Física do século XX

Método e recomendacións

◊ PROBLEMAS

● Efecto fotoeléctrico

1. A frecuencia limiar do volframio é $1{,}30\cdot10^{15}$ Hz.
   a) Xustifica que, se se ilumina a súa superficie con luz de lonxitude de onda $1{,}50\cdot10^{-7}$ m, se emiten electróns.
   b) Calcula a lonxitude de onda incidente para que a velocidade dos electróns emitidos sexa de $4{,}50\cdot10^{5}$ m·s⁻¹.
   c) Cal é a lonxitude de onda de De Broglie asociada aos electróns emitidos coa velocidade de $4{,}50\cdot10^{5}$ m·s⁻¹?
   Datos: $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J·s; $c = 3\cdot10^{8}$ m·s⁻¹; $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg *(P.A.U. set. 15)*
   Rta.: a) Si; b) $\lambda = 208$ nm; c) $\lambda_3 = 1{,}62$ nm.

Datos	**Cifras significativas: 3**
Frecuencia limiar do volframio	$f_0 = 1{,}30\cdot10^{15}$ Hz
Lonxitude de onda	$\lambda_1 = 1{,}50\cdot10^{-7}$ m
Velocidade dos electróns emitidos	$v = 4{,}50\cdot10^{5}$ m/s
Constante de Planck	$h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J·s
Velocidade da luz no baleiro	$c = 3{,}00\cdot10^{8}$ m/s
Masa do electrón	$m_e = 9{,}10\cdot10^{-31}$ kg
Incógnitas	
Enerxía dun fotón de $\lambda = 1{,}5\cdot10^{-7}$ m	E_f
Lonxitude de onda incidente para que a velocidade dos electróns emitidos sexa $4{,}50\cdot10^{5}$ m/s	λ_2
Lonxitude de onda de De Broglie asociada aos electróns	λ_3
Outros símbolos	
Traballo de extracción	W_e
Ecuacións	
Ecuación de Planck (enerxía do fotón)	$E_f = h \cdot f$
Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico	$E_f = W_e + E_c$
Relación entre a frecuencia limiar e o traballo de extracción	$W_e = h \cdot f_0$
Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a súa lonxitude de onda	$c = f \cdot \lambda$
Enerxía cinética	$E_c = ½\, m \cdot v^2$
Lonxitude de onda de De Broglie	$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$

Solución:

a) Unha luz producirá efecto fotoeléctrico se a súa enerxía é maior que o traballo de extracción.
Na ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico substitúese a enerxía do fotón polo seu equivalente na ecuación de Planck:

$$\left.\begin{array}{l} E_f = W_e + E_c \\ E_f = h \cdot f \end{array}\right\} h \cdot f = W_e + E_c$$

A radiación que teña a frecuencia limiar terá a enerxía estritamente necesaria para arrincar o electrón, pero non sobrará nada para comunicarlle enerxía cinética.

$$h \cdot f_0 = W_e + 0$$

A relación entre a frecuencia limiar e o traballo de extracción é:

$$W_e = h \cdot f_0$$

Calcúlase o traballo de extracción a partir da frecuencia limiar:

$$W_e = 6{,}63\cdot10^{-34}\ [\text{J·s}] \cdot 1{,}30\cdot10^{15}\ [\text{Hz}] = 8{,}61\cdot10^{-19}\ \text{J}$$

Calcúlase a enerxía da radiación de $\lambda = 1{,}50\cdot10^{-7}$ m, combinando a ecuación de Planck coa relación entre a frecuencia e a lonxitude de onda:

$$E_f = h\cdot f = \frac{h\cdot c}{\lambda} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}\ [\text{J·s}]\cdot 3{,}00\cdot10^{8}\ [\text{m·s}^{-1}]}{1{,}50\cdot10^{-7}\ [\text{m}]} = 1{,}32\cdot10^{-18}\ \text{J}$$

Compárase a enerxía da radiación co traballo de extracción:

$$(E_f = 1{,}32\cdot10^{-18}\ \text{J}) > (W_e = 8{,}61\cdot10^{-19}\ \text{J})$$

Producirase efecto fotoeléctrico porque a enerxía da radiación de $\lambda = 1{,}50\cdot10^{-7}$ m é maior que o traballo de extracción. Polo tanto, emitiranse electróns.

b) Calcúlase a enerxía cinética dos electróns emitidos:

$$E_c = m \cdot v^2 / 2 = 9{,}10\cdot10^{-31}\ [\text{kg}] \cdot (4{,}50\cdot10^{5}\ [\text{m/s}])^2 / 2 = 9{,}22\cdot10^{-20}\ \text{J}$$

Calcúlase a enerxía dos fotóns empregando a ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico:

$$E_f = W_e + E_c = 8{,}61\cdot10^{-19}\ [\text{J}] + 9{,}22\cdot10^{-20}\ [\text{J}] = 9{,}54\cdot10^{-19}\ \text{J}$$

Calcúlase a frecuencia dos fotóns incidentes empregando a ecuación de Planck:

$$E_f = h\cdot f \Rightarrow f = \frac{E_f}{h} = \frac{9{,}54\cdot10^{-19}\ [\text{J}]}{6{,}63\cdot10^{-34}\ [\text{J·s}]} = 1{,}44\cdot10^{15}\ \text{s}^{-1} = 1{,}44\cdot10^{15}\ \text{Hz}$$

Calcúlase a lonxitude de onda dos fotóns empregando a relación entre a frecuencia e a lonxitude de onda:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}00\cdot10^{8}\ [\text{m/s}]}{1{,}44\cdot10^{15}\ \text{s}^{-1}} = 2{,}08\cdot10^{-7}\ \text{m} = 208\ \text{nm}$$

c) Calcúlase a lonxitude de onda asociada aos electróns empregando a ecuación de De Broglie.
A interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico demostrou que a luz se comporta como un chorro de partículas, chamadas fotóns, cuxa enerxía é proporcional á frecuencia:

$$E = h \cdot f$$

No efecto Compton, o fotón compórtase como unha partícula de momento lineal:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\cdot f}{c} = \frac{h\cdot f}{\lambda\cdot f} = \frac{h}{\lambda}$$

Como xa estaba establecido que a luz se propaga como unha onda, propúxose que o comportamento era dual: nalgúns experimentos o comportamento da luz parece ser corpuscular e noutros, ondulatorio.
De Broglie propuxo que este comportamento dual tamén afecto a calquera partícula. Nalgúns casos o comportamento de certas partículas podería interpretarse como o de ondas cuxa lonxitude de onda asociada λ vén dada pola expresión:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\cdot v}$$

h é a constante de Planck, m é a masa da partícula e v é a súa velocidade.
Calcúlase a lonxitude de onda de De Broglie:

$$\lambda_3 = \frac{h}{m\cdot v} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}\ [\text{J·s}]}{9{,}10\cdot10^{-31}\ [\text{kg}]\cdot 4{,}50\cdot10^{5}\ [\text{m/s}]} = 1{,}62\cdot10^{-9}\ \text{m} = 1{,}62\ \text{nm}$$

2. Un raio de luz produce efecto fotoeléctrico nun metal. Calcula:
   a) A velocidade dos electróns se o potencial de freado é de 0,5 V.
   b) A lonxitude de onda necesaria se a frecuencia limiar é $f_0 = 10^{15}$ Hz e o potencial de freado é 1 V.
   c) Aumenta a velocidade dos electróns incrementando a intensidade da luz incidente?
   Datos: $c = 3\cdot10^8$ m·s⁻¹; $e = -1{,}6\cdot10^{-19}$ C; $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg; $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J·s *(P.A.U. xuño 11)*
   Rta.: a) $v = 4{,}2\cdot10^5$ m/s; b) $\lambda = 242$ nm.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Potencial de freado a	$V_a = 0{,}500$ V
Frecuencia limiar	$f_0 = 1{,}00 \cdot 10^{15}$ Hz
Potencial de freado b	$V_b = 1{,}00$ V
Constante de Planck	$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s
Velocidade da luz no baleiro	$c = 3{,}00 \cdot 10^{8}$ m/s
Carga do electrón	$e = -1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C
Masa do electrón	$m_e = 9{,}10 \cdot 10^{-31}$ kg
Incógnitas	
Velocidade dos electróns	v
Lonxitude de onda	λ
Ecuacións	
Ecuación de Planck (enerxía do fotón)	$E_f = h \cdot f$
Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico	$E_f = W_e + E_c$
Relación entre a frecuencia limiar e o traballo de extracción	$W_e = h \cdot f_0$
Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a súa lonxitude de onda	$c = f \cdot \lambda$
Enerxía cinética	$E_c = ½\ m \cdot v^2$
Relación entre potencial de freado V e enerxía cinética	$E_c = \lvert e \rvert \cdot V$

Solución:

a) Calcúlase a velocidade máxima dos electróns emitidos igualando as expresións da enerxía cinética en función da velocidade e en función do potencial de freado:

$$E_c = ½\ m_e \cdot v^2 = |e| \cdot V$$

$$v = \sqrt{\frac{2\,E_c}{m_e}} = \sqrt{\frac{2|e| \cdot V_a}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ [\text{C}] \cdot 0{,}500\ [\text{V}]}{9{,}10 \cdot 10^{-31}\ [\text{kg}]}} = 4{,}19 \cdot 10^5\ \text{m/s}$$

b) Para determinar a lonxitude de onda necesaria para producir efecto fotoeléctrico nun metal, empregase a ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico.
Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).
Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.
Para que se produza efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.
A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación, E_f representa a enerxía do fotón incidente, W_e o traballo de extracción do metal e E_c a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.
A enerxía que leva un fotón de frecuencia f é:

$$E_f = h \cdot f$$

h é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s.
Calcúlase o traballo de extracción a partir da lonxitude de onda limiar:
Na ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico substitúese a enerxía do fotón polo seu equivalente na ecuación de Planck:

$$\left.\begin{array}{l} E_f = W_e + E_c \\ E_f = h \cdot f \end{array}\right\} h \cdot f = W_e + E_c$$

A radiación que teña a frecuencia limiar terá a enerxía estritamente necesaria para arrincar o electrón, pero non sobrará nada para comunicarlle enerxía cinética.

$$h \cdot f_0 = W_e + 0$$

A relación entre a frecuencia limiar e o traballo de extracción é:

$$W_e = h \cdot f_0$$

$$W_e = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ [\text{J·s}] \cdot 1{,}00 \cdot 10^{15}\ [\text{s}^{-1}] = 6{,}63 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Calcúlase a enerxía cinética a partir da súa expresión en función do potencial de freado:

$$E_c = |e| \cdot V_b = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ [\text{C}] \cdot 1{,}00\ [\text{V}] = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Calcúlase a enerxía do fotón a partir da ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico:

$$E_f = W_e + E_c = 6{,}63 \cdot 10^{-19}\ [\text{J}] + 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ [\text{J}] = 8{,}23 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Calcúlase a frecuencia do fotón a partir da ecuación de Planck:

$$E_f = h \cdot f \Rightarrow f = \frac{E_f}{h} = \frac{8{,}23 \cdot 10^{-19}\ [\text{J}]}{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ [\text{J·s}]} = 1{,}24 \cdot 10^{15}\ \text{Hz}$$

Calcúlase a lonxitude de onda coa relación entre lonxitude de onda e a frecuencia:

$$c = f \cdot \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}00 \cdot 10^{8}\ [\text{m·s}^{-1}]}{1{,}24 \cdot 10^{15}\ [\text{s}^{-1}]} = 2{,}42 \cdot 10^{-7}\ \text{m}$$

c) A intensidade da luz non afecta á velocidade dos electróns que só depende da frecuencia da luz. É unha das leis experimentais do efecto fotoeléctrico, explicada pola interpretación de Einstein que di que a luz é un feixe de partículas chamadas fotóns. Cando un fotón choca cun electrón, comunícalle toda a súa enerxía. Pola ecuación de Planck:

$$E_f = h \cdot f$$

Se a enerxía é suficiente para arrincar o electrón do metal ($E_f > W_e$), a enerxía restante queda en forma de enerxía cinética do electrón. Canto maior sexa a frecuencia do fotón, maior será a velocidade do electrón. Ao aumentar a intensidade da luz, o que se conseguiría sería un maior número de fotóns, que, de ter a enerxía suficiente, arrincarían máis electróns, producindo unha maior intensidade de corrente eléctrica.

