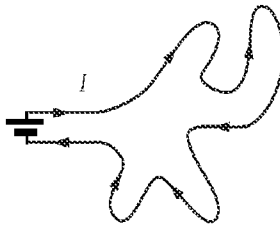


**CUESTIÓN.**

Hasta 1 punto. La respuesta ha de ser razonada: no se puntuará si no se explica la contestación.

• Un cable cuya forma es la de la figura, transporta una corriente  $I$ . Si el cable se puede deformar, ¿Qué forma adoptará el mismo? Razone la respuesta.

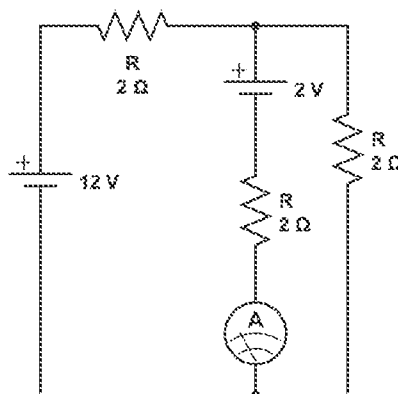
- (a) Se queda igual.
- (b) Forma una circunferencia.
- (c) Forma un cuadrado.
- (d) Forma un gurrño (se encoge hasta quedar ovillado).



**PROBLEMAS.** Hasta 3 puntos cada uno. No es suficiente con escribir ecuaciones; debe desarrollar las soluciones, justificar hipótesis y explicar en detalle los pasos. Cuide dimensiones y unidades, y los órdenes de magnitud de los resultados que obtenga.

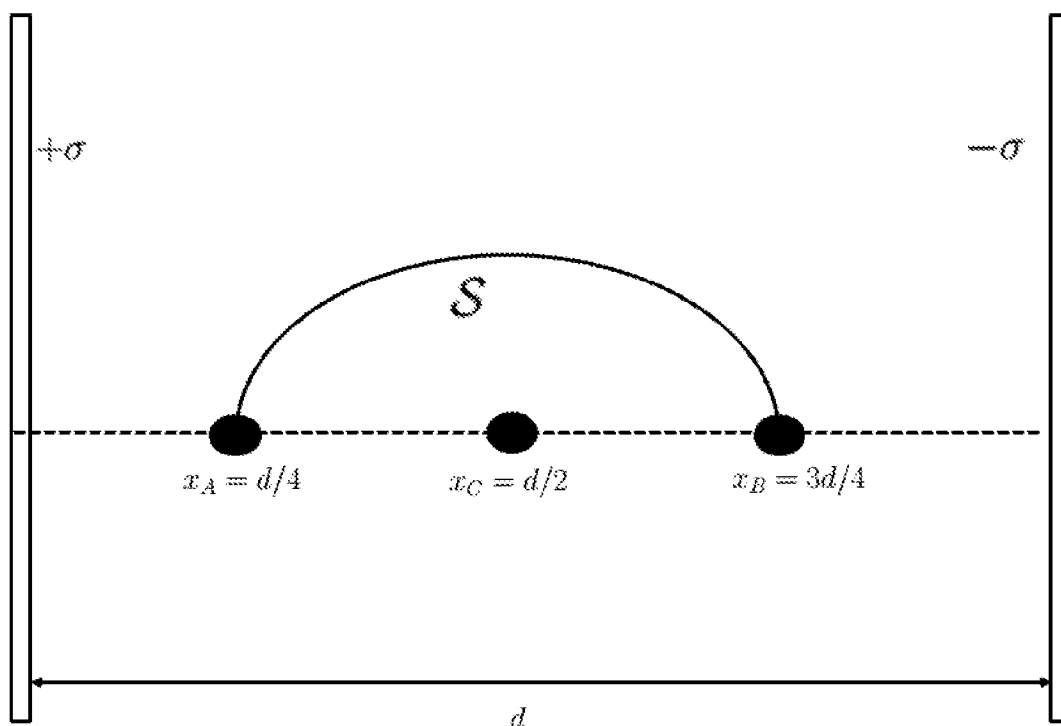
• 1. – Dado el circuito de la figura (tanto las baterías como el amperímetro tienen resistencias internas despreciables),

- (a) Determine la corriente que pasa por el amperímetro y la que sale de la batería de 12V.
- (b) Calcule la energía suministrada por la batería de 12V en 3s.
- (c) Encuentre el calor total disipado en ese tiempo.
- (d) Explicar la diferencia en las respuestas de los apartados (b) y (c).



