Resolver 4 de las cuestiones planteadas, escogidas libremente.
Cada cuestión consta de dos apartados: a) 1 pto, b) 1,5 ptos. Tiempo: 1 h 30 min.

A) INTERACCIÓN GRAVITATORIA

A.1. a) Un satélite orbita alrededor del planeta A, y otro satélite alrededor del planeta B. El planeta A tiene cuatro veces más masa que el planeta B. Determine la relación entre las velocidades orbitales de los dos satélites si éstos orbitan a la misma distancia del centro de cada planeta.
b) Un satélite artificial de 800 kg de masa se sitúa en una órbita de radio cuatro veces el radio de la Tierra. i) Determine su periodo orbital. ii) Calcule la energía necesaria para ponerlo en la órbita desde la superficie terrestre, despreciando la rotación de la Tierra.
$G = 6{,}67\cdot10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}; $M_T = 5{,}98\cdot10^{24}$ kg; $R_T = 6370$ km

A.2. a) Razone la veracidad de las siguientes afirmaciones: i) Es necesario que la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo sea nula para que la energía mecánica se conserve. ii) Cuando sobre un cuerpo actúan solo fuerzas conservativas se conserva la energía mecánica.
b) Un cuerpo de masa 1 kg desciende, partiendo del reposo, por un plano inclinado con rozamiento que forma 30º con la horizontal, desde una altura de 0,5 m. A continuación, desliza por una superficie horizontal con rozamiento hasta detenerse después de recorrer 3 m en la superficie horizontal. i) Realice un dibujo con las fuerzas que actúan sobre el cuerpo cuando desliza sobre el plano inclinado y sobre la superficie horizontal. ii) Utilizando consideraciones energéticas, determine el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y las superficies, considerando que es el mismo en el plano horizontal y en el plano inclinado. $g = 9{,}8$ m s^{-2}

B) INTERACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

B.1. a) Por dos conductores rectilíneos muy largos y paralelos circulan corrientes de la misma intensidad y sentido. Explique razonadamente con la ayuda de esquemas: i) La dirección y el sentido del campo magnético creado por cada corriente en la región que les rodea. ii) La dirección y el sentido de la fuerza que actúa sobre cada conductor.
b) Considere dos conductores rectilíneos, muy largos, paralelos y separados 0,06 m, por los que circulan corrientes de 9 A y 15 A en el mismo sentido. i) Dibuje en un esquema el vector campo magnético resultante en el punto medio de la línea que une ambos conductores y razone su dirección y sentido. ii) En la región entre los conductores, ¿a qué distancia del conductor por el que circulan 9 A se anula el campo magnético? Justifique su respuesta. $\mu_0 = 4\pi\cdot10^{-7}$ T m A^{-1}

B.2. a) Una espira circular gira en torno a uno de sus diámetros en un campo magnético uniforme y constante. Explique, con ayuda de un esquema y de las expresiones que precise, si se induce fuerza electromotriz en la espira cuando: i) El campo magnético es paralelo al eje de rotación. ii) El campo magnético es perpendicular al eje de rotación.
b) Una bobina de 50 espiras circulares de 0,05 m de radio se orienta en un campo magnético de manera que el flujo que la atraviesa sea máximo en todo instante. El módulo del campo magnético varía con el tiempo según la expresión $B(t) = 0{,}5\cdot t + 0{,}8\cdot t^2$ (S.I.). i) Deduzca la expresión del flujo magnético que atraviesa la bobina en función del tiempo. ii) Determine razonadamente la fuerza electromotriz inducida en la bobina en el instante t = 10 s.

C) ONDAS. ÓPTICA GEOMÉTRICA

C.1. a) i) Explique brevemente qué es una onda electromagnética. ii) Sitúe, en orden creciente de frecuencias, las siguientes regiones del espectro electromagnético: ultravioleta, infrarrojo, microondas y luz visible. iii) Justifique razonadamente si dos rayos de diferentes colores del espectro visible (por ejemplo, violeta y verde), pueden tener la misma frecuencia.
b) Un rayo de luz monocromático de frecuencia $5\cdot10^{14}$ Hz, que se propaga por un medio de índice de refracción $n_1 = 1{,}7$, incide sobre otro medio de índice de refracción $n_2 = 1{,}3$ formando un ángulo de 25º con la normal a la superficie de separación entre ambos medios. i) Haga un esquema y calcule el ángulo de refracción. ii) Determine la longitud de onda del rayo en el segundo medio. iii) ¿Cuál es el ángulo de incidencia crítico a partir del cual este rayo se reflejaría completamente? Razone sus respuestas ayudándose de un esquema. $c = 3\cdot10^8$ m s^{-1}

C.2. a) Una onda armónica que viaja por un medio pasa a un segundo medio en el que su velocidad de propagación es inferior. Suponiendo que la onda pasa completamente al segundo medio, sin reflexión ni absorción: i) Razone cómo se modifican la frecuencia y la longitud de onda al cambiar de medio. ii) Razone si se verán afectadas la amplitud y la velocidad máxima de vibración.
b) Por una cuerda tensa se propaga en el sentido positivo del eje x una onda armónica transversal de 0,05 m de amplitud, 2 Hz de frecuencia y con una velocidad de propagación 0,5 m s^{-1}. i) Determine la ecuación de la onda, sabiendo que para t = 0 s el punto x = 0m se encuentra en la posición más alta de su oscilación. ii) Calcule la expresión de la velocidad de oscilación de un punto del medio y su valor máximo.