3. A lonxitude de onda máxima capaz de producir efecto fotoeléctrico nun metal, é 4500 Å:
   a) Calcula o traballo de extracción.
   b) Calcula o potencial de freado se a luz incidente é de λ = 4000 Å.
   c) Habería efecto fotoeléctrico con luz de $5 \cdot 10^{14}$ Hz?
   Datos: $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C; $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s; 1 Å = 10^{-10} m; $c = 3 \cdot 10^{8}$ m/s *(P.A.U. xuño 10)*
   Rta.: a) $W_0 = 4{,}4 \cdot 10^{-19}$ J; b) $V = 0{,}34$ V.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Lonxitude de onda limiar	λ_0 = 4500 Å = $4{,}50 \cdot 10^{-7}$ m
Lonxitude de onda	λ = 4000 Å = $4{,}00 \cdot 10^{-7}$ m
Frecuencia da radiación	$f = 5{,}00 \cdot 10^{14}$ Hz
Constante de Planck	$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s
Velocidade da luz no baleiro	$c = 3{,}00 \cdot 10^{8}$ m/s
Carga do electrón	$e = -1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C
Incógnitas	
Traballo de extracción	W_e
Potencial de freado	V
Enerxía dun fotón de $f = 5 \cdot 10^{14}$ Hz	E_f
Outros símbolos	
Enerxía cinética máxima dos electróns emitidos	E_c
Ecuacións	
Ecuación de Planck (enerxía do fotón)	$E_f = h \cdot f$
Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico	$E_f = W_e + E_c$
Relación entre a frecuencia limiar e o traballo de extracción	$W_e = h \cdot f_0$
Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a súa lonxitude de onda	$c = f \cdot \lambda$
Relación entre potencial de freado e enerxía cinética	$E_c = \|e\| \cdot V$

Solución:

a) Calcúlase o traballo de extracción a partir da lonxitude de onda limiar.
Na ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico substitúese a enerxía do fotón polo seu equivalente na ecuación de Planck:

$$\left.\begin{array}{l} E_f = W_e + E_c \\ E_f = h \cdot f \end{array}\right\} h \cdot f = W_e + E_c$$

A radiación que teña a frecuencia limiar terá a enerxía estritamente necesaria para arrincar o electrón, pero non sobrará nada para comunicarlle enerxía cinética.

$$h \cdot f_0 = W_e + 0$$

A relación entre a frecuencia limiar e o traballo de extracción é:

$$W_e = h \cdot f_0$$

Calcúlase a enerxía da radiación de λ = 4,50·10⁻⁷ m, combinando a ecuación anterior coa relación entre a frecuencia e a lonxitude de onda:

$$W_e = h \cdot f_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} [\text{J·s}] \cdot 3{,}00 \cdot 10^8 \text{ J}}{4{,}50 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 4{,}42 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

b) O potencial de freado calcúlase a partir da enerxía cinética máxima dos electróns emitidos.
Calcúlase a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos a partir da [ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico]:

$$E_c = E_f - W_e$$

Calcúlase antes a enerxía dos fotóns de λ = 4,50·10⁻⁷ m, combinando a ecuación de Planck coa relación entre a frecuencia e a lonxitude de onda:

$$E_f = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} [\text{J·s}] \cdot 3{,}00 \cdot 10^8 [\text{m·s}^{-1}]}{4{,}00 \cdot 10^{-7} [\text{m}]} = 4{,}97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Calcúlase agora a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos:

$$E_c = 4{,}97 \cdot 10^{-19} [\text{J}] - 4{,}42 \cdot 10^{-19} [\text{J}] = 5{,}5 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

Calcúlase o potencial de freado a partir da ecuación que o relaciona coa enerxía cinética:

$$E_c = |e| \cdot V \Rightarrow \quad V = \frac{E_c}{|e|} = \frac{5{,}5 \cdot 10^{-20} [\text{J}]}{1{,}60 \cdot 10^{-19} [\text{C}]} = 0{,}35 \text{ V}$$

c) Unha luz producirá efecto fotoeléctrico se a súa enerxía é maior que o traballo de extracción.
Calcúlase a enerxía da radiación de f = 5,00·10¹⁴ Hz

$$E_f = h \cdot f = 6{,}63 \cdot 10^{-34} [\text{J·s}] \cdot 5{,}00 \cdot 10^{14} [\text{s}^{-1}] = 3{,}32 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Compárase co traballo de extracción:

$$(E_f = 3{,}32 \cdot 10^{-19} \text{ J}) < (W_e = 4{,}42 \cdot 10^{-19} \text{ J})$$

Como a enerxía da radiación é menor que o traballo de extracción, non se producirá efecto fotoeléctrico.

4. O traballo de extracción do cátodo metálico nunha célula fotoeléctrica é 3,32 eV. Sobre el incide radiación de lonxitude de onda λ = 325 nm. Calcula:
   a) A velocidade máxima coa que son emitidos os electróns.
   b) O potencial de freado.
   Datos: constante de Planck h = 6,63·10⁻³⁴ J·s, c = 3·10⁸ m/s, 1 nm =10⁻⁹ m, 1 eV = 1,60·10⁻¹⁹ J,
   e = -1,60·10⁻¹⁹ C, m_e = 9,11·10⁻³¹ kg *(P.A.U. xuño 05)*
   Rta.: a) v = 4,2·10⁵ m/s, b) V = 0,51 V.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Lonxitude de onda da radiación	λ = 325 nm = 3,25·10⁻⁷ m
Traballo de extracción do metal	W_e = 3,32 eV = 5,31·10⁻¹⁹ J
Constante de Planck	h = 6,63·10⁻³⁴ J·s

Datos	***Cifras significativas: 3***
Velocidade da luz no baleiro	$c = 3{,}00·10^8$ m/s
Masa do electrón	$m_e = 9{,}11·10^{-31}$ kg
Incógnitas	
Velocidade máxima coa que son emitidos os electróns	v
Potencial de freado	V
Ecuacións	
Ecuación de Planck (enerxía do fotón)	$E_f = h · f$
Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico	$E_f = W_e + E_c$
Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a súa lonxitude de onda	$c = f · \lambda$
Enerxía cinética	$E_c = ½\ m · v^2$
Relación entre a enerxía cinética dos electróns e o potencial de freado	$E_c = \|e\| · V$

Solución:

a) Calcúlase o traballo de extracción en unidades do S.I.:

$$W_e = 3{,}32\ [\text{eV}] \cdot \frac{1{,}60 \cdot 10^{-19}\ [\text{C}]}{1\ [\text{e}]} = 5{,}31 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Obtense a velocidade máxima coa que son emitidos os electróns a partir da enerxía cinética, que se calcula coa ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico.

$$E_c = E_f - W_e$$

Calcúlase antes a enerxía dos fotóns combinando a ecuación de Planck coa relación entre a frecuencia e a lonxitude de onda:

$$E_f = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ [\text{J·s}] \cdot 3{,}00 \cdot 10^{8}\ [\text{m·s}^{-1}]}{3{,}25 \cdot 10^{-7}\ [\text{m}]} = 6{,}12 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Calcúlase agora a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos:

$$E_c = 6{,}12·10^{-19}\ [\text{J}] - 5{,}31·10^{-19}\ [\text{J}] = 8{,}1·10^{-20}\ \text{J}$$

Calcúlase a velocidade a partir da expresión da enerxía cinética:

$$E_c = ½\ m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2\,E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8{,}1 \cdot 10^{-20}\ [\text{J}]}{9{,}11 \cdot 10^{-31}\ [\text{kg}]}} = 4{,}2 \cdot 10^{5}\ \text{m/s}$$

b) Calcúlase o potencial de freado coa ecuación que o relaciona coa enerxía cinética máxima dos electróns emitidos:

$$E_c = |e| \cdot V \Rightarrow \quad V = \frac{E_c}{|e|} = \frac{8{,}1 \cdot 10^{-20}\ [\text{J}]}{1{,}60 \cdot 10^{-19}\ [\text{C}]} = 0{,}51\ \text{V}$$

● Desintegración radioactiva

1. O Cobalto 60 é un elemento radioactivo utilizado en radioterapia. A actividade dunha mostra redúcese á milésima parte en 52,34 anos. Calcula:
   a) O período de semidesintegración.
   b) A cantidade de mostra necesaria para que a actividade sexa de $5·10^6$ desintegracións/segundo.
   c) A cantidade de mostra que queda ao cabo de 2 anos.
   Datos $N_A = 6{,}02·10^{23}$ mol⁻¹; masa atómica do ^{60}Co = 60 g·mol⁻¹; 1 ano = $3{,}16·10^7$ s *(P.A.U. xuño 16)*
   Rta.: a) $T_{1/2}$ = 5,25 anos; b) m = 0,12 µg; c) m_2 = 0,091 µg.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Actividade ao cabo de 52,34 anos	$A = 0{,}00100\ A_0$
Tempo transcorrido	t = 52,34 anos = $1{,}65·10^9$ s
Actividade para o cálculo da cantidade do apartado b	$A_b = 5·10^6$ Bq
Tempo para o cálculo da cantidade do apartado c	t_c = 2,00 anos = $6{,}32·10^7$ s

Incógnitas

Período de semidesintegración	$T_{½}$
Cantidade de mostra para que a actividade sexa de $5·10^6$ Bq	m
Cantidade de mostra que queda ao cabo de 2 anos	m_2
Outros símbolos	
Constante de desintegración radioactiva	λ
Ecuacións	
Lei da desintegración radioactiva	$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ $\lambda = \ln (N_0 / N) / t$
Relación do período de semidesintegración coa constante de desintegración	$T_{½} \cdot \lambda = \ln 2$
Actividade radioactiva	$A = -\mathrm{d}\,N / \mathrm{d}\,t = \lambda \cdot N$

Solución:

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

Como a actividade, A, é proporcional á cantidade de átomos, N: ($A = \lambda \cdot N$), pódese obter unha expresión similar á lei de desintegración en forma logarítmica, $\ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$, multiplicando N e N_0 por λ:

$$\ln (\lambda N_0 / \lambda\ N) = \lambda \cdot t \quad \Rightarrow \quad \ln (A_0 / A) = \lambda \cdot t$$

a) Calcúlase a constante de desintegración radioactiva despexando:

$$\lambda = \frac{\ln(A_0 / A)}{t} = \frac{\ln(1000)}{1{,}65 \cdot 10^9 \ [\mathrm{s}]} = 4{,}18 \cdot 10^{-9} \ [\mathrm{s}^{-1}]$$

El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva es el tiempo que transcurre hasta que solo queda la mitad de la muestra original. Cuando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poniendo en la ecuación logarítmica: ($2\ N$) en lugar de N_0, y $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\ N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \quad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

Calcúlase o período de semidesintegración a partir da constante de desintegración radioactiva:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{4{,}18 \cdot 10^{-9} \ [\mathrm{s}^{-1}]} = 1{,}653 \cdot 10^9 \ \mathrm{s} = 5{,}25 \ \text{anos}$$

b) Calcúlase o número de átomos a partir da actividade:

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{5{,}00 \cdot 10^6 \ \mathrm{Bq}}{4{,}18 \cdot 10^{-9} \ [\mathrm{s}^{-1}]} = 1{,}20 \cdot 10^{15} \ \text{átomos}$$

Calcúlase a masa de cobalto-60, que é proporcional á cantidade:

$$m = 1{,}20 \cdot 10^{15} \ \text{átomos} \ {}^{60}\mathrm{Co} \cdot \frac{1 \ \mathrm{mol}}{6{,}02 \cdot 10^{23} \ \text{átomos}} \cdot \frac{60 \ \mathrm{g} \ {}^{60}\mathrm{Co}}{1 \ \mathrm{mol} \ {}^{60}\mathrm{Co}} = 1{,}19 \cdot 10^{-7} \ \mathrm{g} = 0{,}119 \ \mu\mathrm{g}$$

c) Calcúlase a masa que queda coa ecuación de desintegración radioactiva.
Como a masa, m, é proporcional á cantidade de átomos, N: ($m = N \cdot M / N_A$), pódese obter unha expresión similar á lei da desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, multiplicando ambos os membros por (M / N_A):

$$N \cdot \frac{M}{N_A} = N_0 \cdot \frac{M}{N_A} e^{-\lambda t} \Rightarrow m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

N_A é o número de Avogadro e M é a masa atómica do elemento.

$$m_2 = 1{,}19 \cdot 10^{-7}\ [\text{g}] \cdot e^{-4{,}18 \cdot 10^{-9}\ [\text{s}^{-1}] \cdot 6{,}32 \cdot 10^{7}\ [\text{s}]} = 9{,}15 \cdot 10^{-8}\ \text{g} = 0{,}091\ 5\ \mu\text{g}$$

2. Unha mostra de carbono-14 ten unha actividade de $2{,}8 \cdot 10^8$ desintegracións/s. O período de semidesintegración é $T_{½}$ = 5730 anos. Calcula:
   a) A masa da mostra no instante inicial.
   b) A actividade ao cabo de 2000 anos.
   c) A masa de mostra nese instante.
   $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹; masa atómica do ^{14}C = 14 g/mol; 1 ano = $3{,}16 \cdot 10^7$ s *(P.A.U. xuño 12)*
   Rta.: a) m_0 = 1,7 mg; b) $A = 2{,}2 \cdot 10^8$ Bq; c) m = 1,3 mg.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Período de semidesintegración	$T_{½}$ = 5 730 anos = $1{,}81 \cdot 10^{11}$ s
Actividade da mostra	$A_0 = 2{,}80 \cdot 10^8$ Bq
Tempo para calcular a actividade	t = 2000 anos = $6{,}31 \cdot 10^{10}$ s
Masa atómica do ^{14}C	M = 14,0 g/mol
Número de Avogadro	$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}
Incógnitas	
Masa inicial da mostra	m_0
Actividade radioactiva aos 2000 anos	A
Masa da mostra aos 2000 anos	m
Outros símbolos	
Constante de desintegración radioactiva	λ
Ecuacións	
Lei da desintegración radioactiva	$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ $\lambda = \ln (N_0 / N) / t$
Relación do período de semidesintegración coa constante de desintegración	$T_{½} \cdot \lambda = \ln 2$
Actividade radioactiva	$A = -\text{d} N / \text{d} t = \lambda \cdot N$

Solución:

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\text{d}N = \lambda \cdot N \cdot \text{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

a) Pódese calcular o número de átomos N a partir da expresión da actividade radioactiva: $A = \lambda \cdot N$.
Antes hai que calcular a constante λ de desintegración radioactiva, a partir do período de semidesintegración.
El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva es el tiempo que transcurre hasta que solo queda la mitad de la muestra original. Cuando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poniendo en la ecuación logarítmica: ($2\ N$) en lugar de N_0, y $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\ N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0{,}693}{1{,}81 \cdot 10^{11}\ [\text{s}]} = 3{,}83 \cdot 10^{-12}\ \text{s}^{-1} = 0{,}000\,175\ \text{ano}^{-1}$$

Calcúlase agora a cantidade de átomos:

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{2{,}80 \cdot 10^8\ [\text{Bq}]}{3{,}83 \cdot 10^{-12}\ [\text{s}^{-1}]} = 7{,}30 \cdot 10^{19}\ \text{átomos}$$

A masa é proporcional á cantidade de átomos:

$$m_0=\frac{N_0}{N_A}\cdot M=\frac{7{,}30\cdot 10^{19}\,[\text{átomos}]}{6{,}02\cdot 10^{23}\,[\text{átomos/mol}]}\cdot 14{,}0\,[\text{g/mol}]=1{,}70\cdot 10^{-3}\text{ g}=1{,}70\text{ mg}$$

