne/a

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

P5) La datació per carboni 14 és una eina molt útil per a estimar l'edat de restes òssies o fòssils. Aquesta tècnica es basa en el cicle següent:

— Un nucli de nitrogen 14, $^{14}_{7}N$, captura un neutró provinent de rajos còsmics de l'espai, allibera un protó i es converteix en carboni 14.
— El carboni 14 forma molècules de CO_2 que són absorbides per les plantes.
— Quan els animals mengen, les plantes incorporen el carboni 14.
— Quan un animal mor, ja no incorpora més carboni 14. A partir d'aquest punt el contingut de carboni 14 disminueix progressivament i es converteix en nitrogen 14.

a) Escriviu la reacció nuclear mitjançant la qual el nitrogen 14 es transforma en carboni 14 per l'efecte dels rajos còsmics. Justifiqueu si la reacció absorbeix o allibera energia.
[1,25 punts]

b) Al laboratori es comparen dues mostres òssies d'elefant. La mostra *A* és d'un individu mort recentment i la mostra *B* té datació desconeguda. Sabent que la mostra *B* conté un 23 % menys de carboni 14 que la mostra *A*, quina edat té aquesta mostra?
[1,25 punts]

DADES: Període de semidesintegració del carboni 14: 5 730 anys.
Masses (en unitats de massa atòmiques):

Neutró	*Protó*	*Nitrogen 14*	*Carboni 14*
1,008 664 9 u	1,007 276 47 u	14,003 074 u	14,003 241 u

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

P8) Tenim una fotocèl·lula en la qual el càtode és fet d'un material alcalí que només pot emetre electrons per efecte fotoelèctric si els fotons tenen una energia superior a 1,20 eV. Enviem sobre el càtode un feix de fotons format per 10^7 fotons/s d'una longitud d'ona de llum verda de 500 nm.

a) Quina energia cinètica tindran els electrons arrancats del càtode per aquesta llum verda?
[1,25 punts]

b) Si en lloc de 10^7 fotons/s sobre el càtode hi enviem un feix 10 vegades més intens (10^8 fotons/s), quins canvis es produiran en l'emissió dels electrons? Justifiqueu la resposta.
[1,25 punts]

DADES: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
$c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.

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

P5) El $^{14}_{6}C$ es produeix a l'atmosfera per l'acció dels raigs còsmics. Aquest isòtop és inestable i va decaient a $^{14}_{7}N$ mitjançant un procés de desintegració β, amb un període de semidesintegració de 5 730 anys. La proporció de ^{14}C respecte al ^{12}C que hi ha a l'atmosfera és constant al llarg del temps. Els éssers vius assimilen el CO_2 de l'atmosfera sense distingir si es tracta de ^{12}C o de ^{14}C, i ho fan en la proporció en què aquests isòtops es troben de manera natural a l'atmosfera. Quan moren, els éssers deixen d'assimilar CO_2 i, a partir d'aquest moment, la quantitat de ^{14}C va decaient.

a) Escriviu la reacció que correspon al decaïment del ^{14}C a ^{14}N. Incloeu-hi, si escau, els antineutrins.
[1,25 punts]

b) Si una mostra d'una fusta utilitzada en un sarcòfag presenta una proporció de $^{14}_{6}C$ de només el 58 % respecte a la proporció que hi ha a l'atmosfera, trobeu quina és l'antiguitat del sarcòfag.
[1,25 punts]

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

P8) Per a obrir i tancar la porta del garatge, disposem d'una cèl·lula fotoelèctrica d'un material alcalí que presenta una funció de treball d'1,20 eV. Sobre la superfície d'aquest material hi fem incidir llum de diverses longituds d'ona: $\lambda_1 = 1{,}04$ μm; $\lambda_2 = 0{,}6$ μm; $\lambda_3 = 0{,}5$ μm.

a) Quina freqüència i quina energia (en eV) tenen els fotons incidents en cada cas?
[1,25 punts]

b) Representeu en una gràfica l'energia cinètica màxima dels electrons arrencats del fotocàtode en funció de l'energia dels fotons incidents (en eV). Hi ha electrons arrencats en tots els casos? Justifiqueu la resposta.
[1,25 punts]

DADES: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}$ J.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.

Institut d'Estudis Catalans

Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Oficina d'Accés a la Universitat

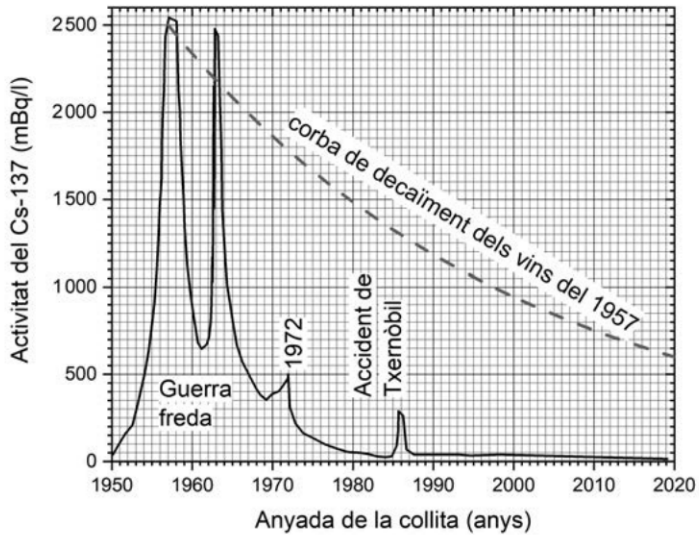
2020

Proves d'accés a la universitat

Física

P5) Un estudi ha revelat que el contingut de cesi 137 en vins de diferents anyades es relaciona amb diferents episodis nuclears, especialment amb les explosions termonuclears que van ocórrer durant la guerra freda: el Cs-137 emès en aquests episodis es va incorporar als vins, i un cop a l'ampolla no hi va haver cap entrada ni sortida d'aquest isòtop radioactiu. Aquest isòtop es desintegra emetent radiacions beta i gamma que poden ser detectades i mesurades sense haver d'obrir les ampolles.

La gràfica mostra la radioactivitat que tenien els vins de cada any en el moment de la vinificació. La línia discontínua mostra l'activitat dels vins de la collita del 1957 a cada moment.



a) Segons la gràfica els vins embotellats el 1957 tenien inicialment una activitat de 2 500 mBq (cada litre), que s'ha reduït fins a 600 mBq/l l'any 2020. Amb aquestes dades, calculeu el període de semidesintegració del Cs-137 i dibuixeu, sobre la mateixa gràfica de l'enunciat, la corba de decaïment per als vins embotellats el 1972 (any de les darreres proves nuclears franceses no subterrànies).

[1,25 punts]

b) El Cs-137 es produeix a partir de processos com el que es representa a aquesta equació nuclear: ${}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}? \rightarrow {}^{137}_{55}\mathrm{Cs} + {}^{x}_{y}\mathrm{Rb} + 3{}^{1}_{0}?$

Completeu l'equació indicant els valors de x i y, i la naturalesa de la partícula indicada amb un interrogant. Digueu també de quina classe de reacció nuclear es tracta.

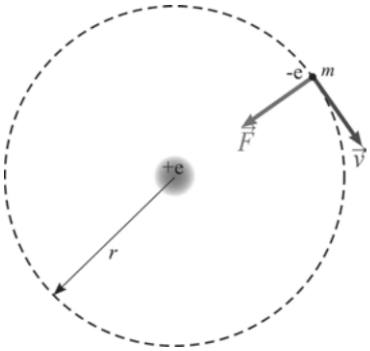
[1,25 punts]

FONT: Michael S. PRAVIKOFF i Philippe HUBERT, *Dating of wines with cesium-137: Fukushima's imprint*, <arXiv:1807.04340>.

