

PRESENTACIÓN

La última unidad del libro se dedica al estudio de los fenómenos eléctricos. Dada su situación, resultará más fácil aplicar los conceptos que los alumnos han adquirido sobre la teoría cinética de la materia o la conservación de la energía. No debemos entender el estudio de la electricidad como algo alejado de estos dos aspectos fundamentales de la física.

OBJETIVOS

- Adquirir unos conocimientos básicos sobre la historia de la electricidad y de los conocimientos que las personas hemos tenido sobre los fenómenos eléctricos.
- Saber calcular la fuerza de atracción o de repulsión entre cargas eléctricas.
- Comprender cuál es la relación entre la intensidad del campo eléctrico y la fuerza ejercida sobre una partícula cargada introducida en dicho campo.
- Aprender a resolver problemas con circuitos eléctricos teniendo en cuenta la ley de Ohm y la ley de la conservación de la energía.
- Ser conscientes de la importancia de la electricidad en nuestros días. Verdaderamente podríamos decir que sin la electricidad nuestro mundo sería muy diferente.
- Saber cuáles son las magnitudes de las que depende el consumo energético de un aparato eléctrico.

CONTENIDOS

Conceptos

- La electricidad en la Antigüedad y en la Edad Media. La electricidad moderna.
- La carga eléctrica. La carga es una propiedad de las partículas. Electrificación.
- Fuerzas entre cargas eléctricas: ley de Coulomb. Constantes y unidades.
- Intercambio de cargas eléctricas en la Tierra.
- Aplicación de la ley de Coulomb a cuerpos extensos.
- Comparación entre la fuerza electrostática y la fuerza de gravedad.
- Campo y potencial eléctricos. El campo eléctrico. Representación de campos eléctricos.
- La energía potencial electrostática. Potencial electrostático.
- La corriente eléctrica y la ley de Ohm.
- La intensidad de corriente. La ley de Ohm.
- La resistencia eléctrica. Resistividad. Conductores, semiconductores y aislantes.
- Circuitos eléctricos.
- Transformaciones energéticas en un circuito. Efecto Joule.
- La pila voltaica. Generadores. Las pilas.
- Generadores y fuerza electromotriz.
- Ley de Ohm generalizada.

Procedimientos, destrezas y habilidades

- Resolver problemas numéricos relacionados con las fuerzas eléctricas, el campo eléctrico o el potencial eléctrico.
- Analizar experiencias y obtener conclusiones a partir de los fenómenos observados durante el desarrollo de las mismas.
- Elaborar esquemas de circuitos eléctricos empleando la simbología de manera correcta.
- Resolver problemas sobre circuitos eléctricos a partir de un esquema de los mismos.
- Dibujar las líneas que describen los campos eléctricos.
- Utilizar esquemas a la hora de resolver problemas donde es necesario aplicar la ley de Coulomb.
- Utilizar adecuadamente algunos aparatos de medida relacionados con la electricidad: amperímetro, voltímetro, óhmetro y polímetro.

Actitudes

- Fomentar hábitos de ahorro de la energía eléctrica.
- Valorar adecuadamente la importancia de los avances producidos en el campo de la electricidad.
- Valorar el trabajo de todos los científicos que han hecho posible que dispongamos en la actualidad de un conocimiento tan completo sobre los fenómenos eléctricos.
- Adoptar hábitos seguros a la hora de manipular aparatos eléctricos.

EDUCACIÓN EN VALORES

1. Educación para la salud

El manejo de aparatos eléctricos debe ser llevado a cabo teniendo en cuenta una serie de normas, tal y como se cita en esta unidad. Los alumnos jóvenes son valientes, pero hay que resaltar que no hay que confundir valentía con idiotez.

Los circuitos eléctricos son peligrosos (salvo aquellos como muchos de los manejados en el laboratorio en el que el generador es una simple pila de unos pocos voltios), por lo que debemos desconectar la corriente antes de realizar manipulaciones en un aparato o en las instalaciones.

Es importante no cometer imprudencias y evitar que otros las cometan, señalizando adecuadamente los peligros.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

1. Calcular la fuerza de atracción o de repulsión entre cargas eléctricas.
2. Dibujar las líneas de fuerza del campo eléctrico creado por una o varias cargas.
3. Calcular la intensidad del campo eléctrico o el potencial eléctrico debidos a la presencia de una o varias cargas eléctricas del mismo tipo o de tipos distintos.
4. Aplicar la teoría cinética y la ley de la conservación de la energía para explicar algunos de los fenómenos observados en los circuitos eléctricos.
5. Resolver problemas con circuitos en los que aparecen varias resistencias y/o generadores acoplados en serie o en paralelo.
6. Tomar medidas en circuitos eléctricos con la ayuda de un polímetro.
7. Identificar algunos materiales buenos conductores de la corriente eléctrica.

1. Se cargan dos pequeñas esferas con cargas q_1 y q_2 de igual signo y se mide la fuerza de repulsión entre ellas para diferentes distancias obteniéndose los siguientes resultados:

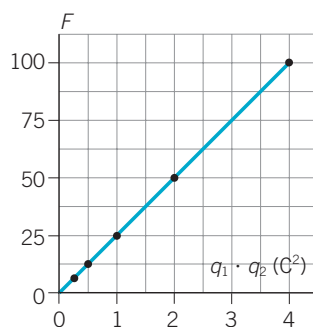
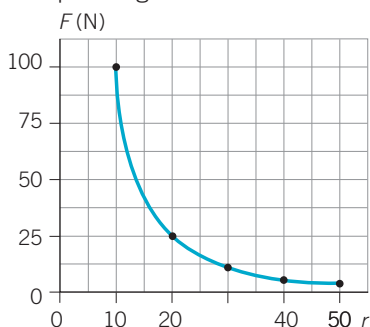
r (cm)	10	20	30	40	50
F (N)	100	25	11,1	6,25	4

Manteniendo ahora fija la distancia, se mide la fuerza al variar la carga de una de ellas o de ambas:

$q_1 \cdot q_2$ (C ²)	4	2	1	0,5	0,25
F (N)	100	50	25	12,5	6,25

- a) Representa gráficamente los datos de ambas tablas.
¿Qué conclusión obtienes?
- b) A la vista de los resultados anteriores, demuestra que se cumple la ley de Coulomb.

a) Respuesta gráfica.



- b) En la primera tabla se ve que la fuerza varía con el inverso del cuadrado de la distancia. Al duplicarse, triplicarse, cuadruplicarse, etc., la distancia, la fuerza se reduce a la cuarta, novena, décimosexta parte...
- En la segunda tabla se ve que la fuerza es proporcional al producto de las cargas. Si el producto $q_1 \cdot q_2$ se reduce a la mitad, cuarta parte, etc., la fuerza se hace la mitad, cuarta parte, etc.

