

EVALUACIÓN DE BACHILLERATO PARA EL ACCESO A LA UNIVERSIDAD
216 FÍSICA
EBAU2022 – JULIO

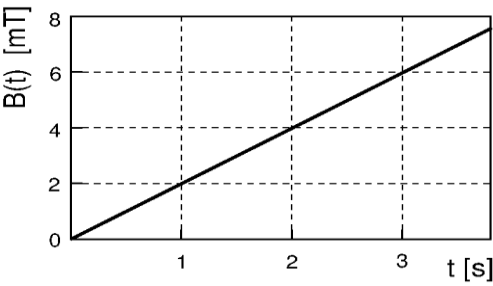
NOTA IMPORTANTE

Escoja dos preguntas de entre las cuatro propuestas en cada bloque (Teoría, Cuestiones, Problemas), es decir, dos teóricas, dos cuestiones y dos problemas. En el caso de que responda a más de las que se piden, solo se corregirán las dos primeras que se hayan respondido.

BLOQUE I. PREGUNTAS DE TEORÍA (ELIJA DOS) (1+1=2 PUNTOS)

- T1** Energía potencial gravitatoria (1 punto)
T2 Fuerza de Lorentz (1 punto)
T3 Clases de ondas (1 punto)
T4 Relatividad especial: postulados y repercusiones (1 punto)

BLOQUE II. CUESTIONES (ELIJA DOS) (1+1=2 PUNTOS)

- C1** Dos cuerpos de masa m y $4m$ respectivamente están separados una distancia d . Determinar el punto de la recta que los une donde el campo gravitatorio es cero. ¿Existe algún punto donde el potencial gravitatorio sea nulo? (Razonar la respuesta). (1 punto)
- C2** Una espira circular de 3 cm de diámetro se encuentra en presencia de un campo magnético uniforme perpendicular al plano de la espira. El módulo del campo magnético en función del tiempo viene representado por la gráfica de la derecha. Calcular la fuerza electromotriz inducida en la espira y hacer un dibujo del planteamiento representando el campo magnético y el sentido de la corriente que se induce. (1 punto)
- 
- C3** Discutir la veracidad o falsedad de la siguiente afirmación: “Si un altavoz se oye en un punto dado con 50 dB de nivel de intensidad acústica (o sonoridad), dos altavoces iguales juntos se oirán en ese mismo punto con 100 dB”. (1 punto)
- C4** Sobre una lámina plana de vidrio incide desde el aire un rayo de luz blanca con un ángulo de incidencia de 30° . Sabiendo que en el interior de ese vidrio la velocidad de propagación de la luz roja es de $1.8 \cdot 10^8$ m/s y la de la luz azul es de $1.7 \cdot 10^8$ m/s, ¿qué ángulo formarán entre sí en el interior del vidrio los rayos rojo y azul, componentes de la luz blanca? (1 punto)

BLOQUE III. PROBLEMAS (ELIJA DOS) (3+3=6 PUNTOS)

- P1** En el centro de nuestra galaxia hay un agujero negro de una masa equivalente a 4 millones de veces la masa del Sol. La estrella llamada S13 es una de las más cercanas al agujero negro y orbita alrededor de él a una distancia aproximada de 1800 unidades astronómicas (UA). Suponiendo que la órbita es circular, calcular:
- El valor de la aceleración de la gravedad debida al agujero negro en el punto en que está S13. (1 punto)
 - El tiempo que tarda S13 en dar una vuelta alrededor del agujero negro. (1 punto)
 - El radio máximo que puede tener el agujero negro sabiendo que la luz no puede escapar de él. (1 punto)
- Datos: $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$; masa del Sol = $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$;
 1 UA = distancia de la Tierra al Sol = 150 millones de km.

EVALUACIÓN DE BACHILLERATO PARA EL ACCESO A LA UNIVERSIDAD
216 FÍSICA
 EBAU2022 – JULIO

P2 Consideremos un bote en el mar a 14 m del origen de coordenadas en la dirección x de propagación del oleaje. Debido al oleaje sigue una oscilación armónica vertical de 2 m de amplitud y 0.2 Hz de frecuencia. La velocidad de propagación de las olas en la superficie es de 0.7 m/s.

- Determinar el periodo y la longitud de onda de las olas. (1 punto)
- Escribir la ecuación de la onda suponiendo que, en el instante inicial $t = 0$, la altura del bote era mínima. (1 punto)
- Determinar la velocidad vertical máxima y la aceleración máxima del bote. (1 punto)

P3 Consideremos un modelo del átomo de hidrógeno consistente en un electrón en órbita circular, de radio $5.3 \cdot 10^{-11}$ m, alrededor de un protón en el núcleo.

