PROVES D'ACCÉS A LA UNIVERSITAT	PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD
CONVOCATÒRIA: JULIOL 2016	CONVOCATORIA: JULIO 2016
Assignatura: FÍSICA	Asignatura: FÍSICA

BAREMO DEL EXAMEN: La puntuación máxima de cada problema es de 2 puntos y la de cada cuestión de 1,5 puntos. Cada estudiante podrá disponer de una calculadora científica no programable y no gráfica. Se prohíbe su utilización indebida (almacenamiento de información). Se utilice o no la calculadora, los resultados deberán estar siempre debidamente justificados. Realiza primero el cálculo simbólico y después obtén el resultado numérico.

OPCIÓN A

BLOQUE I-CUESTIÓN

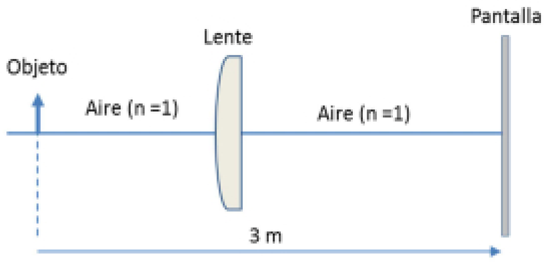
Deduce razonadamente la expresión de la velocidad de escape de un planeta de radio R y masa M. Calcula la velocidad de escape del planeta Marte, sabiendo que su radio es de 3380 km y su densidad media es de 4000 kg/m^3.
Dato: constante de gravitación universal, $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N\,m^2/kg^2$.

BLOQUE II-CUESTIÓN

Un cuerpo de masa $m = 4\ kg$ describe un movimiento armónico simple con un periodo $T = 2\ s$ y una amplitud $A = 2\ m$. Calcula la energía cinética máxima de dicho cuerpo y razona en qué posición se alcanza respecto al equilibrio. ¿Cuánto vale su energía potencial en dicho punto? Justifica la respuesta.

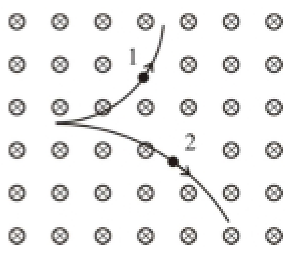
BLOQUE III-PROBLEMA

Se desea obtener en el laboratorio la potencia y la distancia focal imagen de una lente. La figura muestra la lente problema, un objeto luminoso y una pantalla. Se observa que la imagen proporcionada por la lente, sobre la pantalla, es dos veces mayor que el objeto e invertida. Calcula:
a) La distancia focal y la potencia de la lente (en dioptrías). (1 punto)
b) La posición y tamaño de la imagen si el objeto se situase a $4/3\,m$ a la izquierda de la lente. (1 punto)



BLOQUE IV-CUESTIÓN

Dos partículas cargadas, y con la misma velocidad, entran en una región del espacio donde existe un campo magnético perpendicular a su velocidad (de acuerdo con la figura, el campo magnético entra en el papel). ¿Qué signo tiene cada una de las cargas? ¿Cuál de las dos posee mayor relación $|q|/m$? Razona las respuestas.



BLOQUE V-CUESTIÓN

Explica los tipos de radiactividad natural conocidos, indicando los nombres de las partículas que los constituyen. Supongamos que se tiene una sustancia que emite un tipo de radiactividad no identificado. Describe brevemente alguna experiencia que se podría realizar para identificar de qué tipo de emisión radiactiva se trata.

BLOQUE VI-PROBLEMA

En un sincrotrón se aceleran electrones para la producción de haces intensos de rayos X que se utilizan en experimentos de biología, farmacia, física, medicina y química. La energía máxima de los electrones es $E = 1{,}0\ MeV$.
a) Calcula razonadamente la relación entre esta energía de los electrones y su energía en reposo (es decir, E/E_0). Calcula la velocidad de los electrones. (1 punto)
b) En un determinado experimento se utilizan rayos X cuya energía es de 12 keV. Calcula razonadamente su longitud de onda. (1 punto)
Datos: velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8\ m/s$; masa del electrón, $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ kg$; constante de Planck: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s$; carga elemental: $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$.

