

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

El examen contiene 4 bloques, que corresponden a los saberes básicos. A su vez, cada uno de los bloques contiene una pregunta de carácter obligatorio y varias preguntas extra de las cuales se deben elegir una o dos, dependiendo del bloque.

BLOQUE 1 (Campo gravitatorio). 2,5 puntos.

Se debe contestar obligatoriamente a la pregunta 1a) y elegir una pregunta de las restantes de este bloque.

Datos del bloque 1:

Masa de la Luna (M_L): $7,35 \times 10^{22}$ kg.

Masa de la Tierra (M_T): $5,97 \times 10^{24}$ kg.

Constante de gravitación universal (G): $6,67 \times 10^{-11}$ N m²/kg².

Radio de la Luna (R_L): $1,74 \times 10^6$ m.

La Luna, con masa M_L , describe aproximadamente una órbita circular alrededor de la Tierra, de masa M_T , con período $T=27,3$ días.

1a) Utilizando la tercera ley de Kepler, determine la distancia media entre los centros de la Tierra y la Luna (1 punto).

1b) En la recta que une los centros de la Luna y la Tierra existe un punto P donde el campo gravitatorio debido a ambos astros es nulo. Halle la distancia x desde el centro de la Tierra hasta ese punto (0,75 puntos). Determine el valor del potencial gravitatorio total en dicho punto P (0,75 puntos).

1c) Despreciando la influencia terrestre, y siendo R_L el radio lunar, calcule el peso en la superficie lunar de una masa $m=10$ kg (0,75 puntos). Determine la velocidad de escape desde la superficie de la Luna (0,75 puntos).

BLOQUE 2 (Campo electromagnético). 2,5 puntos.

Se debe contestar obligatoriamente a la pregunta 2a) y elegir una de las preguntas restantes de este bloque.

Datos del bloque 2:

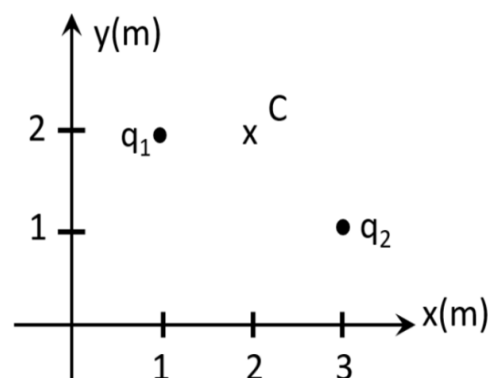
1 nC = 10^{-9} C.

Constante de Coulomb (K): 9×10^9 N m²/C².

2a) Explique la Ley de Coulomb (0,75 puntos) y de la expresión de la fuerza de interacción entre dos cargas puntuales situadas a una distancia r (0,25 puntos).

2b) Calcule y dibuje el campo electrostático total creado por las dos cargas, q_1 y q_2 , de la figura en el punto C, si las cargas son de 4 nC y -6 nC, respectivamente (1,5 puntos).

2c) Se dispone de un campo magnético uniforme de 5 T perpendicular al plano XY y hacia dentro del papel. Si una carga de 4 nC se desplaza en sentido positivo del eje y, a 220 m/s, indique el módulo, dirección y sentido de la fuerza que ejerce el campo magnético sobre la carga en el instante inicial (1 punto). Describa el tipo de trayectoria que seguirá la carga y haga un dibujo de la misma (0,5 puntos).



BLOQUE 3 (Vibraciones y Ondas). 3 puntos.

Se debe contestar obligatoriamente a la pregunta 3a) y elegir dos de las preguntas restantes de este bloque.

3a) En una clase de música, una cuerda sujeta por un extremo se utiliza para ilustrar cómo se transmiten las ondas mecánicas. Al hacer vibrar uno de sus extremos, se genera una onda transversal de 3 cm de amplitud que se propaga a lo largo de la cuerda con una velocidad de 50 m/s y una frecuencia de 5 Hz. Escriba la ecuación de la onda que se propaga a lo largo de la cuerda en el sentido positivo del eje x, tomando la fase inicial nula (1 punto). Indique un ejemplo de onda transversal y otro de onda longitudinal distintos al del enunciado (0,5 puntos).