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

P8) Segons el model atòmic de Bohr, les òrbites que descriuen els electrons al voltant del nucli compleixen la relació següent:

$$m_e v r = n\frac{h}{2\pi},$$



on m_e és la massa de l'electró, v la seva velocitat, r el radi de l'òrbita i n és un nombre enter (nombre quàntic principal). Per a l'estat fonamental, n val 1; per a la segona òrbita, n val 2, i així successivament.

a) En l'hidrogen muònic, el muó substitueix l'electró. El muó és una partícula idèntica a l'electró (és un leptó com l'electró i té la mateixa càrrega), però la seva massa és unes 200 vegades la massa de l'electró. Determineu el radi de l'òrbita del muó en el seu estat fonamental ($n = 1$). Quin àtom ocupa un volum més gran, l'àtom d'hidrogen o l'hidrogen muònic? Justifiqueu la resposta.
[1,25 punts]

b) L'energia del muó en l'estat fonamental és $-4{,}355 \times 10^{-16}$ J i en la segona òrbita ($n = 2$) és $-1{,}089 \times 10^{-16}$ J. Quan el muó passa de la segona òrbita a l'estat fonamental emet un fotó. Quina és la freqüència i la longitud d'ona d'aquest fotó?
[1,25 punts]

DADES: $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.
$|e| = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}.
$k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8{,}99 \times 10^{9}$ N m^2 C^{-2}.

Institut d'Estudis Catalans

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

P5) El telescopi MAGIC (de l'anglès *Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov Telescope*, és a dir, 'telescopi de raigs gamma per emissió de radiació de Txerenkov a l'atmosfera') és a l'Observatori del Roque de los Muchachos a La Palma, Illes Canàries. L'objectiu del telescopi és estudiar els raigs còsmics de molt alta energia, els quals, en interaccionar amb els gasos atmosfèrics, provoquen una cascada de raigs gamma de 10 GeV.

a) Calculeu la freqüència i la longitud d'ona d'aquests raigs.
[1 punt]

b) Trobeu la massa equivalent d'aquests fotons.
[1 punt]

DADES: Velocitat de la llum, $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}.
1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J.
Constant de Planck, $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.

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

P5) La reacció de fusió més simple és la fusió d'un protó amb un neutró. El resultat d'aquesta fusió és la formació d'un determinat isòtop de l'hidrogen i d'un fotó.

a) Quin isòtop es forma? Escriviu l'equació nuclear que correspon a aquest procés.
[1 punt]

b) Determineu l'energia del fotó en joules (J) i en electró-volts (eV). Calculeu la freqüència d'aquest fotó.
[1 punt]

DADES: Isòtops de l'hidrogen: ${}_1^1\mathrm{H}$, ${}_1^2\mathrm{H}$, ${}_1^3\mathrm{H}$.
Velocitat de la llum, $c = 3{,}00 \times 10^8\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.
Constant de Planck, $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\ s}$.
$1\ \mathrm{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$.
Masses en repòs:

${}_1^1\mathrm{H}$ (protó)	${}_0^1\mathrm{n}$ (neutró)	${}_1^2\mathrm{H}$ (deuteri)	${}_1^3\mathrm{H}$ (triti)
$1{,}672\,62 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$	$1{,}674\,92 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$	$3{,}343\,58 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$	$5{,}007\,36 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$

Institut d'Estudis Catalans

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

P5) El Reactor Experimental Termonuclear Internacional (International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER) és el primer projecte que estudia la possibilitat de produir energia per fusió nuclear. De totes les reaccions de fusió possibles, la reacció entre el deuteri i el triti (dos isòtops de l'hidrogen) és la més factible amb la tecnologia actual. Aquesta fusió dona ${}_2^4\mathrm{He}$ i un neutró.

a) A partir de les dades, digueu quants protons i quants neutrons tenen el deuteri, el triti i el ${}_2^4\mathrm{He}$. Escriviu l'equació nuclear que correspon a aquest procés de fusió.
[1 punt]

b) Calculeu l'energia que s'allibera en la reacció de fusió anterior.
[1 punt]

DADES: $1\ \mathrm{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$.
$c = 3{,}00 \times 10^8\ \mathrm{m\ s^{-1}}$.
Masses (en kg):

${}_0^1\mathrm{n}$ (neutró)	${}_2^4\mathrm{He}$ (heli)	${}_1^2\mathrm{H}$ (deuteri)	${}_1^3\mathrm{H}$ (triti)
$1{,}674\,927 \times 10^{-27}$	$6{,}644\,657 \times 10^{-27}$	$3{,}343\,584 \times 10^{-27}$	$5{,}007\,357 \times 10^{-27}$

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

P5) Quan s'il·lumina una superfície metàl·lica amb una radiació ultraviolada $\lambda = 300$ nm, el metall emet electrons amb una energia cinètica tan gran que, per a frenar-los (anul·lar el corrent), cal aplicar-hi un potencial de frenada d'1,04 V.

a) Calculeu l'energia dels fotons incidents i el treball d'extracció (o funció de treball) d'aquest metall.
[1 punt]

b) A partir del balanç d'energia de l'efecte fotoelèctric, trobeu l'expressió de la velocitat màxima dels fotoelectrons emesos en funció de la massa dels electrons (m), la constant de Planck, la velocitat de la llum, la longitud d'ona de la llum incident i el treball d'extracció (W_e).
[1 punt]

DADES: $1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.

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

OPCIÓ A

P3) ***a)*** Escriviu l'equació del balanç energètic en l'efecte fotoelèctric. Digueu el significat de cada un dels termes i deduïu l'expressió de la longitud d'ona llindar a partir, únicament, de la funció de treball (treball d'extracció) del metall i de constants universals.
[1 punt]

b) Il·luminem una placa de sodi (funció de treball, 2,36 eV) amb radiació de freqüència de 660 THz. Calculeu l'energia cinètica màxima dels fotoelectrons que s'emetran i el potencial de frenada necessari per a aturar-los.
[1 punt]

DADES: Constant de Planck, $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J s}$.
Velocitat de la llum, $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$.
$1\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{J}$.
Càrrega de l'electró, $q_e = -1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C}$.

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

OPCIÓ B

P3) El novembre del 2017, diversos observatoris de tot Europa van enregistrar un augment de les concentracions de l'isòtop ruteni 106 (^{106}Ru). Es desconeix la naturalesa exacta de l'accident que va provocar aquesta emissió radioactiva. Es calcula que, en el moment de l'emissió, l'activitat de la fuita era de 200 TBq aproximadament. El període de semidesintegració d'aquest isòtop és de 374 dies i es transforma en rodi 106 (^{106}Rh).

a) Escriviu l'equació nuclear de la desintegració del ruteni 106, incloent-hi tots els subíndexs i superíndexs, així com els noms de totes les partícules que intervenen en l'equació. Com s'anomena aquesta desintegració?

[1 punt]

b) Calculeu l'activitat del ruteni 106 al cap de set mesos (210 dies) de ser alliberat a causa de l'accident.

[1 punt]

DADES: Nombre atòmic del ruteni, $Z(\text{Ru}) = 44$.
Nombre atòmic del rodi, $Z(\text{Rh}) = 45$.

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

P5) El carboni 14 (^{14}C) és un isòtop radioactiu que es produeix a les capes altes de la troposfera i de l'estratosfera. La datació de restes orgàniques es basa en la desintegració d'aquest isòtop, que passa als organismes a través de la cadena alimentària. La desintegració d'una mostra de ^{14}C produeix partícules β^-.

a) Completeu la reacció de formació del ^{14}C:

$$^{14}_{7}\text{N} + ? \rightarrow {}^{14}_{6}\text{C} + {}^{1}_{1}\text{H}$$

Completeu també la reacció de desintegració d'aquest isòtop:

$$^{14}_{6}\text{C} \rightarrow \ldots$$

[1 punt]

b) Quin percentatge quedarà del ^{14}C que tenia originalment una mòmia de 4 000 anys d'antiguitat si sabem que el període de semidesintegració del ^{14}C és de 5 730 anys?

[1 punt]

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

P5) Un material alcalí que pot emetre electrons per efecte fotoelèctric presenta una funció de treball d'1,30 eV. Sobre la superfície d'aquest material incideix llum groga amb una longitud d'ona de 500 nm.

a) Quina freqüència i quina energia tenen els fotons de la llum groga?
[1 punt]

b) Quina energia cinètica, en eV, tindran els electrons extrets per aquesta llum groga?
[1 punt]

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

Institut d'Estudis Catalans

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

P5) El poloni, ^{210}Po, és un emissor natural de partícules α.

a) Escriviu la reacció de desintegració del ^{210}Po sabent que quan es desintegra genera un isòtop del plom (Pb).
[1 punt]

b) Sabent que el període de semidesintegració del ^{210}Po és de 138 dies, quina quantitat de ^{210}Po queda en una mostra de 10,0 g després de 69 dies des de l'inici de l'activitat?
[1 punt]

DADES: Nombre atòmic del poloni, $Z(\text{Po}) = 84$.

