UNIVERSIDADES DE ANDALUCÍA
SELECTIVIDAD. FÍSICA. JUNIO 09

OPCIÓN A

1. a) Defina velocidad de escape de un planeta y deduzca su expresión.
b) Se desea colocar un satélite en una órbita circular a una altura h sobre la Tierra. Deduzca las expresiones de la energía cinética del satélite en la órbita y de la variación de su energía potencial respecto de la superficie de la Tierra.

2. a) Razone qué características deben tener dos ondas, que se propagan por una cuerda tensa con sus dos extremos fijos, para que su superposición origine una onda estacionaria.
b) Explique qué valores de la longitud de onda pueden darse si la longitud de la cuerda es L.

3. Un electrón con una velocidad $\mathbf{v} = 10^5\ \mathbf{j}$ m s^{-1} penetra en una región del espacio en la que existen un campo eléctrico $\mathbf{E} = 10^4\ \mathbf{i}$ N C^{-1} y un campo magnético $\mathbf{B} = -\,0{,}1\ \mathbf{k}$ T.
a) Analice, con ayuda de un esquema, el movimiento que sigue el electrón.
b) En un instante dado se suprime el campo eléctrico. Razone cómo cambia el movimiento del electrón y calcule las características de su trayectoria.
$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C ; $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg.

4. Una antena emite una onda de radio de $6 \cdot 10^7$ Hz.
a) Explique las diferencias entre esa onda y una onda sonora de la misma longitud de onda y determine la frecuencia de esta última.
b) La onda de radio penetra en un medio y su velocidad se reduce a 0,75 c. Determine su frecuencia y su longitud de onda en ese medio.
$c = 3{,}0 \cdot 10^8$ m s^{-1} ; $v_s = 340$ m s^{-1}

OPCIÓN B

1. a) Enuncie la ley de Coulomb y aplique el principio de superposición para determinar la fuerza que actúa sobre una carga en presencia de otras dos.
b) Dos cargas $+q_1$ y $-q_2$ están situadas en dos puntos de un plano. Explique, con ayuda de una gráfica, en que posición habría que colocar una tercera carga, $+q_3$, para que estuviera en equilibrio.

2. a) Explique el origen de la energía liberada en una reacción nuclear basándose en el balance masa-energía.
b) Dibuje aproximadamente la gráfica que relaciona la energía de enlace por nucleón con el número másico y, a partir de ella, justifique por qué en una reacción de fisión se desprende energía.

3. En un instante t_1 la energía cinética de una partícula es 30 J y su energía potencial 12 J. En un instante posterior, t_2, la energía cinética de la partícula es de 18 J.
a) Si únicamente actúan fuerzas conservativas sobre la partícula, ¿cuál es su energía potencial en el instante t_2 ?
b) Si la energía potencial en el instante t_2 fuese 6 J, ¿actuarían fuerzas no conservativas sobre la partícula?

4. Una onda armónica se propaga de derecha a izquierda por una cuerda con una velocidad de 8 m s^{-1}. Su periodo es de 0,5 s y su amplitud es de 0,3 m.
a) Escriba la ecuación de la onda, razonando cómo obtiene el valor de cada una de las variables que intervienen en ella.
b) Calcule la velocidad de una partícula de la cuerda situada en x = 2 m, en el instante t = 1 s.

SELECTIVIDAD. FÍSICA. JUNIO 09 SOLUCIÓN.

OPCIÓN A

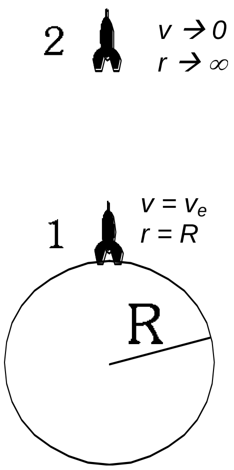
1. a) Defina velocidad de escape de un planeta y deduzca su expresión.
b) Se desea colocar un satélite en una órbita circular a una altura h sobre la Tierra. Deduzca las expresiones de la energía cinética del satélite en la órbita y de la variación de su energía potencial respecto de la superficie de la Tierra.

a) La velocidad de escape para un planeta se define como *la velocidad a la que habría que lanzar un cuerpo desde la superficie del planeta para que escapara de su atracción gravitatoria, alejándose indefinidamente*.
En este cálculo se desprecia el rozamiento con la atmósfera.

