

## EXAMEN CONVOCATORIA ORDINARIA

### Indicaciones Generales de Corrección:

- El presente documento se debe tomar como una ayuda a los correctores y para concretar de la forma más uniforme posible los criterios específicos de corrección. No es un documento docente que pretenda enseñar a nadie a resolver los problemas, con lo que en ocasiones faltarán detalles en las explicaciones y pasos matemáticos en los desarrollos que según el caso pueden ser exigibles en los exámenes de los alumnos para llegar a la máxima puntuación.
- En algunos casos puede haber otras maneras distintas y válidas de resolver los problemas. Los correctores adaptarán la filosofía de estos criterios específicos a esos casos cuando sean leves variantes.
- En los casos en que las diferencias sean notables lo comunicarán al coordinador y a los demás correctores durante las sesiones de evaluación de manera que pueda unificarse también la baremación de esas otras alternativas.
- En la mayoría de los casos se valora conocer (o deducir) la expresión matemática necesaria, por un lado, y el valor numérico final por otro.
- En ningún caso se invalidará todo un apartado sólo porque el valor numérico final no coincida con el dado aquí como solución, aunque estén dados en negrita como referencia.
- La puntuación de los ejercicios se realizará en múltiplos de 0.25 puntos.
- Este año como novedad, se incluye la penalización por faltas de ortografía. Cada tres faltas de ortografía se restará a la nota final 0.25 hasta un máximo de 1 punto.
  - 1-2 faltas no resta puntuación.
  - 3-4-5 faltas, restan 0.25 puntos.
  - 6-7-8 faltas, restan 0.50 puntos.
  - 9-10-11 faltas, restan 0.75 puntos.
  - 12 faltas o más, resta 1 punto.
- Se consideran faltas leves los siguientes errores:
  - Ausencia o incorrección de unidades en las respuestas.
  - No indicar el símbolo de vector en una magnitud .
  - errores leves calculadora.
  - prefijos múltiplos y submúltiplos.

Las faltas leves restan 0.25 puntos cuando se comenten de tres en tres. Es decir hasta 3 faltas leves restan 0.25. De 4 a 6 restan 0.50 puntos, etc,.

**APARTADO A.- (2 puntos)** El 1 abril de 2026 se lanzó la misión Artemis II, que transportaba a la nave Orion con cuatro astronautas para la exploración de la cara oculta de la Luna. Uno de los aspectos clave para garantizar la seguridad de la tripulación es la reentrada en la atmósfera terrestre y el aterrizaje sobre la superficie de la Tierra. Para estudiar de forma simplificada estos aspectos, supondremos que, antes de iniciar la reentrada a la atmósfera, Orion (masa  $m = 26.3 \cdot 10^3$  kg) describe una órbita circular alrededor de la Tierra a una altura de  $h=100$  km sobre su superficie. Se pide:

**PREGUNTA A1.-** (1 punto) Calcula la velocidad orbital de la nave y compararla con la velocidad de escape de la Tierra.

**PREGUNTA A2.-** (1 punto) Antes de la reentrada, el módulo de servicio se separa y solo desciende a la Tierra la cápsula Orion, de masa  $m_0 = 9.3 \cdot 10^3$  kg. Calcular la energía mecánica total de la cápsula en dicha órbita y obtener la energía que tendría en reposo sobre la superficie terrestre. Determinar la energía que debe disipar (principalmente en forma de calor) para realizar un aterrizaje seguro y suave. Datos: radio Tierra,  $R_T = 6.37 \cdot 10^3$  km; masa Tierra,  $M_T = 5.97 \cdot 10^{24}$  kg.  $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>kg<sup>-2</sup>.