D) FÍSICA DEL SIGLO XX

D.1. a) Un mesón π tiene una masa 275 veces mayor que la de un electrón. i) ¿Qué relación existe entre las longitudes de onda de De Broglie del mesón y el electrón si ambos se mueven con la misma velocidad? ii) ¿Y si se mueven de modo que poseen la misma energía cinética? Razone sus respuestas.
b) Las moléculas de hidrógeno gaseoso (H_2), en condiciones estándar, se mueven a una velocidad promedio de 1846 m s^{-1}. Resuelva los siguientes apartados razonadamente. i) ¿Cuánto vale la longitud de onda de De Broglie promedio de las moléculas de hidrógeno? ii) ¿A qué velocidad debería moverse un electrón para tener la misma longitud de onda que las moléculas de hidrógeno?
$h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J s; $m(H_2)= 3{,}346\cdot10^{-27}$ kg; $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg

D.2. a) i) Indique cuales son las interacciones fundamentales de la naturaleza y explique brevemente las características de cada una. ii) Explique cuál o cuáles de ellas están relacionadas con la estabilidad nuclear.
b) En un yacimiento arqueológico se ha encontrado un cuerpo momificado con el 86% de ^{14}C del que presenta habitualmente un ser vivo. Sabiendo que el periodo de semidesintegración del ^{14}C es de 5730 años, determine razonadamente: i) El tiempo transcurrido desde su muerte. ii) El porcentaje del ^{14}C original que quedará en dichos restos cuando hayan transcurrido 500 años más.

A) INTERACCIÓN GRAVITATORIA

A.1. a) Un satélite orbita alrededor del planeta A, y otro satélite alrededor del planeta B. El planeta A tiene cuatro veces más masa que el planeta B. Determine la relación entre las velocidades orbitales de los dos satélites si éstos orbitan a la misma distancia del centro de cada planeta.
b) Un satélite artificial de 800 kg de masa se sitúa en una órbita de radio cuatro veces el radio de la Tierra. i) Determine su periodo orbital. ii) Calcule la energía necesaria para ponerlo en la órbita desde la superficie terrestre, despreciando la rotación de la Tierra.
$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}; $M_T = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg; $R_T = 6370$ km

a) La velocidad orbital de un satélite que describe órbitas circulares en torno a un planeta viene dada por

$v_{orb} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$, donde M es la masa del planeta y r el radio de la órbita.

Datos: $M_A = 4\,M_B$, $r_A = r_B$

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{\sqrt{\frac{G \cdot M_A}{r_A}}}{\sqrt{\frac{G \cdot M_B}{r_B}}} = \frac{\sqrt{\frac{G \cdot 4\,M_B}{r_B}}}{\sqrt{\frac{G \cdot M_B}{r_B}}} = \sqrt{\frac{\frac{\cancel{G} \cdot 4\,\cancel{M_B}}{\cancel{r_B}}}{\frac{\cancel{G \cdot M_B}}{\cancel{r_B}}}} = \sqrt{4} = 2 \rightarrow v_A = 2 \cdot v_B$$

b) Datos: $m = 800\ kg$, $r = 4 \cdot R_T = 25480\ km = 2{,}548 \cdot 10^7\ m$

i) Calculamos el periodo a partir de la 3ª ley de Kepler $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot r^3}{GM}} = 4{,}046 \cdot 10^4\ s$

(También puede hacerse calculando la velocidad orbital $v_{orb} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$ y luego tener en cuenta que el movimiento es uniforme y la trayectoria una circunferencia: $d = v \cdot t \rightarrow 2\pi \cdot r = v_{orb} \cdot T$ y despejamos)

ii) Para ponerlo en movimiento orbital debemos aplicar una fuerza (no conservativa) que aporte la energía mecánica (potencial + cinética) necesaria. Es lo que hacen los cohetes propulsores. $W_{FNC} = \Delta E_M = E_{M2} - E_{M1}$

1: Inicial: $v_1 = 0$ (despreciamos la rotación de la Tierra), $r_1 = R$

$$E_{M1} = Ec_1 + Ep_{g1} = \tfrac{1}{2} m v_1{}^2 - \frac{GMm}{r_1} = 0 - \frac{GMm}{R} = -5{,}009 \cdot 10^{10}\ J$$

2: Energía mecánica en la órbita: $E_{M2} = -\frac{GMm}{2r_2} = -6{,}262 \cdot 10^9\ J$