COMISSIÓ GESTORA DE LES PROVES D'ACCÉS A LA UNIVERSITAT
COMISIÓN GESTORA DE LAS PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD

SISTEMA UNIVERSITARI VALENCIÀ
SISTEMA UNIVERSITARIO VALENCIANO

PROVES D'ACCÉS A LA UNIVERSITAT	PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD
CONVOCATÒRIA: JULIOL 2016	CONVOCATORIA: JULIO 2016
Assignatura: FÍSICA	Asignatura: FÍSICA

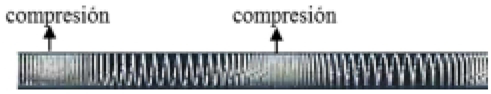
BAREMO DEL EXAMEN: La puntuación máxima de cada problema es de 2 puntos y la de cada cuestión de 1,5 puntos. Cada estudiante podrá disponer de una calculadora científica no programable y no gráfica. Se prohíbe su utilización indebida (almacenamiento de información). Se utilice o no la calculadora, los resultados deberán estar siempre debidamente justificados. Realiza primero el cálculo simbólico y después obtén el resultado numérico.

OPCIÓN B

BLOQUE I-CUESTIÓN

¿A qué altura desde la superficie terrestre, la intensidad del campo gravitatorio se reduce a la cuarta parte de su valor sobre dicha superficie? Razona la respuesta. Dato: radio de la Tierra, $R_T = 6370\ km$.

BLOQUE II-PROBLEMA



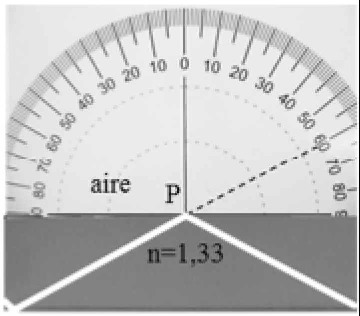
Un dispositivo mecánico genera vibraciones que se propagan como ondas longitudinales armónicas a lo largo de un muelle. La función de la elongación de la onda, si el tiempo se mide en segundos, es: $e(x,t) = 2 \cdot 10^{-3} \sin(2\pi t - \pi x)\ m$. Calcula razonadamente:

a) La velocidad de propagación de la onda y la distancia entre dos compresiones sucesivas. (1 punto)

b) Un instante en el que, para el punto $x = 0{,}5\ m$, la velocidad de vibración sea máxima. (1 punto)

BLOQUE III-CUESTIÓN

Un rayo de luz que se mueve en un medio de índice de refracción 1,33 incide en el punto P de la figura ¿Cómo se denomina el fenómeno óptico que se observa en la figura? ¿Qué es el ángulo límite? Razona cuál es su valor para el caso mostrado en la figura.



BLOQUE IV-PROBLEMA

Se colocan tres cargas puntuales en tres de los cuatro vértices de un cuadrado de 3 m de lado. Sobre el vértice $A(3,0)\ m$ hay una carga $Q_1 = -2\ nC$, sobre el vértice $B(3,3)\ m$ una carga $Q_2 = -4\ nC$ y sobre el vértice $C(0,3)\ m$ una carga $Q_3 = -2\ nC$. Calcula:

a) El vector campo eléctrico resultante generado por las tres cargas en el cuarto vértice, D, del cuadrado. (1 punto)

b) El potencial eléctrico generado por las tres cargas en dicho punto D. ¿Qué valor debería tener una cuarta carga, Q_4, situada a una distancia de 9 m del punto D, para que el potencial en dicho punto fuese nulo? (1 punto)

Dato: constante de Coulomb: $k_e = 9 \cdot 10^9\ Nm^2/\ C^2$

BLOQUE V-CUESTIÓN

El análisis de ${}^{14}_{6}C$ de un cuerpo humano perteneciente a una antigua civilización mesopotámica (Periodo Uruk) revela que actualmente presenta el 50% de la cantidad habitual en un ser vivo. Calcula razonadamente el año en que murió el individuo.