Como a actividade, A, é proporcional á cantidade de átomos, N: ($A = \lambda \cdot N$), pódese obter unha expresión similar á lei de desintegración, $N=N_0\cdot e^{-\lambda\cdot t}$, multiplicando ambos os membros pola constante, λ:

$$\lambda\cdot N=\lambda\cdot N_0\cdot e^{-\lambda\cdot t}\Rightarrow A=A_0\cdot e^{-\lambda\cdot t}$$

b) Calcúlase a actividade a cabo de 2000 años:

$$A=A_0\cdot e^{-\lambda\cdot t}=1{,}00\cdot 10^7\,[\text{Bq}]\cdot e^{-0{,}000175\,[\text{ano}]^{-1}\cdot 2000\,[\text{ano}]}=2{,}20\cdot 10^8\text{ Bq}$$

Como a masa, m, é proporcional á cantidade de átomos, N: ($m = N \cdot M / N_A$), pódese obter unha expresión similar á lei da desintegración radioactiva, $N=N_0\cdot e^{-\lambda\cdot t}$, multiplicando ambos os membros por (M / N_A):

$$N\cdot\frac{M}{N_A}=N_0\cdot\frac{M}{N_A}e^{-\lambda t}\Rightarrow m=m_0\cdot e^{-\lambda\cdot t}$$

N_A é o número de Avogadro e M é a masa atómica do elemento.
c) Calcúlase a masa nese instante:

$$m=m_0\cdot e^{-\lambda\cdot t}=1{,}70\,[\text{mg}]\cdot e^{-0{,}000175\,[\text{año}]^{-1}\cdot 2000\,[\text{año}]}=1{,}33\text{ mg}$$

3. O carbono-14 ten un período de semidesintegración $T_{½}$ = 5730 anos. Unha mostra ten unha actividade de $6\cdot 10^8$ desintegracións/minuto. Calcula:
a) A masa inicial da mostra.
b) A súa actividade dentro de 5000 anos.
c) Xustifica por que se usa este isótopo para estimar a idade de xacementos arqueolóxicos.
Datos: $N_A = 6{,}02\cdot 10^{23}$ mol⁻¹; masa atómica do ^{14}C = 14 g *(P.A.U. set. 10)*
Rta.: a) $m = 6{,}04\cdot 10^{-5}$ g; b) $A = 5{,}46\cdot 10^6$ Bq.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Período de semidesintegración	$T_{½}$ = 5 730 anos = $1{,}81\cdot 10^{11}$ s
Actividade da mostra	$A_0 = 6{,}00\cdot 10^8$ deas/min = $1{,}00\cdot 10^7$ Bq
Tempo para calcular a actividade	t = 5 000 anos = $1{,}58\cdot 10^{11}$ s
Masa atómica do ^{14}C	M = 14,0 g/mol
Número de Avogadro	$N_A = 6{,}02\cdot 10^{23}$ mol⁻¹
Incógnitas	
Masa inicial da mostra	m_0
Actividade radioactiva aos 5000 anos	A
Outros símbolos	
Constante de desintegración radioactiva	λ
Ecuacións	
Lei da desintegración radioactiva	$N=N_0\cdot e^{-\lambda\cdot t}$ $\lambda = \ln (N_0 / N) / t$
Relación do período de semidesintegración coa constante de desintegración	$T_{½}\cdot\lambda = \ln 2$
Actividade radioactiva	$A = -\mathrm{d}N / \mathrm{d}t = \lambda\cdot N$

Solución:

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N=N_0\cdot e^{-\lambda\cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

a) Pódese calcular o número de átomos N a partir da expresión da actividade radioactiva: $A = \lambda \cdot N$.
Antes hai que calcular a constante λ de desintegración radioactiva, a partir do período de semidesintegración.
El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva es el tiempo que transcurre hasta que solo queda la mitad de la muestra original. Cuando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poniendo en la ecuación logarítmica: ($2\ N$) en lugar de N_0, y $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\ N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0{,}693}{1{,}81 \cdot 10^{11}\ [\text{s}]} = 3{,}83 \cdot 10^{-12}\ \text{s}^{-1} = 0{,}000\,175\ \text{ano}^{-1}$$

Calcúlase agora a cantidade de átomos:

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{1{,}00 \cdot 10^7\ [\text{Bq}]}{3{,}83 \cdot 10^{-12}\ [\text{s}^{-1}]} = 2{,}61 \cdot 10^{18}\ \text{átomos}$$

A masa é proporcional á cantidade de átomos:

$$m_0 = \frac{N_0}{N_\text{A}} \cdot M = \frac{2{,}61 \cdot 10^{18}\ [\text{átomos}]}{6{,}02 \cdot 10^{23}\ [\text{átomos/mol}]} \cdot 14\ [\text{g/mol}] = 6{,}06 \cdot 10^{-5}\ \text{g} = 60{,}6\ \mu\text{g}$$

Como a actividade, A, é proporcional á cantidade de átomos, N: ($A = \lambda \cdot N$), pódese obter unha expresión similar á lei de desintegración, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, multiplicando ambos os membros pola constante, λ:

$$\lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad \Rightarrow \quad A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

b) Calcúlase a actividade:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 1{,}00 \cdot 10^7\ [\text{Bq}] \cdot e^{-0{,}000175\ [\text{ano}]^{-1} \cdot 5000\ [\text{ano}]} = 5{,}46 \cdot 10^6\ \text{Bq} = 3{,}28 \cdot 10^8\ \text{des/min}$$

c) Polo valor do período de semidesintegración, o carbono-14 emprégase para datar restos (que necesariamente deben conter carbono, normalmente restos orgánicos como madeira, ósos, etc.) relativamente recentes, de menos de 50 000 anos, (tempo no que a actividade radioactiva orixinal diminuiría á milésima parte).
O método do carbono-14 baséase no feito de que a proporción de carbono-14 nas plantas vivas mantense constante ao longo da súa vida, xa que o carbono desintegrado compénsase polo asimilado na fotosíntese, e que o carbono-14 atmosférico restitúese pola radiación cósmica que converte o nitróxeno atmosférico en carbono-14. Cando a planta morre, o carbono que se desintegra xa non se repón e, coa ecuación anterior, podemos determinar o tempo transcorrido medindo a súa actividade radioactiva e comparándoa coa que ten unha planta viva.

4. O ^{210}Po ten unha vida media τ = 199,09 días. Calcula:
   a) O tempo necesario para que se desintegre o 70 % dos átomos iniciais.
   b) Os miligramos de ^{210}Po ao cabo de 2 anos se inicialmente había 100 mg.
   N_A = 6,02·10^{23} mol^{-1} *(P.A.U. set. 06)*
   Rta.: a) t = 240 días; b) m = 2,55 mg.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Vida media	τ = 199 días = 1,72·10^7 s
Porcentaxe da mostra que se desintegrou	d = 70,00 %
Masa inicial da mostra	m = 100 mg = 1,00·10^{-7} kg
Tempo para calcular a masa que queda	t = 2,00 anos = 6,31·10^7 s
Masa atómica do ^{210}Po	M = 210 g/mol
Número de Avogadro	N_A = 6,02·10^{23} mol^{-1}
Incógnitas	
Tempo necesario para que se desintegre o 70 %	t
Masa (mg) ao cabo de 2 anos	m
Outros símbolos	
Constante de desintegración radioactiva	λ

Ecuacións

Lei da desintegración radioactiva	$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ $\lambda = \ln (N_0 / N) / t$
Vida media	$\tau = 1 / \lambda$

Solución:

a) Calcúlase a constante radioactiva a partir da vida media:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{1{,}72 \cdot 10^7 [\text{s}]} = 5{,}81 \cdot 10^{-8} \text{s}^{-1}$$

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\text{d}N = \lambda \cdot N \cdot \text{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

Se se desintegrou o 70,0 %, só queda o 30,0 %.

$$t = \frac{\ln(N_0/N)}{\lambda} = \frac{\ln(100/30{,}0)}{5{,}81 \cdot 10^{-8} [\text{s}^{-1}]} = 2{,}07 \cdot 10^7 \text{ s} = 240 \text{ días}$$

Como a masa, m, é proporcional á cantidade de átomos, N: ($m = N \cdot M / N_A$), pódese obter unha expresión similar á lei da desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, multiplicando ambos os membros por (M / N_A):

$$N \cdot \frac{M}{N_A} = N_0 \cdot \frac{M}{N_A} e^{-\lambda t} \Rightarrow m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

N_A é o número de Avogadro e M é a masa atómica do elemento.
b) Calcúlase cantos segundos hai en 2 anos:

$$t = 2{,}00 [\text{años}] \frac{365{,}25 [\text{días}]}{1 [\text{año}]} \frac{24{,}0 [\text{h}]}{1 [\text{día}]} \frac{3600 [\text{s}]}{1 [\text{h}]} = 6{,}31 \cdot 10^7 \text{ s}$$

Calcúlase a masa de ^{210}Po ao cabo de 2 anos:

$$m = m_0 e^{-\lambda t} = 100 [\text{mg}] \cdot e^{-5{,}81 \cdot 10^{-8} [\text{s}] \cdot 6{,}31 \cdot 10^7 [\text{s}^{-1}]} = 2{,}55 \text{ mg}$$

5. Nunha mostra de $^{131}_{53}$I radioactivo cun período de semidesintegración de 8 días había inicialmente $1{,}2 \cdot 10^{21}$ átomos e actualmente só hai $0{,}2 \cdot 10^{20}$. Calcula:
   a) A antigüidade da mostra.
   b) A actividade da mostra transcorridos 50 días desde o instante inicial.

(P.A.U. xuño 06)

Rta.: a) t = 47 días; b) $A = 1{,}6 \cdot 10^{13}$ Bq.

Datos	***Cifras significativas: 2***
Cantidade inicial	$N_0 = 1{,}2 \cdot 10^{21}$ núcleos
Cantidade actual	$N = 0{,}20 \cdot 10^{20}$ núcleos
Período de semidesintegración	$T_{½} = 8{,}0$ días $= 6{,}9 \cdot 10^5$ s
Tempo para o cálculo da actividade	$t' = 50$ días $= 4{,}3 \cdot 10^6$ s
Incógnitas	
Tempo transcorrido	t
Actividade radioactiva	A
Outros símbolos	
Constante de desintegración radioactiva	λ

Ecuacións

Lei da desintegración radioactiva	$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ $\lambda = \ln (N_0 / N) / t$
Relación do período de semidesintegración coa constante de desintegración	$T_{½} \cdot \lambda = \ln 2$
Actividade radioactiva	$A = -\mathrm{d}\,N / \mathrm{d}\,t = \lambda \cdot N$

Solución:

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva es el tiempo que transcurre hasta que solo queda la mitad de la muestra original. Cuando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poniendo en la ecuación logarítmica: ($2\ N$) en lugar de N_0, y $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\ N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

a) Calcúlase a constante de desintegración radioactiva a partir do período de semidesintegración.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0{,}69}{6{,}9 \cdot 10^5\ [\mathrm{s}]} = 1{,}0 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{s}^{-1}$$

Calcúlase o tempo coa ecuación da lei de desintegración radioactiva en forma logarítmica*:*

$$t = \frac{\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)}{\lambda} = \frac{\ln\left(\frac{1{,}2 \cdot 10^{21}\ [\text{núcleos}]}{0{,}20 \cdot 10^{20}\ [\text{núcleos}]}\right)}{1{,}0 \times 10^{-6}\ [\mathrm{s}^{-1}]} = 4{,}1 \cdot 10^6\ \mathrm{s} = 47\ \text{días}$$

b) Calcúlanse cantos segundos hai en 50 días:

$$t = 50\ [\text{días}]\ \frac{24\ [\mathrm{h}]}{1\ [\text{día}]}\ \frac{3600\ [\mathrm{s}]}{1\ [\mathrm{h}]} = 4{,}3 \cdot 10^6\ \mathrm{s}$$

Para calcular a actividade, calcúlase primeiro o número de átomos que quedan ao cabo de 50 días:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 1{,}2 \cdot 10^{21}\ [\text{núcleos}] \cdot e^{-1{,}0 \cdot 10^{-6}\ [\mathrm{s}^{-1}] \cdot 4{,}3 \cdot 10^6\ [\mathrm{s}]} = 1{,}6 \cdot 10^{19}\ \text{núcleos}$$

Despois calcúlase a actividade:

$$A = \lambda \cdot N = 1{,}0 \cdot 10^{-6}\ [\mathrm{s}^{-1}] \cdot 1{,}6 \cdot 10^{19}\ [\text{núcleos}] = 1{,}6 \cdot 10^{13}\ \mathrm{Bq}$$

6. O período $T_{½}$ do elemento radioactivo $^{60}_{27}Co$ é 5,3 anos e desintégrase emitindo partículas β. Calcula:
   a) O tempo que tarda a mostra en converterse no 70 % da orixinal.
   b) Cantas partículas β emite por segundo unha mostra de 10^{-6} gramos de ^{60}Co?
   Dato: $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$ *(P.A.U. set. 05)*
   Rta.: a) $t = 2{,}73$ anos; b) $A = 4{,}1 \cdot 10^7$ Bq.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Período de semidesintegración	$T_{½} = 5{,}3$ ano $= 1{,}67 \cdot 10^8$ s
Porcentaxe que queda sen desintegrar da mostra	70,00 %
Masa da mostra	$m = 1{,}00 \cdot 10^{-6}$ g $= 1{,}00 \cdot 10^{-9}$ kg
Número de Avogadro	$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$
Incógnitas	
Tempo transcorrido	t
Partículas β emitidas por segundo	A

Outros símbolos

Constante de desintegración radioactiva λ

Ecuacións

Lei da desintegración radioactiva $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$; $\lambda = \ln (N_0 / N) / t$

Relación do período de semidesintegración coa constante de desintegración $T_{½} \cdot \lambda = \ln 2$

Actividade radioactiva $A = -\mathrm{d} N / \mathrm{d} t = \lambda \cdot N$

Solución:

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.

Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva es el tiempo que transcurre hasta que solo queda la mitad de la muestra original. Cuando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.

