

Nombre y apellidos: _____

1. **Órbitas:** La sonda Solar Parker de la NASA, con una masa de 685 kg , gira en torno al Sol, muy cerca, describiendo una órbita circular de **7 millones de km de radio orbital**. $v = 1,39 \cdot 10^5 \text{ m/s}$, $T = 87,9 \text{ h}$



- a) Calcula la **velocidad orbital** de la sonda **en el SI** y el **período orbital en horas**. (1 pt.)
b) Calcula la **energía necesaria** para **transferir** su órbita desde **7 millones de km** hasta otra órbita con un radio orbital de **58 millones de km**. (**Justifica** las fórmulas). (1,5 pt.)

Datos: $R_{Sol} = 700.000 \text{ km}$, $g_{0-Sol} = 28 \cdot g_{0T}$, $g_{0T} = 9,81 \text{ m/s}^2$ $E_{necesaria} = 5,79 \cdot 10^{12} \text{ J}$

2. **Cargas puntuales:** Tres partículas A , B y C igualmente cargadas con carga Q , poseen las siguientes coordenadas: $A(2/3, 0)$, $B(0,0)$ y $C(0,1)$. C ejerce sobre B una fuerza de módulo $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ N}$. Distancias en **centímetros**. Dato: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$. $Q = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}$, $\vec{F}_{AB} = -9 \cdot 10^{-5} \vec{i} \text{ N}$

- a) Calcula la **carga Q** (igual para las tres) y el **vector fuerza** que A ejerce sobre B . (1 pt.)
b) Calcula el **vector campo y el potencial total** en el 4° vértice del cuadrado: $D(2/3, 1)$. (1,5 pt.)

$$\vec{E}_T = 1,58 \cdot 10^5 \vec{i} + 9,5 \cdot 10^4 \vec{j} \frac{\text{N}}{\text{C}}, \quad V_T = 2 \cdot 10^3 \text{ V}$$

3. **Péndulo eléctrico:** Una esferita que porta una carga de $5 \mu\text{C}$ está sostenida por un hilo de 12 cm entre dos placas paralelas verticales que se encuentran a $10,0 \text{ cm}$ de distancia entre sí. Cuando la diferencia de potencial entre las placas es de 6000 V , el hilo forma un ángulo de 15° con la vertical.

Dato: $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$

- a) Calcula el módulo del **campo eléctrico** entre las placas. $E = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ (0,25 pt.)
b) Calcula la **masa en gramos** de la esferita. Dibuja un **esquema**. $m = 114 \text{ g}$ (1,25 pt.)
c) Si las placas se descargan, ¿cuál será la **velocidad** de la esferita al pasar por la vertical (punto más bajo de la oscilación)? $v = 0,283 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (0,5 pt.)

4. **Tubo de rayos catódicos:** Un **electrón** penetra en un campo eléctrico **uniforme** de intensidad $2 \cdot 10^4 \vec{j} \frac{\text{N}}{\text{C}}$ con una velocidad de $8,4 \cdot 10^6 \vec{i} \text{ m/s}$ (dirección perpendicular a las líneas del campo).

Dibuja el diagrama. $\vec{a} = -3,52 \cdot 10^{15} \vec{j} \text{ m/s}^2$, $\vec{v} = 8,4 \cdot 10^6 \vec{i} - 4,2 \cdot 10^6 \vec{j} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

- a) Calcula el **vector aceleración** que experimenta el electrón. (0,5 pt.)
b) Calcula el **vector velocidad** cuando el electrón haya recorrido 1 cm en **horizontal**. (1 pt.)
c) Calcula **cuánto se ha desviado verticalmente en milímetros**. $r_y = 2,5 \text{ mm}$ (0,5 pt.)

Datos: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

5. **CUESTIÓN** 💡 (**Justifica la respuesta**). Si se libera un **protón** (carga positiva) desde el reposo en un **campo eléctrico uniforme**:

- a) Su potencial eléctrico aumenta y su energía potencial disminuye.
b) Su potencial eléctrico disminuye y su energía potencial aumenta.
c) Su potencial eléctrico disminuye y su energía potencial disminuye.



(1 pt.)

1. **Órbitas:** La sonda Solar Parker de la NASA, con una masa de 685 kg, gira en torno al Sol, muy cerca, describiendo una órbita circular de **7 millones de km de radio orbital**.



