

PUNTUACIÓN QUE SE OTORGARÁ A ESTE EJERCICIO: (véanse las distintas partes del examen)

1. (2,5 puntos) Se desea colocar en órbita circular un satélite geoestacionario de forma que una vez en su órbita parezca inmóvil en el cielo para un observador en la Tierra.
- ¿A qué distancia del centro de la Tierra debe ponerse en órbita el satélite para que esto ocurra? (1 punto).
 - ¿Cuánta energía se le debe proporcionar para ponerlo en órbita desde la superficie de la Tierra si el satélite tiene una masa de 120 kg? Despreciar la energía cinética inicial debida a la rotación de la Tierra. (0,75 puntos).
 - Escribe la expresión de la energía potencial gravitatoria del satélite una vez en órbita, explicando cada una de sus variables y sus unidades. (0,75 puntos).

Datos: Masa de la Tierra: $5,972 \times 10^{24}$ kg; cte. de Gravitación universal: $6,67 \times 10^{-11}$ N m²/kg²; radio de la Tierra: 6371 km; periodo de rotación de la Tierra: 1 día.

2. (2,5 puntos) Suponiendo que la Luna traza una órbita circular alrededor de la Tierra de radio $3,84 \times 10^8$ m,
- Deduca la 3ª ley de Kepler aplicando la dinámica newtoniana al caso de órbitas circulares. (0,5 puntos).
 - ¿Calcula la velocidad orbital y el periodo de la órbita lunar? (1,2 puntos).
 - Si la Luna tuviera el doble de masa y orbitara a la misma distancia, ¿Cuál sería el periodo de la órbita? Justifica la respuesta. (0,8 puntos).

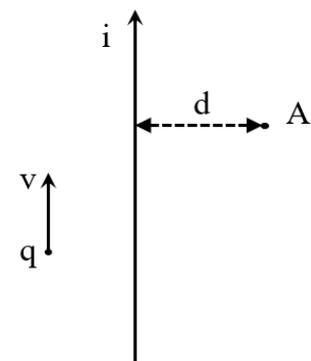
Datos: Masa de la Tierra: $5,972 \times 10^{24}$ kg; cte. de Gravitación universal: $6,67 \times 10^{-11}$ N m²/kg²;

3. (2,5 puntos) Una partícula de masa $m = 3,2 \times 10^{-15}$ kg y cargada con $q = 3$ mC es acelerada desde el reposo haciendo uso de un campo electrostático uniforme de $E_1 = 325$ V/m a lo largo de 3 metros.
- ¿A qué velocidad saldrá la partícula del campo electrostático? (1 punto).
 - Seguidamente, entra en otro campo electrostático de magnitud $E_2 = 125$ V/m y sentido opuesto al primero. ¿Cuánta distancia recorrerá hasta detenerse? (1 punto).
 - Describe la expresión de la fuerza electrostática entre dos cargas puntuales y explica sus magnitudes y unidades. (0,5 puntos).

4. (2,5 puntos) Contesta a las siguientes preguntas:

- Explica las similitudes y diferencias entre la fuerza electrostática y la fuerza de Lorentz. (0,75 puntos).
- Dibuja el campo magnético generado por la corriente de la figura en el punto A. ¿Se acerca o aleja del lector? Calcula su valor para una corriente de 3 A, a $d=1$ metro de distancia? (1 punto).
- Dibuja la fuerza que actúa sobre la carga $+q$ de la figura cuando se desplaza a velocidad v . (0,75 puntos).

Datos: Permeabilidad magnética del vacío: $\mu_0=1,257 \times 10^{-6}$ T m /A.