Poniendo en la ecuación logarítmica: ($2\ N$) en lugar de N_0, y $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\ N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

a) Calcúlase a constante radioactiva a partir do período de semidesintegración:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{1,67 \cdot 10^{8}\ [\mathrm{s}]} = 4,14 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{s}^{-1}$$

Calcúlase o tempo coa ecuación da lei de desintegración radioactiva:

$$t = \frac{\ln (N_0 / N)}{\lambda} = \frac{\ln (100 / 70,0)}{4,14 \cdot 10^{-9}\ [\mathrm{s}^{-1}]} = 8,62 \cdot 10^{7}\ \mathrm{s} = 2,73\ \text{anos}$$

Análise Posto que aínda non se desintegrou nin a metade da mostra, o tempo transcorrido debe ser menor que o período de semidesintegración.

b) Se a ecuación de desintegración é: ${}^{60}_{27}\mathrm{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{Ni} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\bar{\nu}_e$, o número de partículas β (e^-) emitidas por segundo é igual ao número de desintegracións por segundo, ou sexa, a actividade radioactiva.

Para calcular a actividade,calcúlase primeiro a cantidade de átomos:

$$N = 1,00 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{g}\ {}^{60}_{27}\mathrm{Co}\ \frac{1\ \mathrm{mol}\ {}^{60}_{27}\mathrm{Co}}{60\ \mathrm{g}\ {}^{60}_{27}\mathrm{Co}}\ \frac{6,02 \cdot 10^{23}\ \text{átomos}\ {}^{60}_{27}\mathrm{Co}}{1\ \mathrm{mol}\ {}^{60}_{27}\mathrm{Co}}\ \frac{1\ \text{núcleo}\ {}^{60}_{27}\mathrm{Co}}{1\ \text{átomo}\ {}^{60}_{27}\mathrm{Co}} = 1,0 \cdot 10^{16}\ \text{núcleos}\ {}^{60}_{27}\mathrm{Co}$$

Despois calcúlase a actividade radioactiva:

$$A = \lambda \cdot N = 4,14 \cdot 10^{-9}\ [\mathrm{s}^{-1}] \cdot 1,0 \cdot 10^{16}\ [\text{núcleos}] = 4,1 \cdot 10^{7}\ \mathrm{Bq} = 4,1 \cdot 10^{7}\ \text{partículas}\ \beta / \mathrm{s}$$

7. O tritio (${}^{3}_{1}\mathrm{H}$) é un isótopo do hidróxeno inestable cun período de semidesintegración $T_{½}$ de 12,5 anos, e se desintegra emitindo unha partícula beta. A análise dunha mostra nunha botella de auga leva a que a actividade debida ao tritio é o 75 % da que presenta a auga no manancial de orixe. Calcula:
   a) O tempo que leva embotellada a auga da mostra.
   b) A actividade dunha mostra que contén 10^{-6} g de ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$.
   $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$ *(P.A.U. set. 04)*
   Rta.: a) $t = 5,2$ anos; b) $A = 4 \cdot 10^{8}$ Bq.

Datos ***Cifras significativas: 3***

Período de semidesintegración $T_{½} = 12,5\ \text{ano} = 3,94 \cdot 10^{8}\ \mathrm{s}$

Actividade da mostra $A = 75,0\ \%\ A_0 = 0,750\ A_0$

Datos	***Cifras significativas: 3***
Masa da mostra	$m = 1{,}00·10^{-6}$ g = $1{,}00·10^{-9}$ kg
Número de Avogadro	$N_A = 6{,}02·10^{23}$ mol^{-1}
Incógnitas	
Tempo transcorrido	t
Actividade radioactiva	A
Outros símbolos	
Constante de desintegración radioactiva	λ
Ecuacións	
Lei da desintegración radioactiva	$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ $\lambda = \ln (N_0 / N) / t$
Relación do período de semidesintegración coa constante de desintegración	$T_{½} \cdot \lambda = \ln 2$
Actividade radioactiva	$A = -\mathrm{d} N / \mathrm{d} t = \lambda \cdot N$

Solución:

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva es el tiempo que transcurre hasta que solo queda la mitad de la muestra original. Cuando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poniendo en la ecuación logarítmica: ($2 N$) en lugar de N_0, y $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2 N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

a) Calcúlase a constante radioactiva a partir do período de semidesintegración:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0{,}693}{3{,}94 \cdot 10^8\ [\mathrm{s}]} = 1{,}76 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{s}^{-1}$$

Como a actividade, A, é proporcional á cantidade de átomos, N: ($A = \lambda \cdot N$), pódese obter unha expresión similar á lei de desintegración en forma logarítmica, $\ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$, multiplicando N e N_0 por λ:

$$\ln (\lambda N_0 / \lambda N) = \lambda \cdot t \qquad \Rightarrow \qquad \ln (A_0 / A) = \lambda \cdot t$$

Calcúlase o tempo despexando nesta expresión:

$$t = \frac{\ln(A_0 / A)}{\lambda} = \frac{\ln(100/75{,}0)}{1{,}76 \cdot 10^{-9}\ [\mathrm{s}^{-1}]} = 1{,}64 \cdot 10^8\ \mathrm{s} = 5{,}19\ \text{anos}$$

Análise: Posto que aínda non se ha desintegrado nin a metade da mostra, o tempo transcorrido debe ser menor que o período de semidesintegración.

b) Para calcular a actividade, calcúlase primeiro o número de átomos que hai en 10^{-6} g de $^3_1$H:

$$N = 1{,}00 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{g}\ ^3_1\mathrm{H} \frac{1\ \mathrm{mol}\ ^3_1\mathrm{H}}{3\ \mathrm{g}\ ^3_1\mathrm{H}} \frac{6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{átomos}\ ^3_1\mathrm{H}}{1\ \mathrm{mol}\ ^3_1\mathrm{H}} \frac{1\ \text{núcleo}\ ^3_1\mathrm{H}}{1\ \text{átomo}\ ^3_1\mathrm{H}} = 2{,}01 \cdot 10^{17}\ \text{núcleos}\ ^3_1\mathrm{H}$$

Calcúlase a actividade:

$$A = \lambda \cdot N = 1{,}76 \cdot 10^{-9}\ [\mathrm{s}^{-1}] \cdot 2{,}01 \cdot 10^{17}\ [\text{núcleos}] = 3{,}53 \cdot 10^8\ \mathrm{Bq}$$

8. Unha mostra radioactiva diminúe desde 10^{15} a 10^9 núcleos en 8 días. Calcula:
   a) A constante radioactiva λ e o período de semidesintegración $T_{½}$.
   b) A actividade da mostra unha vez transcorridos 20 días desde que tiña 10^{15} núcleos.

(P.A.U. xuño 04)

Rta.: a) $\lambda = 2 \cdot 10^{-5}\ s^{-1}$; $T_{½} = 9$ horas; b) A (20 días) ≈ 0

Datos	***Cifras significativas: 1***
Cantidade inicial	$N_0 = 10^{15}$ núcleos
Cantidade ao cabo de 8 días	$N = 10^9$ núcleos
Tempo transcorrido	$t = 8$ días $= 7 \cdot 10^5$ s
Tempo para o cálculo da actividade	$t' = 20$ días $= 2 \cdot 10^6$ s
Incógnitas	
Constante de desintegración radioactiva	λ
Período de semidesintegración	$T_{½}$
Actividade radioactiva	A
Ecuacións	
Lei da desintegración radioactiva	$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$
Relación do período de semidesintegración coa constante de desintegración	$T_{½} \cdot \lambda = \ln 2$
Actividade radioactiva	$A = -\mathrm{d}N / \mathrm{d}t = \lambda \cdot N$

Solución:

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

a) Calcúlase a constante de desintegración radioactiva, despexando:

$$\lambda = \frac{\ln (N_0 / N)}{t} = \frac{\ln (10^{15} / 10^9)}{7 \cdot 10^5\ [\mathrm{s}]} = 2 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{s}^{-1}$$

El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva es el tiempo que transcurre hasta que solo queda la mitad de la muestra original. Cuando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poniendo en la ecuación logarítmica: ($2\ N$) en lugar de N_0, y $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\ N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

Calcúlase o período de semidesintegración a partir da constante de desintegración:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{2 \cdot 10^{-5}\ [\mathrm{s}^{-1}]} = 3 \cdot 10^4\ \mathrm{s} = 9\ \text{horas}$$

b) Para calcular a actividade calcúlase primeiro o número de átomos que quedan ao cabo de 20 días,

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 10^{15} \cdot e^{-2 \cdot 10^{-5} [s^{-1}] \cdot 2 \cdot 10^6 [s]} = 10^{15} \cdot e^{-40} = 1 \text{ núcleo}$$

*Este resultado indica que a lei estatística da desintegración deixa de ser válida, xa que o número de átomos é demasiado pequeno. (É coma se quixésese aplicar o dato da esperanza de vida dunha muller (*83 *anos) para deducir que unha muller concreta – María – morrería aos* 83 *anos). Para un átomo en concreto, só se pode dicir que a probabilidade de que se desintegre no período de semidesintegración é do* 50 %.
Como non se pode calcular a cantidade de núcleos que quedan (poden ser uns poucos ou ningún), a actividade tampouco se pode calcular (unhas 10^{-4} ou 10^{-5} Bq ou ningunha). tendo en conta de 10^{-4} Bq é unha desintegración cada 3 horas, un contador Geiger non detectaría actividade na mostra ao cabo deses 20 días)

● Enerxía nuclear

1. O isótopo do boro ${}^{10}_{5}B$ é bombardeado por unha partícula α e prodúcese ${}^{13}_{6}C$ e outra partícula.
   a) Escribe a reacción nuclear.
   b) Calcula a enerxía liberada por núcleo de boro bombardeado.
   c) Calcula a enerxía liberada se se considera 1 g de boro.
   Datos: masa atómica(${}^{10}_{5}B$) = 10,0129 u; masa atómica(${}^{13}_{6}C$) = 13,0034 u; masa(α) = 4,0026 u; masa(protón) = 1,0073 u; $c = 3·10^8$ m/s; $N_A = 6,022·10^{23}$ mol⁻¹; 1 u = $1,66·10^{-27}$ kg. *(P.A.U. set. 16)*
   Rta.: a) ${}^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{1}_{1}H$; b) $E = 7,15·10^{-13}$ J/átomo; c) E_2 = 43,1 GJ/g

Datos	**Cifras significativas: 3**
Masa: boro-10	$m({}^{10}_{5}B)$ = 10,0129 u
carbono-13	$m({}^{13}_{6}C)$ = 13,0034 u
partícula α	$m({}^{4}_{2}He)$ = 4,0026 u
protón	$m({}^{1}_{1}H)$ = 1,0073 u
Número de Avogadro	$N_A = 6,022·10^{23}$ mol⁻¹
Unidade de masa atómica	1 u = $1,66·10^{-27}$ kg
Velocidade da luz no baleiro	$c = 3,00·10^8$ m/s
Incógnitas	
Enerxía liberada por núcleo de boro bombardeado	E
Enerxía liberada / g de boro	E_2
Outros símbolos	
Constante de desintegración radioactiva	λ
Ecuacións	
Equivalencia masa enerxía de Einstein	$E = m \cdot c^2$

Solución:

a) Escríbese a reacción nuclear aplicando os principios de conservación do número bariónico (ou número másico) e da carga eléctrica nos procesos nucleares.

$${}^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{1}_{1}H$$

b) Calcúlase o defecto de masa:

$$\Delta m = m({}^{13}_{6}C) + m({}^{1}_{1}H) - (m({}^{10}_{5}B) - m({}^{4}_{2}He)) = 13{,}0034\ [u] + 1{,}0073\ [u] - (10{,}0129\ [u] + 4{,}0026\ [u]) = -0{,}00480\ u$$

$$\Delta m = -0{,}00480\ u \cdot 1{,}66·10^{-27}\ kg/u = -7{,}97·10^{-30}\ kg$$

Calcúlase a enerxía equivalente segundo a ecuación de Einstein:

$$E = m \cdot c^2 = 7{,}97·10^{-30}\ [kg] \cdot (3{,}00·10^8\ [m/s])^2 = 7{,}15·10^{-13}\ J/átomo\ B$$

c) Calcúlase a cantidade de átomos de boro que hai en 1 g de boro:

$$N = 1{,}00\ g\ B\ \frac{1\ mol\ B}{10{,}012\ 9g\ B}\ \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\ átomos}{1\ mol} = 6{,}01 \cdot 10^{22}\ átomos\ B$$

Calcúlase a enerxía para 1 g de boro:

$$E_2 = 7{,}15·10^{-13}\ [J/átomo\ B] \cdot 6{,}01·10^{22}\ [átomos\ B/g\ B] = 4{,}31·10^{10}\ J = 43{,}1\ GJ/g\ B$$

◊ CUESTIÓNS

● Física relativista

1. A enerxía relativista total dunha masa en repouso:
   A) Relaciona a lonxitude de onda coa cantidade de movemento.

B) Representa a equivalencia entre materia e enerxía.
C) Relaciona as incertezas da posición e do momento.

(P.A.U. set. 12)

Solución: B

A ecuación de Einstein establece a relación entre masa e enerxía.

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

E_0 representa a enerxía en repouso dunha partícula e m_0 é a masa en repouso da partícula,
Esta ecuación permite expresar a masa das partículas en unidades de enerxía. Por exemplo, a masa dun protón é de 938 MeV, ou a do electrón 0,511 MeV.

As outras opcións:
A. Falsa. A ecuación que relaciona a lonxitude de onda λ coa cantidade de movemento p é a ecuación de Luís De Broglie, da dualidade onda-partícula.

$$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{m \cdot v}$$

Permite calcular a lonxitude de onda asociada a unha partícula de masa m que se move cunha velocidade v.
C. Falsa. O principio de indeterminación (antes coñecido como principio de incerteza) de Heisenberg podía interpretarse como a imposibilidade de coñecer con precisión absoluta dúas magnitudes cuxo produto tivese as unidades de enerxía · tempo («acción»). A incerteza na posición dunha partícula Δx multiplicado pola incerteza no seu momento (cantidade de movemento) Δp_x era superior á constante h de Planck dividida entre 4 π.

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geqslant \frac{h}{4 \pi}$$

2. Un vehículo espacial afástase da Terra cunha velocidade de 0,5 c (c = velocidade da luz). Desde a Terra envíase un sinal luminoso e a tripulación mide a velocidade do sinal obtendo o valor:
A) 0,5 c
B) c
C) 1,5 c

(P.A.U. set. 07, xuño 04)

Solución: B

O segundo postulado da teoría especial da relatividade de Einstein establece que a velocidade da luz no baleiro é constante e independente do sistema de referencia inercial desde o que se mida. Tampouco depende da velocidade relativa entre o observador e a fonte de luz.

