

**INSTRUCCIONES GENERALES Y CALIFICACIÓN**

Después de leer atentamente el examen, responda a cuatro preguntas siguiendo las indicaciones dadas al inicio de cada bloque.

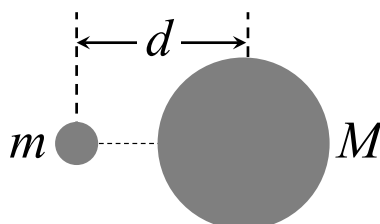
**CALIFICACIÓN:** Cada pregunta se valorará sobre 2,5 puntos y cada apartado se calificará según la puntuación indicada en el mismo.

**TIEMPO:** 90 minutos.

**Bloque Campo gravitatorio (Elija una entre las preguntas 1.A. y 1.B.)**

**Pregunta 1.A.-** El experimento de Cavendish, diseñado para obtener la densidad de la Tierra, permitió determinar la constante de gravitación universal  $G$ . Para ello utilizó una balanza de torsión, donde dos pares de esferas de plomo colgadas por un hilo se atraían entre sí debido a su interacción gravitatoria. Cada par de esferas constaba de una esfera grande de masa  $M = 158$  kg y otra pequeña esfera de masa  $m = 0,73$  kg, situadas a una distancia  $d = 30,7$  cm medida desde los centros de ambas esferas de plomo. Cavendish determinó que la fuerza de atracción entre cada par de esferas era de  $8,15 \cdot 10^{-8}$  N. Teniendo en cuenta que la densidad del plomo es de  $11,3$  g  $\text{cm}^{-3}$ , obtenga:

- (1 punto) Los radios de las esferas grande y pequeña.
- (0,5 puntos) La distancia entre las superficies de ambas esferas.
- (1 punto) El valor de la constante de gravitación obtenida del experimento.



**Pregunta 1.B.-** Durante la misión *Apolo 11*, el orbitador lunar, comandado por Collins, se situó en una órbita circular alrededor de la Luna a una altura de 110 km de la superficie lunar. Desde esa órbita, los astronautas Armstrong y Aldrin se desacoplaron del orbitador y alunizaron con el *Eagle*. Una vez finalizada la misión en la superficie lunar, despegaron y se volvieron a acoplar al orbitador, cuya masa total en ese momento valía  $1,5 \cdot 10^4$  kg. Obtenga:

- (1 punto) Las vueltas a la Luna que dio el orbitador desde el desacoplamiento del *Eagle* y su posterior acoplamiento, si la misión en la superficie lunar duró 19 horas y media.
- (0,5 puntos) La energía cinética del orbitador una vez acoplado el *Eagle*.
- (1 punto) La energía necesaria que habría que suministrar al orbitador para escapar de la atracción gravitatoria de la Luna.

**Datos:** Constante de la Gravitación Universal,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  N  $\text{m}^2$   $\text{kg}^{-2}$ ; Masa de la Luna,  $M_L = 7,35 \cdot 10^{22}$  kg; Radio de la Luna,  $R_L = 1737$  km.

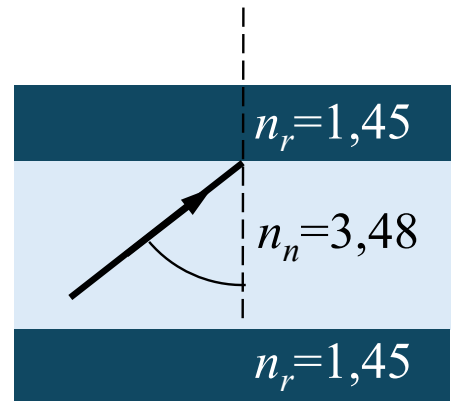
**Bloque Vibraciones y Ondas (Elija una entre las preguntas 2.A. y 2.B.)**

**Pregunta 2.A.-** Una sirena antiaérea alcanza un nivel de intensidad sonora de 100 dB a una distancia de 3 m. Calcule:

- (0,5 puntos) La intensidad de la onda acústica a 3 m de distancia.
- (1 punto) La potencia sonora con la que emite la sirena.
- (1 punto) La distancia a partir de la cual ya no se oiría la sirena.