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

P5) Sobre un metall alcalí incideix llum de longitud d'ona $\lambda = 3{,}00 \times 10^{2}$ nm. Si els fotoelectrons emesos tenen una energia cinètica màxima de 2,00 eV, calculeu:

a) L'energia (en eV) d'un fotó de la llum incident.
[1 punt]

b) El treball d'extracció (en eV) corresponent a aquest metall.
[1 punt]

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

Institut d'Estudis Catalans

Proves d'accés a la universitat

Física

Sèrie 5

L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les dues opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents.

Cada problema val 2 punts.

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

P2) L'isòtop ^{99m}Tc, tecneci metaestable, s'utilitza com a radiotraçador en medicina, i té un període de semidesintegració de 6 hores, un temps suficient perquè s'acumuli en l'òrgan que es vol estudiar sense que perduri gaire temps en l'organisme. Aquest isòtop és un emissor γ amb una energia d'uns 140 keV, i se'n pot generar una imatge. El tecneci és l'element 43 de la taula periòdica.

a) Escriviu el nombre màssic, el nombre atòmic i el nombre de neutrons que conté aquest isòtop. Escriviu la reacció de desintegració γ que es produeix.
[1 punt]

b) Si un pacient rep una dosi de 2 ng de l'isòtop, quina quantitat romandrà al seu cos passades 24 hores, si suposem que no n'ha eliminat gens per l'orina?
[1 punt]

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

OPCIÓ B

P3) El iode 131 (^{131}I), descobert per Glenn Seaborg i John Livingood el 1938, és un important radioisòtop que s'utilitza en la radioteràpia posterior a la tiroidectomia en els casos de càncer de tiroide. Té un període de semidesintegració de 8,02 dies i es transforma en xenó (Xe) mitjançant una emissió primària β^-, seguida d'una emissió γ de 364 keV.

a) Escriviu les equacions nuclears corresponents als processos esmentats i calculeu el percentatge que quedarà d'una determinada quantitat inicial de ^{131}I després de 24,06 dies.

b) Calculeu la longitud d'ona dels fotons γ.

DADES: Constant de Planck, $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J s.
Massa de l'electró = $9{,}11 \times 10^{-31}$ kg.
Velocitat de la llum, $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}.
1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J.
Nombre atòmic del iode = 53.

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

P4) Dues mostres radioactives tenen, en un moment donat, $1{,}00 \times 10^{-1}$ mol cadascuna. Les mostres són de dos isòtops diferents de l'element radó (Rn): en concret, de radó 222 (^{222}Rn) i de radó 224 (^{224}Rn). Els dos isòtops són radioactius i tenen, respectivament, períodes de semidesintegració de 3,82 dies i 1,80 hores. El primer presenta una desintegració de tipus α i el nucli fill és un isòtop del poloni (Po), mentre que el segon presenta una desintegració de tipus β^- i el nucli fill és un isòtop del franci (Fr).

a) Escriviu les equacions nuclears de les dues desintegracions radioactives amb totes les partícules que hi intervenen i els seus nombres atòmics i màssics. Calculeu quants àtoms de ^{224}Rn no s'hauran desintegrat encara quan restin $9{,}00 \times 10^{-2}$ mol de la mostra del ^{222}Rn per desintegrar-se.

b) L'energia que es desprèn per cada desintegració d'un nucli de ^{222}Rn és de 5,590 MeV. Calculeu el defecte de massa d'aquesta reacció nuclear.

DADES: Nombre d'Avogadro, $N_A = 6{,}022 \times 10^{23}$ mol^{-1}.
Velocitat de la llum, $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}.
1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J.
Nombre atòmic del radó = 86.

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

P5) La presència de l'isòtop ferro 60 (^{60}Fe) en algunes roques lunars i en alguns sediments oceànics indica, segons alguns astrofísics, que una supernova va esclatar a les proximitats del Sistema Solar en una època relativament recent (a escala còsmica) i va fer arribar aquest isòtop fins a la Terra. El ^{60}Fe té un període de semidesintegració de 2,6 milions d'anys.

a) Si hi hagués hagut ^{60}Fe quan la Terra es va formar, fa 4 400 milions d'anys, quin percentatge d'aquest ^{60}Fe primordial quedaria ara? Si el ^{60}Fe es va originar en l'explosió d'una supernova fa 13 milions d'anys, quin percentatge d'aquest ^{60}Fe hauria de quedar encara?

b) El ^{60}Fe es transforma, mitjançant una desintegració β^-, en un isòtop de cobalt (Co) de vida breu, el qual torna a patir una nova desintegració β^- i produeix un isòtop estable de níquel (Ni). Escriviu les equacions nuclears de les dues desintegracions, incloent-hi els antineutrins.

DADA: Nombre atòmic del ferro (Fe): 26.

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

P5) El període de semidesintegració d'un nucli radioactiu és de 600 s. Disposem d'una mostra que inicialment té 10^{10} d'aquests nuclis.

a) Calculeu la constant de desintegració i el nombre de nuclis que queden després d'una hora.

b) Calculeu l'activitat de la mostra dues hores després de l'instant inicial.

Institut d'Estudis Catalans

Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Oficina d'Accés a la Universitat

Proves d'accés a la universitat

Física

Sèrie 5

L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les dues opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents.

Cada problema val 2 punts.

---

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

OPCIÓ A



P3) Per a fer observacions, els microscopis òptics fan servir fotons i els microscopis electrònics utilitzen electrons. El poder de resolució d'un microscopi és la capacitat que té per a diferenciar com a punts separats dos punts molt propers i està determinat (en part) per la longitud d'ona de la radiació emprada, de tal manera que com més petita és la longitud d'ona de la radiació, més gran és la resolució del microscopi.

a) Calculeu l'energia dels fotons utilitzats en un microscopi òptic de llum visible de 400 nm de longitud d'ona. Quina és la quantitat de moviment d'aquests fotons?

b) Fem servir un microscopi electrònic en què els electrons que ens permeten fer l'observació són accelerats per una diferència de potencial, de manera que assoleixen una quantitat de moviment de $3{,}31 \times 10^{-25}$ kg m s^{-1}. Calculeu la relació que hi ha entre el poder de resolució d'aquest microscopi electrònic i el del microscopi òptic de l'apartat anterior. Quin dels dos microscopis té més poder de resolució?

DADES: Velocitat de la llum, $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}.
Constant de Planck, $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.

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

OPCIÓ B

P3) La desintegració del tori, ^{232}Th, fins a arribar al plom, ^{208}Pb, passa per diferents isòtops i elements: $^{228}_{88}$Ra, $^{228}_{89}$Ac, $^{228}_{90}$Th, $^{224}_{88}$Ra, $^{220}_{86}$Rn, $^{216}_{84}$Po, $^{212}_{82}$Pb, $^{212}_{83}$Bi, $^{212}_{84}$Po i $^{208}_{82}$Pb.

a) Completeu les reaccions que permeten arribar al ^{208}Pb a partir del ^{232}Th.

b) Tenint en compte que el període de semidesintegració del ^{232}Th és d'$1{,}4 \times 10^{10}$ anys, quin tant per cent de ^{232}Th roman sense desintegrar-se al cap de $2{,}0 \times 10^{10}$ anys?

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



P5) L'isòtop radioactiu fluor 18 es fa servir com a radiofàrmac en tomografies per emissió de positrons (TEP). Quan es desintegra radioactivament, aquest isòtop desprèn un positró que s'anihila ràpidament amb un electró de l'entorn i produeix dos fotons gamma amb la mateixa energia. Aquests fotons, detectats per l'aparell mèdic, permeten obtenir imatges útils per a la diagnosi. El període de semidesintegració del fluor 18 és de 109,77 minuts i podem escriure l'equació de la desintegració de la manera següent: ${}^{18}_{9}\mathrm{F} \rightarrow {}^{A}_{B}\mathrm{Y} + {}^{C}_{D}\mathrm{positró} + {}^{0}_{0}\nu_e$, en què Y és el nucli fill i ν_e és un neutrí electrònic.

a) Indiqueu quants protons i quants neutrons té el nucli de fluor 18. Calculeu els coeficients A, B, C i D de l'equació i la freqüència dels fotons gamma detectats per l'aparell de la tomografia.

b) Calculeu el temps que ha de transcórrer perquè el nombre de nuclis de fluor 18 que queden sense desintegrar en el cos del pacient sigui l'1 % dels que hi havia a l'inici de la prova.

