UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

EVALUACIÓN DE BACHILLERATO PARA EL ACCESO A LA UNIVERSIDAD

LOMCE – SEPTIEMBRE 2017

FÍSICA

INDICACIONES

Elegir una de las dos opciones. No deben resolverse cuestiones de opciones diferentes. Los dispositivos que puedan conectarse a internet, o que puedan recibir o emitir información, deben estar apagados durante la celebración del examen.

CONSTANTES FÍSICAS			
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3.0\ 10^8$ m s^{-1}	Masa del protón	$m_{p+} = 1.7\ 10^{-27}$ kg
Constante de gravitación universal	$G = 6.7\ 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}	Masa del electrón	$m_{e-} = 9.1\ 10^{-31}$ kg
Constante de Coulomb	$k = 9.0\ 10^9$ N m^2 C^{-2}	Carga del protón	$q_{p+} = 1.6\ 10^{-19}$ C
Constante de Planck	$h = 6.6\ 10^{-34}$ J s	Carga del electrón	$q_{e-} = -1.6\ 10^{-19}$ C
Radio de la Tierra	$R_T = 6370$ km	Masa de la Tierra	$M_T = 5.97 \cdot 10^{24}$ kg

Nota: estas constantes se facilitan a título informativo.

OPCIÓN DE EXAMEN Nº 1

1. Se desea poner un satélite de comunicaciones de 1000 kg de masa en una órbita circular a 300 km sobre la superficie de la Tierra.

a) [1 PUNTO] ¿Qué velocidad, periodo y aceleración debe tener en esa órbita?

b) [0,5 PUNTOS] ¿Cuánto trabajo se requiere para poner el satélite en órbita ?

c) [0,5 PUNTOS] ¿Cuánto trabajo adicional se necesitaría para que el satélite escapará de la influencia de la tierra?

2. A 12 cm de una lente delgada convergente se sitúa un objeto de 2 cm de altura y produce una imagen a 14 cm a la derecha de la lente:

a) [1 PUNTO] Calcúlese, mediante las fórmulas correspondientes, la distancia focal y el tamaño de la imagen.

b) [1 PUNTO] Realizar el análisis cualitativo mediante el trazado de rayos de la naturaleza de la imagen formada.

3. Un alumno estudia la propagación de ondas transversales en una cuerda y determina que se propaga hacia su derecha con una frecuencia de 2 Hz. La Amplitud que observa es de 15 cm y la distancia que mide entre dos máximos idénticos consecutivos es de 80 cm. Suponer la elongación en la posición inicial en t = 0 nula. Se pide:

a) [1 PUNTO] La ecuación de la onda en unidades SI.

b) [0,5 PUNTOS] Distancia entre dos puntos con una diferencia de fase de $\pi/2$ radianes.

c) [0,5 PUNTOS] Explica brevemente las diferencias entre onda longitudinal y onda transversal. Pon un ejemplo representativo de cada una.

4. El período de semidesintegración de un elemento radiactivo es de 5.3 años y se desintegra emitiendo una partícula β. Calcula:

a) [1 PUNTO] El tiempo que tarda la muestra en convertirse en el 80 % de la original.

b) [0,5 PUNTOS] La actividad radiactiva de una muestra de 10^{15} átomos transcurridos 2 años.

c) [0,5 PUNTOS] Describir brevemente el proceso de desintegración en el que se emite una partícula β.

5. Un protón con velocidad $\vec{v} = 5 \cdot 10^6\ \vec{i}$, en m/s penetra en una zona donde hay un campo magnético $\vec{B} = 1\,\vec{j}$ T.

a) [0,75 PUNTOS] Obtén la fuerza que actúa sobre el protón.

b) [0,75 PUNTOS] Obtén el radio de la trayectoria.

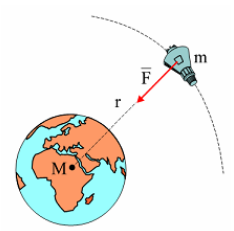
c) [0,5 PUNTOS] Calcula el tiempo que tardaría en realizar una vuelta.

CONSTANTES FÍSICAS			
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3.0\ 10^8$ m s^{-1}	Masa del protón	$m_{p+} = 1.7\ 10^{-27}$ kg
Constante de gravitación universal	$G = 6.7\ 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}	Masa del electrón	$m_{e-} = 9.1\ 10^{-31}$ kg
Constante de Coulomb	$k = 9.0\ 10^9$ N m^2 C^{-2}	Carga del protón	$q_{p+} = 1.6\ 10^{-19}$ C
Constante de Planck	$h = 6.6\ 10^{-34}$ J s	Carga del electrón	$q_{e-} = -1.6\ 10^{-19}$ C
Radio de la Tierra	$R_T = 6370$ km	Masa de la Tierra	$M_T = 5.97 \cdot 10^{24}$ kg

Nota: estas constantes se facilitan a título informativo.