• 2. – En la figura mostramos un condensador de placas plano-paralelas situadas en  $x = 0$  y  $x = d$ . Las densidades de carga (en  $\text{C}/\text{m}^2$ ) en cada una de las placas son  $+\sigma$  (placa izquierda) y  $-\sigma$  (placa derecha). Sabemos además que para este condensador, en el espacio entre las placas el campo eléctrico es  $\mathbf{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \hat{\mathbf{i}}$ . Tomamos como referencia el valor  $V(x = 0) = 0$  en la placa izquierda.

- Obtenga la expresión del potencial  $V(x)$  para valores de  $x$  entre  $x = 0$  y  $x = d$ .
- Calcule el trabajo que cuesta llevar una carga  $q$  desde el punto  $x_A = d/4$  al punto  $x_B = 3d/4$  por el camino  $S$  marcado en la figura.
- Supongamos que se añade una carga puntual  $Q > 0$  en el punto  $x_C$  de la figura. Calcule de nuevo el trabajo que cuesta llevar la carga  $q$  desde  $x_A$  a  $x_B$ . En este apartado suponga que la distribución de carga en las placas del condensador no cambia al añadir la carga  $Q$ . Esto es, el potencial generado por las placas del condensador en el espacio entre  $x = 0$  y  $x = d$  es el mismo ahora que en el apartado (a).



• 3. – Un haz de luz monocromática de frecuencia  $\nu$  incide frontalmente y con un ángulo de  $45^\circ$  sobre una lámina de vidrio plana con un índice de refracción  $n = \sqrt{2}$ . La lámina tiene un grosor  $d$  (en metros) y su superficie posterior está pulida como un espejo de tal forma que es perfectamente reflejante.

- ¿Qué velocidad tiene el haz de luz dentro del vidrio? Indique, de forma justificada si (i) la luz tiene la misma frecuencia dentro y fuera del vidrio. (ii) La luz tiene la misma longitud de onda dentro y fuera del vidrio.
- Obtenga la longitud total que recorre el haz de luz en el interior del vidrio, antes de emerger de nuevo.
- Supongamos que el haz de luz incidente se divide en dos al alcanzar la superficie exterior del vidrio. Una parte se refleja inmediatamente, mientras que la otra parte se transmite al interior, se refleja en la superficie posterior, y emerge posteriormente. ¿Cuál es la diferencia de fase entre los dos haces salientes?
- ¿Qué condición debe cumplir la longitud de onda de la luz incidente para que ambos haces interfieran destructivamente?

## FUNDAMENTOS DE FÍSICA II – FORMULARIO BÁSICO

Este es un conjunto general básico de fórmulas de ayuda, que se ofrecen para que no sea necesario memorizar todas las fórmulas de la asignatura. Es importante aclarar que **no son todas las fórmulas posibles, ni son necesariamente las fórmulas que hay que usar para resolver los problemas propuestos en el examen**. Cada estudiante deberá valorar, en cada problema propuesto, los conceptos y fórmulas que son necesarios para su correcta resolución.

---

### Tema 1. Fuerza y Campo eléctrico

$$\begin{aligned}\mathbf{F}_{12} &= kq_1q_2/r_{12}^2 \quad \hat{\mathbf{r}}_{12} \\ k &= 1/4\pi\epsilon_0 = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \\ \epsilon_0 &= 1/4\pi k = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2} \\ \mathbf{E} &= \mathbf{F}/q \\ \mathbf{p} &= q\mathbf{L} \\ \boldsymbol{\tau} &= \mathbf{p} \times \mathbf{E} \\ \Phi_{e,\text{neto}} &= \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = Q_{\text{int}}/\epsilon_0\end{aligned}$$

