



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD

LOE – JUNIO 2011

FÍSICA

INDICACIONES

Elegir una de las dos opciones. No deben resolverse cuestiones de opciones diferentes.

CONSTANTES FÍSICAS

Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	Constante de Planck	$h = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
Constante de gravitación universal	$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$	Masa del protón	$m_{p^+} = 1.7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Constante de Coulomb	$k = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$	Carga del protón	$q_{p^+} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

OPCIÓN DE EXAMEN Nº 1

1. a) [1 PUNTO] Explicar qué es un sistema de referencia inercial.
b) [1 PUNTO] Explicar cómo se produce energía en el Sol.
2. La distancia desde el centro del Sol hasta su superficie es $6.96 \cdot 10^5 \text{ km}$.
 - a) [0,5 PUNTOS] Hallar la aceleración de la gravedad en dicha superficie.
 - b) [1 PUNTO] ¿Cuál es aproximadamente el cociente entre la fuerza que el Sol y la Tierra ejercen sobre la Luna? Escoger entre las siguientes opciones y razonar la respuesta: I) 4000 II) 2 III) 10^6 IV) 10^{-6} .
 - c) [0,5 PUNTOS] Estimar el orden de magnitud del número de protones que hay en el Sol y en la Tierra.

Datos: masa del Sol = $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, masa de la Luna = $7 \cdot 10^{22} \text{ kg}$, masa de la Tierra = $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, radio medio de la órbita de la Tierra en torno al Sol = $1.5 \cdot 10^8 \text{ km}$, radio medio de la órbita de la Luna en torno a la Tierra = $4 \cdot 10^5 \text{ km}$
3. a) [1 PUNTO] Calcular y comparar la fuerza gravitatoria y la fuerza eléctrica entre dos protones separados 1cm.
b) [0,5 PUNTOS] Hallar la longitud de onda asociada a un protón que viaja a una velocidad de 10^6 m/s .
c) [0,5 PUNTOS] Hallar el valor de la fuerza magnética sobre ese protón si entra en un campo magnético de 0.1 T perpendicular a su velocidad.
4. Un rayo de luz de longitud de onda 500 nm incide desde aire sobre una lámina de vidrio de caras planas formando 30° con la normal a la lámina. El espesor de la lámina es 2 cm y su índice de refracción es igual a 1.5.
 - a) [0,5 PUNTOS] Hallar el ángulo que forma el rayo refractado con la normal.
 - b) [0,5 PUNTOS] ¿Cuál es la velocidad de la luz mientras atraviesa la lámina?
 - c) [0,5 PUNTOS] Calcular cuanto tiempo tarda la luz en atravesar la lámina.
 - d) [0,5 PUNTOS] Hallar la energía de los correspondientes fotones.

Datos: $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$, índice de refracción del aire $n = 1$.
5. Una onda armónica transversal de periodo 0.5 s, longitud de onda 1.6 m y amplitud 0.8 m se propaga por una cuerda muy larga en el sentido positivo del eje X. En el instante inicial, la elongación, y, del punto situado en $x = 0$ es nula y su velocidad transversal es positiva.
 - a) [0,5 PUNTOS] Representar gráficamente la onda en el instante inicial entre $x = 0$ y $x = 4 \text{ m}$.
 - b) [0,5 PUNTOS] Determinar la elongación de la onda en cualquier instante y posición, $y(x, t)$.
 - c) [0,5 PUNTOS] Calcular la velocidad de propagación de la onda.
 - d) [0,5 PUNTOS] Escribir la velocidad transversal del punto situado en $x = 1.6 \text{ m}$ en función del tiempo.

SOLUCIÓN OPCIÓN DE EXAMEN N° 1 (JUNIO 2011)

CONSTANTES FÍSICAS			
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	Constante de Planck	$h = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
Constante de gravitación universal	$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$	Masa del protón	$m_{p^+} = 1.7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Constante de Coulomb	$k = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$	Carga del protón	$q_{p^+} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

1.-

a) (1 p) Explicar qué es un sistema de referencia inercial.

