

UNIVERSIDADES DE ANDALUCÍA
SELECTIVIDAD. FÍSICA. JUNIO 10

OPCIÓN A

1. a) Explique qué se entiende por velocidad de escape y deduzca razonadamente su expresión.
b) Razone qué energía habría que comunicar a un objeto de masa m , situado a una altura h sobre la superficie de la Tierra, para que se alejara indefinidamente de ella.
2. a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.
b) ¿Tienen igual frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación la luz incidente, reflejada y refractada? Razone sus respuestas.
3. Una espira circular de 5 cm de radio, inicialmente horizontal, gira a 60 rpm en torno a uno de sus diámetros en un campo magnético vertical de 0,2 T.
a) Dibuje en una gráfica el flujo magnético a través de la espira en función del tiempo entre los instantes $t = 0$ s y $t = 2$ s e indique el valor máximo de dicho flujo.
b) Escriba la expresión de la fuerza electromotriz inducida en la espira en función del tiempo e indique su valor en el instante $t = 1$ s.
4. Al iluminar potasio con luz amarilla de sodio de $\lambda = 5890 \cdot 10^{-10}$ m, se liberan electrones con una energía cinética máxima de $0,577 \cdot 10^{-19}$ J y al iluminarlo con luz ultravioleta de una lámpara de mercurio de $\lambda = 2537 \cdot 10^{-10}$ m, la energía cinética máxima de los electrones emitidos es $5,036 \cdot 10^{-19}$ J.
a) Explique el fenómeno descrito en términos energéticos y determine el valor de la constante de Planck.
b) Calcule el valor del trabajo de extracción del potasio.
c) $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

OPCIÓN B

1. a) Explique la relación entre campo y potencial electrostáticos.
b) Una partícula cargada se mueve espontáneamente hacia puntos en los que el potencial electrostático es mayor. Razone si, de ese comportamiento, puede deducirse el signo de la carga.
2. a) Estabilidad nuclear.
b) Explique el origen de la energía liberada en los procesos de fisión y fusión nucleares.
3. Por un plano inclinado que forma un ángulo de 30° con la horizontal se lanza hacia arriba un bloque de 10 kg con una velocidad inicial de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tras su ascenso por el plano inclinado, el bloque desciende y regresa al punto de partida con cierta velocidad. El coeficiente de rozamiento entre el bloque y el plano es 0,1.
a) Dibuje en dos esquemas distintos las fuerzas que actúan sobre el bloque durante el ascenso y durante el descenso e indique sus respectivos valores. Razone si se verifica el principio de conservación de la energía en este proceso.
b) Calcule el trabajo de la fuerza de rozamiento en el ascenso y en el descenso del bloque. Cmenté el signo del resultado obtenido.
 $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
4. En una cuerda tensa se genera una onda viajera de 10 cm de amplitud mediante un oscilador de 20 Hz. La onda se propaga a $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
a) Escriba la ecuación de la onda suponiendo que se propaga de derecha a izquierda y que en el instante inicial la elongación en el foco es nula..
b) Determine la velocidad de una partícula de la cuerda situada a 1 m del foco emisor en el instante 3 s.

SELECTIVIDAD. FÍSICA.

JUNIO 10

SOLUCIÓN.

OPCIÓN A

1. a) Explique qué se entiende por velocidad de escape y deduzca razonadamente su expresión.
b) Razone qué energía habría que comunicar a un objeto de masa m , situado a una altura h sobre la superficie de la Tierra, para que se alejara indefinidamente de ella.

