FÍSICA

PRUEBA DE COMPETENCIA ESPECÍFICA (PCE)
UNEDASISS — MODELO DE EXAMEN 2025

EXAMEN RESUELTO

Reparto de la nota. Cuatro partes de **2,5 puntos** cada una. Parte 1: un problema a elegir entre 1a y 1b. Parte 2: un problema a elegir entre 2a y 2b. Parte 3: problema competencial obligatorio. Parte 4: 8 cuestiones tipo test de las que se contestan **5**; cada acierto suma **0,5**, cada error resta **0,15** y las preguntas en blanco no computan. Dentro de cada problema, todos los apartados valen lo mismo; se valora el planteamiento, el desarrollo, el resultado y el uso de unidades y vectores. Este documento resuelve todas las opciones.

PARTE 1

Problema 1a. Calisto (el tercer satélite con mayor masa del sistema solar), que posee una densidad de 1,83 $\mathrm{g\,cm^{-3}}$ y un radio de 2410 km, da una revolución alrededor del planeta Júpiter cada 16,89 días.

(a) Calcule la masa del satélite y la aceleración de la gravedad en su superficie.

(b) Obtenga la energía cinética y la energía mecánica de Calisto en su órbita circular alrededor del planeta.

Datos: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ $\mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$; masa de Júpiter $M_J = 1{,}90 \cdot 10^{27}$ kg.

Solución.

Datos en unidades del SI: $\rho = 1830$ $\mathrm{kg/m^3}$; $R_C = 2{,}41 \cdot 10^6$ m; $T = 16{,}89 \cdot 86\,400 = 1{,}459 \cdot 10^6$ s.

(a) Masa y gravedad en la superficie.

Suponiendo Calisto esférico, $m_C = \rho V = \rho\, \frac{4}{3}\pi R_C^3$:

$$m_C = 1830 \cdot \frac{4}{3}\pi\,(2{,}41 \cdot 10^6)^3 \approx \mathbf{1{,}07 \cdot 10^{23}\ kg}.$$

$$g_C = \frac{G m_C}{R_C^2} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}07 \cdot 10^{23}}{(2{,}41 \cdot 10^6)^2} \approx \mathbf{1{,}23\ m/s^2}.$$

(Algo menos que la gravedad de la Luna, 1,62 $\mathrm{m/s^2}$.)

(b) Energía cinética y mecánica en la órbita.

Primero el radio de la órbita (no confundir con el radio de Calisto). La gravedad de Júpiter es la fuerza centrípeta, y $v = 2\pi r/T$:

$$\frac{G M_J m_C}{r^2} = \frac{m_C v^2}{r} \;\Rightarrow\; r^3 = \frac{G M_J T^2}{4\pi^2} \;\Rightarrow\; r = \sqrt[3]{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}90 \cdot 10^{27} \cdot (1{,}459 \cdot 10^6)^2}{4\pi^2}} \approx 1{,}90 \cdot 10^9 \text{ m}.$$

En una órbita circular, $v^2 = \dfrac{G M_J}{r}$, de donde:

$$E_c = \frac{1}{2} m_C v^2 = \frac{G M_J m_C}{2r} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}90 \cdot 10^{27} \cdot 1{,}07 \cdot 10^{23}}{2 \cdot 1{,}90 \cdot 10^9} \approx \mathbf{3{,}58 \cdot 10^{30}\ J},$$

$$E_m = E_c + E_p = \frac{G M_J m_C}{2r} - \frac{G M_J m_C}{r} = -\frac{G M_J m_C}{2r} = -E_c \approx \mathbf{-3{,}58 \cdot 10^{30}\ J}.$$

Para la nota máxima: justificar por qué $E_m = -E_c$ en una órbita circular (es la relación que se acaba de deducir) y comentar el signo: $E_m < 0$ indica que Calisto está **ligado** a Júpiter.

Problema 1b. Un satélite orbita la Tierra siguiendo una órbita geoestacionaria.

(a) Calcule el radio de la órbita y la velocidad del satélite.

(b) Sabiendo que la energía necesaria para llevar al satélite a otra órbita circular de radio igual al doble de la órbita anterior es $1{,}18 \cdot 10^9$ J, calcule la masa del satélite.

Datos: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}; masa de la Tierra $M_T = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg.

Solución.