1.- Se desea poner un satélite de comunicaciones de 1000 kg de masa en una órbita circular a 300 km sobre la superficie de la Tierra.

a) **(1 p)** ¿Qué velocidad, periodo y aceleración debe tener en esa órbita?



La fuerza gravitatoria de la Tierra actúa como fuerza centrípeta del movimiento del satélite.

$$r = R_T + h = 6,37.10^6 + 3.10^5 = 6,67.10^6\ m$$

$$G\,.\,\frac{M_T\,.\,m}{r^2} = m\,.\,\frac{v_0^2}{r} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{G\,.\,M_T}{r}} = \sqrt{\frac{6,7.10^{-11}\,.\,5,97.10^{24}}{6,67.10^6}} = 7743,9\ m/s$$

$$T = \frac{2\pi\,.\,r}{v_0} = \frac{2\pi\,.\,6,67.10^6}{7743,9} = 5411,8\ s \cong 1,5\ h$$

$$a_n = \frac{v_0^2}{r} = \frac{(7743,9)^2}{6,67.10^6} = 9\ m/s^2$$

b) **(0,5 p)** ¿Cuánto trabajo se requiere para poner el satélite en órbita?

Antes del lanzamiento el satélite solo posee energía potencial gravitatoria, sin embargo cuando se mueve en su órbita tiene tanto energía potencial como energía cinética, cuya suma recibe el nombre de energía mecánica orbital o energía de enlace. El trabajo necesario para poner el satélite en órbita es la diferencia entre la energía de enlace y la energía potencial en la superficie.

$$W = E_{enlace} - E_{p,superficie} = -\frac{1}{2}\,.\,G\,.\,\frac{m\,.\,M_T}{r} - \left(-G\,.\,\frac{m\,.\,M_T}{R_T}\right) = G\,.\,m\,.\,M_T\,.\left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{2r}\right)$$

$$W = 6,7.10^{-11}\,.\,1000\,.\,5,97.10^{24}\,.\left(\frac{1}{6,37.10^6} - \frac{1}{2\,.\,6,67.10^6}\right) = 3,28.10^{10}\ J$$

c) **(0,5 p)** ¿Cuánto trabajo adicional se necesitaría para que el satélite escapara de la influencia de la Tierra?

Cuando un objeto escapa de la atracción gravitatoria terrestre su energía mecánica es cero o positiva. De modo que la mínima energía necesaria para llevar el satélite desde su órbita hasta un punto donde dejaría de estar bajo la influencia gravitatoria de la Tierra, sería igual a la energía de enlace del satélite cambiada de signo.

$$W' = -E_{enlace} = \frac{1}{2}\,.\,G\,.\,\frac{m\,.\,M_T}{r} = \frac{1}{2}\,.\,6,7.10^{-11}\,.\,\frac{1000\,.\,5,97.10^{24}}{6,67.10^6} = 3.10^{10}\ J$$

2.- A 12 cm de una lente delgada convergente se sitúa un objeto de 2 cm de altura y produce una imagen a 14 cm a la derecha de la lente:

a) **(1 p)** Calcúlese, mediante las formulas correspondientes, la distancia focal y el tamaño de la imagen.

Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{14} - \frac{1}{-12} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad f' = 6,46\ cm$$

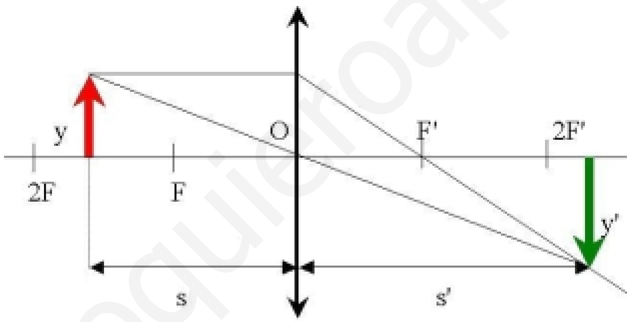
Aplicando la ecuación del aumento lateral para lentes delgadas:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y\ .\ \left(\frac{s'}{s}\right) = 2\ .\ \left(\frac{14}{-12}\right) = -2,33\ cm \quad (imagen\ invertida)$$

b) **(1 p)** Realizar el análisis cualitativo mediante el trazado de rayos de la naturaleza de la imagen formada.