3b) Obtenga la longitud que tendría que tener una cuerda tensa sujeta por ambos extremos para generar una onda estacionaria en su armónico fundamental, si la frecuencia es de 5 Hz y la velocidad de la onda es la del apartado 3a) (0,5 puntos). Dibuje el armónico (0,25 puntos).

3c) En el camerino de un teatro, un actor utiliza un espejo cóncavo para maquillarse. El espejo tiene una distancia focal de 25 cm. El actor coloca su rostro a una distancia de 15 cm del vértice del espejo. Calcule la posición de la imagen (0,4 puntos) y el aumento lateral (0,35 puntos).

3d) Dibuje el modo fundamental y los dos siguientes armónicos de la onda estacionaria que se forma en un tubo de aire con un extremo abierto y otro cerrado (0,45 puntos). Indique la relación entre la longitud de onda de cada uno de ellos y la longitud del tubo, L (0,3 puntos).

BLOQUE 4 (Física relativista, cuántica, nuclear y de partículas). 2 puntos.

Se debe contestar obligatoriamente a la pregunta 4a) y elegir una de las restantes de este bloque.

Datos del bloque 4:

$$1 \text{ MBq} = 1 \times 10^6 \text{ Bq.}$$

4a) Explique qué es la fisión nuclear (0,3 puntos). ¿Cuáles son las diferencias entre fisión y fusión nuclear? (0,4 puntos). Indique un ejemplo en el que se produzca cada una de ellas (0,3 puntos).

En un hospital, un radioisótopo se utiliza tanto para diagnóstico por imagen como para el seguimiento de procesos biológicos. Uno de los isótopos empleados tiene un periodo de semidesintegración de 6 horas. Inicialmente se dispone de una muestra con una actividad de 8,0 MBq.

4b) Calcule la constante de desintegración del isótopo (0,5 puntos). ¿Cuánto tiempo ha de transcurrir para que su actividad sea una cuarta parte de la actividad inicial? (0,5 puntos).

4c) Determine la actividad de la muestra transcurridas 18 horas (0,5 puntos). ¿Qué fracción de núcleos radiactivos queda sin desintegrar después de ese tiempo? (0,5 puntos).

El examen contiene 4 bloques, que corresponden a los saberes básicos. A su vez, cada uno de los bloques contiene una pregunta de carácter obligatorio y varias preguntas extra de las cuales se deben elegir una o dos, dependiendo del bloque.

BLOQUE 1 (Campo gravitatorio). 2,5 puntos

Se debe contestar obligatoriamente a la pregunta 1a) y elegir una pregunta de las restantes de este bloque.

Datos del bloque 1:

Masa de la Luna (M_L): $7,35 \times 10^{22}$ kg; Masa de la Tierra (M_T): $5,97 \times 10^{24}$ kg; Constante de gravitación universal (G): $6,67 \times 10^{-11}$ N m²/kg²; Radio de la Luna (R_L): $1,74 \times 10^6$ m;

La Luna, con masa M_L , describe aproximadamente una órbita circular alrededor de la Tierra, de masa M_T , con período $T=27,3$ días.

1a) Utilizando la tercera ley de Kepler, determine la distancia media entre los centros de la Tierra y la Luna (1 punto).

Solución:

La distancia media Tierra-Luna se calcula como

$$r = \left(\frac{G(M_T)T^2}{4\pi^2} \right)^{1/3} = \left(\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24} \times (27,3 \times 24 \times 3600)^2}{4\pi^2} \right)^{1/3} = 3,84 \times 10^8 \text{ m}$$

1b) En la recta que une los centros de la Luna y la Tierra existe un punto P donde el campo gravitatorio debido a ambos astros es nulo. Halle la distancia x desde el centro de la Tierra hasta ese punto (0,75 puntos). Determine el valor del potencial gravitatorio total en dicho punto P (0,75 puntos).