Resolvemos el problema empleando conceptos energéticos:

En primer lugar tenemos en cuenta que, al no tener en cuenta el rozamiento, la única fuerza que va a actuar sobre el movimiento del cohete será la gravitatoria, que es conservativa. Por lo tanto, la energía mecánica del cohete se mantendrá constante.

Datos: M, R: masa y radio del planeta
m: masa del proyectil



Sistemas de referencia: mediremos las distancias desde el centro del planeta.
El origen de energía potencial gravitatoria lo colocamos a una distancia infinita del centro planetario, por lo que la expresión usada para la Epg será

$$Ep_g = -\frac{G \cdot M \cdot m}{R}$$

Consideraremos dos situaciones:

Inicial: Lanzamiento del cohete desde la superficie terrestre con velocidad v_e.

$$Ec_1 = \tfrac{1}{2} m v_e^2 \qquad Ep_{g1} = -\frac{G \cdot M \cdot m}{R}$$

$$E_{M1} = Ec + Ep_g = \tfrac{1}{2} m v_e^2 - \frac{G \cdot M \cdot m}{R}$$

Final: el cohete se aleja indefinidamente. En el límite cuando la distancia r tiende a infinito, la velocidad (y la Ec) tiende a cero, al igual que la energía potencial, ya que el origen de Ep está colocado en el infinito.

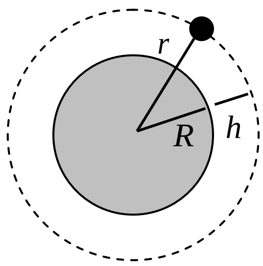
$$E_{M2} = \lim_{r\to\infty} E_M = \lim_{r\to\infty} (Ec + Ep_g) = 0$$

Aplicando la conservación de la energía mecánica:

$$E_{M1} = E_{M1} \Rightarrow \tfrac{1}{2} m v_e^2 - \frac{G \cdot M \cdot m}{R} = 0 \Rightarrow \tfrac{1}{2} \cancel{m} v_e^2 = \frac{G \cdot M \cdot \cancel{m}}{R} \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

b) En una órbita circular, el satélite tiene un movimiento circular uniforme, con velocidad de módulo constante denominada velocidad orbital, y que se obtiene con la expresión

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$ donde M y R son la masa y el radio de la Tierra, respectivamente.



La energía cinética se calcula

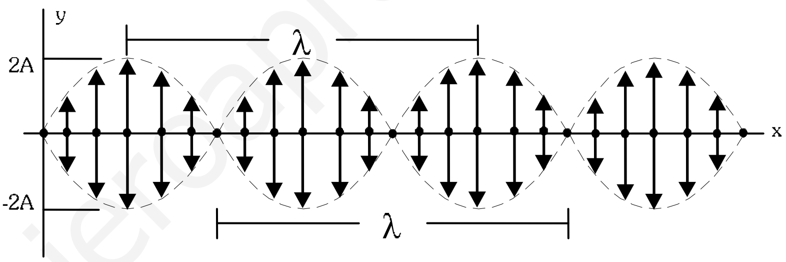
$$Ec = \tfrac{1}{2} m v^2 = \tfrac{1}{2} m \left(\sqrt{\frac{GM}{R+h}} \right)^2 = \frac{GMm}{2(R+h)}$$

Al alejarse desde la superficie de la Tierra, la energía potencial del satélite aumenta debido a que la fuerza gravitatoria realiza un trabajo negativo sobre él. ($\Delta Epg = -W_{Fg} \rightarrow \Delta Epg > 0$). Suponiendo el nivel cero de energía potencial gravitatoria a una distancia infinita de la Tierra, la expresión de la energía potencial queda $Epg = -\frac{GMm}{r}$, donde r es la distancia al centro de la Tierra. Así

$$Epg_1 = -\frac{GMm}{R} \qquad Epg_2 = -\frac{GMm}{R+h}$$

$$\Delta Epg = Epg_2 - Epg_1 = -\frac{GMm}{R+h} + \frac{GMm}{R} = GMm\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h}\right) = GMm\frac{R+h-R}{R\cdot(R+h)} = \frac{GMmh}{R\cdot(R+h)}$$