Dato implícito: una órbita geoestacionaria tiene el mismo período que la rotación de la Tierra. Se toma $T = 1$ día $= 86\,400$ s. (El valor estricto es el día sidéreo, 86 164 s; los resultados apenas cambian, en torno al 0,2 %.)

(a) Radio y velocidad.

Igual que en 1a, $r^3 = \dfrac{GM_T T^2}{4\pi^2}$:

$$r = \sqrt[3]{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}97 \cdot 10^{24} \cdot 86\,400^2}{4\pi^2}} \approx \mathbf{4{,}22 \cdot 10^7\ m}$$

(unos 36 000 km sobre la superficie).

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 4{,}22 \cdot 10^7}{86\,400} \approx \mathbf{3{,}07 \cdot 10^3\ m/s}.$$

Comprobación: $v = \sqrt{GM_T/r}$ da el mismo valor.

(b) Masa del satélite.

La energía necesaria es la diferencia de energías mecánicas, con $E_m = -\dfrac{GM_T m}{2r}$:

$$\Delta E = -\frac{GM_T m}{2(2r)} + \frac{GM_T m}{2r} = \frac{GM_T m}{4r} \ \Rightarrow\ m = \frac{4r\,\Delta E}{GM_T} = \frac{4 \cdot 4{,}22 \cdot 10^7 \cdot 1{,}18 \cdot 10^9}{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}97 \cdot 10^{24}} \approx \mathbf{500\ kg}.$$

PARTE 2

Problema 2a. En un medio de índice de refracción $n_1 = 1{,}6$ se propaga un rayo de luz de frecuencia $f_1 = 6 \cdot 10^{14}$ Hz.

(a) ¿Cuál es la longitud de onda?

(b) ¿Cuál debe ser como mínimo el ángulo de incidencia para que se produzca reflexión total en la frontera entre este medio y otro con índice de refracción $n_2 = 1{,}2$?

(c) Para los mismos medios del caso anterior, ¿qué características tendrá la onda transmitida (frecuencia y longitud de onda) suponiendo que el ángulo de incidencia es tal que no se produce reflexión total?

Dato: $c = 3 \cdot 10^8$ m s^{-1}.

Solución.

(a) Longitud de onda en el medio 1.

En el medio, $v_1 = c/n_1$ y $\lambda_1 = v_1/f_1$:

$$\lambda_1 = \frac{c}{n_1 f_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{1{,}6 \cdot 6 \cdot 10^{14}} = \mathbf{3{,}125 \cdot 10^{-7}\ m = 312{,}5\ nm}.$$

(En el vacío sería 500 nm, luz verde; el medio la "acorta".)

(b) Ángulo mínimo para reflexión total.

Es posible porque se pasa a un medio de menor índice ($n_2 < n_1$). En el ángulo límite el refractado sale a 90°:

$$n_1 \sin\theta_L = n_2 \ \Rightarrow\ \sin\theta_L = \frac{1{,}2}{1{,}6} = 0{,}75 \ \Rightarrow\ \theta_L = \mathbf{48{,}6}^\circ.$$

Hay reflexión total para cualquier ángulo de incidencia mayor que 48,6°.

(c) Onda transmitida.

La frecuencia no cambia al cambiar de medio: $f_2 = f_1 = \mathbf{6 \cdot 10^{14}\ Hz}$. La velocidad aumenta ($v_2 = c/n_2 = 2{,}5 \cdot 10^8$ m/s) y con ella la longitud de onda:

$$\lambda_2 = \frac{c}{n_2 f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1{,}2 \cdot 6 \cdot 10^{14}} = \mathbf{4{,}17 \cdot 10^{-7}\ m = 417\ nm}, \qquad \text{o bien } \ \lambda_2 = \frac{n_1}{n_2}\lambda_1.$$

Comprobación de sentido: el medio 2 es menos refringente, la luz va más rápido en él y su longitud de onda tiene que ser *mayor* que en el medio 1.

Problema 2b. A lo largo de una cuerda se propaga en el sentido positivo del eje x una onda transversal. El periodo de oscilación y la elongación máxima de un punto cualquiera de la cuerda son, respectivamente, $4 \cdot 10^{-3}$ s y 20 cm. La distancia mínima entre dos puntos cualesquiera de la cuerda que oscilan en fase es de 0,25 metros. En el instante $2 \cdot 10^{-3}$ s, la elongación del punto situado en $x = 0{,}5$ m es de -10 cm y su velocidad de oscilación en ese instante es positiva.

