

## FÍSICA (PRUEBA DE COMPETENCIA ESPECÍFICA)

### INSTRUCCIONES GENERALES PARA LA PRUEBA Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

#### INSTRUCCIONES GENERALES

- Dispone de 90 minutos para realizar el examen.
- Material permitido: **CALCULADORA NO PROGRAMABLE** y sin capacidad de almacenar archivos. Herramientas básicas de dibujo (regla, escuadra, cartabón). No se permite el uso de ningún otro tipo de material, ni impreso ni digital.
- Mientras tenga el examen en su poder **SOLO** puede comunicarse con los miembros del Tribunal de examen. Cualquier otro tipo de comunicación o uso de dispositivos o materiales no autorizados supondrá la retirada del examen, lo que será reflejado en el Acta como **COPIA ILEGAL**.
- El examen debe realizarse con bolígrafo azul o negro.
- No puede utilizar ningún tipo de corrector (Tipp-Ex) en la hoja de respuestas tipo test.
- No puede utilizar ninguna hoja que no haya sido entregada por algún miembro del Tribunal de examen. Las hojas de respuesta deben ir numeradas en las casillas que aparecen en la parte inferior.
- El examen está traducido al inglés con el objetivo de facilitar la comprensión de las preguntas, pero **DEBE CONTESTARSE EN ESPAÑOL**. En caso de que considere que hay alguna diferencia de interpretación entre la parte en español y la parte traducida al inglés, prima el examen original realizado en español.

#### ESTRUCTURA DE LA PRUEBA DE FÍSICA

La prueba consta de dos partes y cada parte se valora con un máximo de 5 puntos.

**PRIMERA PARTE:** Responda a 10 (de las 15) preguntas objetivas de opción múltiple, con un valor total de 5 puntos.

**SEGUNDA PARTE:** Responda a 2 (de los 4) problemas con valor total de 5 puntos, 2,5 puntos por cada problema.

## Sistemas Personalizados de Enseñanza

#### NOTACIÓN Y DECIMALES

**Vectores:** Las magnitudes vectoriales se escribirán con una flecha en la parte superior (por ejemplo: velocidad  $\vec{v}$ ).

**Decimales:** En el enunciado en español los decimales se indican con una coma en la parte inferior (ejemplo: 3,14); en la traducción al inglés se denotan con un punto (ejemplo: 3.14). Ambas notaciones (punto o coma para los decimales) se considerarán válidas en las respuestas de los alumnos.

## PRIMERA PARTE - CUESTIONES TIPO TEST

Bloque de preguntas objetivas con un valor total de 5 puntos. Se incluyen 15 preguntas tipo test, pero debe contestar solo a 10, las 10 que prefiera (si se contestan a más de 10, solo se valorarán las 10 primeras respuestas).

Cada acierto suma 0,5 puntos, cada error resta 0,15 y las preguntas en blanco no computan.

Para contestar a este bloque debe utilizarse la hoja de respuestas tipo test. No deben entregarse soluciones detalladas de estas cuestiones, solo marcar las soluciones en la hoja de respuestas. DEBE CONTESTAR A UN MÁXIMO DE 10 PREGUNTAS.

Es MUY IMPORTANTE leer las instrucciones sobre cómo deben marcarse las respuestas. Las respuestas marcadas incorrectamente no se tendrán en cuenta. Solamente se corregirán las respuestas marcadas en la hoja de lectura óptica.

1. El planeta Mercurio tiene un radio de 2440 km y una masa de  $3,3 \cdot 10^{23}$  kg. ¿Cuántas veces menos pesa un objeto sobre la superficie de Mercurio que sobre la superficie de la Tierra?

Datos:

Constante de gravitación universal:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$

Aceleración de la gravedad en la superficie terrestre:  $g_T = 9,8 \text{ m/s}^2$

- (a) Pesa unas 3,87 veces menos.
- (b) Pesa unas 2,65 veces menos.
- (c) Pesa unas 5,32 veces menos.

2. Desde cierto punto A, localizado a una determinada altura sobre el suelo, se deja caer un cuerpo partiendo desde el reposo y bajo la única influencia del campo gravitatorio terrestre. ¿Qué se puede decir acerca del trabajo ejercido por el campo gravitatorio terrestre sobre el cuerpo en su trayectoria desde el punto A hasta el suelo?

- (a) Es negativo.
- (b) Es positivo.
- (c) Es nulo.

3. Dos planetas exactamente iguales se encuentran separados, en un momento dado, por una distancia de  $L = 300\,000$  km. Suponiendo que el sistema formado por los dos planetas se encuentran muy lejos de cualquier otra interacción gravitatoria, calcular el campo gravitatorio en un punto sobre la recta que une a ambos planetas y a una distancia  $L/4$  de uno de ellos.