**SOLUCIÓN:**

PREGUNTA A1. Items	Puntos
<p>La velocidad orbital, <math>v_0</math>, se deduce a partir de igualar la fuerza de la gravedad, <math>F_g</math> y la fuerza centrípeta, <math>F_C</math> en una órbita circular de radio <math>r = R_T + h</math>:</p> $F_g = F_C \rightarrow \frac{GM_T m}{r^2} = \frac{mv_0^2}{r} \rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{GM_T}{r}} = 7.84 \cdot 10^3 \text{ m/s,}$ <p>(Se considera el resultado correcto si se calcula directamente a partir de la fórmula anterior)</p>	0.50
<p>La velocidad de escape de la Tierra, <math>v_e</math> (desde su superficie, <math>R_T</math>) se deduce a partir de imponer conservación de la energía entre la energía inicial, <math>E_i</math> y final, <math>E_f</math>:</p> $E_i = E_f \rightarrow \frac{1}{2}mv_e^2 - \frac{GM_T m}{R_T} = 0 \rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T}} = 1.12 \cdot 10^4 \text{ m/s,}$ <p>(Se considera el resultado correcto si se calcula directamente a partir de la fórmula anterior). Se considerará correcto si el estudiante ha interpretado que se le pedía la velocidad de escape desde la órbita.</p> <p>Ahora se comparan ambas velocidades:</p> $\frac{v_e}{v_0} = 1.42 \rightarrow v_e = 1.42v_0$	0.50
PREGUNTA A2. Items	Puntos
<p>Identificar y calcular la energía mecánica total en la órbita, <math>E_O</math> en la órbita:</p> $E_O = E_p + E_c = -\frac{GMm_0}{r} + \frac{1}{2}m_0v_0^2 = -5.72 \cdot 10^{11} \text{ J} + 2.86 \cdot 10^{11} \text{ J} = -2.86 \cdot 10^{11} \text{ J}$	0.50
<p>Identificar y calcular la energía en reposo, <math>E_R</math>, de la cápsula sobre la superficie Terrestre:</p> $E_R = -\frac{GMm_0}{R_T} = -5.81 \cdot 10^{11} \text{ J}$	0.25
<p>Identificar y calcular la energía que debe disipar, <math>\Delta E</math>, como la pérdida de energía entre la energía que la cápsula tiene en la órbita, <math>E_O</math>, menos la energía en reposo en la superficie Terrestre, <math>E_R</math>:</p> $\Delta E = E_O - E_R = 2.95 \cdot 10^{11} \text{ J}$	0.25

**APARTADO B.- (3 puntos)** Realizar la pregunta B1 y elegir entre la B2.A y la B2.B:

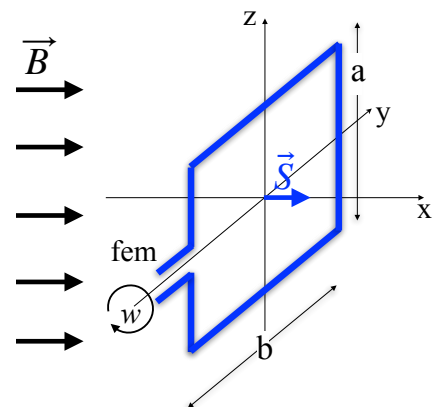
**PREGUNTA B1.** (0.5 puntos) Determinar el trabajo realizado sobre una carga de 4 nC al llevarla desde un potencial de  $V_1 = 200 \text{ V}$  a otro de  $V_2 = 500 \text{ V}$ . Razonar el resultado.

**SOLUCIÓN:**

PREGUNTA B1.: Items	Puntos
Identificar y calcular la fórmula del trabajo, $W$ , desde un potencial inicial, $V_i$ , a otro final, $V_f$ : $W = -q(V_f - V_i) = -1.2 \cdot 10^{-6} \text{ J.}$	0.25
Razonamiento: el signo negativo se explica debido a que el trabajo es realizado por una fuerza externa al llevar la carga positiva desde un potencial menor a otro mayor.	0.25

Elegir una de las siguientes preguntas (B2.A o B2.B):

