

FÍSICA MODERNA

PROBLEMAS

1.- Unha mostra dun material radiactivo ten $3 \cdot 10^{24}$ átomos. a) En tres anos reduce o seu número á metade. Calcula o número de átomos que quedará en trinta anos. b) ¿Cánto vale o período de semidesintegración de dito conxunto de átomos?

SOLUCIÓN

a) Segundo a lei de desintegración nuclear, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, e, neste caso, ó quedar reducido á metade, $0'5 = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln 0'5 = -\lambda t \Rightarrow -0'69 = -\lambda \cdot 3 \Rightarrow \lambda = 0'23 \text{anos}^{-1}$

Con este dato, obtemos $N_{30} = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = 3 \cdot 10^{24} \cdot e^{-0'23 \cdot 30} = 3,02 \cdot 10^{21}$ átomos.

b) Segundo os datos do problema, en tres anos queda a metade de átomos, logo ese é o período de semidesintegración.

2.- Nun determinado momento calculamos a existencia de $1,15 \cdot 10^{14}$ núcleos radiactivos nunha mostra. Dez días despois, contabilizamos $2 \cdot 10^{13}$. Calcula

a) o período de semidesintegración do elemento.

b) ¿cánto tempo tardará a mostra en reducirse á décima parte?.

SOLUCIÓN

a) Substituíndo na lei de desintegración radiactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$,

$2 \cdot 10^{13} = 1,15 \cdot 10^{14} \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow 0'17 = e^{-\lambda t} \Rightarrow -1,01 = -\lambda t \Rightarrow \lambda = 0'175 \text{días}^{-1}$; e como $T = \ln 2 / \lambda = 3,96$ días.

b) Aplicando novamente a lei de desintegración, $1/10 = e^{-\lambda t} = e^{-0'175t} \Rightarrow -2'3 = -0'175t \Rightarrow t = 13,16$ días

3.- Un detector de radiactividade detecta unha velocidade de desintegración de 125 núcleos / minuto. Sabemos que o período de semidesintegración é 20min. Calcula

a) a cte. de semidesintegración radiactiva.

b) a velocidade de desintegración unha hora despois.

SOLUCIÓN

a) A actividade de 125 núcleos/min. é igual a λN .

Entón, como $\lambda = \ln 2 / T = 0'693 / 20 = 3'46 \cdot 10^{-2} \text{min}^{-1}$

b) $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow A = \lambda N_0 \cdot e^{-\lambda t} = 125 \cdot e^{-0'0346 \cdot 60} = 15,6$ núcleos / minuto, por termo medio.

4.- O período de semidesintegración do elemento radiactivo ^{238}X é 28 anos. Dito elemento desintégrese emitindo partículas α .

a) Calcula o tempo que tarda a mostra en reducirse ó 10% da orixinal.

b) Calcula a masa necesaria para formar 10 núcleos de He por segundo. Dato: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$.

SOLUCIÓN

a) Aplicando a lei de desintegración radiactiva, $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$,

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

No tempo de semidesintegración: $N_0 \cdot 0,5 = N_0 e^{-\lambda T} \Rightarrow \ln 2 = \lambda T \Rightarrow 0,693 = \lambda T \Rightarrow \lambda = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ anos}^{-1}$

Cando se reduce ó 10%: $N_0 \cdot 0,1 = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow -0,105 = -\lambda t \Rightarrow t = 4,2 \text{ anos}$.

b) Se se forman 10 núcleos de He cada segundo é porque se desintegran 10 núcleos de ^{238}X cada segundo, é dicir, a unha taxa de $10 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 = 3,15 \cdot 10^8$ desintegracións anuais, logo:

$$3,15 \cdot 10^8 = \lambda N = 0,025 \cdot N \Rightarrow N = 1,26 \cdot 10^{10} \text{ núcleos desintegrados}$$

Como 1 mol de núcleos de ^{238}X ($6,02 \cdot 10^{23}$) equivalen a unha masa de 238 g, precisaranse $4,98 \cdot 10^{-12} \text{ g}$ de ^{238}X

5.-Dispoñemos dunha mostra de $^{222}_{86}\text{Rn}$:

a) ¿Cánto tempo tarda unha mostra de 10 g de Rn en reducirse a 1 g?

b) Si o peso actual dunha mostra de radio é 1g, ¿cánto pesará dentro de 100 anos?