Datos:

Constante de gravitación universal:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$

Masa de cada planeta:  $M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

- (a) 0,079 m/s.
- (b) 0,063 m/s.
- (c) 0,071 m/s.

4. Dos planetas A y B tienen la misma masa, pero el radio  $R_A$  del planeta A es el doble que el radio  $R_B$  del planeta B:  $R_A = 2R_B$ . ¿Qué relación cumplen las intensidades de campo gravitatorio  $g_A$  y  $g_B$  en las superficies de los planetas A y B?

- (a)  $g_B = 2g_A$
- (b)  $g_B = 4g_A$
- (c)  $g_B = \sqrt{2}g_A$

5. Dos cargas positivas de valor  $6\mu C$  y  $12\mu C$  se encuentran situadas en las coordenadas (1, -1) y (3,2), en unidades del Sistema Internacional. ¿Cuál es el módulo de la fuerza eléctrica que cada carga ejerce sobre la otra?

Datos:

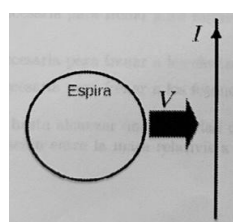
Constante de Coulomb:  $K = 9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$

- (a) 179,7 mN.
- (b) 49,8 mN.
- (c) 129,6mN

6. Al circular una corriente por una espira circular, se genera un campo magnético. ¿Qué se puede decir sobre dicho campo en el centro de la espira?

- (a) Es un vector cuyo sentido es independiente del sentido de la corriente que atraviesa la espira.
- (b) Es un vector cuya dirección es perpendicular al plano de la espira
- (c) Es un vector contenido en el plano de la espira.

7. Por un hilo rectilíneo e infinito circula una intensidad de corriente  $I$  hacia arriba. Cerca de dicho hilo se encuentra una espira circular en un plano que contiene al hilo de corriente. La espira se mueve con cierta velocidad  $V$  constante acercándose perpendicularmente del hilo, tal y como se indica en la figura. ¿Qué se puede decir sobre la corriente inducida en la espira cuando se observa desde el punto de vista mostrado en la figura?



- (a) Que circula por la espira en sentido antihorario.
- (b) Que circula por la espira en sentido horario:
- (c) Que no se induce ninguna corriente en la espira.

8. Una carga positiva  $q$  entra, con velocidad  $\vec{v} = 2i - 6k$  (m/s), en una región con un campo magnético uniforme que vale  $\vec{B} = 4i - 12k$  (mT), siendo  $i, j, k$  los vectores unitarios en los sentidos positivos de los ejes X, Y y Z, respectivamente. La trayectoria de la carga será

- (a) Circular.
- (b) Rectilínea.
- (c) Helicoidal.

9. La velocidad de propagación de una onda unidimensional es de 1246 km/h. El número ondas, definido como el número de ondas que se dan en  $2\pi$  metros, es  $k = 3,0m^{-1}$ . ¿Cuál es el período de la onda?

- (a)  $6,1 \cdot 10^{-3}s$ .
- (b)  $1,7 \cdot 10^{-3}s$ .
- (c) 0,018 s

10. Una lente delgada convergente tiene una distancia focal 4 cm. Se coloca un objeto a una distancia de 2 cm de la lente. Su imagen es

- (a) Virtual y derecha.
- (b) Virtual e invertida
- (c) Real y derecha.

11. Una onda armónica se propaga en la dirección del eje x, y su oscilación se produce también en la dirección del eje x. ¿Qué tipo de onda es?

- (a) Onda longitudinal.
- (b) Onda electromagnética.
- (c) Onda transversal.

12. En una emisión fotoeléctrica, el potencial de frenado es

- (a) La diferencia de potencial necesaria para frenar a los fotones y a los electrones emitidos por el metal.
- (b) La diferencia de potencial necesaria para frenar a los electrones emitidos por el metal.
- (c) La diferencia de potencial necesaria para frenar a los fotones emitidos por el metal.

13. Se acelera un cuerpo de masa  $m_0$  hasta alcanzar una velocidad de  $0,8 c$ , siendo  $c$  la velocidad de la luz en el vacío. ¿Cuál es la relación entre la masa relativista del cuerpo a esa velocidad y su masa en reposo?

- (a)  $m = 1,25 m_0$
- (b)  $m = 0,6 m_0$
- (c)  $m = 1,67 m_0$

14. ¿Qué velocidad debe tener un electrón para que su longitud de onda de De Broglie sea de un nanómetro?