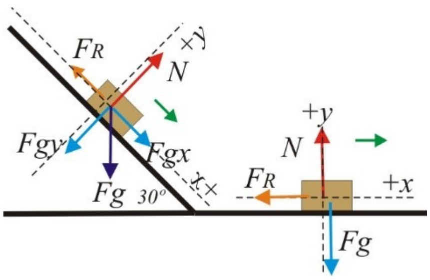
(también pueden calcularse las energías cinética, con la velocidad orbital, y potencial en la órbita)

La energía necesaria: $E_{M2} - E_{M1} = 4{,}483 \cdot 10^{10}\ J$

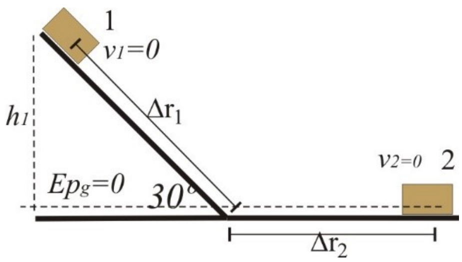
A.2. a) Razone la veracidad de las siguientes afirmaciones: i) Es necesario que la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo sea nula para que la energía mecánica se conserve. ii) Cuando sobre un cuerpo actúan solo fuerzas conservativas se conserva la energía mecánica.
b) Un cuerpo de masa 1 kg desciende, partiendo del reposo, por un plano inclinado con rozamiento que forma 30º con la horizontal, desde una altura de 0,5 m. A continuación, desliza por una superficie horizontal con rozamiento hasta detenerse después de recorrer 3 m en la superficie horizontal. i) Realice un dibujo con las fuerzas que actúan sobre el cuerpo cuando desliza sobre el plano inclinado y sobre la superficie horizontal. ii) Utilizando consideraciones energéticas, determine el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y las superficies, considerando que es el mismo en el plano horizontal y en el plano inclinado. g = 9,8 m s^{-2}

a) i) La afirmación es falsa. No es necesario que la resultante sea nula. La E_M se mantendrá constante si el trabajo realizado por las fuerzas no conservativas es nulo ($W_{FNC} = \Delta E_M$). Puede actuar una única fuerza conservativa (que no se anulará), y en ese caso la energía mecánica se mantendrá constante. Por ejemplo, un objeto que cae por acción de la gravedad, despreciando el rozamiento con el aire.
ii) Esta afirmación es cierta, basándonos en el principio de conservación de la energía mecánica. es el trabajo realizado por las fuerzas no conservativas el que hace variar la energía mecánica ($W_{FNC} = \Delta E_M$). Si sólo actúan fuerzas conservativas, $W_{FNC} = 0 \rightarrow E_M = cte$.

b) Aplicamos el principio de conservación de la energía mecánica $\Delta E_M = W_{FNC}$
Fuerzas que actúan:
<u>Bajada por el plano inclinado, con rozamiento</u>
F. Gravitatoria: Conservativa. $Fg = m \cdot g = 9,8\ N$
Normal: No conservativa.
$\Sigma F_y = 0 \rightarrow N - Fg_y = 0 \rightarrow N = Fg_y = m \cdot g \cdot \cos 30^o = 8,49\ N$
Rozamiento: No conservativa. $F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot 8,49\ (N)$



<u>Tramo horizontal con rozamiento</u>.
Gravitatoria: Conservativa. $Fg = m \cdot g = 9,8\ N$
Normal: No conservativa.
$\Sigma F_y = 0 \rightarrow N - Fg = 0 \rightarrow N = Fg = 9,8\ N$
Rozamiento: No conservativa. $F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot 9,8\ (N)$



La fuerza normal no realiza trabajo en ninguno de los tramos, al ser perpendicular al desplazamiento.
El rozamiento realiza un trabajo negativo durante todo el desplazamiento. Disipa energía en forma de calor.
Principio de conservación de la energía mecánica
$\Delta E_M = W_{FNC} = W_{FR}$

Situación inicial: Bloque en reposo, altura $h_1 = 0,5$ m.
$E_{M1} = Ec_1 + Ep_{g1} = \frac{1}{2} m v_1^2 + m\,g\,h_1 = 0 + m\,g\,h_1 = 4,9\,J$ $\qquad \Delta r_1 = \frac{h_1}{sen30º} = 1\,m$
Situación final: cuerpo en reposo, altura = $h_2 = 0$ m.
$E_{M2} = Ec_2 + Ep_{el2} + Ep_{g2} = \frac{1}{2} m v_2^2 + m\,g\,h_2 = 0 + 0 = 0\,J$

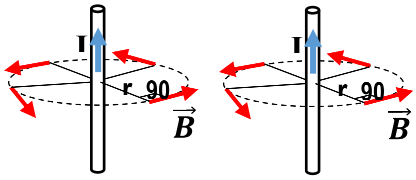
El trabajo realizado por la fuerza de rozamiento:
Plano inclinado: $F_{R1} = 8,49 \cdot \mu$, $\Delta r_1 = 1$ m $\qquad W_{FR1} = F_{R1}\,\Delta r_1 \cos 180^o = -8,49\,\mu$
Plano horizontal: $F_{R2} = 9,8 \cdot \mu$, $\Delta r_2 = 3$ m $\qquad W_{FR2} = F_{R2}\,\Delta r_2 \cos 180^o = -29,4\,\mu$