Dato: o período de semidesintegración do Rn é $T = 1600 \text{ anos}$.

SOLUCIÓN

a) Como $T = \ln 2 / \lambda$, $\lambda = 0,693 / 1600 = 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ anos}^{-1} = 1,18 \cdot 10^{-6} \text{ días}^{-1}$

Aplicando a lei de desintegración radiactiva: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, $1 = 10 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln 0,1 = -\lambda t = -4,33 \cdot 10^{-4} t \Rightarrow t = 5,32 \cdot 10^3 \text{ anos}$.

b) Aplicando a mesma lei, $x = 1 \cdot e^{-\lambda t}$,

$$\text{Con esto, } x = 1 \cdot e^{-0,000433 \cdot 100} = 0,96 \text{ g}$$

6.- Un metal desprende electróns a unha velocidade de 1000 ms^{-1} ó recibir luz dunha lonxitude de onda de 400nm. Calcula

a) o traballo de extracción.

b) a enerxía cinética máxima dos electróns.

Datos: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $1 \text{ nm} = 10^9 \text{ nm}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

SOLUCIÓN

a) A ecuación básica no efecto fotoeléctrico é

$$h\nu = W_e + m_e v^2 / 2 = hc / \lambda; W_e = hc / \lambda - m_e v^2 / 2$$

$$\text{polo tanto, } W_e = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 400 \cdot 10^{-9} - 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (1000)^2 / 2 = 4,96 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

$$\text{b) A enerxía cinética é } m_e v^2 / 2 = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (1000)^2 / 2 = 5,55 \cdot 10^{-25} \text{J}$$

7.- Nunha experiencia para calcular h , ó iluminar unha superficie metálica cunha radiación de $\lambda = 200 \cdot 10^{-9} \text{m}$, o potencial de freado para os electróns é de 1V. Se $\lambda = 175 \cdot 10^{-9} \text{m}$, o potencial de frenado é 1,86V. Calcula

a) o traballo de extracción dun electrón do metal.

b) Calcula h . Datos: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$.

SOLUCIÓN

a) e b) Nos dous casos expostos, aplicando a relación $W_e = hc/\lambda - q_e V$, obtemos

$$W_e = h \cdot 3 \cdot 10^8 / 200 \cdot 10^{-9} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1$$

$$W_e = h \cdot 3 \cdot 10^8 / 175 \cdot 10^{-9} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,86;$$

é dicir, un sistema de dúas ecuacións con dúas incógnitas, que ten como resultado

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{Js}$$

$$W_e = 8,2 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

8.- Nunha célula fotoelétrica, o cátodo ilumínase de xeito simultáneo con dúas radiacións de lonxitudes de onda $\lambda_1 = 3 \cdot 10^{-7} \text{m}$ e $\lambda_2 = 4 \cdot 10^{-7} \text{m}$.

a) Calcula que radiación das anteriores produce o efecto fotoeléctrico se o traballo de extracción corresponde a unha frecuencia de $7 \cdot 10^{14} \text{Hz}$.

b) Calcula a velocidade máxima dos electróns arrancados por medio das radiacións anteriores.

Datos: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$.

SOLUCIÓN

a) Aplicando a ecuación do efecto fotoeléctrico, $hc/\lambda = W_e + m_e v^2 / 2$ vemos que extraeránse electróns cando $hc/\lambda > W_{\text{extracción}}(h\nu_0)$.