3. A ecuación de Einstein $E = m \cdot c^2$ implica que:
A) Unha determinada masa m necesita unha enerxía E para poñerse en movemento.
B) A enerxía E é a que ten unha masa m que se move á velocidade da luz.
C) E é a enerxía equivalente a unha determinada masa.

(P.A.U. set. 05)

Solución: C

A ecuación $E = m \cdot c^2$ dá a enerxía total dunha partícula (en ausencia de campos que poidan comunicarlle unha enerxía potencial). Aínda que a partícula estea en repouso, terá unha enerxía:

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

Sendo m_0 a masa en repouso da partícula.

Unha aplicación desa ecuación é para o cálculo da enerxía que pode obterse na desintegración nuclear, é dicir da enerxía nuclear. Un gramo ($1·10^{-3}$ kg) de masa, se se desintegra totalmente, produce unha enerxía de:

$$E = m \cdot c^2 = 1·10^{-3}\ [\text{kg}] \cdot (3·10^8\ [\text{m/s}])^2 = 9·10^{13}\ \text{J} = 2{,}5·10^7\ \text{kW·h} = 250\ \text{GW·h}$$

Enerxía que cubriría as necesidades enerxéticas dunha cidade mediana durante un mes.

● Física cuántica

1. Para o efecto fotoeléctrico, razoa cal das seguintes afirmacións é correcta:
   A) A frecuencia limiar depende do número de fotóns que chegan a un metal en cada segundo.
   B) A enerxía cinética máxima do electrón emitido por un metal non depende da frecuencia da radiación incidente.
   C) O potencial de freado depende da frecuencia da radiación incidente.

(P.A.U. set. 16)

Solución: C

É unha das leis experimentais do efecto fotoeléctrico. Estas son:
1. Empregando luz monocromática, só se produce efecto fotoeléctrico se a frecuencia da luz supera un valor mínimo, chamado frecuencia limiar.
2. É instantáneo.
3. A intensidade da corrente de saturación é proporcional á intensidade da luz incidente.
4. A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos polo cátodo, medida como potencial de freado, depende só da frecuencia da luz incidente.

A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

A enerxía cinética E_c máxima dos electróns escríbese en función do potencial de freado

$$E_c = |e| \cdot V$$

A enerxía dos fotóns depende da súa frecuencia (ecuación de Planck).

$$E_f = h \cdot f$$

A ecuación de Einstein queda

$$h \cdot f = W_e + |e| \cdot V$$

$$V = \frac{h \cdot f - W_e}{|e|}$$

O potencial de freado aumenta coa frecuencia da radiación incidente, aínda que non é directamente proporcional a ela.

2. No efecto fotoeléctrico, a representación gráfica da enerxía cinética máxima dos electróns emitidos en función da frecuencia da luz incidente é:
   A) Unha parábola.
   B) Unha liña recta.
   C) Ningunha das respostas anteriores é correcta.

(P.A.U. xuño 16)

Solución: B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).
Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.

Para que se produza efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.
A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

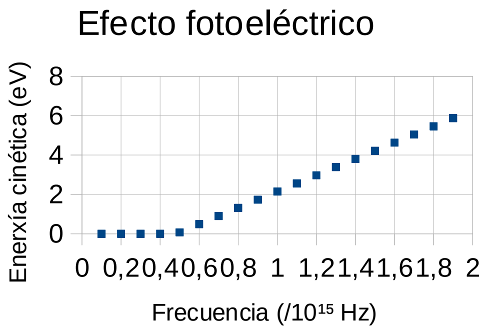
Na ecuación, E_f representa a enerxía do fotón incidente, W_e o traballo de extracción do metal e E_c a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.
A enerxía que leva un fotón de frecuencia f é:

$$E_f = h \cdot f$$

h é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s.
A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos será:

$$E_c = E_f - W_e = h \cdot f - W_e$$

A representación gráfica da enerxía cinética fronte á frecuencia da radiación incidente é unha liña recta cuxa pendente é a constante de Planck. Tendo en conta que para enerxías inferiores ao traballo de extracción non se produce efecto fotoeléctrico, a enerxía cinética vale cero ata que a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción. A representación sería parecida á da figura.



3. Nunha célula fotoeléctrica, o cátodo metálico ilumínase cunha radiación de λ = 175 nm e o potencial de freado é de 1 V. Cando usamos unha luz de 250 nm, o potencial de freado será:
A) Menor.
B) Maior.
C) Igual.

(P.A.U. xuño 15)

Solución: A

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).
Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.
Para que se produza efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.
A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación, E_f representa a enerxía do fotón incidente, W_e o traballo de extracción do metal e E_c a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.
A enerxía que leva un fotón de frecuencia f é:

$$E_f = h \cdot f$$

h é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s.
A frecuencia dunha onda é inversamente proporcional a súa lonxitude de onda λ,

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Cuanto maior sexa a súa lonxitude de onda, menor será a frecuencia e menor será a enerxía do fotón.
A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos será:

$$E_c = E_f - W_e$$

A enerxía do fotón, que depende da frecuencia f, escríbese en función da lonxitude de onda λ.

$$E_f = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

A enerxía cinética E_c máxima dos electróns escríbese en función do potencial de freado:

$$E_c = |e| \cdot V$$

A ecuación de Einstein queda:

$$\frac{h \cdot c}{\lambda} = W_e + |e| \cdot V$$

Por tanto, canto maior sexa a súa lonxitude de onda menor será a enerxía dos fotóns e a enerxía cinética e o potencial de freado dos electróns emitidos.

Se tivésemos todos os datos para facer os cálculos (a constante de Planck, a velocidade da luz no baleiro e a carga do electrón) descubririamos que a radiación de 250 nm non produciría efecto fotoeléctrico.
O traballo de extracción é:

$$W_e = \frac{h \cdot c}{\lambda} - |e| \cdot V = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}[\text{J·s}] \cdot 3{,}00 \cdot 10^{8}[\text{m/s}]}{175 \cdot 10^{-9}[\text{m}]} - 1{,}60 \cdot 10^{-19}[\text{C}] \cdot 1[\text{V}] = 9{,}74 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

E a enerxía do fotón de 250 nm vale:

$$E_f = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ [\text{J·s}] \cdot 3{,}00 \cdot 10^{8}\ [\text{m/s}]}{250 \cdot 10^{-9}\ [\text{m}]} = 7{,}95 \cdot 10^{-19}\ [\text{J}]$$

Enerxía menor que o traballo de extracción. Non sería suficiente para producir efecto fotoeléctrico.

4. Se se duplica a frecuencia da radiación que incide sobre un metal:
   A) Duplícase a enerxía cinética dos electróns extraídos.
   B) A enerxía cinética dos electróns extraídos non experimenta modificación.
   C) Non é certa ningunha das opcións anteriores.

(P.A.U. set. 14)

Solución: C

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).
Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.
Para que se produza efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.
A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación, E_f representa a enerxía do fotón incidente, W_e o traballo de extracción do metal e E_c a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.
A enerxía que leva un fotón de frecuencia f é:

$$E_f = h \cdot f$$

h é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s.
A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos será:

$$E_c = E_f - W_e$$

Por tanto, se se duplica a frecuencia da radiación incidente, duplícase a enerxía dos fotóns, e faise maior a enerxía cinética (e a velocidade) dos electróns emitidos.
Por tanto, a opción B é falsa.
Pero como non hai proporcionalidade entre a enerxía cinética e a enerxía do fotón, a opción A tamén é falsa.

5. Ao irradiar un metal con luz vermella (682 nm) prodúcese efecto fotoeléctrico. Se irradiamos o mesmo metal con luz amarela (570 nm):
A) Non se produce efecto fotoeléctrico.
B) Os electróns emitidos móvense máis rapidamente.
C) Emítense máis electróns pero á mesma velocidade.

(P.A.U. xuño 14)

Solución: B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).
Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.
Para que se produza efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.
A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación, E_f representa a enerxía do fotón incidente, W_e o traballo de extracción do metal e E_c a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.
A enerxía que leva un fotón de frecuencia f é:

$$E_f = h \cdot f$$

h é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s.
A frecuencia dunha onda é inversamente proporcional a súa lonxitude de onda λ,

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Cuanto menor sexa a súa lonxitude de onda, maior será a frecuencia e maior será a enerxía do fotón.
A enerxía cinética máxima dos electróns emitidos será:

$$E_c = E_f - W_e$$

Por tanto, canto maior sexa a enerxía dos fotóns, maior será a enerxía cinética (e a velocidade) dos electróns emitidos.

As outras opcións:
A. Falsa. Se a luz vermella produce efecto fotoeléctrico é que os seus fotóns teñen enerxía suficiente para extraer os electróns do metal. Como os fotóns de luz amarela teñen máis enerxía (porque a súa lonxitude de onda é menor), tamén poderán producir efecto fotoeléctrico.
C. Falsa. Como xa se dixo, o efecto fotoeléctrico prodúcese cando cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía. Para producir máis electróns tería que haber máis fotóns. A cantidade de fotóns está relacionada coa intensidade da luz, pero non ten que ver coa enerxía dos fotóns.

6. Unha radiación monocromática, de lonxitude de onda 300 nm, incide sobre cesio. Se a lonxitude de onda limiar do cesio é 622 nm, o potencial de freado é:
A) 12,5 V
B) 2,15 V
C) 125 V
Datos: 1 nm = 10^{9} m; $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s; $c = 3 \cdot 10^{8}$ m·s^{-1}; $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C. *(P.A.U. set. 13)*

Datos	***Cifras significativas: 3***
Lonxitude de onda da radiación	$\lambda = 300$ nm $= 3{,}00 \cdot 10^{-7}$ m
Lonxitude de onda limiar do cesio	$\lambda_0 = 622$ nm $= 6{,}22 \cdot 10^{-7}$ m
Constante de Planck	$h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ J·s
Velocidade da luz no baleiro	$c = 3{,}00 \cdot 10^{8}$ m/s
Carga do electrón	$e = -1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C

Incógnitas
Potencial de freado V
Outros símbolos
Frecuencia limiar f_0
Ecuacións
Ecuación de Planck (enerxía dun fotón) $E_f = h \cdot f$
Ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico $E_f = W_e + E_c$
Relación entre a frecuencia dunha onda luminosa e a súa lonxitude de onda $c = f \cdot \lambda$
Relación entre a enerxía cinética dos electróns e o potencial de freado $E_c = |e| \cdot V$

Solución: B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).
Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.
Para que se produza efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.
A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación, E_f representa a enerxía do fotón incidente, W_e o traballo de extracción do metal e E_c a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.
A enerxía que leva un fotón de frecuencia f é:

$$E_f = h \cdot f$$

h é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s.
Partindo da ecuación de Einstein e substituíndo nela as de Planck e a relación entre lonxitude de onda e frecuencia, queda:

$$E_c = E_f - W_e = h \cdot f - h \cdot f_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda} - \frac{h \cdot c}{\lambda_0} = h \cdot c \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

$$E_c = 6{,}62 \cdot 10^{-34} \text{ [J·s]} \cdot 3{,}00 \cdot 10^8 \text{ [m·s}^{-1}\text{]} \left(\frac{1}{3{,}00 \cdot 10^{-7} \text{ [m]}} - \frac{1}{6{,}22 \cdot 10^{-7} \text{ [m]}} \right) = 3{,}43 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Usando a relación entre a enerxía cinética dos electróns e o potencial de freado

$$E_c = |e| \cdot V \Rightarrow \quad V = \frac{E_c}{|e|} = \frac{3{,}43 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ [C]}} = 2{,}14 \text{ V}$$

7. A lonxitude de onda asociada a un electrón de 100 eV de enerxía cinética é:
   A) $2{,}3 \cdot 10^{-5}$ m
   B) $1{,}2 \cdot 10^{-10}$ m
   C) 10^{-7} m
   Datos: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s; $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg; $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C. *(P.A.U. set. 13)*

Solución: B

A interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico demostrou que a luz se comporta como un chorro de partículas, chamadas fotóns, cuxa enerxía é proporcional á frecuencia:

$$E = h \cdot f$$

No efecto Compton, o fotón compórtase como unha partícula de momento lineal:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h \cdot f}{\lambda \cdot f} = \frac{h}{\lambda}$$

Como xa estaba establecido que a luz se propaga como unha onda, propúxose que o comportamento era dual: nalgúns experimentos o comportamento da luz parece ser corpuscular e noutros, ondulatorio.

De Broglie propuxo que este comportamento dual tamén afecto a calquera partícula. Nalgúns casos o comportamento de certas partículas podería interpretarse como o de ondas cuxa lonxitude de onda asociada λ vén dada pola expresión:

$$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{m\cdot v}$$

h é a constante de Planck, m é a masa da partícula e v é a súa velocidade.
A enerxía cinética de 100 eV é:

$$E_c = 100 \cdot 1{,}6\cdot10^{-19}\ [\mathrm{C}] \cdot 1\ [\mathrm{V}] = 1{,}6\cdot10^{-17}\ \mathrm{J}$$

Un electrón con esa enerxía cinética móvese a unha velocidade de:

$$v=\sqrt{\frac{2E_c}{m}}=\sqrt{\frac{2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-17}\ [\mathrm{J}]}{9{,}1\cdot 10^{-31}\ [\mathrm{kg}]}}=5{,}93\cdot 10^{6}\ \mathrm{m/s}$$

Substituíndo na ecuación de De Broglie, queda

$$\lambda=\frac{h}{m\cdot v}=\frac{6{,}63\cdot 10^{-34}\ [\mathrm{J\cdot s}]}{9{,}1\cdot 10^{-31}\ [\mathrm{kg}]\cdot 5{,}93\cdot 10^{6}\ [\mathrm{m/s}]}=1{,}23\cdot 10^{-10}\ \mathrm{m}$$

8. Prodúcese efecto fotoeléctrico cando fotóns de frecuencia f, superior a unha frecuencia limiar f_0, inciden sobre certos metais. Cal das seguintes afirmacións é correcta?
   A) Emítense fotóns de menor frecuencia.
   B) Emítense electróns.
   C) Hai un certo atraso temporal entre o instante da iluminación e o da emisión de partículas.

