2 La Física y la Química

Página 13

7. **De los siguientes cambios, razona cuáles son físicos y cuáles químicos: a) La dilatación de un metal. b) Se evapora el alcohol. c) La fruta madura. d) Una piedra cae. e) La leche se agria.**

Los cambios físicos son aquellos en los que no cambia la naturaleza química de la sustancia. Por tanto, aquí incluiremos la dilatación de un metal, la evaporación de alcohol y la caída de una piedra.

Los cambios químicos son aquellos en los que sí cambia la naturaleza química de la sustancia. Así, en este caso diremos que son cambios químicos la maduración de la fruta y la leche que se agria.

Trabaja con las imágenes

Fíjate en las imágenes y, apoyándote en tus conocimientos previos, responde a estas preguntas:

- **Si en vez de arrugar o quemar el papel lo cortamos por la mitad con una tijera, el cambio producido, ¿es físico o químico?**
- **¿Qué sustancias se obtienen al quemar el papel?**
- **Aparte de quemarlo, ¿qué podemos hacer al papel para que sufra un cambio químico?**

- Es un cambio físico, pues no hay cambio en la naturaleza química de las sustancias que intervienen.
- Si la combustión es completa, entre otras, dióxido de carbono y agua. Si no es completa, también monóxido de carbono.
- Podríamos blanquearlo con lejía, o dejar que amarillee con el tiempo (oxidación). Es un buen momento para señalar las diferencias entre oxidación y combustión.

- **En la naturaleza se producen otro tipo de cambios: los cambios nucleares. Busca información sobre sus características, y qué los diferencia de los cambios estudiados.**
- Los cambios nucleares son aquellos en los que se obtiene un elemento químico diferente al inicial. No se produce, pues, por reordenación de átomos, sino por cambios en el núcleo de los mismos.

3 Magnitudes físicas. Unidades y medidas

Página 14

Trabaja con la imagen

En Física y Química todo valor numérico obtenido en una medida debe acompañarse de la unidad utilizada. Imagina que alguien te dice que la masa de un objeto es de 55. ¿Entenderías lo que está diciendo? Seguramente le preguntarías ¿55 qué? ¿Gramos, kilogramos, toneladas? Un número sin unidad no tiene sentido físico.

Además, también es importante, a la hora de expresar la medida, utilizar la unidad adecuada en función del orden de magnitud de lo que medimos. Por ejemplo, ¿qué unidad utilizarías para expresar el valor de la masa del pez raya de la fotografía? ¿Y para expresar el valor de la del tren?

La unidad más adecuada para expresar la masa del pez raya es el kilogramo (kg). En el caso del tren se debería utilizar la tonelada (T), que equivale al megagramo (Mg), o el gigagramo (Gg).

Página 15

9. **Razona si las siguientes características de una persona son magnitudes físicas:**

a) Altura. **b) Honor.**

c) Curiosidad. **d) Peso.**

En los casos afirmativos, indica si se trata de una magnitud fundamental o derivada, y sus unidades SI.

Son magnitudes físicas en una persona la altura y el peso, pues son cuantificables de una forma objetiva. El honor y la curiosidad no lo son.

La altura, como es una medida de longitud, es una magnitud fundamental, y su unidad SI es el metro, m.

El peso, que es una medida de fuerza, es una magnitud derivada, y su unidad SI es el Newton, N $\left(\frac{kg \cdot m}{s^2}\right)$.

12. **Indica al menos tres unidades para la medida de:**

a) Tiempo. **b) Masa.** **c) Longitud.**

Podemos recomendar, para el tiempo, el segundo, el minuto, el día; para la masa, el gramo, la tonelada y la onza; y para la longitud, el metro, el pie y la milla.

4 Instrumentos de medida. Errores

Página 16

Trabaja con la imagen

Si se han medido 17,5 mL, ¿con qué probeta se ha realizado la medida? ¿Y para 46 mL? ¿Y si son 43,5 mL? Razona tus elecciones.

¿Por qué no se habla de intervalo de medida de los cronómetros?