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 E_{pg} será

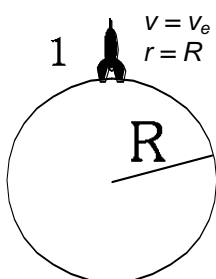
$$E_{pg} = -\frac{G \cdot M \cdot m}{R}$$

Consideraremos dos situaciones:

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

$$E_{c1} = \frac{1}{2} m v_e^2 \quad E_{pg1} = -\frac{G \cdot M \cdot m}{R}$$

$$E_{M1} = E_{c1} + E_{pg1} = \frac{1}{2} m v_e^2 - \frac{G \cdot M \cdot m}{R}$$



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

$$E_{M2} = \lim_{r \rightarrow \infty} E_M = \lim_{r \rightarrow \infty} (E_c + E_{pg}) = 0$$

Aplicando la conservación de la energía mecánica:

$$E_{M1} = E_{M2} \Rightarrow \frac{1}{2} m v_e^2 - \frac{G \cdot M \cdot m}{R} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} m v_e^2 = \frac{G \cdot M \cdot m}{R} \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Si el lanzamiento se realiza desde una altura h sobre la superficie del planeta, la expresión queda

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R+h}}$$

b) Suponiendo que la energía es suministrada en un solo impulso inicial en forma de energía cinética, la calculamos a partir de la expresión

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

Que coincide con el valor de energía potencial gravitatoria en ese punto, pero con signo positivo. Debe ser así, ya que, conforme se aleja, la E_c disminuye, transformándose en E_{pg} , ambas tendiendo a cero. Como la energía mecánica se conserva, se cumple que $\Delta E_c = -\Delta E_{pg}$

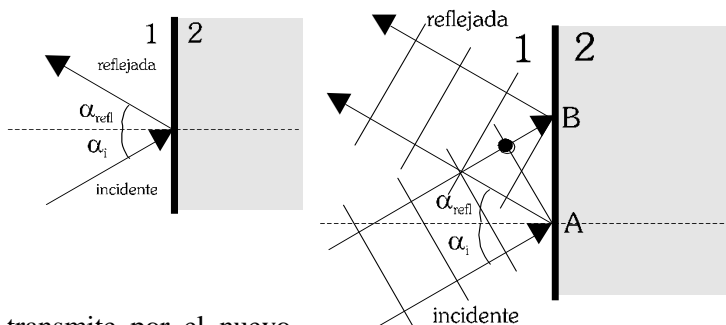
2. a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.
 b) ¿Tienen igual frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación la luz incidente, reflejada y refractada? Razone sus respuestas.

a) La luz visible es un tipo particular de onda electromagnética. Como toda onda, puede sufrir reflexión y refracción. Son dos fenómenos ondulatorios que ocurren cuando una onda (luz, en este caso) que se propaga por un medio incide sobre la frontera con otro medio distinto. Además, puede que parte de la energía de la onda incidente sea absorbida por las partículas del nuevo medio.

Reflexión: Al llegar la onda incidente a la frontera con el medio 2, los puntos de la frontera generan una nueva onda que se propaga por el medio 1.

La onda reflejada tiene igual ν , λ , y velocidad de propagación que la onda incidente.

El ángulo que forma la dirección con la normal a la frontera es igual al de la onda incidente.



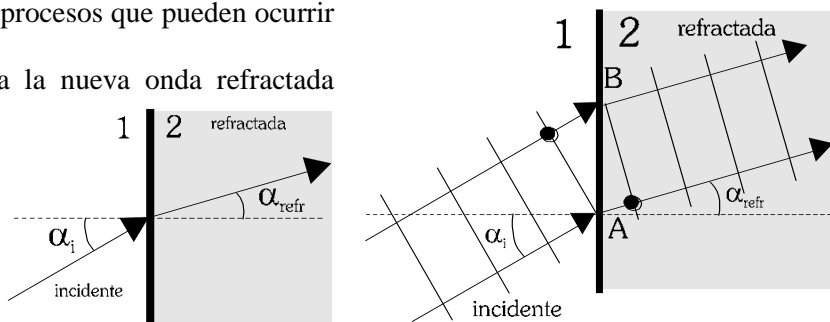
Refracción: Se forma una onda luminosa que se transmite por el nuevo medio. Los puntos de la frontera se contagian de la vibración de la onda incidente y dan lugar a lo que se denomina onda refractada.

