Cuestiones previas (página 347)

1. ¿Serías capaz de definir el concepto de carga eléctrica?

Se trata de hacer ver lo complicado que puede resultar definir uno de los conceptos clave en física y que usamos tan poco reflexivamente. En el epígrafe 1.1 del libro de texto se ofrecerá una definición estándar.

2. ¿Qué entiendes por campo eléctrico?

En esta pregunta se pretende comprobar si, de alguna manera, los alumnos y alumnas relacionan el concepto de campo con el de zona de influencia.

3. ¿Puede una partícula cargada permanecer en reposo en el seno de un campo eléctrico? Razona tu respuesta.

Si la carga está sometida a la acción exclusiva de un campo eléctrico, nunca podrá permanecer en reposo.

4. ¿Para qué sirve un condensador?

Se trata de averiguar qué conocen de los condensadores. En general, desconocen que es un dispositivo de almacenamiento de carga.

5. ¿A qué velocidad crees que se desplazan los electrones por un hilo conductor cuando hay corriente eléctrica?

Está muy extendida la creencia de que los electrones se desplazan por los hilos conductores a la velocidad de la luz, y no es así. Es el pulso ondulatorio lo que se desplaza a esa velocidad, pero los electrones se mueven a velocidades del rango de 1 mm/s. En el caso de una corriente alterna, tan solo realizan movimientos oscilatorios.

Actividades (páginas 349/372)

1 En muchos días soleados de invierno habrás notado desagradables descargas al descender de un coche y tocar la chapa u otro metal. ¿Por qué ocurre eso? ¿Por qué no sucede lo mismo en días lluviosos o veraniegos?

La fricción con el aire hace que la carrocería metálica del coche se electrice. Dado que la carrocería está aislada del suelo, pues los neumáticos son de goma, esta queda cargada eléctricamente. Al descender del coche y tocar la carrocería, se produce la descarga hacia tierra a través de nuestro cuerpo.

Este hecho acontece con tiempo seco y soleado (propio de los días anticiclónicos de invierno), donde la humedad ambiental es escasa. Sin embargo, en verano o en días lluviosos, cuando la humedad ambiental es elevada, esto no ocurre, debido a que el aire húmedo se vuelve más conductor y propicia que la carrocería se descargue a través del aire.

2 Calcula la fuerza con que se repelen dos electrones separados entre sí por una distancia de 10^{-8} m y compara este resultado con el valor de la fuerza gravitacional con que se atraen.

Haciendo uso de la ley de Coulomb:

$$F = k\frac{QQ'}{r^2} = k\frac{e^2}{r^2}$$

Sustituyendo los datos:

$$F = 9\cdot 10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2\cdot\frac{(1{,}6\cdot 10^{-19}\ \text{C})^2}{(10^{-8}\ \text{m})^2} = 2{,}3\cdot 10^{-12}\ \text{N}$$

Calculando ahora la fuerza gravitacional con que se atraen:

$$F_g = G\frac{m_e^2}{r^2} = 6{,}67\cdot 10^{-11}\ \text{N m}^2/\text{kg}^2\cdot\frac{(9{,}1\cdot 10^{-31}\ \text{kg})^2}{(10^{-8}\ \text{m})^2}$$

$$F_g = 5{,}52\cdot 10^{-55}\ \text{N}$$

Así pues, la fuerza electrostática con que se repelen resulta ser $4{,}1\cdot 10^{42}$ veces mayor que la fuerza gravitacional con que se atraen.

3 ¿A qué distancia deberían encontrarse dos cargas de 1 C para repelerse con una fuerza de 1 N?

A partir de la expresión de la ley de Coulomb, obtenemos:

$$r = \sqrt{k\frac{Q^2}{F}} = 94\,868{,}3\ \text{m}$$

4 ¿Con qué fuerza se atraen un protón y un electrón en el átomo de hidrógeno, si el radio atómico es de 0,3 Å?

Sustituyendo los datos en la expresión de la ley de Coulomb:

$$F = k\frac{e^2}{r^2} = 9\cdot 10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2\cdot\frac{(1{,}6\cdot 10^{-19}\ \text{C})^2}{(0{,}3\cdot 10^{-10}\ \text{m})^2} = 2{,}56\cdot 10^{-7}\ \text{N}$$

5 Dos esferas de 20 g de masa, cargadas, se encuentran suspendidas de sendos hilos de 0,5 m de longitud que penden del mismo punto del techo. Al repelerse, se comprueba que los hilos forman un ángulo de 10° con la vertical.

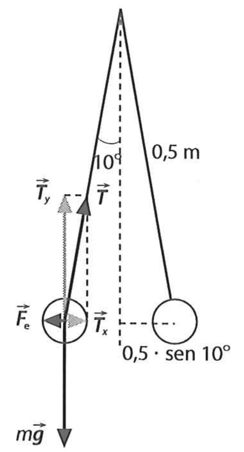
***a)* ¿Cuál es la fuerza con que se repelen las cargas?**

***b)* ¿Cuánto valen las cargas?**

a) Como puede comprobarse en la figura, la condición de equilibrio exige que:

$$mg = T\cos 10°$$

$$F_e = T\,\text{sen}\,10°$$



Con los datos del enunciado, podemos despejar T en la primera igualdad:

$$T = 0{,}2\ \text{N}$$

Sustituyendo este valor en la segunda igualdad, resulta:

$$F_e = 0{,}034\ \text{N}$$

b) Haciendo uso de este valor, podemos determinar la carga a partir de la expresión de la ley de Coulomb:

$$Q = \sqrt{F\frac{r^2}{k}} = 3{,}36\cdot 10^{-7}\ \text{C}$$

donde $r = 2\cdot 0{,}5\cdot\text{sen}\,10° = 0{,}173$ m, según puede desprenderse de la figura.

6 Dos cargas positivas de 3 μC se encuentran sobre el eje *X* en los puntos (−3, 0) y (3, 0), respectivamente. Determina la fuerza neta que ejercen sobre una tercera carga negativa de −2 μC en estos supuestos (escribe el resultado en notación vectorial):

***a)* La carga negativa se encuentra en el punto (0, 4).**

***b)* La carga negativa se encuentra en el punto (6, 0).**

c) **La carga negativa se encuentra en el punto (2, 0).**

d) **La carga negativa se encuentra en el origen.**

Nota: todas las distancias se expresan en metros.

Aplicando en todos los casos la expresión de la ley de Coulomb $\vec{F} = k\dfrac{QQ'}{r^2}\vec{u}_r = k\dfrac{QQ'}{r^2}\dfrac{\vec{r}}{r}$, obtenemos:

a) $\vec{F}_{\text{total}} = -3{,}456 \cdot 10^{-3}\vec{j}$ N

b) $\vec{F}_{\text{total}} = -6{,}67 \cdot 10^{-3}\vec{i}$ N

c) $\vec{F}_{\text{total}} = +0{,}052 \cdot 10^{-3}\vec{i}$ N

d) $\vec{F}_{\text{total}} = 0$

7 **Halla el vector campo eléctrico en el punto (7, 3) originado por:**

a) **Una carga de +3 μC que se encuentra en el punto (−1, 2).**

b) **Una carga de −5 μC que se encuentra en el punto (2, −5).**

Si utilizamos en ambos apartados la expresión de la ley de Coulomb, se consigue:

a) $\vec{E} = 412{,}2\vec{i} + 51{,}5\vec{j}$ N/C

b) $\vec{E} = -268\vec{i} - 428{,}7\vec{j}$ N/C

8 **Dos cargas positivas de 2 μC y 6 μC, respectivamente, se encuentran separadas 2 m. ¿A qué distancia de la carga mayor se halla el punto en el que se anulan los campos debidos a cada una de ellas?**

Llamemos *x* a la distancia desde la carga mayor al punto, *Q* a la carga mayor y *Q'* a la menor. En el punto donde el campo es nulo, los valores de los campos debidos a cada carga son iguales, por lo que se cumplirá que:

$$k\frac{Q}{x^2} = k\frac{Q'}{(2-x)^2}$$

Resolviendo la ecuación, se obtiene que $x = 1{,}268$ m.