Para medir 17,5 mL hay que utilizar la probeta 2 (umbral de resolución: 0,5 mL). Los 46 mL hay que medirlos con la probeta 1, pues superan la cota máxima de la 2. Para medir 43,5 habrá que utilizar una probeta distinta a las presentadas o medir hasta 40,0 mL con la probleta 1 y, con mucho cuidado, los 3,5 mL con la probeta 2. Pero es muy complicado medir los 0,5 mL porque ninguna de las probetas tiene marcado en el cristal esa medida.

En los cronómetros no tiene sentido hablar de intervalo de medida, pues la cota mínima siempre es cero, y la máxima, en principio, ilimitada.

Página 17

14. **Determina los intervalos de medida de las probetas de la página anterior. ¿Cómo medirías con ellas 132,5 mL?**

Probeta 1. Cota mínima: 5 mL; cota máxima: 50 mL; intervalo: 45 mL. Probeta 2. Cota mínima: 2,5 mL; cota máxima: 25 mL; intervalo: 22,5 mL. Podríamos medir 132,5 mL realizando sucesivas mediciones, siendo necesario, al menos para una de ellas, el uso de la probeta 2.

17. **Si con el cronómetro del ejercicio resuelto de esta página se mide un tiempo de 10,15 minutos, ¿cuál es el valor de los errores absoluto y relativo? Basándote en tu respuesta, indica cómo varía la calidad de una medida en función del valor medido.**

Teniendo en cuenta que el error absoluto del cronómetro analógico es ±1 s, podemos decir que el error relativo de la medida será:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_a}{t} = \frac{1\,\text{s}}{10,15 \cdot 60\,\text{s}} = 0,00164$$

La calidad de la medida viene determinada por el error relativo, diremos que cuanto mayor, en valor, sea la medida, mejor calidad tendrá, puesto que su error relativo será menor.

Página 18

18. **Razona si hay diferencia entre decir que la masa de un cuerpo es de 23,4 g o 23,400 g. Expresa estas medidas con su incertidumbre.**

Aunque matemáticamente los dos números sean iguales, bajo el dato 23,4 g subyace el hecho de que el umbral de resolución del instrumento utilizado es de 0,1 g (podría ser otro, como 0,2 g, aunque no es lo habitual); para obtener 23,400 g se ha de utilizar un instrumento con umbral de resolución 0,001 g. Con las incertidumbres anteriores, las medidas se expresarían 23,4 ± 0,1 g y 23,400 ± 0,001 g.

19. **De acuerdo con el ejercicio resuelto 2, expresa el error relativo de la última actividad de la página anterior.**

El error relativo de la actividad anterior tiene un valor de:

$$\varepsilon_r = 0,00164$$

De acuerdo al ejercicio resuelto 2 del libro del alumnado, la aproximación del error quedaría como:

$$\varepsilon_r = 0,002 = 0,2\ \%$$

21. **Se realizan tres medidas de tiempo con un cronómetro digital: 4,35 s, 4,53 s y 4,42 s. Expresa correctamente el valor de la medida.**

El valor de la medida será la media aritmética de las tres medidas que se han tomado seguida del error absoluto:

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{4,35\,\text{s} + 4,53\,\text{s} + 4,42\,\text{s}}{3} = 4,4\widehat{3}\ \text{s}$$

Se toma como error absoluto de la medida el umbral de resolución del cronómetro: ±0,01 s. Por tanto, el valor correcto de la medida es:

$$t = 4,43 \pm 0,1\,\text{s}$$

5 Múltiplos y submúltiplos

Página 19

22. **La masa y el volumen de un mineral son: *m* = 15,32 g; *V* = 4,5 cm³. Expresa la densidad en el SI.**

Teniendo en cuenta que, en el SI, la masa debe estar en kg y el volumen en m³, su valor será:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{15,32\,\text{g}}{4,5\,\text{cm}^3} \cdot \frac{1\,\text{kg}}{10^3\,\text{g}} \cdot \frac{10^6\,\text{cm}^3}{1\,\text{m}^3} = 3\,404,4\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

23. Una avioneta que vuela a 1500 pies de altitud se desplaza a 200 mph (millas por hora). Busca los factores de conversión que necesites para expresar los datos en el SI.