La frecuencia de la onda sigue siendo la misma (dependía sólo del foco emisor), pero como ahora el medio es diferente, la velocidad de propagación también lo será y, por tanto también variarán λ , k .

La amplitud de la onda refractada será menor que la de la onda incidente, ya que la energía de la onda incidente debe repartirse entre los tres procesos que pueden ocurrir (reflexión, refracción, absorción)

La dirección en la que se propaga la nueva onda refractada también es diferente. Existe una relación entre los ángulos que forman los rayos incidente y refractado con la normal a la superficie. Esta relación se conoce como *ley de Snell*.

$$n_1 \cdot \text{sen} \alpha_i = n_2 \cdot \text{sen} \alpha_{\text{refr}}$$



Donde n es el índice de refracción de cada medio, que indica el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y en el medio. Siempre $n \geq 1$ $n = \frac{c}{v}$

b) Al pasar la luz de un medio a otro, se produce el fenómeno de refracción.

- La frecuencia ν (que nos indica el color de la luz, caso de que fuera visible) depende únicamente del foco emisor de ondas, y no del medio por el que se propaga la onda, por lo que se mantiene constante, tanto en la onda reflejada, como en la refractada.
- La velocidad de propagación v , en un medio ideal, depende exclusivamente del medio por el que se propague la onda. La onda reflejada se propaga a la misma velocidad que la incidente, al estar en el mismo medio. Sin embargo, la onda refractada se propaga a una velocidad distinta, al ser un medio diferente.
- La longitud de onda λ (distancia entre dos puntos en fase) depende tanto del foco emisor de la onda como del medio por el que ésta se propague. $\lambda = \frac{v}{\nu}$ En la onda reflejada, tanto la velocidad de propagación como

la frecuencia son idénticas a las de la onda incidente, por lo que la longitud de onda también lo será. No ocurre lo mismo en la onda refractada. Al ser distinta la velocidad de propagación, la longitud de onda también será diferente.

3. Una espira circular de 5 cm de radio, inicialmente horizontal, gira a 60 rpm en torno a uno de sus diámetros en un campo magnético vertical de 0,2 T.
- a) Dibuje en una gráfica el flujo magnético a través de la espira en función del tiempo entre los instantes $t = 0$ s y $t = 2$ s e indique el valor máximo de dicho flujo.
- b) Escriba la expresión de la fuerza electromotriz inducida en la espira en función del tiempo e indique su valor en el instante $t = 1$ s.

a) Estamos ante una cuestión de inducción electromagnética (generación de corriente eléctrica en un circuito por la acción de un campo magnético). Se inducirá corriente eléctrica en el circuito si varía respecto al tiempo el flujo magnético ϕ_m que atraviesa la superficie encerrada por el circuito. El flujo magnético nos indica el nº de líneas de campo (considerando una línea por cada m^2) que atraviesan la superficie del circuito. Se calcula con la expresión:

$\phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{s} = \dots = B \cdot S \cdot \cos \alpha$ considerando el campo B uniforme y el circuito plano.

α es el ángulo que forma el vector superficie \vec{S} (perpendicular al plano de la espira) con el campo \vec{B} . Inicialmente es cero (dibujo), pero cambia con el tiempo, ya que la espira describe un movimiento circular uniforme, con una velocidad angular

$$\omega = 60 \text{ rpm} = 60 \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} = 2\pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{De este modo} \quad \alpha = \alpha_0 + \omega \cdot t = 0 + 2\pi \cdot t = 2\pi \cdot t \text{ (rad)}$$

