

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.

1a) Explique el concepto de energía potencial gravitatoria (0,5 puntos). ¿Qué energía potencial gravitatoria tiene una partícula de masa m situada a una distancia r de otra de masa M ? (0,5 puntos).

1b) De forma simplificada, la fuerza gravitatoria de la Tierra mantiene a la Luna orbitando a su alrededor. Sabiendo que la Luna tarda 28 días en realizar una órbita completa, ¿a qué distancia del centro de la Tierra se encuentra? (0,5 puntos). ¿Cuánto vale la fuerza gravitatoria que se ejercen ambos astros el uno al otro? Dibuje el sistema Tierra-Luna y la fuerza gravitatoria que actúa sobre la Luna debida a la Tierra (1 punto).

1c) La densidad promedio lunar es de $3,34 \text{ g/cm}^3$. ¿Cuál será su radio promedio? (0,75 puntos) ¿Y el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de la Luna? (0,75 puntos).

Datos: Constante de gravitación universal: $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$; Masa de la Tierra: $5,972 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; Masa de la Luna: $7,349 \times 10^{22} \text{ kg}$.

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

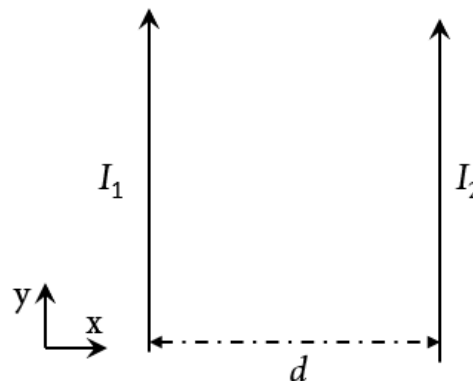
Se debe contestar obligatoriamente a la pregunta 2a) y elegir una de las restantes de este bloque.

2a) Los dos cables de la figura son infinitos, paralelos y están separados una distancia $d = 12 \text{ cm}$. Además conducen sendas corrientes de $I_1 = 2 \text{ A}$ e $I_2 = 3 \text{ A}$, en los sentidos indicados en la figura. Calcule la fuerza por unidad de longitud que se ejercen entre ellos y haga un dibujo que muestre la dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre cada una de las corrientes (1 punto).

2b) ¿Qué forma tienen las líneas de campo magnético generadas por la corriente I_1 ? (0,5 puntos). ¿Existe algún punto del eje x donde se anule el campo magnético total generado por ambas corrientes? Justifique la respuesta y dé la distancia del punto respecto a la corriente I_1 (1 punto).

2c) Si se activa un campo eléctrico uniforme perpendicular a las corrientes de la figura y hacia la derecha (sentido positivo del eje x), $E = 150 \text{ V/m}$, calcule la fuerza electrostática que sufrirá cada uno de los electrones de la corriente I_2 (0,75 puntos). Haga un dibujo de esta fuerza en la que se vea claramente su dirección y sentido (0,75 puntos).

Datos: Permeabilidad magnética del vacío: $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$; Carga del electrón: $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.



BLOQUE 3: Vibraciones y Ondas (3 puntos).

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

3a) Frente a un espejo cóncavo de radio $R = 12$ cm se coloca un objeto de 4 cm de altura a una distancia de 20 cm. Calcule la posición y el tamaño de la imagen dada por el espejo (0,5 puntos). ¿Se trata de una imagen derecha o invertida? Haga un trazado de rayos del problema para justificarlo (0,5 puntos).

3b) Se dispone de un péndulo simple de 87 cm de longitud que oscila respecto a su posición de equilibrio con un ángulo muy pequeño. Obtenga la frecuencia angular de oscilación y el periodo (0,5 puntos). Escriba la ecuación de la posición en función del tiempo si la amplitud inicial es de $A = 2$ cm y $x(t = 0 \text{ s}) = A$, (0,25 puntos). ¿Cuál es la velocidad del péndulo al pasar por la vertical? (0,25 puntos).

Datos: Aceleración de la gravedad: $9,8 \text{ m/s}^2$.

3c) Se desea fabricar un instrumento musical de viento con una tubería de PVC. Para ello se corta la tubería en trozos de distintos tamaños con los dos extremos abiertos. Si el primer trozo tiene una longitud de 25 cm, calcule la frecuencia del armónico fundamental que producirá (0,5 puntos). ¿De qué tamaño habrá que cortar el siguiente trozo para que produzca una onda estacionaria cuya frecuencia del armónico fundamental sea $2/3$ de la frecuencia del armónico fundamental del primer tubo? (0,25 puntos). Dé la longitud de onda de ambos sonidos (0,25 puntos).