Para construir gráficamente las imágenes de una lente delgada es necesario dibujar al menos la trayectoria de dos rayos y hallar su intersección después de refractarse en la lente. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico una vez refractado pasa por el foco imagen F'.**
- **Un rayo que pase por el foco objeto F se refracta paralelo al eje óptico.**
- **Un rayo que pase por el centro geométrico de la lente (centro óptico) no se desvía.**



(El diagrama no está hecho a escala)

Como podemos ver en el diagrama la imagen es real (se forma detrás de la lente por la intersección de los rayos refractados), es invertida y de mayor tamaño que el objeto.

3.- Un alumno estudia la propagación de ondas transversales en una cuerda y determina que se propaga hacia su derecha con una frecuencia de 2 Hz. La amplitud que observa es de 15 cm y la distancia que mide entre dos máximos idénticos consecutivos es de 80 cm. Suponer la elongación en la posición inicial en t = 0 nula. Se pide:

a) **(1 p)** La ecuación de la onda en unidades SI.

La ecuación general de una onda armónica que se desplaza en el sentido positivo del eje X:

$$y\ (x; t) = A\ .\ sen\ (\omega\ .\ t - k\ .\ x\ +\ \varphi_0) = A\ .\ sen\left(2\pi f\ .\ t - \frac{2\pi}{\lambda}\ .\ x + \varphi_0\right)$$

Por el enunciado sabemos:

$$f = 2\ Hz; \qquad A = 15\ cm = 0,15\ m\ ; \qquad \lambda = 80\ cm = 0,8\ m$$

Por lo tanto:

$$y\ (x; t) = 0,15\ .\ sen\left(2\pi\ .\ 2\ .\ t - \frac{2\pi}{0,8}\ .\ x + \varphi_0\right) = 0,15\ .\ sen\ (4\pi\ .\ t\ -\ 2,5\pi\ .\ x + \varphi_0)\ \ (m; s)$$

Para establecer el valor de φ_0, sabemos:

$$y\,(x=0;t=0)=0 \quad \Rightarrow \quad 0=0,15\,.\,sen\,(\varphi_0) \;\Rightarrow\; sen\,(\varphi_0)=0 \;\Rightarrow\; \varphi_0=\begin{cases}0\ rad\\ \pi\ rad\end{cases}$$

Como no tenemos datos acerca de la velocidad, no podemos discriminar entre ambos valores de la fase inicial, de modo que si tomamos arbitrariamente el valor $\varphi_0=0\ rad$, la ecuación de la onda es:

$$y\,(x;t)=0,15\,.\,sen\,(4\pi\,.\,t-2,5\pi\,.\,x)\ \ (m;s)$$

b) **(0,5 p)** Distancia entre dos puntos con una diferencia de fase de π/2 radianes.

$$\Delta\varphi=(4\pi\,.\,t+2,5\pi\,.\,x_2)-(4\pi\,.\,t+2,5\pi\,.\,x_1)=2,5\pi\,.\,(x_2-x_1)=2,5\pi\,.\,\Delta x$$

$$\Delta x=\frac{\Delta\varphi}{2,5\pi}=\frac{\pi/2}{2,5\pi}=0,2\ m$$

También se puede resolver teniendo en cuenta que dos puntos de la onda separados una distancia igual a la longitud de onda tienen un desfase entre sí de 2π radianes. Por lo tanto:

$$\frac{\lambda}{2\pi}=\frac{\Delta x}{\Delta\varphi}\quad\Rightarrow\ \Delta x=\frac{\lambda\ .\ \Delta\varphi}{2\pi}=\frac{0,8\ .\ \pi/2}{2\pi}=0,2\ m$$

c) **(0,5 p)** Explica brevemente las diferencias entre onda longitudinal y onda transversal. Pon un ejemplo representativo de cada una.

En una onda longitudinal los puntos del medio alcanzados por la onda vibran en la misma dirección en la que se propaga la onda, es lo que ocurre, por ejemplo, con las ondas sonoras en el aire.
En una onda transversal los puntos del medio alcanzados por la onda vibran en dirección perpendicular a la que se propaga la onda, es lo que ocurre, por ejemplo, con las ondas generadas en la superficie de un estanque al lanzar una piedra.