(P.A.U. xuño 13)

Solución: B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).
Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.
Para que se produza efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.
A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación, E_f representa a enerxía do fotón incidente, W_e o traballo de extracción do metal e E_c a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.
A enerxía que leva un fotón de frecuencia f é:

$$E_f = h \cdot f$$

h é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno: $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J·s.

As outras opcións:
A. Falsa. O fenómeno polo que algunhas sustancias emiten radiación de menor frecuencia ao ser iluminadas coñécese como fluorescencia, pero non ten nada que ver co efecto fotoeléctrico.
C. Falsa. Unha das leis experimentais do efecto fotoeléctrico di que a emisión de electróns polo metal é instantánea ao ser iluminado coa frecuencia adecuada. Non existe ningún atraso.

9. Segundo a hipótese de De Broglie, cúmprese que:
   A) Un protón e un electrón coa mesma velocidade teñen asociada a mesma onda.
   B) Dous protóns a diferente velocidade teñen asociada a mesma onda.
   C) A lonxitude da onda asociada a un protón é inversamente proporcional ao seu momento lineal.

(P.A.U. set. 12)

Solución: C

A interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico demostrou que a luz se comporta como un chorro de partículas, chamadas fotóns, cuxa enerxía é proporcional á frecuencia:

$$E = h \cdot f$$

No efecto Compton, o fotón compórtase como unha partícula de momento lineal:

$$p=\frac{E}{c}=\frac{h \cdot f}{c}=\frac{h \cdot f}{\lambda \cdot f}=\frac{h}{\lambda}$$

Como xa estaba establecido que a luz se propaga como unha onda, propúxose que o comportamento era dual: nalgúns experimentos o comportamento da luz parece ser corpuscular e noutros, ondulatorio.
De Broglie propuxo que este comportamento dual tamén afecto a calquera partícula. Nalgúns casos o comportamento de certas partículas podería interpretarse como o de ondas cuxa lonxitude de onda asociada λ vén dada pola expresión:

$$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{m \cdot v}$$

h é a constante de Planck, m é a masa da partícula e v é a súa velocidade.
Como h é unha constante e $m \cdot v$ é a expresión do momento lineal ou cantidade de movemento, a lonxitude da onda asociada a un protón é inversamente proporcional ao seu momento lineal.

As outras opcións.
A. Falsa. Da expresión anterior dedúcese que a lonxitude de onda depende da masa ademais da velocidade. Como a masa dun protón é moito maior que a do electrón, a lonxitude de onda asociada a un protón que se move á mesma velocidade que un electrón é moito menor.
B. Falsa. O protón máis rápido terá menor lonxitude de onda.

10. Cun raio de luz de lonxitude de onda λ non se produce efecto fotoeléctrico nun metal. Para conseguilo débese aumentar:
A) A lonxitude de onda λ.
B) A frecuencia f.
C) O potencial de freado.

(P.A.U. xuño 11)

Solución: B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).
Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.
Para que se produza efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.
A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación, E_f representa a enerxía do fotón incidente, W_e o traballo de extracción do metal e E_c a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.
A enerxía que leva un fotón de frecuencia f é:

$$E_f = h \cdot f$$

h é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s.
Canto maior sexa a frecuencia, maior será a enerxía do fotón.
Se non se produce efecto fotoeléctrico co raio de luz orixinal, haberá que empregar outro de maior enerxía, ou sexa, de maior frecuencia.

11. Para producir efecto fotoeléctrico non se usa luz visible, senón ultravioleta, e é porque a luz UV:
A) Quenta máis a superficie metálica.

B) Ten maior frecuencia.
C) Ten maior lonxitude de onda.

(P.A.U. set. 09)

Solución: B

Unha das leis experimentais do efecto fotoeléctrico di que, empregando luz monocromática, só se produce efecto fotoeléctrico se a frecuencia da luz supera un valor mínimo, chamado frecuencia limiar.
Como a luz ultravioleta ten maior frecuencia que a luz visible, é máis seguro que se produza efecto fotoeléctrico con luz ultravioleta que con luz visible, aínda que existen metais empregados como cátodos en células fotoeléctricas nos que luz visible, de alta frecuencia como azul ou violeta, pode facelas funcionar.

12. Prodúcese efecto fotoeléctrico, cando fotóns máis enerxéticos que os visibles, por exemplo luz ultravioleta, inciden sobre a superficie limpa dun metal. De que depende o que haxa ou non emisión de electróns?:
A) Da intensidade da luz.
B) Da frecuencia da luz e da natureza do metal.
C) Só do tipo de metal.

(P.A.U. set. 08)

Solución: B

Cando a luz interactúa co metal da célula fotoeléctrica faino coma se fose un chorro de partículas chamadas fotóns (paquetes de enerxía).
Cada fotón choca cun electrón e transmítelle toda a súa enerxía.
Para que se produza efecto fotoeléctrico, os electróns emitidos deben ter enerxía suficiente para chegar ao anticátodo, o que ocorre cando a enerxía do fotón é maior que o traballo de extracción, que é unha característica do metal.
A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_{\mathrm{f}} = W_e + E_{\mathrm{c}}$$

Na ecuación, E_{f} representa a enerxía do fotón incidente, W_e o traballo de extracción do metal e E_{c} a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.
A enerxía que leva un fotón de frecuencia f é:

$$E_{\mathrm{f}} = h \cdot f$$

h é a constante de Planck e ten un valor moi pequeno: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s.
Para que ocorra efecto fotoeléctrico debe haber electróns con enerxía suficiente para chegar ao anticátodo. Isto depende de que a enerxía dos fotóns supere ao traballo de extracción, que é unha característica do metal.

13. Da hipótese de De Broglie, dualidade onda-corpúsculo, derívase como consecuencia:
A) Que as partículas en movemento poden mostrar comportamento ondulatorio.
B) Que a enerxía total dunha partícula é $E = m \cdot c^2$.
C) Que se pode medir simultaneamente e con precisión ilimitada a posición e o momento dunha partícula.

(P.A.U. xuño 08)

Solución: A. Ver a resposta á cuestión.

14. Un metal cuxo traballo de extracción é 4,25 eV, ilumínase con fotóns de 5,5 eV. Cal é a enerxía cinética máxima dos fotoelectróns emitidos?
A) 5,5 eV
B) 1,25 eV
C) 9,75 eV

(P.A.U. set. 07)

Solución: B

A ecuación de Einstein do efecto fotoeléctrico pode escribirse:

$$E_f = W_e + E_c$$

Na ecuación, E_f representa a enerxía do fotón incidente, W_e o traballo de extracción do metal e E_c a enerxía cinética máxima dos electróns (fotoelectróns) emitidos.
Substituíndo valores queda:

$$E_c = E_f - W_e = 5{,}5 - 4{,}25 = 1{,}2 \text{ eV}$$

15. A relación entre a velocidade dunha partícula e a lonxitude de onda asociada establécese:
    A) Coa ecuación de De Broglie.
    B) Por medio do principio de Heisenberg.
    C) A través da relación de Einstein masa-enerxía.

(P.A.U. xuño 05)

A interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico demostrou que a luz se comporta como un chorro de partículas, chamadas fotóns, cuxa enerxía é proporcional á frecuencia:

$$E = h \cdot f$$

No efecto Compton, o fotón compórtase como unha partícula de momento lineal:

$$p=\frac{E}{c}=\frac{h \cdot f}{c}=\frac{h \cdot f}{\lambda \cdot f}=\frac{h}{\lambda}$$

Como xa estaba establecido que a luz se propaga como unha onda, propúxose que o comportamento era dual: nalgúns experimentos o comportamento da luz parece ser corpuscular e noutros, ondulatorio.
De Broglie propuxo que este comportamento dual tamén afecto a calquera partícula. Nalgúns casos o comportamento de certas partículas podería interpretarse como o de ondas cuxa lonxitude de onda asociada λ vén dada pola expresión:

$$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{m \cdot v}$$

h é a constante de Planck, m é a masa da partícula e v é a súa velocidade.

16. Cando se dispersan raios X en grafito, obsérvase que emerxen fotóns de menor enerxía que a incidente e electróns de alta velocidade. Este fenómeno pode explicarse por unha colisión :
    A) Totalmente inelástica entre un fotón e un átomo.
    B) Elástica entre un fotón e un electrón.
    C) Elástica entre dous fotóns.

(P.A.U. set. 04)

Solución: B

Coñécese como efecto Compton, que, xunto á interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico, sentou as bases da natureza corpuscular da luz (aínda que sen abandonar o seu carácter ondulatorio).
No efecto Compton os electróns debilmente ligados aos átomos de carbono son golpeados polos fotóns nun choque elástico. (Consérvase a enerxía, e tamén o momento lineal). Os raios X dispersados salguen cunha enerxía menor, e, por tanto, a súa lonxitude de onda aumenta.

$$\lambda_f-\lambda_0=\frac{h}{m \cdot c}(1-\cos \theta)$$

A ecuación permite calcular a variación da lonxitude de onda da radiación emerxente λ_f respecto da emerxente λ_0 en función do ángulo de dispersión θ. O termo $h / (m \cdot c)$ ten dimensión de lonxitude e recibe o nome de lonxitude de onda de Compton.
A opción A non pode ser correcta porque nun choque inelástico as partículas quedan pegadas. Cando un fotón incide nun átomo, e a enerxía non chega para expulsar un electrón, provócase un salto do electrón a un nivel de enerxía superior, e logo emítese un fotón cando o electrón retorna ao seu nivel de enerxía máis baixo.

A opción C tampouco é correcta. Nun choque entre dous fotóns, se a enerxía é suficiente e as condicións adecuadas, producirase un par electrón-positrón, de acordo coa ecuación de equivalencia entre masa e enerxía de Einstein: $E = m \cdot c^2$.

17. A luz xerada polo Sol:
    A) Está formada por ondas electromagnéticas de diferente lonxitude de onda.
    B) Son ondas que se propagan no baleiro a diferentes velocidades.
    C) Son fotóns da mesma enerxía.

(P.A.U. set. 04)

Solución: A

A luz do Sol é luz branca. Newton xa demostrou que, ao pasar a través dun prisma de vidro, dispersábase en varias cores que ao pasar de novo por un segundo prisma, orientado adecuadamente, recompuñan de novo a luz branca. Aínda que Newton pensaba que a luz estaba formada por un chorro de partículas, foi a hipótese ondulatoria do seu rival Huygens a que se foi comprobando ao longo dos séculos. Así Young conseguiu figuras de interferencia ao facer pasar luz a través dunha dobre fenda. Maxwell unificou a forza eléctrica e a magnética e viu que o valor da velocidade da luz no baleiro obtíñase da expresión que combina a permitividade eléctrica ε_0 e a permeabilidade magnética μ_0 do baleiro:

$$c=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

Maxwell demostrou que a luz é unha superposición dun campo eléctrico oscilante que xeraba un campo magnético oscilante perpendicular ao eléctrico que se propagaba polo baleiro a 300 000 km/s.
Unha luz monocromática ten unha lonxitude de onda determinada (entre 400 e 700 nm). As cores do arco iris corresponden a unha dispersión da luz nos seus compoñentes monocromáticas.

As outras opcións:
A opción B non pode ser correcta, xa que un dos postulados de Einstein da relatividade especial di que a velocidade da luz no baleiro é unha constante, independentemente do sistema de referencia desde o que se mida.
A opción C tampouco é a correcta. Cando a natureza ondulatoria da luz estaba probada, a interpretación de Einstein do efecto fotoeléctrico demostrou que a luz monocromática era tamén un chorro de partículas ás que chamou fotóns, que tiñan unha enerxía dada pola ecuación de Planck:

$$E = h \cdot f$$

Na ecuación, h é a constante de Planck e f a frecuencia da luz monocromática. Nas experiencias do efecto fotoeléctrico viuse que ao iluminar o cátodo con luz monocromática de distintas frecuencias, obtidas por exemplo, dispersando a luz branca cun prisma, existía unha frecuencia mínima ou frecuencia limiar para que se producise o efecto fotoeléctrico. Segundo a interpretación de Einstein, a luz que non producía o efecto fotoeléctrico era porque cada non dos fotóns non tiña a enerxía suficiente.

● Desintegración radioactiva

1. Indica, xustificando a resposta, cal das seguintes afirmacións é correcta:
    A) A actividade dunha mostra radioactiva é o número de desintegracións que teñen lugar en 1 s.
    B) Período de semidesintegración e vida media teñen o mesmo significado.
    C) A radiación gamma é a emisión de electróns por parte do núcleo dun elemento radioactivo.

(P.A.U. set. 15)

Solución: A

A actividade radioactiva é o número de desintegracións por segundo e é proporcional á cantidade de isótopo radioactivo:

$$A=\frac{-\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t}=\lambda \cdot N$$

λ é a constante de desintegración radioactiva.
Como a actividade, A, é proporcional á cantidade de átomos, N: ($A = \lambda \cdot N$), pódese obter unha expresión similar á lei de desintegración, $N=N_0 \cdot \mathrm{e}^{-\lambda \cdot t}$, multiplicando ambos os membros pola constante, λ:

$$\lambda \cdot N=\lambda \cdot N_0 \cdot \mathrm{e}^{-\lambda \cdot t} \quad \Rightarrow \quad A=A_0 \cdot \mathrm{e}^{-\lambda \cdot t}$$

As outras opcións:
B: Falsa. A vida media é a «esperanza de vida» dun núcleo. É un termo estatístico igual á suma dos produtos do tempo de vida de cada núcleo polo número de núcleos que teñen ese tempo dividido polo total de núcleos.

$$\tau=\frac{\int_0^{N_0} t\,\mathrm{d}N}{N_0}=\frac{1}{\lambda}$$

λ é a constante de desintegración radioactiva.
A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N=N_0 \cdot \mathrm{e}^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

O período de semidesintegración dunha substancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. Cando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poñendo na ecuación logarítmica: ($2N$) en lugar de N_0, e $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

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

A relación entre o período de semidesintegración e a vida media é:

$$T_{½} = \tau \cdot \ln 2$$

C: Falsa. A radiación gamma γ é unha radiación electromagnética de alta enerxía, mentres que a emisión de electróns por parte do núcleo dun elemento radioactivo é a desintegración β.