2. a) Razone qué características deben tener dos ondas, que se propagan por una cuerda tensa con sus dos extremos fijos, para que su superposición origine una onda estacionaria.
b) Explique qué valores de la longitud de onda pueden darse si la longitud de la cuerda es L.



a) Una onda estacionaria se produce cuando en un mismo medio se propagan dos ondas de la misma naturaleza y con los mismos valores de amplitud y frecuencia (lógicamente también la velocidad de propagación y longitud de onda serán las mismas), en la misma dirección y con sentidos contrarios. La superposición de ambas ondas da lugar a un caso particular de interferencia denominado onda estacionaria, donde existen puntos con interferencia destructiva (nodos) que no vibran (amplitud = A-A=0) intercalados con puntos con interferencia constructiva (vientres) que vibran con amplitud máxima (amplitud = A+A = 2A)

En una cuerda tensa con los extremos fijos, la ecuación de vibración de los puntos de la cuerda tiene la forma

$y(x,t) = 2A \cdot senkx \cdot sen\omega t$ o $y(x,t) = 2A \cdot senkx \cdot \cos\omega t$

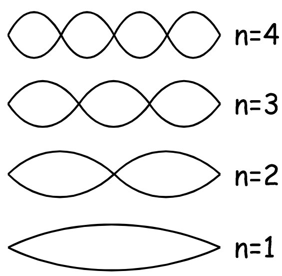
La forma más común de producir una onda estacionaria en una cuerda tensa es pulsarla (una guitarra, por ejemplo). Las ondas que se superponen son la que hemos introducido y la onda reflejada en los extremos. En este reflejo se produce un cambio de fase de π radianes.

b) En una cuerda con extremos fijos, la posición de los nodos viene dada por la condición

$$sen(kx) = 0 \quad \rightarrow \quad kx = n\pi \rightarrow x = \frac{n\pi}{k} \rightarrow x = n\cdot\frac{\lambda}{2} \quad \text{con } n = 0,1,2...$$

Al ser el extremo x = L un punto fijo, será también un nodo. Esto obliga a que el valor de λ no puede ser cualquiera. Es decir, está cuantizado. De esta manera

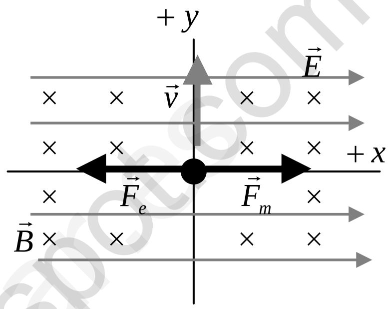
$$x_{nodos} = n\cdot\frac{\lambda}{2} \quad \rightarrow \quad L = n\cdot\frac{\lambda}{2} \quad \rightarrow \quad \lambda = \frac{2L}{n} \qquad n = 1,2,3... \ (n=0 \text{ corresponde al nodo en el origen } x=0)$$



Con esto obtenemos los diferentes armónicos posibles para esa cuerda. Los cuatro primeros valores posibles de longitud de onda serán.

n = 1 → λ = 2L (armónico fundamental)
n = 2 → λ = L
n = 3 → λ = 2/3 L
n = 4 → λ = L/2

3. Un electrón con una velocidad $\vec{v}$ = 10^5 $\vec{j}$ m s^{-1} penetra en una región del espacio en la que existen un campo eléctrico $\vec{E}$ = 10^4 $\vec{i}$ N C^{-1} y un campo magnético $\vec{B}$ = - 0,1 $\vec{k}$ T.
a) Analice, con ayuda de un esquema, el movimiento que sigue el electrón.
b) En un instante dado se suprime el campo eléctrico. Razone cómo cambia el movimiento del electrón y calcule las características de su trayectoria.
e = 1,6 ·10^{-19} C ; m$_e$ = 9,1 ·10^{-31} kg.



a) El electrón, al ser una partícula cargada, al entrar en una región del espacio en la que existen camos eléctrico y magnético, sufrirá dos fuerzas, una eléctrica y otra magnética, dadas por las expresiones