### Tema 2. Potencial eléctrico. Capacidad

$$\begin{aligned}V_B - V_A &= W_{A \rightarrow B}/q = -\int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \\ V &= kq/r \quad (V = 0 \text{ para } r = \infty) \\ V &= \sum_{i=1}^n kq_i/r_i \\ E_x &= -\partial V/\partial x \\ \Delta U &= q_0\Delta V \\ U &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \\ C &= Q/V \\ U &= QV/2 = Q^2/2C = CV^2/2 \\ (C_{eq})_{\text{paralelo}} &= \sum_i C_i \\ (1/C_{eq})_{\text{serie}} &= \sum_i (1/C_i) \\ E &= E_0/\kappa \quad V = V_0/\kappa \quad C = \kappa C_0\end{aligned}$$

### Tema 3. Corriente eléctrica

$$\begin{aligned}I &= \Delta Q/\Delta t \\ V &= IR \\ P &= IV = I^2R = V^2/R \\ P &= I\mathcal{E} \\ V_a - V_b &= \mathcal{E} - Ir \\ E &= Q\mathcal{E} \\ (R_{eq})_{\text{serie}} &= \sum_i R_i \\ (1/R_{eq})_{\text{paralelo}} &= \sum_i (1/R_i) \\ \sum_i I_i &= 0 \quad (\text{Kirchhoff}) \\ \sum_i \Delta V_i &= 0 \quad (\text{Kirchhoff}) \\ Q(t) &= Q_0 e^{-t/RC} = Q_0 e^{-t/\tau} \\ Q(t) &= Q_f (1 - e^{-t/RC}) = Q_f (1 - e^{-t/\tau}) \\ I(t) &= I_0 e^{-t/RC} = I_0 e^{-t/\tau}\end{aligned}$$

### Tema 4. Fuerza y Campo magnético

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \\ d\mathbf{F} &= Id\mathbf{l} \times \mathbf{B} \\ \boldsymbol{\mu} &= NIA\hat{\mathbf{n}} \\ \boldsymbol{\tau} &= \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B} \\ U &= -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B} \\ \mathbf{B} &= (\mu_0/4\pi) (q\mathbf{v} \times \hat{\mathbf{r}})/r^2 \\ d\mathbf{B} &= (\mu_0/4\pi) (Id\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}})/r^2 \\ \mu_0 &= 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2 \\ \Phi_{m,\text{neto}} &= \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0 \\ \oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} &= \mu_0 I_C\end{aligned}$$

### Tema 5. Inducción electromagnética

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= \oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = -\frac{d\Phi_m}{dt} \\ |\mathcal{E}| &= \left| -\frac{d\Phi_m}{dt} \right| = Blv \\ \Phi_m &= LI \\ M &= \Phi_{m,21}/I_1 = \Phi_{m,12}/I_2 \\ U_m &= LI^2/2 \\ I(t) &= \frac{\mathcal{E}_0}{R} (1 - e^{-Rt/L}) = I_f (1 - e^{-t/\tau}) \\ I(t) &= I_0 e^{-Rt/L} = I_0 e^{-t/\tau}\end{aligned}$$

### Tema 6. Ondas electromagnéticas

$$\begin{aligned}\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} &= \mu_0 (I_C + I_d) = \mu_0 I_C + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \\ E &= cB \\ c &= 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \\ u &= u_{\text{elec}} + u_{\text{mag}} = \epsilon_0 E^2 = B^2/\mu_0 = (EB)/(c\mu_0) \\ \mathbf{S} &= (\mathbf{E} \times \mathbf{B})/\mu_0 \\ I &= cu_{\text{media}} = E_0 B_0/(2\mu_0) = |\mathbf{S}|_{\text{medio}}\end{aligned}$$

### Temas 7 y 8. Óptica

$$\begin{aligned}n &= c/v \\ n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ \sin \theta_{\text{cr}} &= n_2/n_1 \\ 1/s + 1/s' &= 1/f \\ m &= y'/y = -s'/s \\ 1/f &= (n-1)(1/r_1 - 1/r_2) \\ \delta &= 2\pi \Delta r/\lambda \\ d \sin \theta_m &= m\lambda\end{aligned}$$

**CUESTIÓN.**

Hasta 1 punto. La respuesta ha de ser razonada: no se puntuará si no se explica la contestación.