2. Dos protones se repelen con una fuerza de $5,8 \cdot 10^{-19}$ N cuando están separados por una distancia de $2 \cdot 10^{-5}$ cm. Calcula el valor de la carga de cada protón.

$$F = K \frac{q^2}{d^2} \rightarrow q = \sqrt{\frac{F \cdot d^2}{K}} = d \cdot \sqrt{\frac{F}{K}} =$$

$$= 2 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{5,8 \cdot 10^{-19}}{9 \cdot 10^9}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

3. Dos esferas cargadas se atraen con una fuerza determinada.

a) ¿Cómo se ve afectado el valor de la fuerza si triplicamos el valor de la carga de cada esfera?

b) ¿Y si la reducimos a la tercera parte?

a) Si se triplica el valor de la carga de cada esfera la fuerza se multiplica por 9.

$$F = K \frac{q \cdot q'}{d^2} \rightarrow F' = K \frac{3q \cdot 3q'}{d^2} = 9K \frac{q \cdot q'}{d^2} \rightarrow F' = 9F$$

b) Se divide por 9.

$$F = K \cdot \frac{q \cdot q'}{d^2} \rightarrow F' = K \cdot \frac{\frac{q}{3} \cdot \frac{q'}{3}}{d^2} = \frac{1}{9} \cdot K \cdot \frac{q \cdot q'}{d^2} \rightarrow F' = \frac{F}{9}$$

4. ¿Qué carga adquiriría, si fuese posible, un mol de átomos de sodio (solo 23 g de sodio) si se arranca un electrón de cada átomo? (Recuerda que 1 mol de sodio contiene $6,022 \cdot 10^{23}$ átomos de sodio; $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.)

$$q = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ e/mol} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C/e} = 96\,352 \text{ C/mol}$$

5. Calcula la carga supuesta igual que deberían tener la Tierra y la Luna para que la fuerza de repulsión eléctrica entre ellas igualase a la fuerza de atracción gravitatoria.

Datos: $M_T = 6 \cdot 10^{24}$ kg; $M_L = 7,4 \cdot 10^{22}$ kg; $d_{T-L} = 384\,400$ km.

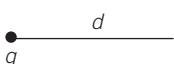
$$F_g = G \frac{M \cdot m}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24} \cdot 7,4 \cdot 10^{22}}{384\,400\,000^2} = 2 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

$$F_e = K \frac{Q^2}{d^2} \rightarrow Q = d \cdot \sqrt{\frac{F_e}{K}} = 384\,400\,000 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{20}}{9 \cdot 10^9}} = 5,7 \cdot 10^{13} \text{ C}$$

6. ¿A qué distancia deben situarse dos cargas iguales de $10 \mu\text{C}$ para que la energía potencial eléctrica del sistema sea de 10 J ?

$$E_p = K \frac{Q^2}{d} \rightarrow d = K \frac{q^2}{E_p} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (10^{-5})^2}{10} = 0,09 \text{ m}$$

7. A cierta distancia de una carga puntual la intensidad del campo eléctrico es 3 N/C y el potencial es de 6 V . Calcula el valor de la carga y la distancia hasta ella.



$$E = K \frac{q}{d^2} \quad V = K \frac{q}{d}$$

$$\frac{V}{E} = \frac{\cancel{d} \frac{d}{d}}{\cancel{d} \frac{d^2}{d^2}} = d \rightarrow d = \frac{6 \text{ V}}{3 \text{ N/C}} = 2 \text{ m}$$

$$q = \frac{V \cdot d}{K} = \frac{6 \text{ V} \cdot 2 \text{ m}}{9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}} = 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

8. Por un conductor circula una intensidad de 0,3 A y la diferencia de potencial entre sus extremos es de 40 V. ¿Cuál es su resistencia?

$$\text{De la ley de Ohm: } R = \frac{V}{I} = \frac{40 \text{ V}}{0,3 \text{ A}} = 133,3 \Omega$$

9. Si conectamos una resistencia de 45 Ω a una pila de 9 V, ¿cuánta intensidad circula por la resistencia?

$$\text{De la ley de Ohm: } I = \frac{V}{R} = \frac{9 \text{ V}}{45 \Omega} = 0,2 \text{ A}$$

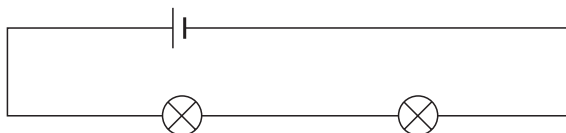
10. Calcula la resistencia de una barra de plomo de 15 cm de longitud y 5 mm de diámetro. Dato: $\rho_{\text{Pb}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$.

$$R = \rho_{\text{Pb}} \cdot \frac{L}{S} = 2,2 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm} \cdot \frac{15 \text{ cm}}{\pi \cdot (2,5 \cdot 10^{-1})^2 \text{ cm}^2} = 1,68 \cdot 10^{-3} \Omega$$

11. En un circuito dos bombillas están montadas de tal forma que al fundirse una se apaga la otra.

a) Di si se trata de un montaje en serie o en paralelo.

b) ¿Qué inconvenientes tiene este montaje? ¿Se te ocurre algún circuito donde puede resultar útil?

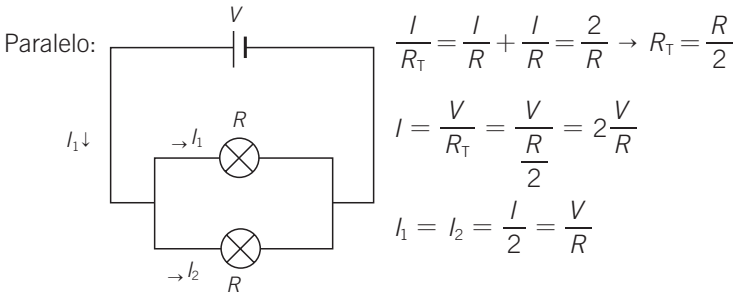
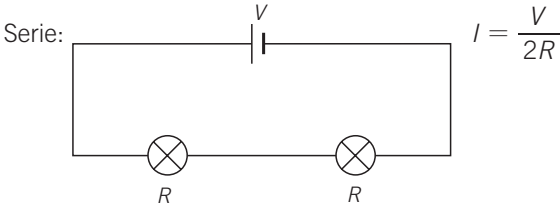


- a) Es un montaje en serie.
b) El principal inconveniente es que al fundirse una se interrumpe la corriente y se apagan todas.

Este tipo de montaje en serie se suele utilizar en el alumbrado de árboles de Navidad. Se asocian muchas pequeñas bombillas en serie de forma que la resistencia total sea relativamente alta y la intensidad que circule por ellas, baja.

12. Si se tienen dos bombillas conectadas a un circuito, ¿cuándo dan más luz, cuando se conectan en serie o cuando se conectan en paralelo?
(Ayuda: la disposición que produce mayor iluminación es aquella que hace que la intensidad de corriente sea mayor.)

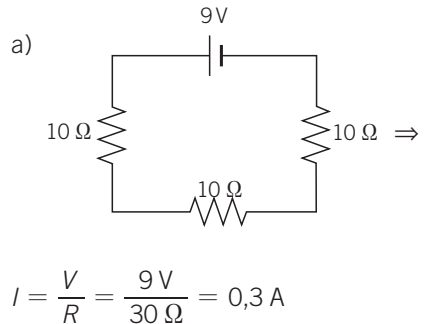
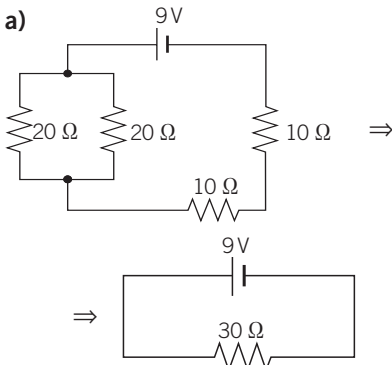
Quando se conectan en paralelo. Vamos a verlo de forma fácil suponiendo dos bombillas iguales.