5. (2,5 puntos) La siguiente ecuación describe un Movimiento Armónico Simple de una masa de 2 kg colgada de un muelle, $A(t) = 5 \sin(14\pi t - \pi/2)$, expresada en milímetros.
- Obtén la frecuencia angular y el periodo de la oscilación. (1 punto).
 - ¿En qué momento o momentos del movimiento adquirirá su velocidad máxima? Calcúlala. (0,75 puntos).
 - Obtén la energía mecánica del oscilador para el punto en el que la velocidad es máxima. (0,75 puntos).
6. (2,5 puntos) Un haz de luz incide en la superficie de separación entre aire y aceite con un ángulo de 30° . Si el ángulo del rayo que penetra en el aceite es de 21° ,
- Determina el índice de refracción del aceite. (1 punto).
 - Explica el significado físico del índice de refracción. (0,5 puntos).
 - Si debajo del aceite hay agua ($n_{\text{agua}}=1,33$), ¿Con qué ángulo se refractará? (1 punto).
7. (2,5 puntos) Se desea capturar una imagen de un objeto situado a 80 cm usando una lente delgada convergente de distancia focal $f=120$ mm.
- Haz un trazado de rayos de la lente, un objeto y su imagen en el que queden claramente dibujados y anotados todos los elementos y distancias involucradas. (1 punto).
 - ¿A qué distancia de la lente se formará la imagen del objeto? (0,75 puntos).
 - Si la altura del objeto es de 15 cm, ¿Cuál será su altura en el plano imagen? (0,75 puntos).
8. (2,5 puntos) Si al cabo de 30 días, la actividad radiactiva de cierto elemento ha descendido un 20%,
- ¿Cuál es la constante de desintegración, λ ? (0,75 puntos).
 - ¿Cuál es el periodo de semidesintegración? (0,75 puntos).
 - Explica la Ley de desintegración radiactiva. (1 punto).

CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN

El estudiante deberá elegir un máximo de 4 preguntas a su elección. No es necesario que elija una pregunta de cada bloque. La puntuación máxima de cada apartado se indica en el enunciado.

Los errores se valorarán negativamente sólo una vez, en el primer apartado en que aparezcan, salvo que conduzcan a resultados absurdos no discutidos en los siguientes. Se tendrá en cuenta que el alumno reconozca el error en el resultado.

Se exigirá que todos los resultados analíticos y gráficos estén paso a paso justificados.

Si no se pide explícitamente en el enunciado no es necesario realizar una gráfica, aunque en algunos casos puede ayudar a resolver el problema con más facilidad. Cuando se trata de una cuestión práctica no es necesario hacer una introducción teórica previa a la resolución del ejercicio.

Se valorará el buen uso del lenguaje y la adecuada notación científica, que los correctores podrán bonificar con un máximo de un punto. Por los errores ortográficos, la falta de limpieza en la presentación y la redacción defectuosa podrá disminuirse la calificación hasta un punto.

Para calificar las respuestas se valorará positivamente:

Cuestiones teóricas:

- El conocimiento y comprensión de las teorías, conceptos, leyes y modelos físicos.
- La capacidad de expresión científica: claridad, orden, coherencia, vocabulario y sintaxis.

Cuestiones prácticas:

- El correcto planteamiento y la adecuada interpretación y aplicación de las leyes físicas.
- La destreza en el manejo de herramientas matemáticas.
- La correcta utilización de unidades físicas y de notación científica.
- La claridad en los esquemas, figuras y representaciones gráficas.
- El orden de ejecución, la interpretación de resultados y la especificación de unidades.

Si un resultado se muestra sin unidades o son incorrectas, se restarán 0,25 puntos.

Véase cada apartado para el reparto de puntuación

1. (2,5 puntos) *Se desea colocar en órbita circular un satélite geoestacionario de forma que una vez en su órbita parezca inmóvil en el cielo para un observador en la Tierra.*

a) *¿A qué distancia del centro de la Tierra debe ponerse en órbita el satélite para que esto ocurra?*
(1 punto)

- ✓ El planteamiento se puntuará con 0,5 puntos y la obtención del resultado correcto con 0,5 puntos.

Este apartado puede resolverse al menos de dos maneras y deben tenerse en cuenta las dos.

El periodo de rotación de la Tierra entorno a su eje es de $T = 24 \text{ h} \times 3600 \text{ s} = 86400 \text{ s}$, con lo que la velocidad angular resulta $\omega = 2\pi / T = 7,27 \times 10^{-5} \text{ rad / s}$. Tanto el periodo de la órbita como la velocidad angular del satélite deben ser la misma que los de la Tierra para ser geoestacionario.