$E_{M2} - E_{M1} = W_{FR} \rightarrow 0 - 4,9 = -37,89 \cdot \mu \rightarrow \mu = 0,129$

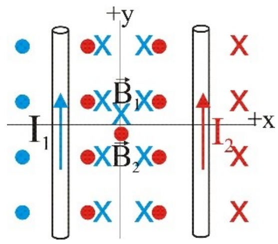
B) INTERACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

B.1. a) Por dos conductores rectilíneos muy largos y paralelos circulan corrientes de la misma intensidad y sentido. Explique razonadamente con la ayuda de esquemas: i) La dirección y el sentido del campo magnético creado por cada corriente en la región que les rodea. ii) La dirección y el sentido de la fuerza que actúa sobre cada conductor.

b) Considere dos conductores rectilíneos, muy largos, paralelos y separados 0,06 m, por los que circulan corrientes de 9 A y 15 A en el mismo sentido. i) Dibuje en un esquema el vector campo magnético resultante en el punto medio de la línea que une ambos conductores y razone su dirección y sentido. ii) En la región entre los conductores, ¿A qué distancia del conductor por el que circulan 9 A se anula el campo magnético? Justifique su respuesta. $\mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}$ **T m A**$^{-1}$

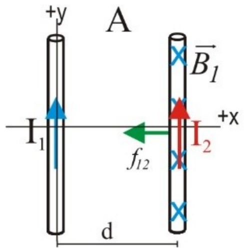


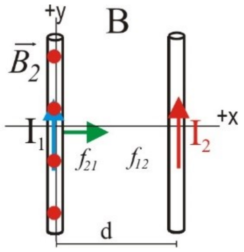
a) i) Según la ley de Biot-Savart, el conductor rectilíneo crea un campo magnético a su alrededor, que es perpendicular al conductor y a la distancia desde el punto hasta el cable, y cuyo sentido viene dado por la regla de la mano derecha. $B = \frac{\mu\cdot I}{2\pi\cdot r}$



Aplicando el principio de superposición, el campo total será la suma vectorial de ambos campos. $\vec{B}_{tot} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$. Si nos fijamos en el plano en el que están contenidos ambos conductores, la dirección del campo es la que indica el dibujo.

ii) La fuerza magnética que actúa un conductor rectilíneo viene dada por la ley de Laplace $\vec{F}_m = I\cdot\vec{L}\times\vec{B}$. La dirección de la fuerza es perpendicular tanto al cable como al campo (eje OX en el dibujo), y el sentido es el del producto $\vec{L}\times\vec{B}$, aplicando la regla de la mano derecha.



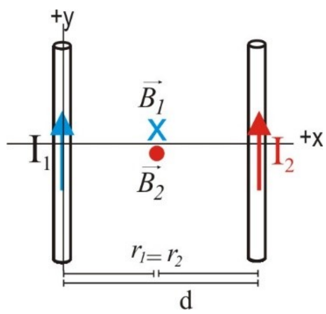


Así, la fuerza magnética que ejerce el conductor 1 sobre el conductor 2 está dirigida hacia el otro conductor. La fuerza es atractiva.

$\vec{F}_{m12} = I_2\cdot\vec{L}_2\times\vec{B}_{12}$ (ver dibujo A)

Del mismo modo calculamos la fuerza que ejerce el conductor 2 sobre el 1 (dibujo B) $\vec{F}_{m21} = I_1\cdot\vec{L}_1\times\vec{B}_{21}$

b) i) Ya se ha explicado en el apartado a) cómo es el campo magnético que crea un conductor rectilíneo a su alrededor, y que se aplica el principio de superposición para calcular el campo total generado por los dos conductores. En el esquema está representada la situación que nos plantea el enunciado. Ambos campos van en la misma dirección (eje OZ) pero en sentidos opuestos



El módulo del campo de cada corriente genera $B = \frac{\mu\cdot I}{2\pi\cdot r}$

Al ser iguales las distancias, pero mayor la intensidad de corriente 2, el campo que genera el segundo conductor tendrá mayor módulo que el 1, por lo que, al sumarlos, el campo total irá hacia fuera (sentido positivo del eje OZ)

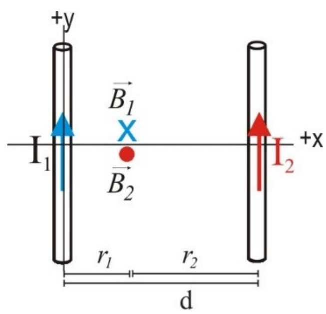
No lo pide explícitamente, pero podemos también calcular el campo total vectorialmente:

$B_1 = \frac{\mu\cdot I_1}{2\pi\cdot r_1} = \frac{4\pi\cdot 10^{-7}TmA^{-1}\cdot 9\,A}{2\pi\cdot 0{,}03\,m} = 1{,}8\cdot 10^{-6}\,T \qquad \vec{B}_1 = -6\cdot 10^{-5}\,\vec{k}\,T$

$B_2 = \frac{\mu\cdot I_2}{2\pi\cdot r_2} = \frac{4\pi\cdot 10^{-7}TmA^{-1}\cdot 15\,A}{2\pi\cdot 0{,}03\,m} = 10^{-4}\,T \qquad \vec{B}_2 = 10^{-4}\,\vec{k}\,T$

$\vec{B}_{tot} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 4\cdot 10^{-5}\,\vec{k}\,T$

ii) $\vec{B}_{tot} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0 \quad \rightarrow \quad \vec{B}_1 = -\vec{B}_2$



Ambos campos tienen igual módulo y dirección, y sentido contrarios.

