

UNIVERSIDADES DE ANDALUCÍA: PRUEBA DE SELECTIVIDAD. FÍSICA. JUNIO 2007

OPCIÓN A:

- Por dos conductores rectilíneos y de gran longitud, dispuestos paralelamente, circulan corrientes eléctricas de la misma intensidad y sentido.
 - Dibuje un esquema, indicando la dirección y el sentido del campo magnético debido a cada corriente y del campo magnético total en el punto medio de un segmento que una a los dos conductores y coméntelo.
 - Razone cómo cambiaría la situación al duplicar una de las intensidades y cambiar su sentido.
- Explique, en términos de energía, el proceso de emisión de fotones por los átomos en un estado excitado.
 - Explique por qué un átomo sólo absorbe y emite fotones de ciertas frecuencias.
- Suponga que la masa de la Tierra se duplicara.
 - Calcule razonadamente el nuevo periodo orbital de la Luna suponiendo que su radio orbital permaneciera constante.
 - Si, además de duplicarse la masa terrestre, se duplicara su radio, ¿Cuál sería el valor de g en la superficie terrestre?

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6370 \text{ km}$; $R_{\text{orbital Luna}} = 1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$
- Un cuerpo realiza un movimiento vibratorio armónico simple.
 - Escriba la ecuación de movimiento si la aceleración máxima es $5\pi^2 \text{ cm s}^{-2}$, el periodo de las oscilaciones 2 s y la elongación del cuerpo al iniciarse el movimiento $2,5 \text{ cm}$.
 - Represente gráficamente la elongación y la velocidad en función del tiempo y comente la gráfica.

OPCIÓN B:

- Conteste razonadamente a las siguientes preguntas:
 - ¿Puede asociarse una energía potencial a una fuerza de rozamiento?
 - ¿Qué tiene más sentido físico, la energía potencial en un punto o la variación de energía potencial entre dos puntos?
- La masa de un núcleo atómico no coincide con la suma de las masas de las partículas que os constituyen. ¿Es mayor o menor? ¿Cómo justifica esa diferencia?
 - ¿Qué se entiende por estabilidad nuclear? Explique, cualitativamente, la dependencia de la estabilidad nuclear con el número másico.
- Una partícula de masa m y carga -10^{-6} C se encuentra en reposo al estar sometida al campo gravitatorio terrestre y a un campo eléctrico uniforme $E = 100 \text{ N C}^{-1}$ de la misma dirección.
 - Haga un esquema de las fuerzas que actúan sobre la partícula y calcule su masa.
 - analice el movimiento de la partícula si el campo eléctrico aumentara a 120 N C^{-1} y determine su aceleración.
 $g = 10 \text{ m s}^{-2}$
- Un haz de luz de $5 \cdot 10^4 \text{ Hz}$ viaja por el interior de un diamante.
 - Determine la velocidad de propagación y la longitud de onda de esa luz en el diamante.
 - Si la luz emerge del diamante al aire con un ángulo de refracción de 10° , dibuje la trayectoria del haz y determine el ángulo de incidencia.
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $n_{\text{diamante}} = 2,42$

SOLUCIÓN AL EXAMEN.

OPCIÓN A:

1. Por dos conductores rectilíneos y de gran longitud, dispuestos paralelamente, circulan corrientes eléctricas de la misma intensidad y sentido.

a) Dibuje un esquema, indicando la dirección y el sentido del campo magnético debido a cada corriente y del campo magnético total en el punto medio de un segmento que una a los dos conductores y coméntelo.

b) Razone cómo cambiaría la situación al duplicar una de las intensidades y cambiar su sentido.