Opción 1: aplicamos la 2ª Ley de Newton al movimiento del satélite:

$$\frac{GMm}{r^2} = ma_n = m\omega^2 r, \quad (1)$$

De donde

$$r = \sqrt[3]{\frac{GM}{\omega^2}} = 42,24 \times 10^6 \text{ m} = 42240 \text{ km}. \quad (2)$$

Opción 2: Usando la 3ª Ley de Kepler directamente. $T^2 / r^3 = cte = 4\pi^2 / GM$, aunque realmente es la misma expresión con ambas. No se penalizará si se usa directamente la expresión.

b) ¿Cuánta energía cinética se le debe proporcionar para ponerlo en órbita desde la superficie de la Tierra, si el satélite tiene una masa de 120 kg? (0,75 puntos)

- ✓ El planteamiento se puntuará con 0,5 puntos y la obtención del resultado correcto con 0,25 puntos.

Se debe aplicar la conservación de la energía mecánica.

$$E_{m,f} = E_{m,i} \Rightarrow \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{GMm}{r} = E_{c,i} - \frac{GMm}{R_T}, \quad (3)$$

de donde podemos despejar la Energía Cinética inicial

$$E_{c,i} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{GMm}{r} + \frac{GMm}{R_T} = GMm \left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{2r} \right) = 6,93 \times 10^9 \text{ J}. \quad (4)$$

c) Escribe la expresión de la energía potencial gravitatoria del satélite una vez en órbita, explicando cada una de sus variables y sus unidades. (0,75 puntos)

- ✓ Escribir la expresión correctamente (0,25 puntos). Cada una de las magnitudes con sus unidades (0,125 cada una (G, M, m y r)).

$$E_p = -\frac{GMm}{r}, \quad (5)$$

G es la constante de gravitación universal (N·m/kg²), M es la masa de la Tierra (kg), m es la masa del satélite (kg) (o al revés) y r es la distancia del satélite al centro de la Tierra (m).

2. (2,5 puntos) Suponiendo que la Luna traza una órbita circular alrededor de la Tierra de radio $3,84 \times 10^8 \text{ m}$,

a) Deduce la 3ª ley de Kepler aplicando la dinámica newtoniana al caso de órbitas circulares. (0,5 puntos)

- ✓ Plantear la ecuación (0,25 puntos) y obtener la 3ª ley (0,25 puntos).

$$F = ma \rightarrow \frac{GMm}{r^2} = ma = m\omega^2 r \rightarrow \omega^2 = \frac{GM}{r^3} \left\{ \begin{array}{l} T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} = cte, \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \end{array} \right. \quad (6)$$

b) ¿Calcula la velocidad orbital y el periodo de la órbita lunar? (1,2 puntos)

✓ Velocidad orbital (0,6 puntos) y periodo (0,6 puntos).

Aplicamos la 2ª Ley de Newton al movimiento, supuesto circular

$$\frac{GMm}{r^2} = ma_n = m \frac{v^2}{r}, \quad (7)$$

Y despejamos la velocidad

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = 1,02 \times 10^3 \text{ m/s}, \quad (8)$$

Si se calcula a partir de la 3ª Ley de Kepler también se debe contar como correcto.

Por otro lado, el periodo resulta

$$T = \sqrt{4\pi^2 r^3 / GM} = 2,37 \times 10^6 \text{ s} = 658 \text{ h} = 27,41 \text{ días}, \quad (9)$$

c) Si la Luna tuviera el doble de masa y orbitara a la misma distancia, ¿Cuál sería el periodo de la órbita? (0,8 puntos)

✓ Tanto si lo hacen con cálculos como si lo razonan, se les debe contar como correcto.

Sería el mismo, ya que en la 3ª Ley de Kepler no interviene la masa del objeto en órbita (la Luna en este caso).