Por cada rama pasará una corriente $\frac{V}{R}$, que es doble que la que pasa por cada una de las bombillas en serie.

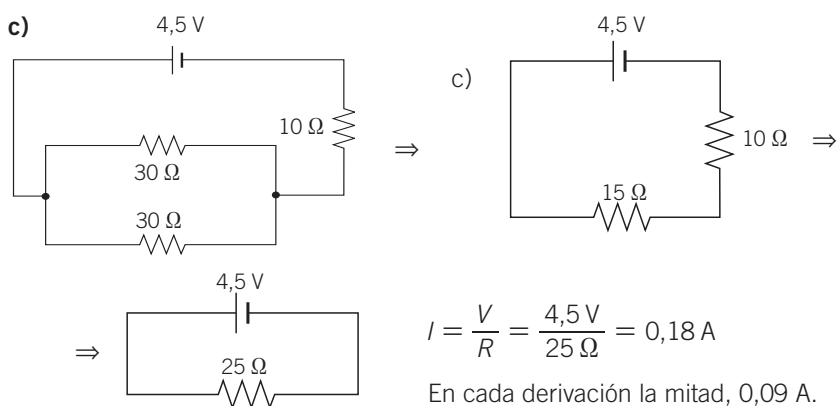
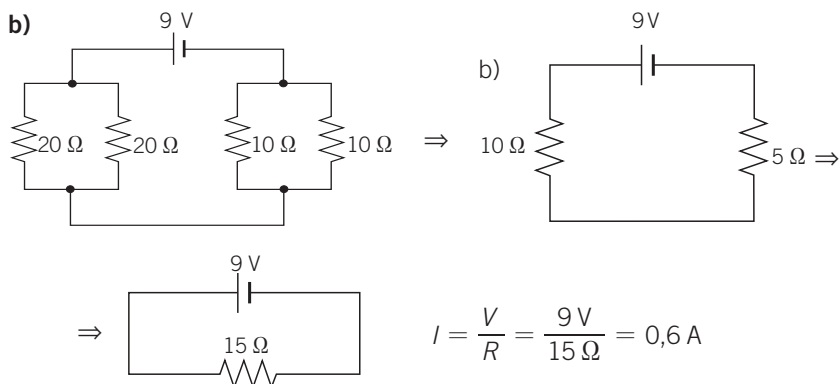
13. Calcula la intensidad que circulará por cada resistencia en los siguientes circuitos.

La resistencia equivalente a dos iguales en paralelo es la mitad de una de ellas.



En cada derivación la mitad, 0,15 A.

14 Electricidad



14. Una resistencia de 3Ω es capaz de disipar una potencia máxima de $15W$. Calcula la máxima diferencia de potencial a la que puede conectarse.

$$P = I^2 R \rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{15W}{3\Omega}} = 2,23A$$

$$\text{De la ley de Ohm: } V = IR = 2,23A \cdot 3\Omega = 6,7V$$

15. En un anuncio de un televisor se indica que solo cuesta verlo $0,81\text{€}$ al mes (3 horas diarias). Dato: $1\text{ kWh} \rightarrow 0,1\text{€}$.

- a) Calcula la potencia eléctrica del aparato.
 b) Halla la intensidad de corriente que circula por él cuando se conecta a la red eléctrica convencional ($230V$).

a) $3 \cdot 30 = 90$ horas al mes.

$$\text{kWh consumidos al mes} = \frac{0,81\text{€}}{0,1\text{€/kWh}} = 8,1\text{ kWh}$$

$$P = \frac{8,1 \text{ kW}}{90} = 0,09 \text{ kW} = 90 \text{ W}$$

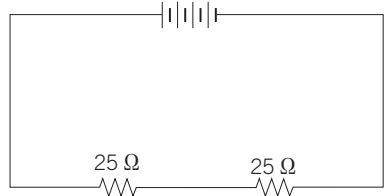
$$b) P = VI \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{90 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0,4 \text{ A}$$

16. **¿Por qué muchos aparatos necesitan varios generadores colocados en serie para funcionar (mandos a distancia, juguetes, etc.)?**

Porque necesitan una corriente superior a la que obtendría de una sola pila (generador).

Varios generadores colocados en serie proporcionan una intensidad que viene dada por: $I = \frac{\Sigma V}{R}$, que es superior a la de uno solo.

17. **Calcula el voltaje proporcionado por cada generador (todos los generadores son iguales) para que la intensidad de corriente en cada resistencia de la figura sea de 480 mA.**



De la ley de Ohm:

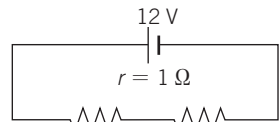
$$I = \frac{V_T}{R} \rightarrow V_T = IR = 0,48 \text{ A} \cdot 50 \Omega = 24 \text{ V}$$

$$V_T = \Sigma V_i = 24 \text{ V (hay cuatro pilas en serie)} \rightarrow V = \frac{V_T}{4} = \frac{24 \text{ V}}{4} = 6 \text{ V}$$

18. **¿Qué ventaja tiene colocar los generadores en paralelo si no aumenta la diferencia de potencial?**

La ventaja es el tiempo que suministran energía (tiempo hasta que se consumen). El tiempo se multiplica por el número de generadores.

19. **Un circuito consta de un generador de 12 V y resistencia interna de 1 Ω y dos resistencias de 20 y 30 Ω conectadas en serie.**



$$R_1 = 20 \Omega \quad R_2 = 30 \Omega$$

$$R = R_1 + R_2 + r = 20 \Omega + 30 \Omega + 1 \Omega = 51 \Omega$$

a) **Calcula la diferencia de potencial entre los extremos de las resistencias.**

b) **Comprueba que la suma es inferior a la fem ε del generador.**

$$\text{De la ley de Ohm: } \Delta V = IR \rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{12 \text{ V}}{51 \Omega} = 0,23 \text{ A}$$

$$V_{20 \Omega} = IR_1 = 0,23 \text{ A} \cdot 20 \Omega = 4,6 \text{ V}$$

$$V_{30 \Omega} = IR_2 = 0,23 \text{ A} \cdot 30 \Omega = 6,9 \text{ V}$$

$$V_{20 \Omega} + V_{30 \Omega} = 11,5 \text{ V} < 12 \text{ V} = \text{fem}$$

20. Contesta razonadamente a las siguientes preguntas:

- ¿Qué son las cargas eléctricas?
- ¿Cómo podemos detectar que un objeto está cargado?
- ¿Cómo pueden acumularse cargas eléctricas en un objeto y luego pasarlas a otros objetos?
- ¿Circulan las cargas con la misma facilidad por todos los materiales?
- ¿Cuántos tipos de carga hay?
- ¿Cómo actúan unas cargas sobre otras?
 - La carga eléctrica es una propiedad de la materia.
 - Poniendo otra carga en sus proximidades y viendo si se ejercen fuerzas sobre ella. En caso afirmativo, el objeto está cargado.
 - Frotándolo con otro. Uno se carga positivamente, y el otro, negativamente. Una vez cargado, si se pone en contacto con otros (por ejemplo, la Tierra), se descarga al transferirse carga de uno al otro.
 - No. Circulan bien por los conductores y mal por los dieléctricos.
 - Dos. \oplus y \ominus .
 - Las del mismo signo se atraen y las de distinto signo se repelen.

