UNIDAD 15: ELECTROSTÁTICA Y CORRIENTE ELÉCTRICA

CUESTIONES INICIALES-ACTIVIDADES PÁG. 335

1. ¿Por qué razón unos trocitos de papel se adhieren a un bolígrafo previamente frotado en la manga de un jersey?

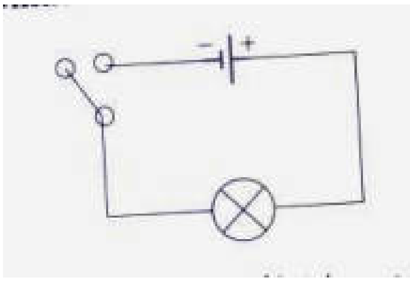
Si se frota el plástico con un paño de lana, se arrancan electrones de la lana que pasan a la barra de plástico. En el proceso, el plástico se carga negativamente, a la vez que la lana lo hace positivamente.

Al acercar el bolígrafo cargado a los pedacitos de papel hay una redistribución de las cargas dentro del material. El efecto es como si hubiera una separación de cargas, de modo que las cargas de distinto signo quedan enfrentadas y por ello ambos objetos se atraen inicialmente.

2. ¿Por qué los metales son buenos conductores de la corriente eléctrica?

En un metal los electrones de las capas más externas de los átomos tienen libertad de movimiento dentro de la red metálica y cualquier carga eléctrica se redistribuye por toda la superficie del objeto. Debido a esta movilidad de los electrones, los metales son sustancias conductoras y no se electrizan por frotamiento.

3. Representa un circuito eléctrico formado por una pila, una bombilla y un interruptor. ¿Se gasta la corriente eléctrica al encender la bombilla?



Ni la corriente, ni la energía eléctrica se gastan. En la bombilla se transforma la energía eléctrica en otro tipo de energía.

ACTIVIDADES PROPUESTAS-PÁG. 336

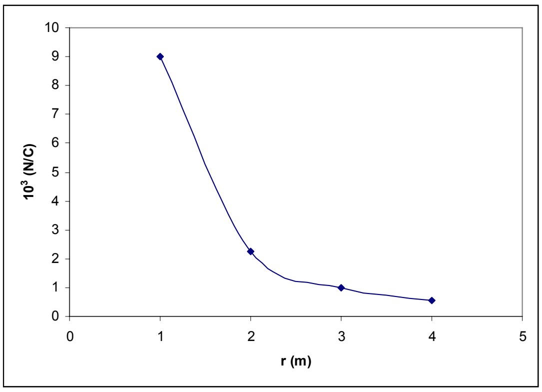
1. Calcula la cantidad de electrones que tiene que ganar o perder un objeto para adquirir una carga eléctrica de + 1 C.

Para que un objeto adquiera carga eléctrica positiva tiene que perder electrones.

$$\text{electrones} = 1\,\text{C}\,\frac{1\,\text{electrón}}{1{,}6\cdot 10^{-19}\,\text{C}} = 6{,}25\cdot 10^{18}\ \text{electrones}$$

ACTIVIDADES PROPUESTAS-PÁG. 339

2. Calcula el módulo del campo eléctrico a una distancia de 1 m, 2 m, 3 m y 4 m de una carga eléctrica de 1 μC situada en el vacío. Representa gráficamente el módulo del campo eléctrico en función de la distancia.



El módulo del campo eléctrico a las distancias pedidas es:

$$E = K\frac{|Q|}{r^2} = 9\cdot 10^9 \frac{N\,m^2}{C^2}\frac{1\cdot 10^{-6}\,C}{(r\,m)^2}$$

Al sustituir r por sus correspondientes valores, se obtiene la tabla:

r (m)	1	2	3	4
E (N/C)	$9 \cdot 10^3$	$2{,}25 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$0{,}56 \cdot 10^3$

ACTIVIDADES PROPUESTAS-PÁG. 346

3. Calcula el número de electrones que tienen que atravesar un conductor eléctrico para que la intensidad de la corriente eléctrica sea de un amperio.

La intensidad de la corriente es de 1 A cuando pasa a través de un conductor una carga eléctrica de 1 C cada segundo.

Hay que calcular los electrones que transportan la carga de 1 culombio.

$$\text{número de electrones} = 1C\cdot\frac{1\,\text{electrón}}{1{,}6\cdot 10^{-19}\,C} = 6{,}25\cdot 10^{18}\ \text{electrones}$$

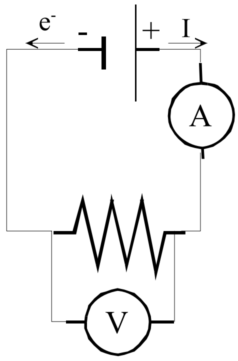
ACTIVIDADES PROPUESTAS-PÁG. 347

4. Para comprobar la ley de Ohm se construye un circuito con un generador y un conductor eléctricos. Al aplicar diversas diferencias de potencial a los extremos del conductor, se obtienen distintos valores de la intensidad de la corriente eléctrica. Las medidas realizadas se recogen en la tabla adjunta.

ΔV (V)	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5
I (mA)	3	6	9	12	15

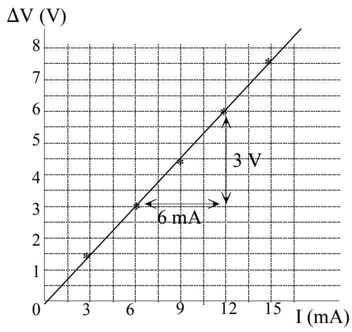
Dibuja el circuito y coloca adecuadamente los aparatos de medida. Indica el sentido convencional de la intensidad de la corriente eléctrica y el sentido real de los electrones. Representa gráficamente la tabla de valores. Determina la relación entre las variables e indica el significado de la constante obtenida.

a) La intensidad de la corriente eléctrica se mide con un amperímetro que se conecta en serie y la diferencia de potencial entre los extremos de un conductor se mide con un voltímetro, que se conecta en paralelo.
Según el sentido convencional, la intensidad de la corriente eléctrica va por el circuito desde el terminal positivo del generador al terminal negativo.