- ¿Cuántas veces es mayor la energía potencial eléctrica que la gravitatoria del sistema protón-electrón? (1 punto)

Si despreciamos la interacción gravitatoria en lo que sigue, determinar:

- La velocidad del electrón en la órbita circular y su longitud de onda de *de Broglie*. (1 punto)
- El campo magnético que siente el protón. (1 punto)

Datos: $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$; carga del electrón $= -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; masa del protón $= 1.7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; masa del electrón $= 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$

P4 Una roca lunar traída a la Tierra por las misiones Apolo contiene $3 \mu\text{g}$ del isótopo $^{50}_{23}\text{V}$ del elemento *vanadio*, que tiene una semivida (o periodo de semidesintegración) de $2.7 \cdot 10^{17}$ años.

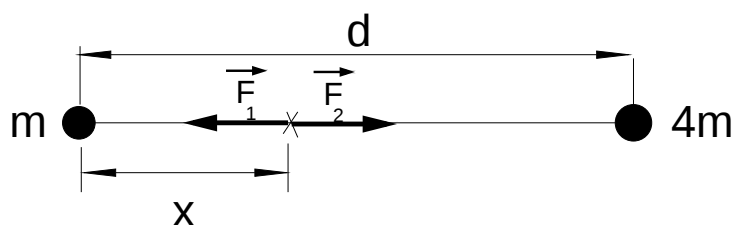
- Determinar (en MeV) la energía de enlace por nucleón del $^{50}_{23}\text{V}$. (1 punto)
- Calcular la constante de desintegración radiactiva y la actividad de la muestra. (1 punto)
- ¿Cuántos años tendrían que transcurrir para que se desintegraran un 1% de los núcleos de $^{50}_{23}\text{V}$ de la muestra? (1 punto)

Datos: masa nuclear experimental del $^{50}_{23}\text{V} = 46513.6 \text{ MeV}$, masa del protón $= 938.3 \text{ MeV}/c^2$; masa del neutrón $= 939.6 \text{ MeV}/c^2$, masa atómica del $^{50}_{23}\text{V} = 50.94 \text{ u}$

Solución EBAU Murcia. Julio 2022

CUESTIONES

C1



El punto \$x\$ en donde el campo es nulo cumplirá:

$$-\frac{Gm}{x^2} + \frac{G4m}{(d-x)^2} = 0 \Rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{4}{(d-x)^2} \Rightarrow x = \frac{|d-x|}{2} \Rightarrow x = \frac{d}{3}$$

El potencial debido a ambas cargas es: $V = -\frac{Gm}{|\vec{r}-\vec{r}_1|} - \frac{G4m}{|\vec{r}-\vec{r}_2|}$ que siempre es negativo. Luego en ningún punto se puede anular (salvo, a lo sumo, a distancia infinita de las masas).

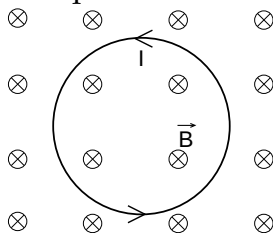
C2 Aplicando la ley de inducción de Faraday:

$$\varepsilon = -\frac{d(\vec{B}(t) \cdot \vec{S})}{dt} = -\pi R^2 \frac{dB(t)}{dt}$$

De la gráfica vemos que la pendiente es $\frac{dB(t)}{dt} = 2 \text{ mT/s}$. Por tanto

$$\text{f.e.m.} = |\varepsilon| = \pi \left(\frac{0.03}{2}\right)^2 \times 2 \cdot 10^{-3} = 1.41 \cdot 10^{-6} \text{ V}$$

Por la ley de Lenz la corriente inducida ha de crear un campo que contrarreste el aumento de flujo. Por tanto, si el campo original se pinta como en la figura, el sentido de la corriente es como el indicado en la figura:



C3 La intensidad si ponemos dos altavoces, será el doble, \$(2I)\$, que si solo hay un altavoz, \$(I)\$. Por tanto:

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \\ \beta_2 &= 10 \log \left(\frac{2I}{I_0} \right) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \beta_2 = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) + 10 \log(2) = \beta_1 + 10 \log(2) = 50 + 3 = 53 \text{ dB}$$

Por tanto, la afirmación es **FALSA**.

C4 El índice de refracción para el color rojo y azul serán, respectivamente

$$n_R = \frac{c}{v_R} = \frac{3}{1.8} = 1.667, \quad n_A = \frac{c}{v_A} = \frac{3}{1.7} = 1.765.$$

Y aplicando la ley de Snell:

$$1 \times \sin(30^\circ) = n_R \sin(\theta_R) \Rightarrow \theta_R = \arcsin \left(\frac{1}{2n_R} \right) = \arcsin \left(\frac{v_R}{2c} \right) = \arcsin \left(\frac{1.8}{2 \times 3} \right) = 17.46^\circ$$

$$\theta_A = \arcsin \left(\frac{v_A}{2c} \right) = \arcsin \left(\frac{1.7}{2 \times 3} \right) = 16.46^\circ$$

Luego el ángulo entre los rayos es $\theta_R - \theta_A = 1^\circ$.