Fuerza eléctrica: $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$ Fuerza magnética: $\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \wedge \vec{B})$

La fuerza total que sufre viene dada por la ley general de Lorentz

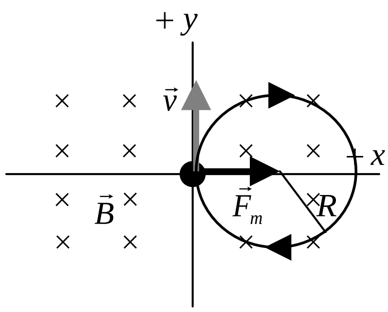
$$\Sigma\overrightarrow{F} = \overrightarrow{F_e} + \overrightarrow{F_m} = q \cdot \vec{E} + q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B} = q \cdot \left(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B}\right)$$

Hacemos los cálculos en el caso que nos proponen.

$$\vec{F}_e = q \cdot \vec{E} = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C \cdot 10^4 \,\vec{i}\; NC^{-1} = -1{,}6 \cdot 10^{-15}\,\vec{i}\; N$$

$$\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \wedge \vec{B}) = (-1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 10^5 & 0 \\ 0 & 0 & -0{,}1 \end{vmatrix} N = (-1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot (-10^4\,\vec{i}\,)\; N = 1{,}6 \cdot 10^{-15}\,\vec{i}\; N$$

Vemos que ambas fuerzas son iguales en módulo y dirección pero en sentido contrario, por lo que la resultante, la fuerza total que actúa sobre el electrón, es nula ($\Sigma\vec{F} = 0$)
Aplicando la primera ley de Newton, deducimos que el electrón continuará en su estado de movimiento, es decir, continuará con movimiento rectilíneo uniforme (MRU). Su trayectoria será rectilínea.



b) Al suprimir el campo eléctrico, sobre el electrón sólo actúa la fuerza magnética, que es siempre perpendicular a la velocidad de la partícula. La aceleración que sufrirá el electrón será entonces sólo aceleración normal (centrípeta), con lo que el módulo de la velocidad no cambiará y el movimiento será circular uniforme (MCU).
El módulo de la velocidad será de 10^5 m/s
El radio de la curva viene dado por la expresión

$$R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^5}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}1} = 5{,}69 \cdot 10^{-6}\, m$$

También podemos calcular la velocidad angular de giro $\omega = \frac{v}{R} = \frac{|q| \cdot B}{m} = 1{,}76 \cdot 10^{10}\; rad/s$

Y el periodo de revolución $T = \frac{2\pi}{\omega} = 3{,}57 \cdot 10^{-10}\; s$

El sentido de giro será horario, como indica el esquema.

4. Una antena emite una onda de radio de 6 ·10^7 Hz.
a) Explique las diferencias entre esa onda y una onda sonora de la misma longitud de onda y determine la frecuencia de esta última.
b) La onda de radio penetra en un medio y su velocidad se reduce a 0,75 c. Determine su frecuencia y su longitud de onda en ese medio
$c = 3{,}0 \cdot 10^8$ m s^{-1} ; $v_s = 340$ m s^{-1}

a) Las ondas de radio son un tipo de ondas electromagnéticas de baja frecuencia.
Encontramos varias diferencias entre la onda de radio y la onda sonora.
- La primera está en su naturaleza. La onda de radio es electromagnética, está originada por campos eléctricos y magnéticos oscilantes. La onda sonora es originada por vibraciones de las partículas y se transmite como oscilaciones en la presión del medio.
- Una onda electromagnética es transversal (las direcciones de perturbación y de propagación son perpendiculares) mientras que la onda sonora es longitudinal (ambas direcciones coinciden). Esto hace que una onda de radio pueda ser polarizada, no así una onda sonora.
- Una onda de radio puede transmitirse por el vacío, mientras que la onda sonora es mecánica, necesita un medio material para propagarse. En un mismo medio, las velocidades de propagación son distintas, mucho mayor la de la onda de radio.
- Una onda sonora de la misma longitud de onda que la de radio tendrá una frecuencia diferente, ya que la velocidad de propagación es diferente. Calculamos a continuación la frecuencia de la onda sonora (suponemos que ambas se propagan en el aire)
En primer lugar calculamos la longitud de onda de la onda de radio (R).