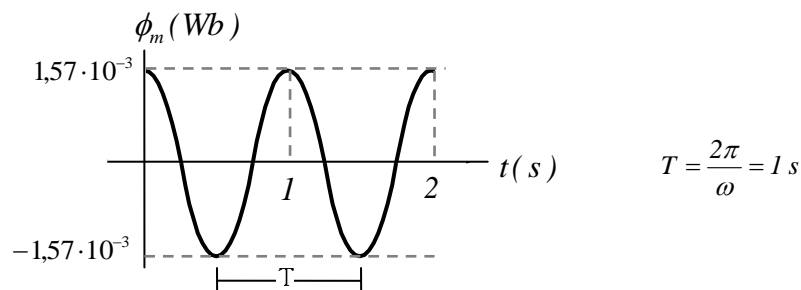
El flujo magnético que atraviesa la espira será

$$\phi_m = B \cdot S \cdot \cos \alpha = B \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \cos(2\pi \cdot t) = 1,57 \cdot 10^{-3} \cdot \cos(2\pi \cdot t) \text{ Wb}$$

(datos: B = 0,2 T, R = 0,05 m)

El valor máximo del flujo será de $1,57 \cdot 10^{-3}$ Wb.

Representación gráfica



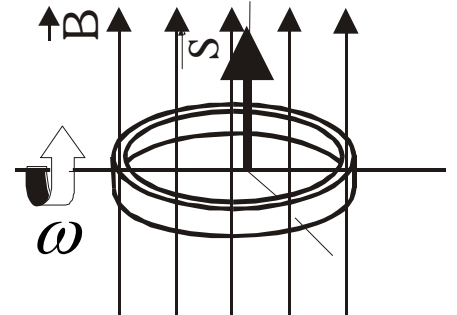
b) La fuerza electromotriz inducida (f.e.m.) (ε), energía que se suministra a cada culombio de carga eléctrica, se obtiene aplicando la ley de Faraday-Lenz

"La corriente inducida en un circuito es originada por la variación del flujo magnético que atraviesa dicho circuito. Su sentido es tal que se opone a dicha variación."

La expresión de esta ley queda $\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt}$

$$\text{Así, } \varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d[1,57 \cdot 10^{-3} \cdot \cos(2\pi \cdot t)]}{dt} = -9,86 \cdot 10^{-3} \cdot \text{sen}(2\pi \cdot t) \text{ V}$$

Para $t = 1$ s, el valor de la fem inducida será de $\varepsilon(t = 1 \text{ s}) = -9,86 \cdot 10^{-3} \cdot \text{sen}(2\pi) \text{ V} = 0 \text{ V}$



4. Al iluminar potasio con luz amarilla de sodio de $\lambda = 5890 \cdot 10^{-10} \text{ m}$, se liberan electrones con una energía cinética máxima de $0,577 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ y al iluminarlo con luz ultravioleta de una lámpara de mercurio de $\lambda = 2537 \cdot 10^{-10} \text{ m}$, la energía cinética máxima de los electrones emitidos es $5,036 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
- a) Explique el fenómeno descrito en términos energéticos y determine el valor de la constante de Planck.
- b) Calcule el valor del trabajo de extracción del potasio.
- c = $3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Nos encontramos ante un problema de efecto fotoeléctrico (emisión de electrones por parte de un metal al incidir sobre él radiación electromagnética). Este fenómeno, que las teorías clásicas no podían explicar suponiendo un carácter ondulatorio para la luz, fue explicado por Einstein en 1905 suponiendo que en la interacción entre radiación y materia la luz adopta carácter de partícula, es decir, la energía de la luz incidente se transmite de forma discreta, concentrada en partículas o “cuantos” de luz, los fotones. La energía de un fotón depende de su frecuencia y viene dada por la expresión $E_f = h \cdot \nu$, donde h es la constante de Planck. En este problema, debemos calcular el valor de dicha constante a partir de dos experiencias de las que nos dan los datos.

Al incidir sobre los electrones externos del metal, el fotón cede su energía íntegramente al electrón. Para poder extraerlo del metal, esta energía debe ser superior a la necesaria para vencer la atracción del núcleo (trabajo de extracción $W_{extr} = h \cdot \nu_0$, donde ν_0 es la frecuencia umbral característica del metal).