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

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

P5) La irradiància solar que arriba a la superfície de la Terra (potència incident per unitat de superfície) és aproximadament de 1 400 W m^{-2}. Suposem que l'energia mitjana dels fotons que hi arriben és de 2,20 eV.

a) Quina és la longitud d'ona mitjana (en nm) dels fotons que arriben a la Terra?

b) Calculeu el nombre de fotons que incideixen sobre una superfície d'1,00 cm^2 cada segon.

DADES: Velocitat de la llum, $c = 3{,}00 \times 10^8$ m s^{-1}.
Constant de Planck, $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.
1 eV = $1{,}602 \times 10^{-19}$ J.

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

P4) El potassi 40 (^{40}K) és un isòtop inestable. Es pot transformar en calci (Ca) mitjançant una desintegració β^- o en argó (Ar) mitjançant una desintegració β^+. El nombre atòmic del calci és 20.

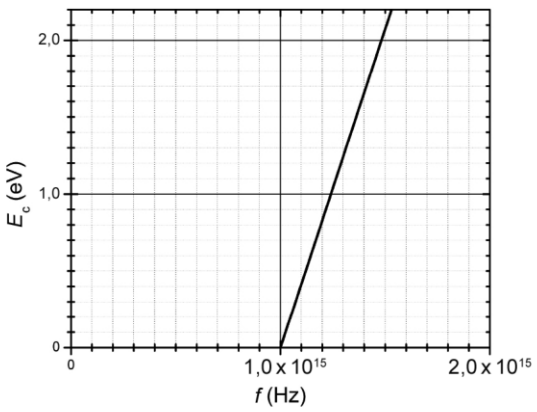
a) Escriviu les equacions nuclears que corresponen a aquests processos, incloent-hi els neutrins i els antineutrins.

b) També és possible que el potassi 40 capturi un electró de la seva escorça i emeti un fotó gamma de 1 460 MeV. Calculeu la longitud d'ona i la freqüència d'aquests raigs gamma. Calculeu també la disminució de la massa de l'àtom de potassi 40 deguda a l'energia que s'endú el fotó.

DADES: Constant de Planck, $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s.
$|e| = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C.
Velocitat de la llum, $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}.
1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J.

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

P5) Al laboratori es mesura l'energia cinètica màxima dels electrons emesos quan es fa incidir llum de freqüències diferents sobre una superfície metàl·lica. Els resultats obtinguts es mostren en la gràfica adjunta.



a) Determineu el valor de la constant de Planck a partir de la gràfica.

b) Calculeu l'energia mínima d'extracció dels electrons (en eV).

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

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

P4) Una substància radioactiva es desintegra segons l'equació següent (en el sistema internacional, SI):

$$N = N_0\, e^{-0{,}0050t}$$

a) Expliqueu el significat de les magnituds que intervenen en aquesta equació i indiqueu el període de semidesintegració de la substància. Justifiqueu la resposta.

b) Si en un moment determinat la mostra conté $1{,}0 \times 10^{28}$ nuclis d'aquesta substància, calculeu l'activitat que tindrà al cap de 4,0 hores.

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

P5) Il·luminem el càtode d'una cèl·lula fotoelèctrica amb un feix de llum verda de 560 nm de longitud d'ona i observem que s'origina un corrent elèctric. Comprovem que el corrent desapareix quan apliquem una tensió de 0,950 V (potencial de frenada).

a) Calculeu el treball d'extracció (funció de treball) i el llindar de freqüència del metall del càtode.

b) Expliqueu raonadament si es produirà efecte fotoelèctric quan un feix de llum de longitud d'ona més gran que el llindar de longitud d'ona incideixi sobre el metall. I si la freqüència del feix incident és més gran que el llindar de freqüència del metall?

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

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

OPCIÓ A

P3) El radó 222, de símbol Rn, és un gas noble responsable de bona part de l'exposició de les persones a les radiacions ionitzants. El ^{222}Rn es forma al subsòl a partir del radi (Ra) i a causa del seu estat gasós es difon cap a l'atmosfera.

a) Quan el ^{222}Rn es desintegra emet partícules α. Escriviu l'equació nuclear d'aquest procés de desintegració.

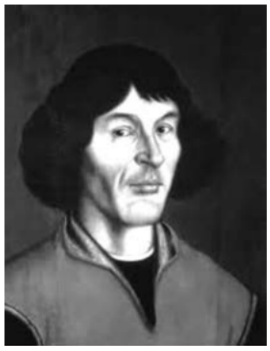
b) A més de la radiació α, durant el procés de desintegració també s'emeten raigs γ (no cal que els inclogueu en l'equació de l'apartat anterior). Calculeu la freqüència i la longitud d'ona d'un fotó γ d'energia 5,50 MeV.

DADES: Nombres atòmics: Bi, 83; Po, 84; At, 85; Rn, 86; Fr, 87; Ra, 88; Ac, 89.
$1\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J
Constant de Planck, $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J s
Velocitat de la llum, $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}

59. PAU 2015 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

P3) El copernici $^{277}_{112}\text{Cn}$ va ser sintetitzat al laboratori del Centre per a la Recerca d'Ions Pesants (GSI) de Darmstadt (Alemanya) el 9 de febrer del 1999. El nom oficial data del febrer del 2010, en honor de Nicolau Copèrnic. Per a obtenir-lo, es bombardeja una diana de plom amb projectils d'àtoms de zinc. La reacció es pot escriure així:



$$^{208}_{a}\text{Pb} + ^{70}_{b}\text{Zn} \rightarrow ^{277}_{112}\text{Cn} + ?$$

El $^{277}_{112}\text{Cn}$ es desintegra segons la seqüència següent:

$^{277}_{112}\text{Cn} \rightarrow ^{273}_{110}\text{X} + ?$

$^{273}_{110}\text{X} \rightarrow ^{269}_{108}\text{X} + ?$

$^{269}_{108}\text{X} \rightarrow ^{265}_{106}\text{X} + ?$

$^{265}_{106}\text{X} \rightarrow ^{261}_{104}\text{X} + ?$

$^{261}_{104}\text{X} \rightarrow ^{257}_{102}\text{X} + ?$

$^{257}_{102}\text{X} \rightarrow ^{253}_{100}\text{Fm} + ?$

El $^{277}_{112}\text{Cn}$ té un període de semidesintegració de 0,17 ms.

a) Completeu la reacció d'obtenció del $^{277}_{112}\text{Cn}$ a partir de plom i de zinc. Quin tant per cent de $^{277}_{112}\text{Cn}$ roman sense desintegrar-se al cap d'un minut d'haver-se produït la reacció d'obtenció d'aquest isòtop?

b) Escriviu la seqüència o sèrie radioactiva (amb tots els símbols dels elements) fins a arribar al fermi.

DADES:

$_{82}\text{Pb}$	$_{110}\text{Ds}$	$_{108}\text{Hs}$	$_{106}\text{Sg}$	$_{104}\text{Rf}$	$_{102}\text{No}$	$_{100}\text{Fm}$	$_{30}\text{Zn}$
plom	darmstadti	hassi	seaborgi	rutherfordi	nobeli	fermi	zinc

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

P5) El període de semidesintegració de l'isòtop ^{235}U és de $7{,}00 \times 10^8$ anys. Per a una mostra d'1,000 g, calculeu:

a) L'activitat inicial en becquerels (Bq).

b) La massa de ^{235}U quan hagin passat 10^8 anys.