Los electrones se mueven por el circuito al revés desde el terminal negativo del generador al terminal positivo.

b) Aunque la variable independiente, en este caso la diferencia de potencial, debe representarse en el eje de las abscisas, es costumbre que la magnitud *ΔV* se coloque en el eje de ordenadas.



c) La representación gráfica es una línea recta que pasa por el origen de coordenadas. Para determinar la relación entre las variables basta con calcular la pendiente de la gráfica.

$$\text{pendiente} = \frac{\Delta V_2 - \Delta V_1}{I_2 - I_1} = \frac{3\ \text{V}}{6 \cdot 10^{-3}\ \text{A}} = 500\,\Omega$$

Esta pendiente es igual al valor de la resistencia eléctrica del conductor, R, y representa la oposición que ofrece el conductor al paso de la corriente eléctrica.

ACTIVIDADES FINALES-PÁG. 354

1. Determina el número de electrones que tiene en exceso una esfera cuya carga es - 2 μC.

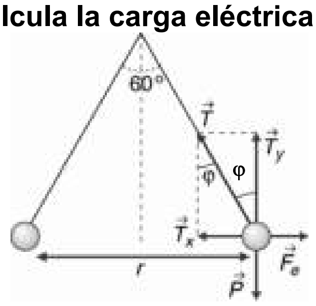
Para que un objeto adquiera carga eléctrica negativa tiene que ganar electrones y en una cantidad de:

$$\text{número de electrones} = 2 \cdot 10^{-6}\ \text{C}\ \frac{1\text{electrón}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C}} = 1{,}25 \cdot 10^{13}\ \text{electrones}$$

2. ¿Puede tener un objeto una carga eléctrica de 2,5 electrones?

La carga eléctrica que adquiere un objeto tiene que ser un múltiplo de la carga del electrón, luego un objeto no puede tener una carga eléctrica de 2,5 electrones.

3. Dos esferas de 0,2 g de masa cada una cuelgan del mismo punto mediante un hilo de 50 cm de longitud. Al electrizarlas con la misma carga eléctrica se separan un ángulo de 60º. Calcula la carga eléctrica de cada esfera.



Sobre cada una de las esferas actúan sus pesos, la tensión del hilo y la fuerza eléctrica. En estas condiciones ambos objetos están en equilibrio.

Se elige para cada una de las bolitas un sistema de referencia con el origen centrado en ellas, el eje X la horizontal y el eje Y la vertical.

$$\left.\begin{array}{l}\Sigma\vec{F}_x = 0; \vec{T}_x + \vec{F}_{eléctrica} = 0; T\cdot \text{sen}\,\varphi = \dfrac{K\cdot|q_1|\cdot|q_2|}{r^2}\\ \Sigma\vec{F}_y = 0; \vec{T}_y + \vec{P} = 0; T\cdot\cos\varphi = m\cdot g\end{array}\right\}$$

Dividiendo: $\text{tag}\,\varphi = \dfrac{K\cdot|q|^2}{m\cdot g\cdot r^2} \Rightarrow |q| = \sqrt{\dfrac{m\cdot g\cdot r^2\cdot \text{tag}\,\varphi}{K}}$

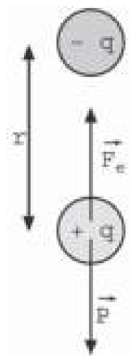
El ángulo entre los hilos es de 60º, lo que significa que las bolitas y el punto del que cuelgan forman un triángulo equilátero.

La distancia entre las esferas es igual a la longitud de cada hilo: r = 50 cm y el ángulo que separa cada hilo de la vertical es φ = 30º.

Sustituyendo: $|q| = \sqrt{\dfrac{0{,}2\cdot 10^{-3}\,kg\cdot 9{,}8\,m/s^2\cdot(0{,}5\,m)^2\cdot \text{tag}\,30º}{9\cdot 10^9\,N\cdot m^2/C^2}} = 1{,}8\cdot 10^{-7}\,C$

El signo de la carga eléctrica no se puede conocer.

4. Un objeto tiene una masa de 0,1 kg y una carga de 10^{-6} C. ¿Dónde se colocará otro objeto que tiene una carga eléctrica de - 10 µC para que el primero no se caiga?



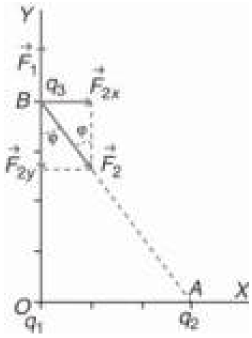
Para que el objeto de 0,1 kg de masa esté en equilibrio debe actuar sobre él una fuerza de módulo igual a su peso y de sentido hacia arriba. Por tanto, como el otro objeto tiene carga negativa, este hay que colocarlo en la vertical del primero y por encima.

Se elige un sistema de referencia con el origen centrado en el objeto de masa igual a 0,1 kg y el eje Y la vertical. Aplicando la condición de equilibrio, se tiene:

$$\Sigma\vec{F}_y = 0;\ \vec{F}_{eléctrica} + \vec{P} = 0;\ F_{eléctrica} = P \Rightarrow \frac{K\cdot|q_1|\cdot|q_2|}{r^2} = m\cdot g$$

Despejando: $r = \sqrt{\dfrac{K\cdot|q_1|\cdot|q_2|}{m\cdot g}} = \sqrt{9\cdot 10^9\,\dfrac{N}{m^2\cdot C^2}\,\dfrac{10^{-6}\,C\cdot 10\cdot 10^{-6}\,C}{0{,}1kg\cdot 9{,}8\,m/s^2}} = 0{,}3\,m$

5. En el origen de coordenadas está situada una carga q_1 = +10 μC y en el punto A (3 m, 0 m) otra carga q_2 = - 20 μC. Calcula la fuerza que actúa sobre la carga q_3 = + 5 μC, situada en el punto B (0 m, 4 m).