Esto ocurre en un punto en la zona entre los dos conductores, más cerca del conductor por el circule menor intensidad (el 1 en este caso), como podemos ver en el esquema.

$I_1 = 9\,A,\ I_2 = 15\,A,$

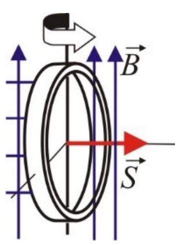
$B_1 = B_2 \rightarrow \frac{\mu_0\cdot I_1}{2\pi\cdot r_1} = \frac{\mu_0\cdot I_2}{2\pi\cdot r_2} \rightarrow \frac{I_1}{r_1} = \frac{I_2}{r_2} \rightarrow r_2 = \frac{r_1\cdot I_2}{I_1} = 1{,}667\cdot r_1$

Además, $r_2 + r_1 = d = 0{,}06\,m \rightarrow 1{,}667\cdot r_1 + r_1 = 0{,}06\,m \rightarrow r_1 = 0{,}0225\,m$

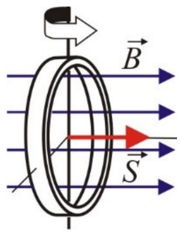
B.2. a) Una espira circular gira en torno a uno de sus diámetros en un campo magnético uniforme y constante. Explique, con ayuda de un esquema y de las expresiones que precise, si se induce fuerza electromotriz en la espira cuando: i) El campo magnético es paralelo al eje de rotación. ii) El campo magnético es perpendicular al eje de rotación.
b) Una bobina de 50 espiras circulares de 0,05 m de radio se orienta en un campo magnético de manera que el flujo que la atraviesa sea máximo en todo instante. El módulo del campo magnético varía con el tiempo según la expresión B(t) = 0,5·t + 0,8·t² (S.I.). i) Deduzca la expresión del flujo magnético que atraviesa la bobina en función del tiempo. ii) Determine razonadamente la fuerza electromotriz inducida en la bobina en el instante t = 10 s.

a)
Según la ley de Faraday-Lenz, se inducirá corriente en la espira si varía el flujo magnético que la atraviesa.
El flujo magnético (con superficie plana y campo uniforme) viene dado por: $\Phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot cos\alpha$
Donde α es el ángulo que forma el campo con el vector superficie.

i) Como vemos en el dibujo, α es siempre 90º, se mantiene constante, e igual a cero. No hay flujo magnético que atraviese la espira. Por tanto, no se inducirá corriente en la espira.



ii) En este caso, el ángulo varía como un MCU $\alpha = \alpha_0 + \omega \cdot t$
Al variar el ángulo, el flujo magnético cambiará, por lo que sí se inducirá corriente en la espira.



b) Estamos ante una cuestión de inducción electromagnética. Según la ley de Faraday-Lenz, se inducirá corriente en la espira si varía el flujo magnético que la atraviesa. El sentido de la corriente es tal que crea un campo inducido que se opone a la variación del flujo.
i) El flujo magnético (con superficie plana y campo uniforme) viene dado por: $\Phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot cos\alpha$
Donde:
N = 50 es el número de espiras.
B es el campo magnético: $B(t) = 0{,}5 \cdot t + 0{,}8 \cdot t^2$ *(S.I.)*
S es la superficie atravesada por el campo : $S = N \cdot S_1 = N \cdot \pi \cdot R^2 = 50 \cdot \pi \cdot (0{,}05 m)^2 = 0{,}393\ m^2$
α es el ángulo que forma el campo con el vector superficie. El flujo es máximo cuando ambos vectores son paralelos (α = 0º)

Así, el flujo $\Phi_m = B \cdot S \cdot cos\alpha = (0{,}5 \cdot t\ +\ 0{,}8 \cdot t^2)\, T \cdot 0{,}393\, m^2 \cdot cos0º = 0{,}197 \cdot t + 0{,}314 \cdot t^2\ (Wb)$

ii) La fuerza electromotriz inducida viene dada por
$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d[0{,}197 \cdot t + 0{,}314 \cdot t^2]}{dt} = -0{,}197 - 0{,}628 \cdot t\ \ (V)$$