**PREGUNTA B2.A.** (2.5 puntos) Dentro de un campo magnético uniforme  $\vec{B} = 10\vec{i} \text{ T}$ , una espira plana rectangular de lados  $a = 5 \text{ cm}$  y  $b = 10 \text{ cm}$  gira alrededor del eje  $Y$  con velocidad angular uniforme  $\omega = 2\pi \text{ s}^{-1}$ . La resistencia del conductor que forma la espira es  $R = 5 \Omega$ . En el instante  $t = 0 \text{ s}$  la espira está perpendicular al campo  $\vec{B}$ , tal y como se representa en la figura. Se pide:



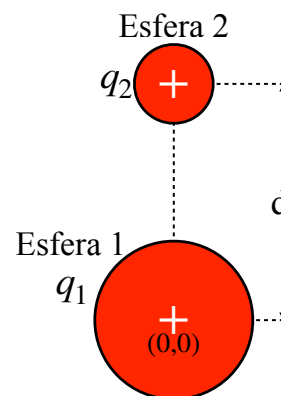
- (1.25 puntos) Deducir el flujo magnético que atraviesa la superficie de la espira en función del tiempo y calcularlo en el instante  $t = 0.5 \text{ s}$ .
- (1.25 puntos) Hallar la  $fem$  inducida y calcular la intensidad de corriente generada en la espira en función del tiempo, así como su valor máximo.

**SOLUCIÓN:**

PREGUNTA B2.A a): Items	Puntos
Identificar y calcular el flujo magnético, $\phi(t)$ : $\phi(t) = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos(\theta),$	0.50
donde $\theta$ es el ángulo que forman el vector campo magnético, $\vec{B}$ , con el vector superficie, $\vec{S}$ .	
Desarrollar la relación anterior para obtener el flujo en función del tiempo: $\phi(t) = B_0 S \cos(\omega t) = B_0 a b \cos(\omega t) = 0.05 \cos(2\pi t) \text{ Tm}^2 (\text{Wb})$	0.50
Hallar el flujo magnético a un tiempo $t = 0.5 \text{ s}$ . $\phi(t = 0.5 \text{ s}) = -0.05 \text{ Tm}^2$	0.25

PREGUNTA B2.A b): Items	Puntos
Identificar y calcular el $fem(t)$ $fem = -\frac{d\phi}{dt} = \omega B_0 a b \sin(\omega t) = 0.1\pi \sin(2\pi t) \text{ V.}$	0.50
Identificar y calcular el $I(t)$ : $I = \frac{fem}{R} = \frac{0.1\pi \sin(2\pi t) \text{ V}}{5\Omega} = 0.02\pi \sin(2\pi t) \text{ A.}$	0.50
De la expresión anterior se puede identificar la corriente máxima, $I_{max} = 0.02\pi \text{ A}$ .	0.25

**PREGUNTA B2.B** (2.5 puntos) En un experimento de electrostática se tienen dos esferas conductoras cargadas con carga  $q_1 = q_2 = 10 \mu\text{C}$ , de radio  $r_1 = 10 \text{ cm}$  y  $r_2 = 5 \text{ cm}$ , respectivamente. El centro de la esfera 1 está fijada en el punto  $(0,0)$ , pero la esfera 2 tiene restringido su movimiento de forma vertical (eje  $y$ ) encontrándose inicialmente en el punto  $(0,d)$  y sobre la que actúa la fuerza de la gravedad (ver dibujo esquemático). Si la masa de la esfera 2 es de  $m_2 = 0.1 \text{ kg}$ , se pide:



- (1.25 puntos) Realizar un diagrama de fuerzas sobre la esfera 2 y obtener la distancia de equilibrio,  $d$ , entre los centros de ambas esferas.
- (1.25 puntos) Se conectan las dos esferas con un hilo conductor ideal inextensible que no almacena carga. Calcular la carga y el potencial de cada esfera después de conectarlas.

Datos:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$ .