Datos: Velocidad del sonido en el aire: 346 m/s .

3d) Un barco se aproxima al puerto haciendo sonar su sirena, de 500 W de potencia. El aparato con el que se detecta el sonido tiene un umbral sonoro de 60 dB, con lo que no detecta ningún sonido por debajo de este nivel sonoro. ¿A qué intensidad corresponde este nivel sonoro? (0,5 puntos) ¿A qué distancia empezará a detectar el sonido si la sirena emite de manera uniforme en una semiesfera? (0,5 puntos).

Datos: intensidad umbral de audición: 10^{-12} W/m^2 .

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.

4a) Escriba la ecuación de De Broglie y comente su significado e importancia física (1 punto).

4b) Se lanza un electrón a una velocidad de $2,04 \cdot 10^6 \text{ km/h}$, calcule su energía cinética y su longitud de onda asociada (1 punto).

Datos: Masa del electrón: $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; Constante de Planck: $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$.

4c) Un láser de He-Ne emite fotones de longitud de onda igual a $632,8 \text{ nm}$. Calcule la frecuencia de cada fotón y la energía asociada (1 punto).

Datos: Velocidad de la luz: $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; Constante de Planck: $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$.

CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN

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.

1a) Explique el concepto de energía potencial gravitatoria (0,5 puntos). ¿Qué energía potencial gravitatoria tiene una partícula de masa m situada a una distancia r de otra de masa M ? (0,5 puntos).

Solución: Puntuación a criterio del corrector.

1b) De forma simplificada, la fuerza gravitatoria de la Tierra mantiene a la Luna orbitando a su alrededor. Sabiendo que la Luna tarda 28 días en realizar una órbita completa, ¿a qué distancia del centro de la Tierra se encuentra? (0,5 puntos). ¿Cuánto vale la fuerza gravitatoria que se ejercen ambos astros el uno al otro? Dibuje el sistema Tierra-Luna y la fuerza gravitatoria que actúa sobre la Luna debida a la Tierra (1 punto).

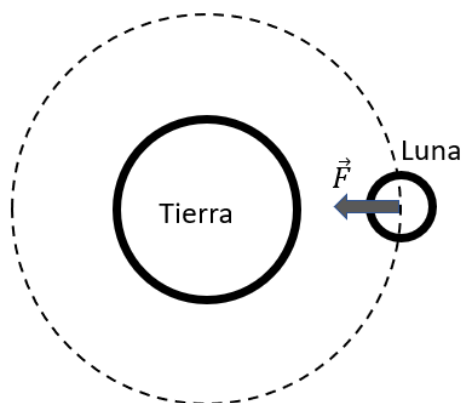
Solución:

Usando la tercera ley de Kepler, despejamos el radio orbital de la Luna

$$\frac{T^2}{r^3} = 4 \frac{\pi^2}{G M_T} \rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{G M_T T^2}{4 \pi^2}} = 3,894 \cdot 10^8 \text{ m}$$

Una vez que sabemos la distancia entre ambos astros, usamos la Ley de Gravitación Universal

$$F = G \frac{M_T M_L}{r^2} = 1,93 \cdot 10^{20} \text{ N}$$



1c) La densidad promedio lunar es de $3,34 \text{ g/cm}^3$. ¿Cuál será su radio promedio? (0,75 puntos) ¿Y el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de la Luna? (0,75 puntos).

Solución:

El volumen de una esfera es $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, y la densidad es $\rho = m/V$, por lo que

$$\rho = \frac{M_L}{\frac{4}{3}\pi R_L^3} \rightarrow R_L = \sqrt[3]{\frac{3 M_L}{4 \pi \rho}} = 1738 \text{ km}$$

La aceleración gravitatoria la calculamos como

$$g_L = G \frac{M_L}{R_L^2} = 1,62 \text{ m/s}^2$$

Datos: Constante de gravitación universal: $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$; Masa de la Tierra: $5,972 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; Masa de la Luna: $7,349 \times 10^{22} \text{ kg}$.

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

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

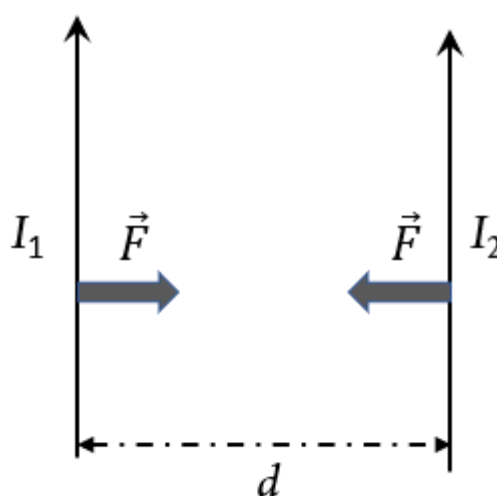
2a) Los dos cables de la figura son infinitos, paralelos y están separados una distancia $d = 12 \text{ cm}$. Además conducen sendas corrientes de $I_1 = 2 \text{ A}$ e $I_2 = 3 \text{ A}$, en los sentidos indicados en la figura. Calcule la fuerza por unidad de longitud que se ejercen entre ellos y haga un dibujo que muestre la dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre cada una de las corrientes (1 punto).