2. O período de semidesintegración dun elemento radioactivo que se desintegra emitindo unha partícula alfa é de 28 anos. Canto tempo terá que transcorrer para que a cantidade de mostra sexa o 75 % da inicial?
   A) 4234 anos.
   B) 75 anos.
   C) 11,6 anos.

(P.A.U. xuño 15)

Solución: C

O período de semidesintegración dunha sustancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. É un valor constante.
Se a cantidade de mostra que queda sen desintegrar ao cabo dun tempo é o 75 %, significa que aínda non transcorreu un período de desintegración. A opción C é a única que propón un tempo inferior ao período de semidesintegración.
De seguido faise o cálculo, aínda que penso que non é necesario.

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot \mathrm{e}^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

O período de semidesintegración dunha substancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. Cando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poñendo na ecuación logarítmica: ($2\ N$) en lugar de N_0, e $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\ N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0{,}693}{28\ [\text{anos}]} = 0{,}024\,8\ \text{ano}^{-1}$$

Despexando o tempo t na ecuación de logaritmos:

$$t = \frac{-\ln (N / N_0)}{\lambda} = \frac{-\ln 0{,}75}{0{,}024\,8\ [\text{ano}^{-1}]} = 11{,}6\ \text{anos}$$

3. A actividade no instante inicial de medio mol dunha sustancia radioactiva cuxo período de semidesintegración é de 1 día, é:
   A) $2{,}41 \cdot 10^{18}$ Bq
   B) $3{,}01 \cdot 10^{23}$ Bq
   C) 0,5 Bq
   Dato: $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$ *(P.A.U. set. 13)*

Solución: A

A actividade radioactiva é o número de átomos que se desintegran nun segundo. É proporcional á cantidade de substancia radioactiva, sendo λ, a constante radioactiva, característica de cada isótopo.

$$A = \frac{-\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t} = \lambda \cdot N$$

Haberá que calcular a constante de desintegración radioactiva a partir do período de semidesintegración.
A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N = N_0 \cdot \mathrm{e}^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

O período de semidesintegración dunha substancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. Cando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poñendo na ecuación logarítmica: ($2\ N$) en lugar de N_0, e $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\ N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

Calcúlase o período de semidesintegración en segundos:

$$T_{1/2} = 1\ [\text{día}]\ \frac{24\ [\text{h}]}{1\ [\text{día}]}\ \frac{3600\ [\text{s}]}{1\ [\text{h}]} = 8{,}64 \cdot 10^{5}\ \text{s}$$

Calcúlase a constante de desintegración radioactiva:

$$\lambda=\frac{\ln 2}{T_{1/2}}=\frac{0{,}693}{8{,}64\cdot 10^{5}\ [\mathrm{s}]}=8{,}02\cdot 10^{-6}\ \mathrm{s}^{-1}$$

Calcúlase agora a actividade:

$$A = \lambda \cdot N = 8{,}02\cdot10^{-6}\ [\mathrm{s}^{-1}] \cdot 0{,}500\ [\mathrm{mol}] \cdot 6{,}022\cdot10^{23}\ [\mathrm{mol}^{-1}] = 2{,}42\cdot10^{18}\ \mathrm{Bq}$$

4. Unha roca contén o mesmo número de núcleos de dous isótopos radioactivos A e B, de períodos de semidesintegración de 1600 anos e 1000 anos respectivamente. Para estes isótopos cúmprese que:
   A) A ten maior actividade radioactiva que B.
   B) B ten maior actividade que A.
   C) Ambos teñen a mesma actividade.

(P.A.U. set. 11)

Solución: B

A actividade radioactiva é o número de átomos que se desintegran nun segundo. É proporcional á cantidade de substancia radioactiva, sendo λ, a constante radioactiva, característica de cada isótopo.

$$A=\frac{-\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t}=\lambda\cdot N$$

Demóstrase que a constante de desintegración radioactiva é inversamente proporcional ao período de semidesintegración.
A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N=N_0\cdot \mathrm{e}^{-\lambda\cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

O período de semidesintegración dunha substancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. Cando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poñendo na ecuación logarítmica: ($2\,N$) en lugar de N_0, e $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\,N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

Terá unha constante λ de desintegración maior o isótopo de menor período de semidesintegración, porque son inversamente proporcionais.

5. Unha masa de átomos radioactivos tarda tres anos en reducir a súa masa ao 90 % da masa orixinal. Cantos anos tardará en reducirse ao 81 % da masa orixinal?:
   A) Seis.
   B) Máis de nove.
   C) Tres.

(P.A.U. set. 09)

Solución: A

A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.

Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N=N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

Substituíndo os datos nesta expresión, pódese calcular a constante λ, con dúas cifras significativas:

$$-\ln (0{,}90\ N_0 / N_0) = \ln 0{,}90 = -\lambda \cdot 3\ [\text{anos}]$$

$$\lambda = \frac{-\ln 0{,}90}{3\ [\text{anos}]} = 0{,}015\ [\text{ano}^{-1}]$$

Co dato do 81 % despexamos t e queda:

$$t = \frac{-\ln 0{,}81}{\lambda} = \frac{-\ln 0{,}81}{0{,}015\ [\text{ano}^{-1}]} = 6\ \text{anos}$$

Tamén se podería resolver notando que o 81 % da mostra orixinal é o 90 % do que quedaba aos 3 anos. Por tanto terían que transcorrer 3 anos máis.

6. Se a vida media dun isótopo radioactivo é $5{,}8 \cdot 10^{-6}$ s, o período de semidesintegración é:
   A) $1{,}7 \cdot 10^{5}$ s
   B) $4{,}0 \cdot 10^{-6}$ s
   C) $2{,}9 \cdot 10^{5}$ s

(P.A.U. xuño 09)

Solución: B

A resposta máis simple é por semellanza. Aínda que período de semidesintegración e vida media non son o mesmo, son do mesma orde de magnitude.
A vida media é a «esperanza de vida» dun núcleo. É un termo estatístico igual á suma dos produtos do tempo de vida de cada núcleo polo número de núcleos que teñen ese tempo dividido polo total de núcleos.

$$\tau = \frac{\int_0^{N_0} t\, \mathrm{d} N}{N_0} = \frac{1}{\lambda}$$

Onde λ é a constante de desintegración radioactiva.
A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N=N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

O período de semidesintegración dunha substancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. Cando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poñendo na ecuación logarítmica: ($2\ N$) en lugar de N_0, e $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\ N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

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

A relación entre o período de semidesintegración e a vida media é:

$$T_{½} = \tau \cdot \ln 2$$

Isto cúmprese coa opción B.

$$\frac{4{,}0\cdot 10^{-6}\,[\mathrm{s}]}{5{,}8\cdot 10^{-6}\,[\mathrm{s}]}=0{,}69\approx \ln 2$$

7. O $^{237}_{94}Pu$ desintegrase, emitindo partículas alfa, cun período de semidesintegración de 45,7 días. Os días que deben transcorrer para que a mostra inicial redúzase á oitava parte son:
A) 365,6
B) 91,4
C) 137,1

(P.A.U. set. 08)

Solución: C

O período de semidesintegración dun isótopo radioactivo é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. É constante para ese isótopo.
Se se parte dunha masa *m* de isótopo, ao cabo dun período quedará a metade sen desintegrar, ao cabo doutro período quedará a cuarta parte e ao cabo dun terceiro período só haberá a oitava parte.
O tempo transcorrido é de 3 períodos = 3 · 45,7 = 137 días.

8. Un isótopo radioactivo ten un período de semidesintegración de 10 días. Se se parte de 200 gramos do isótopo, teranse 25 gramos do mesmo ao cabo de:
A) 10 días.
B) 30 días.
C) 80 días.

(P.A.U. xuño 08)

Solución: B

O período de semidesintegración dunha sustancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. É un valor constante.
Se se parte de 200 g do isótopo, ao cabo de 10 días quedarán 100 g (a metade) sen desintegrar. Ao cabo doutros 10 días quedarán 50 g e ao cabo doutros 10 días só haberá 25 g.
O tempo transcorrido é de 10 + 10 + 10 = 30 días.
De seguido faise o cálculo, aínda que penso que non é necesario.
A lei de desintegración radioactiva, que di que o número de átomos que se desintegran na unidade de tempo é proporcional á cantidade de átomos presentes, ($-\mathrm{d}N = \lambda \cdot N \cdot \mathrm{d}t$), pode expresarse como:

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

N é a cantidade de átomos que quedan sen desintegrar ao cabo dun tempo t, N_0 é a cantidade inicial de átomos e λ é a constante de desintegración.
Obtense unha versión máis manexable da ecuación de desintegración radioactiva, $N=N_0\cdot \mathrm{e}^{-\lambda\cdot t}$, pasando N_0 ao outro membro, aplicando logaritmos neperianos e cambiando o signo:

$$-\ln (N / N_0) = \ln (N_0 / N) = \lambda \cdot t$$

O período de semidesintegración dunha substancia radioactiva é o tempo que transcorre ata que só queda a metade da mostra orixinal. Cando $t = T_{1/2}$, $N = N_0 / 2$.
Poñendo na ecuación logarítmica: ($2\ N$) en lugar de N_0, e $T_{1/2}$ en vez de t, queda:

$$\ln (2\ N / N) = \lambda \cdot T_{1/2} \qquad \Rightarrow \lambda \cdot T_{1/2} = \ln 2$$

$$\lambda=\frac{\ln 2}{T_{1/2}}=\frac{0{,}693}{10\,[\text{días}]}=0{,}069\ 3\,\text{día}^{-1}$$

Despexando o tempo t na ecuación de logaritmos:

$$t=\frac{-\ln(N/N_0)}{\lambda}=\frac{-\ln(25/200)}{0{,}069\ 3\,[\text{día}^{-1}]}=30\ \text{días}$$

● Reaccións nucleares

1. Na reacción $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{A}_{Z}X + 3\,^{1}_{0}n$ cúmprese que:
A) É unha fusión nuclear.
B) Libérase enerxía correspondente ao defecto de masa.
C) O elemento X é $^{92}_{35}X$.

(P.A.U. xuño 13)

Solución: B

Nas reaccións nucleares libérase enerxía. Esta enerxía provén da transformación de masa en enerxía que segue a lei de Einstein.

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

Sendo Δm o defecto de masa e c a velocidade da luz no baleiro.

As outras opcións:
A: Falsa. O proceso de fusión nuclear consiste na reacción entre núcleos lixeiros para producir outros máis pesados. Esta reacción nuclear consiste en romper un núcleo pesado noutros máis lixeiros: é unha fisión.
C: Cumpre el principio de conservación do número bariónico (nº nucleóns = nº de protóns + nº neutróns)

$$235 + 1 = 141 + A + 3 \cdot 1$$

$$A = 92$$

Pero non o de conservación del a carga eléctrica:

$$92 + 0 = 56 + Z + 3 \cdot 0$$

$$Z = 36 \neq 35$$

2. Se un núcleo atómico emite unha partícula α e dúas partículas β, o seu número atómico Z e másico A:
A) Z aumenta en dúas unidades e A diminúe en dúas.
B) Z non varía e A diminúe en catro.
C) Z diminúe en dous e A non varía.

(P.A.U. xuño 12)

Solución: B

As propiedades do núcleo resultante despois dunha emisión alfa ou beta poden deducirse pola natureza destas radiacións e as leis de conservación do número bariónico (ou número másico) e da carga eléctrica nos procesos nucleares.
Unha partícula alfa é un núcleo de helio-4 ($\alpha = {}^{4}_{2}He$) e unha partícula beta(-) é un electrón ($\beta^- = {}^{0}_{-1}e$)
Escribindo as reaccións do enunciado e aplicando as leis de conservación mencionadas

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{0}_{-1}e + {}^{A-4}_{Z}Y$$

3. Na desintegración beta(–):
A) Emítese un electrón da parte externa do átomo.
B) Emítese un electrón desde o núcleo.
C) Emítese un neutrón.

(P.A.U. set. 11)

Solución: B

As leis de Soddy din que cando un átomo emite radiación β(-), o átomo resultante ten o mesmo número másico pero unha unidade máis de número atómico.

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$$

Cando se analizou a radiación β(-) descubriuse que estaba constituída por electróns. Como a desintegración é debida á inestabilidade do núcleo, os electróns proceden do núcleo aínda que o núcleo está constituído só por neutróns e protóns. Pero sábese que un neutrón illado descomponse por interacción débil en pouco tempo (unha vida media duns 15 min) nun protón, un electrón e un antineutrino electrónico.

$$ {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_1^1\text{H} + {}_{-1}^{0}\text{e} + {}_0^0\overline{\nu}_e $$

Polo que se pode supor que os electróns nucleares proceden dunha desintegración semellante.

As outras opcións:
A: Falsa. Se un átomo emitise electróns da súa envoltura, obteríase un átomo do mesmo número atómico e másico, só que unha carga positiva (un catión).

$$ {}_Z^A\text{X} \rightarrow {}_Z^A\text{X}^+ + {}_{-1}^{0}\text{e} $$

B: Falsa. A emisión dun neutrón non é unha desintegración natural do núcleo. Só ocorre cando é bombardeado por outras partículas (mesmo neutróns). As formas de desintegración natural (radioactividade natural) son a desintegración alfa (α = núcleo de helio-4), desintegración beta (β = electrón) e a emisión de radiación gamma (γ = radiación electromagnética de alta enerxía).

4. O elemento radioactivo ${}_{90}^{232}\text{Th}$ se desintegra emitindo unha partícula alfa, dúas partículas beta e unha radiación gamma. O elemento resultante é:
   A) ${}_{88}^{227}\text{X}$
   B) ${}_{89}^{228}\text{E}$
   C) ${}_{90}^{228}\text{Z}$

(P.A.U. xuño 11)

Solución: C

As partículas alfa son núcleos de helio ${}_2^4\text{He}$, as partículas beta electróns ${}_{-1}^{0}\text{e}$ e as radiacións gamma fotóns ${}_0^0\gamma$.
Escribindo a reacción nuclear:

$$ {}_{90}^{232}\text{Th} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2\,{}_{-1}^{0}\text{e} + {}_0^0\gamma + {}_Z^A\text{D} $$

Aplicando os principios de conservación do número bariónico (ou número másico) e da carga, queda:

$$ 232 = 4 + A \qquad \Rightarrow A = 228 $$

$$ 90 = 2 + 2 \cdot (-1) + Z \qquad \Rightarrow Z = 90 $$

5. Nunha fusión nuclear:
   A) Non se precisa enerxía de activación.
   B) Interveñen átomos pesados.
   C) Libérase enerxía debida ao defecto de masa.

