GENERALITAT VALENCIANA
CONSELLERIA D'EDUCACIÓ, FORMACIÓ I OCUPACIÓ

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: SETEMBRE 2011	CONVOCATORIA: SEPTIEMBRE 2011
FÍSICA	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.

OPCIÓN A

BLOQUE I – PROBLEMA

La distancia entre el Sol y Mercurio es de $58 \cdot 10^6$ km y entre el Sol y la Tierra es de $150 \cdot 10^6$ km. Suponiendo que las órbitas de ambos planetas alrededor del Sol son circulares, calcula la velocidad orbital de:

a) La Tierra. (1 punto)

b) Mercurio. (1 punto)

Justifica los cálculos adecuadamente

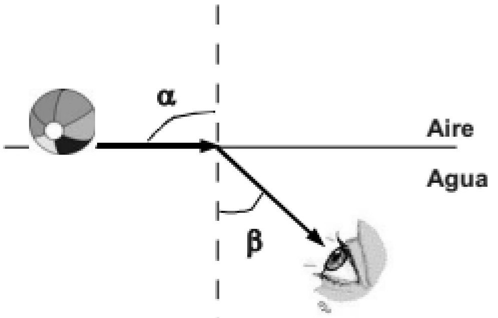
BLOQUE II - CUESTIÓN

Calcula los valores máximos de la posición, velocidad y aceleración de un punto que oscila según la función $x = \cos(2\pi \cdot t + \varphi_0)$ metros, donde t se expresa en segundos.

BLOQUE III - CUESTIÓN

Calcula el valor máximo del ángulo β de la figura, para que un submarinista que se encuentra bajo el agua pueda ver una pelota que flota en la superficie. Justifica brevemente la respuesta.

Datos: Velocidad de la luz en el agua, $v_{agua} = 2{,}3 \cdot 10^8$ m/s; velocidad de la luz en el aire, $v_{aire} = 3{,}0 \cdot 10^8$ m/s



BLOQUE IV - PROBLEMA

Un electrón entra con velocidad constante $\vec{v} = 10\vec{i}$ m/s en una región del espacio en la que existen un campo eléctrico uniforme $\vec{E} = 20\vec{j}$ N/C y un campo magnético uniforme $\vec{B} = B_o\vec{k}$ T .

a) Calcula y representa los vectores fuerza que actúan sobre el electrón (dirección y sentido), en el instante en el que entra en esta región del espacio. (1 punto)

b) Calcula el valor de B_0 necesario para que el movimiento del electrón sea rectilíneo y uniforme. (1 punto)

Nota: Desprecia el campo gravitatorio.

BLOQUE V – CUESTIÓN

Escribe la expresión del principio de incertidumbre de Heisenberg. Explica lo que significa cada término de dicha expresión.

BLOQUE VI - CUESTIÓN

El $^{124}_{55}Cs$ es un isótopo radiactivo cuyo periodo de semidesintegración es de 30,8 s. Si inicialmente se tiene una muestra con $3 \cdot 10^{16}$ núcleos de este isótopo, ¿Cuántos núcleos habrá 2 minutos después?

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.

OPCIÓN B

BLOQUE I – CUESTIÓN

El Apolo 11 fue la primera misión espacial tripulada que aterrizó en la Luna. Calcula el campo gravitatorio en el que se encontraba el vehículo espacial cuando había recorrido 2/3 de la distancia desde la Tierra a la Luna (considera sólo el campo originado por ambos cuerpos).

Datos: Distancia Tierra-Luna, $d = 3{,}84 \cdot 10^5$ km; masa de la Tierra, $M_T = 5{,}9 \cdot 10^{24}$ kg; masa de la Luna, $M_L = 7{,}4 \cdot 10^{22}$ kg; constante de gravitación universal $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg².

BLOQUE II - PROBLEMA

Una partícula de masa m = 2 kg, describe un movimiento armónico simple cuya elongación viene expresada por la función: $x = 0{,}6 \cdot \text{sen}\,(24 \cdot \pi \cdot t)$ metros, donde t se expresa en segundos. Calcula:

a) La constante elástica del oscilador y su energía mecánica total (1 punto).
b) El primer instante de tiempo en el que la energía cinética y la energía potencial de la partícula son iguales (1punto).

BLOQUE III – CUESTIÓN

¿Dónde debe situarse un objeto delante de un espejo cóncavo para que su imagen sea real? ¿Y para que sea virtual? Razona la respuesta utilizando únicamente las construcciones geométricas que consideres oportunas.