- a) Calcula la **velocidad orbital** de la sonda **en el SI** y el **período orbital en horas**. (1 pt.)
 b) Calcula la **energía necesaria** para **transferir** su órbita desde **7 millones de km** hasta otra órbita con un radio orbital de **58 millones de km**. (**Justifica** las fórmulas). (1,5 pt.)

Datos: $R_{Sol} = 700.000 \text{ km}$, $g_{0-Sol} = 28 \cdot g_{0T}$, $g_{0T} = 9,81 \text{ m/s}^2$

a) Condición de órbita: $F_g = F_c \Rightarrow G \frac{M \cdot m}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v^2 = G \frac{M}{r} \Rightarrow v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$ ← Datos del Sol

No conozco ni G ni M, pero a partir de los datos: $g_0 = G \frac{M}{R_S^2} \Rightarrow G \cdot M = g_0 \cdot R_S^2$, luego: $v = \sqrt{\frac{g_0 \cdot R_S^2}{r}}$

El radio orbital $r = 7 \cdot 10^9 \text{ m}$, $R_S = 7 \cdot 10^8 \text{ m}$, $g_0 = 28 \cdot 9,81 = 274,68 \text{ m/s}^2$ (g_0 en la superficie del Sol)

$$v = \sqrt{\frac{g_0 \cdot R_S^2}{r}} = \sqrt{\frac{274,68 \cdot (7 \cdot 10^8)^2}{7 \cdot 10^9}} \approx 138663,621761 \text{ m/s} \approx 1,39 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

b) $v = \frac{2\pi r}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 7 \cdot 10^9}{1,39 \cdot 10^5} \approx 316419,403959 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \approx 87,9 \text{ h}$
 $\approx 3,16 \cdot 10^5 \text{ s}$ →

c) $E_{necesaria} = E_{m_B} - E_{m_A}$ **Energía de transferencia orbital [J]**

$$E_{necesaria} = \left(\frac{1}{2} m v_B^2 - G \frac{Mm}{r_B} \right) - \left(\frac{1}{2} m v_A^2 - G \frac{Mm}{r_A} \right)$$

$$F_{c_B} = F_{g_B} \Rightarrow G \frac{M}{r_B} = v_B^2 \quad F_{c_A} = F_{g_A} \Rightarrow G \frac{M}{r_A} = v_A^2$$

$$E_{necesaria} = \left(\frac{1}{2} G \frac{Mm}{r_B} - G \frac{Mm}{r_B} \right) - \left(\frac{1}{2} G \frac{Mm}{r_A} - G \frac{Mm}{r_A} \right)$$

$$E_{necesaria} = -\frac{1}{2} G \frac{Mm}{r_B} + \frac{1}{2} G \frac{Mm}{r_A} \Rightarrow E_{necesaria} = \frac{GMm}{2} \cdot \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

$$E_{necesaria} = \frac{g_0 \cdot R_S^2 \cdot m}{2} \cdot \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) \quad \text{Energía de transferencia orbital [J]}$$

$$r_A = 7 \cdot 10^9 \text{ m}, \quad r_B = 5,8 \cdot 10^{10} \text{ m}$$

$$E_{necesaria} = \frac{274,68 \cdot (7 \cdot 10^8)^2 \cdot 685}{2} \cdot \left(\frac{1}{7 \cdot 10^9} - \frac{1}{5,8 \cdot 10^{10}} \right) \approx 5,790660 \times 10^{12} \text{ J} \approx 5,79 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

Como es lógico, la energía de transferencia orbital es positiva.

2. **Cargas puntuales:** Tres partículas A, B y C igualmente cargadas con carga Q , poseen las siguientes coordenadas: $A(2/3, 0)$, $B(0,0)$ y $C(0,1)$. C ejerce sobre B una fuerza de módulo $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ N}$. Distancias en **centímetros**. Dato: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$.