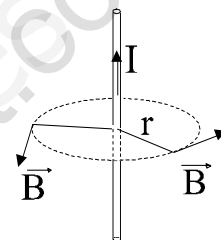
Un conductor rectilíneo por el que circula corriente eléctrica crea a su alrededor un campo magnético debido al movimiento de las cargas eléctricas. Dicho campo $\vec{B}$ tiene como características:

Su módulo viene dado por $B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi \cdot r}$

Dirección: Perpendicular al movimiento de las cargas eléctricas (corriente)

Perpendicular al vector $\vec{r}$ (distancia desde la corriente al punto considerado)

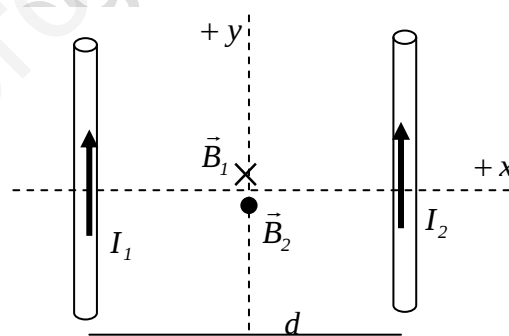
Sentido: Dado por la regla del sacacorchos al girar el sentido de la corriente sobre el vector $\vec{r}$.



a) En la situación que nos propone la cuestión, la disposición es la que nos indica el esquema. En la zona entre ambos conductores, los campos producidos por cada una de las corrientes van en igual dirección (eje z), pero en sentidos opuestos. el punto medio del segmento que une ambos conductores se encuentra a la misma distancia $r = d/2$ de cada cable, por lo que el módulo de ambos campos será el mismo, al ser también iguales las intensidades de corriente I_1 e I_2 .

$$\vec{B}_1 = -\frac{\mu \cdot I}{\pi \cdot d} \vec{k} \text{ (T)} \quad \vec{B}_2 = \frac{\mu \cdot I}{\pi \cdot d} \vec{k} \text{ (T)}$$

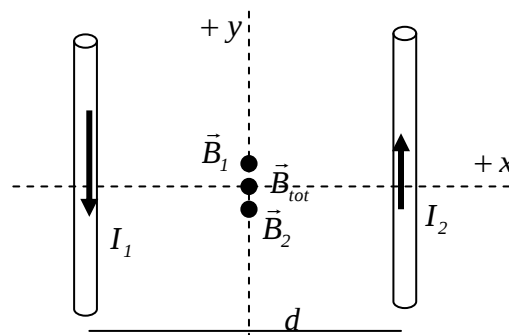
Aplicando el principio de superposición $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$, con lo que el campo total será nulo en ese punto.



b) Al duplicar I_1 y cambiar su sentido, la situación queda ahora como indica el esquema. Ambos campos van en igual dirección y sentido, con lo que el campo total ya no se anulará.

Como ahora $I_1 = 2 \cdot I_2$, también $\vec{B}_1 = 2 \cdot \vec{B}_2$. Como consecuencia,

$$\vec{B}_{tot} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 3 \cdot \vec{B}_2 = \frac{3\mu \cdot I}{\pi \cdot d} \vec{k} \text{ (T)}$$



2. a) Explique, en términos de energía, el proceso de emisión de fotones por los átomos en un estado excitado.

b) Explique por qué un átomo sólo absorbe y emite fotones de ciertas frecuencias.

Respondemos a ambos apartados conjuntamente:

La emisión y absorción de fotones por parte de los átomos fue explicada por Niels Bohr en 1913, a partir de sus postulados, y completada por la Teoría Cuántica. Resumiendo brevemente:

- Los estados permitidos para el electrón en el átomo están cuantizados. Sólo están permitidos ciertos estados (orbitales) a los que corresponde una energía concreta.
- Mientras un electrón permanece en un estado permitido, su energía permanece constante.
- El estado de mínima energía de un átomo, en el que los electrones ocupan los estados con menor energía posible, se denomina estado fundamental.

- Cuando uno o más electrones están ocupando estados con mayor energía que el estado fundamental, dejando vacíos niveles inferiores, se habla de que el átomo está en un estado excitado.