(a) Halle la frecuencia angular y la velocidad de propagación de la onda.

(b) Obtenga la expresión matemática de la onda.

Solución.

Datos: $T = 4 \cdot 10^{-3}$ s; $A = 0{,}20$ m. La distancia mínima entre dos puntos que vibran en fase es, por definición, la longitud de onda: $\lambda = 0{,}25$ m.

(a) Frecuencia angular y velocidad de propagación.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4\cdot 10^{-3}} = \mathbf{500\pi\ rad/s} \approx 1571\ \text{rad/s}, \qquad v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0{,}25}{4\cdot 10^{-3}} = \mathbf{62{,}5\ m/s}.$$

En forma vectorial, $\vec{v} = 62{,}5\,\vec{i}$ m/s, porque la onda avanza hacia $+x$.

(b) Ecuación de la onda.

Número de onda: $k = \dfrac{2\pi}{\lambda} = 8\pi$ rad/m. Para una onda que avanza en el sentido **positivo** del eje x, el término espacial va con signo **menos**:

$$y(x,t) = 0{,}20\sin(500\pi t - 8\pi x + \varphi_0)\ \text{(m)}.$$

En el punto y el instante dados, la fase vale $500\pi\cdot 2\cdot 10^{-3} - 8\pi\cdot 0{,}5 + \varphi_0 = \pi - 4\pi + \varphi_0$, que equivale a $\varphi_0 + \pi$. Imponemos las dos condiciones:

$$y = 0{,}20\sin(\varphi_0+\pi) = -0{,}20\sin\varphi_0 = -0{,}10 \ \Rightarrow\ \sin\varphi_0 = \tfrac{1}{2} \ \Rightarrow\ \varphi_0 = \tfrac{\pi}{6}\ \text{o}\ \tfrac{5\pi}{6},$$

$$v_y = A\omega\cos(\varphi_0+\pi) = -A\omega\cos\varphi_0 > 0 \ \Rightarrow\ \cos\varphi_0 < 0 \ \Rightarrow\ \varphi_0 = \tfrac{5\pi}{6}.$$

$$\boxed{y(x,t) = 0{,}20\sin\left(500\pi t - 8\pi x + \frac{5\pi}{6}\right)\ \text{(m)}}$$

Por qué el enunciado da el signo de la velocidad: la elongación sola deja dos fases posibles (ver la cuestión 8). Hay que usar los dos datos y explicarlo.

Errores frecuentes: poner $+kx$ con una onda que avanza hacia $+x$ (ese signo corresponde a una onda hacia $-x$) y mezclar centímetros y metros en la amplitud.

PARTE 3

Problema 3. Las centrales nucleares generan electricidad aprovechando la energía liberada en ciertas reacciones nucleares, en las que núcleos atómicos se fisionan y dan lugar a nuevos núcleos, liberando energía en el proceso.

Se pretende utilizar una central nuclear cuyo combustible nuclear es el uranio. Sin embargo, el uranio que se extrae de las minas no puede ser empleado directamente en la central nuclear. El motivo es que el uranio extraído contiene dos isótopos distintos, uranio-238 (^{238}U) en mayor medida y una pequeña parte de uranio-235 (^{235}U). El combustible nuclear requiere una mayor proporción de ^{238}U que la que se encuentra en la naturaleza, por lo que debemos considerar algún método para poder discriminar los isótopos con el fin de producir un material apto para la central nuclear.

Se supone que el mineral de uranio extraído está formado por átomos de uranio (tanto ^{235}U como ^{238}U) una vez ionizados (es decir, el número de electrones es menor que el número de protones en una unidad). Para aislar el uranio, se emplearán campos magnéticos. Se dispone de un aparato que genera campos eléctricos y otro que genera campos magnéticos, pero este último no está bien calibrado. Se realizará un experimento inicial para calibrarlo y, después, se empleará este aparato para separar el uranio.

(a) Se genera un campo eléctrico $\vec{E} = 1000\,\vec{j}$ N/C y se introduce un campo magnético de magnitud desconocida en el eje z. Se lanzan en este momento electrones a una velocidad de 10^4 m/s en el sentido positivo del eje x y se les hace pasar por la región con estos campos. Se va aumentando la magnitud del campo hasta que los electrones pasen en línea recta sin desviarse. En ese momento, ¿cuál será el campo $\vec{B}$ generado?