Se substituímos no primeiro caso, $6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 3 \cdot 10^{-7} = 6,62 \cdot 10^{-19} > 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 7 \cdot 10^{14} = 4,63 \cdot 10^{-19}$, co que se cumpre que pode extraer electróns.

No segundo caso, $6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 4 \cdot 10^{-7} = 4,97 \cdot 10^{-19} > 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 7 \cdot 10^{14} = 4,63 \cdot 10^{-19}$, co que tamén se cumpre que pode extraer electróns.

b) A velocidade calcúlase a través da enerxía cinética:

No primeiro caso, $1,99 \cdot 10^{-19} \text{J} = m_e v^2 / 2$, de onde $v = 6,61 \cdot 10^5 \text{ms}^{-1}$.

No segundo caso, $3,31 \cdot 10^{-20} \text{J} = m_e v^2 / 2$, de onde $v = 2,7 \cdot 10^5 \text{ms}^{-1}$.

9.- A frecuencia umbral para arrincar un electrón nunha célula fotoelétrica é de $6 \cdot 10^{14} \text{s}^{-1}$.

- a) Calcula a velocidade dos electróns arrincados cunha radiación de $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.
- b) ¿Poderían arrincarse electróns con radiación visible (λ entre 400 e 700 nm)?

Datos: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

SOLUCIÓN

a) Empregando a ecuación do efecto fotoeléctrico, $h\nu = h\nu_0 + m_e v^2/2 = hc/\lambda$, de onde

$$6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 3 \cdot 10^{-7} = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 6 \cdot 10^{14} - 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot v^2/2 \Rightarrow 6,62 \cdot 10^{-19} \text{ J} - 3,97 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot v^2/2 \Rightarrow$$

$$v = 7,63 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1}.$$

b) Para arrincar electróns, $hc/\lambda > 3,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, que é o traballo de extracción. Despexando a lonxitude de onda, obtemos $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 500 \text{ nm}$, co que só poderemos extraer electróns cunha lonxitude de onda menor que 500nm, e polo tanto, hai unha parte do espectro visible que non permite extraelos.

CUESTIÓNS

1.- ¿Que nos di a ecuación $E = mc^2$?

- A masa e a enerxía son dúas formas da mesma magnitude.
- A masa convírtese en enerxía cando viaxa á velocidade da luz.
- A masa convírtese en enerxía cando o corpo se despraza á velocidade da luz ó cadrado.

SOL.: a

A ecuación $E=mc^2$ relaciona unha determinada enerxía coa masa equivalente na que é capaz de transformarse ou viceversa: Unha cantidade m de masa pode producir unha enerxía E , e unha enerxía E pode xerar unha masa m . Así, a ecuación presentada é a que nos dá a equivalencia entre masa e enerxía, proposta por Einstein e da que unha das aplicacións é o cálculo da enerxía que unha determinada cantidade de masa pode subministrar.

2.- Un vehículo espacial afástase da Terra cunha velocidade de $0,5 c$ (c =velocidade da luz). Dende a Terra mándase un sinal luminoso e a tripulación mide a velocidade do sinal, obtendo o valor:

- $0,5 c$
- c
- $1,5 c$

SOL.: b

De acordo coa teoría da relatividade especial, a velocidade da luz é independente, para cada medio, do movemento relativo dos observadores inerciais e do movemento das fontes ou focos luminosos. E, ademais é unha velocidade límite.

A velocidade da luz é independente do sistema de referencia elixido, logo no foguete ou na terra a velocidade será a mesma (De calquera xeito, a suma non sería lineal, logo non podería dar $1 \pm 0'5c$).

3.- Dada a reacción nuclear: $^{235}_{92}\text{U} + X = ^{236}_{93}\text{Np}$ a partícula X é:

- a. Protón.
- b. Neutrón.
- c. Electrón.