Aplicando la ley de Coulomb se calculan los módulos de las fuerzas que actúan sobre la carga q_3.
El módulo de la fuerza con que actúa la carga q_1 es:

$$F_1 = K\frac{|q_1|\cdot|q_3|}{r_1^2} = 9\cdot 10^9\,\frac{N\,m^2}{C^2}\,\frac{10\cdot 10^{-6}\,C\cdot 5\cdot 10^{-6}\,C}{(4\,m)^2} = 0{,}028\,N$$

Su expresión vectorial es: $\vec{F}_1 = 0{,}028\cdot\vec{j}\,N$

El módulo de la fuerza con que actúa la carga q_2 es:

$$F_2 = K\frac{|q_2|\cdot|q_3|}{r_2^2} = 9\cdot 10^9\,\frac{N\,m^2}{C^2}\,\frac{20\cdot 10^{-6}\,C\cdot 5\cdot 10^{-6}\,C}{\left(\sqrt{(3\,m)^2+(4\,m)^2}\right)^2} = 0{,}036\,N$$

Del diagrama de fuerzas se deducen sus componentes cartesianas:

$F_{2x} = F_2 \cdot \text{sen}\varphi$ = 0,036 N · 3/5 = 0,0216 N ⇒ $\vec{F}_{2x} = 0{,}0216\cdot\vec{i}\,N$

$F_{2y} = F_2 \cdot \cos\varphi$ = 0,036 N · 4/5 = 0,0288 N ⇒ $\vec{F}_{2y} = 0{,}0288\cdot(-\vec{j})\,N$

Por el principio de superposición, la fuerza total que actúa sobre la carga q_3 es igual a la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre ella. Las componentes de la fuerza total son:

$$\vec{F}_x = \vec{F}_{2x} = 0{,}0216\cdot\vec{i}\,N$$

$$\vec{F}_y = \vec{F}_1 + \vec{F}_{2x} = 0{,}028\cdot\vec{j}\,N + 0{,}0288\cdot(-\vec{j})\,N = -8\cdot 10^{-4}\cdot\vec{j}\,N$$

Su expresión vectorial es: $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y = \left[0{,}0216\cdot\vec{i} - 8\cdot 10^{-4}\cdot\vec{j}\,\right]N$

Y su módulo es: $F = |\vec{F}| = \sqrt{(0{,}0216\,N)^2 + (8\cdot 10^{-4}\,N)^2} = 0{,}0216\,N$

6. Calcula el módulo, dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre un electrón colocado en un campo eléctrico de intensidad $\vec{E} = 10^4\cdot\vec{j}\,N/C$

Aplicando la definición de campo eléctrico, el vector fuerza eléctrica que actúa sobre el electrón es:

$$\vec{F} = q\cdot\vec{E} = -1{,}6\cdot 10^{-19}\,C\cdot 10^4\,\vec{j}\,N/C = -1{,}6\cdot 10^{-15}\,\vec{j}\,N$$

7. Justifica que dentro de un campo eléctrico, los electrones se mueven de forma espontánea hacia los puntos de mayor potencial eléctrico y que los protones lo hacen hacia los puntos de menor potencial eléctrico.

Aplicando la ley de la energía potencial, el trabajo que realiza la fuerza electrostática al trasladar una carga entre dos puntos es igual a la variación de la energía potencial cambiada de signo.

Al trasladar una carga positiva desde un punto A hasta otro B se tiene:
$W_{F electrostática\ A \to B} = - \Delta E_p = - q \cdot \Delta V = - q (V_B - V_A) > 0$ si $q > 0$ y $V_B < V_A$
Por lo que las cargas positivas se trasladan de forma espontánea hacia potenciales decrecientes:

Mientras que las negativas lo hacen hacia potenciales crecientes.
$W_{F electrostática\ A \to B} = - q \cdot \Delta V = - q (V_B - V_A) > 0$ si $q < 0$ y $V_B > V_A$

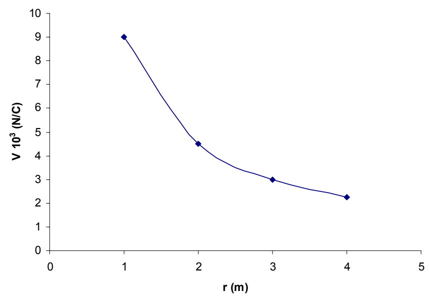
8. Calcula potencial eléctrico a una distancia de 1 m, 2 m, 3 m y 4 m de una carga de 1 μC situada en el vacío. Representa gráficamente el potencial eléctrico en función de la distancia.

b) El potencial eléctrico a las distancias pedidas es:

$$V = K \frac{q}{r} = 9 \cdot 10^9 \frac{N m^2}{C^2} \frac{1 \cdot 10^{-6} C}{r m}$$

Al sustituir r por sus correspondientes valores, se obtiene la tabla:

r (m)	1	2	3	4
V (V)	$9 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$2,25 \cdot 10^3$



9. Si el campo eléctrico en un punto es igual a cero, ¿significa que no hay cargas eléctricas en sus proximidades? ¿Será también igual a cero el potencial eléctrico en ese punto?

Si el campo eléctrico en un punto es igual a cero significa que la suma vectorial de todos los campos eléctricos generados por todas las cargas eléctricas en ese punto es igual a cero. Si el campo eléctrico en un punto es igual a cero, el potencial eléctrico no es igual a cero.

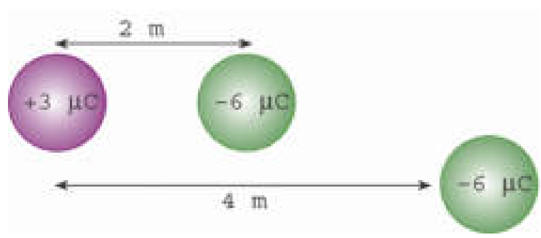
10. Dos cargas q_1 = 3 μC y q_2 = - 6 μC están situadas en el vacío a una distancia de 2 m. Calcula la variación de la energía potencial eléctrica y el trabajo realizado para separarlas hasta una distancia de 4 m. Interpreta el signo del resultado obtenido.

La energía potencial asociada a la situación inicial y final de las cargas eléctricas es:

$$E_{p,inicial} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{inicial}} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \frac{3 \cdot 10^{-6} C \cdot (-6 \cdot 10^{-6} C)}{2 m} = - 0,081 \text{ J}$$

$$E_{p,final} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{final}} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \frac{3 \cdot 10^{-6} C \cdot (-6 \cdot 10^{-6} C)}{4 m} = - 0,0405 \text{ J}$$

El trabajo realizado por la fuerza electrostática para separar las cargas es:
$W_{i \to f} = - \Delta E_p = - (E_{p,\ final} - E_{p,\ inicial})$
$= - (- 0,0405 - (- 0,081)) = - 0,0405$ J



Alejar dos cargas de distinto signo no es un proceso espontáneo, un agente externo tiene que realizar un trabajo, contra la fuerza electrostática, que se transforma en forma de energía potencial eléctrica. La energía potencial eléctrica de la distribución final es mayor que la energía potencial eléctrica de la distribución inicial.