Un sistema de referencia inercial es un sistema de referencia en el que las leyes del movimiento cumplen las leyes de Newton y, por tanto, la variación del momento lineal del sistema es igual a las fuerzas reales sobre el sistema. Son sistemas de referencia que no están acelerados con respecto al conjunto global del universo. Todo sistema de referencia que permanezca fijo, o con movimiento uniforme, con respecto a la Tierra, es muy aproximadamente inercial. No llega a serlo debido a los movimientos de rotación de la Tierra con respecto a su eje y alrededor del Sol, y al de éste con respecto al centro de la galaxia. No obstante, de los tres movimientos anteriores sólo el de la Tierra alrededor de su eje posee una aceleración apreciable. Y aun así, en un gran número de situaciones podemos despreciar también dicha aceleración.

Todo sistema de referencia que se mueva con velocidad uniforme con respecto a un sistema de referencia inercial es también inercial. Las aceleraciones medidas en ambos sistemas coinciden y, por lo tanto, si las leyes de Newton son válidas en uno, habrán de serlo en el otro.

b) (1 p) Explicar cómo se produce energía en el Sol.

La energía del Sol y del resto de las estrellas proviene de procesos de fusión nuclear. El Sol, que está formado aproximadamente por un 70% de hidrógeno y un 30% de helio, produce toda su energía por la fusión de núcleos de hidrógeno para formar helio:



Cada segundo, el Sol convierte unos cuatro millones de toneladas de su materia en energía, lo que equivale, según la ecuación de Einstein:

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

a energías del orden de 10^{26} J/s .

Para que esta reacción pueda tener lugar se precisa una presión de 10^8 bares (posible dada la enorme masa del Sol, y las consecuentes fuerzas gravitatorias), una temperatura de 10^7 K (>100 millones de °C) y una densidad de 10^{40} Kg/m^3 , condiciones que se dan en el núcleo del Sol.

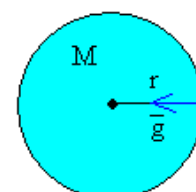
2.- La distancia desde el centro del Sol hasta su superficie es $6,96 \cdot 10^5 \text{ km}$.

DATOS: $M_S = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ $M_L = 7 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Radio medio de la órbita de la Tierra en torno al Sol = $1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$
Radio medio de la órbita de la Luna en torno a la Tierra = $4 \cdot 10^5 \text{ km}$

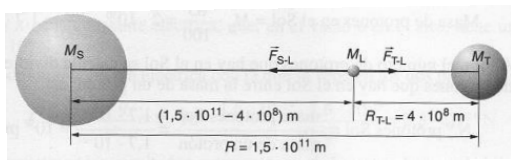
a) (0,5 p) Hallar la aceleración de la gravedad en dicha superficie.

La intensidad de campo gravitatorio (aceleración de la gravedad) generado por un cuerpo de masa M a una distancia r de su centro es:

$$g = G \cdot \frac{M}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{2 \cdot 10^{30}}{(6,96 \cdot 10^8)^2} = 275,4 \text{ m/s}^2$$



- b) (1 p) ¿Cuál es aproximadamente el cociente entre la fuerza que el Sol y la Tierra ejercen sobre la Luna? Escoger entre las siguientes opciones y razonar la respuesta: I) 4000; II) 2; III) 10^6 ; IV) 10^{-6} .



$$\frac{(F_G)_S}{(F_G)_T} = \frac{G \cdot \frac{M_S \cdot M_L}{(r_{S,L})^2}}{G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{(r_{T,L})^2}} = \frac{M_S \cdot (r_{T,L})^2}{M_T \cdot (r_{S,L})^2}$$

$$\frac{(F_G)_S}{(F_G)_T} = \frac{2 \cdot 10^{30} \cdot (4 \cdot 10^8)^2}{6 \cdot 10^{24} \cdot (1,496 \cdot 10^{11})^2} = 2,4$$

La respuesta correcta es la II.

- c) (0,5 p) Estimar el orden de magnitud del número de protones que hay en el Sol y en la Tierra.

La masa de los átomos reside fundamentalmente en el núcleo, donde se encuentran los protones y los neutrones (de masa muy parecida), cuya masa es mucho mayor que la de los electrones de la corteza (masa aproximadamente 2000 veces menor), que puede considerarse despreciable.