BLOQUE IV – CUESTIÓN

Una carga puntual q que se encuentra en un punto A es trasladada a un punto B, siendo el potencial electrostático en A mayor que en B. Discute cómo varía la energía potencial de dicha carga dependiendo de su signo.

BLOQUE V – PROBLEMA

Desde la Tierra se lanza una nave espacial que se mueve con una velocidad constante de valor el 70% de la velocidad de la luz. La nave transmite datos a la Tierra mediante una radio alimentada por una batería, que dura 15 años medidos en un sistema en reposo.

a) ¿Cuánto tiempo dura la batería de la nave, según el sistema de referencia de la Tierra? ¿En cuál de los dos sistemas de referencia se mide un tiempo dilatado? (1 punto)
b) Según el sistema de referencia de la nave, ¿A qué distancia se encuentra la Tierra en el instante en que la batería se agota? (1 punto)

Justifica brevemente tus respuestas.

BLOQUE VI – CUESTIÓN

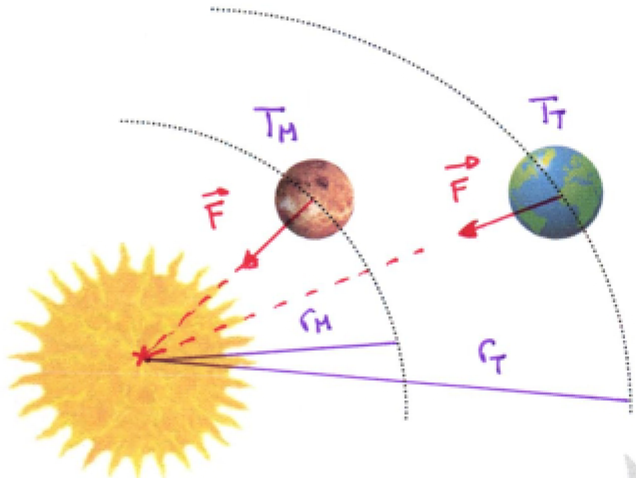
La longitud de onda de De Broglie de un electrón coincide con la de un fotón cuya energía (en el vacío) es de 10^8 eV. Calcula la longitud de onda del electrón y su energía cinética expresada en eV.

Datos: Constante de Planck $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J·s ; velocidad de la luz en el vacío $c = 3 \cdot 10^8$ m/s ;
masa del electrón $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg ; carga elemental $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

OPCIÓN A

BLOQUE I - PROBLEMA

a)



Los datos son:

$r_M = 58 \cdot 10^9 \text{ m}$

$r_T = 150 \cdot 10^9 \text{ m}$

y asumiremos como conocida la duración del año terrestre:

$T_T = 1 \text{ año} = 31536000 \text{ s}$

La velocidad orbital de la Tierra vendrá dada por:

$$V_T = \omega_T \cdot r_T = \frac{2\pi}{T_T} \cdot r_T = \frac{2\pi}{31536000} \cdot 150 \cdot 10^9 = 29885'77 \text{ m/s}$$

b) Para la velocidad orbital de Mercurio, debemos averiguar el periodo de Mercurio. Aplicando la 2ª Ley de Newton a cualquiera de los dos planetas:

$$F = m \cdot a_N \Rightarrow G \frac{M_{sol} \cdot \cancel{m}}{r^{\cancel{2}}} = \cancel{m} \cdot \frac{V^2}{\cancel{r}} \underset{V = \omega \cdot r}{\Longrightarrow} G \cdot \frac{M_{sol}}{r} = \omega^2 \cdot r^2 \Rightarrow$$

$$\underset{\omega = \frac{2\pi}{T}}{\Longrightarrow} G \cdot \frac{M_{sol}}{r} = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot r^2 \Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_{sol}}$$

Como acabamos de ver la relación $\frac{T^2}{r^3}$ es la misma para ambos planetas, con lo que podemos asegurar que:

$$\frac{T_T^2}{r_T^3} = \frac{T_M^2}{r_M^3}$$ (3ª Ley de Kepler)

Por tanto:

$$\frac{31536000^2}{(150\cdot 10^9)^3} = \frac{T_M^2}{(58\cdot 10^9)^3} \Rightarrow T_M = 7582487'6 \text{ s}$$

Y así, la velocidad pedida:

$$V_M = \omega_M \cdot r_M = \frac{2\pi}{T_M}\cdot r_M = \frac{2\pi}{7582487'6}\cdot 58\cdot 10^9 = 48061'37 \text{ m/s}$$