- a) Calcula la **carga Q** (igual para las tres) y el **vector fuerza** que A ejerce sobre B. (1 pt.)
 b) Calcula el **vector campo** y el **potencial total** en el 4º vértice del cuadrado: $D(2/3, 1)$. (1,5 pt.)

a)
$$\vec{F} = K \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} \cdot \vec{u}_r \quad \text{Ley de Coulomb (forma vectorial)} \quad [\text{N}] \quad \left[K = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$$

En este problema, las cargas son iguales. C y B están separadas por $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$

En módulo $F_{CB} = K \cdot \frac{Q^2}{r^2} \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{F_{CB} \cdot r^2}{K}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-4}}{9 \cdot 10^9}} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C} \approx 6,7 \cdot 10^{-10} \text{ C}$

$$\vec{F}_{AB} = K \cdot \frac{Q^2}{r^2} \cdot (-\vec{i}) = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 10^{-9}\right)^2}{\left(\frac{2}{3} \cdot 10^{-2}\right)^2} \cdot (-\vec{i}) = -9 \cdot 10^{-5} \vec{i} \text{ N}$$

b) Calculamos los vectores unitarios

$$\vec{u}_A = \vec{j}, \quad \vec{u}_C = \vec{i}, \quad r_B = \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)^2 + 1^2} = \frac{\sqrt{13}}{3}$$

$$\vec{u}_B = \frac{\left(\frac{2}{3}, 1\right) - (0,0)}{\sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)^2 + 1^2}} = \frac{\left(\frac{2}{3}, 1\right)}{\frac{\sqrt{13}}{3}} = \frac{2}{\sqrt{13}} \vec{i} + \frac{3}{\sqrt{13}} \vec{j}$$

$$\vec{E}_A = K \frac{Q}{r_A^2} \vec{u}_A = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{\frac{2}{3} \cdot 10^{-9}}{1 \cdot 10^{-4}} \vec{j} = 6 \cdot 10^4 \vec{j} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_B = K \frac{Q}{r_B^2} \vec{u}_B = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{\frac{2}{3} \cdot 10^{-9}}{\frac{13}{9} \cdot 10^{-4}} \left(\frac{2}{\sqrt{13}} \vec{i} + \frac{3}{\sqrt{13}} \vec{j} \right) \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_B = 2,3 \cdot 10^4 \vec{i} + 3,5 \cdot 10^4 \vec{j} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_C = K \frac{Q}{r_C^2} \vec{u}_C = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{\frac{2}{3} \cdot 10^{-9}}{\left(\frac{2}{3} \cdot 10^{-2}\right)^2} \vec{i} = 1,35 \cdot 10^5 \vec{i} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

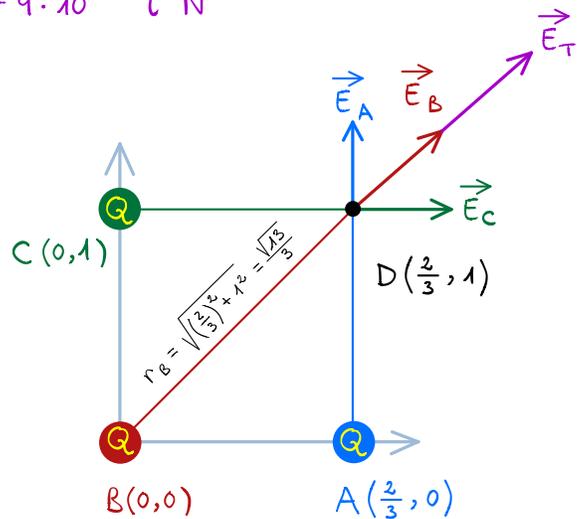
$$\vec{E}_T = 1,58 \cdot 10^5 \vec{i} + 9,5 \cdot 10^4 \vec{j} \frac{\text{N}}{\text{C}},$$

(hacia arriba y hacia la derecha)

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = KQ \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right)$$

$$V_T = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{\frac{\sqrt{13}}{3}} + \frac{1}{\frac{2}{3}} \right) \cdot \frac{1}{10^{-2}} \approx 2 \cdot 10^3 \text{ V}$$

cambio de unidades



Principio de superposición

$$\vec{E}_T = K \cdot \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \vec{u}_{ri}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

Campo eléctrico

$$V_T = K \cdot \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$$

$$V_T = V_1 + V_2 + \dots$$

Potencial eléctrico

3. **Péndulo eléctrico:** Una esferita que porta una carga de $5 \mu\text{C}$ está sostenida por un hilo de 12 cm entre dos placas paralelas verticales que se encuentran a $10,0 \text{ cm}$ de distancia entre sí. Cuando la diferencia de potencial entre las placas es de 6000 V , el hilo forma un ángulo de 15° con la vertical.