DADES: Nombre d'Avogadro, $N_A = 6{,}022 \times 10^{23}$ nuclis $\cdot$ mol^{-1}
1 Bq = 1 desintegració $\cdot$ s^{-1}
Massa molar de ^{235}U, $M = 235$ g $\cdot$ mol^{-1}

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

P5) Una cèl·lula fotoelèctrica és il·luminada amb llum blava de 4 750 Å. La freqüència llindar de la cèl·lula és de $4{,}75 \times 10^{14}$ Hz. Calculeu:

a) L'energia dels fotons incidents i el treball d'extracció característic del metall de la cèl·lula.

b) L'energia cinètica màxima dels electrons emesos i el seu potencial de frenada.

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

Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Oficina d'Accés a la Universitat

Proves d'accés a la universitat

Convocatòria 2015

Física

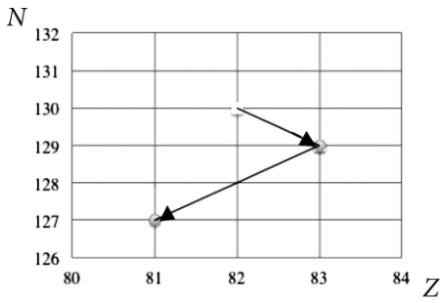
Sèrie 4

L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les dues opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents.

Cada problema val 2 punts.

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

P2) En un nucli atòmic radioactiu s'esdevenen dues desintegracions radioactives successives, representades en la gràfica de la figura. En l'eix de les abscisses s'indica el nombre de protons (Z) i en l'eix de les ordenades, el nombre de neutrons (N) dels elements químics que intervenen en el procés.



a) Escriviu les equacions de les dues desintegracions radioactives que es produeixen i digueu com s'anomena cadascuna. Indiqueu el nom, el nombre atòmic i el nombre màssic de tots els elements i de totes les partícules que hi intervenen.

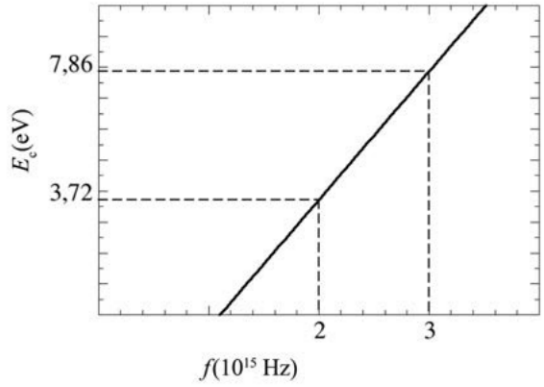
b) Si inicialment tenim N nuclis del primer element i el seu període de semidesintegració és de 10,64 hores, calculeu el temps que haurà de passar perquè es desintegrin un 10,0 % dels nuclis.

DADES: Nombres atòmics d'alguns elements químics: or (Au), 79; mercuri (Hg), 80; tal·li (Tl), 81; plom (Pb), 82; bismut (Bi), 83; poloni (Po), 84; àstat (At), 85.

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

OPCIÓ A

P3) Il·luminem una superfície de coure amb llum de diverses freqüències i quan s'alliberen electrons del metall, en mesurem l'energia cinètica. Amb les dades obtingudes de l'experiment dibuixem la gràfica següent:



a) Expliqueu breument què és el *llindar de freqüència* de l'efecte fotoelèctric i calculeu quin valor té en aquest cas.

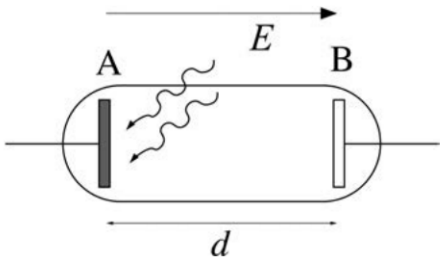
b) Calculeu el valor de la constant de Planck i la velocitat que assoleixen els electrons emesos quan la longitud d'ona de la llum incident és $1{,}2 \times 10^{-7}$ m.

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

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

OPCIÓ B

P3) Un tub de buit com el de la figura adjunta té l'ànode A fet de coure i la distància entre els elèctrodes és $d = 30$ cm. Establim un camp elèctric uniforme de A a B que genera una diferència de potencial de 3 V i il·luminem l'ànode amb radiacions que tenen fotons incidents amb una energia de 10 eV. Observem que al càtode B arriben electrons amb una energia cinètica de 2,3 eV.



a) Quina és la freqüència i la longitud d'ona de la radiació incident (expressada en nm)? Quin és el valor del camp elèctric E?

b) Amb quina energia cinètica surten emesos els electrons arrencats de l'ànode A? Quin és el treball d'extracció del coure en eV?

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

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

OPCIÓ A

P3) A l'espectroscòpia de fotoemissió ultraviolada (UV), il·luminem les mostres amb un feix de radiació UV i analitzem l'energia dels electrons emesos.

a) Hem il·luminat una mostra amb radiació de longitud d'ona $\lambda = 23{,}7$ nm i els fotoelectrons analitzats tenen una energia cinètica màxima de 47,7 eV. Calculeu la funció de treball del material analitzat en J i en eV.

b) Determineu el llindar de longitud d'ona per a aquest material. Com canviaria aquest llindar de longitud d'ona si es dupliqués la potència del feix de radiació UV?

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

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

OPCIÓ B

P3) En un jaciment arqueològic es troben unes restes òssies antigues d'animals. Un gram d'aquestes restes conté $9{,}5 \times 10^{8}$ àtoms de carboni 14. L'anàlisi d'una mostra actual, de la mateixa massa i de característiques similars, revela que, en el moment de la mort dels animals, els ossos tenien $6{,}9 \times 10^{9}$ àtoms de C-14/gram.

a) Determineu l'antiguitat de les restes si sabem que el període de semidesintegració del C-14 és de 5 760 anys.

b) Escriviu l'equació nuclear de la desintegració (amb emissió de β^-) del C-14 i incloeu-hi els antineutrins. Calculeu el defecte de massa per nucleó de C-14.

DADES: $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m s^{-1}
Nombres atòmics: Be, 4; B, 5; C, 6; N, 7; O, 8; F, 9

Masses:

Partícula	*Massa (kg)*	*Partícula*	*Massa (kg)*
protó	$1{,}672\,6 \times 10^{-27}$	electró	$9{,}109\,3 \times 10^{-31}$
neutró	$1{,}674\,9 \times 10^{-27}$	àtom de C-14	$2{,}325\,3 \times 10^{-26}$

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

OPCIÓ A

P3) L'any 2006, l'exespia rus del KGB Aleksandr Litvinenko va ser víctima d'un enverinament amb poloni 210 i es va convertir en la primera víctima confirmada que moria per la síndrome de radiació aguda.

El poloni 210 és un emissor de partícules α que es troba a la natura i que també es pot obtenir en laboratoris nuclears.

a) Escriviu la reacció de desintegració del poloni 210, si sabem que en desintegrar-se produeix un isòtop del plom.

b) El període de semidesintegració efectiu en el cos humà del poloni 210 és de 37 dies. Si suposem que la dosi que van subministrar a Litvinenko va ser de 5 mg, quina quantitat de poloni 210 hi havia en el seu organisme quan va morir, vint dies després de l'enverinament?



Aleksandr Litvinenko

DADA: Símbols químics i nombres atòmics del poloni $Z(\text{Po}) = 84$ i del plom $Z(\text{Pb}) = 82$

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

OPCIÓ B

P3) Una porta s'obre i es tanca mitjançant un dispositiu fotoelèctric. La longitud d'ona de la radiació electromagnètica utilitzada és de 850 nm i l'energia mínima d'extracció del material fotodetector és d'1,20 eV. Calculeu:

a) L'energia cinètica dels fotoelectrons emesos i la longitud d'ona de De Broglie associada a aquests electrons.

b) La longitud d'ona que hauria de tenir una radiació electromagnètica incident per a duplicar l'energia cinètica dels fotoelectrons emesos de l'apartat *a*.

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

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

OPCIÓ B

P3) El iode pot ser un radiofàrmac. L'isòtop $^{131}_{53}\text{I}$ és una font de raigs gamma. S'injecta al pacient per poder obtenir imatges gammagràfiques. Aquest radioisòtop té un període de semidesintegració de 13,2 h.

a) Quina fracció de $^{131}_{53}\text{I}$ resta al cos 24,0 hores després d'injectar el fàrmac?

b) En un altre procés, el $^{131}_{53}\text{I}$ també pot produir $^{131}_{54}\text{Xe}$. Escriviu l'esquema del procés nuclear. Quina partícula s'emet?