$$\lambda_R = \frac{v_R}{\upsilon_R} = \frac{c}{\upsilon_R} = \frac{3 \cdot 10^8 \ m\,s^{-1}}{6 \cdot 10^7 \ s^{-1}} = 5\ m$$

Calculamos ahora la frecuencia correspondiente a una onda sonora (S) con una longitud de onda de 5 m.

$$\upsilon_S = \frac{v_S}{\lambda_S} = \frac{340\ m\,s^{-1}}{5m} = 68\ Hz$$

b) Al pasar a propagarse por un medio diferente (refracción), cambian aquellas características de la onda que dependen del medio, como la velocidad de propagación (que nos dicen que se reduce a 0,75 c) y la longitud de onda. La frecuencia sólo depende del foco emisor, por lo que se mantiene constante e igual a 6 ·10^7 Hz.

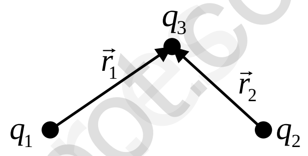
La longitud de onda en el nuevo medio será $\lambda = \frac{v}{\upsilon} = \frac{0{,}75 \cdot c}{\upsilon} = \frac{2{,}25 \cdot 10^8 \ m\,s^{-1}}{6 \cdot 10^7 \ s^{-1}} = 3{,}75\ m$

En el nuevo medio: frecuencia = 6 ·10^7 Hz.
Longitud de onda = 3,75 m

OPCIÓN B

1. **a) Enuncie la ley de Coulomb y aplique el principio de superposición para determinar la fuerza que actúa sobre una carga en presencia de otras dos.**
   b) Dos cargas $+q_1$ y $-q_2$ están situadas en dos puntos de un plano. Explique, con ayuda de una gráfica, en que posición habría que colocar una tercera carga, $+q_3$, para que estuviera en equilibrio.

a) La ley de Coulomb describe la interacción electrostática entre dos partículas cargadas eléctricamente:
"Dos partículas cargadas eléctricamente q_1 y q_2, separadas una distancia r, se atraen o se repelen con fuerzas que son proporcionales al producto de las cargas e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que las separa.
Si ambas cargas son del mismo signo, la interacción es repulsiva.
Si ambas cargas son de signo contrario, la interacción es atractiva.



El valor de la fuerza se calcula con la expresión $\vec{F}_e = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \vec{u}_r$

Donde K es la constante eléctrica, que depende del medio."

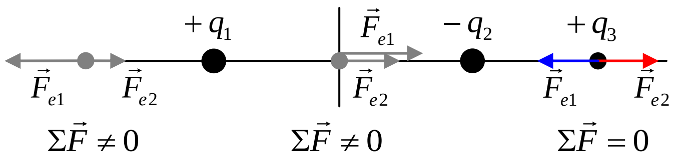
El principio de superposición, aplicado a la interacción electrostática, nos dice que el efecto que varias cargas puntuales producen sobre una partícula cargada, puede calcularse como la suma de los efectos individuales de cada carga. Es aplicable a fuerza, energía potencial, potencial, intensidad del campo…
En este caso, la fuerza que actúa sobre una carga (q_3) en presencia de otras dos (q_1 y q_2) vendrá dada por

$$\vec{F}_e = \vec{F}_{e1} + \vec{F}_{e2} = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_3}{r_1^2} \cdot \vec{u}_{r1} + K \cdot \frac{q_2 \cdot q_3}{r_2^2} \cdot \vec{u}_{r2} \qquad \vec{u}_{r1} = \frac{\vec{r}_1}{r_1} \qquad \vec{u}_{r2} = \frac{\vec{r}_2}{r_2}$$