Solución:

La condición de campo gravitatorio nulo viene dada por

$$\frac{GM_T}{x^2} = \frac{GM_L}{(r-x)^2}$$

Despejando x , resulta

$$x = \frac{r}{1 + \sqrt{M_L/M_T}} = \frac{3,84 \times 10^8}{1 + \sqrt{7,35 \times 10^{22}/5,97 \times 10^{24}}} = 3,46 \times 10^8 \text{ m}$$

Y el potencial se calcula como

$$V(P) = -\frac{GM_T}{x} - \frac{GM_L}{r-x} = -\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{3,46 \times 10^8} - \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 7,35 \times 10^{22}}{3,84 \times 10^8 - 3,46 \times 10^8} = -1,28 \times 10^6 \text{ J/kg}$$

1c) Despreciando otros astros, y siendo R_L el radio lunar, calcule el peso en la superficie lunar de una masa $m=10$ kg (0,75 puntos). Determine la velocidad de escape desde la superficie de la Luna (0,75 puntos).

Solución:

Calculamos la atracción gravitatoria en la superficie de la Luna como

$$g_L = \frac{GM_L}{r^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 7,35 \times 10^{22}}{(1,74 \times 10^6)^2} = 1,62 \text{ m/s}^2 \text{ [ó N/kg]}$$

Con lo que el peso es

$$p_L = mg_L = 10 \times 1,62 = 16,2 \text{ N}$$

La velocidad de escape se calcula como

$$v_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM_L}{R_L}} = \sqrt{\frac{2 \times 6,67 \times 10^{-11} \times 7,35 \times 10^{22}}{1,74 \times 10^6}} = 2373 \text{ m/s}$$

BLOQUE 2 (Campo electromagnético). 2,5 puntos

Se debe contestar obligatoriamente a la pregunta 2a) y elegir una de las preguntas restantes de este bloque.

Datos del bloque 2: 1 nC = 10^{-9} C. Constante de Coulomb (K): 9×10^9 N m²/C².

2a) Explique la Ley de Coulomb (0,75 puntos) y de la expresión de la fuerza de interacción entre dos cargas puntuales situadas a una distancia r (0,25 puntos).

Solución:

La puntuación se deja a criterio del corrector. Como ejemplo, no vinculante: la Ley de Coulomb es la fuerza electrostática que se ejercen dos cargas puntuales. Es una fuerza a distancia, en la dirección que une ambas cargas, que es proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional a la distancia entre ellas al cuadrado. Si ambas cargas son del mismo signo, la fuerza es repulsiva y si son de distinto signo, atractiva. La expresión es la siguiente:

$$\vec{F}_e = \frac{KQq}{r^2} \hat{r}$$

2b) Calcule y dibuje el campo electrostático total creado por las dos cargas, q_1 y q_2 , de la figura en el punto C, si las cargas son de 4 nC y -6 nC, respectivamente (1,5 puntos).

Solución:

El módulo del campo eléctrico generado por q_1 se calcula como

$$E_1 = K \frac{q_1}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-9}}{1^2} = 36 \frac{V}{m} [o N/C]$$

El módulo del campo eléctrico generado por la carga q_2 se calcula como

$$E_2 = K \frac{q_2}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-9}}{\sqrt{2}^2} = 27 \frac{V}{m} [o N/C]$$

A continuación, debemos sumar vectorialmente ambos campos

$$\begin{aligned} \vec{E} &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = E_1 \hat{i} + E_2 \sin 45^\circ \hat{i} + E_2 \cos 45^\circ (-\hat{j}) \\ &= 55,09 \hat{i} - 19,09 \hat{j} \frac{V}{m} [o N/C] \end{aligned}$$