Datos:

Masa del electrón:  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$

Constante de Planck:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} Js$

- (a)  $7,29 \cdot 10^{-4} m/s$
- (b)  $7,29 \cdot 10^2 m/s$
- (c)  $7,29 \cdot 10^5 m/s$

15. El bequerelio (Bq) es una unidad del Sistema Internacional que mide

- (a) El número de desintegraciones durante el tiempo de semidesintegración del material radiactivo.
- (b) La constante de desintegración del material radiactivo.
- (c) El número de desintegraciones nucleares por segundo.

## SEGUNDA PARTE - PROBLEMAS

Bloque de problemas con valor total de 5 puntos. Se incluyen 4 problemas, pero debe contestar solo a dos problemas, los que prefiera (si contesta a más de 2 problemas solo se calificarán los dos primeros que aparezcan en las hojas de respuesta).

Valoración máxima 2,5 puntos por cada problema. Dentro de cada problema, cada apartado tiene el mismo valor. Se valora el planteamiento del problema, su desarrollo (deben indicarse los pasos que conducen a la solución), resultado correcto y el uso adecuado de unidades y vectores.

No se valorarán resultados que no estén justificados con explicaciones.

1. Dos masas de valor  $m = 700 \text{ kg}$  y una masa de valor  $M = 3m = 2100 \text{ kg}$  se encuentran en una circunferencia de radio  $R = 2 \text{ m}$ , tal y como se indica en la figura.

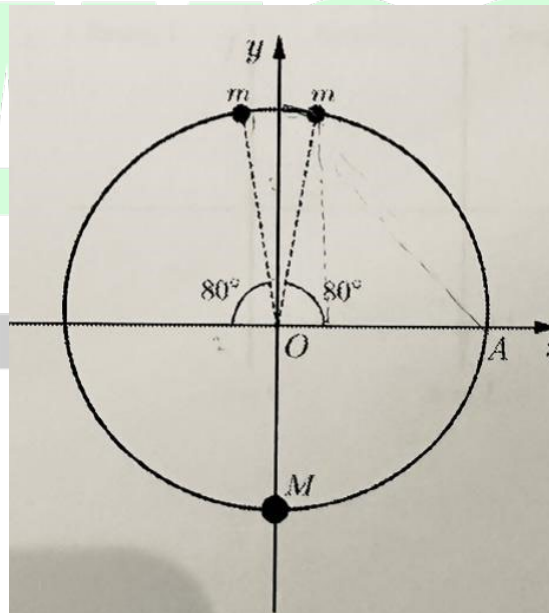
(a) Calcule la energía potencial gravitatoria de una masa  $m_0 = 4 \text{ kg}$  si se coloca en el centro del círculo (punto O de la figura). Utilice la referencia habitual para la energía potencial gravitatoria de dos masas, que es nula cuando están separadas una distancia infinita.

(b) ¿Cuál es la fuerza gravitatoria total ejercida sobre la masa  $m_0$  por las otras tres masas?

Escriba el resultado de forma vectorial.

(c) Calcule el trabajo realizado para llevar a la masa  $m_0$  desde el punto O hasta el punto A, que corresponde a la intersección del semieje positivo x con la circunferencia (ver figura).

Datos: Constante de gravitación universal:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$



2. Dos hilos conductores rectos e indefinidos son paralelos y se encuentran en el plano  $xy$ . Como se indica en la figura, ambos se encuentran orientados verticalmente. Por el hilo situado en  $x = 0$  circula una corriente  $I = 4 \text{ A}$  en sentido ascendente (sentido positivo del eje  $y$ ). Por el hilo situado en  $x = L$  circula una corriente  $2I$  en sentido descendente (sentido negativo del eje  $y$ ), siendo  $L = 8 \text{ cm}$ . Se pide lo siguiente:

(a) Consideremos las siguientes tres regiones del plano  $xy$ :

- Región 1:  $x < 0$ .
- Región 2:  $0 < x < L$ .
- Región 3:  $x > L$ .

Indique, para cada una de estas regiones, si los campos magnéticos que produce cada hilo tienen sentidos iguales u opuestos. Especifique si su sentido es hacia el observador o alejándose de él.

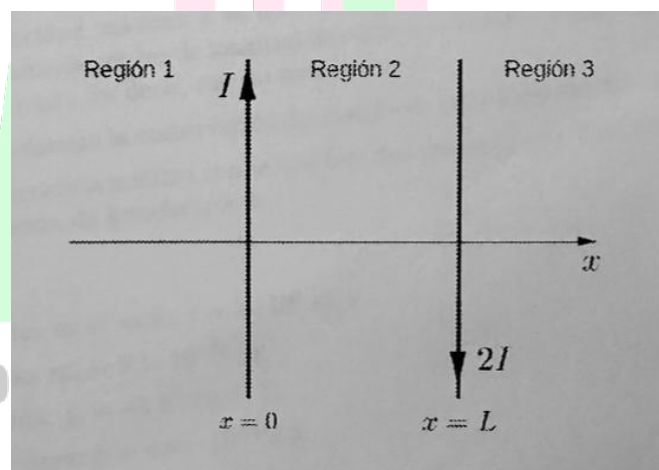
(b) ¿En qué puntos del plano  $xy$  el campo magnético total es nulo?