(b) Tras esta primera parte, el aparato queda calibrado. Se deja de generar campo eléctrico y se genera un campo magnético $\vec{B} = 0{,}2\,\vec{k}$ T, con el fin de separar los isótopos. Ahora se lanzan estos isótopos (átomos de ^{235}U y ^{238}U una vez ionizados) con una velocidad de 10^5 m/s en el sentido positivo del eje x. ¿Cómo se pueden distinguir los isótopos en esta fase? ¿Dónde podríamos recolectar cada isótopo?

Datos: carga del electrón $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C; número de Avogadro $N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23}$.

Solución.

Aviso sobre el enunciado. El texto dice que el combustible necesita "una mayor proporción de ^{238}U". Es al revés: el isótopo fisible es el ^{235}**U**, que en el uranio natural es solo el 0,7 %, y el combustible de las centrales necesita **enriquecerse** hasta un 3-5 % de ^{235}U. El error no afecta a los cálculos, pero conviene saberlo.

(a) Calibración: el filtro de velocidades.

Los electrones no se desvían si la fuerza total es nula:

$$\vec{F} = q\,(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = \vec{0} \;\Rightarrow\; \vec{v} \times \vec{B} = -\vec{E}.$$

Con $\vec{v} = 10^4\,\vec{i}$ m/s y $\vec{B} = B\,\vec{k}$:

$$\vec{v} \times \vec{B} = 10^4 B\,(\vec{i} \times \vec{k}) = -10^4 B\,\vec{j} = -1000\,\vec{j} \;\Rightarrow\; B = \frac{1000}{10^4} = 0{,}1 \text{ T}.$$

$$\vec{B} = +\mathbf{0{,}1}\,\tilde{\mathbf{k}}\ \mathbf{T}.$$

Comprobación con fuerzas, teniendo en cuenta que el electrón es negativo: la fuerza eléctrica, $q\vec{E} = -e \cdot 1000\,\vec{j}$, apunta hacia $-y$. La magnética, $q\,\vec{v} \times \vec{B} = (-e)(-10^4 \cdot 0{,}1\,\vec{j}) = +e \cdot 1000\,\vec{j}$, apunta hacia $+y$. Se compensan.

Un dato útil: la condición $v = E/B$ no depende de la carga ni de su signo. Por eso se puede calibrar con electrones un aparato que después se usará con iones positivos.

(b) Separación de los isótopos: el espectrómetro de masas.

Los dos iones tienen **la misma carga** ($q = +1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, porque les falta un electrón) y **la misma velocidad**, así que sienten la misma fuerza magnética. Lo que cambia es la **masa**. Como $\vec{v} \perp \vec{B}$, describen circunferencias, con la fuerza magnética como fuerza centrípeta:

$$|q|\, v\, B = \frac{m v^2}{R} \;\Rightarrow\; R = \frac{m v}{|q|\, B}.$$

A más masa, mayor radio: el ^{238}U describe una curva algo más abierta que el ^{235}U.

Masa de cada ion. Con la masa molar aproximada (A g/mol), $m = \dfrac{A \cdot 10^{-3}}{N_A}$ kg:

$$m_{235} = \frac{0{,}235}{6{,}022 \cdot 10^{23}} = 3{,}90 \cdot 10^{-25} \text{ kg}, \qquad m_{238} = 3{,}95 \cdot 10^{-25} \text{ kg}.$$

$$R_{235} = \frac{3{,}90 \cdot 10^{-25} \cdot 10^{5}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}2} \approx \mathbf{1{,}22\ m}, \qquad R_{238} \approx \mathbf{1{,}24\ m}.$$