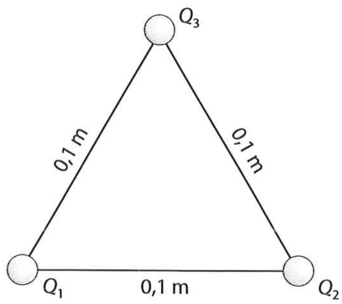
9 **¿Por qué no pueden cruzarse las líneas de fuerza del campo creado por dos o más cargas?**

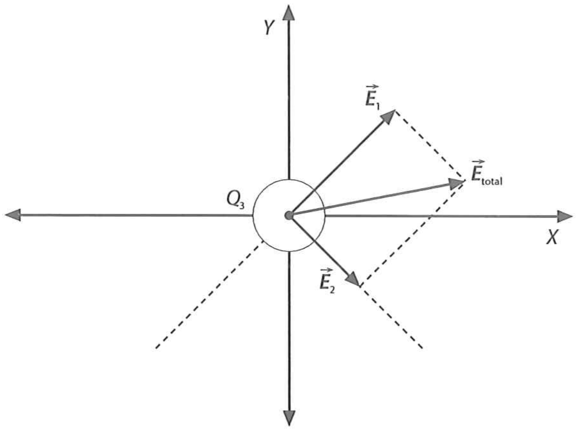
Por definición, las líneas de fuerza del campo son tangentes al vector $\vec{E}$ en cada punto, y en cada uno de esos puntos solo hay una dirección y valor del campo, pues aun en el caso de que existieran varias cargas, por aplicación del principio de superposición, habría un único vector de campo resultante.

10 **Una carga de 6 *Q* está a una distancia, *d*, de otra carga, −*Q*. Representa las líneas de fuerza del campo creado por ambas cargas.**

El campo creado por una carga puntual $E = k\,Q/r^2$ es proporcional al valor de la carga y la densidad de líneas de fuerza es proporcional al valor del campo; en consecuencia, de la carga de 6 *Q* saldrán seis veces más líneas de fuerza que las que entran en −*Q*. Así pues, si de 6 *Q* salen 18 líneas de fuerza, entrarán 3 en −*Q*.

11 **PAU** **Dos cargas, Q_1 y Q_2, de 4 μC y −2 μC, respectivamente, están situadas en los vértices de un triángulo equilátero, como se indica en la figura 14.14. Determina el valor del campo eléctrico resultante en el vértice superior, así como la fuerza resultante que actúa sobre la carga Q_3, de 1 μQ, situada en ese punto.**





El valor del campo creado en ese vértice por la carga Q_1 es:

$$E_1 = k\frac{Q_1}{r_1^2} = 3\,600\,000 \text{ N/C}$$

La dirección del campo es la recta que une Q_1 y Q_3, y su sentido es saliente de Q_1. Por otra parte, el valor del campo creado por Q_2 en ese mismo vértice es:

$$E_2 = k\frac{Q_2}{r_2^2} = -1\,800\,000 \text{ N/C}$$

Con el signo negativo se indica su sentido hacia la propia carga Q_2, como se aprecia en la figura.

Así pues, podemos descomponer los vectores $\vec{E}_1$ y $\vec{E}_2$ en sus componentes, con lo que se obtiene:

$$\vec{E}_1 = E_1 \cos 60°\,\vec{i} + E_1 \operatorname{sen} 60°\,\vec{j} \text{ N/C}$$
$$\vec{E}_1 = (1{,}80\vec{i} + 3{,}12\vec{j}) \cdot 10^6 \text{ N/C}$$
$$\vec{E}_2 = E_2 \cos 60°\,\vec{i} - E_2 \operatorname{sen} 60°\,\vec{j} \text{ N/C}$$
$$\vec{E}_2 = (0{,}90\vec{i} - 1{,}56\vec{j}) \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

Por tanto, el campo resultante es:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (2{,}70\vec{i} + 1{,}56\vec{j}) \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

Teniendo en cuenta que $\vec{F} = Q\vec{E}$, resulta:

$$\vec{F}_3 = Q_3\vec{E} = 2{,}70\vec{i} + 1{,}56\vec{j} \text{ N}$$

12 **¿Podría una carga cualquiera permanecer en reposo en algún punto del campo creado por dos cargas iguales?**

Solo podría permanecer en reposo en aquel punto donde el campo resultante creado por ambas cargas iguales fuese cero, y eso únicamente ocurre en el punto medio de la línea que une ambas cargas.

13 **¿Cuánto vale el potencial creado por una carga de 6 μC a una distancia de 1,25 m?**

El potencial valdría:

$$V = k\frac{Q}{r} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-6}\text{ C}}{1{,}25 \text{ m}} = 43\,200 \text{ V}$$

14 **¿Cómo es el potencial de todos los puntos situados a la misma distancia de una carga puntual? Si consideráramos una superficie que incluyera todos esos puntos, ¿qué forma tendría esa superficie?**

Según se desprende de la expresión del potencial creado por una carga puntual, todos los puntos situados a igual distancia de la carga tienen el mismo valor de potencial. Si uniéramos todos esos puntos, obtendríamos una esfera de radio *r* (valor de la distancia) que constituiría una superficie equipotencial.

15 **Supongamos una carga positiva, *Q*, creadora de un campo. Razona cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:**

a) **Al aproximar a *Q* una carga testigo positiva, *Q'*, la energía potencial del sistema aumenta.**

b) **Al aproximar a Q una carga $-Q'$, la energía potencial del sistema aumenta.**

c) **Al alejar una carga $-Q'$, la energía potencial aumenta.**

d) **Al alejar una carga $+Q'$, la energía potencial aumenta.**

a) La afirmación es correcta. Puesto que $E_p = Q'V$, y dado que el potencial aumenta a medida que la distancia disminuye, entonces, para una carga positiva, la energía potencial del sistema se eleva al acercarse ambas cargas. Esto se debe a que ha de hacerse un trabajo externo para posibilitar el acercamiento, por lo que la energía potencial del sistema aumenta.

b) Al contrario que en el caso anterior, esta propuesta es falsa, pues $E_p = -Q'V$, por lo que, al aproximar la carga $-Q'$, la energía potencial adquiere valores más negativos, es decir, disminuye. La razón estriba en que ahora es el propio sistema el que realiza el trabajo de acercamiento a expensas de su energía potencial, que se reduce.

c) Esta proposición es correcta, pues, para alejar una carga negativa, debe realizarse un trabajo externo, por lo que la energía potencial del sistema aumenta.

d) Esta proposición es falsa. Al alejar una carga $+Q'$, es el propio sistema el que realiza el trabajo, a costa de reducir su energía potencial (es decir, a costa de disminuir su propia capacidad de seguir realizando trabajo).