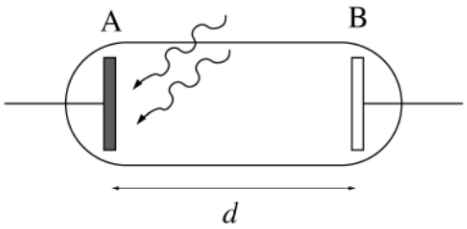


Exemple de gammagrafia

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

P5) Disposem d'un tub de buit com el de la figura. L'elèctrode A és fet de potassi, que té $W_0 = 2{,}29$ eV com a valor de treball d'extracció.

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



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

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

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

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

OPCIÓ A

P3) En una experiència, enviem radiació ultraviolada contra una placa de plom i produïm efecte fotoelèctric. Els electrons que es desprenen de la placa són frenats totalment per una diferència de potencial elèctric que depèn de la longitud d'ona de la radiació ultraviolada incident. A partir de les mesures efectuades sabem que quan la longitud d'ona és $1{,}50 \times 10^{-7}$ m, la diferència de potencial que frena els electrons és de 4,01 V, i quan la longitud d'ona és $1{,}00 \times 10^{-7}$ m, la diferència de potencial de frenada és de 8,15 V. Calculeu:

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

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

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

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

OPCIÓ B

P3) El poloni 210 és un emissor de partícules α que es troba a la natura i que també es pot obtenir en laboratoris nuclears a partir del bombardeig del bismut 209 amb neutrons. El període de semidesintegració són 138 dies.

a) Escriviu la reacció de desintegració del poloni 210 si sabem que, en desintegrar-se, produeix un isòtop del plom. Quina és la constant de desintegració del poloni 210?

b) Si una mostra conté 5 mg de poloni 210, quina quantitat de poloni 210 quedarà després de 20 dies?

DADES: Nombres atòmics i símbols químics del poloni Z(Po) = 84 i del plom Z(Pb) = 82

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

P4) L'americi (Am) és l'element de nombre atòmic 95. Els primers àtoms d'americi 241 van ser produïts el 1944 per Glenn Theodore Seaborg i els seus col·laboradors fent servir un seguit de reaccions nuclears a partir del plutoni (Pu). A continuació, es mostren, incompletes, les dues últimes etapes del procés:

$$^{240}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{a}_{b}\mathrm{x} \rightarrow {}^{241}_{94}\mathrm{Pu}$$

$$^{241}_{94}\mathrm{Pu} \rightarrow {}^{241}_{95}\mathrm{Am} + {}^{c}_{d}\mathrm{Y}$$



Glenn Theodore Seaborg

a) Determineu els valors dels coeficients *a*, *b*, *c* i *d*. Quin nom té la partícula que el Pu-240 ha capturat en la primera reacció? Com s'anomena la desintegració descrita en la segona reacció?

b) Calculeu el percentatge de nuclis de Am-241 que s'han desintegrat des del 1944 fins ara.

DADA: Període de semidesintegració de l'americi 241, $t_{1/2} = 432$ anys

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

P4) La radioactivitat és un mitjà fiable per a calcular l'edat de les roques i minerals que contenen isòtops radioactius concrets. Aquest sistema de datació radiomètrica ens permet mesurar el temps geològic.

Un d'aquests mètodes es basa en la desintegració de l'isòtop $^{40}_{19}\mathrm{K}$ (potassi) en $^{40}_{18}\mathrm{Ar}$ (argó). El rellotge potassi-argó comença a funcionar quan els minerals que contenen potassi cristal·litzen a partir d'un magma o dins una roca. En aquest moment, els nous minerals contenen $^{40}_{19}\mathrm{K}$ i no contenen $^{40}_{18}\mathrm{Ar}$. A mesura que passa el temps, el $^{40}_{19}\mathrm{K}$ es desintegra i tots els àtoms de $^{40}_{18}\mathrm{Ar}$ que trobem en el mineral en un temps posterior a la formació provenen de la descomposició del $^{40}_{19}\mathrm{K}$.

a) Escriviu la reacció nuclear de l'emissió de partícules β de l'isòtop $^{40}_{19}\mathrm{K}$.

b) En una roca s'han trobat 10,0 g de $^{40}_{19}\mathrm{K}$ i 10,0 g de $^{40}_{18}\mathrm{Ar}$. Quina quantitat de $^{40}_{19}\mathrm{K}$ hi haurà quan hauran transcorregut $5{,}00 \times 10^9$ anys? Fent servir la datació radiomètrica basada en el potassi-argó, digueu quina edat té la roca. Considereu que el $^{40}_{19}\mathrm{K}$ es desintegra només en $^{40}_{18}\mathrm{Ar}$.

DADA: Període de semidesintegració del $^{40}_{19}\mathrm{K}$, $t_{1/2} = 1{,}25 \times 10^9$ anys

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

P2) Una gammagrafia òssia és una prova diagnòstica que consisteix a injectar per via intravenosa una substància que conté un cert isòtop radioactiu que es diposita en els ossos i que emet raigs gamma. La radiació emesa es detecta amb una gammacàmera que escaneja el cos i pren imatges de la quantitat de l'isòtop acumulada en els ossos. En aquest tipus de gammagrafies s'utilitza el tecneci 99 com a radioisòtop.

a) Quant s'haurà reduït el nombre de nuclis de l'isòtop injectat al cap d'un dia?

b) El $^{99}_{43}\mathrm{Tc}$ prové de la desintegració beta d'un altre element. Indiqueu el nombre de protons i neutrons del nucli del qual prové.

DADES: $t_{1/2}(^{99}\mathrm{Tc}) = 6{,}00\ \mathrm{h}$.

76. PAU 2012 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3) L'urani 235 té uns quaranta modes possibles de desintegració per absorció d'un neutró.

a) Completeu la reacció nuclear següent, que s'esdevé quan un nucli d'urani 235 absorbeix un neutró:

$$^{b}_{a}\mathrm{n} + {}^{235}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{95}_{38}\mathrm{Sr} + {}^{c}_{d}\mathrm{Xe} + 2\,{}^{b}_{a}\mathrm{n}$$

Indiqueu també quants neutrons i protons té aquest nucli d'urani.

b) Calculeu l'energia produïda en la fissió d'un nucli d'urani 235, d'acord amb la reacció anterior.

DADES: $m_{\text{neutró}} = 1{,}008\,66\ \mathrm{u}$; $m(^{235}\mathrm{U}) = 235{,}124\ \mathrm{u}$;
$m(^{95}\mathrm{Sr}) = 94{,}9194\ \mathrm{u}$; $m(^{139}\mathrm{Xe}) = 138{,}919\ \mathrm{u}$;
$c = 2{,}99792 \times 10^{8}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$; $1\ \mathrm{u} = 1{,}660\,54 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$.

77. PAU 2012 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció B)

P4) Un dels problemes principals de la producció d'energia elèctrica en les centrals nuclears és l'emmagatzematge dels residus radioactius. El plutoni és un d'aquests residus: té un període de semidesintegració de $6{,}58 \times 10^{3}$ anys i és un potent emissor de partícules α.

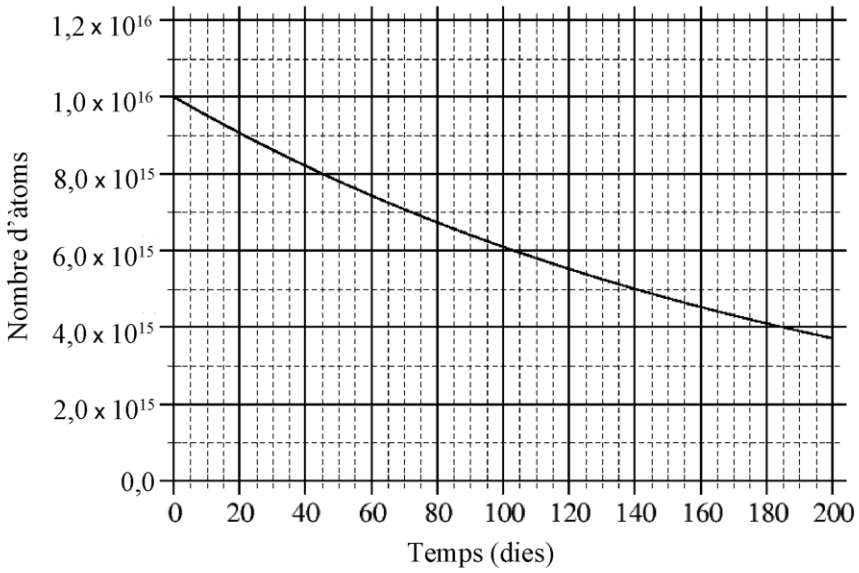
a) Si avui s'emmagatzema una quantitat determinada d'aquest plutoni, quin percentatge d'aquest isòtop quedarà sense desintegrar-se d'aquí a un segle?

b) Sabent que les partícules α s'emeten amb una energia cinètica d'$1{,}00 \times 10^{-13}\ \mathrm{J}$, calculeu-ne la longitud d'ona de De Broglie associada.