21. ¿Qué quiere decir que la fuerza entre dos partículas cargadas es directamente proporcional al valor de cada una de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa? Pon otros ejemplos de proporcionalidad directa e inversa que conozcas.

Que al aumentar (duplicarse, triplicarse...) alguna de las cargas la fuerza se duplica, triplica, etc.

Por lo que respecta a la distancia, al duplicarse, triplicarse la distancia, la fuerza se hace la cuarta, la novena... parte, respectivamente.

22. ¿En cuánto deberíamos variar la distancia entre dos cargas si al hacer una de ellas cuatro veces más grande queremos que la fuerza siga siendo la misma?

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}. \text{ Si } q_1 \rightarrow 4q_1 \text{ y } d \rightarrow 2d:$$

$$F' = K \frac{4q_1 \cdot q_2}{(2d)^2} = K \frac{\cancel{4} q_1 \cdot q_2}{\cancel{4} d^2} = F$$

Al duplicar la distancia la fuerza queda igual.

23. Tenemos una carga q que se encuentra en el punto medio entre dos cargas Q iguales y del mismo signo.

a) ¿Qué fuerza se ejerce sobre la carga q ?

b) ¿Depende esta fuerza del signo de q ?

a) La fuerza sobre q es cero. Cada Q ejerce una fuerza igual y opuesta sobre q .

b) No. En cualquier caso la fuerza es cero. En un caso cada Q repele a q ; y en otro, la atrae con la misma fuerza.

24. Teniendo en cuenta la definición de culombio, ¿sabrías expresar la carga de un electrón en culombios?

1 C es la carga de $6,24 \cdot 10^{18}$ electrones.

$$e^- = \frac{1}{6,24 \cdot 10^{18} \text{ e/C}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C/e}$$

25. Imagina: ¿qué pasaría si una noche, mientras dormimos, todas las cargas positivas se convirtieran instantáneamente en negativas y, a la vez, todas las negativas se convierten en positivas sin que hubiera más cambios?

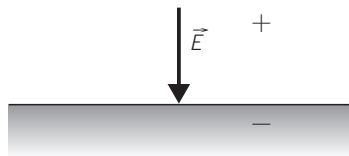
No notaríamos ningún cambio.

26. Cuando se lava un petrolero con chorros de agua a gran presión hay que ser especialmente cuidadoso para que no se produzca una explosión de los vapores del combustible. Basándote en todo lo que hemos estudiado en este tema, intenta explicar por qué puede producirse la explosión, así como las medidas que deben tomarse para evitarla. Recuerda que los cuerpos se cargan al frotarlos.

Hay que ser cuidadosos para que no se produzcan chispas como consecuencia de las cargas que se forman por rozamiento de los chorros de agua con las paredes de los tanques, que inflamarán los vapores de combustible.

27. Se sabe que en las proximidades de la superficie de la Tierra hay un campo eléctrico de valor 100 N/C que apunta hacia la superficie. Entonces, ¿la Tierra tiene carga eléctrica positiva o negativa?

El campo eléctrico (\vec{E}) apunta de las cargas \oplus a las \ominus ; según esto, la carga eléctrica de la Tierra es negativa.



28. Dos partículas A y B se aproximan como indica la figura.



- a) Si suponemos que A y B son dos cargas eléctricas, ¿puede decirse algo sobre el signo de sus cargas?
- b) ¿Qué otros tipos de fuerzas entre partículas o cuerpos conoces además de las eléctricas?
- Si comienzan a moverse acercándose, es porque tienen signos opuestos.
 - Fuerzas gravitatorias, magnéticas (en realidad electromagnéticas), nuclear, etc.

29. Contesta razonadamente: ¿cómo están colocadas las bombillas en una vivienda: en serie o en paralelo?

En paralelo.

Si estuviesen en serie, al fundirse una se apagarían (no funcionarían) todas las demás porque interrumpiría la corriente que pasa por ellas.

30. Se dispone de dos pilas iguales y se las quiere utilizar en un circuito. Como se ha visto, se pueden asociar de dos formas distintas, en serie y en paralelo. Podrías explicar la diferencia que existe entre ambas conexiones a la hora de transmitir energía a las cargas.

Serie: el potencial de ambas es igual a la suma de potenciales.

$$V_T = 2V$$

Como el potencial (o fuerza electromotriz) es la energía por unidad de carga, a mayor potencial mayor energía y, por tanto, mayor corriente.

$$I = \frac{V_T}{R} = \frac{2V}{R}$$

Paralelo: el potencial de ambas es igual al de una de ellas.

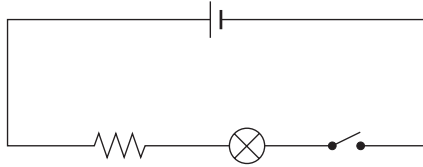
En este caso, la energía suministrada a las cargas es la misma que si hubiese una sola pila.

La diferencia con el caso anterior es que aumenta el tiempo que se suministra dicha energía. En otras palabras, dos pilas en paralelo suministran la misma corriente que una, pero tardan el doble (aproximadamente) en consumirse.

$$I = \frac{V}{R}$$

31. Dibuja el esquema de un circuito formado por los siguientes elementos:

- Una pila.
- Una resistencia.
- Una bombilla en serie con la resistencia.
- Un interruptor.



32. ¿Por qué son tan gruesos los cables que conducen la corriente eléctrica desde las centrales eléctricas hasta las ciudades?

Porque deben transportar intensidades muy altas, y para ello deben tener baja resistencia.

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



De la ecuación anterior se deduce que cuanto mayor es S , menor es la resistencia de un conductor.

33. Explica brevemente de qué factores depende la resistencia de un conductor. Escribe la relación matemática de dicha dependencia en función de la conductividad.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}; R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{S}; \sigma: \text{conductividad}; \sigma = \frac{1}{\rho}$$

La conductividad es la inversa de la resistividad.

Factores de los que depende R	}	ρ : resistividad depende del material: a mayor ρ , mayor R .
		l : longitud: a mayor longitud, mayor resistencia (proporcionalidad directa).
		S : sección transversal (área): a mayor sección, menor resistencia (proporcionalidad inversa).

34. Los faros de un automóvil, ¿están conectados en serie o en paralelo? Razona la respuesta.

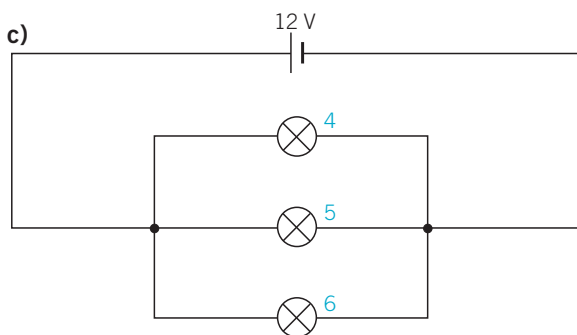
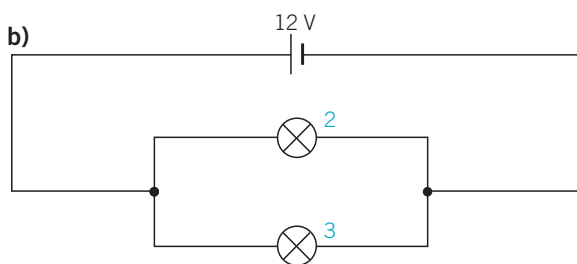
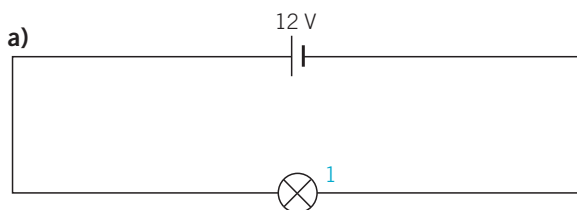
En paralelo; si no, al fundirse uno quedaría inutilizado el otro.