Dato: Periodo de semidesintegración del ${}^{14}_{6}C$, $T_{1/2} = 5760$ años.

BLOQUE VI-CUESTIÓN

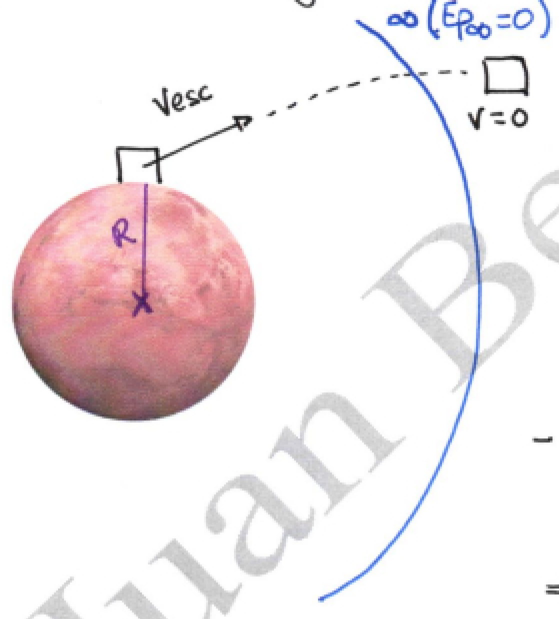
Si un protón y una partícula alfa tienen la misma longitud de onda de De Broglie asociada, ¿qué relación, $\frac{E_c^{protón}}{E_c^{alfa}}$, hay entre sus energías cinéticas? Datos: masa del protón, $m_p = 1\ u$; masa de la partícula alfa, $m_\alpha = 4\ u$. Nota: considera las velocidades de las dos partículas muy inferiores a la velocidad de la luz en el vacío.

OPCIÓN A

BLOQUE I - CUESTIÓN

La velocidad de escape es la velocidad mínima con la que debe lanzarse un cuerpo para que llegue al infinito con velocidad nula.

En términos energéticos, tenemos que comunicar a ese cuerpo una energía (cinética) para que eso sea posible:



Por el principio de conservación de la energía:

$$\Delta E_m = 0 \Rightarrow E_{inicial} = E_{final}$$

$$E_{p_0} + E_{c_0} = \cancel{E_{p_f}}^{\,0} + \cancel{E_{c_f}}^{\,0}$$

$$-G\frac{M\cancel{m}}{R} + \frac{1}{2}\cancel{m}\cdot V_{esc}^2 = 0$$

$$\Rightarrow V_{esc} = \sqrt{2\cdot\frac{GM}{R}}$$

En el caso particular de Marte:

$$D = \frac{M}{V} \Longrightarrow 4000 = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi\,(3380\cdot 10^3)^3} \Rightarrow M = 6'47\cdot 10^{23}\ \text{Kg}$$

$$V_{esfera} = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$\Longrightarrow V_{esc} = \sqrt{2\,\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{2\cdot 6'67\cdot 10^{-11}\cdot 6'47\cdot 10^{23}}{3380\cdot 10^3}} = 5053'23\ \text{m/s}$$

BLOQUE II - CUESTIÓN

La posición respecto al equilibrio (elongación) viene dada por:

$$y = A\,\text{sen}(\omega t + \varphi_0) \text{ m}$$

siendo por tanto la velocidad:

$$v = \frac{dy}{dt} = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \text{ m/s}$$

Dicha velocidad será máxima cuando $\cos(\omega t + \varphi_0) = \pm 1$.