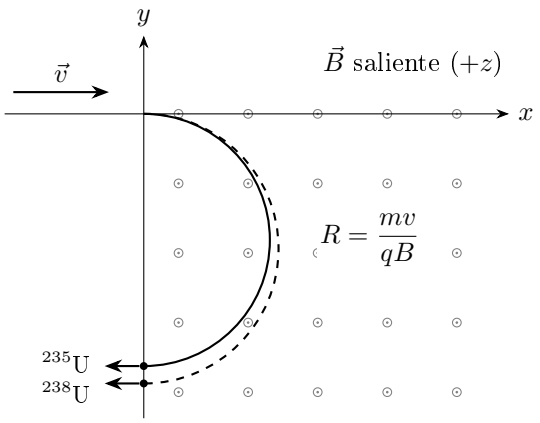
Dónde se recogen. Tomamos el origen en el punto de entrada al campo. En ese instante:

$$\vec{F} = q\,\vec{v} \times \vec{B} = q\, vB\,(\vec{\imath} \times \vec{k}) = -q\, vB\,\vec{\jmath},$$

que para una carga positiva apunta hacia $-y$. Los iones describen una **semicircunferencia** hacia abajo y vuelven a cruzar la línea de entrada, moviéndose hacia $-x$, a una distancia igual al **diámetro**:

$$^{235}\text{U en } (0;\ -2{,}44) \text{ m}, \qquad ^{238}\text{U en } (0;\ -2{,}47) \text{ m}.$$

Los dos colectores quedan separados unos 3 cm.



Esquema (no a escala): trayectorias semicirculares de los dos isótopos y puntos de recogida, a una distancia $2R$ del punto de entrada.

Para la nota máxima en un problema competencial: además del cálculo, conviene responder con palabras a lo que se pregunta ("se distinguen por el radio de su trayectoria", "se recogen a 2,44 y 2,47 m") y comentar que la separación es pequeña: en la práctica el proceso tiene que repetirse muchas veces.

PARTE 4: CUESTIONES

1. Una nave espacial sale de la Tierra en 2025 y viaja al 65 % de la velocidad de la luz. Si regresa a la Tierra en 2045, ¿cuánto tiempo habrá pasado aproximadamente para los tripulantes de la nave?

Dato: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

a) 20 años.

b) 12 años.

c) 15 años.

Solución.

Respuesta: c)

Para los observadores de la Tierra pasan $\Delta t = 20$ años. Los tripulantes miden el **tiempo propio**, que es menor (dilatación temporal):

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 0{,}65^2}} = \frac{1}{\sqrt{0{,}5775}} = 1{,}316, \qquad \Delta t_0 = \frac{\Delta t}{\gamma} = \frac{20}{1{,}316} \approx 15{,}2 \text{ años.}$$

Los distractores: a) es el tiempo terrestre (olvidar la relatividad) y b) sale de olvidar la raíz: $20 \cdot (1 - 0{,}65^2) = 11{,}6 \approx 12$ años.

2. Se ilumina con luz de longitud de onda $\lambda = 300$ nm una placa metálica cuyo trabajo de extracción es 3 eV. La energía cinética máxima con la que son emitidos los electrones es:

Datos: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J s; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

a) $1{,}83 \cdot 10^{-19}$ J.

b) 2,21 eV.

c) No se emiten electrones en estas condiciones.

Solución.

Respuesta: a)

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} = 6{,}63 \cdot 10^{-19} \text{ J } (4{,}14 \text{ eV}), \qquad W = 3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 4{,}8 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

$$E_{c,\text{máx}} = E - W = 1{,}83 \cdot 10^{-19} \text{ J } \ (1{,}14 \text{ eV}).$$

Detalle: el enunciado no da la carga del electrón, pero hace falta ($1 \text{ eV} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J) para pasar el trabajo de extracción a julios. c) sería correcta solo si la energía del fotón fuese menor que 3 eV, es decir, con $\lambda > 414$ nm.

3. Se toma una muestra de un isótopo radiactivo y se observa que, pasados 30 días, queda el 10 % de los isótopos originales. ¿Cuál es la vida media de tal isótopo?

a) 13 días.

b) 15 días.

c) 18 días.

Solución.

Respuesta: a)

Por la ley de desintegración, $N = N_0\, e^{-\lambda t}$:

$$0{,}1 = e^{-30\lambda} \ \Rightarrow \ \lambda = \frac{\ln 10}{30} = 0{,}0768 \text{ días}^{-1}, \qquad \tau = \frac{1}{\lambda} \approx 13{,}0 \text{ días.}$$

Cuidado con el vocabulario: la **vida media** es $\tau = 1/\lambda$; el **período de semidesintegración** es $T_{1/2} = \ln 2/\lambda \approx 9{,}0$ días. No son lo mismo, y aquí el segundo no aparece entre las opciones.

4. ¿A qué velocidad debe viajar un electrón para que su longitud de onda de De Broglie sea $\lambda = 450$ nm?