(c) En un momento dado, una carga puntual  $q = 3\mu\text{C}$  que se encuentra en  $x = L/2 = 4 \text{ cm}$  se está desplazando en sentido vertical ascendente con una velocidad de módulo  $v_0 = 9 \text{ m/s}$ .

Calcule la fuerza magnética total sobre la carga en ese instante, indicando la dirección y sentido.

Datos:

Permeabilidad magnética en el vacío:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ m kg C}^{-2}$



3. Una fuente de luz monocromática se sitúa dentro de un vidrio de índice de refracción  $n=1,75$ .

La frecuencia en el vacío de la luz emitida es  $f = 1,7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ . El vidrio se encuentra, a su vez, sumergido en agua. Uno de los rayos de luz incide, desde dentro del vidrio, en la superficie del vidrio con un ángulo de  $20^\circ$  respecto a la normal de la superficie, para posteriormente salir al agua. Responda razonablemente a las siguientes preguntas:

(a) ¿Cuál es la longitud de onda del rayo de luz cuando viaja por el vidrio, y cuando viaja por el agua?

(b) ¿Cuál es la velocidad de propagación del rayo cuando viaja por el vidrio y cuando viaja por el agua? ¿Cuál es la frecuencia del rayo cuando viaja por el vidrio y cuál cuando viaja por el agua?

(c) ¿Con qué ángulo/ángulos tendría que haber incidido el rayo en la superficie vidrio-agua para que se diera el fenómeno de reflexión interna total?

Datos:

Índice de refracción del agua:  $n_{agua} = 1,33$

Velocidad de la luz en el vacío:  $c = 3 \cdot 10^8 m/s$ .

4. El trabajo de extracción fotoeléctrica del hierro es  $W = 4,81$  eV. Responda a los siguientes puntos razonadamente:

(a) Calcule la velocidad máxima a la que son emitidos electrones de una superficie de hierro

cuando es iluminada por luz de longitud de onda  $\lambda = 210$  nm. Puede considerar esta velocidad como no relativista, es decir, mucho menor que  $c$ .

(b) Explique brevemente la conservación de energía en el proceso descrito en el apartado anterior.

(c) Calcule la frecuencia mínima con la que hay que iluminar una superficie de hierro para poder observar emisión de fotoelectrones.

Datos:

Velocidad de la luz en el vacío:  $c = 3 \cdot 10^8 m/s$

Masa del electrón:  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$

Carga del electrón:  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$

Constante de Planck:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} Js$

**BRAVOSOL**  
Sistemas Personalizados de Enseñanza



## PRIMERA PARTE - CUESTIONES TIPO TEST

1. El planeta Mercurio tiene un radio de 2440 km y una masa de  $3,3 \cdot 10^{23}$  kg. ¿Cuántas veces menos pesa un objeto sobre la superficie de Mercurio que sobre la superficie de la Tierra?

Datos:

Constante de gravitación universal:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$

Aceleración de la gravedad en la superficie terrestre:  $g_T = 9,8 \text{m/s}^2$

(a) Pesa unas 3,87 veces menos.

**(b) Pesa unas 2,65 veces menos.**

(c) Pesa unas 5,32 veces menos.

2. Desde cierto punto A, localizado a una determinada altura sobre el suelo, se deja caer un cuerpo partiendo desde el reposo y bajo la única influencia del campo gravitatorio terrestre. ¿Qué se puede decir acerca del trabajo ejercido por el campo gravitatorio terrestre sobre el cuerpo en su trayectoria desde el punto A hasta el suelo?

(a) Es negativo.

**(b) Es positivo.**

(c) Es nulo.

3. Dos planetas exactamente iguales se encuentran separados, en un momento dado, por una distancia de  $L = 300\,000$  km. Suponiendo que el sistema formado por los dos planetas se encuentran muy lejos de cualquier otra interacción gravitatoria, calcular el campo gravitatorio en un punto sobre la recta que une a ambos planetas y a una distancia  $L/4$  de uno de ellos.

Datos:

Constante de gravitación universal:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$

Masa de cada planeta:  $M = 6 \cdot 10^{24} \text{kg}$

(a) 0,079 m/s.

**(b) 0,063 m/s.**

(c) 0,071 m/s.

4. Dos planetas A y B tienen la misma masa, pero el radio  $R_A$  del planeta A es el doble que el radio  $R_B$  del planeta B:  $R_A = 2R_B$ . ¿Qué relación cumplen las intensidades de campo gravitatorio  $g_A$  y  $g_B$  en las superficies de los planetas A y B?