SOL.: a

Vemos que o número atómico pasa de 92 a 93, aumentando nunha unidade, ó tempo que a masa pasa de 235 a 236, aumentando tamén unha unidade. Isto é, a partícula X ten unha masa unidade e unha carga positiva tamén unidade. Esas son precisamente as características do protón.

4.- A obtención da enerxía a partir do núcleo dos átomos realízase mediante reaccións nucleares, as cales clasificamos en dous tipos: reaccións de fisión e reaccións de fusión. Na actualidade o home soamente usa as de fisión, e débese a que:

- a. Producen máis enerxía que as de fusión.
- b. Son menos contaminantes que as de fusión.
- c. Non sabe aproveitarlas de fusión.

SOL.: c

A fusión é unha reacción nuclear pola que varios núcleos lixeiros se combinan formando un núcleo pesado, coa correspondente liberación de enerxía, en maior cantidade que na fisión. Sen embargo, para que se inicie a fusión nuclear precísanse temperaturas moi elevadas, a fin de que os núcleos que se combinan teñan a enerxía suficiente para vencer as repulsións e poder penetrar no radio de acción das forzas nucleares. A falta de control deste proceso impide a utilización como fonte de enerxía deste tipo de reaccións.

Polo momento, as reaccións de fusión non se saben controlar de xeito aproveitábel. Poden usarse en bombas (as chamadas "de hidróxeno") e prodúcese de xeito experimental enerxía a partir dela, pero polo momento non se pode aproveitar.

5.- O efecto fotoeléctrico prodúcese se:

- a. A intensidade da radiación é moi grande.
- b. A lonxitude de onda da radiación incidente é grande.
- c. O frecuencia da radiación é superior á frecuencia umbral.

SOL.: c

O efecto fotoeléctrico prodúcese unha vez que a enerxía do fotón incidente e quen de supera-lo traballo de extracción do metal, o cal ocorrerá unha vez superada unha determinada frecuencia umbral.

$$h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

6.- Se un protón e unha partícula " teñen a mesma enerxía cinética, e sabendo que $m_{\alpha} = 4m_{\text{H}^+}$, podemos afirmar que a razón entre as lonxitudes de onda asociadas a cada unha ($\lambda_{\alpha} / \lambda_{\text{H}^+}$) é:

- a. 4
- b. 0'5

c. 0'25

SOL.: b

Empregando a ecuación de De Broglie : $\lambda = h/p = h/mv$

Se teñen a mesma enerxía cinética e de acordo co dato $m_e = 4m_{H^+} \Rightarrow 2v_e = m_{H^+} \Rightarrow \lambda_e / \lambda_{H^+} = 1/2$

A lonxitude dunha asociada a unha partícula vén dada pola relación $\lambda = h/(mv) = h/p$. Como as enerxías cinéticas son as mesmas, as cantidades de movemento están en relación inversa á raíz cadrada das masas, e polo tanto, tamén ás lonxitudes de onda.

7.- ¿E certo que os obxectos se contraen a velocidades próximas á da luz?.

- a. Si, e afecta ás tres direccións do espacio.
- b. Si, contráense realmente sexa cal sexa o sistema de referencia.
- c. Non, o que se contrae é a medida do obxecto.

SOL.: c

A lonxitude dun obxecto que se movera cunha velocidade cercana á da luz resultaría menor medida dende un sistema de referencia no que se apreciara o obxecto en movemento que dende outro sistema no que obxecto estivera en repouso. Existe unha "contracción" relativista da medida da lonxitude.

Un obxecto é o mesmo sexa cal sexa o sistema de referencia que se empregue, polo que non se contrae o cambiar de sistema de referencia usado para describi-la súa posición ou movemento. Sen embargo, a expresión das medidas en diferentes sistemas é tamén diferente.

8.- O Principio de Indeterminación de Heisemberg establece que:

- a. Non hai nada máis pequeno que a constante de Planck.
- b. Non se poden medir simultaneamente e con precisión ilimitada o momento lineal e a posición dunha partícula.
- c. De tódalas magnitudes físicas, somente o momento lineal e a velocidade non poden coñecerse con precisión ilimitada.