Así:

$$V_{máx} = \pm A \cdot \omega \Rightarrow Ec_{máx} = \frac{1}{2} m V_{máx}^2 = \frac{1}{2} m (A \cdot \omega)^2 = \frac{1}{2} m \cdot \omega^2 \cdot A^2$$

$$\xRightarrow[\omega = \frac{2\pi}{T}]{} Ec_{máx} = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \left(\frac{2\pi}{\cancel{2}}\right)^2 \cdot 2^2 = 8\pi^2 = 78'96 \text{ J}$$

Dado que $V_{máx}$ se alcanza cuando $\cos(\omega t + \varphi_0) = \pm 1$, se tendrá que:

$$\cos^2(\omega t + \varphi_0) + \text{sen}^2(\omega t + \varphi_0) = 1$$ (Ecuación Fundamental Trigonometría)

$$1 + \text{sen}^2(\omega t + \varphi_0) = 1 \Rightarrow \text{sen}(\omega t + \varphi_0) = 0$$

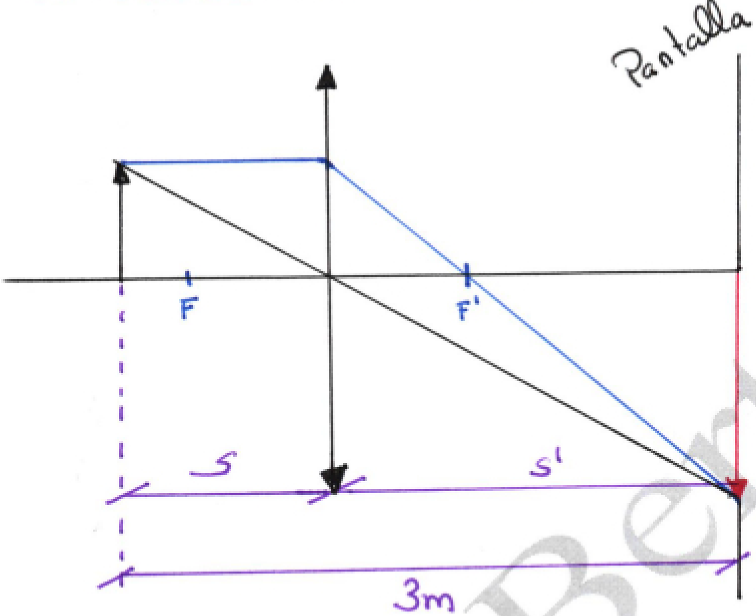
Y Así:

$$y = A\,\text{sen}(\omega t + \varphi_0) = A \cdot 0 = 0 \text{ m}$$

Es decir, que la energía cinética es máxima en la posición de equilibrio $y = 0$.

Como la energía potencial es función de la elongación y ésta es nula, cuando la energía cinética es máxima la potencial es nula.

BLOQUE III - PROBLEMA



a) Los datos que nos dan son:

$s' - s = 3$

$A_L = -2$

Invertida

Dos veces mayor

$A_L = -2 \Rightarrow \frac{s'}{s} = -2 \Rightarrow s' = -2s$

$s' - s = 3 \Rightarrow -2s - s = 3 \Rightarrow -3s = 3 \Rightarrow s = -1m \;;\; s' = 2m$

Y aplicando en la ecuación de las lentes:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{2} - \frac{1}{-1} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{1}{f'} = P$$

$$\Rightarrow P = 1'5 \text{ Dioptrías} \;;\; f' = \frac{2}{3} \text{ m}$$

b) En el caso de que se tenga $s = -\frac{4}{3}$ m tendremos:

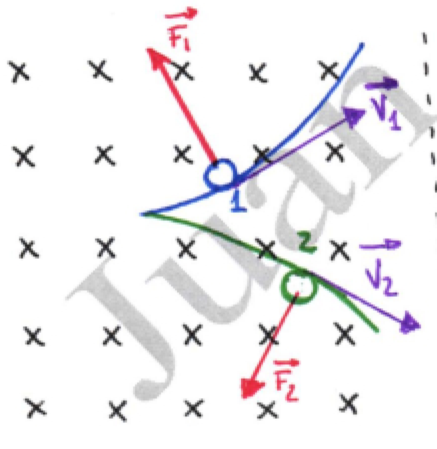
$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{3}{4} = 1'5 \Rightarrow s' = \frac{4}{3} \text{ m}$$

Y Por tanto:

$$A_L = \frac{s'}{s} = \frac{4/3}{-4/3} = -1$$ $\Rightarrow$ Tendremos una imagen invertida del mismo tamaño que el objeto.