PROBLEMAS

P1

a)
$$g = \frac{GM}{d^2} = \frac{6.67 \cdot 10^{-11} \times (4 \cdot 10^6 \times 2 \cdot 10^{30})}{(1800 \times 150 \cdot 10^9)^2} = 7.3 \cdot 10^{-3} m/s^2$$

b)
$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} d^3 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2}{GM} d^3} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \times (1800 \times 150 \cdot 10^9)^3}{6.67 \cdot 10^{-11} \times 4 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{30}}} = 1.2 \cdot 10^9 s \simeq 38 \text{ años}$$

c) Para que no escape la luz $\Rightarrow V_{\text{esc}} = c$:

$$c = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \Rightarrow r = \frac{2GM}{c^2} = \frac{2 \times 6.67 \cdot 10^{-11} \times (4 \cdot 10^6 \times 2 \cdot 10^{30})}{(3 \cdot 10^8)^2} = 1.19 \cdot 10^{10} m \simeq 0.08 \text{ UA}$$

P2

a)
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.2} = 5 s \quad ; \quad \lambda = \frac{v}{f} = \frac{0.7}{0.2} = 3.5 m$$

b) Ecuación de la onda:

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \delta) \text{ , donde } k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{3.5} = 1.795 m^{-1} \quad ; \quad \omega = 2\pi f = 2\pi \times 0.2 = 1.26 s^{-1}$$

Según los datos del enunciado, el y mínimo ($y = -A$), ocurre en $x = 20 m$ y $t = 0$:

$$\begin{aligned} y(k, 0) = -A &= A \sin(kx + \delta) \Rightarrow kx + \delta = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \\ \delta &= n2\pi - kx - \frac{\pi}{2} = n2\pi - 1.795 \times 14 - \frac{\pi}{2} = n2\pi - 25.13 - \frac{\pi}{2} \end{aligned}$$

Si tomamos $n = 5$ el ángulo δ está entre $[-\pi, \pi]$: $\delta = -\frac{\pi}{2}$ (o $\delta = \frac{3\pi}{2}$, o se puede sumar cualquier múltiplo de 2π). Así pues, la ecuación de la onda queda:

$$y(x, t) = 2 \sin\left(1.8x - 1.26t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ con } x \text{ en } m \text{ y } t \text{ en } s.$$

c)
$$\begin{aligned} \dot{y}(x, t) &= \omega A \cos(kx - \omega t + \delta) \Rightarrow \dot{y}_{\text{max}} = A\omega = 2 \times 1.26 = 2.52 m/s \\ \ddot{y}(x, t) &= -\omega^2 A \sin(kx - \omega t + \delta) \Rightarrow \ddot{y}_{\text{max}} = A\omega^2 = 2 \times 1.26^2 = 3.17 m/s^2 \end{aligned}$$

P3

a)
$$\frac{U_e}{U_g} = \frac{-\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}}{-\frac{Gm_p m_e}{r}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 Gm_p m_e} = \frac{9 \cdot 10^9 \times (1.6 \cdot 10^{-19})^2}{6.67 \cdot 10^{-11} \times 1.7 \cdot 10^{-27} \times 9.1 \cdot 10^{-31}} = 2.2 \cdot 10^{39}$$

b) En un punto de la órbita circular la fuerza de Coulomb ha de compensar la centrífuga:

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m_e v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r m_e}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \times (1.6 \cdot 10^{-19})^2}{5.3 \cdot 10^{-11} \times 9.1 \cdot 10^{-31}}} = 2.2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.6 \cdot 10^{-34}}{9.1 \cdot 10^{-31} \times 2.2 \cdot 10^6} = 3.3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

c) Al girar el electrón crea una corriente circular dada por

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{e}{T} = \frac{e}{2\pi r/v} = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \times 2.2 \cdot 10^6}{2\pi \times 5.3 \cdot 10^{-11}} = 1.06 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

Y aplicando la expresión del campo creado por una espira circular en el centro:

$$B = \frac{\mu_0 I}{r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \times 1.06 \cdot 10^{-3}}{5.3 \cdot 10^{-11}} = 25.13 \text{ T}$$

P4

a) La energía de enlace es

$$E = (Zm_p + Nm_n - M_{\text{nuc}}(^{50}_{23}\text{V})) = 23 \times 938.3 + (50 - 23) \times 939.6 - 46513.6 = 436.5 \text{ MeV}/c^2$$

Por tanto la energía de enlace por nucleón: $E/A = 436.5/50 = 8.7 \text{ MeV/nucleón}$

b)

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T} = \frac{\ln(2)}{2.7 \cdot 10^{17}} = 2.57 \cdot 10^{-18} \text{ años}^{-1} = 8.1 \cdot 10^{-26} \text{ s}^{-1}$$

Actividad:

$$A = \lambda N = \lambda \frac{m}{M} N_A = 8.1 \cdot 10^{-26} \text{ s}^{-1} \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ g}}{50.94 \text{ g/mol}} 6.022 \cdot 10^{23} \text{ núcleos/mol} = 2.9 \cdot 10^{-9} \text{ núcleos/s}$$

c)

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = \frac{1}{2.57 \cdot 10^{-18}} \ln\left(\frac{1}{0.99}\right) = 3.9 \times 10^{15} \text{ años}$$

(~ 2800 veces la edad del universo)