35. Enumera algunos de los efectos producidos por la corriente eléctrica que conozcas y comenta alguna aplicación de los mismos.

- Efecto térmico: estufas, calentadores...
- Efecto luminoso (derivado del efecto térmico): los cuerpos calientes emiten luz a partir de determinadas temperaturas.
- Efecto químico: recubrimiento de metales mediante electrolisis.
- Efecto magnético: electroimanes.

14 Electricidad

36. En los circuitos de la figura, indica qué bombilla luce más o, lo que es lo mismo, ¿por cuál circula una intensidad de corriente mayor?



$$\begin{cases} I_a = \frac{V}{R} \\ I_b = \frac{V}{R'} & R' = \frac{R}{2} \rightarrow I_b = \frac{2V}{R} \\ I_c = \frac{V}{R''} & R'' = \frac{R}{3} \rightarrow I_c = \frac{3V}{R} \end{cases}$$

Por cada rama de b) pasa una corriente $I_b = \frac{V}{R}$

Por cada rama de c) pasa una corriente $I_c = \frac{V}{R}$

Como la intensidad que atraviesa cada bombilla es la misma, todas lucen igual.

37. Reconstruye el razonamiento y los cálculos que nos llevaron a decir que un automóvil de unos 1000 kg sometido a una fuerza constante de $9 \cdot 10^9$ N tardaría unos tres segundos en recorrer los aproximadamente 40 000 km de la circunferencia terrestre.

$$F = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ N}}{1000 \text{ kg}} = 9 \cdot 10^6 \text{ m/s}^2$$

El espacio recorrido en 3 s sería:

$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{9 \cdot 10^9 \text{ N}}{1000 \text{ kg}} \cdot 9 \text{ s}^2 = 4,05 \cdot 10^8 \text{ m} = 4,05 \cdot 10^5 \text{ km} = 40500 \text{ km}$$

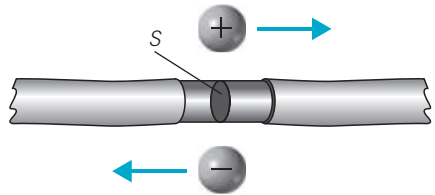
La longitud del ecuador terrestre es de unos 40 000 km.

38. Supón que 0,5 C de carga positiva y 0,5 C de carga negativa pasan en la misma dirección y sentido cada segundo por un punto.

- a) ¿Cuál es el valor de la intensidad de la corriente?
b) ¿Y si el sentido de los flujos de carga es el opuesto?

a) $I = \frac{q_{\text{neta}}}{t} = 0$

Si nos fijamos en un punto del conductor, la carga neta que pasa por segundo es cero.



- b) En este caso, la corriente es de 1 A.

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{0,5 \text{ C} + 0,5 \text{ C}}{1 \text{ s}} = 1 \text{ A}$$

39. En un circuito con una pila de 12 V se han montado tres resistencias en paralelo de 2 Ω , 3 Ω y 4 Ω .

- a) ¿Por cuál de ellas la intensidad es mayor?
b) Haz un dibujo de dicho circuito.

a) $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{2 \Omega} + \frac{1}{3 \Omega} + \frac{1}{4 \Omega} = \frac{6 + 4 + 3}{12} \Omega^{-1} \rightarrow$

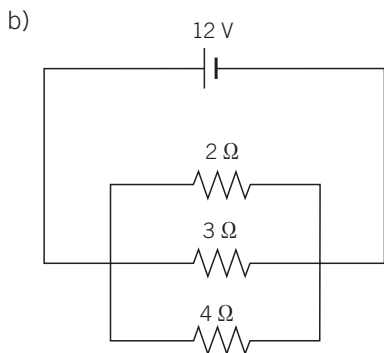
$$\rightarrow R_T = \frac{12}{13} \Omega = 0,92 \Omega$$

Por tanto:

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{12 \text{ V}}{\frac{12}{13} \Omega} = \frac{\cancel{12} \cdot 13}{\cancel{12}} \text{ A} = 13 \text{ A}$$

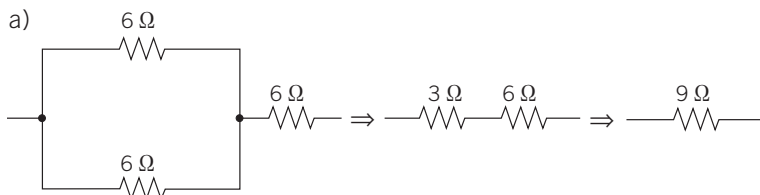
La intensidad de 13 A se reparte por cada rama de forma inversamente proporcional a la resistencia. Y resulta:

$$I_2 \Omega = 6 \Omega ; I_3 \Omega = 4 \Omega ; I_4 \Omega = 3 \Omega$$



40. Contesta:

- a) ¿Cómo se tienen que asociar tres resistencias de 6Ω cada una de manera que la resistencia equivalente del conjunto sea 9Ω ?
- b) ¿Cuál de las tres resistencias disipa más energía? ¿Por qué?
- c) ¿Y para que sea de 4Ω ?

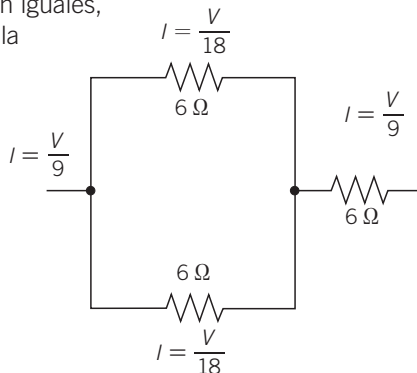


La resistencia equivalente a las dos de 6Ω en paralelo es de 3Ω , que sumadas a la de 6Ω en serie con los anteriores, da 9Ω .

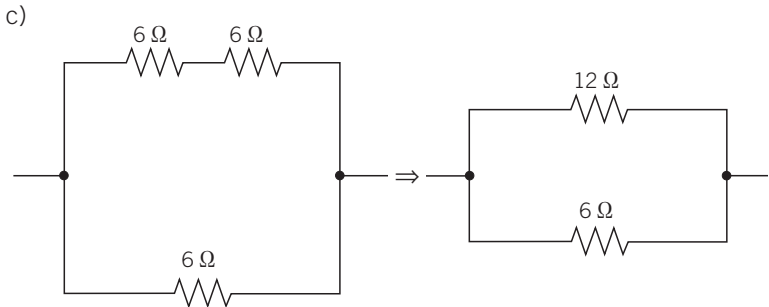
- b) La energía disipada en cada resistencia viene dada por:

$$E = I^2 R t$$

Como las tres resistencias son iguales, disipará mayor energía aquella por la que circule mayor intensidad.