**Dato:** Intensidad umbral,  $I_0 = 1 \cdot 10^{-12}$  W  $\text{m}^{-2}$ .

**Pregunta 2.B.-** Un rayo de luz de 1550 nm de longitud de onda en el vacío se transmite a lo largo de una guía de onda constituida por un núcleo y un revestimiento con índices de refracción de 3,48 y 1,45 respectivamente, tal como se ve en la figura.



- (1 punto) Calcule el ángulo de incidencia crítica en la frontera núcleo-revestimiento para que el rayo de luz quede confinado en el núcleo.
- (0,5 puntos) ¿Qué ocurre si el rayo incide con un ángulo de  $20^\circ$ ?
- (1 punto) Halle la velocidad y la longitud de onda del rayo de luz en el núcleo de la guía de onda.

**Dato:** Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .

### Bloque Campo electromagnético (Elija una entre las preguntas 3.A. y 3.B.)

**Pregunta 3.A.-** Una partícula cargada con  $2 \mu\text{C}$  se encuentra situada en el origen de coordenadas del plano  $xy$ . Obtenga:

- (1,5 puntos) El campo eléctrico generado por la partícula en el punto  $(3, 4) \text{ m}$ .
- (1 punto) El valor de una segunda carga situada en el punto  $(0, 4) \text{ m}$  si se sabe que el campo eléctrico generado por ambas cargas en el punto  $(3, 4) \text{ m}$  no tiene componente  $x$ .

**Dato:** Constante de Coulomb,  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ .

**Pregunta 3.B.-** Un electrón se acelera desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 2000 V. A continuación penetra en una región del espacio en la que hay un campo magnético de 0,5 T, que es perpendicular a la velocidad. Determine:

- (0,5 puntos) El módulo de la velocidad del electrón cuando entra en la región en la que hay campo magnético.
- (0,5 puntos) El módulo de la fuerza que ejerce el campo magnético sobre el electrón.
- (1 punto) El radio de la trayectoria del electrón dentro del campo magnético y el tiempo que tarda en recorrer media circunferencia.
- (0,5 puntos) El trabajo realizado por la fuerza magnética cuando el electrón ha recorrido media circunferencia.

**Datos:** Valor absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ; Masa del electrón,  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

### Bloque Física relativista, cuántica, nuclear y de partículas (Elija una entre las preguntas 4.A. y 4.B.)

**Pregunta 4.A.-** Se ilumina una lámina de oro con un haz de luz de longitud de onda 150 nm. Si la longitud de onda umbral del oro para el efecto fotoeléctrico es de 289 nm, determine:

- (1,5 puntos) El trabajo de extracción de los electrones para la lámina de oro expresado en eV.
- (1 punto) La energía cinética máxima de los electrones emitidos por la lámina debido al efecto fotoeléctrico.

**Datos:** Constante de Planck,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ ; Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ; Valor absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

**Pregunta 4.B.-** El isótopo  $^{60}\text{Co}$  se usa frecuentemente en radioterapia. Se dispone de una muestra de  $^{60}\text{Co}$  de la que se sabe que su actividad se ha reducido a una milésima parte en 52,34 años. Determine:

- (1 punto) La constante de desintegración del isótopo  $^{60}\text{Co}$ .
- (1,5 puntos) La masa en gramos de  $^{60}\text{Co}$  que es necesaria para que la actividad de la muestra sea de  $8,0 \cdot 10^4 \text{ Bq}$ .

**Datos:** Número de Avogadro,  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; Masa atómica del isótopo  $^{60}\text{Co}$ ,  $M = 60 \text{ u}$ .

## **CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN FÍSICA**

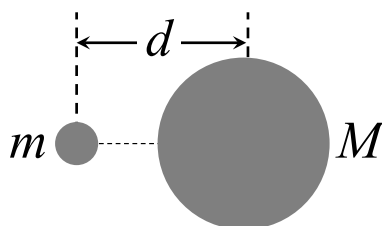
- ✱ Las preguntas deben contestarse razonadamente, valorando en su resolución una adecuada estructuración y el rigor en su desarrollo.
- ✱ Se valorará positivamente la inclusión de pasos detallados, así como la realización de diagramas, dibujos y esquemas.
- ✱ En la corrección de las preguntas se tendrá en cuenta el proceso seguido en la resolución de las mismas, valorándose positivamente la identificación de los principios y leyes físicas involucradas.
- ✱ Se valorará la destreza en la obtención de resultados numéricos y el uso correcto de las unidades en el Sistema Internacional.
- ✱ Se evaluará la coherencia, la cohesión, la corrección gramatical, léxica y ortográfica de los textos producidos, así como su presentación.
- ✱ Cada pregunta, debidamente justificada y razonada con la solución correcta, se calificará con un máximo de 2,5 puntos.
- ✱ En las preguntas que consten de varios apartados, la calificación máxima será la misma para cada uno de ellos (desglosada en múltiplos de 0,1 puntos).