11. En el origen de coordenadas está situada una carga eléctrica positiva +Q. Indica cómo se modifica la energía potencial eléctrica al acercar otra carga de signo positivo o si lo hace otra de signo negativo.

La energía potencial eléctrica almacenada por dos cargas eléctricas depende del signo de las cargas y de la distancia que las separa.

$$E_p = K\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

a) Dos cargas eléctricas del mismo signo se repelen. Para acercarlas un agente externo debe aplicar una fuerza que realiza un trabajo que se almacena en forma de energía potencial eléctrica, que aumenta al disminuir la distancia entre las cargas. Al dejar las cargas en libertad, la fuerza electrostática tiende a alejarlas y realiza un trabajo a expensas de disminuir la energía potencial eléctrica asociada a las cargas.

b) Dos cargas eléctricas de distinto signo se atraen entre sí. Para separarlas, un agente externo debe aplicar una fuerza de sentido contrario a la fuerza electrostática. Esa fuerza realiza un trabajo que se almacena en forma de energía potencial eléctrica, que aumenta al incrementarse la distancia entre las cargas. Al dejar las cargas en libertad, la fuerza electrostática tiende a acercarlas y realiza un trabajo a costa de disminuir la energía potencial de la asociación.

12. Un punto A está a un potencial eléctrico de 30 V y otro punto B está a un potencial eléctrico de 50 V. Calcula el trabajo que realiza la fuerza eléctrica para trasladar una carga eléctrica de + 3 μC desde A hasta B.

El trabajo que realiza la fuerza eléctrica al trasladar una carga entre dos puntos dentro de un campo eléctrico es:
$W_{A\to B} = - q \cdot \Delta V = - q\ (V_B – V_A) = - 3 \cdot 10^{-6}\ C \cdot (50\ V – 30\ V) = - 6 \cdot 10^{-6}\ J$

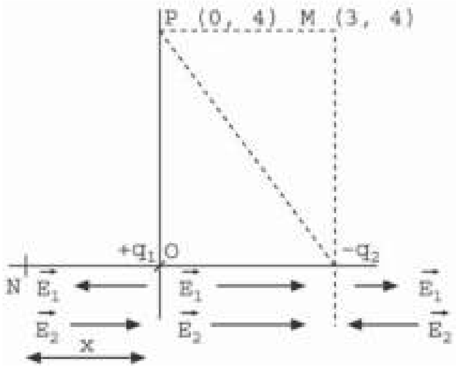
El proceso no es espontáneo, las cargas eléctricas positivas se mueven de forma espontánea hacia potenciales decrecientes.

13. La fuerza electrostática realiza un trabajo $W_{Felectrostática}$ = – 10 J al trasladar una carga eléctrica q = + 2 C desde un punto A hasta otro punto B. Si el punto A está a un potencial eléctrico de 20 V, calcula el potencial eléctrico del punto B.

El trabajo que realiza la fuerza eléctrica al trasladar una carga entre dos puntos dentro de un campo eléctrico es:
$W_{A\to B} = - q \cdot \Delta V = - q\ (V_B – V_A)$; $- 10\ J = - 2\ C \cdot (V_B – 20\ V) \Rightarrow V_B = 25\ V$

El proceso no es espontáneo, por lo que el punto B está a un potencial mayor que el punto A.

14. En el origen de un sistema de coordenadas ortogonales se coloca una carga puntual de q_1 = 1 μC. En el eje de las abscisas y a una distancia de 3 m del origen se coloca q_2 = -6 μC. Si el medio es el aire, calcula la posición del eje de las abscisas en la que se anula la intensidad del campo eléctrico. Determina el trabajo necesario para trasladar +2 μC desde el punto P (0,4) hasta el punto M (3,4).



a) Entre el origen de coordenadas y x = 3 m, los campos que crean las dos cargas tienen el mismo sentido. Para coordenadas x > 3 m el campo que crea la carga q_2 es siempre mayor que el que crea la carga q_1, estos puntos están más cerca de la carga q_2 que mayor en valor absoluto que la carga q_1,

El campo eléctrico se anula en algún punto situado en la parte negativa del eje de las abscisas, x < 0 m. Sea este punto N de coordenadas (- x, 0). En este punto los módulos de los campos creados por q_1 y q_2 son iguales y su signo es distinto.

$$E_1 = E_2; \frac{K \cdot |q_1|}{r_1^2} = \frac{K \cdot |q_2|}{r_2^2}$$

Sustituyendo y operando: $\frac{1 \cdot 10^{-6}\,C}{x^2} = \frac{6 \cdot 10^{-6}\,C}{(x+3\,m)^2}$; $\frac{1}{x} = \frac{2,45}{(x+3\,m)} \Rightarrow x = 2,07\,m$

Las coordenadas del punto pedido son: N (- 2,07, 0) m

b) Para calcular la energía transformada en el proceso de traslación de una carga hay que calcular el potencial eléctrico de los puntos P y M. El potencial eléctrico en un punto creado por varias cargas puntuales es igual a la suma de los potenciales eléctricos generados por cada una de las cargas.

$$V_P = V_1 + V_2 = \frac{K \cdot q_1}{r_1} + \frac{K \cdot q_2}{r_2} = 9 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2 \cdot C^2}\left[\frac{1 \cdot 10^{-6}\,C}{4\,m} + \frac{-6 \cdot 10^{-6}\,C}{\sqrt{(3\,m)^2 + (4\,m)^2}}\right] = -8,55 \cdot 10^3\,V$$

$$V_M = V_1 + V_2 = \frac{K \cdot q_1}{r_1} + \frac{K \cdot q_2}{r_2} = 9 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2 \cdot C^2}\left[\frac{1 \cdot 10^{-6}\,C}{\sqrt{(3\,m)^2 + (4\,m)^2}} + \frac{-6 \cdot 10^{-6}\,C}{4\,m}\right] = -11,7 \cdot 10^3\,V$$

c) Aplicando la ley de la energía potencial se tiene que el trabajo que realiza la fuerza electrostática es igual a la variación de la energía potencial eléctrica cambiada de signo.
$W_{P \to M} = -\Delta E_p = -q \cdot \Delta V = -q \cdot (V_M - V_P) = -2 \cdot 10^{-6}\,C \cdot [-11,7 \cdot 10^3\,V - (-8,55 \cdot 10^3\,V)] =$
$= 6,3 \cdot 10^{-3}\,J$