Es decir, la de 6Ω en serie.



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{12\Omega} = \frac{3}{12}\Omega^{-1} \rightarrow R = \frac{12}{3}\Omega = 4\Omega$$

41. La parte baja de una nube tormentosa almacena 20 C de carga. Si se produce un relámpago que dura 10^{-3} s, ¿cuál es la intensidad de la corriente que fluye a la Tierra?

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{20\text{C}}{10^{-3}\text{s}} = 2 \cdot 10^4 \text{A}$$



42. Se tiene una resistencia de inmersión de 1500 W conectada a 230 V. Calcula el valor de la resistencia y la corriente que circula por ella.

$$P = VI \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{1500\text{W}}{230\text{V}} = 6,5\text{A}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{230\text{V}}{6,5\text{A}} = 35,3\Omega$$

43. ¿Cuál es la resistencia de una lámpara cuyas indicaciones son 60 W, 230 V? Calcula la potencia consumida cuando se conecta a una tensión de 120 V.

$$P = VI \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{60\text{W}}{230\text{V}} = 0,26\text{A}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{230\text{V}}{0,26\text{A}} = 881,6\Omega$$

$$\text{Cuando se conecta a } 120\text{V: } I' = \frac{V'}{R} = \frac{120\text{V}}{881,6\Omega} = 0,14\text{A,}$$

$$\text{y la nueva potencia es } P' = V' \cdot I' = 120\text{V} \cdot 0,14\text{A} = 16,3\text{W}$$

14 Electricidad

44. La resistividad del cobre es $1,76 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$.

a) Calcula la resistencia de un hilo de cobre de 2 m de longitud y $0,1 \text{ mm}^2$ de sección.

b) ¿Por qué se usa tanto el cobre en los hilos conductores?

$$a) R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 1,76 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm} \cdot \frac{200 \text{ cm}}{0,001 \text{ cm}^2} = 0,35 \Omega$$

b) Por su baja resistencia debido a su baja resistividad o alta conductividad.

45. Una batería de $\varepsilon = 9 \text{ V}$ y resistencia interna de 1Ω está conectada a un circuito en el que hay tres resistencias de $3, 4$ y 5Ω conectadas en paralelo.

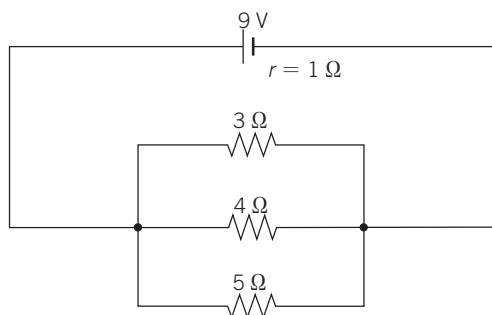
Calcula:

a) La resistencia equivalente.

b) La intensidad del circuito.

c) La diferencia de potencial en cada resistencia.

d) La diferencia de potencial existente entre los bornes del generador.



$$a) \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3 \Omega} + \frac{1}{4 \Omega} + \frac{1}{5 \Omega} = \frac{20 + 15 + 12}{60} \Omega^{-1} \rightarrow$$

$$\rightarrow R_T = \frac{60}{47} \Omega = 1,3 \Omega$$

$$b) I_T = \frac{V}{R_T + r} = \frac{9 \text{ V}}{\left(\frac{60}{47} + 1\right) \Omega} = 3,9 \text{ A}$$

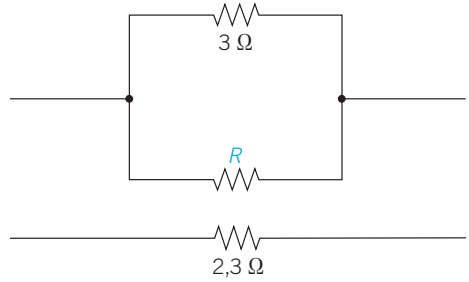
c) La diferencia de potencial en cada resistencia es la misma y se puede calcular como producto de la I_T por la R_T .

$$V = I_T \cdot R_T = 3,9 \text{ A} \cdot 1,3 \Omega = 5,1 \text{ V}$$

d) La diferencia de potencial entre los bornes del generador es igual a la fuerza electromotriz menos el producto $I_T \cdot r$.

$$V_{\text{borne-generador}} = \varepsilon - I \cdot r = 9 \text{ V} - 3,9 \text{ A} \cdot 1 \Omega = 5,1 \text{ V} = I_T \cdot R_T, \text{ como era de esperar}$$

46. ¿Qué resistencia R hay que asociar con otra de 3Ω para que la resistencia equivalente sea de $2,3 \Omega$?



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{1}{2,3 \Omega} = \frac{1}{3 \Omega} + \frac{1}{R} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{2,3 \Omega} - \frac{1}{3 \Omega} = 0,101 \Omega^{-1} \rightarrow R = 9,9 \Omega$$

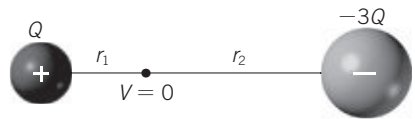
47. Sobre una de carga de $4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ y masa $2 \cdot 10^{-2} \text{ g}$ situada en un campo eléctrico actúa una fuerza de $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$.
- Calcula el valor del campo.
 - ¿Qué aceleración presenta la carga?
 - De qué magnitudes depende el valor de dicha aceleración?

$$a) E = \frac{F}{q} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-5}} \text{ N/C} = 30 \text{ N/C}$$

$$b) a = \frac{F}{m} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-5}} \text{ m/s}^2 = 60 \text{ m/s}^2$$

c) Depende de la fuerza eléctrica sobre la carga, es decir, del valor del campo y de la masa de la partícula.

48. Dos cargas Q y $-3Q$ están separadas por una distancia d . ¿En qué punto de la línea que ambas cargas una se anula el potencial?



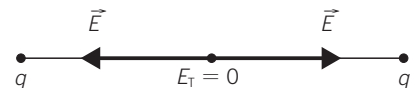
$$V = V_Q + V_{-3Q} = K \frac{Q}{r_1} - K \frac{3Q}{r_2} = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow K \frac{Q}{r_1} - K \frac{3Q}{r_2} = 0 \rightarrow \frac{1}{r_1} = \frac{3}{r_2} \rightarrow r_2 = 3r_1$$

$$\text{Como } r_1 + r_2 = d \rightarrow r_1 = d/4$$

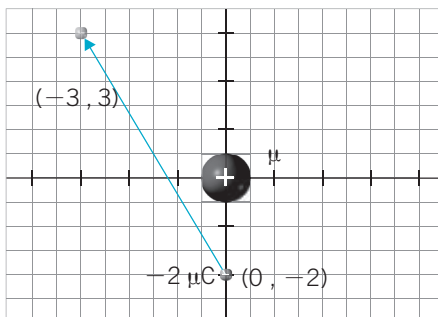
49. Dos cargas iguales están separadas una distancia d . ¿En qué punto de la línea que las une se anula el campo?

Si las cargas son iguales en valor y signo, el campo se anula en el punto medio de la línea que las une porque los campos son iguales en módulo y de distinto sentido en dicho punto.