Para t = 10 s → $\varepsilon = -6{,}477\ V$

C) ONDAS. ÓPTICA GEOMÉTRICA

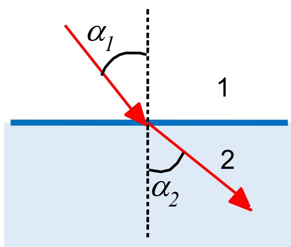
C.1. a) i) Explique brevemente qué es una onda electromagnética. ii) Sitúe, en orden creciente de frecuencias, las siguientes regiones del espectro electromagnético: ultravioleta, infrarrojo, microondas y luz visible. iii) Justifique razonadamente si dos rayos de diferentes colores del espectro visible (por ejemplo, violeta y verde), pueden tener la misma frecuencia.
b) Un rayo de luz monocromático de frecuencia $5\cdot10^{14}$ Hz, que se propaga por un medio de índice de refracción $n_1 = 1,7$, incide sobre otro medio de índice de refracción $n_2 = 1,3$ formando un ángulo de 25º con la normal a la superficie de separación entre ambos medios. i) Haga un esquema y calcule el ángulo de refracción. ii) Determine la longitud de onda del rayo en el segundo medio. iii) ¿Cuál es el ángulo de incidencia crítico a partir del cual este rayo se reflejaría completamente? Razone sus respuestas ayudándose de un esquema. $c = 3\cdot10^8$ m s^{-1}

a) i) Una onda electromagnética consiste en la propagación a través del espacio de las oscilaciones de campos eléctricos y magnéticos, que son perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación. Son ondas armónicas transversales. La velocidad de propagación viene dada por $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\cdot\varepsilon}}$, donde μ y ε son las permitividades magnética y eléctrica del medio. En el vacío $v = c = 3\cdot10^8$ m/s.

ii) Por orden creciente de frecuencias: microondas < infrarrojo < luz visible < ultravioleta

iii) El "color" de la luz viene marcado directamente por su frecuencia. Por ejemplo, lo que entendemos por color verde tiene un rango de frecuencias establecido. Si dos ondas electromagnéticas tuvieran la misma frecuencia, serían del mismo color. Es imposible lo que propone el enunciado. Recordemos además que incluso en distintos medios, la longitud de onda cambiaría, pero la frecuencia de la onda sería la misma.

b) i) En el fenómeno de refracción de la luz, los rayos incidente y refractado cumplen la ley de Snell $n_1 \cdot sen\alpha_1 = n_2 \cdot sen\alpha_2$, donde α_1 es el ángulo que forma el rayo incidente con la normal, y α_2 el ángulo que forma con la normal el rayo refractado.
Sustituimos los valores conocidos $1,7 \cdot sen25º = 1,3 \cdot sen\alpha_2 \rightarrow \alpha_2 = 33,55º$



ii) En la refracción, la frecuencia de las ondas incidente y refractada es la misma ($f_1 = f_2 = 5\cdot10^{14}\ Hz$).
Calculamos la velocidad de la luz en el segundo medio

$$n_2 = \frac{c}{v_2} \rightarrow v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{3\cdot10^8\ m\,s^{-1}}{1,3} = 2,308\cdot10^8\ ms^{-1}$$

Y la longitud de onda será $\lambda_2 = \frac{v_2}{f_2} = \frac{2,308\cdot10^8\ m\,s^{-1}}{5\cdot10^{14}\ s^{-1}} = 4,616\cdot10^{-7}\ m$

iii) El ángulo de incidencia crítico a partir del cual no se produce refracción, sino reflexión total, se denomina ángulo límite. Para este ángulo de incidencia, el ángulo de refracción es de 90º. Este ángulo sólo es posible si $n_1>n_2$, como es el caso. El ángulo límite se calcula aplicando la ley de Snell $n_1 \cdot sen\alpha_L = n_2 \cdot sen90º$
Por lo tanto $\alpha_L = arcsen\frac{n_2}{n_1} = arcsen\frac{1,3}{1,7} = 49,88º$

C.2. a) Una onda armónica que viaja por un medio pasa a un segundo medio en el que su velocidad de propagación es inferior. Suponiendo que la onda pasa completamente al segundo medio, sin reflexión ni absorción: i) Razone cómo se modifican la frecuencia y la longitud de onda al cambiar de medio. ii) Razone si se verán afectadas la amplitud y la velocidad máxima de vibración.
b) Por una cuerda tensa se propaga en el sentido positivo del eje x una onda armónica transversal de 0,05 m de amplitud, 2 Hz de frecuencia y con una velocidad de propagación 0,5 m s^{-1}. i) Determine la ecuación de la onda, sabiendo que para t = 0 s el punto x = 0m se encuentra en la posición más alta de su oscilación. ii) Calcule la expresión de la velocidad de oscilación de un punto del medio y su valor máximo.