BLOQUE II - CUESTIÓN

La ecuación general es: $x(t) = A\cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$

Nuestra ecuación es: $x(t) = 1\cdot \cos(2\pi t + \varphi_0)$ m (t en s)

La posición máxima es la amplitud, e identificando es fácil ver que $A = 1$ m

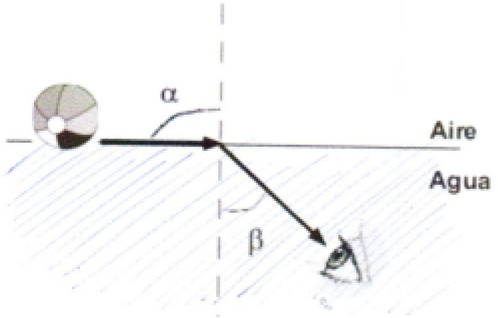
La velocidad se obtiene:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -2\pi\cdot \text{sen}(2\pi t + \varphi_0) \text{ m/s} \Rightarrow V_{máx} = \pm 2\pi \text{ m/s}$$

Y por último, la aceleración:

$$a(t) = \frac{d}{dt}v(t) = -4\pi^2\cdot \cos(2\pi t + \varphi_0) \text{ m/s}^2 \Rightarrow a_{máx} = \pm 4\pi^2 \text{ m/s}^2$$

BLOQUE III - CUESTIÓN



Vemos que el ángulo α es $\alpha = 90°$

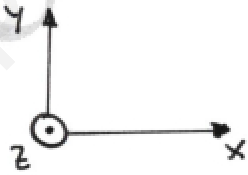
Aplicando Snell:

$$n_1 \operatorname{sen} \alpha = n_2 \operatorname{sen} \beta$$

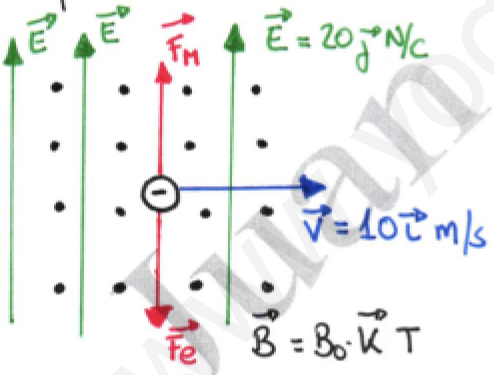
$$\frac{\cancel{c}}{V_{aire}} \cdot \cancel{\operatorname{sen} 90}^{\,1} = \frac{\cancel{c}}{V_{agua}} \cdot \operatorname{sen} \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \operatorname{sen} \beta = \frac{V_{agua}}{V_{aire}} = \frac{2'3 \cdot \cancel{10^8}}{3 \cdot \cancel{10^8}} \Rightarrow \beta = \operatorname{arcsen}\left(\frac{2'3}{3}\right) = 50'055°$$

BLOQUE IV - PROBLEMA

Tomando como sistema de referencia  , la representación

del problema será:



La fuerza eléctrica:

$$\vec{F}_e = q \cdot \vec{E} = q \cdot 20\vec{j} \text{ N}, \text{ y}$$

como $q < 0$, podemos escribir

$$\vec{F}_e = -20 \cdot |q| \, \vec{j} \text{ N}$$

La fuerza magnética:

$$\vec{F}_M = q\,(\vec{V} \times \vec{B}) = q \cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & B_0 \end{vmatrix} = -10 q B_0 \vec{j}, \text{ y de nuevo}$$

al ser $q < 0$, podemos escribir $\vec{F}_M = +10|q| \cdot B_0 \vec{j}$ N

b) Si el electrón no se desvía, los vectores $\vec{F_e}$ y $\vec{F_M}$ tienen el mismo módulo. Así:

$$|\vec{F_M}| = |\vec{F_e}| \Rightarrow 10 \cdot \cancel{|q|} \cdot B_0 = 20 \cancel{|q|} \Rightarrow B_0 = 2\ T$$

BLOQUE V - CUESTIÓN

El principio de indeterminación de Heisenberg afirma que no se puede determinar, simultaneamente y con precisión arbitraria ciertos pares de variables físicas como, por ejemplo, la posición y la cantidad de movimiento de un objeto dado. Esto es, cuanta mayor certeza se tenga al determinar la posición de una partícula, menos se conoce su momento lineal y, por tanto, su velocidad. Esto implica que las partículas en su movimiento no tienen asociada una trayectoria bien definida.