La energía sobrante se invierte en aportar energía cinética a los electrones.

$$\text{El balance energético queda } E_f = W_{extr} + Ec_e \rightarrow h\nu = W_{extr} + Ec_e$$

En la primera experiencia

$$\left. \begin{array}{l} \text{fotón: } \lambda = 5890 \cdot 10^{-10} \text{ m} \rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = 5,093 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\ \text{electrones: } Ec_e = 0,577 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{array} \right\} h \cdot 5,093 \cdot 10^{14} = W_{extr} + 0,577 \cdot 10^{-19}$$

En la segunda experiencia

$$\left. \begin{array}{l} \text{fotón: } \lambda = 2537 \cdot 10^{-10} \text{ m} \rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = 1,182 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \\ \text{electrones: } Ec_e = 5,036 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{array} \right\} h \cdot 1,182 \cdot 10^{15} = W_{extr} + 5,036 \cdot 10^{-19}$$

Resolviendo el sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, obtenemos la resolución de los dos apartados del problema

- a) $h = 6,629 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
 b) $W_{extr} = 2,799 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

OPCIÓN B:

1. a) **Explique la relación entre campo y potencial electrostáticos.**
 b) **Una partícula cargada se mueve espontáneamente hacia puntos en los que el potencial electrostático es mayor. Razone si, de ese comportamiento, puede deducirse el signo de la carga.**

- a) La *intensidad de campo electrostático* o *campo electrostático* \vec{E} se define como la fuerza por unidad de carga que sufre un cuerpo cargado que se coloque en un punto del interior del campo electrostático. Al ser el campo electrostático conservativo, posee una función potencial asociada, el potencial electrostático (energía electrostática almacenada por unidad de carga).

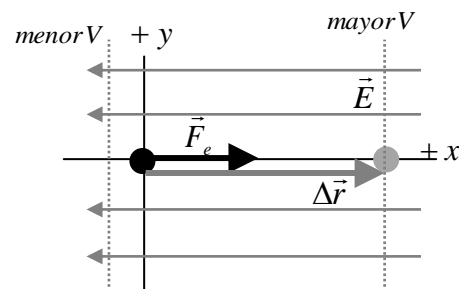
Ambas magnitudes están relacionadas matemáticamente por la expresión $\Delta V = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r}$, que es análoga a la existente entre fuerza electrostática y energía potencial electrostática,

$$\Delta E p_e = -\int_A^B \vec{F}_e \cdot d\vec{r} = -W_{F_e}$$

De esto, se pueden extraer otras relaciones:

- Las líneas de campo electrostático son perpendiculares a las superficies equipotenciales.
- El vector campo \vec{E} nos indica la dirección y sentido en que el potencial electrostático disminuye más rápidamente.
- $\vec{E} = -\vec{\nabla}V$ (esta operación en tres dimensiones, llamada gradiente, no se ha visto en el curso, pero sí su forma en una sola dimensión, $\vec{E} = -\frac{dV}{dr}\vec{u}_r$)

- b) Si la partícula cargada q se mueve espontáneamente, sin necesidad de aplicar una fuerza externa, es debido a que es la fuerza electrostática la responsable de ese movimiento. Por lo tanto, la fuerza electrostática va en la dirección y sentido en que el potencial aumenta (ver esquema).



Por otro lado, el campo electrostático nos indica aquella dirección y sentido en que el potencial disminuye, por lo que el campo \vec{E} va en sentido contrario al de la fuerza \vec{F}_e , y al del movimiento de la partícula (ver esquema).

La relación entre el campo y la fuerza electrostática que sufre una partícula es $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$. Por lo tanto, si el campo y la fuerza van en sentidos contrarios, es porque la carga q de la partícula es negativa.

(Este apartado también puede razonarse con un balance energético. Si la fuerza electrostática es la que mueve espontáneamente la partícula, el trabajo que realiza es positivo (la fuerza va a favor del desplazamiento).