## SOLUCIONES

(Documento de trabajo orientativo)

**Pregunta 1.A.-** El experimento de Cavendish, diseñado para obtener la densidad de la Tierra, permitió determinar la constante de gravitación universal  $G$ . Para ello utilizó una balanza de torsión, donde dos pares de esferas de plomo colgadas por un hilo se atraían entre sí debido a su interacción gravitatoria. Cada par de esferas constaba de una esfera grande de masa  $M = 158$  kg y otra pequeña esfera de masa  $m = 0,73$  kg, situadas a una distancia  $d = 30,7$  cm medida desde los centros de ambas esferas de plomo. Cavendish determinó que la fuerza de atracción entre cada par de esferas era de  $8,15 \cdot 10^{-8}$  N. Teniendo en cuenta que la densidad del plomo es de  $11,3$  g  $\text{cm}^{-3}$ , obtenga:

- (1 punto) Los radios de las esferas grande y pequeña.
- (0,5 puntos) La distancia entre las superficies de ambas esferas.
- (1 punto) El valor de la constante de gravitación obtenida del experimento.



**Solución:**

- Primero hallamos los volúmenes de las esferas:

$$V_{peq} = \frac{m}{\rho} = 6,46 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$V_{grande} = \frac{M}{\rho} = 0,0140 \text{ m}^3$$

A continuación, hallamos los radios:

$$V_{peq} = \frac{4}{3}\pi R_{peq}^3 \Rightarrow R_{peq} = \sqrt[3]{\frac{3V_{peq}}{4\pi}} = 0,0249 \text{ m} = 2,49 \text{ cm}$$

$$V_{grande} = \frac{4}{3}\pi R_{grande}^3 \Rightarrow R_{grande} = \sqrt[3]{\frac{3V_{grande}}{4\pi}} = 0,1495 \text{ m} = 14,95 \text{ cm}$$

- Para hallar la distancia entre las superficies de las esferas hallamos la diferencia entre la distancia entre centros y la suma de los radios:

$$x = d - (R_{peq} + R_{grande}) = 0,1327 \text{ m} = 13,27 \text{ cm}$$

- Para hallar la constante  $G$  de los datos del experimento, tenemos en cuenta que la fuerza gravitatoria entre ambas masas es:

$$F_g = G \frac{m M}{d^2} \Rightarrow G = \frac{F_g d^2}{m M} = 6,66 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

**Pregunta 1.B.-** Durante la misión *Apolo 11*, el orbitador lunar, comandado por Collins, se situó en una órbita circular alrededor de la Luna a una altura de 110 km de la superficie lunar. Desde esa órbita, los astronautas Armstrong y Aldrin se desacoplaron del orbitador y alunizaron con el *Eagle*. Una vez finalizada la misión en la superficie lunar, despegaron y se volvieron a acoplar al orbitador, cuya masa total en ese momento valía  $1,5 \cdot 10^4$  kg. Obtenga:

- (1 punto) Las vueltas a la Luna que dio el orbitador desde el desacoplamiento del *Eagle* y su posterior acoplamiento, si la misión en la superficie lunar duró 19 horas y media.
- (0,5 puntos) La energía cinética del orbitador una vez acoplado el *Eagle*.
- (1 punto) La energía necesaria que habría que suministrar al orbitador para escapar de la atracción gravitatoria de la Luna.

**Datos:** Constante de la Gravitación Universal,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  N m<sup>2</sup> kg<sup>-2</sup>; Masa de la Luna,  $M_L = 7,35 \cdot 10^{22}$  kg; Radio de la Luna,  $R_L = 1737$  km.