- Dos alambres A y B cilíndricos están hechos del mismo metal y tienen igual longitud. La resistencia del alambre A es tres veces mayor que la del B. ¿Cuál es la relación entre los radios  $r_A$  y  $r_B$  de los alambres A y B?

(a)  $r_A/r_B = 1/\sqrt{3}$ .

(b)  $r_A/r_B = \sqrt{3}$ .

(c)  $r_A/r_B = 1/3$ .

(d)  $r_A/r_B = 3$ .

---

**PROBLEMAS.** Hasta 3 puntos cada uno. No es suficiente con escribir ecuaciones; debe desarrollar las soluciones, justificar hipótesis y explicar en detalle los pasos. Cuide dimensiones y unidades, y los órdenes de magnitud de los resultados que obtenga.

- 1.— Una corteza esférica no conductora y gruesa, de radio interior  $a$  y de radio exterior  $b$  tiene una densidad de carga volumétrica uniforme,  $\rho$ .

(a) Calcular la carga total que tiene la corteza.

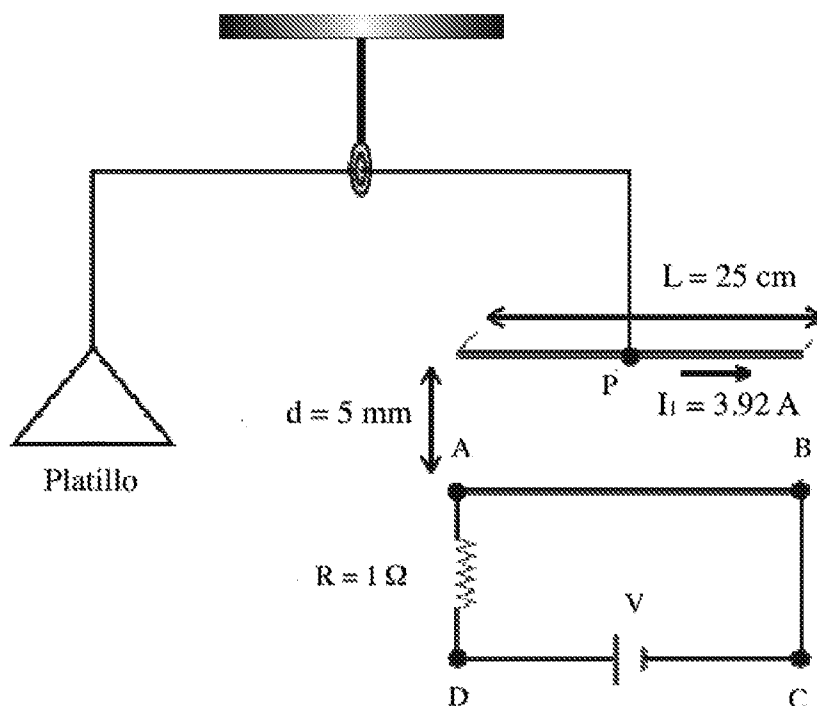
(b) Calcular el campo eléctrico en todos los puntos del espacio.

**El examen continúa en la siguiente página.**

• 2.– Se plantea el esquema representado en la figura para la realización de una balanza magnética. Esta balanza consta de un platillo en un extremo y un hilo conductor de longitud  $L = 25$  cm en el otro, por el que circula una corriente  $I = 3,92$  A. Además, a una distancia  $d = 5$  mm del hilo se encuentra el circuito  $ABCD$ , el cual está formado por una resistencia  $R = 1 \Omega$  y una batería  $V$ . Este circuito está fijo. Cuando  $V$  es cero el sistema se encuentra en equilibrio. Cuando  $V = 20$  V,

- ¿Qué intensidad de corriente circula por el circuito  $ABCD$ ? ¿En qué sentido?
- ¿Cuál es el valor, dirección y sentido del campo magnético creado por la rama  $AB$  en el punto  $P$ ? Considere que la rama  $AB$  se comporta como un hilo infinito en este apartado.
- ¿Qué masa,  $m$ , expresada en miligramos, hay que situar en el platillo para que la balanza se encuentre equilibrada?