De signo positivo, la fuerza electrostática realiza un trabajo en el proceso a costa de disminuir la energía potencial de la distribución. Las cargas positivas se desplazan de forma espontánea desde los puntos de mayor potencial hasta los puntos de menor potencial

15. Por un conductor metálico pasa una corriente eléctrica de 3 mA. Determina la carga eléctrica y el número de electrones que atraviesan el conductor en medio minuto.

La carga que pasa por el circuito en el tiempo indicado es:
$q = I \cdot t = 3 \cdot 10^{-3}\ A \cdot 30\ s = 9 \cdot 10^{-2}\ C$

$$\text{electrones} = 9 \cdot 10^{-2}\ C \frac{1e^-}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C} = 5{,}6 \cdot 10^{17}\ \text{electrones}$$

16. Por un conductor pasan 3,75 · 10^{20} electrones cada minuto. Calcula la cantidad de carga transportada y la intensidad de la corriente eléctrica.

La cantidad de carga transportada es: $q = 3{,}75 \cdot 10^{20}\ e^- \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C/e^- = 60\ C$

Y la intensidad de la corriente eléctrica: $I = \frac{q}{t} = \frac{60\ C}{60\ s} = 1\ A$

17. Un trozo de hilo tiene una resistencia eléctrica R y se corta en tres trozos iguales, que se retuercen para formar un único hilo más grueso. ¿Cuál es la resistencia eléctrica del cable resultante?

La resistencia eléctrica de un hilo se calcula con la expresión: $R = \rho \cdot \frac{L}{S}$.

Al cortar el hilo y retorcer las tres partes para formar un cable único, su longitud se reduce a la tercera parte y el área de su sección se multiplica por tres.

$$R' = \rho \cdot \frac{L'}{S'} = \rho \cdot \frac{\frac{L}{3}}{3 \cdot S} = \rho \cdot \frac{L}{9 \cdot S} = \frac{R}{9}$$

La resistencia eléctrica del cable formado se divide por nueve.

18. Qué relación existe entre las resistencias eléctricas de dos hilos de cobre, en los que uno tiene el doble de longitud y el doble de diámetro que el otro.

Si el diámetro de la sección de un hilo es el doble que la del otro, su radio también lo es y el área de su sección es cuatro veces mayor.
$S = \pi \cdot r^2$
$S' = \pi \cdot r'^2 = \pi \cdot (2 \cdot r)^2 = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = 4 \cdot S$

Aplicando la relación entre la resistencia eléctrica de un hilo en función del área de su sección y de su longitud, resulta que la resistencia eléctrica se divide por dos. En efecto:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

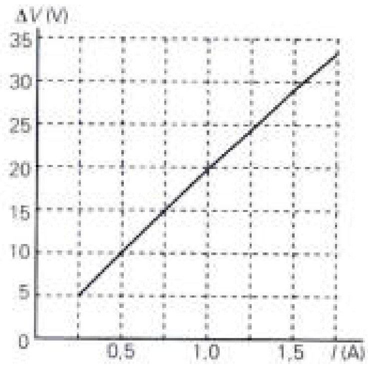
$$R' = \rho \cdot \frac{L'}{S'} = \rho \cdot \frac{2 \cdot L}{4 \cdot S} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \frac{L}{S} = \frac{R}{2}$$

ACTIVIDADES FINALES-PÁG. 355

19. En una experiencia sobre la medida de la resistencia de un conductor se obtienen los valores de intensidad de la corriente y de la diferencia de potencial que se indican en la tabla:

I (A)	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
ΔV (V)	5,0	10,0	15,0	20,0	24,8	29,5	34,1

Representa gráficamente ΔV frente a I. ¿Se puede decir que la resistividad del material no depende de la diferencia de potencial aplicada? ¿En qué intervalo de diferencia de potencial se puede considerar un comportamiento lineal del conductor? Calcula su resistencia en esa zona.



a) Si se aplica la ley de Ohm a cada pareja de valores se observa que la resistencia eléctrica es función de la diferencia de potencial aplicada, por lo que la resistividad del material también lo es.

Para que la gráfica sea una línea recta, magnitudes directamente proporcionales, se debe cumplir que a diferencias constantes en una de las variables, corresponden diferencias constantes en la otra variable.

b) Determinando los incrementos en ambas magnitudes entre dos medidas consecutivas, se tiene:

I (A) 0,25 0,50 0,75 1,00 1,25 1,50 1,75
ΔI (A) 0,25 0,25 0,25 0,25 0,25 0,25

ΔV (V) 5,0 10,0 15,0 20,0 24,8 29,5 34,1
Δ(ΔV) (V) 5,0 5,0 5,0 4,8 4,7 4,6

En conductor tiene un comportamiento óhmico hasta una diferencia de potencial aplicada de 20 V. En ese intervalo la resistencia es constante y por tanto su resistividad.

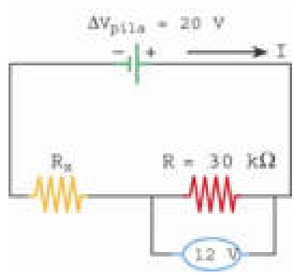
c) Aplicando la ley de Ohm: ΔV = R · I; 10 V = R · 0,50 A ⇒ R = 20 Ω

20. Para colocar unos altavoces de un equipo de música en una habitación se emplean dos trozos de cable de cobre de 5 m de longitud cada uno. Si la sección del cable tiene un radio de 1,04 mm y la resistividad del cobre es $\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot$ m, determina la resistencia eléctrica de cada cable.