SOL.:b

O principio de indeterminación de Heisemberg establece que existe un límite á hora de medir ó mesmo tempo a cantidade de movemento e a posición do electrón. A restricción de Heisemberg establece que o produto das imprecisións absolutas destas magnitudes conxugadas é sempre maior que $h/2\pi$.

O principio de indeterminación ou incertidume establécese como consecuencia da consideración das partículas como ondas e de que calquera medida que se realice sobre un sistema ten que interferir con el. Debido a isto, a determinación das magnitudes que o caracterizan sofre da variación das mesmas. O seu estudio máis detallado fai relaciona-las magnitudes por parellas, admitindo diferentes expresións, entre a que se atopa a imposibilidade de medir con precisión é tempo cantidade de movemento e posición.

9. A enerxía dun cuanto de luz dunha frecuencia dada é directamente proporcional:

- a. Á velocidade da luz.
- b. Á lonxitude de onda.

- c. Á frecuencia da onda.

SOL.:c

Seguindo a teoría cuántica de Planck, a enerxía dun cuanto de luz será: $E = h \cdot n$.

A enerxía dunha onda vén dada pola súa frecuencia, sendo invariable ante os cambios de medio de propagación, e polo tanto, ante variacións de velocidade e lonxitude de onda. A relación que afecta a enerxía e á frecuencia é $E = hn$, sendo h a constante de Planck.

10.- Cando un núcleo emite unha partícula b, en realidade emite:

- a. Un fotón.
- b. Un electrón.
- c. Un protón.

SOL.: b

Cando un núcleo emite un electrón obtense outro núcleo isóbaro (do mesmo número másico) no que o número atómico aumenta unha unidade.

A reacción elemental que explica o mecanismo desta desintegración é: ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + {}^0_0n$

Un electrón pode emitirse cando ocorre a desintegración dun neutrón dando lugar a un protón (que queda no núcleo) e un electrón, que sae despedido coa enerxía desprendida no proceso. Este tipo de radiación chámase radiación b.

11.- Se un núcleo atómico emite unha partícula a e dúas partículas b⁻¹, o seu n^o atómico:

- a. Diminúe en dúas unidades.
- b. Aumenta en dúas unidades.
- c. Non varía.

SOL.:c

Unha partícula a supón a perda de 2 unidades de carga positiva e 4 unidades de masa, mentres que 2 partículas b⁻¹, supón a perda de 2 unidades de carga negativa. Por iso non hai variación no número atómico (balance de cargas positivas e cargas negativas). O número másico diminuiría en 4 unidades. Así, a variación de carga no núcleo atómico cos procesos indicados é nula, e polo tanto, o número atómico mantéñese.

12.- 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.

SOL.: b

O efecto Compton é un experimento no que se facían incidir raios X sobre un corpo con electróns debilmente ligados, observándose que, ademais da radiación dispersada, da mesma lonxitude de onda, aparecía outra radiación secundaria, de lonxitude de onda sempre maior que a incidente (e polo tanto menos enerxética) e que dependía unicamente

da lonxitude de onda incidente e do ángulo formado polos raios incidente e emerxente. Ademais, observábanse electróns dispersados.

Este fenómeno explícase polo comportamento corpuscular da radiación, que permite unha colisión elástica entre a partícula da radiación, "fotón", e o electrón.

A colisión entre partículas elementais e fotóns son elásticas se o resultado das mesmas seguen a se-las mesmas partículas: unha colisión inelástica requeriría a conxunción das partículas nunha única.

13. Un raio de luz :

- a. Ten menor enerxía se vai a menor velocidade.
- b. Non varía a súa enerxía coa velocidade.
- c. Non pode variar a súa velocidade.

SOL.:c

De acordo cos postulados da teoría da relatividade especial, a velocidade da luz é unha invariante e independente do movemento relativo dos focos e dos observadores.