La expresión matemática del principio es:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \quad \text{(Indeterminación posición - momento lineal)}$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi} \quad \text{(Indeterminación tiempo - energía)}$$

que expresa el producto de las desviaciones estándar en la medición de cada una de las variables

Las partículas en mecánica cuántica, no siguen trayectorias definidas. No es posible conocer exactamente el valor de todas las magnitudes físicas que describen el estado de movimiento de la partícula en ningún momento, si no solo una distribución estadística. Por lo tanto no es posible asignar una trayectoria a una partícula. Lo que sí podemos decir es que hay una determinada probabilidad de que la partícula se encuentre en una determinada región del espacio en un momento determinado.

Ha de tenerse en cuenta que estos resultados solo afectan significativamente a la física subatómica, debido a la pequeñez de la constante de Planck (h). En el mundo macroscópico la indeterminación cuántica es despreciable y los resultados de las teorías físicas deterministas como la relatividad general de Einstein, siguen teniendo validez.

BLOQUE VI - CUESTIÓN

Calculamos la expresión del periodo de semidesintegración:

$$\boxed{N_0} \xrightarrow{t = T_{1/2}} \boxed{N = N_0/2} \qquad N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Longrightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\cancel{N_0}}{2} = \cancel{N_0} \cdot e^{-\lambda \cdot T_{1/2}} \Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda \cdot T_{1/2} \Rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Por tanto:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{30'8} \ s^{-1}$$

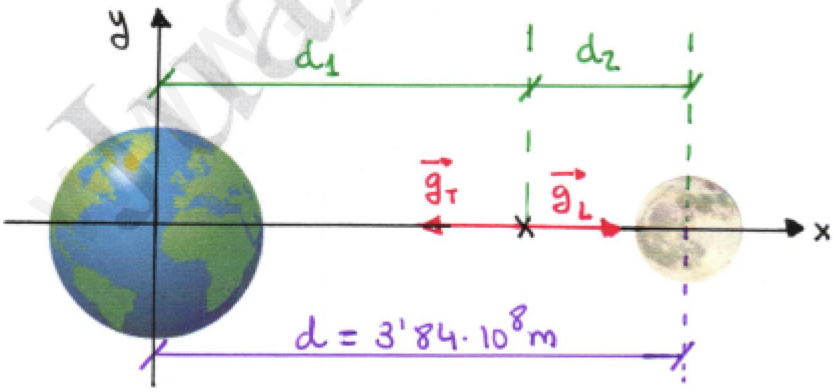
$t = 2$ minutos $= 120$ s

Y así:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow N = 3 \cdot 10^{16} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{30'8} \cdot (120)} = 2'015 \cdot 10^{15} \text{ núcleos}$$

OPCIÓN B

BLOQUE I - CUESTIÓN



$$g = G \frac{M}{r^2} \ N/kg$$

Las distancias son $d_1 = \frac{2}{3} d = 2'56 \cdot 10^8$ m y $d_2 = \frac{1}{3} d = 1'28 \cdot 10^8$ m

Y así, los campos $\vec{g}_T$ y $\vec{g}_L$:

$$g_T = G \cdot \frac{M_T}{d_1^2} = 6'67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5'9 \cdot 10^{24}}{(2'56 \cdot 10^8)^2} = 6 \cdot 10^{-3}\ N/kg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{g_T} = (-6 \cdot 10^{-3}, 0)\ N/kg$$

$$g_L = G \cdot \frac{M_L}{d_2^2} = 6'67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7'4 \cdot 10^{22}}{(1'28 \cdot 10^8)^2} = 3'01 \cdot 10^{-4}\ N/kg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{g_L} = (3'01 \cdot 10^{-4}, 0)\ N/kg$$

$$\Rightarrow \vec{g_{TOTAL}} = \vec{g_T} + \vec{g_L} = (-5'7 \cdot 10^{-3}, 0)\ N/kg$$

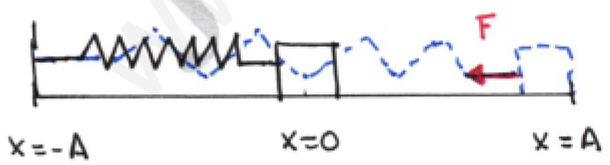
BLOQUE II - PROBLEMA

La ecuación general: $x(t) = A \cdot sen(\omega t + \varphi_0)$

Nuestra ecuación es: $x(t) = 0'6\ sen(24\pi t)$ m (t en s)