Permeabilidad magnética en el vacío:  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$ .



• 3.– Consideremos un condensador plano de placas paralelas en forma de disco de radio  $R$  separadas una distancia  $a$ , sin material dieléctrico en su interior. El condensador está cargándose gracias a una corriente continua de intensidad  $I$  que le llega a través de un cable recto perpendicular a sus placas, procedente de una batería ubicada a una gran distancia. A tiempo  $t = 0$ , el condensador se encuentra descargado.

- Utilice la ley de Ampère para calcular el módulo del campo magnético a una distancia  $d$  del cable. Asuma que  $d$  es grande
- Calcular el campo eléctrico entre las placas del condensador en función del tiempo.
- Obtener el campo magnético entre las placas del condensador, a una distancia  $d$  del eje del mismo para  $d < R$  y  $d > R$ . (Sugerencia: emplear la corriente de desplazamiento de Maxwell).
- Obtener el vector de Poynting, en el interior del condensador, a una distancia  $d < R$  del eje. Indíquese módulo, dirección y sentido.

## FUNDAMENTOS DE FÍSICA II – FORMULARIO BÁSICO

Este es un conjunto general básico de fórmulas de ayuda, que se ofrecen para que no sea necesario memorizar todas las fórmulas de la asignatura. Es importante aclarar que **no son todas las fórmulas posibles, ni son necesariamente las fórmulas que hay que usar para resolver los problemas propuestos en el examen**. Cada estudiante deberá valorar, en cada problema propuesto, los conceptos y fórmulas que son necesarios para su correcta resolución.

---

### Tema 1. Fuerza y Campo eléctrico

$$\begin{aligned}\mathbf{F}_{12} &= kq_1q_2/r_{12}^2 \quad \hat{\mathbf{r}}_{12} \\ k &= 1/4\pi\epsilon_0 = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \\ \epsilon_0 &= 1/4\pi k = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2} \\ \mathbf{E} &= \mathbf{F}/q \\ \mathbf{p} &= q\mathbf{L} \\ \boldsymbol{\tau} &= \mathbf{p} \times \mathbf{E} \\ \Phi_{e,\text{neto}} &= \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = Q_{\text{int}}/\epsilon_0\end{aligned}$$

### Tema 2. Potencial eléctrico. Capacidad

$$\begin{aligned}V_B - V_A &= W_{A \rightarrow B}/q = -\int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \\ V &= kq/r \quad (V = 0 \text{ para } r = \infty) \\ V &= \sum_{i=1}^n kq_i/r_i \\ E_x &= -\partial V/\partial x \\ \Delta U &= q_0\Delta V \\ U &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \\ C &= Q/V \\ U &= QV/2 = Q^2/2C = CV^2/2 \\ (C_{eq})_{\text{paralelo}} &= \sum_i C_i \\ (1/C_{eq})_{\text{serie}} &= \sum_i (1/C_i) \\ E &= E_0/\kappa \quad V = V_0/\kappa \quad C = \kappa C_0\end{aligned}$$

### Tema 3. Corriente eléctrica

$$\begin{aligned}I &= \Delta Q/\Delta t \\ V &= IR \\ P &= IV = I^2R = V^2/R \\ P &= I\mathcal{E} \\ V_a - V_b &= \mathcal{E} - Ir \\ E &= Q\mathcal{E} \\ (R_{eq})_{\text{serie}} &= \sum_i R_i \\ (1/R_{eq})_{\text{paralelo}} &= \sum_i (1/R_i) \\ \sum_i I_i &= 0 \quad (\text{Kirchhoff}) \\ \sum_i \Delta V_i &= 0 \quad (\text{Kirchhoff}) \\ Q(t) &= Q_0 e^{-t/RC} = Q_0 e^{-t/\tau} \\ Q(t) &= Q_f (1 - e^{-t/RC}) = Q_f (1 - e^{-t/\tau}) \\ I(t) &= I_0 e^{-t/RC} = I_0 e^{-t/\tau}\end{aligned}$$