Como la fuerza electrostática es conservativa, $\Delta E p_e = -W_{F_e} \rightarrow \Delta E p_e < 0$

Sabemos que $\Delta E p_e = q \cdot \Delta V$ Como el potencial aumenta $\Delta V > 0$

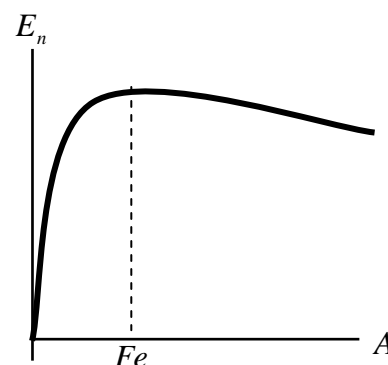
Y llegamos a la misma conclusión de que la carga q debe ser negativa, para que se cumpla la relación anterior.

2. a) Estabilidad nuclear.

b) Explique el origen de la energía liberada en los procesos de fisión y fusión nucleares.

a) La estabilidad nuclear es la tendencia que tiene un núcleo atómico a mantenerse inalterado. Es decir, un núcleo es estable si no se descompone, si no se transforma en otro núcleo mediante desintegraciones radiactivas. De hecho, se considera que un núcleo es estable si su vida media es mayor que la edad del universo.

Es la interacción nuclear fuerte (varios órdenes de magnitud más intensa que la repulsión electrostática) la responsable de mantener unidas las partículas que componen el núcleo. Es una interacción de muy corto alcance, lo que hace que núcleos que muchas partículas (más de 200) tiendan a ser inestables. En otras ocasiones es la interacción nuclear débil la que produce inestabilidad en el núcleo, produciendo desintegraciones radiactivas.



La mayor o menor estabilidad de un núcleo depende de la energía desprendida en su formación. Concretamente, del promedio de energía desprendido por cada partícula.

Esto se conoce como energía de enlace por nucleón. $E_n = \frac{E_e}{A}$, siendo E_e la energía de enlace

($E_e = |\Delta m \cdot c^2|$) y A el número másico. Las partículas del núcleo se mantendrán unidas mientras no se les suministre esa energía.

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. Los elementos más ligeros que el hierro desprenden energía al fusionarse, mientras que para los elementos pesados es la fisión, o rotura, lo que produce desprendimiento de energía.

Para elementos ligeros, la estabilidad se da para isótopos con aproximadamente el mismo número de protones que neutrones. Sin embargo, en los elementos muy pesados, la proporción entre neutrones y protones es de aproximadamente 1,5.

b) El origen de la energía desprendida en los procesos de fusión y fisión nucleares, así como en cualquier otro tipo de reacción nuclear, está en la transformación de masa en energía. En un proceso nuclear que libere energía, la masa total de los productos (núcleos y partículas resultantes) es menor que la suma de las masas de los reactivos (núcleos y partículas iniciales). Esto se conoce como defecto másico, y se explica a partir de la teoría de la relatividad de Einstein. Una de sus consecuencias es la de la equivalencia masa-energía, $E = m \cdot c^2$.

La energía desprendida de este modo se conoce como energía de reacción (E_r).

$$E_r = \Delta m \cdot c^2, \text{ siendo el defecto másico } \Delta m = m_{\text{productos}} - \sum m_{\text{reactivos}}$$

(Recordemos:

Fusión nuclear: Unión de dos núcleos ligeros para dar lugar a un núcleo más pesado, normalmente acompañado de desprendimiento de neutrones y energía. Ejemplo: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

Fisión nuclear: Rotura de un núcleo pesado al ser bombardeado con neutrones. Esta reacción da lugar a dos núcleos más ligeros, varios neutrones y el desprendimiento de energía.