Solución:

El módulo de la fuerza será:

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{2 \cdot 3}{2\pi \cdot 0,12} = 10^{-5} \text{ N}$$

La dirección y sentido se muestra en la Figura. Dos corrientes en el mismo sentido se atraen.



2b) ¿Qué forma tienen las líneas de campo magnético generadas por la corriente I_1 ? (0,5 puntos). ¿Existe algún punto del eje x donde se anule el campo magnético total generado por ambas corrientes? Justifique la respuesta y dé la distancia del punto respecto a la corriente I_1 (1 punto).

Solución:

Tienen forma circular con centro en la corriente.

El campo creado por cada corriente está dado por

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

De anularse el campo magnético total, será entre las dos corrientes, si llamamos x a la distancia al cable 1, el campo total será:

$$B_T = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} - \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(d-x)}$$

Igualando a cero y despejando x, se obtiene

$$x = \frac{I_1 d}{I_1 + I_2} = 2 \cdot \frac{0,12}{2 + 3} = 0,048 \text{ m} = 4,8 \text{ cm}$$

2c) Si se activa un campo eléctrico uniforme perpendicular a las corrientes de la figura y hacia la derecha (sentido positivo del eje x), $E = 150 \text{ V/m}$, calcule la fuerza electrostática que sufrirá cada uno de los electrones

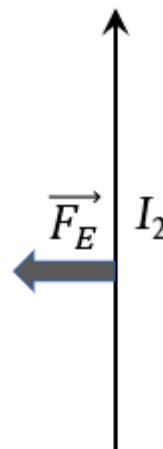
de la corriente I_2 (0,75 puntos). Haga un dibujo de esta fuerza en la que se vea claramente su dirección y sentido (0,75 puntos).

Solución:

La fuerza es

$$F_E = q E = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 150 = 2,4 \cdot 10^{-17} \text{ N}$$

La dirección es en el eje x y el sentido hacia la izquierda, como se ve en la figura.



Datos: Permeabilidad magnética del vacío: $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$; Carga del electrón: $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

BLOQUE 3: Vibraciones y Ondas (3 puntos).

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

3a) Frente a un espejo cóncavo de radio $R = 12 \text{ cm}$ se coloca un objeto de 4 cm de altura a una distancia de 20 cm . Calcule la posición y el tamaño de la imagen dada por el espejo (0,5 puntos). ¿Se trata de una imagen derecha o invertida? Haga un trazado de rayos del problema para justificarlo (0,5 puntos).

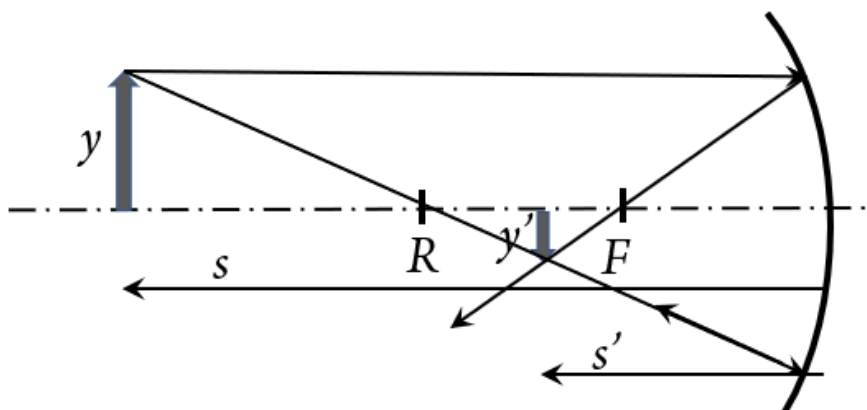
Solución:

Según las normas DIN, todas las distancias y tamaños que da el enunciado son negativos. Además $f=R/2$. Calcularemos la posición mediante la ecuación de los espejos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \rightarrow s' = s \cdot \frac{f}{(s - f)} = -0,2 \cdot \frac{-0,06}{-0,2 + 0,06} = -0,086 \text{ m} = -8,6 \text{ cm}$$

El tamaño lo obtenemos como

$$y' = -y \frac{s'}{s} = -0,04 \cdot \frac{-0,086}{-0,2} = -0,0172 \text{ m} = -1,72 \text{ cm}$$



3b) Se dispone de un péndulo simple de 87 cm de longitud que oscila respecto a su posición de equilibrio con un ángulo muy pequeño. Obtenga la frecuencia angular de oscilación y el periodo (0,5 puntos). Escriba la ecuación de la posición en función del tiempo si la amplitud inicial es de $A = 2$ cm y $x(t = 0 \text{ s}) = A$, (0,25 puntos). ¿Cuál es la velocidad del péndulo al pasar por la vertical? (0,25 puntos).