SOL: El sol está formado aproximadamente por un 70% de hidrógeno y un 30% de helio. Los átomos de hidrógeno tienen un protón en el núcleo, y el isótopo mayoritario del hidrógeno no tiene neutrones. Por lo que podemos considerar que aproximadamente el 70% de la masa del Sol es la masa de los protones del hidrógeno. Los núcleos de helio contienen dos protones y dos neutrones, por lo que otro 15% de la masa del Sol es la masa de los protones del helio. En, resumen aproximadamente el 85% de la masa del Sol son protones:

$$m_p = M_S \cdot 85\% \cong 1,7 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

De donde se deduce que el número de protones es, aproximadamente:

$$(N_p)_{Sol} = \frac{1,7 \cdot 10^{30}}{1,7 \cdot 10^{-27}} \cong 10^{57}$$

TIERRA: Los átomos, en general, tienen igual o mayor número de neutrones que de protones, siendo la relación neutrón/protón a medida que aumenta Z. En la Tierra, los elementos más abundantes son Fe, O, Si y Mg; elementos de Z relativamente bajo, por lo que podemos considerar que los átomos que constituyen la Tierra tienen aproximadamente el mismo número de neutrones que de protones. Por lo tanto:

$$m_p = M_T \cdot 50\% \cong 3 \cdot 10^{24} \text{ kg} \Rightarrow (N_p)_{Tierra} = \frac{3 \cdot 10^{24}}{1,7 \cdot 10^{-27}} \cong 2 \cdot 10^{51}$$

3.-

- a) (1 p) Calcular y comparar la fuerza gravitatoria y la fuerza eléctrica entre dos protones separados 1 cm.

$$F_G = G \cdot \frac{m_p^2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{(1,7 \cdot 10^{-27})^2}{(10^{-2})^2} = 1,93 \cdot 10^{-60} \text{ N}$$

$$F_e = K \cdot \frac{q_p^2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(10^{-2})^2} = 2,3 \cdot 10^{-24} \text{ N}$$

$$\frac{F_e}{F_G} = \frac{2,3 \cdot 10^{-24}}{1,93 \cdot 10^{-60}} = 1,2 \cdot 10^{36}$$

- b) (0,5 p) Hallar la longitud de onda asociada a un protón que viaja a una velocidad de 10^6 m/s.

Si aplicamos la ecuación de De Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{1,7 \cdot 10^{-27} \cdot 10^6} = 3,88 \cdot 10^{-13} \text{ m}$$

- c) (0,5 p) Hallar el valor de la fuerza magnética sobre ese protón si entra en un campo magnético de 0,1 T perpendicular a su velocidad.

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 electrón.

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) \Rightarrow F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6 \cdot 0,1 \cdot \sin 90^\circ = 1,6 \cdot 10^{-14} \text{ N}$$

4.- Un rayo de luz de longitud de onda 500 nm incide desde aire sobre una lámina de vidrio de caras planas formando 30° con la normal a la lámina. El espesor de la lámina es 2 cm y su índice de refracción es igual a 1,5.

DATOS: 1 nm = 10^{-9} m; índice de refracción del aire $n = 1$.

- a) (0,5 p) Hallar el ángulo que forma el rayo refractado con la normal.

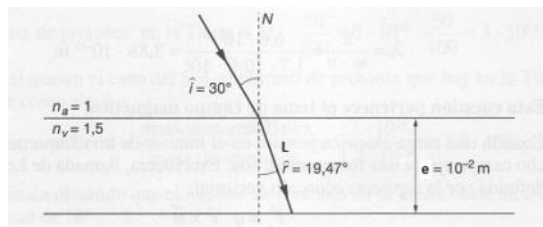
Aplicando la ley de Snell de la refracción:

$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow 1 \cdot \sin 30^\circ = 1,5 \cdot \sin \hat{r} \Rightarrow \hat{r} = 19,47^\circ$$

- b) (0,5 p) ¿Cuál es la velocidad de la luz mientras atraviesa la lámina?

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,5} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

- c) (0,5 p) Calcular cuánto tiempo tarda la luz en atravesar la lámina.



La distancia que recorre la luz en el interior del vidrio es:

$$L = \frac{e}{\cos \hat{r}} = \frac{2}{\cos 19,47^\circ} = 2,12 \text{ cm}$$

$$v = \frac{L}{t} \Rightarrow t = \frac{L}{v} = \frac{2,12 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^8} = 1,06 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

- d) (0,5 p) Hallar la energía de los correspondientes fotones.

