EVALUACIÓN DE BACHILLERATO PARA EL ACCESO A LA UNIVERSIDAD

216 FÍSICA

EBAU2023 - **JUNIO**

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 y potencial eléctricos. (1 punto)

T2 Ondas electromagnéticas. (1 punto)

T3 Leyes de la reflexión y la refracción. (1 punto)

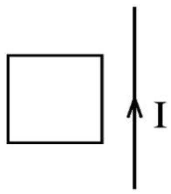
T4 Partículas elementales. (1 punto)

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

C1 Consideremos dos masas de igual valor, m , separadas una distancia d. Determinar el trabajo realizado por el campo gravitatorio en llevar una tercera masa de igual valor m desde el infinito hasta el punto medio entre las dos primeras masas. (1 punto)

C2 Situamos un objeto de 1 cm de altura a 3 cm de una lente de +50 dioptrías. Calcular, analítica y gráficamente, la posición y el aumento de la imagen. (1 punto)

C3 Considérese un conductor rectilíneo muy largo por el que circula una corriente constante, I, y una espira cuadrada en el mismo plano que el conductor tal como indica la figura. Justificar si se induce corriente eléctrica en la espira, e indicar con un dibujo el sentido de la misma, en las siguientes situaciones: **a)** la espira se mueve hacia la izquierda, **b)** la espira se mueve hacia arriba. (1 punto)



C4 Indique qué partículas se emiten y el tipo de desintegración en cada uno de los pasos de la siguiente serie radiactiva: ${}^{216}_{84}Po \rightarrow {}^{212}_{82}Pb \rightarrow {}^{212}_{83}Bi \rightarrow {}^{212}_{84}Po$ (1 punto)

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

P1 Didymos es el nombre de un asteroide alrededor del cual orbita otro más pequeño llamado Dimorphos. En septiembre de 2022 la sonda Dart de la NASA impactó deliberadamente contra Dimorphos para cambiar su órbita. Antes del impacto el periodo orbital de Dimorphos alrededor de Didymos era de 12 horas. Suponiendo que las órbitas son circulares y que Didymos es esférico, calcular:

a) La velocidad de escape desde la superficie de Didymos. (1 punto)

b) El radio orbital de Dimorphos alrededor de Didymos antes del choque. (1 punto)

c) La variación de energía mecánica que experimentó Dimorphos si tras el impacto pasó a una nueva órbita con un periodo 32 minutos menor que antes. (1 punto)

Datos: $G= 6.67\cdot10^{-11}$ $N\cdot m^2/kg^2$; masa de Didymos= $5\cdot10^{11}$ kg; masa de Dimorphos = $4\cdot10^{9}$ kg; diámetro de Didymos= 780 m.

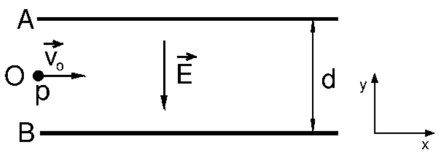
P2 Un motor oscila armónicamente en el eje vertical, y , unido a una cuerda tensa tal que excita en ella un movimiento ondulatorio que se propaga a lo largo del eje x . En un cierto instante la distancia entre dos máximos consecutivos de la cuerda es de 50 cm y el mínimo tiempo que tarda un punto de la cuerda en pasar de la elongación máxima a elongación nula es de 1 s. Además sabemos que la velocidad vertical máxima de un punto de la cuerda es de 5π cm/s y que en $t = 0$ la cuerda en el origen del eje x tiene elongación máxima. Determinar:

a) La frecuencia y la velocidad de propagación de la onda. (1 punto)

b) La ecuación del movimiento ondulatorio. (1 punto)

c) La diferencia de fase, en un mismo instante, entre dos puntos que distan 37.5 cm en la dirección de propagación. (1 punto)

P3 Consideremos dos placas planas paralelas infinitas A y B separadas una distancia d=3 cm y entre las que existe un campo eléctrico uniforme y constante, $\vec{E} = -2 \cdot 10^5 \vec{j}$ N/C. Por el punto O, equidistante de las placas (ver dibujo), penetra un protón con velocidad $\vec{v_o} = 5 \cdot 10^6 \vec{i}$ m/s. Determinar:



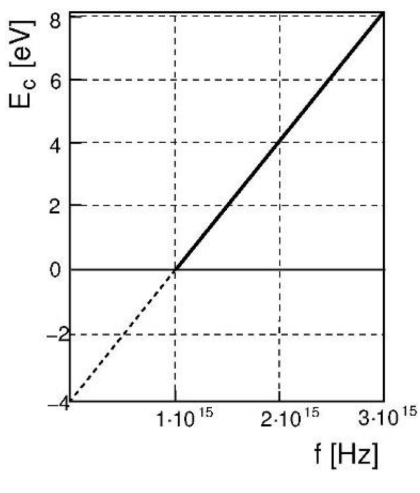
a) El vector aceleración que actúa sobre el protón y dibujar cualitativamente la trayectoria que sigue éste razonando la respuesta. (1 punto)

b) El vector velocidad del protón cuando alcanza la placa B. (1 punto)

c) Cuánto tendría que valer un campo magnético $\vec{B}$ uniforme y constante en la región entre placas para que el protón siguiera en línea recta tras entrar por O. (1 punto)

Datos: masa del protón= $1.7 \cdot 10^{-27}$ kg, carga del protón=$+1.6 \cdot 10^{-19}$ C

P4 La figura muestra la energía cinética máxima, E_c, de los electrones emitidos por una lámina de aluminio en función de la frecuencia, f, de la radiación electromagnética incidente.



a) Determinar la longitud de onda umbral y el *trabajo de extracción* (o *función trabajo*) en electronvoltios. (1 punto)

b) Calcular la velocidad máxima de los electrones emitidos cuando incide una radiación de $4 \cdot 10^{15}$Hz, así como la longitud de onda de *de Broglie* de dichos electrones. (1 punto)

c) Si medimos la cantidad de movimiento de los electrones del apartado b) con una incertidumbre del 0.4%, calcular la incertidumbre mínima con que se puede determinar su posición. (1 punto)

Datos: h= $6.63 \cdot 10^{-34}$ J·s, 1 eV=$1.6 \cdot 10^{-19}$ J, masa del electrón= $9.1 \cdot 10^{-31}$ kg

Solución EBAU Murcia. Junio 2023

CUESTIONES

C1 El trabajo realizado por el campo gravitatorio es menos la variación de energía potencial:

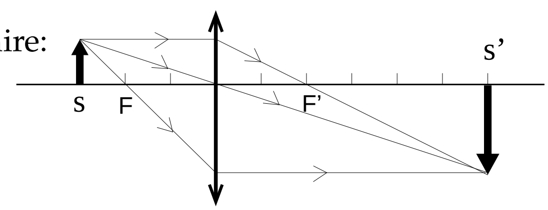
$$W_G = -\Delta E_p = -(E_p^{\text{final}} - E_p^{\text{inicial}}) = -\left(-G\frac{m^2}{d/2} - G\frac{m^2}{d/2}\right) - 0 = 4G\frac{m^2}{d},$$

donde hemos tomando el origen de potenciales en el infinito.

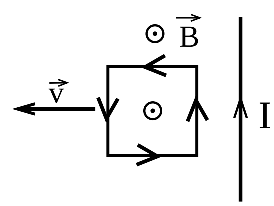
C2 Apliquemos la ecuación de las lentes delgadas en aire:

$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = P \quad \Rightarrow \quad s' = \frac{1}{P+\frac{1}{s}} = \frac{1}{\frac{1}{50}+\frac{1}{(-0.03)}} = 0.06\,m = 6\,cm$

Aumento: $A = \frac{s'}{s} = \frac{6}{-3} = -2$



C3 a) El campo magnético creado por la corriente I decae como $1/r$ al alejarse de hilo. Por tanto el flujo, $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$ disminuye. Por la ley de Lenz se induce una fuerza electromotriz $-d\Phi/dt$ que crea una corriente tal que genere un campo magnético que tienda a compensar la pérdida de flujo, en este caso la corriente inducida tendrá el sentido indicado en el dibujo para que tenga la misma dirección que tenía el campo magnético y compense así la pérdida del flujo.



b) Al no variar la distancia con el hilo, tampoco lo hace el campo magnético creado por I que atraviesa la espira y por ello tampoco el flujo. Luego <u>no se induce</u> fuerza electromotriz ni, por tanto, <u>corriente</u>.