Identificando, vemos que $A = 0'6$ m y $\omega = 24\pi$ rad/s

a) La constante elástica del oscilador:



$F_{recuperadora} = -K \cdot x$

$$F = m \cdot a \Rightarrow -K \cdot x = m \cdot (-\omega^2 \cdot x) \Rightarrow K = m \cdot \omega^2$$

$$\Rightarrow K = 2 \cdot (24\pi)^2 = 1152\pi^2 = 11369'78\ N/m$$

La energía mecánica del oscilador:

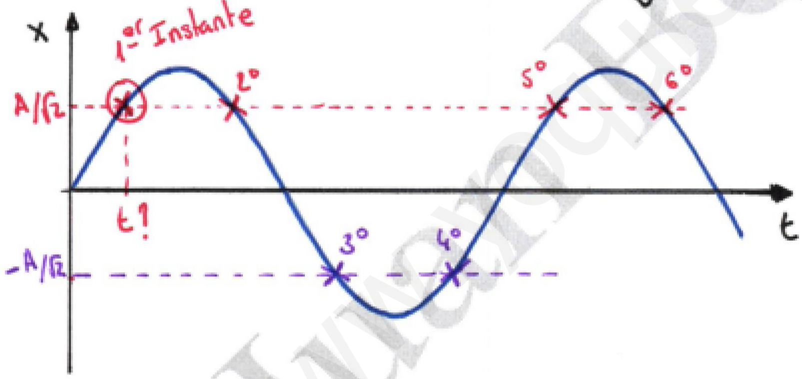
$$E_M = \frac{1}{2} K \cdot A^2 = \frac{1}{2} \cdot 11369'78 \cdot 0'6^2 = 2046'56 \text{ J}$$

b) Las energías cinética y potencial de la partícula que oscila son función de su elongación según:

$$\left.\begin{array}{l} E_{cinética} = \frac{1}{2} K (A^2 - x^2) \\ E_{potencial} = \frac{1}{2} K x^2 \end{array}\right\} \text{Si } E_{cinética} = E_{potencial} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cancel{\tfrac{1}{2}} \cancel{K} (A^2 - x^2) = \cancel{\tfrac{1}{2}} \cancel{K} x^2 \Rightarrow A^2 - x^2 = x^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2x^2 = A^2 \Rightarrow x^2 = \frac{A^2}{2} \begin{array}{l} \rightarrow \cancel{x = -A/\sqrt{2}} \rightarrow \text{No sirve} \\ \rightarrow x = +A/\sqrt{2} \end{array}$$



Solo nos sirve el valor positivo porque buscamos el primer instante en el que $E_c = E_p$, que tal y como vemos se produce en $x > 0$

Como $x(t) = 0'6 \operatorname{sen}(24\pi t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{\cancel{0'6}}{\sqrt{2}} = \cancel{0'6} \operatorname{sen}(24\pi t) \Rightarrow 24\pi t = \operatorname{arcsen}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 24\pi t = \frac{\pi}{4} \Rightarrow t = \frac{1}{96} \text{ s}$$

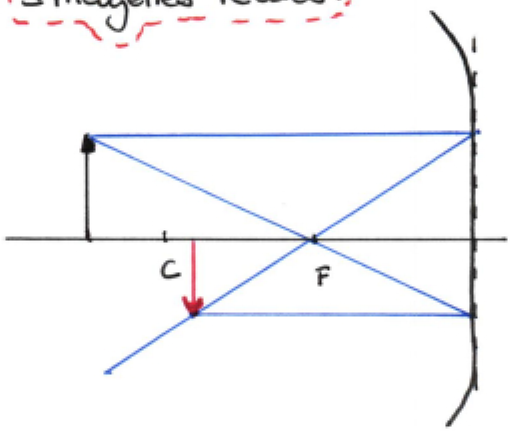
Esta es la primera solución de la ecuación trigonométrica

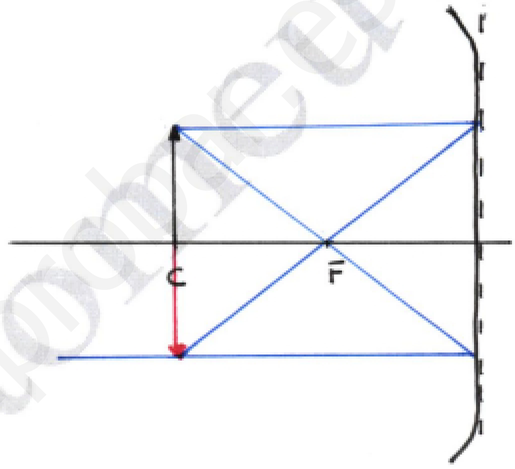
Primer instante !!