Emisión de fotones:

Un electrón que se encuentra en un estado excitado, volverá al cabo de cierto tiempo a ocupar un nivel vacío inferior. Para ello realiza una transición electrónica desde un orbital de mayor energía hasta otro orbital de menor energía. La diferencia de energía se desprende en forma de radiación, emitiéndose un fotón cuya energía es igual a la diferencia entre ambos niveles. Por lo tanto, sólo se emitirán fotones con energías muy concretas, a los que corresponden frecuencias muy concretas ($E_{\text{fotón}} = h \cdot \nu$)

Absorción de fotones:

La absorción de fotones es el proceso inverso a la emisión. Al interaccionar un fotón con un electrón, le transmite su energía. Sólo si la energía del fotón se corresponde con la diferencia de energía entre dos niveles del átomo, el electrón saltará (realizará una transición) a un estado superior. En caso contrario, el fotón será nuevamente emitido, con lo que el átomo no lo absorberá. Como consecuencia, sólo serán absorbidos fotones con energías muy concretas, lo que implica que sus frecuencias también serán muy concretas ($E_{\text{fotón}} = h \cdot \nu$)

(Consecuencia: Esto explica la discontinuidad de los espectros atómicos de absorción y emisión, así como el hecho de que cada elemento químico tenga su espectro característico)

3. Suponga que la masa de la Tierra se duplicara.

a) Calcule razonadamente el nuevo periodo orbital de la Luna suponiendo que su radio orbital permaneciera constante.

b) Si, además de duplicarse la masa terrestre, se duplicara su radio, ¿Cuál sería el valor de g en la superficie terrestre?

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6370 \text{ km}$; $R_{\text{orbital Luna}} = 1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$ (Este último dato está mal: el radio orbital de la Luna es de aproximadamente $384400 \text{ km} = 3,844 \cdot 10^8 \text{ m}$. Han puesto el radio de la Luna, no el de su órbita. Si se sustituyera ese valor, los resultados del apartado a) serían completamente absurdos. Sin embargo, esto no afecta al apartado b))

a) La relación entre el periodo orbital y el radio de la órbita de un satélite que describe órbitas en torno a un astro

central viene dada por la tercera Ley de Kepler: $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M}$

donde T es el periodo orbital del satélite, r es el radio de la órbita, y M la masa del cuerpo central (en este caso la Tierra). Suponemos en esta cuestión que la masa de la Tierra es $M = 2 \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} = 1,2 \cdot 10^{25} \text{ kg}$

Despejando el periodo orbital: $T^2 = r^3 \cdot \frac{4\pi^2}{G \cdot M} = 1,67 \cdot 10^6 \text{ s} \approx 465 \text{ h} \approx 19,4 \text{ días}$

El periodo de revolución disminuiría (en la realidad es de unos 28 días)

b) La gravedad superficial es el valor del campo gravitatorio creado por el planeta en su superficie. Admitiendo

que la Tierra es una esfera, el campo gravitatorio que crea en su superficie viene dado por $g_0 = \frac{G \cdot M}{R^2}$, donde

M y R son la masa y el radio del planeta, respectivamente. Al duplicar ambas magnitudes, la gravedad superficial será

$g_0' = \frac{G \cdot 2M}{(2R)^2} = \frac{2G \cdot M}{4 \cdot R^2} = \frac{g_0}{2}$ La gravedad superficial se reduciría a la mitad del valor actual.

Suponiendo un valor aproximado de $g_{0T} = 9,8 \text{ m/s}^2$, la nueva gravedad superficial sería de $4,9 \text{ m/s}^2$.

4. Un cuerpo realiza un movimiento vibratorio armónico simple.

- a) Escriba la ecuación de movimiento si la aceleración máxima es $5\pi^2 \text{ cm s}^{-2}$, el periodo de las oscilaciones 2 s y la elongación del cuerpo al iniciarse el movimiento 2,5 cm.
- b) Represente gráficamente la elongación y la velocidad en función del tiempo y comente la gráfica.
- a) Un movimiento armónico simple (m.a.s.) es un movimiento oscilatorio periódico, cuya elongación (desplazamiento) respecto a la posición de equilibrio (y) viene dada por una función sinusoidal $y = A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi_0)$, donde A es la amplitud del movimiento (valor máximo de la elongación), ω la frecuencia angular y φ_0 la fase inicial del movimiento.