**Solución:**

- Para hallar el número de vueltas tenemos que hallar el radio de la órbita en primer lugar:

$$R_{orb} = R_L + h = 1,847 \cdot 10^6 \text{ m}$$

La velocidad orbital la hallamos a partir de la condición de la órbita:

$$m \frac{v_{orb}^2}{R_{orb}} = G \frac{m M_L}{R_{orb}^2} \Rightarrow v_{orb} = \sqrt{\frac{GM_L}{R_{orb}}} = 1,63 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

De la velocidad orbital podemos hallar el periodo de la órbita:

$$T_{orb} = \frac{2\pi R_{orb}}{v_{orb}} = 7,12 \cdot 10^3 \text{ s}$$

Y de ahí, conociendo el tiempo de la misión,  $t$ , podemos hallar el número de vueltas a la Luna:

$$N = \frac{t}{T} = 9,85 \text{ vueltas}$$

- Conocida la masa del orbitador y la velocidad de la órbita, podemos hallar la energía cinética:

$$E_{cin} = \frac{1}{2} m v_{orb}^2 = 1,99 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

- Para que el orbitador escape, debe suministrarse una energía igual a la que tiene, pero cambiada de signo, para que la suma sea nula. La energía mecánica es:

$$E_{mec} = \frac{1}{2} m v_{orb}^2 - G \frac{m M_L}{R_{orb}}$$

Con la condición de órbita, la velocidad orbital al cuadrado es:

$$m \frac{v_{orb}^2}{R_{orb}} = G \frac{m M_L}{R_{orb}^2} \Rightarrow v_{orb}^2 = G \frac{M_L}{R_{orb}}$$

Sustituyendo nos queda:

$$E_{mec} = -G \frac{m M_L}{2 R_{orb}} = -1,99 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

Como se ha dicho anteriormente, la energía pedida será la energía mecánica cambiada de signo:

$$E = -E_{mec} = \frac{GM_L m}{2R_{orb}} = 1,99 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

**Pregunta 2.A.-** Una sirena antiaérea alcanza un nivel de intensidad sonora de 100 dB a una distancia de 3 m. Calcule:

- a) (0,5 puntos) La intensidad de la onda acústica a 3 m de distancia.
- b) (1 punto) La potencia sonora con la que emite la sirena.
- c) (1 punto) La distancia a partir de la cual ya no se oiría la sirena.

**Dato:** *Intensidad umbral*,  $I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ .

**Solución:**

- a) La intensidad de la sirena a 3 m de distancia se puede hallar a partir del nivel de intensidad,  $\beta$ :

$$\beta_{3m} = 10 \log \frac{I_{3m}}{I_0}$$

donde  $I_0$  es la intensidad umbral.

Despejando, obtenemos:

$$I_{3m} = I_0 10^{\beta_{3m}/10} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ W m}^{-2}$$

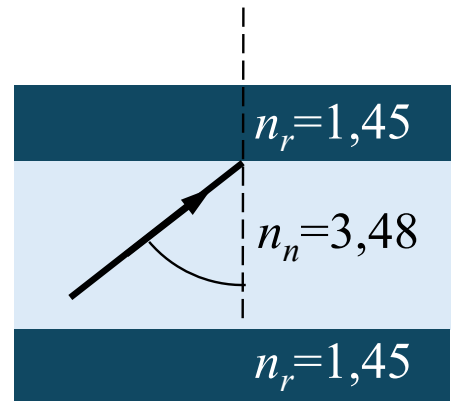
- b) La potencia con la que emite la sirena se puede hallar a partir de la intensidad a 3 m:

$$I_{3m} = \frac{P}{4\pi d^2} \Rightarrow P = 4\pi d^2 I_{3m} = 1,13 \text{ W}$$

- c) La distancia a partir de la cual ya no se oiría la sirena se puede hallar calculando la distancia a la que la intensidad es la intensidad umbral  $I_0$ ,

$$I_{d_{lim}} = I_0 = \frac{P}{4\pi d_{lim}^2} \Rightarrow d_{lim} = \sqrt{\frac{P}{4\pi I_0}} = 3 \cdot 10^5 \text{ m} = 300 \text{ km}$$

**Pregunta 2.B.-** Un rayo de luz de 1550 nm de longitud de onda en el vacío se transmite a lo largo de una guía de onda constituida por un núcleo y un revestimiento con índices de refracción de 3,48 y 1,45 respectivamente, tal como se ve en la figura.