C4

$^{216}_{84}Po \rightarrow ^{212}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$ (desintegración **alfa**)

$^{212}_{82}Pb \rightarrow ^{212}_{83}Bi + e^- + \bar{\nu}_e$ (desintegración **beta**)

$^{212}_{83}Bi \rightarrow ^{212}_{84}Po + e^- + \bar{\nu}_e$ (desintegración **beta**)

PROBLEMAS

P1

a)
$$v_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM_{Did}}{R_{Did}}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \cdot 10^{-11} \times 5 \cdot 10^{11}}{780/2}} = 0.41\, m/s = 41\, cm/s$$

---

b)
$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_{Did}} r^3 \Rightarrow r = \left(\frac{GM_{Did}}{4\pi^2} T^2 \right)^{1/3} = \left(\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \times 5 \cdot 10^{11}}{4\pi^2} (12 \times 60 \times 60)^2 \right)^{1/3} = 1164\, m$$

---

c) La energía mecánica antes del impacto (es la "orbital"): ($M \equiv$ masa Didymos, $m \equiv$ masa Dimorphos)

$$E_1 = E_{c_1} + E_{p_1} = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{GMm}{r_1} = -\frac{GMm}{2r_1} = -5.73 \cdot 10^7\, J$$

Después del impacto: $T_2 = T_1 - 32$ minutos $= 12 \times 60 \times 60 - 32 \times 60 = 41280\, s$

$$r_2 = \left(\frac{GM}{4\pi^2} T_2^2 \right)^{1/3} = \left(\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \times 5 \cdot 10^{11}}{4\pi^2} \times 41280^2 \right)^{1/3} = 1129\, m$$

$$E_2 = E_{c_2} + E_{p_2} = -\frac{1}{2} \frac{GMm}{r_2} = -5.91 \cdot 10^7\, J$$

Por tanto: $\Delta E = E_2 - E_1 = -5.91 \cdot 10^7 - (-5.73 \cdot 10^7) = -0.18 \cdot 10^7 J = -1.8\, MJ$
(Dimorphos perdió energía)

P2 a) La distancia entre máximos consecutivos en la longitud de onda: $\lambda = 0.5\, m$, y el tiempo que tarda de pasar de un máximo a elongación nula es un cuarto del periodo: $T/4 = 1\, s \rightarrow T = 4\, s$.

Por tanto: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0.25\, s$; $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0.5}{4} = 0.125\, m/s$

---

b) Ecuación del movimiento: $y(x,t) = A\cos(kx - \omega t + \delta)$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0.5} = 4\pi = 12.75\, m^{-1} \qquad ; \qquad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} = 1.57\, s^{-1}$$

Del dato de la velocidad de vibración máxima obtenemos la amplitud:

$$\dot{y}(x,t) = A\omega \sin(kx - \omega t + \delta) \;\Rightarrow\; \dot{y}_{\max} = A\omega \;\Rightarrow\; A = \frac{\dot{y}_{\max}}{\omega} = \frac{5\pi}{\pi/2} = 10\, cm.$$

Y el defasaje, δ, lo sacamos con la última información que nos da el enunciado:
$y(0,0) = A \quad \Rightarrow \quad \cos(\delta) = 1 \quad \Rightarrow \quad \delta = 0$

Luego la ecuación del movimiento ondulatorio queda:

$$y(x,t) = 10\cos\left(4\pi x - \frac{\pi}{2} t\right)\, cm = 0.1\cos(12.6x - 1.57t)\, m, \quad \text{con } x \text{ en } m \text{ y } t \text{ en } s.$$

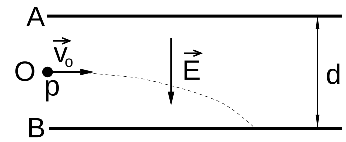
(Si se usa *seno* para la ecuación del movimiento entonces el defasaje sería $\pi/2$)

---

c) Diferencia de fase: $\Delta\phi = k\Delta x = 4\pi \times 0.375 = 4.71 rad \simeq 270^o \simeq \frac{3\pi}{2}$

P3 a) $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q\vec{E}}{m} = \frac{1.6\cdot 10^{-19}\times(-2)\cdot 10^5\vec{j}}{1.7\cdot 10^{-27}} = -1.88\cdot 10^{13}\,\vec{j}\,m/s\,.$

Al ser la fuerza constante en el eje y la trayectoria es una parábola (análogo a un tiro parabólico).