BLOQUE IV - CUESTIÓN

Vistas las trayectorias de las partículas 1 y 2 dadas por la figura, podemos deducir la dirección y sentido de la fuerza magnética a la que están sometidas directamente y según:



Ahora basta razonar con la regla de la mano para establecer que la partícula 1 tiene carga positiva y la partícula 2 tiene carga negativa. Es decir:

$$q_1 > 0 \quad y \quad q_2 < 0$$

Como vemos además, la fuerza magnética es en ambos casos una fuerza centrípeta, y por tanto:

$$F = m \cdot a_N \Rightarrow |q| \cdot \cancel{v} \cdot B = m \cdot \frac{v^{\cancel{2}}}{R} \Rightarrow \frac{|q|}{m} = \frac{v}{RB}$$

Siendo $V_1 = V_2$, tendrá mayor relación carga/masa la partícula que describa la trayectoria circular con menor radio. Así:

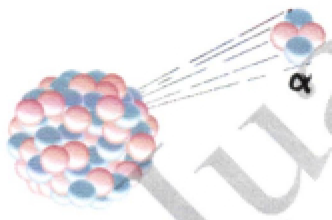
$$\frac{|q_1|}{m_1} > \frac{|q_2|}{m_2}$$

BLOQUE V - CUESTIÓN

La radiactividad NATURAL es aquella radiactividad que existe en la naturaleza sin intervención humana. Los tipos de radiación son:

→ Radiación Alfa:

Se da en núcleos atómicos considerablemente masivos y consiste en la emisión de un núcleo de ${}^{4}_{2}He$



$${}^{A}_{Z}X \xrightarrow{\alpha} {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

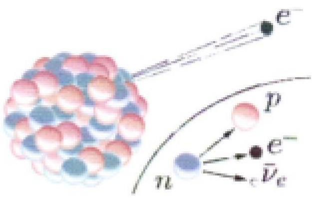
↳ Partícula α

→ Radiación β^-:

Se da en núcleos inestables que poseen un exceso de neutrones. Para corregirlo, la fuerza nuclear débil posibilita que éstos decaigan según:

$${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}_e$$

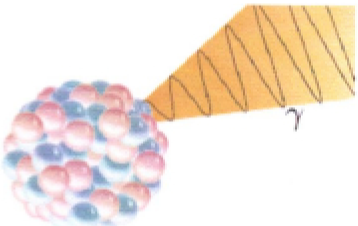
↳ β^- (electrones)



$${}^{A}_{Z}X \xrightarrow{\beta^-} {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu_e}$$

→ Radiación Gamma:

Es una radiación electromagnética en la que se emiten fotones de alta energía cuando el núcleo pasa de un estado excitado a un estado estable de menor energía.



$${}^{A}_{Z}X^{*} \xrightarrow{\gamma} {}^{A}_{Z}X + \text{fotones}$$

Para identificar estas radiaciones, podemos hacerlas pasar por un campo eléctrico $\vec{E}$. Si las partículas se desvian en la dirección del campo, tienen carga positiva y por tanto son partículas α. Si se desvian en contra del campo tienen carga negativa y por tanto son β^-. Por último, si no interactuan con el campo, son los ya mencionados fotones.

También se puede utilizar un campo magnético $\vec{B}$ y ver que sucede con la trayectoria. (ver cuestión 4)

BLOQUE VI - PROBLEMA

a) $E = mc^2 = \gamma m_0 \cdot c^2 \Rightarrow E = \gamma \cdot E_0 \Rightarrow \frac{E}{E_0} = \gamma$

$$E = 1\ MeV \times \frac{10^6\ eV}{1\ MeV} \times \frac{1'6 \cdot 10^{-19}\ J}{1 eV} = 1'6 \cdot 10^{-13}\ J$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{E}{m_0 \cdot c^2} = \frac{1'6 \cdot 10^{-13}}{9'1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2} = 1'9536$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Rightarrow \gamma^2 = \frac{1}{1 - (v/c)^2} \Rightarrow 1 - (v/c)^2 = \frac{1}{\gamma^2} \Rightarrow$$