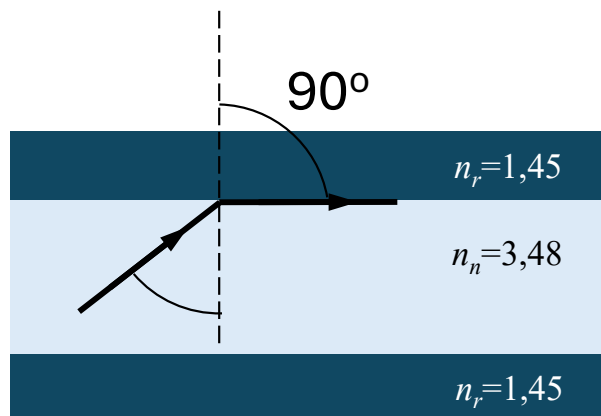


- (1 punto) Calcule el ángulo de incidencia crítica en la frontera núcleo-revestimiento para que el rayo de luz quede confinado en el núcleo.
- (0,5 puntos) ¿Qué ocurre si el rayo incide con un ángulo de 20°?
- (1 punto) Halle la velocidad y la longitud de onda del rayo de luz en el núcleo de la guía de onda.

**Dato:** Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .

**Solución:**

- Para que el rayo quede confinado debe producirse reflexión total interna en la interfaz núcleo-revestimiento. Aplicando la Ley de Snell entre el núcleo y el revestimiento



$$n_{\text{núcleo}} \cdot \sin \alpha_c = n_{\text{revestimiento}} \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow 3,48 \cdot \sin \alpha_c = 1,45$$

$$\sin \alpha_c = \frac{1,45}{3,48} = 0,417 \Rightarrow \alpha_c = 24,62^\circ$$

- Si el ángulo de incidencia, 20°, es menor que el ángulo crítico, habrá refracción en la frontera núcleo-revestimiento y sale parte del rayo, es decir, hay rayo refractado y reflejado.
- La velocidad del rayo de luz en el interior de la fibra será

$$v_{\text{fibra}} = \frac{c}{n_{\text{núcleo}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{3,48} = 8,6 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

Para calcular la longitud de onda tenemos en cuenta que la frecuencia de la luz permanece constante

$$c = \lambda \cdot f ; v_{\text{fibra}} = \lambda_{\text{fibra}} \cdot f ; \lambda_{\text{fibra}} = \frac{v_{\text{fibra}}}{f} = v_{\text{fibra}} \frac{\lambda}{c} = \frac{\lambda}{n_{\text{núcleo}}} = \frac{1550}{3,48} = 445,4 \text{ nm}$$

**Pregunta 3.A.-** Una partícula cargada con  $2\ \mu\text{C}$  se encuentra situada en el origen de coordenadas del plano  $xy$ . Obtenga:

- (1,5 puntos) El campo eléctrico generado por la partícula en el punto  $(3, 4)$  m.
- (1 punto) El valor de una segunda carga situada en el punto  $(0, 4)$  m si se sabe que el campo eléctrico generado por ambas cargas en el punto  $(3, 4)$  m no tiene componente  $x$ .

**Dato:** Constante de Coulomb,  $K = 9 \cdot 10^9\ \text{N m}^2\ \text{C}^{-2}$ .

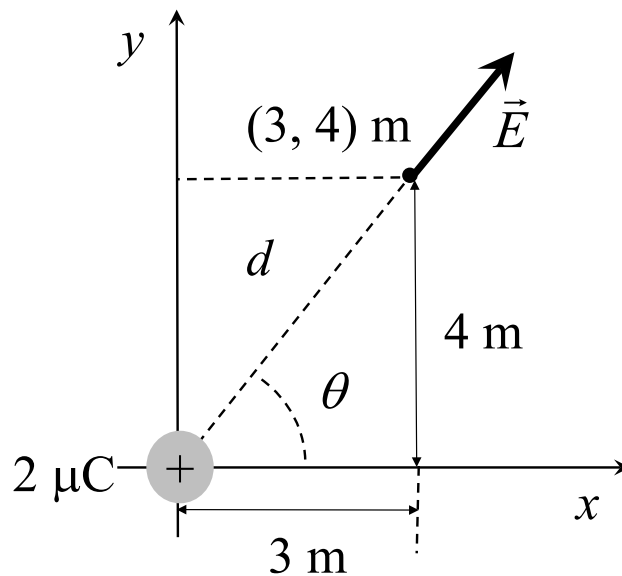
**Solución:**

- El campo eléctrico generado por la partícula en el punto  $(3, 4)$  m se puede hallar calculando su módulo y después su vector unitario. El módulo será:

$$|\vec{E}| = \frac{Kq}{r^2} = 720\ \text{N C}^{-1}$$

y el vector unitario es:

$$\vec{u} = \cos\theta\ \vec{i} + \text{sen}\theta\ \vec{j}$$



De la figura podemos obtener:

$$d = \sqrt{x^2 + y^2} = 5\ \text{m}$$

$$\text{sen}\theta = \frac{4}{5}$$

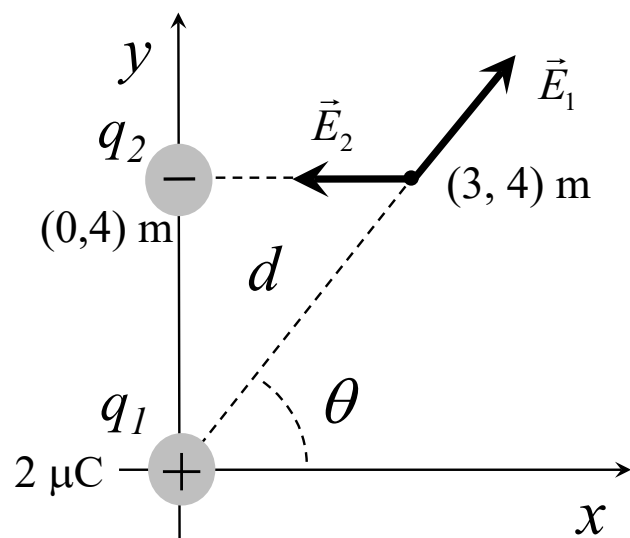
$$\text{cos}\theta = \frac{3}{5}$$

De manera que el vector campo es:

$$\vec{E} = |\vec{E}|\ \vec{u} = \frac{Kq}{r^2} (\cos\theta\ \vec{i} + \text{sen}\theta\ \vec{j}) = (432\ \vec{i} + 576\ \vec{j})\ \text{N C}^{-1}$$

- Para hallar el valor de esta segunda carga situada en el punto  $(0, 4)$  m, sabemos que está en la misma horizontal que el punto anterior, por lo que el campo tiene únicamente componente  $x$  y debe anular la componente  $x$  del campo creado por la otra carga, de modo que se debe cumplir:

$$E_{1x} + E_2 = 0 \Rightarrow E_2 = -E_{1x} = -432\ \text{N C}^{-1} = \frac{Kq_2}{3^2} \Rightarrow$$



$$q_2 = -\frac{432 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{K} = -4,32 \cdot 10^{-7} \text{ C} = -0,43 \mu\text{C}$$

**Pregunta 3.B.-** Un electrón se acelera desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 2000 V. A continuación penetra en una región del espacio en la que hay un campo magnético de 0,5 T, que es perpendicular a la velocidad. Determine:

- (0,5 puntos) El módulo de la velocidad del electrón cuando entra en la región en la que hay campo magnético.
- (0,5 puntos) El módulo de la fuerza que ejerce el campo magnético sobre el electrón.
- (1 punto) El radio de la trayectoria del electrón dentro del campo magnético y el tiempo que tarda en recorrer media circunferencia.
- (0,5 puntos) El trabajo realizado por la fuerza magnética cuando el electrón ha recorrido media circunferencia.

**Datos:** Valor absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C; Masa del electrón,  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg.