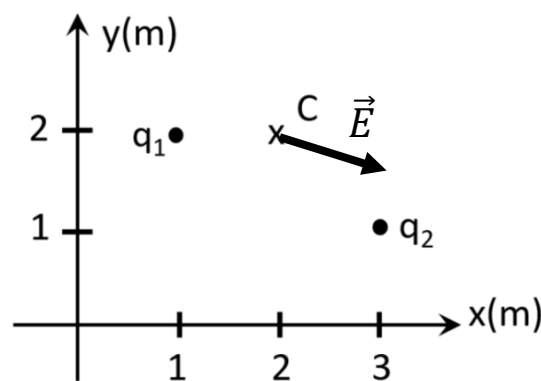
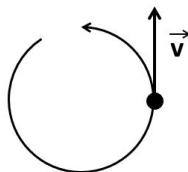
2c) Se dispone de un campo magnético uniforme de 5 T perpendicular al plano XY y hacia dentro del papel. Si una carga de 4 nC se desplaza en sentido positivo del eje y, a 220 m/s, indique el módulo, dirección y sentido de la fuerza que ejerce el campo magnético sobre la carga en el instante inicial (1 punto). Describa el tipo de trayectoria que seguirá la carga y haga un dibujo de la misma (0,5 puntos).

Solución:

Al ser la velocidad y el campo magnético perpendiculares, la fuerza se calcula como

$$F = qvB = 4 \times 10^{-9} \times 220 \times 5 = 4,4 \times 10^{-6} N$$

y es horizontal y hacia la izquierda. La trayectoria será circular y el dibujo debe ser similar al siguiente:



BLOQUE 3 (Vibraciones y Ondas). 3 puntos

Se debe contestar obligatoriamente a la pregunta 2a) y elegir una de las preguntas restantes de este bloque.

3a) En una clase de música, una cuerda sujeta por un extremo se utiliza para ilustrar cómo se transmiten las ondas mecánicas. Al hacer vibrar uno de sus extremos, se genera una onda transversal de 3 cm de amplitud que se propaga a lo largo de la cuerda con una velocidad de 50 m/s y una frecuencia de 5 Hz. Escriba la ecuación de la onda que se propaga a lo largo de la cuerda en el sentido positivo del eje x, tomando la fase inicial nula (1 punto). Indique un ejemplo de onda transversal y otro de onda longitudinal distintos al del enunciado (0,5 puntos).

Solución:

Calculamos la frecuencia angular como $\omega = 2\pi f = 2\pi \times 5 = 10\pi \text{ rad/s}$ y el número de ondas como

$$k = \frac{\omega}{v} = \frac{10\pi}{50} = \frac{\pi}{5} \text{ rad/m o m}^{-1}.$$

La ecuación de la onda es:

$$y(t) = A \sin(kx - \omega t) = 0,03 \sin\left(\frac{\pi}{5}x - 10\pi t\right)$$

o

$$y(t) = A \sin(\omega t - kx) = 0,03 \sin\left(10\pi t - \frac{\pi}{5}x\right)$$

Los ejemplos de onda transversal y longitudinal deben ser evaluados por el corrector. Ej: luz transversal y sonido longitudinal.

3b) Obtenga la longitud que tendría que tener una cuerda tensa sujeta por ambos extremos para generar una onda estacionaria en su armónico fundamental, si la frecuencia es de 5 Hz y la velocidad de la onda es la del apartado 3a) (0,5 puntos). Dibuje el armónico (0,25 puntos).

Solución:

Para el armónico fundamental en una cuerda tensa y sujeta por ambos extremos se cumple que

$$v = 2lf \rightarrow l = \frac{v}{2f} = \frac{50}{2 \times 5} = 5 \text{ m}$$

El dibujo debe ser similar a este:



3c) En el camerino de un teatro, un actor utiliza un espejo cóncavo para maquillarse. El espejo tiene una distancia focal de 25 cm. El actor coloca su rostro a una distancia de 15 cm del vértice del espejo. Calcule la posición de la imagen (0,4 puntos) y el aumento lateral (0,35 puntos).