### Tema 4. Fuerza y Campo magnético

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \\ d\mathbf{F} &= Id\mathbf{l} \times \mathbf{B} \\ \boldsymbol{\mu} &= NIA\hat{\mathbf{n}} \\ \boldsymbol{\tau} &= \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B} \\ U &= -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B} \\ \mathbf{B} &= (\mu_0/4\pi) (q\mathbf{v} \times \hat{\mathbf{r}})/r^2 \\ d\mathbf{B} &= (\mu_0/4\pi) (Id\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}})/r^2 \\ \mu_0 &= 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2 \\ \Phi_{m,\text{neto}} &= \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0 \\ \oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} &= \mu_0 I_C\end{aligned}$$

### Tema 5. Inducción electromagnética

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= \oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = -\frac{d\Phi_m}{dt} \\ |\mathcal{E}| &= \left| -\frac{d\Phi_m}{dt} \right| = Blv \\ \Phi_m &= LI \\ M &= \Phi_{m,21}/I_1 = \Phi_{m,12}/I_2 \\ U_m &= LI^2/2 \\ I(t) &= \frac{\mathcal{E}_0}{R} (1 - e^{-Rt/L}) = I_f (1 - e^{-t/\tau}) \\ I(t) &= I_0 e^{-Rt/L} = I_0 e^{-t/\tau}\end{aligned}$$

### Tema 6. Ondas electromagnéticas

$$\begin{aligned}\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} &= \mu_0 (I_C + I_d) = \mu_0 I_C + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \\ E &= cB \\ c &= 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \\ u &= u_{\text{elec}} + u_{\text{mag}} = \epsilon_0 E^2 = B^2/\mu_0 = (EB)/(c\mu_0) \\ \mathbf{S} &= (\mathbf{E} \times \mathbf{B})/\mu_0 \\ I &= cu_{\text{media}} = E_0 B_0/(2\mu_0) = |\mathbf{S}|_{\text{medio}}\end{aligned}$$

### Temas 7 y 8. Óptica

$$\begin{aligned}n &= c/v \\ n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ \sin \theta_{\text{cr}} &= n_2/n_1 \\ 1/s + 1/s' &= 1/f \\ m &= y'/y = -s'/s \\ 1/f &= (n-1)(1/r_1 - 1/r_2) \\ \delta &= 2\pi \Delta r/\lambda \\ d \sin \theta_m &= m\lambda\end{aligned}$$

**Material auxiliar:** Una calculadora no programable.

Tiempo: 2 horas.

---

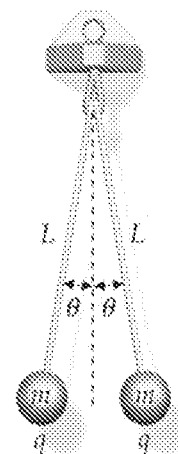
**CUESTIÓN:** Hasta 1 punto. La respuesta ha de ser razonada: no se puntuará si no se explica la contestación.

• Entre las placas de un condensador plano, y sin desconectarlo de una batería con diferencia de potencial  $V$  entre sus bornes, se inserta un dieléctrico ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

- (a) La diferencia de potencial entre las placas del condensador no varía.
  - (b) La diferencia de potencial entre las placas del condensador disminuye.
  - (c) La capacidad del condensador no varía.
  - (d) La carga del condensador disminuye.
- 

**PROBLEMAS.** Hasta 3 puntos cada uno. No es suficiente con escribir ecuaciones; debe desarrollar las soluciones, justificar hipótesis y explicar en detalle los pasos. Cuide dimensiones y unidades, y los órdenes de magnitud de los resultados que obtenga.

• 1.— Dos pequeñas esferas de masa  $m = 20$  g y cargadas positivamente con la misma carga  $q$ , se encuentran suspendidas en los extremos de dos hilos, de masa despreciable, inextensibles y de longitud  $L = 1$  m. El sistema está sometido también a la fuerza de la gravedad. Cuando las esferas están en equilibrio cada hilo forma con la vertical un ángulo  $\theta = 30^\circ$



(a) Calcular el valor de la tensión de los hilos en la posición de equilibrio.