Datos: Aceleración de la gravedad: $9,8 \text{ m/s}^2$.

Solución:

La frecuencia angular viene dada por

$$\omega = \sqrt{g/L} = \sqrt{9,8/0,87} = 3,36 \text{ rad /s}$$

Y el periodo

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 1,87 \text{ s}$$

La ecuación de la posición es

$$x(t) = 2 \cos(3,36 t) \text{ cm}$$

La velocidad al pasar por la vertical es la máxima, es decir, $v = A\omega = 0,0672 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 6,72 \text{ cm/s}$

3c) Se desea fabricar un instrumento musical de viento con una tubería de PVC. Para ello se corta la tubería en trozos de distintos tamaños con los dos extremos abiertos. Si el primer trozo tiene una longitud de 25 cm, calcule la frecuencia del armónico fundamental que producirá (0,5 puntos). ¿De qué tamaño habrá que cortar el siguiente trozo para que produzca una onda estacionaria cuya frecuencia del armónico fundamental sea $2/3$ de la frecuencia del armónico fundamental del primer tubo? (0,25 puntos). Dé la longitud de onda de ambos sonidos (0,25 puntos).

Datos: Velocidad del sonido en el aire: 346 m/s .

Solución:

La longitud de onda del armónico fundamental será el doble de la longitud del tubo: 50 cm, con lo que la frecuencia será:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{346}{0,5} = 692 \text{ Hz}$$

La frecuencia del otro tubo debe ser 461,34 Hz, con lo que la longitud de onda será

$$\lambda' = \frac{v}{f'} = \frac{346}{461,34} = 0,75 \text{ m}$$

Y la longitud del tubo: $L' = \frac{\lambda'}{2} = 0,375 \text{ m} = 37,5 \text{ cm}$.

3d) Un barco se aproxima al puerto haciendo sonar su sirena, de 500 W de potencia. El aparato con el que se detecta el sonido tiene un umbral sonoro de 60 dB, con lo que no detecta ningún sonido por debajo de este nivel sonoro. ¿A qué intensidad corresponde este nivel sonoro? (0,5 puntos) ¿A qué distancia empezará a detectar el sonido si la sirena emite de manera uniforme en una semiesfera? (0,5 puntos).

Datos: intensidad umbral de audición: 10^{-12} W/m^2 .

Solución:

$$\beta_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \rightarrow I = I_0 \cdot 10^{\frac{\beta_I}{10}} = 10^{-12} \cdot 10^6 = 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

La potencia de la sirena y el umbral del aparato están dados. Si emite en la semiesfera, se relacionan como

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{2 \pi d^2}$$

(si se responde considerando emisión esférica y el resultado es correcto, se puntuará con 0,4 puntos)

Despejando d

$$d = \sqrt{\frac{P}{2\pi I}} = \sqrt{\frac{500}{2\pi \cdot 10^{-6}}} = 8920,6 \text{ m} = 8,92 \text{ km}$$

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.

4a) Escriba la ecuación de De Broglie y comente su significado e importancia física (1 punto).

Solución: Puntuación a criterio del corrector.

4b) Se lanza un electrón a una velocidad de $2,04 \cdot 10^6 \text{ km/h}$, calcule su energía cinética y su longitud de onda asociada (1 punto).

Datos: Masa del electrón: $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; Constante de Planck: $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$.

La energía cinética se obtiene como

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (5,556 \cdot 10^5)^2 = 1,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Y la longitud de onda:

$$p = m v = 5,06 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{5,06 \cdot 10^{-25}} = 1,28 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

4c) Un láser de He-Ne emite fotones de longitud de onda igual a 632,8 nm. Calcule la frecuencia de cada fotón y la energía asociada (1 punto).

Datos: Velocidad de la luz: $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; Constante de Planck: $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$.

Solución:

La frecuencia viene dada por

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{632,8 \cdot 10^{-9}} = 4,74 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Y la energía del fotón por

$$E = h f = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 4,74 \cdot 10^{14} = 3,14 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$