4.- El periodo de semidesintegración de un elemento radiactivo es de 5,3 años y se desintegra emitiendo una partícula β. Calcula:

a) **(1 p)** El tiempo que tarda la muestra en convertirse en el 80 % de la original.

$$t_{1/2}=\frac{ln\,2}{\lambda}\quad\Rightarrow\quad\lambda=\frac{ln\,2}{t_{1/2}}=\frac{ln\,2}{5,3}=0,131\ \ año^{-1}=4,15.10^{-9}\ \ s^{-1}$$

$$m=m_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t}\ \ \Rightarrow\ 0,8m_0=\ m_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t}\quad\Rightarrow\quad t=-\frac{ln\,0,8}{\lambda}=-\frac{ln\,0,8}{0,131}=1,84\ \ años$$

b) **(0,5 p)** La actividad radiactiva de una muestra de 10^{15} átomos transcurridos 2 años.

$$A_0=\ N_0\,.\,\lambda=\ 10^{15}\,.\ 4,15.10^{-9}=4,15.10^{6}\ \ Bq$$

$$A=A_0\,.\,e^{-\lambda\,.\,t}=4,15.10^{6}\,.\ e^{-(0,131\,.\,2)}=3,19.10^{6}\ \ Bq$$

c) **(0,5 p)** Describir brevemente el proceso de desintegracion en el que se emite una particula β.

La desintegración beta, emisión beta o decaimiento beta es un proceso mediante el cual un nucleido o núclido inestable emite una partícula beta (un electrón o positrón) para compensar la relación de neutrones y protones del núcleo atómico.
Cuando esta relación es inestable, algunos neutrones se convierten en protones. Como resultado de esta mutación, cada neutrón emite una partícula beta y un antineutrino electrónico o un neutrino electrónico.

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

Según las reglas de Sody cuando un núcleo emite radiación beta se convierte en otro núcleo con el mismo número másico pero cuyo número atómico es una unidad menor:

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}\beta $$

5.- Un protón con velocidad $\vec{v} = \mathbf{5.10^6}\ \vec{\imath}$, en m/s penetra en una zona donde hay un campo magnético $\vec{B} = \mathbf{1}\ \vec{\jmath}\ \boldsymbol{T}$.

a) **(0,75 p)** Obtén la fuerza que actúa sobre el protón.

La fuerza de Lorentz ejercida sobre el protón es:

$$ \vec{F} = q\,.\,(\vec{v}\,x\,\vec{B}) = 1,6.10^{-19}\,.\begin{vmatrix} \vec{\imath} & \vec{\jmath} & \vec{k} \\ 5.10^6 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} = 1,6.10^{-19}\,.\,(5.10^6\ \vec{k}\,) = 8.10^{-13}\ \vec{k}\ \ N $$

b) **(0,75 p)** Obtén el radio de la trayectoria.

El protón es sometido a la fuerza de Lorentz. Esta fuerza constante es perpendicular en todo momento a la intensidad del campo magnético y a la velocidad del protón. Debido a esto último, la fuerza de Lorentz actúa como fuerza centrípeta, obligando al protón a seguir una trayectoria circular.

$$ \vec{F} = q\,.\,(\vec{v}\,x\,\vec{B}) \quad \Rightarrow \quad F = q\,.\,v\,.\,B\,.\,sen\,\alpha $$

$$ F_{centrípeta} = m\,.\,a_n \quad \Rightarrow \quad q\,.\,v\,.\,B\,.\,sen\,\alpha = m\,.\,\frac{v^2}{R} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{m\,.\,v}{q\,.\,B\,.\,sen\,\alpha} $$

$$ R = \frac{1,7.10^{-27}\,.\,5.10^6}{1,6,10^{-19}\,.\,1\,.\,sen\,90°} = 0,053\ m = 5,3\ cm $$

c) **(0,5 p)** Calcula el tiempo que tardaría en realizar una vuelta.

El tiempo que tarda el electrón en describir una órbita completa, con velocidad constante, es el período.

$$ v = \frac{2\pi\,.\,R}{T} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2\pi\,.\,R}{v} = \frac{2\pi\,.\,0,053}{5.10^6} = 6,66.10^{-8}\ s $$

OPCIÓN DE EXAMEN Nº 2

1. Marte tiene una masa de $6.42\cdot10^{23}$ kg es decir unas 0.107 veces la masa de la Tierra y un radio de 3400 km, e
decir, unas 0.533 veces el radio terrestre.

a) [1 PUNTO] Determina el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de Marte.

b) [1 PUNTO] Halla la velocidad de escape desde la superficie del planeta.

2. Un material de caras planas y paralelas tiene un espesor d y un índice de refracción de 1.45. Si lo colocam
entre agua (n = 1.33) y aire (n = 1) e incidimos con un rayo de luz monocromática de frecuencia $4.5\ 10^{14}$ I
desde el agua en el material, determinar:

a) [1 PUNTO] La longitud de onda del rayo en el agua y en el material.

b) [1 PUNTO] El ángulo de incidencia a partir del cual se produce reflexión total interna en la segunda cara.