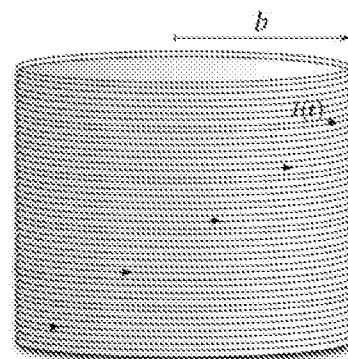
(b) Calcular la carga de cada esfera.

(c) Si ahora se elimina una de las esferas, obtener la velocidad de la otra esfera cuando pasa por la vertical.

---

Sigue en la siguiente página  $\longrightarrow$

• 2. – Por un solenoide muy largo (de longitud mucho mayor que su radio) y muy compacto, de radio  $b$  y  $m$  vueltas por unidad de longitud, circula una corriente que depende del tiempo,  $I(t) = I_0 \sin \omega t$ , donde  $I_0$  y  $\omega$  son constantes. Suponiendo despreciable la corriente de desplazamiento, se pide:

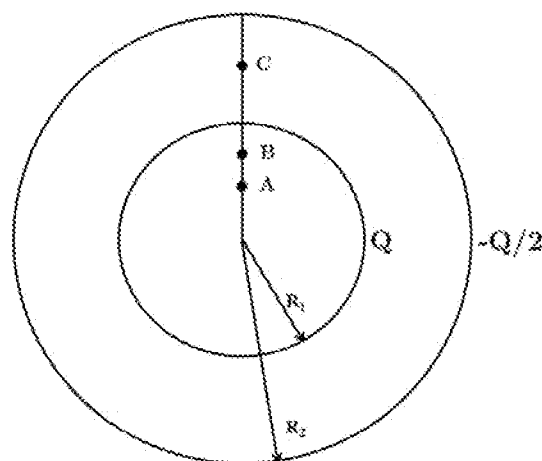


(a) Usando la ley de Ampère, calcular el campo magnético en el interior del solenoide y lejos de los extremos del mismo. (Ayuda: usar una curva rectangular cerrada)

(b) Calcular el campo eléctrico en el interior del solenoide.

(c) Calcular el campo eléctrico en el exterior del solenoide.

• 3. – Las dos esferas del dibujo son metálicas, huecas, de espesor despreciable y concéntricas. Tienen radios  $R_1$  y  $R_2 = 2R_1$  y sus cargas son  $+Q$  y  $-Q/2$ , como se muestra en la figura.



(a) ¿Qué trabajo cuesta mover una carga  $q$  desde el punto  $A$  al punto  $B$  a lo largo de la línea trazada en la figura si sabemos que las distancias desde los puntos al centro son  $r_A = R_1/2$  y  $r_B = 3R_1/4$ ? Explique detalladamente su respuesta.

(b) ¿Cuál es el cambio en la energía potencial de una carga  $q$  si esta pasase de estar en  $A$  a estar en  $C$ ? Las distancias radiales de esos puntos al centro son  $r_A = R_1/2$  y  $r_C = 3R_1/2$ .



# ELECTROMAGNETISMO Y ÓPTICA – FORMULARIO BÁSICO

Este es un conjunto general básico de fórmulas de ayuda, que se ofrecen para que no sea necesario memorizar todas las fórmulas de la asignatura. Es importante aclarar que **no son todas las fórmulas posibles, ni son necesariamente las fórmulas que hay que usar para resolver los problemas propuestos en el examen**. Cada estudiante deberá valorar, en cada problema propuesto, los conceptos y fórmulas que son necesarios para su correcta resolución.

---

## Tema 1. Fuerza y Campo eléctrico

$$\begin{aligned}\mathbf{F}_{12} &= kq_1q_2/r_{12}^2 \quad \hat{\mathbf{r}}_{12} \\ k &= 1/4\pi\epsilon_0 = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \\ \epsilon_0 &= 1/4\pi k = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2} \\ \mathbf{E} &= \mathbf{F}/q \\ \mathbf{p} &= q\mathbf{L} \\ \boldsymbol{\tau} &= \mathbf{p} \times \mathbf{E} \\ \Phi_{e,\text{neto}} &= \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = Q_{\text{int}}/\epsilon_0\end{aligned}$$