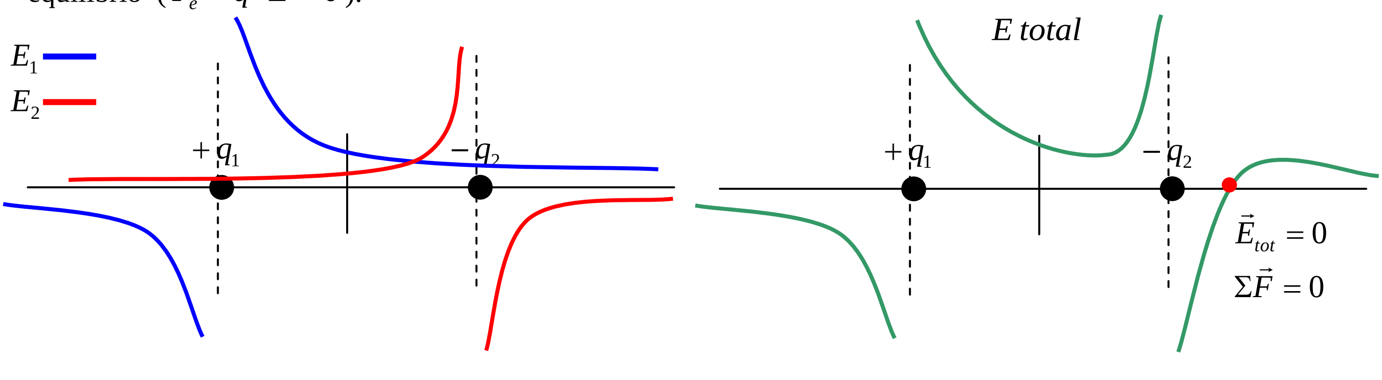
b) Basándonos en la primera ley de Newton, para que la carga 3 esté en equilibrio la resultante de las fuerzas que actúan sobre ella debe ser nula, por lo que las fuerzas que ejercen sobre ella las cargas 1 y 2 deben ser iguales en módulo, de igual dirección y de sentido contrario. Es decir:

$$\vec{F}_e = \vec{F}_{e1} + \vec{F}_{e2} = 0 \rightarrow \vec{F}_{e1} = -\vec{F}_{e2} \rightarrow Módulo\ F_{e1} = F_{e2} \rightarrow \frac{K \cdot |q_1 \cdot q_3|}{r_1^2} = \frac{K \cdot |q_2 \cdot q_3|}{r_2^2}$$

Con lo que vemos que el punto en que ambos módulos sean iguales debe estar más cerca de la carga (1 ó 2) de menor valor absoluto (si por ejemplo, q_2 es menor, también r_2 debe serlo).
Para que ambas fuerzas tengan la misma dirección, el punto debe estar en la línea que une a las cargas 1 y 2.
Dado que ambas cargas son de distinto signo, el punto en que ambas fuerzas tienen sentido contrario se encuentra en la parte exterior al segmento que une a las cargas 1 y 2, y como ya hemos comentado, más cerca de la carga de menor valor absoluto (supongamos que sea la 2), como puede observarse en el esquema.



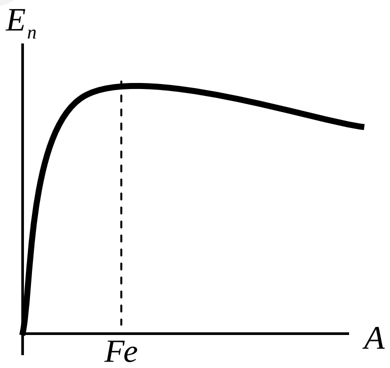
Es posible razonar este apartado mediante representaciones gráficas de los campos eléctricos generados por las cargas 1 y 2 (se representa el módulo y el signo correspondiente al sentido del vector). Por el principio de superposición, al sumar estas gráficas tendremos los valores del campo eléctrico total. El punto en el que este campo eléctrico se haga cero, será el punto en el que cualquier carga eléctrica que situemos se mantendrá en equilibrio ($\vec{F}_e = q \cdot \vec{E} = 0$).