Calculamos las magnitudes implicadas a partir de los datos del problema:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi \text{ rad}}{2 \text{ s}} = \pi \text{ rad / s}$$

$$\text{Aceleración máxima: } a_{y\text{máx}} = A \cdot \omega^2 \rightarrow A = \frac{a_{y\text{máx}}}{\omega^2} = \frac{5\pi^2 \text{ cm / s}^2}{\pi^2 \text{ s}^{-2}} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

Fase inicial: Para $t = 0 \text{ s}$, $y = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$. sustituyendo en la ecuación.

$$y = A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi_0) \rightarrow 0,025 = 0,05 \cdot \text{sen}(\varphi_0) \rightarrow \varphi_0 = \text{arcsen}(0,5) = \frac{\pi}{6} \text{ rad} = 0,52 \text{ rad}$$

(También es válido $\varphi_0 = \frac{5}{6} \pi$)

La ecuación de movimiento queda:

$$y(t) = 0,05 \cdot \text{sen}(\pi \cdot t + \frac{\pi}{6}) \text{ m}$$

- b) La velocidad de vibración se obtiene derivando la elongación respecto al tiempo.

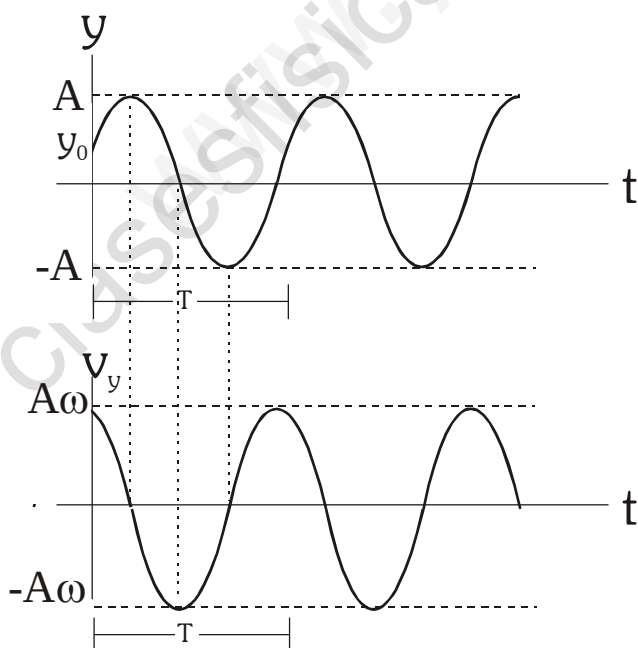
$$v_y = \frac{dy}{dt} = 0,05 \cdot \pi \cdot \cos(\pi \cdot t + \frac{\pi}{6}) \text{ m / s}$$

La velocidad es máxima (en valor absoluto) en aquellos instantes en que el móvil pasa por la posición de equilibrio, y nula cuando el móvil se encuentra en sus punto de elongación máxima.

La velocidad máxima es $0,05\pi \text{ m/s}$. Ambas funciones (seno y coseno) están desfasadas $\pi/2$.

Para $t = 0 \text{ s}$, el movimiento comienza con una elongación igual a $0,025 \text{ m}$ (la mitad de la amplitud) y con una velocidad de $0,136 \text{ m/s}$ (la velocidad máxima es de $0,157 \text{ m/s}$)

Como todo m.a.s, la gráfica representa un movimiento periódico.



OPCIÓN B:

1. Conteste razonadamente a las siguientes preguntas:

a) **¿Puede asociarse una energía potencial a una fuerza de rozamiento?**

b) **¿Qué tiene más sentido físico, la energía potencial en un punto o la variación de energía potencial entre dos puntos?**

a) No puede hacerse, ya que sólo tiene sentido asociar una energía potencial a una fuerza conservativa (como las fuerzas gravitatoria, elástica y eléctrica), y la fuerza de rozamiento es una fuerza no conservativa.

La razón de esto está en la relación entre energía potencial y fuerza. La energía potencial se define a partir de la expresión $\Delta E_p = -W_{FC}$, que permite calcular el trabajo realizado por la fuerza mediante la diferencia de energía potencial entre los puntos inicial y final del desplazamiento. Y esto sólo tiene sentido si el trabajo realizado por la fuerza es independiente del camino seguido, es decir, si sólo depende de los puntos inicial y final. Y para que esto ocurra la fuerza debe ser conservativa.