(a)  $g_B = 2g_A$

**(b)  $g_B = 4g_A$**

(c)  $g_B = \sqrt{2}g_A$

5. Dos cargas positivas de valor  $6\mu C$  y  $12\mu C$  se encuentran situadas en las coordenadas (1, -1) y (3,2), en unidades del Sistema Internacional. ¿Cuál es el módulo de la fuerza eléctrica que cada carga ejerce sobre la otra?

Datos:

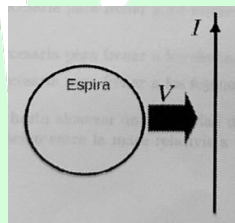
Constante de Coulomb:  $K = 9 \cdot 10^9 Nm^2 / C^2$

- (a) 179,7 mN.
- (b) 49,8 mN.
- (c) 129,6mN**

6. Al circular una corriente por una espira circular, se genera un campo magnético. ¿Qué se puede decir sobre dicho campo en el centro de la espira?

- (a) Es un vector cuyo sentido es independiente del sentido de la corriente que atraviesa la espira.
- (b) Es un vector cuya dirección es perpendicular al plano de la espira**
- (c) Es un vector contenido en el plano de la espira.

7. Por un hilo rectilíneo e infinito circula una intensidad de corriente  $I$  hacia arriba. Cerca de dicho hilo se encuentra una espira circular en un plano que contiene al hilo de corriente. La espira se mueve con cierta velocidad  $V$  constante acercándose perpendicularmente del hilo, tal y como se indica en la figura. ¿Qué se puede decir sobre la corriente inducida en la espira cuando se observa desde el punto de vista mostrado en la figura?



- (a) Que circula por la espira en sentido antihorario.
- (b) Que circula por la espira en sentido horario:**
- (c) Que no se induce ninguna corriente en la espira.

8. Una carga positiva  $q$  entra, con velocidad  $\vec{v} = 2i - 6k$  (m/s), en una región con un campo magnético uniforme que vale  $\vec{B} = 4i - 12k$  (mT), siendo  $i, j, k$  los vectores unitarios en los sentidos positivos de los ejes X, Y y Z, respectivamente. La trayectoria de la carga será

- (a) Circular.
- (b) Rectilínea.**
- (c) Helicoidal.

9. La velocidad de propagación de una onda unidimensional es de 1246 km/h. El número ondas, definido como el número de ondas que se dan en  $2\pi$  metros, es  $k = 3,0m^{-1}$ . ¿Cuál es el período de la onda?

(a)  $6,1 \cdot 10^{-3} s$ .

(b)  $1,7 \cdot 10^{-3} s$ .

(c) 0,018 s

10. Una lente delgada convergente tiene una distancia focal 4 cm. Se coloca un objeto a una distancia de 2 cm de la lente. Su imagen es

(a) Virtual y derecha.

(b) Virtual e invertida

(c) Real y derecha.

11. Una onda armónica se propaga en la dirección del eje x, y su oscilación se produce también en la dirección del eje x. ¿Qué tipo de onda es?

(a) Onda longitudinal.

(b) Onda electromagnética.

(c) Onda transversal.

12. En una emisión fotoeléctrica, el potencial de frenado es

(a) La diferencia de potencial necesaria para frenar a los fotones y a los electrones emitidos por el metal.

(b) La diferencia de potencial necesaria para frenar a los electrones emitidos por el metal.

(c) La diferencia de potencial necesaria para frenar a los fotones emitidos por el metal.

13. Se acelera un cuerpo de masa  $m_0$  hasta alcanzar una velocidad de  $0,8c$ , siendo  $c$  la velocidad de la luz en el vacío. ¿Cuál es la relación entre la masa relativista del cuerpo a esa velocidad y su masa en reposo?

(a)  $m = 1,25 m_0$

(b)  $m = 0,6 m_0$

(c)  $m = 1,67m_0$

14. ¿Qué velocidad debe tener un electrón para que su longitud de onda de De Broglie sea de un nanómetro?

Datos:

Masa del electrón:  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$

Constante de Planck:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} Js$

(a)  $7,29 \cdot 10^{-4} m/s$

(b)  $7,29 \cdot 10^2 m/s$

(c)  $7,29 \cdot 10^5 m/s$

15. El bequerelio (Bq) es una unidad del Sistema Internacional que mide

(a) El número de desintegraciones durante el tiempo de semidesintegración del material radiactivo.

(b) La constante de desintegración del material radiactivo.

(c) El número de desintegraciones nucleares por segundo.