3. El trabajo de extracción de un metal es 3.2 eV ($1\ \text{eV} = 1.6\cdot10^{-19}$ J). Sobre él incide radiación de longitud d
onda $\lambda = 340$ nm ($1\ \text{nm} = 10^{-9}$ m). Calcula:

a) [1 PUNTO] La frecuencia umbral y la velocidad máxima con la que son emitidos los electrones.

b)[0,5 PUNTOS] Si la longitud de onda se reduce a la tercera parte, ¿cuál es, en su caso, la nueva velocidad ma
ma que adquieren los electrones?

c)[0,5 PUNTOS] Describir el concepto de frecuencia umbral y su relación con la hipótesis cuántica de Planck.

4. La función de una onda armónica transversal que se mueve sobre una cuerda viene dada por

$$y\,(x,\,t) = 0.3\text{m sen}\left(2.2^{-1}\text{m}^{-1}x - 3.5\,\text{s}^{-1}\,t\right)$$

a)[0,5 PUNTOS] ¿En qué dirección se propaga esta onda y cuál es su velocidad?

b) [1 PUNTO] Determinar la longitud de onda, la frecuencia y el periodo de esta onda.

c)[0,5 PUNTOS] ¿Cuál es la velocidad máxima de cualquier segmento de cuerda?

5. Dos cargas positivas idénticas de valor $q_1 = q_2 = 4.0\ \mu\text{C}$ ($1\mu\text{C} = 10^{-9}\text{C}$) están situadas sobre el eje x en las posiciones $x_1 = -5$ cm y $x_2 = 5$ cm.

a) [1 PUNTO] Calcular el vector campo eléctrico creado por las dos cargas en el punto (x = 0, y = 3 cm). Representarlo gráficamente.

b) [0,5 PUNTOS] ¿Cuál es la fuerza que experimentaría una carga de $2\mu\text{C}$ colocada en las coordenadas (x = 5, y = 3) en cm.?

c) [0,5 PUNTOS] Explica brevemente el "principio de superposición".

EBAU SEPTIEMBRE 2017 FÍSICA OPCIÓN 2

CONSTANTES FÍSICAS			
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3.0\ 10^8$ m s^{-1}	Masa del protón	$m_{p+} = 1.7\ 10^{-27}$ kg
Constante de gravitación universal	$G = 6.7\ 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}	Masa del electrón	$m_{e-} = 9.1\ 10^{-31}$ kg
Constante de Coulomb	$k = 9.0\ 10^9$ N m^2 C^{-2}	Carga del protón	$q_{p+} = 1.6\ 10^{-19}$ C
Constante de Planck	$h = 6.6\ 10^{-34}$ J s	Carga del electrón	$q_{e-} = -1.6\ 10^{-19}$ C
Radio de la Tierra	$R_T = 6370$ km	Masa de la Tierra	$M_T = 5.97{\cdot}10^{24}$ kg

Nota: estas constantes se facilitan a título informativo.

1.- Marte tiene una masa de $6{,}42.10^{23}$ kg es decir unas 0,107 veces la masa de la Tierra y un radio de 3400 km, es decir, unas 0,533 veces el radio terrestre.

a) **(1 p)** Determina el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de Marte.

Teniendo en cuenta la definición de intensidad de campo gravitatorio:

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} = -G \,.\, \frac{M}{r^2}\,\vec{u_r}$$

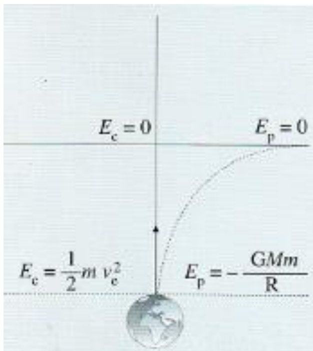
Cuyo módulo es:

$$g = \frac{F}{m} = G \,.\, \frac{M}{r^2}$$

Si llamamos $g_{0,M}$ a la intensidad de campo gravitatorio en la superficie de Marte, tenemos:

$$g_{0,M} = G \,.\, \frac{M_M}{(R_M)^2} = 6{,}67.10^{-11} \,.\, \frac{6{,}42.10^{23}}{(3{,}4.10^6)^2} = 3{,}7\ N/kg = 3{,}7\ m/s^2$$

b) **(1 p)** Halla la velocidad de escape desde la superficie del planeta.