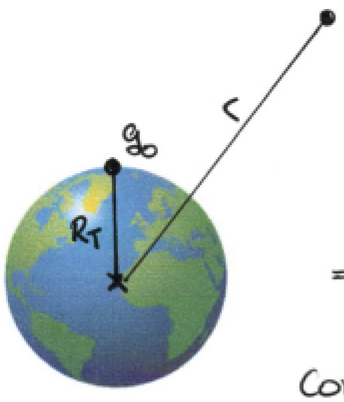
$$\Rightarrow (v/c) = \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = 0'86 \Rightarrow v = 0'86c = 2'58 \cdot 10^8\ m/s$$

b) $E = 12\ KeV \times \frac{1000\ eV}{1\ KeV} \times \frac{1'6 \cdot 10^{-19}\ J}{1 eV} = 1'92 \cdot 10^{-15}\ J$

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1'92 \cdot 10^{-15}} = 1'036 \cdot 10^{-10}\ m$$

OPCIÓN B

BLOQUE I - CUESTIÓN



$$g = \frac{1}{4} \cdot g_0$$

$$\cancel{G} \cdot \frac{\cancel{M}}{r^2} = \frac{1}{4} \cdot \cancel{G} \cdot \frac{\cancel{M}}{R_T^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r^2 = 4R_T^2 \Rightarrow r = \sqrt{4R_T^2} = 2R_T$$

Como nos piden la altura desde la superficie $\Rightarrow r = R_T + h \Rightarrow h = r - R_T = 2R_T - R_T = R_T = 6370\,Km$

BLOQUE II - PROBLEMA

a) $$\left.\begin{array}{l} e(x,t) = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \text{sen}(2\pi t - \pi x)\ m \\ e(x,t) = A \cdot \text{sen}(\omega t - kx)\ m \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left\{\begin{array}{l} \omega = 2\pi \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = 2\pi \Rightarrow T = 1\,s. \\ k = \pi \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} = \pi \Rightarrow \lambda = 2m \end{array}\right\} v_p = \frac{\lambda}{T} = 2m/s$$

Siendo además $\lambda = 2m$ la distancia entre dos compresiones sucesivas.

b) $$v(x,t) = \frac{d}{dt}(e(x,t)) = 4\pi \cdot 10^{-3} \cos(2\pi t - \pi x)\ m/s$$

Si $x = 0'5$ m

$$v(t) = 4\pi \cdot 10^{-3} \cos(2\pi t - 0'5\pi) \text{ m/s}$$

La velocidad será máxima cuando $\cos(2\pi t - 0'5\pi) = \pm 1$

Así:

$$\cos(2\pi t - 0'5\pi) = \pm 1 \Rightarrow 2\pi t - 0'5\pi = n\cdot\pi \quad n = 0, 1, 2, 3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2\cancel{\pi}t - 0'5\cancel{\pi} = n\cancel{\pi} \Rightarrow 2t = 0'5 + n \Rightarrow t = 0'25 + \frac{n}{2} \text{ s.}$$

Si queremos un instante concreto, no tenemos más que sustituir en n. Así:

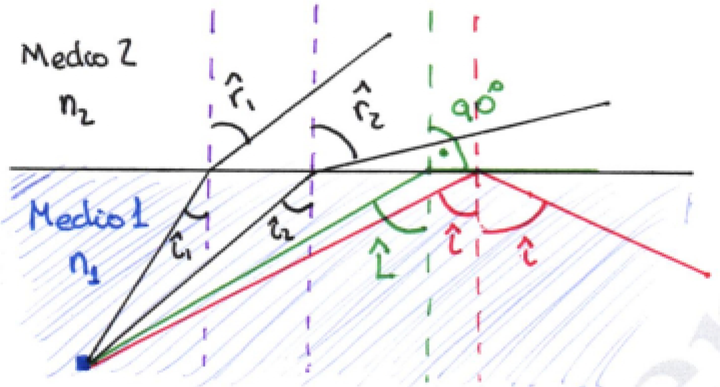
$n = 0 \longrightarrow t = 0'25$ s.
(primer instante)