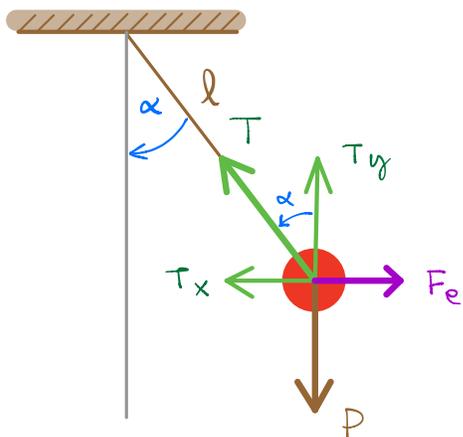
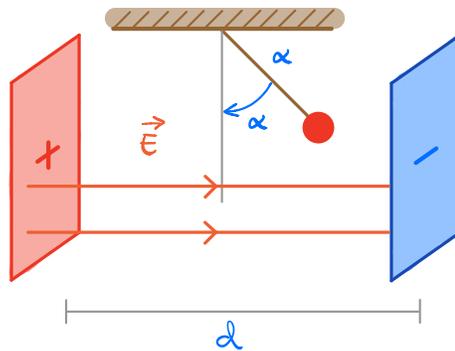
Dato: $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$

- a) Calcula el módulo del **campo eléctrico** entre las placas. (0,25 pt.)
 b) Calcula la **masa en gramos** de la esferita. Dibuja un **esquema**. (1,25 pt.)
 c) Si las placas se descargan, ¿cuál será la **velocidad** de la esferita al pasar por la vertical (punto más bajo de la oscilación)? (0,5 pt.)

a) $|\Delta V| = E \cdot d$ Relación campo - potencial

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{6000 \text{ V}}{10 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Datos: $l = 12 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ | $\alpha = 15^\circ$
 $d = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$ | $q = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$



b) Calcula E. $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Eje x: } F_e - T_x = 0 \\ \text{Eje y: } P - T_y = 0 \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} |q| \cdot E = T \cdot \text{sen } \alpha \\ m \cdot g = T \cdot \text{cos } \alpha \end{array} \right\} \div$$

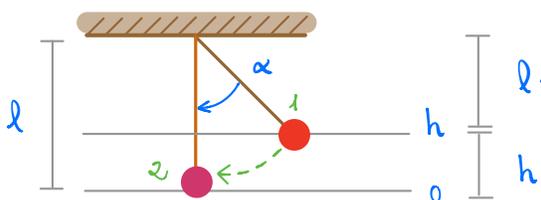
Dividiendo

$$\frac{|q| \cdot E}{m \cdot g} = \frac{T \cdot \text{sen } \alpha}{T \cdot \text{cos } \alpha} = \text{tg } \alpha$$

$$m = \frac{|q| \cdot E}{g \cdot \text{tg } \alpha} =$$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^4}{9,81 \cdot \tan 15} \approx 0,114130 \text{ Kg}$$

$$m \approx 114 \text{ g}$$



$$l = 12 \text{ cm}$$

$$h + l \cdot \text{cos } 15^\circ = l$$

$$h = l - l \cdot \text{cos } 15^\circ$$

$$h = 12 \text{ cm} \cdot (1 - \text{cos } 15^\circ) \approx 0,41 \text{ cm} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

c) Desconectamos las placas. Calcula V final.

$$E_{c1} + E_{p1} = E_{c2} + E_{p2}$$

$$\cancel{E_{c1}} + E_{p1} = E_{c2} + \cancel{E_{p2}}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad E_p = mgh$$

Podemos escoger donde $h = 0$.