**SOLUCIÓN:**

Apartado a): Items	Puntos	
Identificar las fuerzas: fuerza eléctrica, $F_e$ hacia arriba debido a la repulsión entre las cargas positivas y fuerza gravitatoria debida a la gravedad con dirección contraria.		0.50
Aplicar la Segunda ley de Newton para resolver el ejercicio en el equilibrio, donde la aceleración es cero, $\vec{a} = 0$	$\sum_i \vec{F} = 0 \rightarrow F_e = F_g$	0.25
sustituir las fuerzas por sus expresiones y resolver la distancia, $d$ , en el equilibrio	$F_e = F_g \rightarrow \frac{kq_1q_2}{d^2} = mg \rightarrow d = \sqrt{\frac{kq_1q_2}{mg}} = 0.96 \text{ m} = 96 \text{ cm}.$	0.50

Apartado b): Items	Puntos	
Identificar que al conectar las esferas la carga se redistribuye, pero la carga total se conserva. Esto lleva a que la carga total inicial (antes de la conexión) se iguale a la carga total final (después de la conexión):	$q_1^i + q_2^i = 20 \mu\text{C} = q_1^f + q_2^f$	0.25
Identificar que al conectar las esferas se iguala el potencial electrostático:	$V_1^f = V_2^f \rightarrow \frac{kq_1^f}{r_1} = \frac{kq_2^f}{r_2} \rightarrow q_1^f = \frac{r_1}{r_2}q_2^f = 2q_2^f.$	0.50
Resolver el sistema de 2 ecuaciones formado por la ecuación de la conservación de la carga y la igualdad de los potenciales:	$q_1^f = 13.33\mu\text{C}, \quad q_2^f = 6.67\mu\text{C}$	0.25
Finalmente se calcula el potencial en cada esfera. Este será el mismo:	$V_1^f = V_2^f = V^f = \frac{kq_1^f}{r_1} = \frac{kq_2^f}{r_2} = 1.2 \cdot 10^6 \text{ V} = 1.2 \text{ MV}.$	0.25
Si el alumno resuelve el ejercicio con <b>otro procedimiento</b> , será <u>correcto</u> : Calculo de los potenciales iniciales (antes de conectar las cargas)	$V_1^i = 900 \text{ V} \quad V_2^i = 1800 \text{ V}$	
Pasará carga $q$ de la esfera 2 a la 1 hasta igualar potenciales. Y se resolverá el sistema.	$V_1^f = V_2^f = V^f = \frac{kq_1^f}{r_1} = \frac{kq_2^f}{r_2} \rightarrow \frac{q_1 + q}{r_1} = \frac{q_2 - q}{r_2} \dots$	

**APARTADO C.- (3 puntos)** Realizar la pregunta C1 y elegir entre la C2.A y la C2.B:

**PREGUNTA C1.** (0.5 puntos) Construye la imagen de un objeto situado a una distancia entre  $f$  y  $2f$  de una lente convergente y expón sus características.

**SOLUCIÓN:**

PREGUNTA C1.: Items	Puntos
<p>Las características de la imagen son: real, invertida y aumentada o igual (caso <math>s = 2f</math>). (es válida la representación con el objeto dibujado invertido)</p>	
	0.50

Elegir una de las siguientes preguntas (C2.A o C2.B):

**PREGUNTA C2.A.** (2.5 puntos) Una partícula de masa,  $m = 0.1$  kg, oscila, al estar unida a un muelle, con movimiento armónico simple (MAS). La posición de la partícula en función del tiempo queda determinada por la ecuación  $x(t) = 10 \cdot \cos(\pi/2t + \pi)$  cm. Se pide:

- (1.25 puntos) Determinar la constante elástica del muelle y hallar la energía cinética y la velocidad de la partícula cuando la partícula pasa por el punto intermedio de la oscilación.
- (1.25 puntos) Para el mismo sistema, encontrar la ecuación de la posición de la partícula,  $x(t)$ , en caso de que la velocidad en el punto intermedio fuera de  $20\pi$  cm/s.