El área de la sección del cable es: $S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (1{,}04 \cdot 10^{-3}\ \text{m})^2 = 3{,}4 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^2$
Por tanto la resistencia eléctrica del cable es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}\ \frac{5\ \text{m}}{3{,}4 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^2} = 0{,}025\ \Omega$$

21. Un componente eléctrico tiene una resistencia de 30 kΩ y está conectado a una fuente de alimentación que proporciona una diferencia de potencial de 20 V. ¿Qué modificaciones hay que realizar para que entre los extremos del componente haya una diferencia de potencial de 12 V?



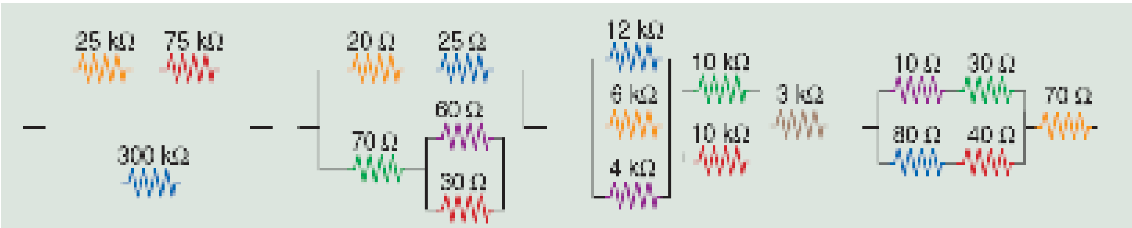
La diferencia de potencial entre los extremos del circuito dado se reduce acoplándole una resistencia en serie.

La suma de las diferencias de potencial entre los extremos de las dos resistencias es igual a la diferencia de potencial entre los bornes de la pila.
Por tanto: $\Delta V_{pila} = \Delta V_{RX} + \Delta V_{R}$; 20 V = ΔV_{RX} + 12 V
$\Rightarrow \Delta V_{RX} = 8$ V

Para calcular la intensidad de la corriente eléctrica que recorre el circuito, aplicamos la ley de Ohm al componente conocido.
$\Delta V = R \cdot I$; $12\ V = 30 \cdot 10^{3}\ \Omega \cdot I \Rightarrow I = 4 \cdot 10^{-4}$ A

Como por todos los componentes pasa la misma intensidad de la corriente eléctrica, aplicando la ley de Ohm a la resistencia R_x se tiene:
$\Delta V_{Rx} = R_x \cdot I$; $8\ V = R_x \cdot 4 \cdot 10^{-4}\ A \Rightarrow R_x = 20\,000\ \Omega = 20\ k\Omega$

22. Calcula la resistencia eléctrica equivalente en las siguientes asociaciones.



a) Las resistencias $R_1 = 25\Omega$ y $R_2 = 75\Omega$ están en serie, por tanto:
$R_{12} = R_1 + R_2 = 25\ \Omega + 75\ \Omega = 100\ \Omega$
Esta asociación R_{12} está en paralelo con $R_3 = 300\ \Omega$

$$\frac{1}{R_{equivalente}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{100\,\Omega} + \frac{1}{300\,\Omega} = \frac{4}{300\,\Omega} \Rightarrow R_{equivalente} = 75\ \Omega$$

b) Denominemos: $R_1 = 20\ \Omega$, $R_2 = 25\ \Omega$, $R_3 = 70\ \Omega$, $R_4 = 60\ \Omega$ y $R_5 = 30\ \Omega$
Las resistencias R_1 y R_2 están es serie: $R_{12} = R_1 + R_2 = 20\ \Omega + 25\ \Omega = 45\ \Omega$
Las resistencias R_4 y R_5 están en paralelo:

$$\frac{1}{R_{45}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{60\,\Omega} + \frac{1}{30\,\Omega} = \frac{3}{60\,\Omega} \Rightarrow R_{45} = 20\,\Omega$$

La resistencia R_3 está en serie con la asociación R_{45}:
$R_{345} = R_3 + R_{45} = 70\ \Omega + 20\ \Omega = 90\ \Omega$
Esta asociación R_{345} está conectada en paralelo con la asociación R_{12}, por tanto:

$$\frac{1}{R_{equivalente}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{345}} = \frac{1}{45\,\Omega} + \frac{1}{90\,\Omega} = \frac{3}{90\,\Omega} \Rightarrow R_{equivalente} = 30\,\Omega$$

c) Denominemos: $R_1 = 12\ k\Omega$, $R_2 = 6\ k\Omega$, $R_3 = 4\ k\Omega$, $R_4 = 10\ k\Omega$, $R_5 = 10\ k\Omega$ y $R_6 = 3\ k\Omega$.
Las resistencias R_1, R_2 y R_3 están en paralelo:

$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{12\,k\Omega} + \frac{1}{6\,k\Omega} + \frac{1}{4\,k\Omega} = \frac{6}{12\,k\Omega} \Rightarrow R_{123} = 2\,k\Omega$$

Las resistencias R_4 y R_5 están en paralelo:

$$\frac{1}{R_{45}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{10\,k\Omega} + \frac{1}{10\,k\Omega} = \frac{2}{10\,k\Omega} \Rightarrow R_{45} = 5\,k\Omega$$

Las asociaciones R_{123} y R_{45} están en serie con la resistencia R_6, por tanto:
$R_{equivalente} = R_{123} + R_{45} + R_6, = 2\ k\Omega + 5\ k\Omega + 3\ k\Omega = 10\ k\Omega = 10\,000\ \Omega$

d) Denominemos: $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 30\ \Omega$, $R_3 = 80\ \Omega$, $R_4 = 40\ \Omega$ y $R_5 = 70\ \Omega$

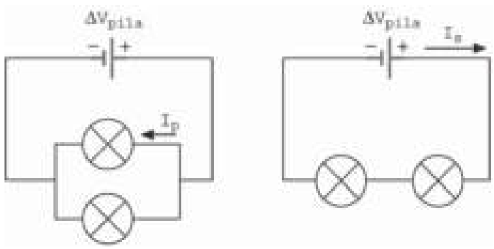
Las resistencias R_1 y R_2 están en serie: $R_{12} = R_1 + R_2 = 10\ \Omega + 30\ \Omega = 40\ \Omega$
Las resistencias R_3 y R_4 están en serie: $R_{34} = R_3 + R_4 = 80\ \Omega + 40\ \Omega = 120\ \Omega$
Estas dos asociaciones están en paralelo entre si.

$$\frac{1}{R_{1234}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{40\ \Omega} + \frac{1}{120\ \Omega} = \frac{4}{120\ \Omega} \Rightarrow R_{1234} = 30\ \Omega$$

La asociación R_{1234} está en serie con la resistencia R_5, por tanto:
$R_{equivalente} = R_{1234} + R_5 = 30\ \Omega + 70\ \Omega = 100\ \Omega$

23. Por dos lámparas iguales conectadas en paralelo pasa una intensidad de la corriente eléctrica de 0,5 A, por cada una. Si se asocian en serie esas mismas bombillas y se mantiene la misma diferencia de potencial, ¿qué intensidad de la corriente eléctrica circulará por cada una de ellas?