**BRAVOSOL**  
Sistemas Personalizados de Enseñanza

SEGUNDA PARTE - PROBLEMAS

1. Dos masas de valor  $m = 700 \text{ kg}$  y una masa de valor  $M = 3m = 2100 \text{ kg}$  se encuentran en una circunferencia de radio  $R = 2 \text{ m}$ , tal y como se indica en la figura.

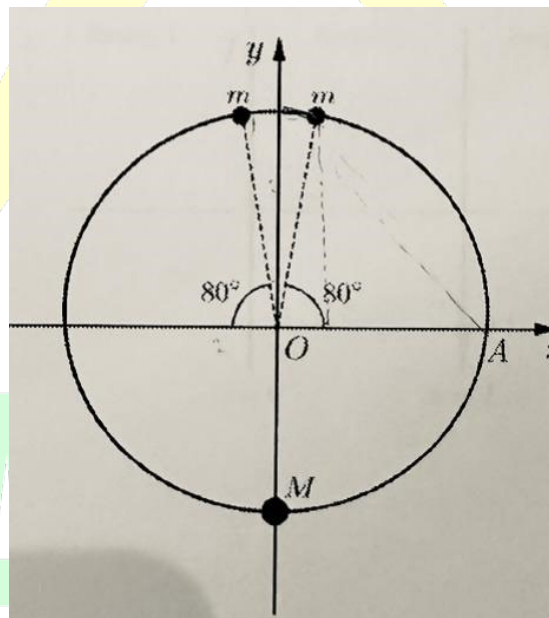
(a) Calcule la energía potencial gravitatoria de una masa  $m_0 = 4 \text{ kg}$  si se coloca en el centro del círculo (punto O de la figura). Utilice la referencia habitual para la energía potencial gravitatoria de dos masas, que es nula cuando están separadas una distancia infinita.

(b) ¿Cuál es la fuerza gravitatoria total ejercida sobre la masa  $m_0$  por las otras tres masas?

Escriba el resultado de forma vectorial.

(c) Calcule el trabajo realizado para llevar a la masa  $m_0$  desde el punto O hasta el punto A, que corresponde a la intersección del semieje positivo x con la circunferencia (ver figura).

Datos: Constante de gravitación universal:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$



# Sistemas Personalizados de Enseñanza

a) La energía potencial de una partícula de masa  $m$  en un punto es  $E_p = mV$ , donde  $V$  es el potencial gravitatorio en ese punto. En nuestro caso, el potencial sería la suma de los potenciales creados por las tres masas del círculo:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = -G \frac{m}{R} - G \frac{m}{R} - G \frac{M}{R} = -G \frac{2m + M}{R} = -6,67 \cdot 10^{-11} \frac{3500}{2} = -1,2 \cdot 10^{-7} \text{ J/kg}.$$

De aquí, la energía potencial es  $E_p = mV = -4,8 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ .

b) En primer lugar, por la simetría del problema sabemos que la fuerza tendrá que ir en la dirección vertical. Eso nos ahorra tener que calcular las componentes horizontales.

Recordando que  $\vec{F} = m\vec{g}$ , vamos a empezar calculando el campo gravitatorio en el centro del círculo. El módulo del campo creado por la masa  $M$  es  $|g| = G \frac{M}{R^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{2100}{4} = 3,5 \cdot 10^{-8} \text{ N/kg}$ , y va hacia abajo, así que  $\vec{g}_M = -3,5 \cdot 10^{-8} \text{ j N/m}$ .

En cuanto a los creados por las masas  $m$ : sus módulos son  $|g| = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ N/kg}$ . Sus componentes verticales son  $g_y = |g|\sin(80) = 1,15 \cdot 10^{-8}$  y sus componentes horizontales se cancelan. Al sumarlos, los campos creados por las masas  $m$  son  $\vec{g} = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ j N/kg}$ . Sumándolo con el campo de la masa  $M$ ,

$$\vec{g}_T = -1,2 \cdot 10^{-8} \text{ j N/m}, \text{ y la fuerza que experimenta la masa del centro es } \vec{F} = -4,8 \cdot 10^{-8} \text{ j N/m}.$$

- c) El trabajo necesario para ese movimiento es  $W = \Delta E_p = m\Delta V = m(V_A - V_O)$ . El potencial en O lo hemos calculado en el apartado A. El potencial en A se calcula igual. La distancia entre M y A es, por pitágoras,  $\sqrt{2^2 + 2^2} = \sqrt{8}m = 2,82m$ , la distancia desde A a la masa superior izquierda es  $\sqrt{(2 + 2\cos 80)^2 + (2\sin 80)^2} = 3,06m$ , y la masa desde A a la superior derecha es  $\sqrt{(2 - 2\cos 80)^2 + (2\sin 80)^2} = 2,57m$ . Sustituyendo,

$$V_A = -G \frac{2100}{2,82} - G \frac{700}{3,06} - G \frac{700}{2,57} = -8,3 \cdot 10^{-8} \text{ J/kg}. \text{ Con esto, el trabajo necesario es}$$

$$W = 4(-8,3 \cdot 10^{-8} + 4,8 \cdot 10^{-7}) = 158 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$$