Aplicando la ecuación de Planck:

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{500 \cdot 10^{-9}} = 3,96 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

5.- Una onda armónica transversal de periodo 0,5 s, longitud de onda 1,6 m y amplitud 0,8 m se propaga por una cuerda muy larga en el sentido positivo del eje X. En el instante inicial, la elongación, y, del punto situado en $x = 0$ es nula y su velocidad transversal es positiva.

- a) (0,5 p) Representar gráficamente la onda en el instante inicial entre $x = 0$ y $x = 4$ m.
b) (0,5 p) Determinar la elongación de la onda en cualquier instante y posición, y (x , t).

Voy a resolver los dos apartados conjuntamente, ya que hasta que no tengamos la ecuación de la onda no podemos hacer la representación gráfica.

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

$$y(x; t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t - k \cdot x + \varphi_0) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x + \varphi_0\right)$$

$$y(x; t) = 0,8 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{0,5} \cdot t - \frac{2\pi}{1,6} \cdot x + \varphi_0\right) = 0,8 \cdot \sin(4\pi \cdot t - 1,25\pi \cdot x + \varphi_0)$$

Para establecer el valor de φ_0 , sabemos que $y(x=0; t=0) = 0$ y que en ese momento la velocidad de vibración es positiva:

$$0 = 0,8 \cdot \text{sen}(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = \begin{cases} 0 \text{ rad} \\ \pi \text{ rad} \end{cases}$$

Para que la velocidad sea positiva:

$$v(0;0) = 3,2\pi \cdot \cos(\varphi_0) > 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0 \text{ rad}$$

Por lo tanto la ecuación de la onda será:

$$y(x;t) = 0,8 \cdot \text{sen}(4\pi \cdot t - 1,25\pi \cdot x) \text{ (m;s)}$$

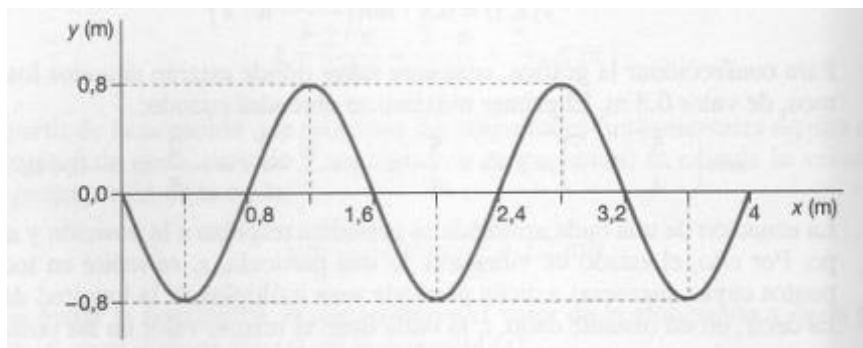
La ecuación de la onda para $t = 0$ es:

$$y(x;t=0) = 0,8 \cdot \text{sen}(-1,25\pi \cdot x) \text{ (m;s)}$$

Para representar la gráfica tomo intervalos de tiempo iguales a:

$$\frac{\lambda}{4} = 0,4 \text{ m}$$

$x(\text{m})$	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0
$y(\text{m})$	0	-0,8	0	0,8	0	-0,8	0	0,8	0	-0,8	0



c) (0,5 p) Calcular la velocidad de propagación de la onda.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1,6}{0,5} = 3,2 \text{ m/s}$$

d) (0,5 p) Escribir la velocidad transversal del punto situado en $x = 1,6 \text{ m}$ en función del tiempo.

La velocidad transversal de vibración la obtenemos derivando la elongación en función del tiempo:

$$v = \frac{dy}{dt} = 3,2\pi \cdot \cos(4\pi \cdot t - 1,25\pi \cdot x) \text{ (m/s)}$$

$$v(x=1,6;t) = 3,2\pi \cdot \cos(4\pi \cdot t - 1,25\pi \cdot 1,6) = 3,2\pi \cdot \cos(4\pi \cdot t - 2\pi) \text{ (m/s)}$$