a) i) Estamos ante el fenómeno de reflexión de ondas, en el que al incidir una onda viajera en la frontera entre dos medios, se forma una nueva onda (refractada) que se propaga por el segundo medio.
La frecuencia de las ondas incidente y refractada es la misma, ya que esta característica sólo depende del foco emisor, no del medio. ($f_1 = f_2 = f$)
La longitud de onda sí cambia. $\lambda_1 = \frac{v_1}{f}$, $\lambda_2 = \frac{v_2}{f}$ Como $v_2 < v_1 \rightarrow \lambda_2 < \lambda_1$

ii) La amplitud está relacionada con la energía que transporta la onda. La energía de la onda incidente se reparte entre las ondas reflejada, refractada, y si hay absorción, una parte se disipa en el medio. En este caso nos dicen que no existe reflexión ni absorción, por lo que toda la energía de la onda incidente pasa al segundo medio. La amplitud de la onda refractada será la misma que la amplitud de la onda incidente ($A_1 = A_2$)

La velocidad máxima de vibración de un punto del medio viene dada por $v_{ymáx} = A \cdot \omega = 2\pi \cdot A \cdot f$
Como vemos, tanto la amplitud con la frecuencia son las mismas en las ondas incidente y refractada, por lo que la velocidad máxima de vibración también lo será.

b) i) La expresión general de una onda armónica es $y_{(x,t)} = A\ sen\ (\omega t \pm kx + \varphi_0)$
Datos: Amplitud = A = 0,05 m
Frecuencia $= f = 2$ Hz → $\omega = 2\pi \cdot f = 4\pi\ \frac{rad}{s}$ $k = \frac{2\pi}{\lambda} = 0{,}524\ \frac{rad}{m}$
Velocidad de propagación = v = 0,5 m s^{-1} ; $v = \frac{\omega}{k}$ → $k = \frac{\omega}{v} = 8\pi\ \frac{rad}{m}$,
Sentido de propagación: positivo eje OX → ωt y kx aparecen <u>restadas</u> en la función de onda.

Calculamos la fase inicial: Para t = 0 s, la perturbación del punto x = 0 es igual a la amplitud. $y_{(0,0)} = A$
Por tanto: $y_{(0,0)} = A\ sen\ (\omega \cdot 0 + k \cdot 0 + \varphi_0) = A$ → $A = A \cdot sen(\varphi_0)$ → $sen(\varphi_0) = 1$ → $\varphi_0 = \pi/2$

La expresión de la onda será $y_{(x,t)} = 0{,}05\ sen\ (4\pi \cdot t - 8\pi \cdot x + \pi/2)$ m

ii) La velocidad de oscilación de un punto:
$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d(0{,}05 \cdot sen(4\pi t - 8\pi x + \frac{\pi}{2}))}{dt} = 0{,}2\pi \cdot cos\left(4\pi t - 8\pi x + \frac{\pi}{2}\right)\ m\ s^{-1}$$
El valor máximo se da cuando $cos\left(4\pi t - 8\pi x + \frac{\pi}{2}\right) = \pm 1$
En valor absoluto, $v_{ymax} = 0{,}2\ \pi\ m\ s^{-1}$ *(también sería válido $\pm 0{,}2\ \pi\ m\ s^{-1}$)*

D) FÍSICA DEL SIGLO XX

D.1. a) Un mesón π tiene una masa 275 veces mayor que la de un electrón. i) ¿Qué relación existe entre las longitudes de onda de De Broglie del mesón y el electrón si ambos se mueven con la misma velocidad? ii) ¿Y si se mueven de modo que poseen la misma energía cinética? Razone sus respuestas.
b) Las moléculas de hidrógeno gaseoso (H_2), en condiciones estándar, se mueven a una velocidad promedio de 1846 m s^{-1}. Resuelva los siguientes apartados razonadamente. i) ¿Cuánto vale la longitud de onda de De Broglie promedio de las moléculas de hidrógeno? ii) ¿A qué velocidad debería moverse un electrón para tener la misma longitud de onda que las moléculas de hidrógeno?
$h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ J s; $m(H_2)= 3{,}346\cdot10^{-27}$ kg; $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg

a) Louis De Broglie propuso en 1924 que, del mismo modo que la luz se comporta como onda o como partícula según el experimento, también la materia presenta este carácter dual. Toda partícula puede comportarse como una onda en determinadas experiencias. La onda de materia asociada a la partícula se caracteriza por su longitud de onda, dada por $\lambda = \frac{h}{p}$, donde · h es la constante de Planck, ($h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s) , $p = m\cdot v$ es la cantidad de movimiento, y λ la longitud de onda asociada a la partícula. $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\cdot v}$

i) $m_\pi = 275 \cdot m_e$ $\quad v_\pi = v_e$ $\quad$ $\lambda_\pi = \frac{h}{m_\pi \cdot v_\pi} = \frac{h}{275\cdot m_e \cdot v_e} = \frac{\lambda_e}{275}$

ii) $Ec_\pi = Ec_e \rightarrow \cancel{\frac{1}{2}} m_\pi \cdot {v_\pi}^2 = \cancel{\frac{1}{2}} m_e \cdot {v_e}^2 \rightarrow 275 \cdot \cancel{m_e} \cdot {v_\pi}^2 = \cancel{m_e} \cdot {v_e}^2 \rightarrow v_\pi = \frac{v_e}{\sqrt{275}}$