La velocidad de escape es la velocidad mínima que debemos suministrar a un cuerpo situado dentro de un campo gravitatorio para escapar de la influencia de éste.
La fuerza gravitatoria es una fuerza conservativa, de modo que la energía mecánica se conserva.
Para que un cuerpo lanzado desde un punto dentro de un campo gravitatorio pueda abandonar éste, el cuerpo debe llegar a un punto suficientemente alejado con energía potencial gravitatoria nula (ya que hemos tomado como referencia potencial 0 un punto suficientemente alejado, el infinito, donde la influencia gravitatoria puede considerarse nula) y con energía cinética nula. Cuando el cuerpo alcanza esta situación su energía mecánica es 0, de modo que aplicando el principio de conservación de la energía mecánica:

$$\frac{-G \,.\, M_M \,.\, m}{R_M} + \frac{1}{2}\,.\,m\,.\,v_e^2 = 0 \quad \Rightarrow \quad v_e = \sqrt{\frac{2 \,.\, G \,.\, M_M}{R_M}} = \sqrt{\frac{2 \,.\, 6{,}7.10^{-11} \,.\, 6{,}42.10^{23}}{3{,}4.10^6}} = 5030\ m/s$$

2.- Un material de caras planas y paralelas tiene un espesor d y un índice de refracción de 1,45. Si lo colocamos entre agua (n = 1,33) y aire (n = 1) e incidimos con un rayo de luz monocromática de frecuencia 4,5.10^{14} Hz desde el agua en el material, determinar:

a) **(1 p)** La longitud de onda del rayo en el agua y en el material.

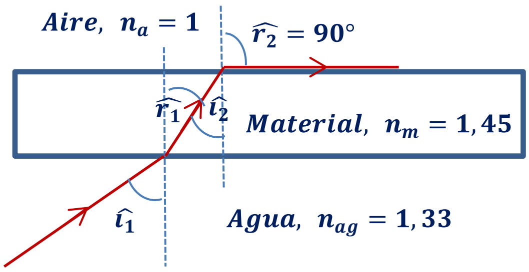
$$\lambda_{agua} = \frac{v_{agua}}{f_{agua}} = \frac{c/n_{agua}}{f_{agua}} = \frac{3.10^8/1,33}{4,5.10^{14}} = 5,01.10^{-7}\ m = 501\ nm$$

La frecuencia de la onda no varía al cambiar de medio de propagación:

$$f_{agua} = f_{materal} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_{agua}}{\lambda_{agua}} = \frac{v_{material}}{\lambda_{material}}$$

$$\lambda_m = \lambda_{ag} \cdot \frac{v_m}{v_{ag}} = \lambda_{agua} \cdot \frac{\left(\frac{c}{n_{material}}\right)}{\left(\frac{c}{n_{agua}}\right)} = \lambda_{agua} \cdot \frac{n_{agua}}{n_{material}} = 501 \cdot \frac{1,33}{1,45} = 459,5\ nm$$

b) **(1 p)** El ángulo de incidencia a partir del cual se produce reflexión total interna en la segunda cara.



Se produce una doble refracción.

Lámina – Aire (reflexión total): si aplicamos la ley de Snell de la refracción

$$n_m \cdot sen\ \widehat{\iota_2} = n_a \cdot sen\ 90° \ \Rightarrow \ 1,45 \cdot \widehat{\iota_2} = 1$$

$$\widehat{\iota_2} = 43,6°$$

Agua – Lámina: $\widehat{r_1} = \widehat{\iota_2}$, ya que se trata de ángulos internos alternos

$$n_{ag} \cdot sen\ \widehat{\iota_1} = n_{mat} \cdot sen\ \widehat{r_2} \ \Rightarrow \ 1,33 \cdot sen\ \widehat{\iota_1} = 1,45 \cdot sen\ 43,6°$$

$$\widehat{\iota_1} = 48,75°$$

3.- El trabajo de extracción de un metal es 3,2 eV (1 eV = 1,6.10^{-19} J). Sobre el incide radiación de longitud de onda λ = 340 nm (1 nm = 10^{-9} m). Calcula:

a) **(1 p)** La frecuencia umbral y la velocidad máxima con la que son emitidos los electrones.

$$W_0 = h \cdot f_0 \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{3,2 \cdot 1,6.10^{-19}}{6,6.10^{-34}} = 7,76.10^{14}\ Hz$$

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + \left(E_{c,máx}\right)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad E_{c,máx} = E_{fotón\ inc.} - W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$E_{c,máx} = 6,6.10^{-34} \cdot \frac{3.10^8}{340.10^{-9}} - (3,2 \cdot 1,6.10^{-19}) = 7,03.10^{-20}\ J$$

$$E_{c,máx} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{máx}^2 \quad \Rightarrow \quad v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{c,máx}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,03.10^{-20}}{9,1.10^{-31}}} = 3,93.10^5\ m/s$$

b) **(0,5 p)** Si la longitud de onda se reduce a la tercera parte, ¿cuál es, en su caso, la nueva velocidad máxima que adquieren los electrones?