16 **¿Cuál es la velocidad final de un electrón acelerado a través de una diferencia de potencial de 15 000 V si estaba inicialmente en reposo?**

Si llamamos e a la carga del electrón y hacemos uso de la expresión 14.10 del libro de texto, obtendremos:

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = e\,\Delta V$$

Por tanto:

$$v = \sqrt{\frac{2e\,\Delta V}{m}} = 7{,}26 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

17 **Un electrón que se mueve con una velocidad de $2 \cdot 10^7 \vec{i}$ m/s entra en una región en la que existe un campo eléctrico uniforme de $6\,000\vec{i}$ N/C. ¿Qué movimiento describe? ¿Qué distancia recorre hasta que su velocidad se hace cero?**

Tendrá un movimiento rectilíneo uniformemente desacelerado. Su aceleración será:

$$a = -eE/m = -1{,}055 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2$$

Con esa aceleración, la distancia que recorre hasta que su velocidad se hace cero viene dada por:

$$d = -v_0^2/2a = 0{,}189 \text{ m} = 18{,}9 \text{ cm}$$

18 **Deduce qué papel desempeña un dieléctrico en lo referente al valor del campo eléctrico, E, a partir de la expresión válida para un condensador de placas planas y paralelas:**

$$V_a - V_b = Ed$$

Al intercalar un dieléctrico (material no conductor) entre las láminas de un condensador de placas planas y paralelas, las moléculas del dieléctrico se polarizan, con lo que disminuye el campo total entre las placas y, en consecuencia, la diferencia de potencial. De este modo, aumenta la capacidad del condensador.

19 **Si reducimos la distancia entre las placas planas y paralelas, ¿qué ocurre con la capacidad del condensador?**

a) **Aumenta.**

b) **Disminuye.**

c) **Se mantiene invariable.**

La respuesta correcta es la ***a)***: al reducir la distancia, y puesto que el campo es uniforme, disminuye la diferencia de potencial entre las placas. En consecuencia, la capacidad del condensador aumenta.

20 **Las placas de un condensador de caras planas y paralelas están separadas 1 cm, tienen una carga de 100 μC y entre ellas existe una diferencia de potencial de 100 V. Halla:**

a) **La capacidad del condensador.**

b) **El campo en el interior del condensador.**

a) La capacidad será:

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{10^{-4}\text{ C}}{100 \text{ V}} = 10^{-6} \text{ F} = 1\ \mu\text{F}$$

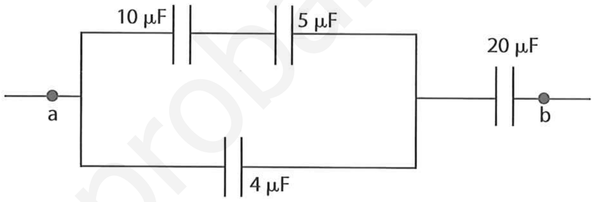
b) El campo en el interior de las placas valdrá:

$$E = \frac{V_1 - V_2}{d} = 10\,000 \text{ N/C}$$

21 **Se conectan cuatro condensadores como se indica en la figura 14.30.**

a) **¿Cuál es la capacidad equivalente entre los puntos a y b?**

b) **¿Cuál es la carga de cada condensador si $V_{ab} = 40$ V?**



Como es habitual en este tipo de problemas, procedemos a ir asociando capacidades de los condensadores y sumando los resultados de nuestras asociaciones.

En primer lugar, sumamos los condensadores de 10 μF y 5 μF:

$$\frac{1}{C_A} = \frac{1}{10\ \mu\text{F}} + \frac{1}{5\ \mu\text{F}};\ C_A = 3{,}33\ \mu\text{F}$$

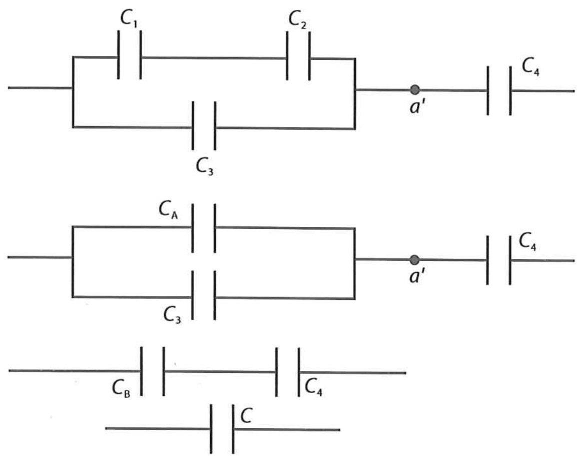
Ahora sumamos el C_1 hallado con el condensador de 4 μF:

$$C_B = C_A + 4\ \mu\text{F} = 7{,}33\ \mu\text{F}$$

Finalmente y siguiendo la misma mecánica, hallamos la capacidad equivalente entre esta suma, a la que hemos llamado C_B y el condensador de 20 μF.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_B} + \frac{1}{20\ \mu\text{F}};\ C = 5{,}36\ \mu\text{F}$$

Las figuras siguientes muestran la simplificación seguida hasta reducir el conjunto a un único condensador:



La diferencia de potencial entre los puntos a y b nos permite ahora calcular la carga almacenada en el conjunto de condensadores:

$$V_a - V_b = \frac{Q}{C};\ Q = 214{,}4\ \mu\text{C}$$

Esta carga es la almacenada en el condensador de 20 μF y es igual a la almacenada en el conjunto de los otros tres condensadores, por lo que podemos averiguar la diferencia de potencial entre a y a', que será:

$$V_a - V_{a'} = \frac{Q}{C_B} = 29{,}25\ \text{V}$$

Este valor nos permite calcular la carga almacenada en C_3:

$$Q_3 = C_3\,(V_a - V_{a'}) = 117\ \mu\text{C}$$

Y de igual modo podemos calcular la carga almacenada en los condensadores de 10 μF y de 5 μF (que en ambos casos será la misma al estar conectados en serie). Puesto que C_A es la capacidad del condensador equivalente, entonces:

$$Q_A = C_A\,(V_a - V_{a'}) = 97{,}4\ \mu\text{C}$$

22 **¿Cuál es la carga que atraviesa una sección de conductor en 1 minuto si la intensidad de la corriente es de 15 mA? ¿Cuántos electrones han atravesado dicha sección en ese tiempo?**

A partir de la expresión de intensidad de corriente:

$$Q = It = 0{,}015\ \text{A} \cdot 60\ \text{s} = 0{,}9\ \text{C}$$

Puesto que la carga de cada electrón es $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, el número de electrones que atraviesan la sección del conductor será:

$$\text{número de electrones} = \frac{0{,}9\ \text{C}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C}} =$$

$$= 5{,}625 \cdot 10^{18}\ \text{electrones}$$

23 **Dos alambres (A y B) están hechos del mismo material y tienen la misma longitud. Se comprueba que la resistencia de A es el cuádruple que la de B. ¿Cómo son en comparación los diámetros de los alambres?**

Dado que:

$$R = \rho\,\frac{l}{S} = \rho\,\frac{l}{\pi r^2}$$

y como:

$$R_A = 4 \cdot R_B \Rightarrow \rho\,\frac{l}{\pi r_A^2} = 4 \cdot \rho\,\frac{l}{\pi r_B^2}$$

Despejando en esta última igualdad, resulta que $r_B = 2 \cdot r_A$.

Por tanto, $d_B = 2 \cdot d_A$.