BLOQUE III - CUESTIÓN

En un espejo cóncavo, las imágenes son reales al situar el objeto por detrás del foco. y solo son virtuales en el caso de situarlo por delante del foco.

Imágenes reales:





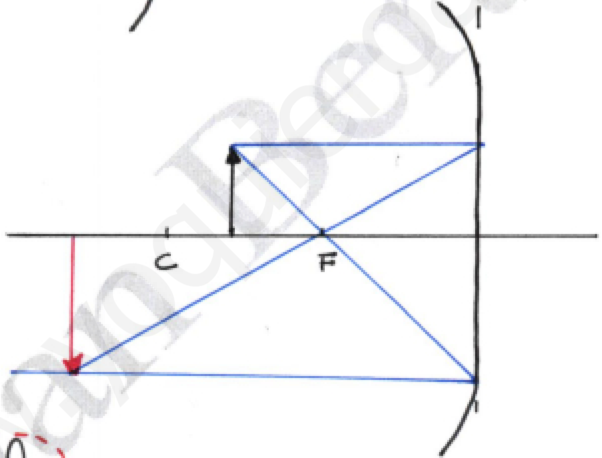
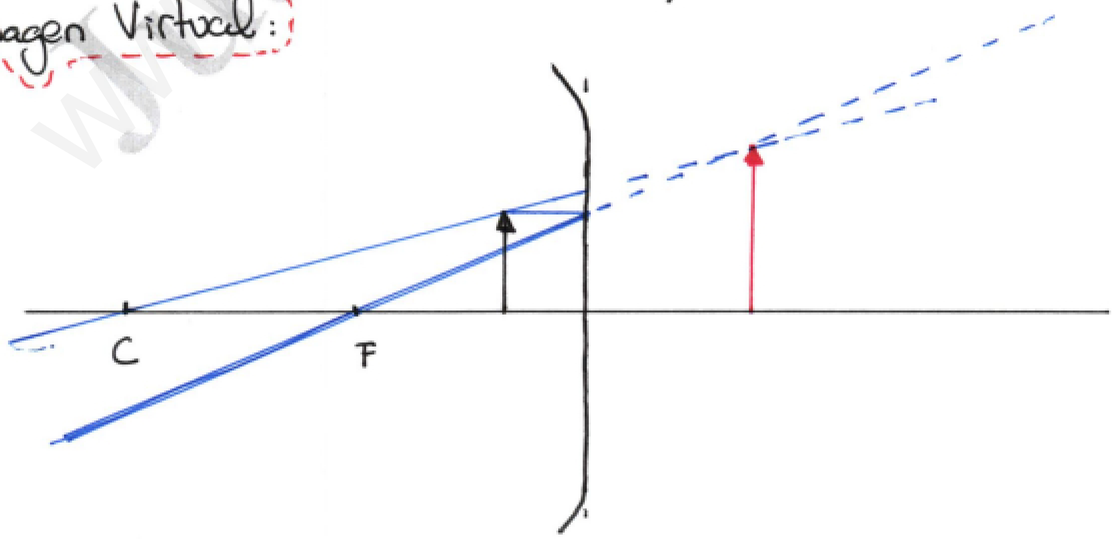


Imagen Virtual:



BLOQUE IV - CUESTIÓN

La variación de energía potencial será:

$$\Delta E_p = q \cdot \Delta V \Rightarrow E_{p_B} - E_{p_A} = q \cdot (V_B - V_A)$$

Como nos dicen que $V_A > V_B \Rightarrow V_B - V_A < 0$

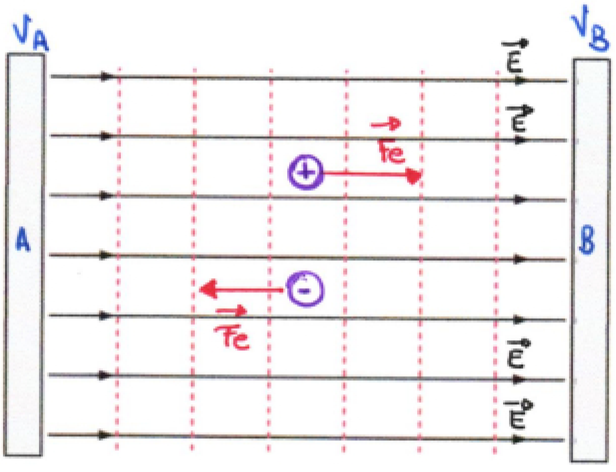
Y Por tanto:

$$\text{Si } q > 0 \Rightarrow E_{p_B} - E_{p_A} = q \cdot (V_B - V_A) < 0 \Rightarrow E_{p_B} < E_{p_A}$$

$$\text{Si } q < 0 \Rightarrow E_{p_B} - E_{p_A} = q \cdot (V_B - V_A) > 0 \Rightarrow E_{p_B} > E_{p_A}$$

En resumen

- Si una carga $q > 0$ se traslada de un punto A a un punto B tales que $V_A > V_B$, su energía potencial disminuirá.
- Si una carga $q < 0$ se traslada de un punto A a un punto B tales que $V_A > V_B$, su energía potencial aumentará



BLOQUE V - PROBLEMA

a) Si la velocidad es el 70% de la velocidad de la luz se tendrá que $v = 0'7c$.

El factor de Lorentz por tanto:

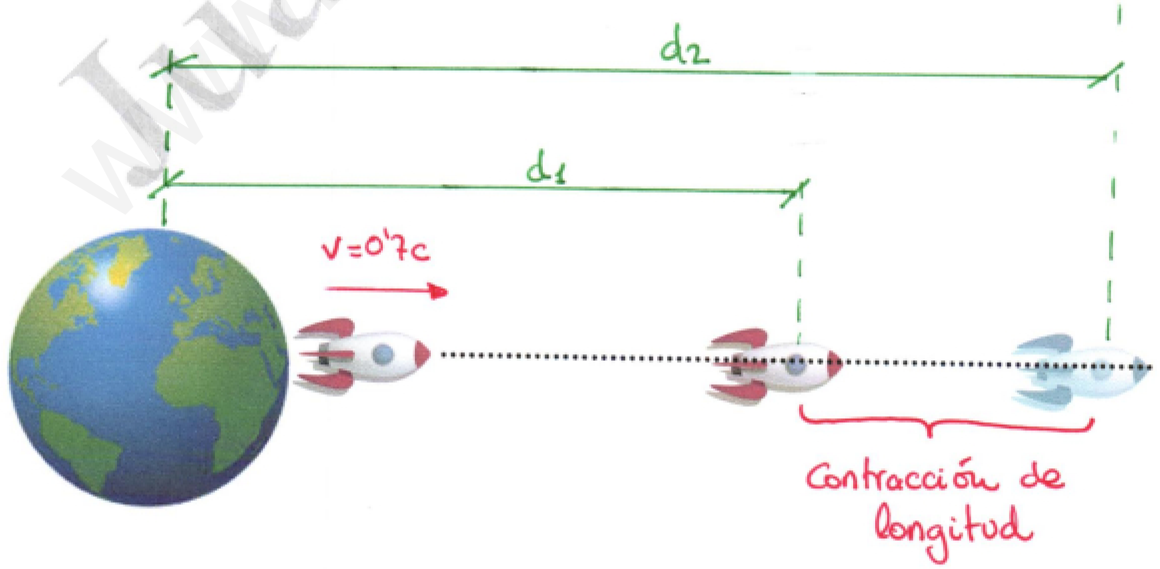
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\left(v/c\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{0'7^2 \cdot \cancel{c^2}}{\cancel{c^2}}}} = \frac{1}{\sqrt{1-0'7^2}} = 1'4$$

La relación entre los tiempos medidos en un sistema de referencia ligado a la propia nave (Δt_p) y en un sistema de referencia en la Tierra es la dada por:

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_p = 1'4 \cdot 15 = 21 \text{ años}$$

Y como vemos, el tiempo transcurre más lentamente en el sistema de referencia ligado a la nave.

b)



$d_1 \equiv$ distancia recorrida viajando a 0'7c durante 15 años

$d_2 \equiv$ distancia recorrida viajando a 0'7c durante 21 años

Puesto que la velocidad de la nave es 0'7c, es imposible aceptar que cambia la medición del tiempo entre dos sistemas de referencia y que no lo hace la medición de la longitud cuando la velocidad (con la que la nave se aleja de la Tierra o bien, con la que la Tierra se aleja de la nave) es la misma en ambos sistemas de referencia. Es una consecuencia inevitable que las longitudes se contraigan si los tiempos se dilatan.