14 Electricidad

50. Una carga eléctrica de $5 \mu\text{C}$ se encuentra fija en el origen de coordenadas. Otra carga de $-2 \mu\text{C}$ pasa del punto $(0, -2)$ m al punto $(-3, 3)$ m. Calcula el trabajo realizado por las fuerzas del campo.



El trabajo realizado por las fuerzas del campo cuando una carga pasa de un punto a otro de un campo eléctrico es:

$$W = -\Delta E_p = -q \cdot \Delta V = -q \cdot (V_2 - V_1) = q \cdot (V_1 - V_2)$$

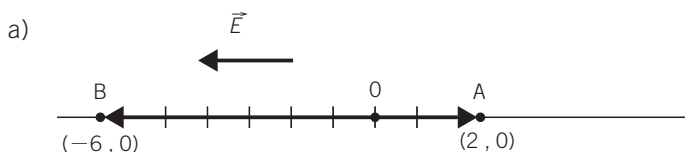
$$V_1 = K \frac{Q}{r_1} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{2 \text{ m}} = 22500 \text{ V}$$

$$V_2 = K \frac{Q}{r_2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{\sqrt{18} \text{ m}} = 10606,6 \text{ V}$$

$$W = q \cdot (V_1 - V_2) = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 11893,4 \text{ V} = -0,024 \text{ J}$$

51. Un campo eléctrico uniforme tiene el sentido de las x negativas.

- a) Indica si es positiva o negativa la diferencia de potencial ($V_B - V_A$) entre los puntos A y B de coordenadas $(2, 0)$ m y $(-6, 0)$ m, respectivamente.
- b) Si $V_B - V_A$ es 10^{-5} V, ¿cuál es el valor del campo eléctrico?



La diferencia de potencial entre dos puntos de un campo uniforme viene dada por:

$$V_B - V_A = -\vec{E} \cdot \Delta \vec{r} = -\vec{E} \cdot (\vec{r}_B - \vec{r}_A)$$

$$\vec{r}_B - \vec{r}_A = (-6, 0) - (2, 0) = (-8, 0) \text{ m}$$

$$\vec{E} = (-E, 0) \rightarrow V_B - V_A = -(-E, 0) \cdot (-8, 0) = -8E$$

La diferencia de potencial es negativa, lo que está de acuerdo con el hecho de que el campo está dirigido hacia potenciales bajos.

- b) Si $\Delta V = -10^{-5}$ V, como $\Delta V = -8E$, la diferencia de potencial debe ser negativa.

$$8E = 10^{-5} \rightarrow E = \frac{10^{-5}}{8} = 12500 \text{ N/C} \rightarrow \vec{E} = (-12500, 0) \text{ N/C}$$

52. Un electrón está situado en un campo eléctrico uniforme de intensidad 100 kV/m.

a) Determina la aceleración del electrón.

b) Calcula la velocidad cuando ha recorrido 50 mm partiendo del reposo.

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

$$E = \frac{100 \text{ kV}}{m} = 10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$a) a = \frac{F}{m} = \frac{q \cdot E}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^5 \text{ V/m}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 1,76 \cdot 10^{16} \text{ m/s}^2$$

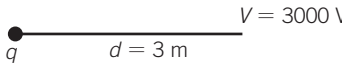
b) Del principio de conservación de la energía aplicado a una partícula que se mueve en un cuerpo eléctrico uniforme:

$$\Delta E_c = q \cdot \Delta V = q \cdot Ed \rightarrow \frac{1}{2} mv^2 = qEd \rightarrow$$

$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{2q \cdot Ed}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 41\,931,4 \text{ km/s}$$

53. El potencial a 3 m de una carga puntual es 3000 V. Halla el valor del campo en el mismo punto.



$$V = K \frac{q}{d} \rightarrow$$

$$\rightarrow Kq = Vd$$

$$E = K \frac{q}{d^2} = \frac{V \cdot d}{d^2} = 1000 \text{ N/C}$$

54. Se aceleran una partículas α (${}^4_2\text{He}^{2+}$) a través de una diferencia de potencial de 2000 V. Halla la velocidad que adquieren después de recorrer una distancia de 3 cm ($m = 4 \text{ u} = 4 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$).

Aplicando lo visto en el problema 52: $\Delta E_c = q \cdot Ed = q \cdot \Delta V$

$$\frac{1}{2} mv^2 = q \Delta V \rightarrow v = \sqrt{\frac{2q \cdot \Delta V}{m}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2000}{4 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}} = 4,39 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

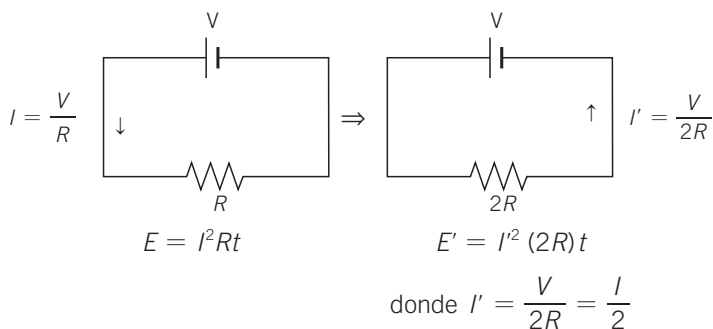
14 Electricidad

55. Si un cuerpo metálico cargado con una carga negativa de 10^{-6} C se descarga a tierra al ponerlo en contacto con ella, ¿ha perdido o ganado electrones? ¿Cuántos?

Si su carga es negativa y finalmente no tiene carga, es que ha perdido electrones.

$$N_{\text{electrones perdido}} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ e/C} \cdot 10^{-6} \text{ C} = 6,24 \cdot 10^{12} \text{ e}$$

56. Si duplicamos la resistencia de una estufa, ¿cómo variará el consumo de energía cuando se conecta a la misma tensión durante el mismo tiempo?



Por tanto:

$$E' = \frac{I^2}{4} \cdot (2R) t = \frac{I^2 R t}{2} = \frac{E}{2}$$

El consumo se reduce a la mitad.

57. Un cargador de un teléfono móvil funciona a 65 mA. ¿Cuántos culombios proporciona si para que la carga sea completa debe estar cargando durante 2 horas?

$$I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t = 6,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{C}}{\cancel{\text{s}}} \cdot 3600 \cdot 2 \cancel{\text{h}} \rightarrow$$

$$\rightarrow Q = 468 \text{ C}$$

58. Contesta:

- a) ¿Qué quiere decir que la intensidad de una corriente es de 5 A?
 b) ¿Qué carga atravesará un conductor si por él pasa dicha intensidad durante una hora y media?

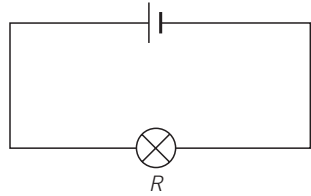
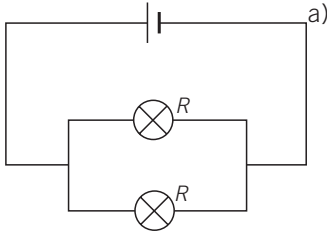
a) Que pasan 5 C por segundo a través de la sección transversal de un conductor.

b) $Q = I \cdot t = 5 \frac{\text{C}}{\cancel{\text{s}}} \cdot 5400 \cancel{\text{h}} = 27000 \text{ C}$

59. Dos bombillas en paralelo lucen lo mismo que una sola y más que dos bombillas conectadas en serie.

a) ¿Podrías explicarlo?

b) Dibuja los circuitos con las bombillas en serie y en paralelo y aplica la ley de Ohm a los distintos casos.