24 **Se desea conseguir una resistencia de 10 Ω usando para ello hilo de nicromo (aleación de níquel y cromo) de 1 mm de diámetro. ¿Qué longitud de hilo debemos tomar? (Utiliza los datos de la tabla.)**

Material	ρ a 20 °C (Ω m)
Plata	$1{,}6 \cdot 10^{-8}$
Cobre	$1{,}7 \cdot 10^{-8}$
Aluminio	$2{,}8 \cdot 10^{-8}$
Hierro	$10 \cdot 10^{-8}$
Plomo	$22 \cdot 10^{-8}$
Mercurio	$96 \cdot 10^{-8}$
Nicromo	$100 \cdot 10^{-8}$
Carbono	$3\,500 \cdot 10^{-8}$
Vidrio	$10^{10} - 10^{14}$

A partir de la expresión de la resistencia, tenemos que:

25

$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{R\,(\pi r^2)}{\rho} = \frac{10\ \Omega \cdot \pi \cdot (5 \cdot 10^{-4}\ \text{m})^2}{10^{-6}\ \Omega\ \text{m}} = 7{,}85\ \text{m}$$

¿Cómo varía la resistencia si duplicamos la longitud y el diámetro?

Disminuye a la mitad de su valor inicial. Si inicialmente la resistencia valía:

$$R = \rho\,\frac{l}{\pi r^2}$$

al duplicar la longitud y el diámetro (y, en consecuencia, el radio), la nueva resistencia valdrá:

$$R = \rho\,\frac{2\,l}{\pi\,(2\,r)^2} = \rho\,\frac{l}{2\,\pi r^2}$$

26 **Por un hilo de nicromo de 50 cm de longitud y 0,5 mm de diámetro circula una corriente de 10 mA. ¿Cuál es la diferencia de potencial que se ha establecido entre los extremos del hilo?**

Con los datos ofrecidos podemos calcular la resistencia:

$$R = \rho\,\frac{l}{\pi r^2} = \frac{10^{-6}\ \Omega\ \text{m} \cdot 0{,}5\ \text{m}}{\pi\,(2{,}5 \cdot 10^{-4}\ \text{m})^2} = 2{,}54\ \Omega$$

Por tanto:

$$V_{ab} = IR = 0{,}0254\ \text{V}$$

27 **Tenemos una pila de 9,5 V, que puede conectarse a diversos conductores. Halla:**

a) **La intensidad que circulará si conectamos un conductor de 10 Ω.**

b) **La resistencia del conductor si la intensidad que circula es de 0,5 A.**

Mediante la ley de Ohm:

a) $I = \frac{V}{R} = 0{,}95\ \text{A}$

b) $R = \frac{V}{I} = 19\ \Omega$

28 **Un alambre presenta una resistividad de $5 \cdot 10^{-7}$ m y tiene 10 m de longitud y 1 mm² de sección. Calcula la intensidad de la corriente que lo atraviesa si se conecta a una diferencia de potencial de 12 V.**

La resistencia del alambre es:

$$R = \rho\,\frac{l}{S} = 5 \cdot 10^{-7}\ \Omega\ \text{m} \cdot \frac{10\ \text{m}}{10^{-6}\ \text{m}^2} = 5\ \Omega$$

Por tanto, la corriente que circula es:

$$I = \frac{V}{R} = 2{,}4\ \text{A}$$

29 **Se conectan en paralelo tres resistencias de 2 Ω, 5 Ω y 7 Ω, respectivamente, y se aplica entre los extremos de la asociación una diferencia de potencial de 24 V. Con estos datos halla:**

a) **La resistencia equivalente.**

b) **La intensidad total de la corriente.**

c) **La intensidad que pasa por cada resistencia.**

a) Siguiendo la fórmula:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

se obtiene $R = 1{,}18$ W.

b) La intensidad será:

$$I = V_{ab}/R = 20{,}2\ \text{A}$$

c) La intensidad que pasa por cada resistencia viene determinada por:

$$I_i = V_{ab}/R_i$$

de donde resultan $I_1 = 12$ A, $I_2 = 4{,}8$ A e $I_3 = 3{,}43$ A; estas intensidades, sumadas, dan una resistencia total de 20,2 A.

30 **Repite el ejercicio anterior suponiendo que las resistencias se asocian en serie.**

Teniendo en cuenta que ahora:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 14\ \Omega$$

se obtiene que la intensidad que circula es de 1,71 A.

Al estar conectadas en serie, esta intensidad es la que pasa por cada una de las resistencias.

31 **¿Qué energía se disipa en 10 min si conectamos una bombilla de 4 Ω a una batería que establece una diferencia de potencial de 12 V? Expresa el resultado en julios y en calorías.**

La intensidad que circula es:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12\ \text{V}}{4\ \Omega} = 3\ \text{A}$$

Por tanto, la energía disipada en 10 min es:

$$W = I^2Rt = (3\ \text{A})^2 \cdot 4\ \Omega \cdot 600\ \text{s} = 21\,600\ \text{J} = 5\,184\ \text{cal}$$

32 **¿Durante cuánto tiempo tendríamos que calentar 1/2 L de agua para aumentar su temperatura 30 °C si disponemos para ello de un calentador de resistencia de inmersión de 100 W?**

Nota: se supone que estamos trabajando en condiciones ideales, lo cual implica que no hay pérdidas de calor por las paredes o por la superficie del líquido.

El calor necesario en esa operación es:

$$Q = mc\,\Delta T = 15\,000\ \text{cal} = 62\,760\ \text{J}$$

Por tanto, ese debe ser el trabajo desarrollado por el calefactor. Como su potencia es conocida, entonces:

$$t = \frac{W}{P} = 627{,}6\ \text{s} = 10\ \text{min}\ 28\ \text{s}$$

33 **Un cazo eléctrico tiene una resistencia de 48,4 Ω y por él circula una corriente de 4,5 A. Calcula el tiempo que tarda en calentar 20 L de agua desde 15 °C hasta 50 °C.**

El trabajo que debe desarrollar el cazo eléctrico para calentar los 20 L de agua hasta esa temperatura es:

$$W = mc\,\Delta T = 700\,000\ \text{cal} = 2\,928\,800\ \text{J}$$

Por tanto, el tiempo necesario será:

$$t = \frac{W}{I^2R} = 2\,988{,}26\ \text{s} = 49\ \text{min}\ 48\ \text{s}$$

34 **Un calefactor de resistencia de 2 000 W que funciona a 220 V ha estado conectado durante 8 h. Calcula:**

a) **La resistencia del calefactor.**

b) **La energía consumida en kW h.**

c) **El coste de mantener encendido el calefactor si el kW h se factura a un décimo de euro.**

a) Como:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{V^2}{R}$$

entonces:

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220\ \text{V})^2}{2\,000\ \text{W}} = 24{,}2\ \Omega$$

b) La energía consumida es:

$$W = Pt = 2\,000\ \text{W} \cdot (8 \cdot 3\,600)\ \text{s} = 57\,600\,000\ \text{J}$$

Expresada en kW h, es:

$$W = 57\,600\,000\ \text{J} \cdot \frac{1\ \text{kW h}}{3\,600\,000\ \text{J}} = 16\ \text{kW h}$$

c) Habrá gastado 1,6 €.

35 **¿Qué gasto supone tener conectado un lavavajillas de 1 200 W, una televisión de 70 W y un secador de pelo de 1 000 W durante 30 min, si el precio del kW h es de 0,1 euro?**

La energía total consumida, aplicando a los tres casos la expresión $W = Pt$, es de 4 086 000 J, lo que supondría un gasto de 0,11 €.

Debemos aclarar que ese no es el precio «real» del kilovatio hora, pues habría que añadir lo que las compañías eléctricas cobran por otros conceptos.