A luz, se non cambia de medio de transmisión, non varía de velocidade. E, en caso de que cambiara de medio, e polo tanto de velocidade, tampouco varía a súa enerxía, que depende da frecuencia, que non varía.

14. Un átomo de $^{238}_{92}\text{U}$ segue unha serie radiactiva que pasa polo $^{214}_{82}\text{Pb}$, tras emitir unha serie de partículas alfa e beta. O número de partículas alfa emitidas é:

- a. 3
- b. 6
- c. 9

SOL.:b

Unha partícula alfa ten 4 unidades de masa e 2 unidades de carga positiva, polo tanto, por perderse 24 unidades de masa, tiveron que perderse 6 partículas alfa.

No proceso entre o Uranio e o Chumbo o núcleo perde $238-214=24$ unidades de masa e $92-82=10$ unidades de carga. O proceso radiactivo que fai reducir masa é a emisión dunha partícula alfa, que rebaixa en catro unidades a masa. Isto implica que foron emitidas $24/4=6$ partículas alfa, a parte da emisión de partículas beta, necesaria para reequilibrar a carga.

15. Unha masa de átomos radiactivos tarda 3 anos en reducir nun 10% a súa masa. ¿canto tardará en reducirse ó 81% da masa orixinal?.

- a. Máis de tres anos.
- b. Menos de tres anos.
- c. Tres anos.

SOL.: a

Reducir un 10% a súa masa implica reduci-la masa a un 90% da orixinal. Isto prodúcese en tres anos. Pero o 81% é menos do 90%, logo necesitará máis tempo. En realidade, o 81% é o 90% do 90%, logo tardará en total 6 anos en reduci-la súa masa a dita cantidade.

Tendo en conta a lei da desintegración radiactiva: $N = N_0 e^{-\lambda t}$

Podemos calcular $I=4,065 \cdot 10^{-7}$ desint/s.

E a continuación calcula-lo tempo en que se reduza ó 81 % da masa orixinal: $t= 6$ anos.

16. A constante de Planck vale $6'6 \cdot 10^{-34}$ Js. Se, de pronto, aumentara o seu valor a $6'6 \cdot 10^{34}$ Js, pasaría que:

- A mecánica cuántica sería aplicable ó mundo macroscópico.
- A mecánica clásica sería aplicable ó mundo microscópico.
- A mecánica cuántica e a mecánica clásica intercambiarían os seus campos de aplicación, o mundo microscópico e macroscópico.

SOL. a.

O principio de indeterminación de Heisemberg: $\Delta x \Delta p \geq h/2\pi$, representa unha indeterminación inherente á propia realidade, polo que tamén existe no macrocosmos, pero o pequeno valor de h explica que só se teña en conta cando se trata de partículas subatómicas.

A constante de Planck aplícase ó mundo microscópico, indicando por exemplo o límite do produto dos erros a raíz do principio de indeterminación. Se a constante aumentara, o produto podería ser maior, e polo tanto, afectaría de xeito significativo a cosmos maiores, logo a mecánica cuántica pasaría a se-la mecánica aplicable a nivel macroscópico.

17.- A ecuación de Einstein $E=mc^2$ implica que:

- Unha determinada masa m necesita unha enerxía E para poñerse en movemento.
- A enerxía E é a que ten unha masa m cando vai á velocidade da luz.
- E é a enerxía equivalente a unha determinada masa.

SOL.: c

A ecuación $E=mc^2$ relaciona unha determinada enerxía coa masa equivalente na que é capaz de transformarse ou viceversa: Unha cantidade m de masa pode producir unha enerxía E , e unha enerxía E pode xerar unha masa m . Así, a ecuación presentada é a da equivalencia entre masa e enerxía, proposta por Einstein e na que unha das aplicacións é o cálculo da enerxía que unha determinada cantidade de masa pode subministrarse.