**SOLUCIÓN:**

PREGUNTA C2.A a): Items	Puntos
<p>Obtener la constante elástica del muelle, <math>k</math>. A partir de los datos de la ecuación <math>x(t)</math> se puede obtener que la frecuencia angular es <math>\omega = \pi/2</math> y por tanto:</p> $k = m\omega^2 = 2.47 \cdot 10^{-1} \text{ Nm}^{-1}.$	0.50
<p>Identificar y obtener la energía cinética en el punto intermedio de la oscilación (<math>x=0</math>). Por conservación de energía mecánica se elige el punto de mayor amplitud del MAS, donde solo hay energía potencial, <math>E_A</math>, y se iguala a la energía en el punto intermedio, <math>E_B</math>, donde solo hay energía cinética, <math>E_c</math>:</p> $E_A = E_B \rightarrow \frac{1}{2}kA^2 = E_B \quad E_c = 1.23 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$	0.50
<p>A partir de la energía cinética, <math>E_c</math>, calculada anteriormente se obtiene la velocidad:</p> $E_c = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = 0.157 \text{ m/s}$	0.25

PREGUNTA C2.A b): Items	Puntos
<p>Identificar que como es el mismo muelle la frecuencia angular del MAS <math>\omega</math> no cambia. <math>\rightarrow \omega = \pi/2 \text{ s}^{-1}</math>.</p>	0.25
<p>Establecer que en el caso de que la velocidad en <math>x = 0</math> cambia, se producirá un cambio en la amplitud, <math>A</math>, del MAS. Este cambio se puede hallar por conservación de la energía del punto de máxima amplitud, <math>E_A</math> y el punto intermedio, <math>E_B</math>:</p> $E_A = E_B \rightarrow \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow A = \frac{v}{\omega} = 40\text{cm} = 0.4\text{m}.$ <p>Se puede hacer derivando la ecuación de posición y haciendo el <math>\sin(\omega t) = 1</math>.</p>	0.50
<p>Exponer la nueva ecuación del MAS (suponiendo que no hay cambio de fase):</p> $x(t) = 40 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \pi\right) \text{ cm}.$	0.50

**PREGUNTA C2.B.** (2.5 puntos) Una onda electromagnética que se propaga en un medio en el sentido negativo del eje  $Z$  tiene una longitud de onda  $\lambda = 10 \text{ nm}$  y una frecuencia de  $f = 2.5 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$ . El campo eléctrico máximo es  $E_0 = 50 \text{ V/m}$  y en el instante inicial a  $t = 0 \text{ s}$  y con  $z = 0 \text{ m}$  el campo eléctrico es  $E = 0 \text{ V/m}$ . Se pide:

- (1.25 puntos) Hallar la frecuencia angular y el número de ondas. Determinar la ecuación de ondas.
- (1.25 puntos) Hallar la velocidad de propagación de la onda y el índice de refracción del medio en el que se propaga.

Datos:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

**SOLUCIÓN:**

PREGUNTA C2.B a): Items		Puntos
Obtener la frecuencia angular	$\omega = 2\pi f = 1.57 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1} (\text{rad s}^{-1})$ .	0.25
Obtener el número de onda	$k = \frac{2\pi}{\lambda} = 2\pi \cdot 10^8 \text{ m}^{-1}$ .	0.25
Exponer la ecuación de la onda general:	$E(z, t) = E_0 \sin(kz \pm \omega t + \phi)$ , donde $E_0$ es la amplitud de la onda, el signo ( $\pm$ ) de la parte temporal depende del sentido de propagación de la onda y la fase $\phi$ dependerá de los datos iniciales del problema. (la ecuación de la onda con el coseno también es correcta).	0.25
Aplicación de los datos del problema: onda en sentido negativo $\rightarrow$ signo $+$ en la parte temporal. De las condiciones iniciales se obtiene que $E(0, 0) = E_0$ , siendo posible para $\phi = 0$ . Con todo ello, la ecuación de la onda se puede representar por: $E(z, t) = E_0 \sin(kz + \omega t) \text{ V/m} = 50 \sin(2\pi \cdot 10^8 z + 1.57 \cdot 10^{17} t) \text{ V/m}$ (donde $z(m)$ , y $t(s)$ ).	0.50	
PREGUNTA C2.B b): Items		Puntos
Identificar y calcular la velocidad de propagación de la onda, $v$ :	$v = \lambda f = 2.5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	0.75
Hallar el índice de refracción, $n$ :	$n = \frac{c}{v} = 1.2$	0.50