La fuerza de rozamiento es una fuerza no conservativa, y el trabajo que realiza entre dos puntos depende del camino seguido, por lo que sería imposible aplicar la expresión anterior.

b) Como hemos expresado anteriormente, el sentido físico (y su utilidad como magnitud física) de la energía potencial radica en la relación $\Delta E_p = -W_{FC}$ que permite calcular el trabajo realizado por la fuerza mediante la diferencia de energía potencial entre los puntos inicial y final del desplazamiento. Es la diferencia de energía potencial lo que nos va a indicar el trabajo realizado, la transferencia de energía.

Además, ya que la energía potencial se define a partir de la expresión anterior, no podemos conocer el valor exacto de la energía potencial en un punto, sólo diferencias entre puntos. Se hace necesario entonces establecer una referencia, un origen de energía potencial a partir del cual medir.

Como hemos argumentado, tiene más sentido físico la diferencia de energía potencial entre dos puntos.

2. a) **La masa de un núcleo atómico no coincide con la suma de las masas de las partículas que lo constituyen. ¿Es mayor o menor? ¿Cómo justifica esa diferencia?**

b) **¿Qué se entiende por estabilidad nuclear? Explique, cualitativamente, la dependencia de la estabilidad nuclear con el número másico.**

a) La masa de un núcleo atómico es menor que la suma de las masas de las partículas que lo componen. Esto se conoce como defecto másico, y se debe a la transformación de masa en energía al formarse el núcleo a partir de sus partículas. Este fenómeno 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 al formarse el núcleo a partir de sus partículas se conoce como energía de enlace (E_e) y es la responsable, en términos energéticos, de la estabilidad nuclear, ya que para volver a separar las partículas habría que suministrar al núcleo esa energía que ha desprendido.

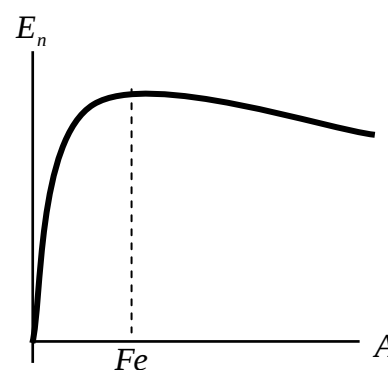
$E_e = |\Delta m \cdot c^2|$, siendo el defecto másico $\Delta m = m_{\text{Núcleo}} - \sum m_{\text{Partículas}}$

b) 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. 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 (ver apartado anterior) 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. Los elementos más ligeros que el hierro desprenden energía al fusionarse, mientras que para los elementos pesados es la fisión lo que produce desprendimiento de energía.

3. Una partícula de masa m y carga -10^{-6} C se encuentra en reposo al estar sometida al campo gravitatorio terrestre y a un campo eléctrico uniforme $E = 100 \text{ N C}^{-1}$ de la misma dirección.

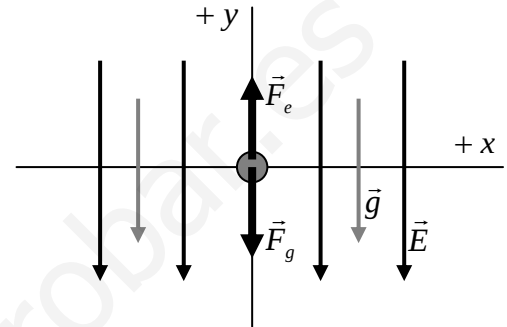
a) Haga un esquema de las fuerzas que actúan sobre la partícula y calcule su masa.

b) Analice el movimiento de la partícula si el campo eléctrico aumentara a 120 N C^{-1} y determine su aceleración.

$$g = 10 \text{ m s}^{-2}$$

- a) La partícula se encuentra sometida únicamente a dos campos constantes, uno gravitatorio y otro electrostático. Por tanto, las dos únicas fuerzas que sufrirá la partícula serán la gravitatoria $\vec{F}_g = m \cdot \vec{g}$ y la electrostática $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$, cuyas direcciones y sentidos aparecen en el esquema.