DADES: $h = 6{,}62 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\,s}$; $m_{\alpha} = 6{,}68 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$.

78. PAU 2012 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 2 (Part comuna)

P2) Hem observat una mostra d'un isòtop radioactiu. El gràfic mostra l'evolució del nombre d'àtoms de l'isòtop durant 200 dies.



a) Determineu el període de semidesintegració de l'isòtop. Quants àtoms quedaran al cap de tres períodes de semidesintegració?

b) Sospitem que es tracta de poloni 210 ($Z = 84$), un element emissor de radiació alfa. Escriviu la reacció nuclear de l'emissió alfa d'aquest isòtop.

DADES: Nombres atòmics i símbols d'alguns elements:

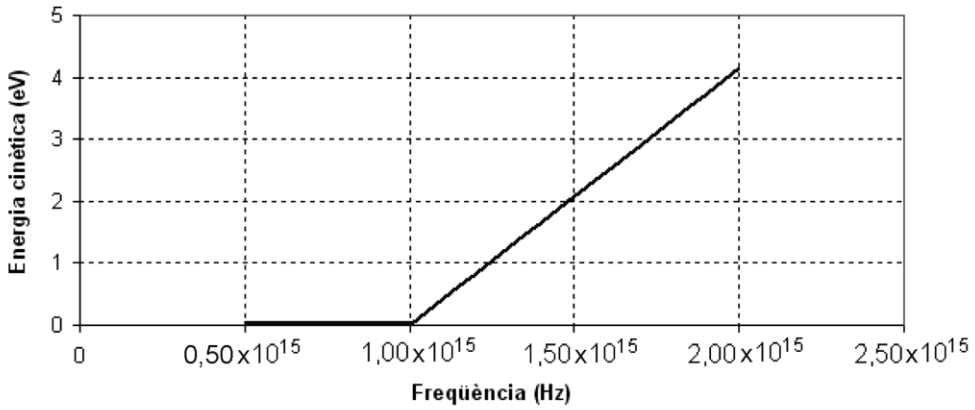
80	81	82	83	84	85	86
Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

79. PAU 2011 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 4 (Opció B)

P4) En una experiència de laboratori, es mesura l'energia cinètica màxima dels electrons que salten quan es fan incidir radiacions de freqüència diferent sobre una placa d'un material. Els resultats obtinguts es mostren en la taula següent, en què E_c representa l'energia cinètica, i ν, la freqüència:

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

La representació gràfica dels resultats és la següent:



Determineu:

a) El valor de la constant de Planck a partir de les dades d'aquest experiment.

b) La funció de treball; és a dir, l'energia mínima d'extracció d'electrons.

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

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

80. PAU 2011 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció A)

P5) El poloni 210 té un període de semidesintegració de 138,4 dies i es desintegra, per emissió de partícules alfa, en un isòtop estable del plom. El procés és el següent:

$$^{210}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{x}_{y}\mathrm{Pb} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

a) Determineu els índexs x i y i el temps necessari perquè la massa del poloni es redueixi al 30 % de la massa inicial.

b) Calculeu l'energia que es desprèn en la desintegració d'un nucli de poloni, expressada en J i en MeV.

DADES: $m\left({}^{210}_{84}\mathrm{Po}\right) = 209{,}983\ \mathrm{u}$;

$m\left({}^{x}_{y}\mathrm{Pb}\right) = 205{,}974\ \mathrm{u}$;

$m\left({}^{4}_{2}\mathrm{He}\right) = 4{,}003\ \mathrm{u}$;

$1\ \mathrm{u} = 1{,}66 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$;
$1\ \mathrm{eV} = 1{,}6 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$;
$c = 3 \times 10^{8}\ \mathrm{m/s}$.

81. PAU 2011 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció B)

Opció B

P3) El triti és un isòtop radioactiu de l'hidrogen. El nucli del triti té dos neutrons.

a) El triti es genera de manera natural a l'atmosfera quan els àtoms de nitrogen xoquen amb una certa partícula que anomenarem «?». La reacció és:

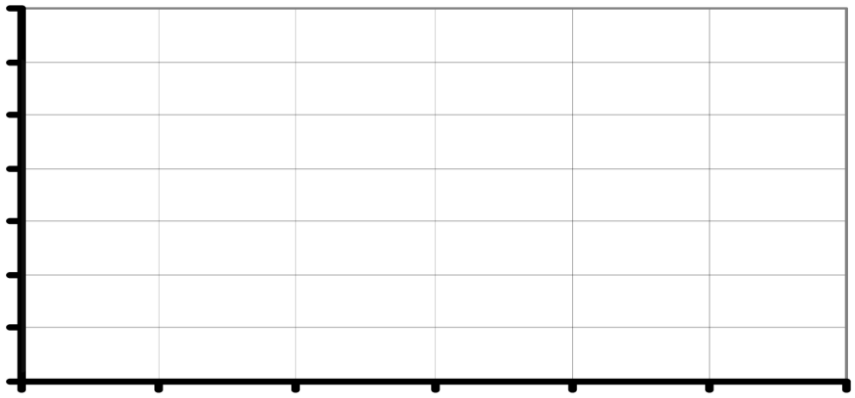
$$^{14}_{7}\mathrm{N} + ^{x}_{y}? \rightarrow ^{12}_{6}\mathrm{C} + ^{z}_{1}\mathrm{T}$$

També es pot produir en reactors nuclears, amb la reacció següent:

$$^{j}_{k}\mathrm{Li} + ^{x}_{y}? \rightarrow ^{4}_{2}\mathrm{He} + ^{z}_{1}\mathrm{T}$$

Determineu els valors dels índexs x, y, z, j i k.

b) El període de semidesintegració del triti és, aproximadament, de dotze anys. Elaboreu una gràfica amb les variables de massa i temps en què s'observi com varia la quantitat de triti d'una mostra que inicialment és de 120 g durant els seixanta anys següents.



82. PAU 2011 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció B)

P4) Una antena de telefonia mòbil instal·lada al terrat d'un edifici emet ones electromagnètiques de 900 MHz de freqüència amb una potència de 4 W.

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

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

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

83. PAU 2011 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció B)

P5) La massa d'un electró en repòs és $9{,}11 \times 10^{-31}$ kg. Un accelerador lineal n'incrementa la velocitat fins que la massa de l'electró és deu vegades més gran.

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

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

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

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

Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Organització de Proves d'Accés a la Universitat

Proves d'Accés a la Universitat. Curs 2010-2011

Física

Sèrie 4

L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents.

Cada problema val 2 punts.

Part obligatòria

84. PAU 2011 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció B)

P4) L'any 2011 ha estat declarat Any Internacional de la Química, per commemorar, entre altres fets, que fa cent anys Marie Curie va ser guardonada amb el Premi Nobel de Química pel descobriment del radi, entre altres mèrits. El període de semidesintegració del radi és $1{,}59 \times 10^3$ anys. Si el 1911 es va guardar una mostra d'1,00 g de radi, calculeu:

a) La quantitat de radi de la mostra que queda actualment.

b) L'activitat radioactiva inicial de la mostra d'1,00 g de radi, i l'activitat radioactiva del radi que queda de la mostra avui.

DADES: $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$; $m_a(\text{Ra}) = 226\ \text{u}$.