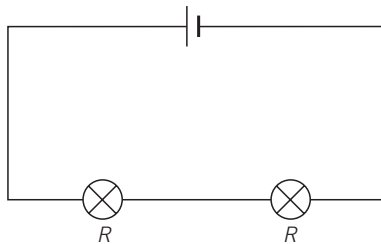
$$R_T = \frac{R}{2}$$

La resistencia equivalente a dos bombillas en paralelo es la mitad de la resistencia de una de ellas.

$$R_T = \frac{R}{2} \rightarrow I = \frac{V}{\frac{R}{2}} = 2 \frac{V}{R}$$

La intensidad del circuito en paralelo es el doble que la del circuito con una sola bombilla, pero la intensidad por cada rama es la mitad; es decir, $\frac{V}{R}$, que es la misma que la que pasa por el circuito con una bombilla. Por ello, se cumple que dos bombillas iguales en paralelo lucen lo mismo que una sola.

b) Si se conectan dos bombillas en serie:

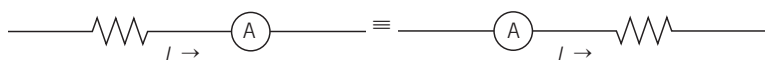


$$R_T = 2R \rightarrow I = \frac{V}{2R}$$

La intensidad que atraviesa cada una es la mitad que la que pasa por cada rama del circuito en paralelo del apartado anterior, y por eso lucen menos las dos bombillas en serie.

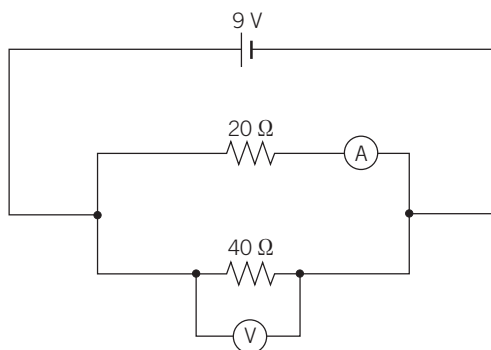
60. ¿Dónde debe conectarse un amperímetro en un circuito con una resistencia para medir la corriente, antes o después de la resistencia?

Da lo mismo, la corriente es la misma a lo largo de todo el conductor.



61. Observa el circuito:

- Señala qué indicará el amperímetro cuando circula la corriente por el circuito.
- Explica qué indicará el voltímetro del esquema cuando circula la corriente por el circuito.



$$\frac{I}{R_T} = \frac{1}{20\ \Omega} + \frac{1}{40\ \Omega} \rightarrow \frac{I}{R_T} = \frac{3}{40}\ \Omega^{-1} \rightarrow R_T = \frac{40}{3}\ \Omega$$

$$I_T = \frac{V}{R} = \frac{9\text{ V}}{\frac{40}{3}\ \Omega} = \frac{27}{40}\ \text{A} = 0,67\ \text{A}$$

- La corriente por cada rama es inmensamente proporcional a la resistencia. Por la resistencia de $20\ \Omega$ pasará una corriente que será $\frac{2}{3}$ de la corriente total, y por la resistencia de $40\ \Omega$ la corriente será $\frac{1}{3}$ de la total.

$$I_{20\ \Omega} = \frac{2}{3} I_T = \frac{2}{3} \cdot \frac{27}{40}\ \text{A} = 0,45\ \text{A}$$

$$I_{40\ \Omega} = \frac{1}{3} I_T = \frac{1}{3} \cdot \frac{27}{40}\ \text{A} = 0,22\ \text{A}$$

El amperímetro marcará $0,45\ \text{A}$.

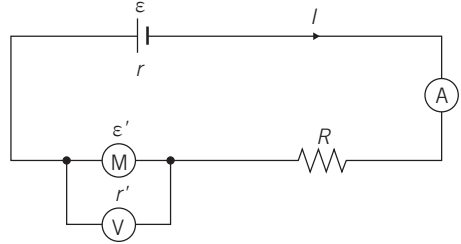
$$\text{b) } V = I_T \cdot R_T = \frac{27}{40}\ \text{A} \cdot \frac{40}{3}\ \Omega = 9\ \text{V} \text{ marcará el voltímetro}$$

La tensión es la misma que la de la pila, si no se considera la resistencia interna de la misma.

62. Tenemos el siguiente circuito:

Cuando se cierra el circuito, los aparatos indican las siguientes lecturas:

- Amperímetro $\rightarrow 0,2 \text{ A}$.
- Voltímetro $\rightarrow 4,4 \text{ V}$.



Si sujetamos las aspas del motor para evitar que gire, observamos que la intensidad de corriente que señala el amperímetro sube a 2 A .

- Calcula la resistencia interna del motor.
- Calcula la fuerza contraelectromotriz del motor.
- ¿Cuánta energía proporciona la pila en un minuto?
- ¿Cuánta energía se invierte en hacer girar al motor?
- ¿Cuánta energía se disipa como calor debido a la resistencia interna r' del motor?
- ¿Cuánta energía se disipa como calor debido a la resistencia interna r de la pila?

Con el motor funcionando:

$$V_{AB} = \varepsilon' + I_1 \cdot r' \rightarrow 4,4 \text{ V} = \varepsilon' + 0,2 \cdot r'$$

Con el motor forzado a no girar:

$$V_{AB} = I_2 \cdot r' \rightarrow 4,4 \text{ V} = 2 r'$$

a) $r' = 2,2 \Omega$

b) $\varepsilon' = V_{AB} - 0,2 \cdot r' = 4,4 \text{ V} - 0,2 \text{ A} \cdot 2,2 \Omega = 3,96 \text{ V}$

c) $\varepsilon = 4,4 \text{ V} + \varepsilon' = 4,4 \text{ V} + 3,96 \text{ V} = 8,36 \text{ V}$

Por tanto:

$$W = P \cdot t = \varepsilon \cdot I \cdot t = 8,36 \text{ V} \cdot 0,2 \text{ A} \cdot 60 \text{ s} = 100 \text{ J}$$

d) En el motor se invierte:

$$W_M = P_M \cdot t = \varepsilon' \cdot I \cdot t = 3,96 \text{ V} \cdot 0,2 \text{ A} \cdot 60 \text{ s} = 47,5 \text{ J}$$

e) $W_Q = (I_1)^2 \cdot r' \cdot t = (0,2 \text{ A})^2 \cdot 2,2 \Omega \cdot 60 \text{ s} = 5,28 \text{ J}$

f) Con la conservación de la energía:

$$100 \text{ J} = W = W_M + W_Q + W_{R+r} = 47,5 \text{ J} + 5,28 \text{ J} + W_{R+r} \rightarrow W_{R+r} = 47,22 \text{ J}$$

$$W_{R+r} = 47,22 \text{ J} = I^2 \cdot (R + r) \cdot t \rightarrow$$

$$\rightarrow R + r = \frac{W_{R+r}}{I^2 \cdot t} \rightarrow R + r = 19,675 \Omega$$

Por tanto: $r = 19,675 \Omega - R$ y $W_r = (I_1)^2 \cdot r \cdot t$.