Al estar la partícula en reposo, se cumple para ella la primera ley de Newton, por lo que la resultante de las fuerzas sobre la misma es nula. $\Sigma \vec{F} = 0 \rightarrow \vec{F}_g + \vec{F}_e = 0 \rightarrow \vec{F}_g = -\vec{F}_e$, por lo que ambas fuerzas serán iguales en módulo y dirección, y en sentido contrario.



$$\text{Así: } m \cdot g = |q| \cdot E \rightarrow m = \frac{|q| \cdot E}{g} = \frac{10^{-6} \text{ C} \cdot 100 \text{ N C}^{-1}}{10 \text{ N kg}^{-1}} = 10^{-5} \text{ kg}$$

- b) Si el módulo del campo eléctrico aumenta, también lo hace el valor de la fuerza eléctrica, con lo que la partícula dejará de estar en equilibrio, y sufrirá una aceleración que viene dada por la segunda ley de Newton:

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m} = \frac{q \cdot \vec{E} + m \cdot \vec{g}}{m} = \frac{-10^{-6} \text{ C} \cdot (-120 \frac{\text{N}}{\text{C}} \vec{j}) + 10^{-5} \text{ kg} \cdot (-10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \vec{j})}{10^{-5} \text{ kg}} = 2 \vec{j} \text{ m s}^{-2}$$

Al ser la aceleración constante, el movimiento de la partícula será uniformemente acelerado, y su trayectoria será rectilínea, al partir del reposo.

El esquema de las fuerzas es el mismo que el del apartado anterior, sólo cambia el módulo de las mismas.

4. Un haz de luz de $5 \cdot 10^4 \text{ Hz}$ viaja por el interior de un diamante.

a) Determine la velocidad de propagación y la longitud de onda de esa luz en el diamante.

b) Si la luz emerge del diamante al aire con un ángulo de refracción de 10° , dibuje la trayectoria del haz y determine el ángulo de incidencia.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{diamante}} = 2,42$$

- a) Nos encontramos ante un haz de luz (una onda electromagnética) que se propaga por un medio transparente. La velocidad de la luz en el diamante la calculamos a partir de su índice de refracción, que es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio:

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2,42} = 1,24 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Y a partir de ahí calculamos la longitud de onda de la luz en el diamante, a partir de la velocidad de propagación y la frecuencia (que se mantiene constante)

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{1,24 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{5 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}} = 2480 \text{ m}$$

- b) El rayo de luz sufre refracción al pasar a propagarse por un medio con diferente índice de refracción (la luz se propaga a diferente velocidad).

Al propagarse por un medio diferente, cambian las características de la onda que dependen del medio, como la velocidad de propagación y la longitud de onda. La frecuencia (el tipo de radiación, el “color” de la luz) depende exclusivamente del foco emisor, y no cambia al pasar de un medio a otro. En la refracción, debido a la diferencia de velocidad experimentada por la onda, el frente de onda se desvía. La relación entre el ángulo que forman con la normal a la frontera los rayos incidentes y refractados viene dada por la ley de Snell:

$$n_1 \cdot \text{sen} \alpha_1 = n_2 \cdot \text{sen} \alpha_2$$

donde n_1 y α_1 corresponden a la onda incidente y n_2 , α_2 al rayo refractado (emergente), como se ve en el esquema.

$$n_1 = 2,42 ;$$

$\alpha_2 = 10^\circ$ $n_2 \sim 1$ (consideramos que el índice de refracción del aire es aproximadamente igual al del vacío)

Aplicando la ley de Snell:

$$2,42 \cdot \text{sen} \alpha_1 = 1 \cdot \text{sen} 10^\circ \rightarrow \alpha_1 = \arcsen(0,072) = 4,11^\circ$$

El ángulo de incidencia es de $4,11^\circ$.

(Se observa que, al pasar de un medio a otro con menor índice de refracción, el ángulo de refracción es mayor que el de incidencia)