## Tema 2. Potencial eléctrico. Capacidad

$$\begin{aligned}V_B - V_A &= W_{A \rightarrow B}/q = -\int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \\ V &= kq/r \quad (V = 0 \text{ para } r = \infty) \\ V &= \sum_{i=1}^n kq_i/r_i \\ E_x &= -\partial V/\partial x \\ \Delta U &= q_0\Delta V \\ U &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i V_i \\ C &= Q/V \\ U &= QV/2 = Q^2/2C = CV^2/2 \\ (C_{eq})_{\text{paralelo}} &= \sum_i C_i \\ (1/C_{eq})_{\text{serie}} &= \sum_i (1/C_i) \\ E &= E_0/\kappa \quad V = V_0/\kappa \quad C = \kappa C_0\end{aligned}$$

## Tema 3. Corriente eléctrica

$$\begin{aligned}I &= \Delta Q/\Delta t \\ V &= IR \\ P &= IV = I^2R = V^2/R \\ P &= I\mathcal{E} \\ V_a - V_b &= \mathcal{E} - Ir \\ E &= Q\mathcal{E} \\ (R_{eq})_{\text{serie}} &= \sum_i R_i \\ (1/R_{eq})_{\text{paralelo}} &= \sum_i (1/R_i) \\ \sum_i I_i &= 0 \quad (\text{Kirchhoff}) \\ \sum_i \Delta V_i &= 0 \quad (\text{Kirchhoff}) \\ Q(t) &= Q_0 e^{-t/RC} = Q_0 e^{-t/\tau} \\ Q(t) &= Q_f (1 - e^{-t/RC}) = Q_f (1 - e^{-t/\tau}) \\ I(t) &= I_0 e^{-t/RC} = I_0 e^{-t/\tau}\end{aligned}$$

## Tema 4. Fuerza y Campo magnético

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \\ d\mathbf{F} &= Id\mathbf{l} \times \mathbf{B} \\ \boldsymbol{\mu} &= NIA\hat{\mathbf{n}} \\ \boldsymbol{\tau} &= \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B} \\ U &= -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B} \\ \mathbf{B} &= (\mu_0/4\pi) (q\mathbf{v} \times \hat{\mathbf{r}})/r^2 \\ d\mathbf{B} &= (\mu_0/4\pi) (Id\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}})/r^2 \\ \mu_0 &= 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2 \\ \Phi_{m,\text{neto}} &= \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0 \\ \oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} &= \mu_0 I_C\end{aligned}$$

## Tema 5. Inducción electromagnética

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= \oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = -\frac{d\Phi_m}{dt} \\ |\mathcal{E}| &= \left| -\frac{d\Phi_m}{dt} \right| = Blv \\ \Phi_m &= LI \\ M &= \Phi_{m,21}/I_1 = \Phi_{m,12}/I_2 \\ U_m &= LI^2/2 \\ I(t) &= \frac{\mathcal{E}_0}{R} (1 - e^{-Rt/L}) = I_f (1 - e^{-t/\tau}) \\ I(t) &= I_0 e^{-Rt/L} = I_0 e^{-t/\tau}\end{aligned}$$

## Tema 6. Ondas electromagnéticas

$$\begin{aligned}\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} &= \mu_0 (I_C + I_d) = \mu_0 I_C + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \\ E &= cB \\ c &= 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \\ u &= u_{\text{elec}} + u_{\text{mag}} = \epsilon_0 E^2 = B^2/\mu_0 = (EB)/(c\mu_0) \\ \mathbf{S} &= (\mathbf{E} \times \mathbf{B})/\mu_0 \\ I &= cu_{\text{media}} = E_0 B_0/(2\mu_0) = |\mathbf{S}|_{\text{medio}}\end{aligned}$$

## Temas 7 y 8. Óptica

$$\begin{aligned}n &= c/v \\ n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ \sin \theta_{\text{cr}} &= n_2/n_1 \\ 1/s + 1/s' &= 1/f \\ m &= y'/y = -s'/s \\ 1/f &= (n-1)(1/r_1 - 1/r_2) \\ \delta &= 2\pi \Delta r/\lambda \\ d \sin \theta_m &= m\lambda\end{aligned}$$