Datos: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J s; $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg.

a) 564 m/s.

b) 1619 m/s.

c) 3228 m/s.

Solución.

Respuesta: b)

$$v = \frac{h}{m_e \lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 450 \cdot 10^{-9}} \approx 1619 \text{ m/s}.$$

Pregunta repetida en estructura: es la misma que la 14 de 2024 con otra longitud de onda.

5. Cerca de la superficie de la Tierra se dejan caer dos bolas de acero desde la misma altura. La primera bola tiene 2 kg de masa y una carga de 40 mC. La segunda bola tiene el doble de masa pero no está cargada eléctricamente. ¿Cuál tardará menos tiempo en llegar al suelo?

a) La primera.

b) La segunda.

c) Llegan a la vez.

Solución.

Respuesta: c)

En caída libre la aceleración es g para cualquier cuerpo, **independientemente de su masa**: $a = \dfrac{mg}{m} = g$. La carga no influye porque el enunciado no menciona ningún campo eléctrico: sin campo, una carga no siente fuerza eléctrica. Despreciando el rozamiento con el aire, las dos llegan a la vez.

La trampa: la pregunta mete dos datos irrelevantes (la masa doble y la carga) para que se busque un efecto. Si existiera un campo eléctrico vertical, la respuesta dependería de su sentido y del signo de la carga, que no se da.

6. Se dispone de una lente delgada convergente tal que su foco se encuentra a 10 cm de la lente. Se coloca un objeto a 7 cm de la lente. La imagen será:

a) Real e invertida.

b) Virtual y derecha.

c) No se forma imagen.

Solución.

Respuesta: b)

El objeto está entre el foco y la lente: es el caso de la **lupa**. Con $s = -7$ cm y $f' = 10$ cm:

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{10} - \frac{1}{7} = -\frac{3}{70} \Rightarrow s' = -23{,}3 \text{ cm (virtual)}, \qquad \beta = \frac{s'}{s} = 3{,}33 \text{ (derecha y mayor)}.$$

c) solo ocurre si el objeto está **exactamente en el foco** (la imagen se forma en el infinito).

Pregunta repetida en estructura: es la 10 de 2024 con otros números.

7. Se colocan dos cargas en el espacio, $q_1 = 4$ µC y $q_2 = -4$ µC en los puntos del plano $(0, 2)$ cm y $(0, -2)$ cm, respectivamente. El campo eléctrico en el punto $(3, 0)$ cm es:
Dato: $K = 9 \cdot 10^9$ N m^2 C^{-2}.
a) $\vec{E} = 1{,}54 \cdot 10^{10}\, \vec{j}$ N/C.
b) $\vec{E} = -3{,}07 \cdot 10^{10}\, \vec{j}$ N/C.
c) $\vec{E} = -1{,}54 \cdot 10^{10}\, \vec{j}$ N/C.

Solución.

Respuesta pretendida: b). Aviso: el exponente de las opciones es erróneo.

Las dos cargas están a la misma distancia del punto: $r = \sqrt{0{,}03^2 + 0{,}02^2} = 0{,}0361$ m, $r^2 = 1{,}3 \cdot 10^{-3}$ m^2. Cada una crea un campo de módulo

$$E_1 = E_2 = \frac{K|q|}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{1{,}3 \cdot 10^{-3}} = 2{,}77 \cdot 10^7 \text{ N/C}.$$

Direcciones: q_1 (positiva, arriba) repele: su campo apunta hacia abajo y a la derecha. q_2 (negativa, abajo) atrae: su campo apunta hacia abajo y a la izquierda. Las componentes x se anulan y las y se suman, ambas negativas. Con $\sin\alpha = 0{,}02/0{,}0361 = 0{,}555$:

$$\vec{E} = -2E_1 \sin\alpha\, \vec{j} = -3{,}07 \cdot 10^7\, \vec{j} \text{ N/C}.$$

El resultado correcto es $-3{,}07 \cdot 10^{\mathbf{7}}\, \vec{j}$ N/C. La opción b) tiene la dirección, el sentido y la mantisa correctos, pero 10^{10} en lugar de 10^7: es lo que saldría con cargas de 4 mC. Las opciones a) y c) son la contribución vertical de una sola carga (1,54), con un signo u otro.