3. (2,5 puntos) Una partícula de masa $m = 3,2 \times 10^{-15} \text{ kg}$ y cargada con $q = 3 \text{ mC}$ es acelerada desde el reposo haciendo uso de un campo electrostático uniforme de $E_1 = 325 \text{ V/m}$ a lo largo de 3 metros.

a) ¿A qué velocidad saldrá la partícula del campo electrostático? (1 punto)

✓ Planteamiento del apartado completo (0,5 puntos), obtener la aceleración (0,25 puntos) y obtener la velocidad (0,25 puntos).

La fuerza electrostática es la que dotará de aceleración a la partícula. Aplicando la 2ª Ley de Newton al movimiento podemos despejar la aceleración

$$F_e = ma \rightarrow qE = ma \rightarrow a = \frac{qE}{m} = 3,05 \times 10^{14} \text{ m/s}^2, \quad (10)$$

Aplicamos las ecuaciones de cinemática para el movimiento uniformemente acelerado.

$$v_f^2 - v_i^2 = 2ad \rightarrow v_f = \sqrt{2ad + v_i^2} = 4,28 \times 10^7 \text{ m/s}, \quad (11)$$

También se puede hacer por conservación de la energía mecánica y debe contarse como correcto.

b) Seguidamente, entra en otro campo electrostático de magnitud $E_2 = 125 \text{ V/m}$ y sentido opuesto al primero. ¿Cuánta distancia recorrerá hasta detenerse? (1 punto)

- ✓ Planteamiento del apartado completo (0,5 puntos), obtener la aceleración (0,25 puntos) y obtener la distancia (0,25 puntos).

La desaceleración en este caso es de $a = \frac{qE_2}{m} = -1,17 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$ y aplicando las ecuaciones de cinemática

$$2ad = v_f^2 - v_i^2 \rightarrow d = -v_i^2 / 2a = 7,81 \text{ m}, \quad (12)$$

También puede hacerse por conservación de la energía y debe contarse como correcto.

c) Describe la expresión de la fuerza electrostática entre dos cargas puntuales y explica sus magnitudes y unidades. (0,5 puntos)

- ✓ Tienen que decir al menos lo que se muestra a continuación. Por cada omisión o error se restarán 0,1 puntos, hasta un máximo de 0,5 puntos.

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2} \hat{r}$. La fuerza es proporcional al producto entre sus cargas e inversamente

proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. La dirección es en la línea que une las dos cargas y su sentido depende del signo de ambas, atractivo si tienen distinto signo y repulsivo

si son del mismo signo. ϵ_0 es la permitividad dieléctrica del vacío y $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ es la constante de

Coulomb. Las cargas se miden en culombios en el sistema internacional, y la distancia en metros. Las unidades de la constante de Coulomb son $\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

4. (2,5 puntos) Contesta a las siguientes preguntas:

a) Explica las similitudes y diferencias entre la fuerza electrostática y la fuerza de Lorentz. (0,75 puntos)

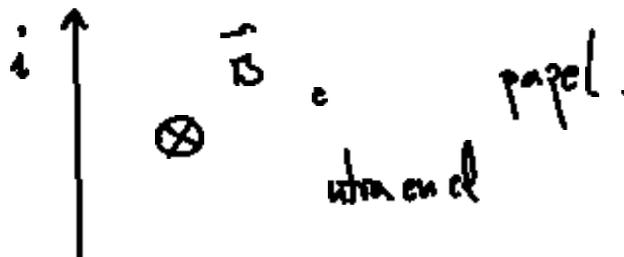
- ✓ Tienen que decir al menos lo que se muestra a continuación. Por cada omisión o error se restarán 0,15 puntos, hasta un máximo de 0,75 puntos.

Similitudes: ambas fuerzas son proporcionales a la magnitud de la causa del campo.

Diferencias: La fuerza de Lorentz sólo actúa sobre cargas en movimiento y la fuerza electrostática sobre cualquier carga, en reposo y en movimiento. Además, la fuerza electrostática actúa en la misma dirección que el campo y la fuerza de Lorentz en una dirección perpendicular al campo.

b) Dibuja el campo magnético generado por la corriente de la figura en el punto A. ¿Sale o entra en el papel? Calcula su valor para una corriente de 3 A a $d=1$ metro de distancia? (1 punto).