36 **Repite el ejercicio de la aplicación de la página 372 del libro de texto, eliminando la resistencia externa.**

Al eliminar la resistencia externa en la expresión del apartado *a)* de la aplicación, resulta $I = 2{,}14$ A, valor que, llevado a las expresiones de los apartados *b)*, *c)* y *d)*, conduce a que el voltaje real entre los bornes del generador es ahora de 7,72 V y la energía transformada por el motor en 10 min es de 5 778 J, mientras que las energías disipadas en el generador y en el motor son, respectivamente, de 5 495,52 J y 4 121,64 J.

Cuestiones y problemas (páginas 376/377)

Interacción electrostática y concepto de campo eléctrico

1 **Usando la electrización por fricción, ¿cómo podríamos diferenciar una varilla de material aislante de otra de material conductor?**

Al frotar un material aislante, la carga queda concentrada en la zona frotada. Este hecho se manifiesta por fenómenos de atracción o repulsión sobre otros materiales. Por el contrario, esto no sucede en los materiales conductores.

2 **¿Qué es el campo eléctrico? ¿Qué magnitudes se usan para caracterizarlo?**

Es la región del espacio donde una carga hace sentir su presencia (véase el epígrafe 2 del libro de texto). Para caracterizarlo se usan los conceptos de intensidad y de potencial.

3 **¿Qué efecto tiene un campo eléctrico sobre un material aislante? ¿Y sobre un material conductor? ¿Qué diferencias hay entre ambas situaciones?**

Produce una cierta polarización del material y hace que el campo resultante en el interior del mismo sea algo menor que el campo externo.

Por el contrario, en el caso de un material conductor, se crea un movimiento de cargas que no cesa hasta que el campo interior anula al exterior, de modo que el campo neto es cero en el interior del conductor.

4 **Un electrón y un protón se sitúan en el seno de un campo eléctrico uniforme. ¿Qué ocurrirá? Compara las aceleraciones que adquirirán ambas partículas.**

Se empezarán a mover en sentidos opuestos: el protón lo hará en el sentido del campo, mientras que el electrón lo hará en sentido opuesto. El valor de la fuerza que actúa sobre ambos es el mismo e igual a eE. Por tanto, las aceleraciones que adquirirán serán:

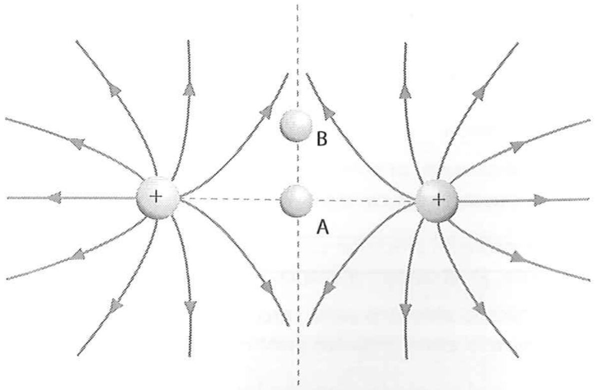
$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$$

Como la masa del protón es 1 840 veces mayor que la del electrón, su aceleración será 1 840 veces menor.

5 **Una carga, 14 Q, se halla próxima a otra, −Q. Dibuja el gráfico de las líneas de fuerza que salen de una de las cargas y entran en la otra.**

De la carga 14 Q salen 14 veces más líneas de las que entran a $-Q$. Por tanto, pueden dibujarse 28 líneas saliendo de 14 Q, de las cuales solo 2 entran en $-Q$.

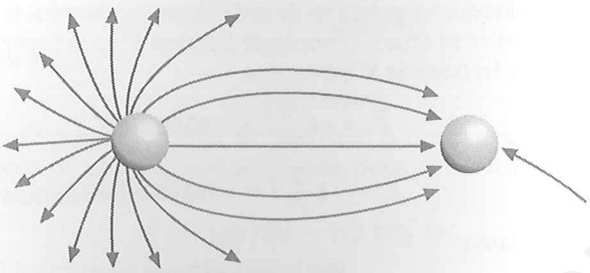
6 **¿Qué le ocurriría a una partícula negativa si es abandonada en el punto A de la figura? ¿Y si lo es en el punto B?**



En el punto A permanecería en reposo, pues el campo neto es cero en ese punto.

Por el contrario, si es abandonada en el punto B, actuaría sobre ella una fuerza dirigida verticalmente hacia abajo, que disminuiría hasta hacerse cero en el punto medio, para cambiar su sentido a continuación. En consecuencia, la partícula negativa comenzaría a oscilar alrededor del punto medio.

7 **En la figura se muestran las líneas de campo entre dos cargas desconocidas. Determina la relación entre Q y Q'. ¿Cuál es la carga positiva? ¿Y la negativa?**



La carga de la izquierda (Q) es tres veces mayor que la de la derecha (Q'), puesto que de ella salen 18 líneas de fuerza, de las que solo 6 llegan a Q'.

El signo de Q es positivo y el de Q' es negativo.

8 **¿Estaríamos a salvo en el interior de un vehículo durante una tormenta eléctrica intensa? Razona tu respuesta.**

Sí, pues el coche constituye una jaula de Faraday, por lo que distribuirá la carga por la carrocería de modo que el campo será nulo en el interior del vehículo.

9 **PAU** **Una carga puntual de 4 μC situada en el origen da lugar a un campo eléctrico. Determina el campo eléctrico en los puntos A (3, 0), B (0, 2), C (1, 1) y D (2, 4). ¿Qué ángulo forma el campo con el eje X en el punto D?**

El campo eléctrico en el punto A (3, 0) tiene por valor:

$$E_A = k\frac{Q}{x^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}\text{C}}{(3 \text{ m})^2} = 4\,000 \text{ N/C}$$

Como su dirección es a lo largo del eje X, se puede expresar vectorialmente:

$$\vec{E}_A = 4\,000\vec{i} \text{ N/C}$$

En el punto B (0, 2):

$$E_B = k\frac{Q}{y^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}\text{ C}}{(3 \text{ m})^2} = 9\,000 \text{ N/C}$$

Puesto que su dirección y sentido es el del eje Y positivo, entonces:

$$\vec{E}_B = 9\,000\vec{j} \text{ N/C}$$

En el punto C (1, 1):

$$E_C = k\frac{Q}{r_C^2}$$

En este caso:

$$r_C^2 = x^2 + y^2 = 2$$

Por tanto, sustituyendo, obtenemos:

$$E_C = 18\,000 \text{ N/C}$$

El vector $\vec{E}_C$ forma 45° con los ejes X e Y, por lo que las componentes E_{Cx} y E_{Cy} serán:

$$E_{Cx} = E_{Cy} = E_C \text{ sen } 45° = 12\,728 \text{ N/C}$$

Así, dado que el campo es saliente:

$$\vec{E}_C = 12\,728\vec{i} + 12\,728\vec{j} \text{ N/C}$$

En el punto D (2, 4), tenemos que:

$$r_D^2 = x^2 + y^2 = 20$$

Por tanto:

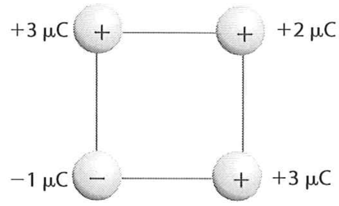
$$E_D = k\frac{Q}{r_D^2} = 1\,800 \text{ N/C}$$

El vector $\vec{E}_D$ forma un ángulo de 63,43° con el eje X (según puede comprobarse al ser tg $\alpha = 4/2 = 2$).