$$mgh_1 = \frac{1}{2} m v_2^2$$

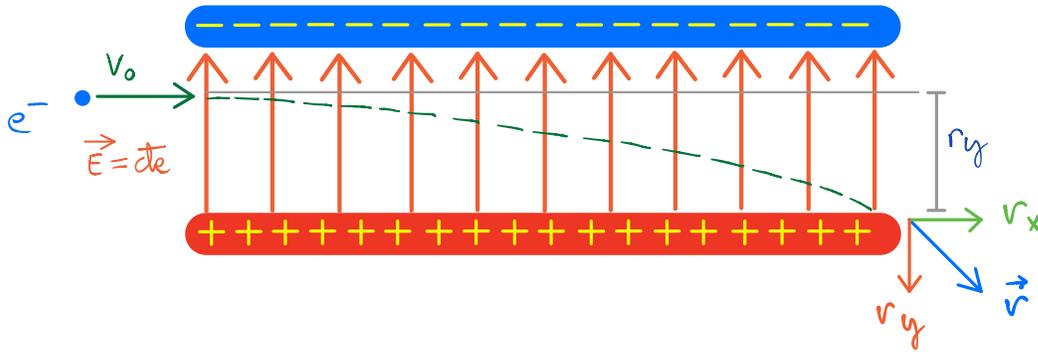
$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 4,1 \cdot 10^{-3}} \approx 0,283 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4. **Tubo de rayos catódicos:** Un **electrón** penetra en un campo eléctrico **uniforme** de intensidad $2 \cdot 10^4 \vec{j} \frac{N}{C}$ con una velocidad de $8,4 \cdot 10^6 \vec{i} \text{ m/s}$ (dirección perpendicular a las líneas del campo).

Dibuja el diagrama.

- a) Calcula el **vector aceleración** que experimenta el electrón. (0,5 pt.)
 b) Calcula el **vector velocidad** cuando el electrón haya recorrido 1 cm en **horizontal**. (1 pt.)
 c) Calcula **cuánto se ha desviado verticalmente en milímetros**. (0,5 pt.)

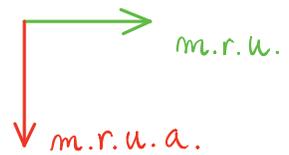
Datos: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$



● Datos :

$$\vec{V}_0 = 8,4 \cdot 10^6 \vec{i} \frac{m}{s}$$

$$\vec{E} = 2 \cdot 10^4 \vec{j} \frac{N}{C}$$



$$a) \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \vec{F} = q \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a} \\ q \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a} \end{array} \right\} \quad \vec{a} = \frac{q \cdot \vec{E}}{m}$$

$$\vec{a} = \frac{q \cdot \vec{E}}{m} = \frac{-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^4 \frac{N}{C}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \vec{j} = -3,52 \cdot 10^{15} \vec{j} \text{ m/s}^2$$

- b) La velocidad $\vec{v} = v_0 \vec{i} + a \cdot t \vec{j}$; calculemos el tiempo de "vuelo" del electrón.

$$v_0 = \frac{x}{t} \Rightarrow t = \frac{x}{v_0} = \frac{10^{-2} \text{ m}}{8,4 \cdot 10^6 \text{ m/s}} \approx 1,19 \cdot 10^{-9} \text{ s} \Rightarrow v_y = -4,2 \cdot 10^6 \vec{j} \frac{m}{s}$$

$$\vec{v} = 8,4 \cdot 10^6 \vec{i} - 4,2 \cdot 10^6 \vec{j} \frac{m}{s}$$

- c) El desplazamiento lateral $r_y = \frac{1}{2} a t^2$ (MRUA: en vertical hacia abajo)

↑ negativo ↑ negativo

$$r_y = \frac{1}{2} \cdot 3,52 \cdot 10^{15} (1,19 \cdot 10^{-9})^2 \approx 0,002492 \text{ m} \approx 2,5 \text{ mm (hacia abajo)}$$

5. **CUESTIÓN** 💡 (Justifica la respuesta). Si se libera un **protón** (carga positiva) desde el reposo en un **campo eléctrico uniforme**:

- a) Su potencial eléctrico aumenta y su energía potencial disminuye.
- b) Su potencial eléctrico disminuye y su energía potencial aumenta.
- c) Su potencial eléctrico disminuye y su energía potencial disminuye.



(1 pt.)

El trabajo lo realiza el campo y el protón se acelerará espontáneamente : $W_{A \rightarrow B} = \Delta E_c > 0$

$$W_{A \rightarrow B} = \Delta E_c = -\Delta E_{p_{AB}} = -q \cdot \Delta V_{AB} \text{ [J] Trabajo eléctrico}$$

Como q es positiva, para que $W > 0$ debe cumplirse que $\Delta V_{AB} < 0$ y $\Delta E_{p_{AB}} < 0$.

La respuesta correcta es la © Tanto su potencial como su energía potencial disminuyen.