**Solución:**

- La velocidad del electrón cuando entra en la zona en la que hay campo magnético depende de la energía suministrada por el campo eléctrico mediante la diferencia de potencial:

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} = 2,65 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

- El módulo de la fuerza que ejerce el campo magnético sobre el electrón se puede hallar con la ley de Lorentz:

$$|\vec{F}_m| = |q \vec{v} \times \vec{B}| = evB = 2,12 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

- El radio de la trayectoria del electrón dentro del campo magnético se puede hallar con la condición de órbita:

$$m \frac{v^2}{r} = qvB \Rightarrow r = \frac{mv}{qB} = 3,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Por su parte, el tiempo que tarda el electrón en recorrer media circunferencia será la mitad del periodo, que se puede hallar en función del radio y la velocidad lineal, ya que se trata de un movimiento circular uniforme:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = 7,15 \cdot 10^{-11} \text{ s}$$

El tiempo pedido es la mitad del periodo:

$$t = \frac{T}{2} = 3,58 \cdot 10^{-11} \text{ s}$$

- El trabajo realizado por la fuerza magnética es nulo, ya que el módulo de la velocidad es constante. El papel de la fuerza magnética es únicamente el de cambiar la dirección de la velocidad, pero no su módulo.

**Pregunta 4.A.-** Se ilumina una lámina de oro con un haz de luz de longitud de onda 150 nm. Si la longitud de onda umbral del oro para el efecto fotoeléctrico es de 289 nm, determine:

- (1,5 puntos) El trabajo de extracción de los electrones para la lámina de oro expresado en eV.
- (1 punto) La energía cinética máxima de los electrones emitidos por la lámina debido al efecto fotoeléctrico.

**Datos:** Constante de Planck,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J s; Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>; Valor absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C.

**Solución:**

- Calculamos el trabajo de extracción para la lámina de oro. Para ello tenemos en cuenta la relación entre la longitud de onda umbral y el trabajo de extracción :

$$W_{ex} = \frac{hc}{\lambda_{umb}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{289 \cdot 10^{-9}} = 6,88 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Ahora hacemos el cambio de unidades para expresarlo en eV:

$$\frac{6,8824 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,30 \text{ eV}$$

Por consiguiente el trabajo de extracción es de 4,30 eV.

- Determinamos la energía cinética máxima de los electrones emitidos. Según la ecuación fundamental del efecto fotoeléctrico:

$$E = W_{ex} + E_{cmax} \implies E_{cmax} = E - W_{ex} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_{umb}}$$
$$\implies E_{cmax} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left( \frac{1}{150 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{289 \cdot 10^{-9}} \right) = 6,38 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Por tanto, la energía cinética máxima de los electrones es de  $6,38 \cdot 10^{-19}$  J.

**Pregunta 4.B.-** El isótopo  $^{60}\text{Co}$  se usa frecuentemente en radioterapia. Se dispone de una muestra de  $^{60}\text{Co}$  de la que se sabe que su actividad se ha reducido a una milésima parte en 52,34 años. Determine:

- (1 punto) La constante de desintegración del isótopo  $^{60}\text{Co}$ .
- (1,5 puntos) La masa en gramos de  $^{60}\text{Co}$  que es necesaria para que la actividad de la muestra sea de  $8,0 \cdot 10^4$  Bq.

**Datos:** Número de Avogadro,  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; Masa atómica del isótopo  $^{60}\text{Co}$ ,  $M = 60 \text{ u}$ .

**Solución:**

- Determinamos la constante de desintegración. Para la actividad radiactiva se cumple:

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

En este caso, la actividad se reduce a una milésima parte, luego:

$$A = 10^{-3} A_0 = A_0 e^{-\lambda t} \implies 10^{-3} = e^{-\lambda t} \implies \lambda = -\frac{\ln(10^{-3})}{t}$$

$$\implies \lambda = \frac{3 \ln 10}{52,34} = 0,1320 \text{ años}^{-1} = 4,19 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

Por tanto la constante de desintegración es  $4,19 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$ .

- Calculamos la masa en gramos de  $^{60}\text{Co}$  para que la actividad de la muestra sea de  $8,0 \cdot 10^4$  Bq. Sabemos que:

$$A = \lambda N$$

Por otro lado, el número total de isótopos  $N$  es:

$$N = \frac{m N_A}{M_a}$$

Luego:

$$A = \frac{\lambda m N_A}{M_a} \implies m = \frac{A M_a}{\lambda N_A} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 60}{4,19 \cdot 10^{-9} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}} = 1,91 \cdot 10^{-9} \text{ g}$$

Luego la masa de la muestra debe ser de  $1,91 \cdot 10^{-9} \text{ g}$ .