2. a) Explique el origen de la energía liberada en una reacción nuclear basándose en el balance masa-energía.
b) Dibuje aproximadamente la gráfica que relaciona la energía de enlace por nucleón con el número másico y, a partir de ella, justifique por qué en una reacción de fisión se desprende energía.

a) En una reacción nuclear, núcleos de un determinado elemento químico se transforman en núclidos diferentes (uno o varios), normalmente al chocar con otros núcleos o partículas subatómicas, pudiéndose desprender más partículas.
En estas reacciones, se observa que no se cumple la conservación de la masa. La masa total de los productos (núcleos y partículas finales) es distinta de la masa total de los reactivos (núcleos y partículas iniciales). La teoría de la relatividad de Einstein explica este hecho razonando que masa y energía pueden transformarse una en la otra. La cantidad de energía equivalente a una masa m viene dada por la expresión $E = m \cdot c^2$, donde la constante c es la velocidad de la luz en el vacío.
Así, en una reacción nuclear, la Energía absorbida o desprendida en la reacción se calcula como.
$$E_{reacc} = \Delta m \cdot c^2 = (\Sigma masa\ productos - \Sigma masa\ reactivos) \cdot c^2$$
Si se pierde masa en la reacción (Δm negativo), se libera energía, que es el caso que nos planteaban.

b) La energía de enlace por nucleón (E_n) indica el promedio de energía desprendido por cada partícula (protón o neutrón) en la formación de un núcleo a partir de sus nucleones. También puede entenderse como la energía que es necesario suministrar a cada partícula para descomponer el núcleo. Es un buen indicador de la estabilidad del núcleo. Se calcula con la $E_n = \frac{E_e}{A}$, siendo E_e la energía de enlace y A el número másico.



Representando la energía de enlace por nucleón en función del número másico, se obtiene una gráfica como la de la figura, en la que se observa que la E_n (y, por tanto, la estabilidad nuclear) aumenta con A para los elementos más ligeros y tiene un máximo para el elemento Hierro (A = 56), decreciendo suavemente para elementos más pesados.
La variación de energía en un proceso nuclear puede calcularse mediante un mecanismo sencillo: en primer lugar tendremos que suministrar energía (E_n) a las partículas de los núcleos iniciales para descomponerlos, y luego, al formarse los núcleos finales, cada partícula desprenderá una energía igual a su E_n correspondiente. Para que este proceso desprenda energía, la E_n de los productos debe ser mayor que la de los núcleos iniciales.
En una reacción de fisión, un núcleo se descompone en dos o más núcleos más pequeños (menor A) que el original, al ser bombardeado con partículas, normalmente neutrones.
Vemos en la gráfica que este proceso desprenderá energía sólo para núcleos pesados, de A elevado, ya que los núcleos resultantes estarán más arriba enJ la gráfica (tendrán mayor E_n). Es el caso del uranio, o el plutonio, usados en las centrales nucleares.
La fisión de elementos más ligeros no producirá desprendimiento de energía, ya que los núcleos resultantes tienen menor E_n que el núcleo inicial.

3. En un instante t_1 la energía cinética de una partícula es 30 J y su energía potencial 12 J. En un instante posterior, t_2, la energía cinética de la partícula es de 18 J.

a) Si únicamente actúan fuerzas conservativas sobre la partícula, ¿cuál es su energía potencial en el instante t_2 ?

b) Si la energía potencial en el instante t_2 fuese 6 J, ¿actuarían fuerzas no conservativas sobre la partícula?

La energía mecánica de una partícula viene dada por la suma de sus energías cinética (debida al movimiento) y potencial (debida a la acción de fuerzas conservativas sobre la partícula).

$$E_M = Ec + Ep$$

a) El principio de conservación de la energía mecánica establece que si sobre un cuerpo sólo actúan fuerzas conservativas, la energía mecánica de éste permanece constante, produciéndose transformaciones de energía cinética a potencial, o viceversa.

Por lo tanto, en este caso, la energía mecánica permanece constante. Así:

$$E_{M1} = Ec_1 + Ep_1 = 30\,J + 12\,J = 42\,J$$

$$E_{M2} = Ec_2 + Ep_2 = 18\,J + Ep_2 = 42\,J \rightarrow Ep_2 = 42\,J - 18\,J = 24\,J$$

La energía de potencial en el instante t_2 es de 24 J.