Ejemplo: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba} + {}^{89}_{36}\text{Kr} + 3 {}^1_0\text{n}$

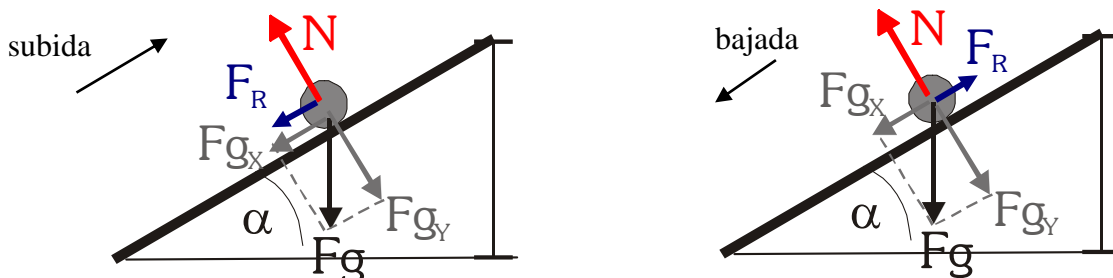
3. Por un plano inclinado que forma un ángulo de 30° con la horizontal se lanza hacia arriba un bloque de 10 kg con una velocidad inicial de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tras su ascenso por el plano inclinado, el bloque desciende y regresa al punto de partida con cierta velocidad. El coeficiente de rozamiento entre el bloque y el plano es 0,1.

a) Dibuje en dos esquemas distintos las fuerzas que actúan sobre el bloque durante el ascenso y durante el descenso e indique sus respectivos valores. Razone si se verifica el principio de conservación de la energía en este proceso.

b) Calcule el trabajo de la fuerza de rozamiento en el ascenso y en el descenso del bloque. Comente el signo del resultado obtenido.
 $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

a) Durante los movimientos de subida y bajada del bloque por la pendiente, éste sufre las fuerzas:

- Gravitatoria (peso): $F_g = m \cdot g = 100 \text{ N}$. Dirección vertical, sentido hacia abajo.
- Normal: Debida al contacto con la pendiente. Es perpendicular al plano y con sentido hacia fuera. Compensa las fuerzas perpendiculares al plano, de forma que la resultante en esa dirección es nula.
 $\Sigma F_y = 0 \rightarrow N = F_{g_y} = mg \cos 30^\circ = 86,6 \text{ N}$
- Fuerza de rozamiento dinámica . $F_R = \mu \cdot N = 0,1 \cdot 86,6 = 8,66 \text{ N}$. Debida a la rugosidad de las superficies de contacto. Se opone al deslizamiento.



El principio de conservación de la energía es un principio universal, que se cumple en todo proceso de la naturaleza. La energía total se mantiene constante, pero sufre transformaciones entre diversas formas y distintos cuerpos. Así, en este proceso, la energía cinética inicial del bloque va disminuyendo, transformándose en energía potencial gravitatoria al ascender por la pendiente. Parte de la energía inicial pasa al medio mediante calor, debido al rozamiento.

Al descender, la energía potencial gravitatoria disminuye, volviendo a aumentar la energía cinética del bloque. Nuevamente, al existir rozamiento, se transfiere calor al medio, aumentando su energía térmica, y haciendo que la velocidad final de bajada del bloque sea menor que la de partida.

Lo que no se conserva es la energía mecánica del bloque, ya que actúa una fuerza no conservativa, la fuerza de rozamiento, que realiza trabajo. $W_{FR} = \Delta E_M$.

b) Dado que la fuerza de rozamiento que actúa durante la subida tiene valor constante, podemos calcular el trabajo que realiza mediante

$$W_{FR} = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = F_R \cdot \Delta r \cdot \cos 180^\circ = -F_R \cdot \Delta r$$

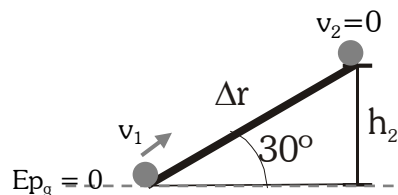
El desplazamiento se calcula a partir de la variación de energía mecánica.