85. PAU 2011 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 5 (Opció A)

P5) El iode 131 és un isòtop radioactiu que emet β^- i γ, té un període de semidesintegració de vuit dies i es fa servir per a tractar el càncer i altres malalties de la glàndula tiroide. La reacció de descomposició és la següent:

$$^{131}_{53}\mathrm{I} \rightarrow {}^{x}_{y}\mathrm{Xe} + \beta^- + {}^{0}_{0}\gamma$$

a) Determineu el valor dels nombres màssic i atòmic del xenó (x i y en la reacció, respectivament). Si les partícules β^- s'emeten a una velocitat de 2×10^5 km/s, calculeu-ne la longitud d'ona associada.

b) Un pacient rep un tractament amb iode 131. Quants dies han de transcórrer perquè la quantitat de iode 131 al cos del pacient es redueixi fins al 12,5 % del valor inicial?

DADES: $m_\beta = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg; $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J s.

86. PAU 2010 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 2

P2) Una radiació ultraviolada de $\lambda = 200$ nm incideix sobre una placa de plom, de manera que salten electrons amb una energia cinètica màxima d'1,97 eV. Calculeu:

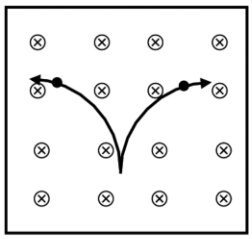
a) La funció de treball (és a dir, l'energia mínima d'extracció d'electrons) del plom.

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

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

87. PAU 2010 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció A)

P5) La imatge següent representa una cambra d'ionització en què s'observa l'aparició d'un electró i d'un positró que tenen la mateixa energia. El camp magnètic que hi ha a la cambra d'ionització és de $2 \cdot 10^{-4}$ T i està dirigit cap a l'interior del paper.



a) Indiqueu la trajectòria del positró i la de l'electró i justifiqueu la resposta. Si les dues trajectòries tenen un radi equivalent de 5,80 m, determineu la velocitat de les partícules.

b) Quina és l'energia en repòs d'un electró? Quina energia mínima ha de tenir un fotó per a materialitzar-se en un parell electró-positró? Quines són la freqüència i la longitud d'ona corresponents a aquesta energia?

DADES: $q_{\text{electró}} = -1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C;
$q_{\text{positró}} = +1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C;
$m_{\text{electró}} = m_{\text{positró}} = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg;
$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ J·s;
$c = 3{,}00 \cdot 10^8$ m/s.

88. PAU 2010 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A

P3) Fem incidir radiació electromagnètica d'una freqüència determinada sobre un metall que té una freqüència llindar de $6{,}00 \cdot 10^{16}$ Hz. Observem que l'energia cinètica màxima dels electrons emesos és $6{,}62 \cdot 10^{-17}$ J. Calculeu:

a) La freqüència de la radiació electromagnètica incident.

b) La longitud d'ona dels fotons incidents i la dels electrons emesos amb la màxima energia cinètica.

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

Opció B

P3) La tècnica de diagnòstic a partir de la imatge que s'obté mitjançant tomografia per emissió de positrons (PET, *positron emission tomography*) es fonamenta en l'anihilació entre la matèria i l'antimatèria. Els positrons, emesos pels nuclis de fluor, ^{18}F, injectats al pacient com a radiofàrmac, s'anihilen en entrar en contacte amb els electrons dels teixits del cos i de cadascuna d'aquestes anihilacions es creen fotons, a partir dels quals s'obté la imatge.

La desintegració d'un nucli de fluor, ^{18}F, es pot escriure mitjançant la reacció nuclear següent:

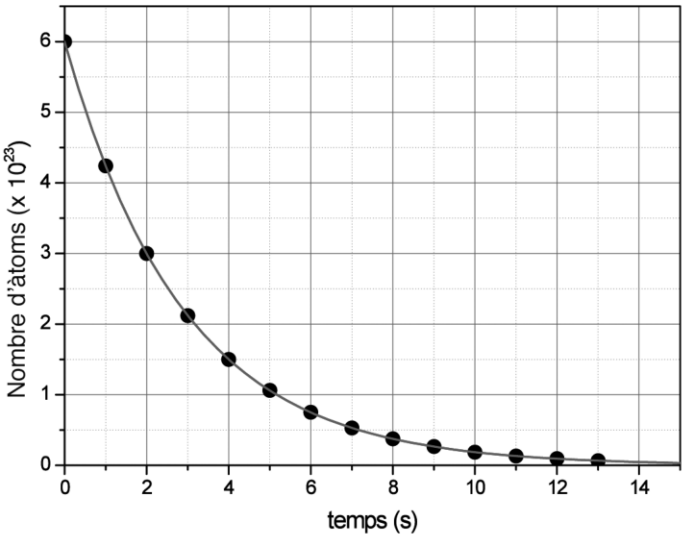
$$^{18}_{9}\mathrm{F} \rightarrow {}^{x}_{8}\mathrm{O} + {}^{y}_{z}\mathrm{e}^{+} + {}^{0}_{0}\nu$$

a) Digueu quants neutrons i quants protons té aquest isòtop artificial de fluor, ^{18}F. Completeu la reacció nuclear, és a dir, determineu x, y i z.

b) El període de semidesintegració del ^{18}F és 109,77 s. Calculeu el temps que ha de passar perquè quedi una vuitena part de la quantitat inicial de ^{18}F. Quin percentatge de partícules quedaran al cap d'una hora? Tenint en compte aquest resultat, digueu si podríem emmagatzemar gaire temps aquest radiofàrmac i justifiqueu-ho.

90. PAU 2010 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 2

P2) Per estudiar el procés de desintegració d'una mostra radioactiva que inicialment tenia $6{,}00 \cdot 10^{23}$ àtoms radioactius, hem mesurat en intervals d'un segon el nombre d'àtoms que encara no s'havien desintegrat. Els resultats obtinguts es representen en la gràfica següent:

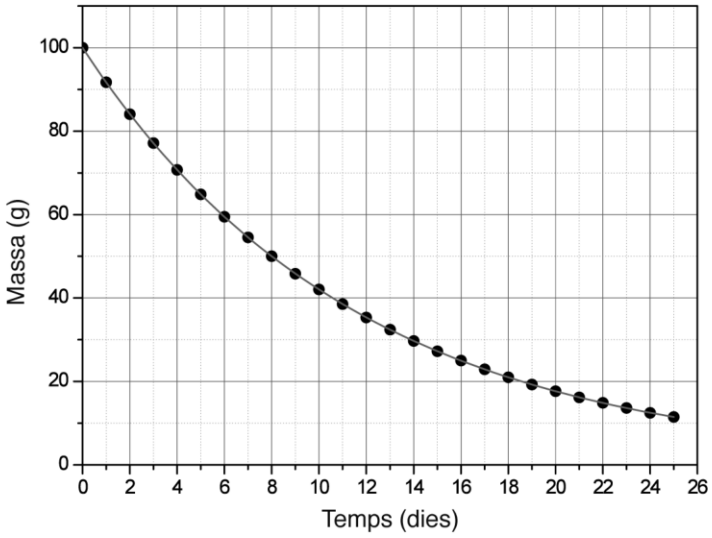


a) Quant val el període de semidesintegració d'aquesta mostra? Quants àtoms de la mostra inicial s'hauran desintegrat quan hagi transcorregut un temps de 15 s?

b) Quant temps haurà de transcórrer perquè només quedi sense desintegrar un 5 % de la mostra inicial?

91. PAU 2010 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 2

P2) La gràfica següent mostra la variació de la massa d'una mostra de iode 131, que és un isòtop radioactiu, al llarg del temps.



a) Trobeu el període de semidesintegració de l'isòtop i digueu quina quantitat de la mostra tindrem al cap de quaranta dies.

b) El iode 131, en desintegrar-se, emet una partícula beta i es transforma en un ió positiu de xenó 131. Calculeu l'energia que s'allibera quan es desintegra un àtom de iode 131.

DADES: m(I-131) = 130,906 125 u;
$m(Xe^{+}\text{-}131)$ = 130,904 533 u;
$m_{\text{electró}} = 5{,}486 \cdot 10^{-4}$ u;
1 u = $1{,}66 \cdot 10^{-27}$ kg;
$c = 3{,}00 \cdot 10^{8}$ m/s.