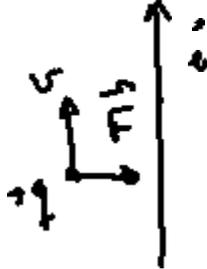
- ✓ Hacer el dibujo correctamente (0,5 puntos) y calcular el campo (0,5 puntos). Pueden usar la fórmula necesaria directamente, sin deducirla.



El valor del campo magnético resulta $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d} = 6 \times 10^{-7} \text{ T}$.

c) Dibuja la fuerza que actúa sobre la carga $+q$ de la figura cuando se desplaza a velocidad v . (0,75 puntos).

✓ Dibujarla correctamente (0,75 puntos).



5. (2,5 puntos) La siguiente ecuación describe un Movimiento Armónico Simple de una masa de 2 kg colgada de un muelle, $A(t) = 5 \text{ sen}(14\pi t - \pi/2)$, expresada en milímetros.

a) Obtén la frecuencia angular y el periodo de la oscilación. (1 punto)

✓ Frecuencia angular (0,5 puntos) y periodo de oscilación (0,5 puntos).

$$A(t) = 5 \text{ sen}(14\pi t - \pi/2)$$

la frecuencia angular multiplica al tiempo en el argumento, por lo tanto es $\omega = 14\pi \text{ rad/s}$. El periodo se puede obtener a partir de la frecuencia angular como $T = 2\pi/\omega = 0,143 \text{ s}$.

b) ¿En qué momento o momentos del movimiento adquirirá su velocidad máxima? Calcúlala. (0,75 puntos)

✓ Explicar en qué momentos adquiere la velocidad máxima (0,5 puntos), calcularla (0,25 puntos).

La velocidad máxima ocurre cada vez que pasa por la posición de equilibrio, es decir, para múltiplos impares de $T/4$.

La velocidad máxima es $v_{\text{max}} = A \omega = 5 * 14\pi = 70\pi \text{ mm/s} = 219,91 \text{ mm/s}$.

c) Obtén la energía mecánica del oscilador para el punto en el que la velocidad es máxima (0,75 puntos)

✓ Obtener la energía mecánica (0,75 puntos). Si la obtienen como suma de potencial más cinética, también debe considerarse como correcto.

La energía mecánica es constante en un MAS, $E = \frac{1}{2} k A^2$. En primer lugar calculamos la constante elástica como $k = m \omega^2 = 2 \cdot (14\pi)^2 = 3868,9 \text{ N/m}$. De aquí la energía es

$$E = \frac{1}{2} 3868,9 \cdot 0,005^2 = 0,048 \text{ J}$$

6. (2,5 puntos) Un haz de luz incide en la superficie de separación entre aire y aceite con un ángulo de 30° . Si el ángulo del rayo que penetra en el aceite es de 21° ,

a) Determina el índice de refracción del aceite. (1 punto)

✓ Plantear correctamente la Ley de Snell (0,5 puntos), obtener el resultado correcto (0,5 puntos).

Aplicamos la ley de Snell a la interfaz aire-aceite,

$$n_0 \sin \theta_0 = n_a \sin \theta_a \rightarrow n_a = \frac{n_0 \sin \theta_0}{\sin \theta_a} = \frac{1 \sin 30}{\sin 21} = 1,395.$$

b) Explica el significado físico del índice de refracción. (0,5 puntos).

- ✓ Debe decir que relaciona la velocidad de la luz en el medio con la velocidad de la luz en el vacío (0,5 puntos).

El índice de refracción es el cociente entre la velocidad de la luz en el medio y la velocidad de la luz en el vacío.

c) Si debajo del aceite hay agua ($n_{agua}=1,33$), ¿Con qué ángulo se refractará? (1 punto).