$n = 1 \longrightarrow t = 0'75$ s.
(segundo instante)

⋮
etc

BLOQUE III - CUESTIÓN

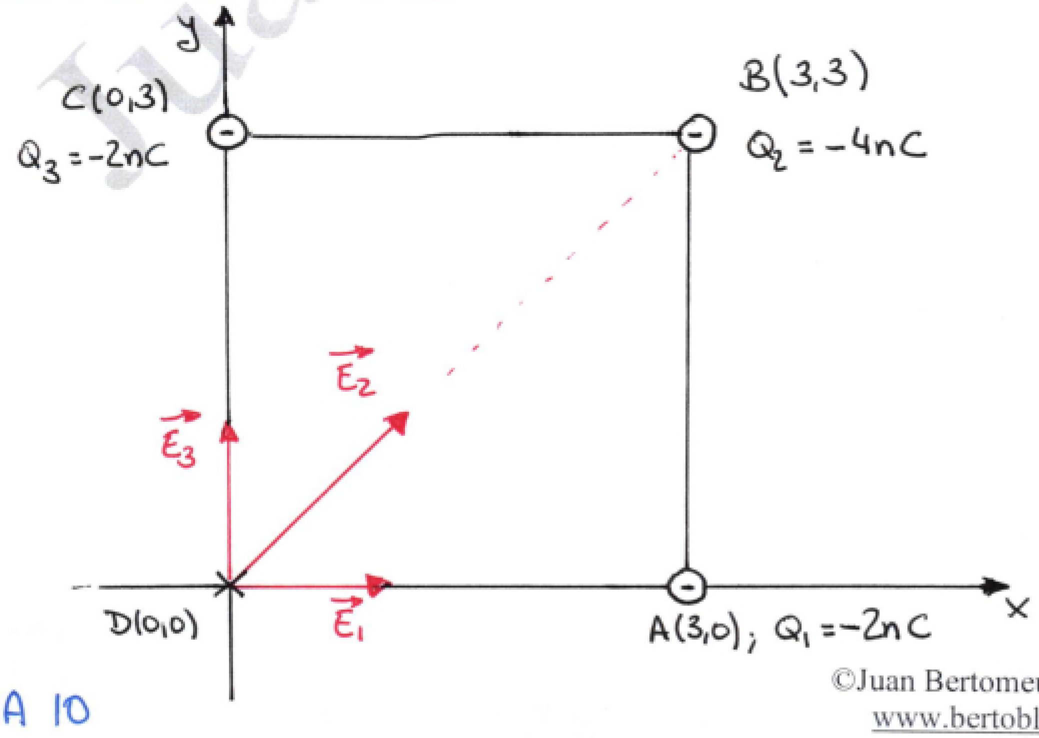
El fenómeno que se observa es el de REFLEXIÓN TOTAL. Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro en el que se propaga con mayor velocidad ($n_1 > n_2$) el rayo refractado se "aleja" de la normal. Si el ángulo de incidencia se hace mayor, también crece el ángulo de refracción. Para un ángulo de incidencia determinado (llamado ÁNGULO LÍMITE $\hat{L}$) el rayo refractado presenta un ángulo de refracción de 90°. Para ángulos de incidencia superiores al ángulo límite se produce la reflexión total.



$$n_1 \cdot \text{sen}\,\hat{i} = n_2\,\text{sen}\,\hat{r} \Rightarrow 1'33\,\text{sen}\,\hat{L} = 1 \cdot \cancel{\text{sen}\,90}^{\,1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{sen}\,\hat{L} = \frac{1}{1'33} \Rightarrow \hat{L} = \text{arcsen}\left(\frac{1}{1'33}\right) = 48'59°$$