Por tanto:

$$\vec{E}_D = E_D \cos\alpha\,\vec{i} + E_D \text{ sen } \alpha\,\vec{j} \text{ N/C} = 805\vec{i} + 1\,610\vec{j} \text{ N/C}$$

10 **PAU** **Cuatro cargas puntuales están situadas en los vértices de un cuadrado de 0,5 m de lado, como se ve en la figura. ¿Cuál es la fuerza que actúa sobre la carga negativa? ¿Cuánto vale el campo eléctrico en la posición que ocupa la carga negativa?**



Las magnitudes de las fuerzas que ejercen las cargas de +3 μC sobre la carga negativa son iguales a:

$$F_1 = F_3 = k\frac{QQ'}{r^2} = 0{,}108 \text{ N}$$

Vectorialmente:

$$\vec{F}_1 = 0{,}108\vec{i} \text{ N}$$

$$\vec{F}_3 = 0{,}108\vec{j} \text{ N}$$

En cuanto a la magnitud de la fuerza que ejerce la carga de +2 μC sobre la carga negativa, vale:

$$F_2 = k\frac{QQ'}{r_2^2} = 0{,}036 \text{ N}$$

donde:

$$r_2^2 = 0{,}5^2 + 0{,}5^2 = 0{,}5$$

Por otra parte, dicha fuerza se dirige hacia la carga positiva y forma 45° con los ejes, por lo que, vectorialmente:

$$\vec{F}_2 = 0{,}025\vec{i} + 0{,}025\vec{j} \text{ N}$$

De este modo, la fuerza total que actúa sobre la carga negativa es:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0{,}133\vec{i} + 0{,}133\vec{j} \text{ N}$$

y su módulo vale:

$$F = 0{,}188 \text{ N}$$

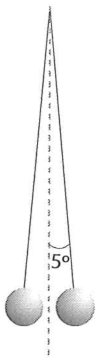
En cuanto al campo eléctrico en la posición que ocupa la carga negativa, será:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} = \frac{(0{,}133\vec{i} + 0{,}133\vec{j}) \text{ N}}{(-10^{-6}) \text{ C}} = -133\,000\vec{i} - 133\,000\vec{j} \text{ N/C}$$

Su valor es:

$$E = 188\,090 \text{ N/C}$$

D11 **Dos pequeñas esferas de idéntica carga y 15 g de masa cada una se encuentran suspendidas en equilibrio como se muestra en la figura. Si la longitud de cada hilo es de 20 cm y el ángulo que forman con la vertical es de 5°, calcula la carga de las esferas.**



En el equilibrio se cumplen las siguientes igualdades de módulos:

$$T \cos 5° = mg$$

$$T \text{ sen } 5° = F_e$$

Resolviendo con los datos del enunciado, obtenemos:

$$F_e = 0{,}012\,86 \text{ N}$$

Dado que:

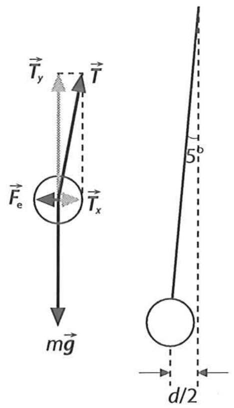
$$F_e = k\frac{Q^2}{d^2}$$

y que, como puede verse en la figura:

$$d = 2 \cdot 0{,}2 \cdot \text{sen } 5°$$

se obtiene:

$$Q = 4{,}1 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$



Concepto de potencial y movimiento de partículas cargadas

12 **¿En qué sentido se desplazan las cargas negativas en un campo eléctrico: de mayor a menor potencial, o al revés?**

De menor a mayor potencial (véase el epígrafe 3.5).

13 **El potencial eléctrico en un cierto punto del espacio es cero. ¿Podemos asegurar que no existen cargas en sus inmediaciones?**

No, podría ocurrir que existieran cargas de distinto signo, de modo que el potencial total creado por ellas en ese punto fuese cero.

14 **¿Qué trayectoria seguirá un electrón que entra perpendicularmente en un campo eléctrico dirigido verticalmente hacia arriba? ¿Y un protón?**

Actuará sobre el electrón una fuerza verticalmente dirigida hacia abajo, que curvará su trayectoria obligándole a describir una semiparábola como las estudiadas en el lanzamiento horizontal.

Lo mismo le ocurrirá al protón, pero en sentido opuesto.

D15 **¿Cómo emplearías un campo eléctrico para separar iones atómicos de la misma carga, pero de distinta masa?**

Haciéndolos entrar perpendicularmente al campo. Si la carga es idéntica, actuará sobre ellos la misma fuerza. Sin embargo, la aceleración que esa fuerza comunica a los iones es inversamente proporcional a la masa.

De ese modo, a mayor masa, menor será la curvatura de la trayectoria y, por el contrario, cuanto menor sea la masa, más curvada será la trayectoria.

16 **Una carga negativa se mueve en la dirección y el sentido de un campo eléctrico uniforme. ¿Aumenta o disminuye la energía potencial del sistema? ¿Y el potencial eléctrico? ¿Cambiaría tu respuesta si la partícula fuese un protón?**

La energía potencial del sistema aumenta, pues, para lograr ese movimiento del electrón, es preciso realizar un trabajo externo sobre él, lo que implica un aumento de la energía potencial. Por su parte, el potencial eléctrico disminuye con la distancia.

En el caso de un protón, la respuesta a la primera parte sería la opuesta, es decir, disminuye la energía potencial.

17 **El potencial eléctrico en cierta región del espacio es constante. ¿Y el campo eléctrico en dicha región?**

El campo eléctrico sería cero, pues si no hay diferencias de potencial entre distintos puntos, no hay campo eléctrico.

18 **¿Por qué no se electrocutan los pájaros que se posan sobre los cables de alta tensión?**

Solo podrían electrocutarse si estuvieran en contacto con dos cables entre los que hubiera una diferencia de potencial. Pero tal diferencia de potencial no existe al posarse sobre un único cable.

19 **PAU** **Determina el campo eléctrico en el punto medio del segmento que une dos cargas de –5 μC y +12 μC, respectivamente, situadas a 1,5 m una de la otra. Calcula también el potencial en dicho punto.**

Tomamos como origen del sistema de referencia el punto medio, que dista 0,75 m de cada carga. Por tanto, si la carga negativa se sitúa a la izquierda (semieje X^-) y la positiva a la derecha (semieje X^+), entonces:

$$\vec{E}_- = -k\frac{Q}{r^2}\vec{i} = -80\,000\vec{i} \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_+ = -k\frac{Q'}{r^2}\vec{i} = -192\,000\vec{i} \text{ N/C}$$

Por tanto:

$$\vec{E} = -272\,000\vec{i} \text{ N/C}$$

El signo negativo indica que el campo eléctrico total está dirigido hacia la carga negativa.

El valor del potencial será:

$$V = V_- + V_+ = k\frac{(-5 \cdot 10^{-6} \text{ C})}{r} + k\frac{12 \cdot 10^{-6}\text{C}}{r}$$

Sustituyendo los datos:

$$V = -60\,000 \text{ V} + 144\,000 \text{ V} = 84\,000 \text{ V}$$

20 **PAU** **Una carga de 2 μC está situada en el origen, mientras que otra de 10 μC se encuentra en el punto (0, 2) m. ¿En qué punto tendrá el campo eléctrico un valor cero? ¿Cuánto vale el potencial en ese punto?**

El campo será cero en el punto intermedio en el que los valores del campo creado por cada una de las cargas en dicho punto sean iguales. Su sentido es contrario, ya que ambas cargas son positivas y, en consecuencia, los vectores son salientes respecto de cada carga.