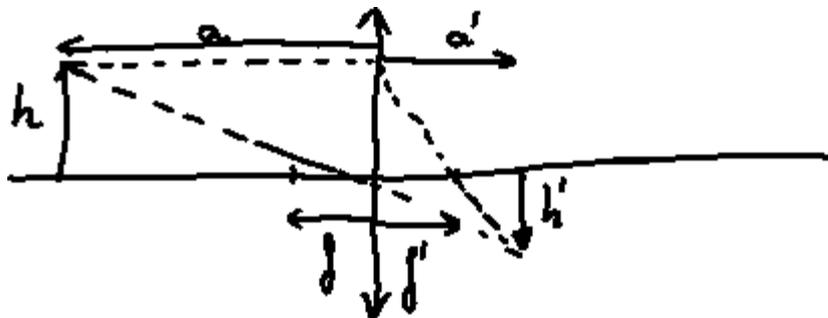
- ✓ Plantear la Ley de Snell (0,5 puntos) y obtener el resultado (0,5 puntos).

$$n_a \sin \theta_a = n_{agua} \sin \theta_{agua} \rightarrow \theta_{agua} = \text{asin} \left(\frac{n_a \sin \theta_a}{n_{agua}} \right) = \text{asin} \left(\frac{1,395 \sin 21}{1,33} \right) = 22,07^\circ$$

7. (2,5 puntos) Se desea capturar una imagen de un objeto situado a 80 cm usando una lente delgada convergente de distancia focal $f'=120$ mm.

a) Haz un trazado de rayos de la lente, un objeto y su imagen en el que queden claramente dibujados y anotados todos los elementos y distancias involucradas. (1 punto).

- ✓ Deben aparecer todos los elementos del dibujo. Por cada error u omisión se restará 0,2 puntos hasta un máximo de 1 punto.



b) ¿A qué distancia de la lente se formará la imagen del objeto? (0,75 puntos).

- ✓ Planteamiento de la ecuación de la lente simple, incluidos signos (0,5 puntos), cálculo correcto (0,25 puntos).

La película fotográfica debe estar en el plano en el que se forma la imagen del objeto. Aplicamos

la relación de lentes simples $\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f'} \rightarrow a' = \frac{a f'}{a + f'} = \frac{-0,8 \times 0,12}{-0,8 + 0,12} = 14,12 \text{ cm}.$

c) Si la altura del objeto es de 15 cm, ¿Cuál será su altura en el plano de la película? (0,75 puntos)

- ✓ Obtener el aumento (0,25 puntos), obtener el tamaño (0,5 puntos).

El aumento lateral de la lente es $m = \frac{a'}{a} = \frac{14,12}{80} = 0,15$. El tamaño de la imagen será

$y' = m y = 0,15 \cdot 15 = 2,25 \text{ cm}$ y es negativo

8. (2,5 puntos) Si al cabo de 30 días, la actividad radiactiva de cierto elemento ha descendido un 20%,

a) ¿Cuál es la constante de desintegración, λ ? (0,75 puntos)

✓ Saber la ecuación y despejar la constante (0,5 puntos), obtener el resultado (0,25 puntos).

De la Ley de desintegración, $N = N_0 e^{-\lambda t}$, despejo la constante de desintegración,

$$\lambda = -\frac{\ln(N/N_0)}{t} = -\frac{\ln(0,2)}{30 \times 24 \times 3600} = 8,6 \times 10^{-8} s^{-1}. \text{ También pueden expresarlo}$$

en días⁻¹ o cualquier otra unidad de tiempo.

b) ¿Cuál es el periodo de semidesintegración? (0,75 puntos)

✓ Plantear la ecuación (0,25 puntos), obtener el resultado (0,5 puntos).

El tiempo de semidesintegración cumple $0,5 = e^{-\lambda t}$.

Despejando, $t' = -\ln(0,5)/\lambda = 8051487,4 \text{ s} = 93,2 \text{ días}$.

c) Explica la Ley de desintegración radiactiva. (1 punto)

✓ Debe contener al menos los datos que se muestran a continuación. Por cada error u omisión se restarán 0,2 puntos hasta un máximo de 1 punto.

La ley dice que la probabilidad por unidad de tiempo de que un núcleo se desintegre es constante, independiente del tiempo transcurrido. Viene dada por la siguiente expresión $N = N_0 e^{-\lambda t}$, donde N_0 es el número inicial de átomos y λ es la constante de desintegración.