2. Dos hilos conductores rectos e indefinidos son paralelos y se encuentran en el plano  $xy$ . Como se indica en la figura, ambos se encuentran orientados verticalmente. Por el hilo situado en  $x = 0$  circula una corriente  $I = 4 \text{ A}$  en sentido ascendente (sentido positivo del eje  $y$ ). Por el hilo situado en  $x = L$  circula una corriente  $2I$  en sentido descendente (sentido negativo del eje  $y$ ), siendo  $L = 8 \text{ cm}$ . Se pide lo siguiente:

(a) Consideremos las siguientes tres regiones del plano  $xy$ :

- Región 1:  $x < 0$ .
- Región 2:  $0 < x < L$ .
- Región 3:  $x > L$ .

Indique, para cada una de estas regiones, si los campos magnéticos que produce cada hilo tienen sentidos iguales u opuestos. Especifique si su sentido es hacia el observador o alejándose de él.

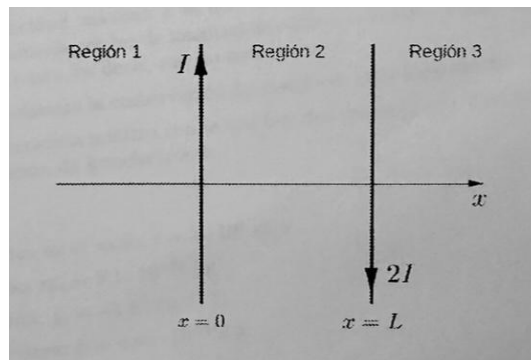
(b) ¿En qué puntos del plano  $xy$  el campo magnético total es nulo?

(c) En un momento dado, una carga puntual  $q = 3\mu\text{C}$  que se encuentra en  $x = L/2 = 4 \text{ cm}$  se está desplazando en sentido vertical ascendente con una velocidad de módulo  $v_0 = 9 \text{ m/s}$ .

Calcule la fuerza magnética total sobre la carga en ese instante, indicando la dirección y sentido.

Datos:

Permeabilidad magnética en el vacío:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ m kg C}^{-2}$



a) Por la regla de la mano derecha sabemos que los campos magnéticos irán como se indica en la imagen: en la región 1, el campo del primer cable va hacia el observador, y el del segundo en dirección contraria. En la zona 2, los dos se alejan del observador, y en la región 3 ocurre lo contrario que en la región 1.

b) Para que el campo magnético se anule será necesario que los campos vayan en direcciones opuestas, así que la región 2 está descartada. La 3 la podemos descartar también: en esa zona, como la intensidad del segundo cable es mayor y la distancia menor, el campo del segundo cable será más fuerte que el del primero, y no será posible que se anulen. Nos queda entonces sólo la región 1. Supongamos que se anula en un punto P que está a una distancia x del primer cable, como en la imagen.

Para que el campo total se anule necesitaremos que los módulos de los dos campos sean iguales, es decir,  $|B_1| = |B_2|$ . Recordando las fórmulas, tenemos

$$\mu_0 \frac{I}{2\pi x} = \mu_0 \frac{2I}{2\pi(L+x)} \rightarrow \frac{1}{x} = \frac{2}{L+x} \rightarrow x = L.$$

Por tanto, el campo magnético se anula a una distancia  $L=8\text{cm}$  a la izquierda del primer cable.

c) La carga puntual se está moviendo en un campo magnético, así que experimentará una fuerza dada por la ley de Lorentz:  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ . Como la carga va hacia arriba, su velocidad es  $v = v_0j = 9j \text{ m/s}$ . Queda calcular el campo magnético.

En la región 2 los dos campos entran, es decir, irán en la dirección  $-k$ . El campo total en  $L/2$  será

$$\vec{B}_T = -\mu_0 \frac{I}{2\pi(L/2)}k - \mu_0 \frac{2I}{2\pi(L/2)} = \mu_0 \frac{3I}{\pi L} = -6 \cdot 10^{-5} k \text{ T.}$$

Multiplicando,

$$\vec{F} = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 9j \times (-6 \cdot 10^{-5}k) = -162 \cdot 10^{-11}i \text{ N} = -1,62 \cdot 10^{-9}i \text{ N.}$$

Es una fuerza que la empuja hacia la izquierda.