**APARTADO D.- (2 puntos)** Elegir una pregunta de las dos siguientes:

**PREGUNTA D1.** (2 puntos) Las partículas  $\alpha$  son núcleos de helio, de masa cuatro veces la del protón aproximadamente. Si una partícula  $\alpha$  y un protón, que poseen la misma energía cinética, se mueven a velocidades mucho menores que la de la luz. Se pide:

- (1 punto) Hallar la relación entre sus velocidades.
- (1 punto) Hallar la relación existente entre las longitudes de onda de De Broglie correspondientes a las dos partículas.

**SOLUCIÓN:**

APARTADO D1 a) : Items	Puntos
Identificar la energía cinética del protón, $E_c(p)$ y de la partícula $\alpha$ , $E_c(\alpha)$ : $E_c(p) = \frac{1}{2}m_p v_p^2$ $E_c(\alpha) = \frac{1}{2}m_\alpha v_\alpha^2$	0.50
Igualar estas energías cinéticas como nos indica el enunciado para obtener la relación entre velocidades: $\rightarrow \frac{1}{2}m_p v_p^2 = \frac{1}{2}m_\alpha v_\alpha^2 \rightarrow \frac{v_p}{v_\alpha} = \sqrt{\frac{m_\alpha}{m_p}} = \sqrt{\frac{4m_p}{m_p}} = \sqrt{4} = 2$	0.50

APARTADO D1 b) : Items	Puntos
Identificar cual es la relación que nos da longitud de De Broglie, $\lambda_B$ , de cada partícula $\lambda_B = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_c}} ; \lambda_B(p) = \frac{h}{\sqrt{2m_p E_c}} ; \lambda_B(\alpha) = \frac{h}{\sqrt{2m_\alpha E_c}}$	0.50
Alcanzar la relación entre las $\lambda_B$ de las dos partículas: $\frac{\lambda_B(p)}{\lambda_B(\alpha)} = \frac{\frac{h}{\sqrt{2m_p E_c}}}{\frac{h}{\sqrt{2m_\alpha E_c}}} = \sqrt{\frac{m_\alpha}{m_p}} = \sqrt{\frac{4m_p}{m_p}} = \sqrt{4} = 2$	0.50

**PREGUNTA D2.** (2 puntos) El radionúclido Flúor-18 ( $^{18}\text{F}$ ), utilizado como trazador en tomografías PET/TAC, tiene un periodo de semidesintegración ( $T_{1/2}$ ) de 110 minutos. Se prepara una dosis que contiene inicialmente  $1.5 \cdot 10^{-12}$  gramos de este isótopo. Se pide:

- (1 punto) Calcular la constante de desintegración radiactiva ( $\lambda$ ) del Flúor-18.
- (1 punto) Determinar qué masa de isótopo quedará en el organismo del paciente tras 5.5 horas de la inyección.

**SOLUCIÓN:**

APARTADO D2 a) : Items	Puntos
Directamente, se identifica y calcula la constante de desintegración, $\lambda$ como: $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = 6.30 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}.$	1.00

APARTADO D2 b) : Items	Puntos
Hallar directamente la masa del isótopo que quedará en el paciente tras 5.5 horas utilizando la ecuación de desintegración radiactiva: $m = m_0 e^{-\lambda t} = 1.875 \cdot 10^{-13} \text{ g}$  observación: hay que pasar el $t$ a minutos para que el resultado sea correcto. 5.5 horas = 330 min, equivalente a 3 periodos de semidesintegración.	1.0