Aplicando la ley de Ohm a la conexión en paralelo, se tiene:
$\Delta V_{generador} = R \cdot I_{paralelo}$

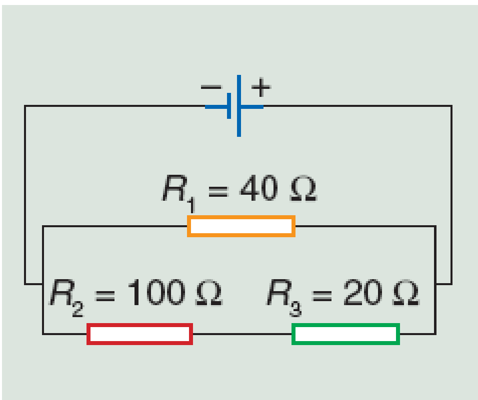


En la conexión en serie la diferencia de potencial entre los bornes de las bombillas es igual a la mitad de la diferencia de potencial de la conexión en paralelo.

$$\frac{\Delta V_{generador}}{2} = R \cdot I_{serie}$$

Dividiendo miembro a miembro: $\dfrac{\Delta V_{generador}}{\dfrac{\Delta V_{generador}}{2}} = \dfrac{R \cdot I_{paralelo}}{R \cdot I_{serie}} \Rightarrow I_{serie} = \dfrac{I_{paralelo}}{2} = \dfrac{0{,}5\ A}{2} = 0{,}25\ A$

24. Por la resistencia R_3 del circuito de la figura circula una intensidad de la corriente eléctrica de 125 mA. Determina la intensidad que recorre las otras dos resistencias. Calcula la diferencia de potencial entre los extremos de cada una de las resistencias y la diferencia de potencial entre los bornes de la pila.



La diferencia de potencial entre los extremos de la resistencia R_3 es:
$\Delta V_{R3} = R_3 \cdot I_3 = 20\ \Omega \cdot 0{,}125\ A = 2{,}5\ V$

Por la resistencia R_2 pasa la misma intensidad de la corriente que por R_3, por lo que la diferencia de potencial entre sus bornes es:
$\Delta V_{R2} = R_2 \cdot I_2 = 100\ \Omega \cdot 0{,}125\ A = 12{,}5\ V$

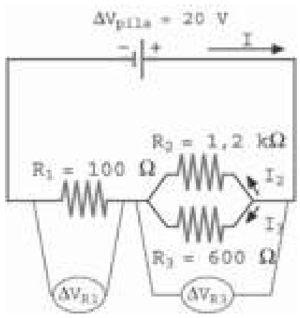
La diferencia de potencial entre los extremos de la resistencia R_1 es la misma que entre los extremos del conjunto formado por las resistencias R_2 y R_3 y a su vez igual a la diferencia de potencial entre los extremos de la pila.
$\Delta V_{pila} = \Delta V_{R1} = \Delta V_{R2} + \Delta V_{R3} = 12{,}5\ V + 2{,}5\ V = 15\ V$

Aplicando la ley de Ohm a la resistencia R_1, se tiene:
$\Delta V_{R1} = R_1 \cdot I_1$; $15\ V = 40\ \Omega \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = 0{,}375\ A$
La intensidad total que recorre el circuito es: $I = I_1 + I_2 = 0{,}375\ A + 0{,}125\ A = 0{,}5\ A$

25. De qué forma se conectan los aparatos eléctricos en las viviendas: ¿en serie o en paralelo?

Los aparatos eléctricos se conectan en paralelo. Si se conectaran en serie, la diferencia de potencial dependería de los aparatos conectados y si se deteriorase alguno dejarían de funcionar los demás.

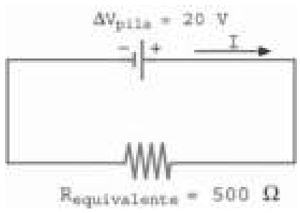
26. Dos resistencias eléctricas de 600 Ω y 1,2 kΩ se asocian en paralelo entre sí y en serie a otra de 100 Ω. El conjunto se conecta a una diferencia de potencial de 20 V. Dibuja un esquema del circuito e indica el sentido de la intensidad de la corriente y el de los electrones. Calcula la intensidad de la corriente eléctrica que pasa por cada resistencia y la diferencia de potencial entre los extremos de cada una de ellas.



Denominemos $R_1 = 100\ \Omega$; $R_2 = 1{,}2\ k\Omega$ y $R_3 = 600\ \Omega$

Las resistencias R_2 y R_3 están en paralelo.
$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1\ 200\ \Omega} + \frac{1}{600\ \Omega} = \frac{3}{1\ 200\ \Omega} \Rightarrow R_{23} = 400\ \Omega$$

Esta asociación está en serie con la resistencia R_1:
$R_{equivalente} = R_1 + R_{23} = 100\ \Omega + 400\ \Omega = 500\ \Omega$



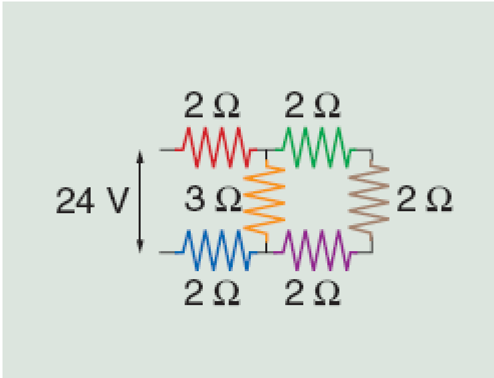
b) Para calcular la intensidad total, se aplica la ley de Ohm al circuito equivalente:
$\Delta V_{pila} = R_{equivalente} \cdot I$; $20\ V = 500\ \Omega \cdot I \Rightarrow I = 0{,}04\ A$