(P.A.U. set. 10)

Solución: C

O proceso de fusión nuclear consiste na reacción entre núcleos lixeiros para producir outros máis pesados.
É o proceso que proporciona a enerxía as estrelas e que se produce na bomba de hidróxeno.
Unha reacción de fusión sería a que ocorre entre os isótopos tritio e deuterio para producir helio e un neutrón.

$$ {}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \longrightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n} $$

As reaccións nucleares producen unha gran cantidade de enerxía que procede da transformación do defecto de masa «Δm» en enerxía «E», segundo a ecuación de Einstein.

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

Sendo c a velocidade da luz no baleiro.
A suma das masas do helio-4 e do neutrón é inferior á suma das masas do tritio ${}^3\text{H}$ e do deuterio ${}^2\text{H}$.

A enerxía de activación é un concepto da cinética química que mide a enerxía necesaria para iniciar un proceso, como a que achega a chama dun misto para iniciar a combustión do papel. As reaccións nucleares de fusión necesitan unha gran enerxía para achegar os núcleos a distancias moi curtas vencendo a repulsión eléctrica entre eles. A temperatura que necesitaría un gas de átomos de isótopos de hidróxeno para que os choques entre eles fosen eficaces e os núcleos producisen helio é da orde do millón de graos. O proceso ocorre no interior das estrelas onde a enerxía gravitacional produce enormes temperaturas. Nas probas nucleares da bomba H de hidróxeno, empregábase unha bomba atómica de fisión como detonante. Na actualidade os experimentos para producir enerxía nuclear de fusión empregan láseres de alta enerxía que comuniquen a átomos individuais a enerxía suficiente para superar a barreira de repulsión eléctrica, e aínda que se obtiveron resultados positivos, non se deseñou un sistema rendible de producir enerxía a gran escala.

6. Cal das seguintes reaccións nucleares é correcta?
A) ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3\,{}^{1}_{0}\text{n}$
B) ${}^{2}_{1}\text{H} + {}^{3}_{1}\text{H} \longrightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + 2\,{}^{1}_{0}\text{n}$
C) ${}^{10}_{5}\text{B} + {}^{1}_{0}\text{n} \longrightarrow {}^{7}_{3}\text{Li} + {}^{2}_{1}\text{H}$

(P.A.U. xuño 10)

Solución: A

Polos principios de conservación do número bariónico (n.º de nucleóns = n.º de protóns + n.º de neutróns) e da carga, a única solución posible é a A, xa que o número bariónico total antes e despois é:
235 + 1 = 141 + 92 + 3·1 = 236

Reacción	n.º bariónico	Carga
A: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3\,{}^{1}_{0}\text{n}$	235 + 1 = 141 + 92 + 3·1 = 236	92 + 0 = 56 + 36 + 3 · 0
B: ${}^{2}_{1}\text{H} + {}^{3}_{1}\text{H} \longrightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + 2\,{}^{1}_{0}\text{n}$	$2 + 3 \neq 4 + 2 \cdot 1$	1 + 1 = 2 + 2·0
C: ${}^{10}_{5}\text{B} + {}^{1}_{0}\text{n} \longrightarrow {}^{7}_{3}\text{Li} + {}^{2}_{1}\text{H}$	$10 + 1 \neq 7 + 2$	$5 + 0 \neq 3 + 1$

7. Nunha reacción nuclear de fisión:
A) Fúndense núcleos de elementos lixeiros (deuterio ou tritio).
B) É sempre unha reacción espontánea.
C) Libérase gran cantidade de enerxía asociada ao defecto de masa.

(P.A.U. xuño 09)

Solución: C

Nas reaccións nucleares libérase moita enerxía que é equivalente ao defecto de masa, segundo a ecuación de Einstein:

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

As reaccións de fisión prodúcense ao bombardear un núcleo pesado, uranio ou plutonio, con neutróns térmicos, que se moven á velocidade adecuada para producir a fragmentación do núcleo en dous núcleos máis pequenos e a emisión de dous ou tres neutróns que producen unha reacción en cadea (se non se controla).

As outras opcións:
A: Falsa. O proceso proposto corresponde a unha reacción de fusión. Concretamente a que ocorre no interior das estrelas para producir helio.
B: Falsa. Os procesos de fisión deben ser provocados. Aínda que é certo que algúns isótopos do uranio emiten espontaneamente neutróns, necesítase enriquecer o uranio para que a emisión de neutróns sexa capaz de manter a reacción. E necesítase que se acumule suficiente cantidade de uranio para superar a masa crítica que podería provocar a reacción de fisión.

8. Cal destas reaccións nucleares é posible?:
   A) ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He$
   B) ${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$
   C) ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 2\,{}^{1}_{0}n$

(P.A.U. xuño 07)

Solución: B

Polos principios de conservación do número bariónico (n.º nucleóns = n.º de protóns + n.º neutróns) e da carga, a única solución posible é a B, xa que o número bariónico total antes e despois é:

$$14 + 4 = 17 + 1 = 18$$

Reacción	n.º bariónico	Carga
A: ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He$	$2 + 3 \neq 4$	$1 + 1 = 2$
B: ${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$	$14 + 4 = 17 + 1$	$7 + 2 = 8 + 1$
C: ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 2\,{}^{1}_{0}n$	$235 + 1 \neq 141 + 92 + 2 \cdot 1$	$92 + 0 = 56 + 36 + 2 \cdot 0$

9. Se un núcleo atómico emite unha partícula α, dúas partículas β⁻ e dúas partículas γ, o seu número atómico:
   A) Diminúe en dúas unidades.
   B) Aumenta en dúas unidades.
   C) Non varía.

(P.A.U. xuño 07)

Solución: C

As propiedades do núcleo resultante despois dunha emisión alfa, beta ou gamma poden deducirse pola natureza destas radiacións e as leis de conservación do número másico e da carga eléctrica nos procesos nucleares.
Unha partícula alfa é un núcleo de helio-4 ($\alpha = {}^{4}_{2}He$), unha partícula beta(-) é un electrón ($\beta^{-} = {}^{0}_{-1}e$) e a radiación gamma é radiación electromagnética de alta enerxía ($\gamma = {}^{0}_{0}\gamma$).
Escribindo as reaccións do enunciado e aplicando as leis de conservación mencionadas

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{0}_{-1}e + 2\,{}^{0}_{0}\gamma + {}^{A-4}_{Z}Y$$

10. Cal das seguintes reaccións nucleares representa o resultado da fisión do ${}^{235}_{92}U$ cando absorbe un neutrón?
   A) ${}^{209}_{82}Pb + 5\,\alpha + 3\,p + 4\,n$
   B) ${}^{90}_{62}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 6\,n + \beta$
   C) ${}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,n$

(P.A.U. set. 06)

Solución: C

Unha reacción de fisión prodúcese cando un núcleo absorbe un neutrón e rompe en dous fragmentos emitindo dous ou tres neutróns.

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

Cumpre os principios de conservación do número bariónico e da carga eléctrica:

$$235 + 1 = 141 + 92 + 3 = 236$$

$$92 + 0 = 56 + 36 + 0 = 92$$

As outras opcións:
A: Falsa. El tamaño dos fragmentos $^{209}_{82}Pb$ e α ($^{4}_{2}He$) é moi diferente, prodúcese un número de neutróns (4) excesivo, emítense protóns e non se cumpre o principio de conservación da carga eléctrica: 82 + 5 · 2 + 3 · 1 ≠ 92.
B: Falsa. Se produce un número de neutróns (6) excesivo, prodúcense ademais electróns β e non se cumpre o principio de conservación da carga eléctrica: 62 + 54 + 6 · 0 + (−1) ≠ 92.

11. Cando se bombardea nitróxeno $^{14}_{7}N$ con partículas alfa xérase o isótopo $^{17}_{8}O$ e outras partículas. A reacción é:
A) $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}\alpha \longrightarrow ^{17}_{8}O + p$
B) $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}\alpha \longrightarrow ^{17}_{8}O + n + \beta$
C) $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}\alpha \longrightarrow ^{17}_{8}O + p + n + \gamma$

(P.A.U. xuño 06)

Solución: A

Partícula	Alfa α	Beta β	Protón p	Neutrón n	Radiación γ
n.º bariónico	4	0	1	1	0
Carga	+2	−1	+1	0	0
Símbolo	$^{4}_{2}He$	$^{0}_{-1}e$	$^{1}_{1}H$	$^{1}_{0}n$	$^{0}_{0}\gamma$

Polos principios de conservación do número bariónico (n.º nucleóns = n.º de protóns + n.º neutróns) e da carga, a única solución posible é a A, xa que o número bariónico total e a carga total dos reactivos e dos produtos das reaccións nucleares son:

Reactivos	N.º bariónico	Carga
$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}\alpha$: ($^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He$)	14 (N) + 4 (α) = 18	7 (N) + 2 (α) = +9
Produtos	**N.º bariónico**	**Carga**
A) $^{17}_{8}O$ + p: ($^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$)	17 (O) + 1 (p) = 18	8 (O) + 1 (p) = +9
B) $^{17}_{8}O$ + n + β: ($^{17}_{8}O + ^{1}_{0}n + ^{0}_{-1}\beta$)	17 (O) + 1 (n) + 0 (β) = 18	8 (O) + 0 (n) + (−1) (β)= +7
C) $^{17}_{8}O$ + p + n + γ: ($^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H + + ^{1}_{1}n + ^{0}_{0}\gamma$)	17 (O) + 1 (p) + 1 (n) + 0 (γ) = 19	8 (O) + 1 (p) + 0 (n) + 0 (γ) = +9

12. Na desintegración β^-.
A) O número atómico aumenta unha unidade.
B) O número másico aumenta unha unidade.
C) Ambos permanecen constantes.

(P.A.U. xuño 05)

Solución: A

Unha desintegración β^- é unha emisión dun electrón do núcleo, que se produce pola transformación dun neutrón nun protón.

$$^{1}_{0}n \longrightarrow ^{1}_{1}H + ^{0}_{-1}e + ^{0}_{0}\overline{\nu}_e$$

Polas leis de conservación da carga e o número másico

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A}_{Z+1}Y + ^{0}_{-1}e$$

Enerxía nuclear

13. Na formación do núcleo dun átomo:
A) Diminúe a masa e despréndese enerxía.

B) Aumenta a masa e absórbese enerxía.
C) Nuns casos sucede a opción A e noutros casos a B.

(P.A.U. set. 14)

Solución: A

A masa do núcleo é sempre inferior á suma das masas dos nucleóns que o compoñen. A diferenza entre a masa do núcleo e os nucleóns chámase defecto de masa «Δm».
O proceso hipotético da formación dun núcleo a partir da unión dos protóns e neutróns que o forman desprende unha gran cantidade de enerxía que procede da transformación do defecto de masa «Δm» en enerxía «E», segundo a ecuación de Einstein.

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

Sendo c a velocidade da luz no baleiro.
A esta enerxía coñécella como enerxía de enlace e, dividida por en número de nucleóns, como enerxía de enlace por nucleón.
Esta enerxía de enlace por nucleón aumenta co número atómico nos núcleos máis lixeiros até alcanzar un máximo no ferro, a partir do cal descendo lixeiramente. Isto indica que o núcleo de ferro é o máis estable.
En realidade os núcleos dos átomos fórmanse por reaccións de fusión nuclear ou ben no interior das estrelas, os anteriores ao ferro, ou ben na explosión de supernovas, os posteriores.

Actualizado: 21/03/24

ACLARACIÓNS

Os datos dos enunciados dos problemas non adoitan ter un número adecuado de cifras significativas, ben porque o redactor pensa que a Física é unha rama das Matemáticas e os números enteiros son números «exactos» (p. ex. a velocidade da luz: $3 \cdot 10^8$ m/s cre que é 300 000 000,000000 000 000 000… m/s) ou porque aínda non se decatou de que se pode usar calculadora no exame e parécelle máis sinxelo usar $3 \cdot 10^8$ que 299 792 458 m/s).
Por iso supuxen que os datos teñen un número de cifras significativas razoables, case sempre tres cifras significativas. Menos cifras darían resultados, en certos casos, cunha incerteza desmedida. Así que cando tomo un dato como $c = 3 \cdot 10^8$ m/s e reescríboo como:
Cifras significativas: 3
$c = 3{,}00 \cdot 10^8$ m/s
O que quero indicar é que supoño que o dato orixinal ten tres cifras significativas (non que as teña en realidade) para poder realizar os cálculos cunha incerteza máis pequena que a que tería nese caso.
($3 \cdot 10^8$ m/s ten unha soa cifra significativa, e unha incerteza relativa do 30 %. Como as incertezas adóitanse acumular ao longo do cálculo, a incerteza final sería inadmisible. Entón, para que realizar os cálculos? Cunha estimación sería suficiente).

Cuestións e problemas das Probas de avaliación de Bacharelato para o acceso á Universidade (A.B.A.U. e P.A.U.) en Galiza.
Respostas e composición de Alfonso J. Barbadillo Marán.
Algúns cálculos fixéronse cunha folla de cálculo de LibreOffice do mesmo autor.
Algunhas ecuacións e as fórmulas orgánicas construíronse coa extensión CLC09 de Charles Lalanne-Cassou.
A tradución ao/desde o galego realizouse coa axuda de *traducindote*, de Óscar Hermida López.
Procurouse seguir as recomendacións do Centro Español de Metroloxía (CEM).
Consultouse ao Copilot de Microsoft Edge e tivéronse en conta algunhas das súas respostas nas cuestións.

Sumario

FÍSICA DO SÉCULO XX

Índice de probas P.A.U.