$$\lambda_\pi = \frac{h}{m_\pi \cdot v_\pi} = \frac{h}{275\cdot m_e \cdot \frac{v_e}{\sqrt{275}}} = \frac{\sqrt{275}\cdot h}{275\cdot m_e \cdot v_e} = \frac{\sqrt{275}\cdot \lambda_e}{275} = \frac{\lambda_e}{\sqrt{275}}$$

b)
i) Datos: H_2: $m(H_2)= 3{,}346\cdot10^{-27}$ kg, $v = 1846$ m s^{-1}.
Aplicando la expresión de De Broglie, explicada en el apartado a):

$$\lambda = \frac{h}{m\cdot v} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34} Js}{3{,}346\cdot10^{-27} kg \cdot 1846\, m\, s^{-1}} = 1{,}073 \cdot 10^{-10}\, m$$

ii) Datos: electrón: $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg ; longitud de onda $\lambda = 1{,}073 \cdot 10^{-10}$ m
Aplicamos nuevamente la expresión de De Broglie y despejamos:

$$\lambda = \frac{h}{m\cdot v} \rightarrow v = \frac{h}{m\cdot\lambda} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34} Js}{9{,}1\cdot10^{-31} kg \cdot 1{,}073\cdot10^{-10}\, m} = 6{,}79 \cdot 10^{6}\, m\, s^{-1}$$

D.2. a) i) Indique cuales son las interacciones fundamentales de la naturaleza y explique brevemente las características de cada una. ii) Explique cuál o cuáles de ellas están relacionadas con la estabilidad nuclear.
b) En un yacimiento arqueológico se ha encontrado un cuerpo momificado con el 86% de ^{14}C del que presenta habitualmente un ser vivo. Sabiendo que el periodo de semidesintegración del ^{14}C es de 5730 años, determine razonadamente: i) El tiempo transcurrido desde su muerte. ii) El porcentaje del ^{14}C original que quedará en dichos restos cuando hayan transcurrido 500 años más.

a) i)
Cuadro-resumen (por orden de intensidad de la interacción)

	Afecta a	**Alcance**	**Modo de actuar**	**Partícula mediadora**	**Intensidad comparada**
Nuclear Fuerte	Carga "de color" (Quarks)	Corto (10^{-15} m)	Atractiva	Gluón	10^{60}
Electromagnética	Carga eléctrica	Infinito	Atractiva o repulsiva	Fotón	1
Nuclear débil	Carga "de sabor" (Quarks, leptones)	Corto (10^{-18} m)	Transformación de "carga de sabor"	Bosones W y Z	10^{-4}
Gravitatoria	Masa (universal)	Infinito	Atractiva	Gravitón	10^{-41}

ii) Salvo la interacción gravitatoria, que es demasiado débil en el mundo subatómico, todas las demás interacciones fundamentales juegan un papel en la estabilidad nuclear. Haciendo un análisis sencillo, en el interior del núcleo existe un equilibrio entre la interacción electrostática, que tiende a dispersar los protones, y la interacción nuclear fuerte, que tiende a unirlos. Y la interacción nuclear débil es la responsable de la desintegración beta, un tipo de radiactividad natural.

b) El ^{14}C es un nucleido radiactivo, que se desintegra emitiendo partículas y transformándose en un nucleido más estable. Está presente en los seres vivos en cantidades que se mantienen estables mientras viven. Al morir, ya no intercambian carbono con el exterior, y la cantidad inicial de núcleos sin desintegrar disminuye según la ley de desintegración radiactiva $m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, donde m es la masa sin desintegrar actualmente, m_0 la masa inicial sin desintegrar, λ la constante radiactiva (indica la probabilidad de que un núcleo se desintegre en la unidad de tiempo) y t el tiempo transcurrido.

Datos: $T_{\frac{1}{2}} = 5730\ años$ (tiempo que tarda la muestra inicial sin desintegrar en reducirse a la mitad)

i) Calculamos la constante radiactiva a partir del periodo de semidesintegración:

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{ln2}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{ln2}{T_{\frac{1}{2}}} = 1{,}21 \cdot 10^{-4}\ años^{-1}$$

El 86% es la fracción sin desintegrar ($\frac{m}{m_0} = \frac{86}{100} = 0{,}86$)

Aplicamos la ley de desintegración $m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow \frac{m}{m_0} = e^{-\lambda \cdot t}$

$$\frac{m}{m_0} = 0{,}86 = e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow \ln(e^{-\lambda \cdot t}) = \ln 0{,}86 \rightarrow -\lambda \cdot t \cdot \ln e = \ln 0{,}86 \rightarrow t = \frac{\ln 0{,}86}{-\lambda} = \frac{\ln 0{,}86}{-1{,}21 \cdot 10^{-4}} = 1246{,}47\ años$$

ii) Considerando el instante inicial de la muerte del ser vivo, habrá transcurrido un tiempo
t = 1246,47 + 500 = 1746,47 años, y nos piden la fracción sin desintegrar m/m_0.

Aplicamos la ley de desintegración radiactiva $\frac{m}{m_0} = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-1{,}21 \cdot 10^{-4} \cdot 1746{,}47} = 0{,}81\ \ (81\%)$