$$E_{fotón\ inc.} = W_0 + \left(E_{c,máx}\right)_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad E'_{c,máx} = E'_{fotón\ inc.} - W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda'} - W_0$$

$$E_{c,máx} = 6,6.10^{-34} \; . \; \frac{3.10^8}{113,33.10^{-9}} - (3,2 \; . \; 1,6.10^{-19}) = 1,23.10^{-18} \; J$$

$$E_{c,máx} = \frac{1}{2} \; . \; m \; . \; v_{máx}^2 \quad \Rightarrow \quad v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \; . \; E_{c,máx}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \; . \; 1,23.10^{-18}}{9,1.10^{-31}}} = 1,64.10^6 \; m/s$$

c) **(0,5 p)** Describir el concepto de frecuencia umbral y su relación con la hipótesis cuántica de Planck.

En el efecto fotoeléctrico, para cada metal existe una frecuencia luminosa umbral, f_0, por debajo de la cual no se produce la emisión fotoeléctrica, sea cual sea la intensidad de la luz o radiación incidente. Einstein propuso que en el efecto fotoeléctrico la radiación electromagnética en su interacción con los electrones de la materia se comporta en la forma propuesta por Planck para los osciladores atómicos en relación con la radiación del cuerpo negro, de tal manera que la energía no se absorbe de forma uniforme sino de forma cuantizada.
Para un cierto metal, su función trabajo es:

$$W_0 = h \; . \; f_0$$

En esta expresión, f_0 es la frecuencia umbral del metal. Cuando el metal es iluminado con luz de menor frecuencia, no surgen electrones del metal, con independencia de la intensidad de la luz incidente. A partir de esa frecuencia de iluminación, surgen electrones con velocidad al cuadrado proporcional a la diferencia entre la frecuencia de iluminación y la frecuencia umbral. Se trata de un fenómeno cuántico (relacionado con la hipótesis de Planck); es decir, los electrones en la materia, como si fueran osciladores cuánticos, no pueden acumular energía de forma continua, sólo discreta.

4.- La función de una onda armónica transversal que se mueve sobre una cuerda viene dada por:

$$y\,(x,t) = 3 \; . \; sen\,(2,2x - 3,5t) \;\; (m; s)$$

a) **(0,5 p)** ¿En qué dirección se propaga esta onda y cuál es su velocidad?

Sería suficiente con decir que la onda se desplaza en el sentido positivo del eje X debido al signo (-) en la fase de la onda entre el término espacial y el temporal.

Otra forma de razonar el sentido de propagación es el siguiente, cada frente de onda tiene una fase distinta pero todos los pertenecientes a mismo frente de onda tienen la misma fase ($kx - \omega t + \varphi_0$ = cte). Si derivamos esta fase respecto de t para hallar la velocidad de propagación:

$$\frac{d\,(kx - \omega t + \varphi_0)}{dt} = k \; . \; v_x - \omega = 0 \quad \Rightarrow \quad v_x = \frac{\omega}{k} > 0 \;\Rightarrow\; \textit{propagación en el sentido positivo del eje X}$$

b) **(1 p)** Determinar la longitud de onda, la frecuencia y el periodo de esta onda.

La ecuación general de una onda que se propaga en el sentido positivo del eje X es:

$$y\,(x;t) = A \; . \; sen\;(k \, . \; x - \; \omega \; . \; t \; + \; \varphi_0) = A \; . \; sen\left(\frac{2\pi}{\lambda} \; . \; x - 2\pi \; . \; f \; . \; t + \; \varphi_0\right)$$

Por identificación:

$$2\pi \; . \; f \; = \; 3,5 \quad \Rightarrow \quad f = \frac{3,5}{2\pi} = 0,56 \;\; Hz \; ; \qquad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,56} = 1,78 \;\; s; \qquad \frac{2\pi}{\lambda} = 2,2 \;\; \Rightarrow \; \lambda = \frac{2\pi}{2,2} = 2,85 \;\; m$$

c) **(0,5 p)** ¿Cuál es la velocidad máxima de cualquier segmento de cuerda?