Estrategia: en el examen, b) es la única opción compatible con el razonamiento (sentido $-\vec{j}$ y las dos cargas sumando). Como solo se contestan 5 de 8, también es razonable dejarla en blanco.

8. Se conoce la amplitud y el periodo de una onda transversal que se propaga en el sentido negativo del eje x. Si se averigua también la longitud de onda y la elongación para un instante y una posición determinados (por ejemplo $y(0, 0)$), entonces:
a) No se puede determinar la ecuación de la onda.
b) Se puede determinar la ecuación de la onda.
c) Algunas veces se podrá determinar la ecuación de la onda pero otras no.

Solución.

Respuesta: c)

Con A, T y λ se conocen ω y k; el sentido de propagación da el signo. Solo falta la fase inicial: $y = A\sin(\omega t + kx + \varphi_0)$, y el dato $y(0, 0) = A\sin\varphi_0$ da $\sin\varphi_0$. Pero la ecuación $\sin\varphi_0 = y(0, 0)/A$ tiene en general **dos soluciones** (el punto puede estar subiendo o bajando). Solo hay una si $y(0, 0) = \pm A$ (el punto está en un extremo). Por eso unas veces se puede y otras no: hace falta, en general, el sentido de la velocidad de oscilación.

Conexión con los problemas: es exactamente lo que ocurre en el problema 2b de este examen (que por eso da el signo de la velocidad) y en el problema 3a de Física 2023 (que no lo daba y tenía dos soluciones válidas).

SOLUCIONARIO RÁPIDO

Cuestión	Respuesta	Clave
1	c)	Tiempo propio: $20/\gamma = 20/1{,}316 \approx 15$ años
2	a)	4,14 eV -3 eV $= 1{,}14$ eV $= 1{,}83 \cdot 10^{-19}$ J
3	a)	$\tau = 30/\ln 10 \approx 13$ días. Vida media no es semivida
4	b)	$v = h/(m\lambda) = 1619$ m/s
5	c)	Caída libre: misma g. Sin campo, la carga no importa
6	b)	Objeto dentro de la focal: lupa
7	b)*	Correcto: $-3{,}07 \cdot 10^{7}\,\vec{j}$ N/C. Errata en el exponente
8	c)	$y(0,0)$ deja en general dos fases posibles
Problemas		
1a		$m_C = 1{,}07 \cdot 10^{23}$ kg; $g_C = 1{,}23$ m/s^2; $E_c = 3{,}58 \cdot 10^{30}$ J; $E_m = -3{,}58 \cdot 10^{30}$ J
1b		$r = 4{,}22 \cdot 10^{7}$ m; $v = 3{,}07 \cdot 10^{3}$ m/s; $m = 500$ kg
2a		$\lambda_1 = 312{,}5$ nm; $\theta_L = 48{,}6°$; $f_2 = 6 \cdot 10^{14}$ Hz, $\lambda_2 = 417$ nm
2b		$\omega = 500\pi$ rad/s; $v = 62{,}5$ m/s; $y = 0{,}20\sin(500\pi t - 8\pi x + 5\pi/6)$ m
3		$\vec{B} = +0{,}1\,\vec{k}$ T; $R = 1{,}22$ y $1{,}24$ m; recogida en $y = -2{,}44$ y $-2{,}47$ m

Nota de la parte 4 con cinco respuestas correctas: 2,5 puntos. Cada acierto vale 0,5 y cada error resta 0,15.

Aviso de estrategia: arriesgar compensa. El valor esperado de responder al azar es $\frac{1}{3} \cdot 0{,}5 - \frac{2}{3} \cdot 0{,}15 = +0{,}067$ puntos. Como sobran tres cuestiones, la 7 (con errata) es buena candidata a quedarse fuera.

Un formato nuevo. Este modelo sigue la estructura de 2025: cuatro partes de 2,5 puntos, con un problema competencial obligatorio (parte 3) y el test reducido a 5 de 8 preguntas. El test pesa la mitad que en 2023 y 2024 y los problemas ganan peso.

Contenidos que se repiten. Las cuestiones 4 y 6 tienen la misma estructura que la 14 y la 10 de Física 2024, y la 8 es la teoría del problema 3a de 2023. Dilatación del tiempo, efecto fotoeléctrico, De Broglie, lentes con objeto dentro de la focal y ecuación de ondas aparecen todos los años.