---

b) METODO 1 (por cons. energía):

$$W_E = \Delta Ec = -\Delta E_p = qE\frac{d}{2} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_y^2$$

$$\Rightarrow \quad v_y = \sqrt{\frac{qEd}{m}} = \sqrt{\frac{1.6\cdot 10^{-19}\times 2\cdot 10^5\times 0.03}{1.7\cdot 10^{-27}}} = 7.5\cdot 10^5\,m/s$$

$$\vec{v} = v_x\,\vec{i} + v_y\,\vec{j} = \left(5\cdot 10^6\,\vec{i} - 7.5\cdot 10^5\,\vec{j}\right)\,m/s$$

METODO 2 (por cinemática):

$$v_y = at \qquad ; \qquad y = y_o - \frac{1}{2}at^2$$

$\rightarrow$ Cuando alcanza la placa inferior: $0 = \frac{d}{2} - \frac{1}{2}at^2 \;\rightarrow\; t = \sqrt{\frac{d}{a}} \quad\rightarrow\quad v_y = a\sqrt{\frac{d}{a}} = \sqrt{ad} = \sqrt{\frac{qEd}{m}}$

y continuaría como en la última línea del METODO 1.

---

c) El campo magnético debe provocar una fuerza de Lorenz, $\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$, hacia arriba ($\vec{j}$) que compense la eléctrica:

$$qv_0B = qE \quad\Rightarrow\quad B = \frac{E}{v_0}$$

y de sentido hacia dentro del papel, ($-\vec{k}$):

$$\vec{B} = -\frac{E}{v_0}\,\vec{k} = -\frac{2\cdot 10^5}{5\cdot 10^6}\,\vec{k} = -0.04\,T\,\vec{k}$$

P4 a) De la gráfica vemos que la frecuencia umbral vale $f_o = 1\cdot 10^{15}\,Hz$. Por tanto

$$\lambda_o = \frac{c}{f_o} = \frac{3\cdot 10^8}{10^{15}} = 3\cdot 10^{-7}\,m = 300\,nm$$

$$W_o = hf_o = 6.63\cdot 10^{-34}\times 10^{15} = 6.63\cdot 10^{-19}\,J = \frac{6.63\cdot 10^{-19}}{1.6\cdot 10^{-19}} = 4.1\,eV$$

(O directamente la ordenada en el origen es $-W_o \simeq -4\,eV \quad\Rightarrow\quad W_o \simeq 4\,eV$

---

b) $hf = W_o + E_c \;\Rightarrow\; E_c = hf - Wo = 6.63\cdot 10^{-34}\times 4\cdot 10^{15} - 6.63\cdot 10^{-19} = 2.0\cdot 10^{-18}\,J$

$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \;\Rightarrow\; v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2\times 2\cdot 10^{-18}}{9.1\cdot 10^{-31}}} = 2.1\cdot 10^6\,m/s$

$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}}{9.1\cdot 10^{-31}\times 2.1\cdot 10^6} = 3.5\cdot 10^{-10}\,m = 0.35\,nm$

---

c) Relación de indeterminación de Heisenberg:

$$\Delta p\,\Delta x \geq \frac{h}{4\pi} \;\Rightarrow\; \Delta x \geq \frac{h}{4\pi m\times 0.004\cdot v} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}}{4\pi\times 9.1\cdot 10^{-31}\times 0.004\cdot 2.1\cdot 10^6} = 6.9\cdot 10^{-9}\,m = 6.9\,nm$$

(la constante que multiplica a h depende de la definición de incertidumbre. La usada aquí es la más rigurosa en mecánica cuántica y es la "desviación estándar", pero otras definiciones de la incertidumbre pueden dar lugar a expresiones del principio de indeterminación como $\Delta p\Delta x \geq \frac{h}{2\pi}$ o $\Delta p\Delta x \geq h$, que también se considerarían válidas en la EBAU)