Así, si llamamos y a la distancia entre la carga situada en el origen y el punto, la segunda carga se encontrará a una distancia $2 - y$, por lo que:

$$k\frac{Q}{y^2} = k\frac{Q'}{(2-y)^2}$$

Resolviendo, obtenemos:

$$y = 0{,}618 \text{ m}$$

Por tanto, el punto en el que el campo es nulo es:

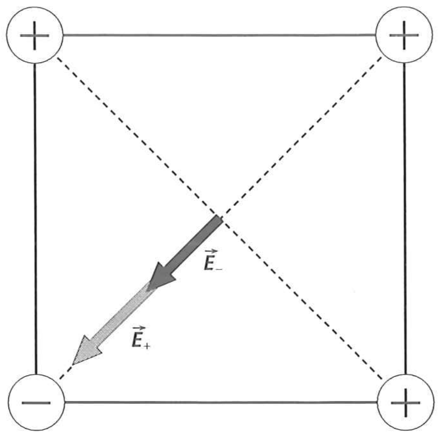
$$\text{P } (0, 0{,}618) \text{ m}$$

El valor del potencial en dicho punto es:

$$V = V_1 + V_2 = k\frac{Q}{y} + k\frac{Q'}{2-y} = 94\,249 \text{ V}$$

21 **Calcula el campo eléctrico y el potencial en el centro del cuadrado de la disposición de cargas del problema 10.**

Los campos creados por las cargas de $+3\ \mu C$ se anulan mutuamente, por lo que el campo total será la suma de los campos creados en ese punto por las cargas de $-1\ \mu C$ y $+2\ \mu C$, que en ambos casos están dirigidos hacia la carga negativa.



$$E_+ = k\frac{Q}{r^2} = 9 \cdot 10^9\ N\ m^2/C^2 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6}\ C}{0{,}125\ m^2} = 144\,000\ N/C$$

$$E_- = k\frac{Q'}{r^2} = 9 \cdot 10^9\ N\ m^2/C^2 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6}\ C}{0{,}125\ m^2} = 72\,000\ N/C$$

Por lo que:

$$E = 216\,000\ N/C$$

Dado que es un vector dirigido hacia la carga negativa a lo largo de una diagonal (formando, pues, 45°), escribiremos vectorialmente:

$$\vec{E} = -152\,735\vec{i} - 152\,735\vec{j}\ N/C$$

El potencial en el punto central será:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V = 9 \cdot 10^9\ N\ m^2/C^2 \cdot \frac{(3+2+3-1) \cdot 10^{-6}\ C}{0{,}35\ m}$$

$$V = 180\,000\ V$$

22 **PAU** **En una región con un campo eléctrico uniforme de $15\,000\vec{i}$ N/C entra un electrón a $2 \cdot 10^6\vec{i}$ m/s. Calcula:**

a) **La aceleración que adquiere el electrón.**

b) **El tiempo que tarda en llegar al reposo desde que entró en el campo.**

c) **La distancia que recorre en el seno del campo hasta quedar en reposo.**

a) El electrón se verá sometido a una fuerza:

$$\vec{F} = -eE\vec{i}\ N$$

Por tanto:

$$-eE = ma$$

Con lo que:

$$a = -eE/m = -2{,}6 \cdot 10^{15}\ m/s^2$$

Es decir:

$$\vec{a} = -2{,}6 \cdot 10^{15}\vec{i}\ m/s^2$$

b) Puesto que $v = v_0 - at$, entonces $0 = v_0 - at$, de donde se obtiene:

$$t = 7{,}58 \cdot 10^{-10}\ s$$

c) La distancia que recorre hasta quedar en reposo la determinamos a partir de $v^2 = v_0^2 - 2\ ax$ haciendo $v = 0$, por lo que:

$$x = \frac{v_0^2}{2a} = 7{,}58 \cdot 10^{-4} m$$

23 **¿Qué diferencia de potencial necesitaríamos para acelerar un protón desde el reposo hasta una velocidad igual al 40% de la de la luz?**

La velocidad que alcanza el protón es 0,4 *c*, por lo que:

$$1/2\ m\ (0{,}4\ c)^2 = Q\,\Delta V \Rightarrow \Delta V = 7{,}5 \cdot 10^7\ V$$

Para ello, consideramos que la masa del protón es $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg.

24 **Moviéndose en la dirección *X*, un electrón tiene una velocidad de $4 \cdot 10^6$ m/s en el punto (0, 0), mientras que su velocidad es de $2 \cdot 10^5$ m/s en el punto (6, 0). Calcula la diferencia de potencial entre el punto (0, 0) y el punto (6, 0). ¿Cuál de ellos tiene un potencial mayor?**

Al pasar del punto (0, 0) al punto (6, 0), se cumple que:

$$1/2\ m\ (v^2 - v_0^2) = -e\ (V_1 - V_2)$$

Resolviendo, obtenemos:

$$V_1 - V_2 = 45{,}38\ V$$

Como puede verse, es mayor el potencial en el punto (0, 0), pues los electrones se deceleran al pasar de puntos de mayor a menor potencial.

Concepto de capacidad y condensadores

25 **¿Cómo puede aumentarse la capacidad de un condensador?**

Aumentando la carga o disminuyendo la diferencia de potencial (se intercala para ello un dieléctrico o se reduce la separación entre las placas).

26 **¿Qué le ocurre a la capacidad de un condensador de placas planas y paralelas si *a)* disminuimos a la mitad la separación entre las placas, *b)* aumentamos al doble la diferencia de potencial entre las placas, *c)* duplicamos la carga?**

Partimos de la base de que la capacidad de un condensador viene definida como:

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2}$$

donde, además, si el condensador es de placas planas y paralelas, $V_1 - V_2 = Ed$, expresión en la que *d* es la distancia entre placas.

Por tanto: *a)* Si *d* se reduce a la mitad, se reduce a la mitad la diferencia de potencial (pues *E* es uniforme), por lo que la capacidad se duplica. *b)* Al duplicar la diferencia de potencial, la capacidad se reduce a la mitad. *c)* Al duplicar la carga, se duplica la capacidad.

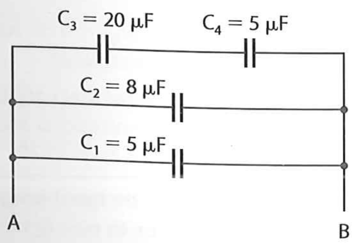
27 **¿Qué crees que puede ocurrirle a la capacidad de un condensador con dieléctrico si aumentamos la temperatura?**

Al aumentar la temperatura, favorecemos el movimiento térmico molecular y, con él, la desorientación de los dipolos formados. De ese modo, al desaparecer el efecto del dieléctrico, aumenta la diferencia de potencial y disminuye la capacidad del condensador.

28 **Si la diferencia de potencial entre A y B en el dispositivo de condensadores de la figura es de 40 V, determina:**

a) **La capacidad equivalente total del circuito.**

b) **La carga acumulada en cada condensador.**



a) $\frac{1}{C_3}+\frac{1}{C_4}=\frac{1}{C_{20+5}}$; $C_{20+5}=4\ \mu\text{F}$

$$C_{20+5}+C_2+C_1=C_T=17\ \mu\text{F}$$

b) En primer lugar, téngase en cuenta que C_3 y C_4 tendrán la misma carga por estar conectados en serie.