Solución:

La posición de la imagen se calcula como

$$s' = \frac{sf'}{s - f'} = \frac{(-15)(-25)}{-15 - (-25)} = 37,5 \text{ cm}$$

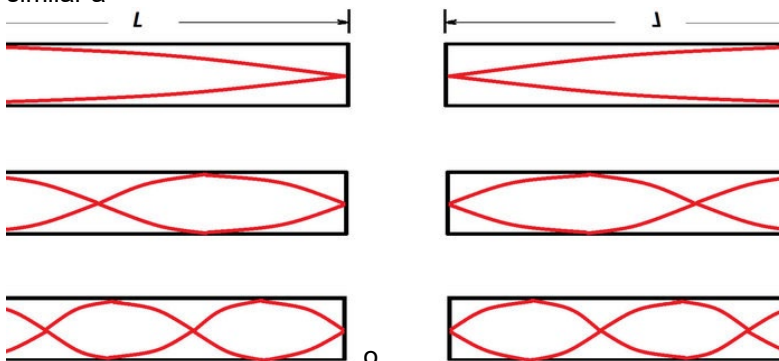
Y el aumento lateral como

$$m = -\frac{s'}{s} = -\frac{37,5}{-15} = 2,5$$

3d) Dibuje el modo fundamental y los dos siguientes armónicos de la onda estacionaria que se forma en un tubo de aire con un extremo abierto y otro cerrado (0,45 puntos). Indique la relación entre la longitud de onda de cada uno de ellos y la longitud del tubo, L (0,3 puntos).

Solución:

El dibujo debería ser similar a



Las relaciones entre la longitud del tubo, L , y las longitudes de onda son

$$L = \frac{\lambda_0}{4}; L = 3 \frac{\lambda_1}{4}; L = 5 \frac{\lambda_2}{4};$$

No se penalizará si no se ponen subíndices.

BLOQUE 4 (Física relativista, cuántica, nuclear y de partículas). 2 puntos

Se debe contestar obligatoriamente a la pregunta 4a) y elegir una de las restantes de este bloque.

Datos del bloque 4: $1 \text{ MBq} = 1 \times 10^6 \text{ Bq}$.

4a) Explique qué es la fisión nuclear (0,3 puntos). ¿Cuáles son las diferencias entre fisión y fusión nuclear? (0,4 puntos). Indique un ejemplo en el que se produzca cada una de ellas (0,3 puntos).

Solución:

La puntuación queda a criterio del corrector. Como ejemplo, no vinculante:

la fisión nuclear es la división de un núcleo atómico en dos de menor masa.

La diferencia entre ambas reacciones es que la fisión es la división de un núcleo en dos y la fusión es la unión de varios núcleos en uno. Además, la fisión puede ser espontánea pero la fusión no, ya que hay que vencer las fuerzas de repulsión entre ambos átomos.

Un ejemplo de fisión se da en las estrellas y uno de fusión se da en las centrales nucleares.

En un hospital, un radioisótopo se utiliza tanto para diagnóstico por imagen como para el seguimiento de procesos biológicos. Uno de los isótopos empleados tiene un periodo de semidesintegración de 6 horas. Inicialmente se dispone de una muestra con una actividad de 8,0 MBq.

4b) Calcule la constante de desintegración del isótopo (0,5 puntos). ¿Cuánto tiempo ha de transcurrir para que su actividad sea una cuarta parte de la actividad inicial? (0,5 puntos).

Solución:

La constante de desintegración se calcula como

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{6} = 0,1155 \text{ h}^{-1}$$

O expresada en cualquier otra unidad de tiempo.

Para que sea la cuarta parte, el tiempo se despeja de

$$\frac{A_0}{4} = A_0 e^{-\lambda t}$$
$$t = \frac{\ln 4}{\lambda} = \frac{\ln 4}{0,1155} = 12 \text{ h}$$

O expresada en cualquier otra unidad de tiempo.

4c) Determine la actividad de la muestra transcurridas 18 horas (0,5 puntos). ¿Qué fracción de núcleos radiactivos queda sin desintegrar después de ese tiempo? (0,5 puntos).

Solución:

La constante de desintegración se calcula como

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{6} = 0,1155 \text{ h}^{-1}$$

La actividad de desintegración radiactiva se calcula como

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} = 8,0 e^{-0,1155 \cdot 18} \text{ MBq} = 1 \text{ MBq}$$

Y la fracción de núcleos que quedan por desintegrarse es

$$\frac{N(18 \text{ h})}{N_0} = e^{-0,1155 \cdot 18} = e^{-2,079} \approx 0,125 = \frac{1}{8}$$

Fracción sin desintegrar $\approx 0,125 (= 12,5\%)$