### 3. Una fuente de luz monocromática se sitúa dentro de un vidrio de índice de refracción $n=1,75$ .

La frecuencia en el vacío de la luz emitida es  $f = 1,7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ . El vidrio se encuentra, a su vez, sumergido en agua. Uno de los rayos de luz incide, desde dentro del vidrio, en la superficie del vidrio con un ángulo de  $20^\circ$  respecto a la normal de la superficie, para posteriormente salir al agua. Responda razonablemente a las siguientes preguntas:

(a) ¿Cuál es la longitud de onda del rayo de luz cuando viaja por el vidrio, y cuando viaja por el agua?

(b) ¿Cuál es la velocidad de propagación del rayo cuando viaja por el vidrio y cuando viaja por el agua? ¿Cuál es la frecuencia del rayo cuando viaja por el vidrio y cuál cuando viaja por el agua?



(c) ¿Con qué ángulo/ángulos tendría que haber incidido el rayo en la superficie vidrio-agua para que se diera el fenómeno de reflexión interna total?

Datos:

Índice de refracción del agua:  $n_{agua} = 1,33$

Velocidad de la luz en el vacío:  $c = 3 \cdot 10^8 m/s$ .

a) La longitud de onda en el vacío de esa luz es  $\lambda = \frac{c}{f} = 176 nm$ . Podemos relacionarla con la longitud de onda en un material mediante  $\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$ . En el vidrio es  $\lambda_{vidrio} = \lambda_{vacio} \frac{n_{vacio}}{n_{vidrio}} = 100 nm$ , y en el agua,  $\lambda_{agua} = 132 nm$ .

b) La frecuencia es independiente del material, así que en todos los materiales es  $1,7 \cdot 10^{14} Hz$ . En cuanto a la velocidad, sabemos que  $n = \frac{c}{v}$ . Para el vidrio,  $v = \frac{c}{n} = 1,7 \cdot 10^8 m/s$ , y en el agua,  $v = 2,3 \cdot 10^8 m/s$ .

c) Para estudiar la refracción utilizamos la ley de Snell, que dice que  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ . Para que se produzca reflexión total necesitamos que  $\theta_2 = 90$ , lo que nos dice que  $\sin \theta_1 = \frac{n_2}{n_1}$ . De ahí, el ángulo límite es  $49^\circ$ .

4. El trabajo de extracción fotoeléctrica del hierro es  $W = 4,81 eV$ . Responda a los siguientes puntos razonadamente:

(a) Calcule la velocidad máxima a la que son emitidos electrones de una superficie de hierro

cuando es iluminada por luz de longitud de onda  $\lambda = 210 nm$ . Puede considerar esta velocidad como no relativista, es decir, mucho menor que  $c$ .

(b) Explique brevemente la conservación de energía en el proceso descrito en el apartado anterior.

(c) Calcule la frecuencia mínima con la que hay que iluminar una superficie de hierro para poder observar emisión de fotoelectrones.

Datos:

Velocidad de la luz en el vacío:  $c = 3 \cdot 10^8 m/s$

Masa del electrón:  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$

Carga del electrón:  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$

Constante de Planck:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} Js$

a) Partimos de la relación entre energías del efecto fotoeléctrico

$$E_{incidente} = W_{extracción} + E_{cinetica}$$

Si expresamos la energía de los fotones incidentes como  $E_{incidente} = \frac{hc}{\lambda}$  y la energía cinética como  $E_{cinetica} = \frac{1}{2} mv^2$  la expresión queda de la siguiente forma:



$$\frac{hc}{\lambda} = W_{\text{extracción}} + \frac{1}{2}mv^2$$

Despejando la ecuación y expresando todo en unidades del sistema internacional, esto es, longitud de onda en metros y trabajo de extracción en julios (se ha incluido el cambio de unidades al sustituir) se obtiene el valor de la velocidad:

$$v = \sqrt{\frac{2(hc/\lambda - W_{\text{extracción}})}{m}} = 624663 \text{ m/s}$$

Solución: la velocidad alcanzada es aproximadamente de  $6,25 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ .

b) Parte de la energía aportada por los fotones incidentes sobre el hierro se destina a arrancar los electrones del material, el resto de la energía es adquirida por los fotoelectrones en forma de energía cinética.

c) La frecuencia mínima para la que se produce la emisión de fotoelectrones, también conocida como frecuencia umbral, coincide con la frecuencia asociada a la energía incidente cuando esta es igual al trabajo de extracción. Así:

$$E_{\text{incidente}} = W_{\text{extracción}}$$

En este caso, empleando  $E_{\text{incidente}} = hf$  y el trabajo de extracción en Julios, se tiene:

$$hf = W_{\text{extracción}} \rightarrow f = \frac{W_{\text{ext}}}{h} = 1,16 \cdot 10^{15} \text{ Hz.}$$

Solución: la frecuencia mínima para que se produzca efecto fotoeléctrico es  $1,16 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$