Además, dada la disposición de los bornes, todos los condensadores estarán sometidos a la misma diferencia de potencia de 40 V, de lo que se deduce que:

$$Q_1=VC_1=200\ \mu\text{C}$$
$$Q_2=VC_2=320\ \mu\text{C}$$
$$Q_3=Q_4=VC_{20+5}=160\ \mu\text{C}$$

29 **Dos condensadores se conectan en paralelo, mientras que otros dos idénticos se conectan en serie. ¿Qué combinación resultaría más peligrosa de manejar si se conectan a una fuente que da un mismo voltaje en ambos casos?**

Parece razonable pensar que la peligrosidad se mide en la carga, en culombios, de los condensadores, y esta es función de sus capacidades (idénticas), la diferencia de potencial entre los bornes (también la misma) y su disposición (serie o paralelo).

Recordemos, además, que $Q=CV$.

Con los datos que nos dan, los condensadores en paralelo suman una capacidad mayor y, por lo tanto, una carga mayor. En consecuencia, esta combinación será la más peligrosa.

30 **La separación entre las placas planas de un condensador de láminas paralelas es de 0,5 cm. Las láminas están cargadas con 150 μC, y la diferencia de potencial entre ellas es de 125 V.**

***a)* ¿Cuál es la capacidad del condensador?**

***b)* ¿Cuánto vale el campo en el interior del condensador?**

***c)* ¿De qué manera podría aumentarse la capacidad del condensador?**

a) La capacidad del condensador es:

$$C=\frac{Q}{\Delta V}=1{,}2\cdot 10^{-6}\ \text{F}=1{,}2\ \mu\text{F}$$

b) El campo en el interior viene dado por:

$$E=\frac{\Delta V}{d}=25\,000\ \text{N/C}$$

c) Intercalando, por ejemplo, un dieléctrico entre las placas.

Corriente eléctrica y concepto de resistencia: circuitos sencillos

31 **¿Es lo mismo la fuerza electromotriz que la diferencia de potencial entre los bornes de un generador?**

No; la diferencia de potencial se obtiene restando a la fuerza electromotriz la caída óhmica propia del generador, debida a la resistencia interna del mismo.

32 **¿En qué consiste el efecto Joule? ¿De qué factores depende?**

En la disipación de energía que se produce a través de una resistencia.

Depende de la intensidad de corriente, de la resistencia y del tiempo.

33 **¿Cómo podríamos saber si un conjunto de luces navideñas están conectadas en serie o en paralelo?**

Si al retirar una de ellas se apaga todo el conjunto, es que están conectadas en serie; por el contrario, si las demás siguen luciendo, es que están conectadas en paralelo.

34 **Un alambre de Cu y otro de Al de igual longitud tienen la misma resistencia; ¿cuál de ellos es más grueso?**

Las resistividades para el cobre y el aluminio son $1{,}7\cdot 10^{-8}\ \Omega$ m y $2{,}8\cdot 10^{-8}\ \Omega$ m, respectivamente. Dado que la resistencia viene dada por $R=\rho\ l/S$, si la resistencia y la longitud son iguales, tendrá mayor sección el de mayor resistividad, es decir, será más grueso el de aluminio.

35 **¿Puede un generador producir un voltaje mayor que su fuerza electromotriz?**

No. El voltaje real de un generador equivale a la fuerza electromotriz disminuida por la caída óhmica propia del generador.

36 **¿Qué puede ocurrir si se impide el giro de un motor, bloqueándolo?**

Aumentaría la intensidad que circula por el resto del circuito, con lo que se incrementaría el calor disipado por el efecto Joule, con el consiguiente peligro de que el circuito acabe quemándose.

37 **¿Cómo puedes disponer varias resistencias de 8 Ω para que circule una intensidad de 1,25 A al establecer una diferencia de potencial de 100 V?**

La resistencia total será:

$$R=\frac{V}{I}=\frac{100\ \text{V}}{1{,}25\ \text{A}}=80\ \Omega$$

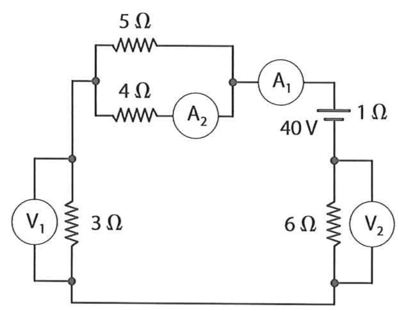
Por tanto, debemos disponer diez resistencias en serie.

38 **¿Qué resistencia debe conectarse en serie a un generador de 24 V y 1 Ω para que circule una corriente de 1,5 A?**

La resistencia total del circuito es $R+r=\varepsilon/I=16\ \Omega$.

Como $r=1\ \Omega$, entonces $R=15\ \Omega$.

D 39 **¿Qué indicarán los amperímetros y los voltímetros intercalados en el circuito de la figura?**



La resistencia equivalente a las de 5 Ω y 4 Ω vale:

$$\frac{1}{R_1}=\frac{1}{4}+\frac{1}{5}\Rightarrow R_1=2{,}22\ \Omega$$

De este modo, la resistencia externa total del circuito es:

$$R=2{,}22+3+6=11{,}22\ \Omega$$

Así pues, la intensidad que circula por el circuito será:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=3{,}27\ \text{A}$$

Por tanto, la diferencia de potencial entre los extremos de las resistencias es:

- Entre los extremos de las resistencias en paralelo:

$$V_0=IR_1=7{,}26\ \text{V}$$

- Entre los extremos de la resistencia de 3 Ω:

$$V_1=IR=3{,}27\ \text{A}\cdot 3\ \Omega=9{,}81\ \text{V}$$

- Entre los extremos de la resistencia de 6 Ω:

$$V_2=IR'=3{,}27\ \text{A}\cdot 6\ \Omega=19{,}62\ \text{V}$$

El amperímetro A_1 marcará la corriente que circula por el circuito (3,27 A), mientras que el amperímetro A_2 marcará la intensidad que circula por la resistencia de 4 Ω, que es:

$$I'=V_0/4=1{,}8\ \text{A}$$

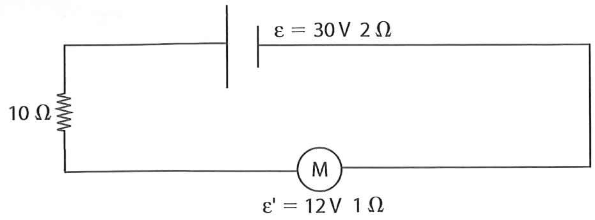
40 **En el circuito de la figura, un motor de $\varepsilon' = 12$ V y de 1 Ω es alimentado por una batería de 30 V y 2 Ω. Si las resistencias externas son equivalentes a 10 Ω, calcula:**

a) **La intensidad que circula por el circuito.**

b) **El voltaje entre los bornes del generador.**

c) **La potencia del motor.**

d) **La energía disipada en cada dispositivo del circuito si está funcionando durante 20 min.**



a) $I = \dfrac{\varepsilon - \varepsilon'}{R + r + r'} = \dfrac{18\text{ V}}{13\ \Omega} = 1{,}38$ A

b) $V_{ab} = \varepsilon - Ir = 30\text{ V} - 1{,}38\text{ A} \cdot 2\ \Omega = 27{,}24$ V

c) $P = \varepsilon' I = 16{,}56$ W

d) Energía disipada en el generador:

$$W = I^2 rt = 4\,570{,}56\text{ J}$$

Energía disipada en la resistencia:

$$W = I^2 Rt = 22\,852{,}8\text{ J}$$

Energía disipada en el motor:

$$W = I^2 r' t = 2\,285{,}28\text{ J}$$