La distancia pedida es la distancia d_1 y por tanto $d_1 = v \cdot t = 0'7c \cdot 15$ años $= 10'5$ años luz

* Nota: Dado que $d_2 = v \cdot t = 0'7c \cdot 21$ años $= 14'7$ años luz, puedes comprobar fácilmente como la relación entre esas longitudes d_1 y d_2 es el mismo factor γ que relacionaba Δt y Δt_p

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{14'7}{10'5} = 1'4 = \gamma \Rightarrow \boxed{d_1 = \frac{1}{\gamma} \cdot d_2}$$ Contracción del espacio.

BLOQUE VI - CUESTIÓN

La energía del fotón en Julios:

$$E_{fotón} = 10^8 eV \times \frac{1'6 \cdot 10^{-19} J}{1 \ eV} = 1'6 \cdot 10^{-11} J$$

Según la hipótesis cuántica de Planck, la energía de un fotón viene dada por:

$$E_{fotón} = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda_{fotón} = \frac{hc}{E} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1'6 \cdot 10^{-11}} = 1'24 \cdot 10^{-14} m$$

y como $\lambda_{e^-} = \lambda_{fotón} \Rightarrow \lambda_{e^-} = 1'24 \cdot 10^{-14} m$

La longitud de onda de De Broglie del electrón viene dada por:

$$\lambda_{e^-} = \frac{h}{p} \Rightarrow p = \frac{h}{\lambda_{e^-}} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34}}{1'24 \cdot 10^{-14}} = 5'35 \cdot 10^{-20} \ kg \cdot m/s$$

Ahora tenemos que decidir si podemos despreciar los efectos relativistas o no. Si la cantidad de movimiento que acabamos de calcular fuese NO RELATIVISTA:

$$p = m_0 \cdot v \Rightarrow v = \frac{p}{m_0} = \frac{5'35 \cdot 10^{-20}}{9'1 \cdot 10^{-31}} = 5'88 \cdot 10^{10} \ m/s$$

Como vemos esto es imposible ($v > c$!!), lo que nos indica que NO SE PUEDEN DESPRECIAR LOS EFECTOS RELATIVISTAS y que la cantidad de movimiento calculada es relativista:

$$p = 5'35 \cdot 10^{-20} = m\, v$$

masa relativista!!! $m = \gamma m_0$

Veamos ahora como relacionar dicha cantidad de movimiento relativista con la energía total relativista:

$$E = m \cdot c^2 = \gamma m_0 \cdot c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \cdot c^2 \xRightarrow{\text{elevamos al cuadrado}}$$

$$\Rightarrow E^2 = \frac{m_0^2 \cdot c^4}{1 - v^2/c^2} \Rightarrow E^2 \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = m_0^2 \cdot c^4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E^2 - E^2 \cdot \frac{v^2}{c^2} = m_0^2 \cdot c^4 \xRightarrow[E = m \cdot c^2]{} E^2 - m^2 \cdot c^{\cancel{4}\,2} \cdot \frac{v^2}{\cancel{c^2}} = m_0^2 \cdot c^4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E^2 - m^2 \cdot v^2 \cdot c^2 = m_0^2 \cdot c^4 \xRightarrow[p = m \cdot v]{} E^2 - p^2 \cdot c^2 = m_0^2 \cdot c^4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E^2 = p^2 \cdot c^2 + m_0^2 \cdot c^4 \Rightarrow E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 \cdot c^4}$$

Por otro lado, sabemos que $E_{TOTAL} = E_{reposo} + E_{cinética} \Rightarrow$

$$\Rightarrow E_C = E - E_0 = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 \cdot c^4} - m_0 \cdot c^2$$

Sustituyendo, tendremos la energía cinética pedida:

$$E_C = \sqrt{(5'35 \cdot 10^{-20})^2 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 + (9'1 \cdot 10^{-31})^2 \cdot (3 \cdot 10^8)^4} - 9'1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 =$$

$$= \sqrt{2'58 \cdot 10^{-22} + 6'71 \cdot 10^{-27}} - 8'19 \cdot 10^{-14} = 1'6 \cdot 10^{-11} \, J$$

$$\Rightarrow E_C = 1'6 \cdot 10^{-11} \, J \times \frac{1 \, eV}{1'6 \cdot 10^{-19} \, J} = 1 \cdot 10^{8} \, eV$$