Esta intensidad circula por la resistencia R_1, por lo que:
$\Delta V_{R1} = R_1 \cdot I = 100\ \Omega \cdot 0{,}04\ A = 4\ V$

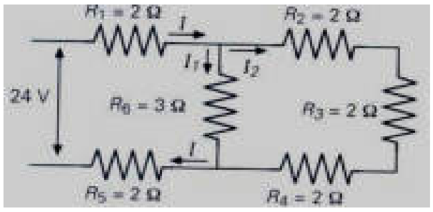
Las resistencias R_2 y R_3 están conectadas en paralelo y por tanto a la misma diferencia de potencial.
$\Delta V_{R1} + \Delta V_{R2} = \Delta V_{R1} + \Delta V_{R3} = \Delta V_{pila} = 20\ V$
Por tanto: $\Delta V_{R2} = \Delta V_{R3} = \Delta V_{pila} - \Delta V_{R1} = 20\ V - 4\ V = 16\ V$

Aplicando la ley de Ohm a las resistencias R_2 y R_3:
$\Delta V_{R2} = R_2 \cdot I_2$; $16\ V = 1{,}2\ k\Omega \cdot I_2 \Rightarrow I_2 = 0{,}013\ A$
$\Delta V_{R3} = R_3 \cdot I_3$; $16\ V = 600\ \Omega \cdot I_3 \Rightarrow I_3 = 0{,}027\ A$

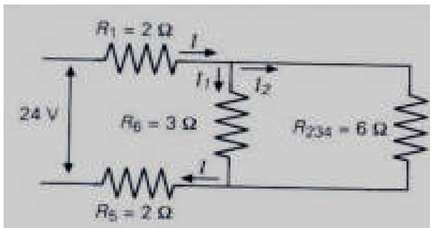
27. Para el circuito de la figura determina la resistencia equivalente y la intensidad de la corriente eléctrica que pasa por cada una de los componentes.



Se denominan las resistencias eléctricas según la figura adjunta y de igual forma se nombran las intensidades de la corriente eléctrica que pasan por las diferentes ramas.



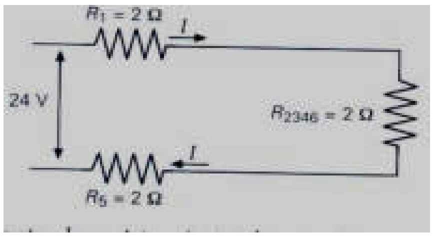
Las resistencias eléctricas R_2, R_3 y R_4 están conectadas en serie entre sí y se pueden sustituir por una resistencia equivalente.
$R_{234} = R_2 + R_3 + R_4 = 2\ \Omega + 2\ \Omega + 2\ \Omega = 6\ \Omega$



La resistencia equivalente R_{234} está asociada en paralelo con la resistencia R_6.

$$\frac{1}{R_{2346}} = \frac{1}{R_{234}} + \frac{1}{R_6} = \frac{1}{6\ \Omega} + \frac{1}{3\ \Omega} = \frac{3}{6\ \Omega} \Rightarrow R_{2346} = 2\ \Omega$$

La resistencia equivalente R_{2346} está conectada en serie con las resistencias R_1 y R_5.



Por tanto, la resistencia total equivalente del circuito es:
$R_{equivalente} = R_1 + R_{2346} + R_5 = 2\ \Omega + 2\ \Omega + 2\ \Omega = 6\ \Omega$

Aplicando la ley de Ohm al circuito equivalente final se determina la intensidad de la corriente I, que pasa por las resistencias R_1 y R_5.
$\Delta V = R_{equivalente} \cdot I$; $24\ V = 6\ \Omega \cdot I \Rightarrow I = 4\ A$

Para determinar las intensidades I_1 e I_2 del circuito se tiene en cuenta que la resistencia R_6 está conectada a la misma diferencia de potencial que la resistencia R_{234} y que la intensidad I es igual a la suma de las intensidades I_1 e I_2.

$$\left.\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 \\ \Delta V_{R6} &= \Delta V_{R234} \end{aligned}\right\};\quad \left.\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 \\ R_6 \cdot I_1 &= R_{234} \cdot I_2 \end{aligned}\right\};\quad \left.\begin{aligned} 4\ A &= I_1 + I_2 \\ 3\ \Omega \cdot I_1 &= 6\ \Omega \cdot I_2 \end{aligned}\right\};\quad \left.\begin{aligned} 4\ A &= I_1 + I_2 \\ 0 &= -I_1 + 2 \cdot I_2 \end{aligned}\right\}$$

Sumando: $4\ A = 3 \cdot I_2 \Rightarrow I_2 = 1{,}33\ A$
Por lo que: $I_1 = I - I_2 = 4\ A - 1{,}33\ A = 2{,}67\ A$

INVESTIGA-PÁG. 356

1. Realiza un esquema con la secuencia de los procesos que se realizan en una fotocopiadora. Para ello puedes utilizar la simulación que explica el funcionamiento de una fotocopiadora en la página web: http://www.tulahidalgo.com/

Inicialmente el rodillo de la copiadora se carga con electricidad estática. A continuación las partes negras de la imagen no reflejan luz y por ello permanecen cargadas. Posteriormente, las partes electrizadas atraen al pigmento toner que se adhiere a ellas y reproduce las zonas negras del original. Por último, el papel corre por el rodillo y se impregna de toner, que después se funde con el calor de otro rodillo

2. Indica qué tipo de industrias y justifica la razón por la que utilizan precipitadotes electrostáticos. Para ello puedes utilizar la información que sobre la historia y los diversos tipos de precipitadores electrostáticos que utilizan las diferentes industrias encontrarás en la enciclopedia wikipedia: http://es.wikipedia.org/.

Los precipitadores electrostáticos se emplean para reducir la contaminación atmosférica producida por humos y otros desechos industriales gaseosos, especialmente en las plantas que funcionan con combustibles fósiles y aquellas que producen polvo, tal como las cementeras.