La velocidad de vibración de los puntos del medio es:

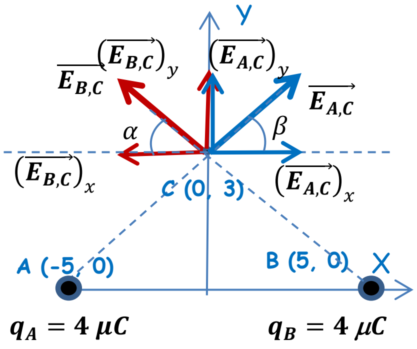
$$v = \frac{dy}{dt} = \; -10,5 \, . \cos\,(2,2x - 3,5t)$$

La máxima velocidad de vibración se consigue cuando:

$$\cos\,(2,2x - 3,5t) = \pm\ 1 \quad \Rightarrow \quad v_{máx} = \pm\ 10,5\ m/s$$

5.- Dos cargas positivas idénticas de valor $q_1 = q_2 = 4{,}0\ \mu C$ ($1\ \mu C = 10^{-6}$ C) están situadas sobre el eje X en las posiciones $x_1 = -5$ cm y $x_2 = 5$ cm.

a) **(1 p)** Calcular el vector campo eléctrico creado por las dos cargas en el punto (x = 0, y = 3 cm). Representarlo gráficamente.



$$r_A = r_B = \sqrt{5^2 + 3^2} = \sqrt{34}\ cm$$

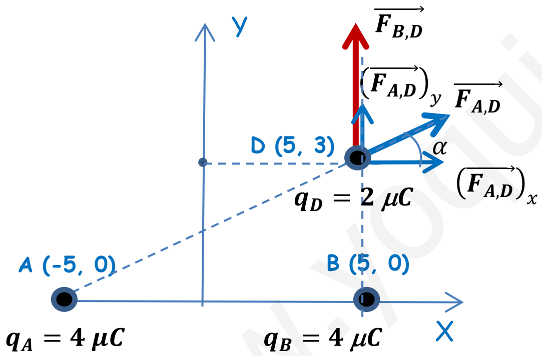
$$\alpha = \beta = arctg\,\frac{3}{5} = 31°$$

Por simetría, las cargas son iguales (en módulo) y las distancias son iguales, las componentes horizontales son iguales y de sentido contrario, anulándose entre sí, quedando como campo resultante la suma de las dos componentes verticales que son iguales entre sí.

$$\vec{E}_C = \vec{E}_{A,C} + \vec{E}_{B,C} = 2\,.\,(\vec{E}_{A,C})_y = 2\,K.\,\frac{q}{(5)^2}\,.(sen\,\alpha\,.\,\vec{j})$$

$$\vec{E}_C = 2\,.\,9.10^9.\,\frac{4.10^{-6}}{(\sqrt{34}.10^{-2})^2}\,.(sen\,31°\,.\,\vec{j}) = 1{,}09.10^7\,\vec{j}\ \ N/C$$

b) **(0,5 p)** ¿Cuál es la fuerza que experimentaría una carga de 2 μC colocada en las coordenadas (x = 5, y = 3) en cm?



$$r_{A,D} = \sqrt{10^2 + 3^2} = \sqrt{109}\ cm$$

$$r_{B,D} = 3\ cm$$

$$\alpha = \beta = arctg\,\frac{3}{10} = 16{,}7°$$

$$\vec{F}_D = \vec{F}_{A,D} + \vec{F}_{B,D}$$

$$\vec{F}_D = K\,.\frac{q_D\,.\,q_A}{(r_{A,D})^2}\,.(cos\,16{,}7°\,\vec{\imath} + sen\,17{,}6°\,\vec{j}) + K\,.\frac{q_D\,.\,q_B}{(r_{B,D})^2}\,.(\vec{j})$$

$$\vec{F}_D = 9.10^9\,.\frac{4.10^{-6}\,.\,2.10^{-6}}{(\sqrt{109}.10^{-2})^2}\,.(cos\,16{,}7°\,\vec{\imath} + sen\,17{,}6°\,\vec{j}) + 9.10^9\,.\frac{4.10^{-6}\,.\,2.10^{-6}}{(3.10^{-2})^2}\,.(\vec{j})$$

$$\vec{F}_D = 6{,}3\ \vec{\imath} + 81{,}9\ \vec{j}\ \ N$$

c) **(0,5 p)** Explica brevemente el "principio de superposición".

Aplicado al campo eléctrico, el principio de superposición dice que la intensidad de campo eléctrico, $\vec{E}$, en un punto debido a un sistema de cargas puntuales es igual a la suma de las intensidades de campo debidos a cada una de las cargas q_i del sistema. Además, el campo creado en dicho punto por cada carga q_i es el mismo que si las demás cargas del sistema no existieran:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^{i=n} \vec{E_i}$$

Este principio puede ser aplicado también a la fuerza electrostática, al potencial electrostático y a la energía potencial electrostática, siendo en estos últimos dos casos una suma escalar.