$$W_{FR} = \Delta E_M.$$

Situación inicial: $E_{M1} = Ec_1 + Epg_1 = \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 + 0 = 125 \text{ J}$

Situación final: $E_{M2} = Ec_2 + Epg_2 = 0 + mgh_2 = mg \cdot \Delta r \cdot \text{sen}30^\circ = 50 \cdot \Delta r$

Por tanto $W_{FR} = \Delta E_M = E_{M2} - E_{M1} \rightarrow -8,66 \cdot \Delta r = 50 \cdot \Delta r - 125 \rightarrow \Delta r = 2,13 \text{ m}$



Así, la energía disipada por rozamiento en la subida será $W_{FR} = -F_R \cdot \Delta r = -8,66 \text{ N} \cdot 2,13 \text{ m} = -18,45 \text{ J}$

En la bajada, la cantidad de energía disipada por rozamiento será la misma que en la subida, ya que la fuerza de rozamiento sigue siendo de 8,66 N, y vuelve a formar 180° con el desplazamiento, de 2,53 m.

El signo negativo obtenido significa que la fuerza de rozamiento disipa energía, que se transfiere al medio mediante calor. La energía mecánica del bloque disminuye.

4. En una cuerda tensa se genera una onda viajera de 10 cm de amplitud mediante un oscilador de 20 Hz. La onda se propaga a $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

a) Escriba la ecuación de la onda suponiendo que se propaga de derecha a izquierda y que en el instante inicial la elongación en el foco es nula.

b) Determine la velocidad de una partícula de la cuerda situada a 1 m del foco emisor en el instante 3 s.

a) Una onda armónica (u onda viajera) consiste en la propagación de una perturbación (descrita por un movimiento armónico simple) 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 $y(x,t) = A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t \pm k \cdot x + \varphi_0)$, donde

A: Amplitud. Valor máximo de la elongación. $A = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$.

ν : Frecuencia. Número de oscilaciones por segundo que realiza un punto del medio. $\nu = 20 \text{ Hz}$

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

$$\omega = 2\pi\nu = 125,66 \text{ rad s}^{-1}$$

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

$$k = \frac{\omega}{v} = \frac{125,66 \text{ rad s}^{-1}}{2 \text{ m s}^{-1}} = 62,83 \text{ rad m}^{-1}$$

φ_0 : Fase inicial. Indica el estado de perturbación del foco generador de la onda en el instante inicial. La calculamos a partir de la elongación inicial del foco.

$$y_{(x=0,t=0)} = y_0 = A \cdot \text{sen}(\varphi_0) \rightarrow \varphi_0 = \text{arsen}\left(\frac{y_0}{A}\right) = \text{arsen}\left(\frac{0}{0,1}\right) = 0 \text{ rad}$$

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: $y(x,t) = 0,1 \cdot \text{sen}(125,66 \cdot t + 62,83 \cdot x) \text{ m}$

b) La velocidad de vibración nos indica cómo varía la elongación de las partículas que componen la cuerda respecto al tiempo.

$$v_y(x,t) = \frac{dy}{dt} = 0,1 \cdot 125,66 \cdot \cos(125,66 \cdot t + 62,83 \cdot x) \text{ m s}^{-1} = 12,566 \cdot \cos(125,66 \cdot t + 62,83 \cdot x) \text{ m s}^{-1}$$

Sustituyendo los valores $x = 1 \text{ m}$ y $t = 3 \text{ s}$, obtenemos $v_y = 12,56 \text{ m s}^{-1}$

(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 $y(x,t) = 0,1 \cdot \text{sen}(125,66 \cdot t - 62,83 \cdot x) \text{ m}$.

Y si hubiéramos escogido usar la función coseno en lugar de la función seno, la ecuación sería $y(x,t) = 0,3 \cdot \cos(125,66 \cdot t + 62,83 \cdot x) \text{ m}$, y la velocidad de la partícula sería diferente)