b) Si sobre una partícula actúan fuerzas no conservativas que realicen trabajo no nulo, su energía mecánica variará en una cantidad igual al trabajo realizado por dichas fuerzas. $\Delta E_M = W_{FNC}$. Con lo cual, si la energía mecánica final (en t_2) es distinta de la inicial (en t_1), es porque han actuado fuerzas no conservativas que ha realizado trabajo. Y este es el caso, ya que

$$E_{M1} = Ec_1 + Ep_1 = 30\,J + 12\,J = 42\,J$$

$$E_{M2} = Ec_2 + Ep_2 = 18\,J + 6\,J = 24\,J \qquad \rightarrow \qquad W_{FNC} = \Delta E_M = 24\,J - 42\,J = -18\,J$$

Podemos concluir que han actuado fuerzas no conservativas sobre la partícula y que han realizado un trabajo de -16 J. (Pudiera tratarse, por ejemplo, de una fuerza disipativa como la de rozamiento.)

4. Una onda armónica se propaga de derecha a izquierda por una cuerda con una velocidad de 8 m s^{-1}. Su periodo es de 0,5 s y su amplitud es de 0,3 m.
a) Escriba la ecuación de la onda, razonando cómo obtiene el valor de cada una de las variables que intervienen en ella.
b) Calcule la velocidad de una partícula de la cuerda situada en x = 2 m, en el instante t = 1 s.

a) Una onda armónica (u onda viajera) consiste en la propagación de una perturbación (descrita por un m.a.s) a través de un medio. La ecuación general de la elongación (y) de un punto del medio respecto a la posición de equilibrio viene dada por $y(x,t) = A \cdot sen(\omega \cdot t \pm k \cdot x + \varphi_0)$, donde

A: Amplitud. Valor máximo de la elongación. A = 0,3 m.

ω: Frecuencia angular. Indica la rapidez de las oscilaciones. La calculamos a partir del periodo

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi\, rad}{0{,}5\, s} = 4\pi\, rad\, s^{-1} = 12{,}566\, rad\, s^{-1}$$

k: Número de onda. Es una magnitud inversa a la longitud de onda (salvo un factor 2π). Podemos calcularla de varias formas.

$$k = \frac{\omega}{v} = \frac{12{,}566\, rad\, s^{-1}}{8\, m\, s^{-1}} = 1{,}571\, rad\, m^{-1}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{v \cdot T} = \frac{2\pi\ rad}{8\, m\, s^{-1} \cdot 0{,}5\, s} = 1{,}571\, rad\, m^{-1}$$

φ_0: Fase inicial. Indica el estado de perturbación del foco generador de la onda en el instante inicial. Suponemos su valor igual a cero, ya que el enunciado no nos ofrece datos sobre esta característica.

Como nos dicen que el movimiento es de derecha a izquierda, vemos que se mueve en el sentido negativo del eje x (suponiendo el criterio de signos positivo hacia la derecha y negativo hacia la izquierda). En ese caso, las partes espacial y temporal de la fase aparecen sumadas.

La expresión queda: $y(x,t) = 0{,}3 \cdot sen(12{,}566 \cdot t + 1{,}571 \cdot x)\ m$

b) La velocidad de vibración nos indica cómo varía la elongación de los puntos de la cuerda respecto al tiempo.

$$v_y(x,t) = \frac{dy}{dt} = 0{,}3 \cdot 12{,}566 \cdot \cos(12{,}566 \cdot t + 1{,}571 \cdot x)\ m\, s^{-1} = 3{,}77 \cdot \cos(12{,}566 \cdot t + 1{,}571 \cdot x)\, m\, s^{-1}$$

Sustituyendo los valores x = 2 m y t = 1 s, obtenemos v_y *= -3,77 m s*$^{-1}$

(Este no es el único resultado válido. Si hubiéramos escogido el criterio de signos al contrario (positivo a la izquierda y negativo a la derecha, la ecuación cambiaría $y(x,t) = 0{,}3 \cdot sen(12{,}566 \cdot t - 1{,}571 \cdot x)\ m$.

Y si hubiéramos escogido usar la función coseno en lugar de la función seno, la ecuación sería $y(x,t) = 0{,}3 \cdot \cos(12{,}566 \cdot t + 1{,}571 \cdot x)\ m$ *y la velocidad de la partícula hubiera sido prácticamente de 0 m/s en ese instante*

Y, por último, podríamos haber escogido cualquier valor de fase inicial, en lugar de cero, con lo que el resultado también cambiaría)