BLOQUE IV - PROBLEMA



Campo $\vec{E_1}$:

$$\left.\begin{array}{l}\vec{AD} = (0,0)-(3,0) = (-3,0) \\ |\vec{AD}| = r_1 = \sqrt{3^2} = 3\ m \\ \vec{\mu_{r_1}} = \frac{1}{|\vec{AD}|}\cdot \vec{AD} = (-1,0)\end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l}\vec{E_1} = K\cdot\frac{Q_1}{r_1^2}\cdot\vec{\mu_{r_1}} \Rightarrow \\ \vec{E_1} = 9\cdot10^9\cdot\frac{(-2\cdot10^{-9})}{3^2}\cdot(-1,0) = (2,0)\ N/C\end{array}$$

Campo $\vec{E_2}$:

$$\left.\begin{array}{l}\vec{BD} = (0,0)-(3,3) = (-3,-3) \\ |\vec{BD}| = r_2 = \sqrt{3^2+3^2} = 3\sqrt{2}\ m \\ \vec{\mu_{r_2}} = \frac{1}{|\vec{BD}|}\cdot \vec{BD} = \left(\frac{-1}{\sqrt{2}}, \frac{-1}{\sqrt{2}}\right)\end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l}\vec{E_2} = K\cdot\frac{Q_2}{r_2^2}\cdot\vec{\mu_{r_2}} \Rightarrow \\ \vec{E_2} = 9\cdot10^9\cdot\frac{(-4\cdot10^{-9})}{(3\sqrt{2})^2}\cdot(-1/\sqrt{2}, -1/\sqrt{2}) = \\ = (\sqrt{2}, \sqrt{2})\ N/C\end{array}$$

Campo $\vec{E_3}$:

Siendo $r_1 = r_3$ y $Q_1 = Q_3$ es fácil ver que $\vec{E_3} = (0,2)\ N/C$

$$\vec{E}_{TOTAL} = \vec{E_1} + \vec{E_2} + \vec{E_3} = (2,0) + (\sqrt{2},\sqrt{2}) + (0,2) = (2+\sqrt{2}, 2+\sqrt{2})\ N/C$$

b) $V_D = V_1 + V_2 + V_3 = 2V_1 + V_2 = 2K\frac{Q_1}{r_1} + K\frac{Q_2}{r_2} =$

$Q_1 = Q_3$
$r_1 = r_3$ $\Rightarrow V_1 = V_3$

$$= 2\cdot 9\cdot10^9\cdot\frac{(-2\cdot10^{-9})}{3} + 9\cdot10^9\cdot\frac{(-4\cdot10^{-9})}{3\sqrt{2}} = -12 - \frac{12}{\sqrt{2}} = -20'49\ V$$

Para que se anulase el potencial en D, la carga Q_4 debería por tanto generar un potencial $V_4 = +20'49\ V$

Así:

$$V_4 = K \cdot \frac{Q_4}{r_4} \Rightarrow 20'49 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q_4}{9} \Rightarrow Q_4 = 20'49 \text{ nC}$$

BLOQUE V - CUESTIÓN

El periodo de semidesintegración es por definición el tiempo que transcurre hasta que una muestra radiactiva reduce su actividad un 50%. Por tanto, podemos asegurar que el individuo falleció hace $T_{1/2} = 5760$ años (es decir, en el 3744 a.C)

BLOQUE VI - CUESTIÓN

Al ser velocidades NO relativistas:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot V^2 = \frac{1}{2} m \cdot \frac{m}{m} \cdot V^2 = \frac{1}{2m} m^2 \cdot V^2 = \frac{1}{2m} (m \cdot v)^2 = \frac{p^2}{2m}$$

siendo $p = m \cdot v$ el momento lineal.

Por otro lado:

$$\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow \lambda_\alpha = \lambda_p \Rightarrow \frac{h}{p_\alpha} = \frac{h}{p_p} \Rightarrow p_p = p_\alpha$$

Así:

$$\frac{E_c^{\text{protón}}}{E_c^{\text{alfa}}} = \frac{\frac{\cancel{p_p^2}}{\cancel{2} \cdot m_p}}{\frac{\cancel{p_\alpha^2}}{\cancel{2} \cdot m_\alpha}} = \frac{m_\alpha}{m_p} = \frac{4}{1} = 4$$