Sabemos que 1 pie equivale a 0,3048 metros, y que 1 mph es lo mismo que 0,44704 m/s. Por tanto, si hacemos la conversión de estas medidas:

$$h = 1\,500 \text{ pies} \cdot \frac{0{,}3048 \text{ m}}{1 \text{ pie}} = 457{,}2 \text{ m}$$

$$v = 200 \text{ mph} \cdot \frac{0{,}44704 \text{ m/s}}{1 \text{ mph}} = 89{,}41 \text{ m/s}$$

6 El lenguaje de la ciencia

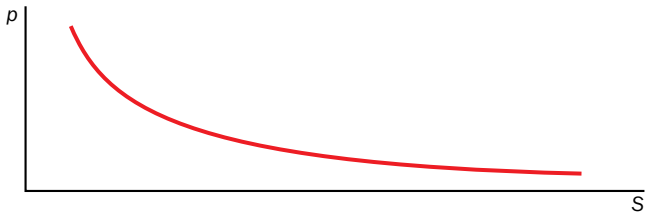
Página 21

26. Suponiendo una fuerza constante (*F* = cte), representa la gráfica de *p* en función de *S*.

Sabiendo que la relación que existe entre la presión y la superficie es:

$$p = \frac{F}{S} \xrightarrow{F = \text{cte}} p = \frac{\text{cte}}{S} = \text{cte} \cdot \frac{1}{S}$$

Como la relación es inversamente proporcional, la gráfica tendrá el siguiente aspecto:

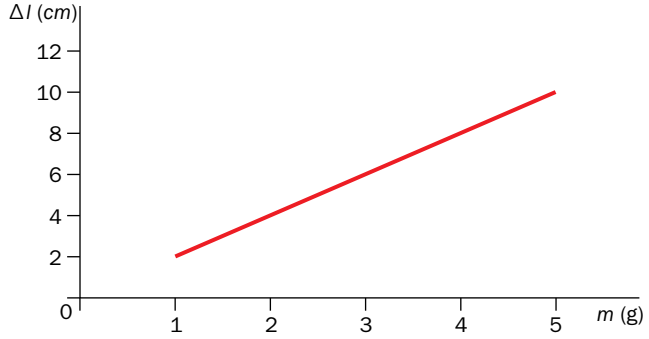


27. Se mide el alargamiento de un muelle en función de la masa que se cuelga de él, obteniéndose:

m (g)	1	2	3	4	5
Δ*l* (cm)	2	4	6	8	10

Representa la gráfica y estudia la relación Δ*l*-*m*.

La gráfica que representa los datos recogidos en la tabla es la que sigue:



La relación entre Δ*l* y *m* es de proporcionalidad directa, ya que la gráfica obtenida es una recta.

Trabaja con lo aprendido

Página 26

Cambios físicos y cambios químicos

10. **Clasifica los siguientes cambios en físicos o químicos, y explica las razones de tus decisiones:**

a) Formación del arcoíris.

b) Se obtiene cobre a partir de óxido de cobre.

c) Fundimos hierro.

d) El metanol (alcohol de farmacia) solidifica.

e) Formación de las nubes.

f) Se rompe una botella de vidrio.

g) La formación de estalactitas y estalagmitas.

h) Maduración de la fruta.

i) Encendemos la luz de una habitación.

j) Se quema una tostada.

Teniendo en cuenta que un cambio físico es aquel que no varía la naturaleza de las sustancias y que un cambio químico sí lo hace, podemos hacer la siguiente tabla:

Cambios físicos	Cambios químicos
• Formación del arcoíris. • Fundimos hierro. • El metanol solidifica. • Formación de las nubes. • Se rompe una botella de vidrio. • Encendemos la luz de una habitación.	• Se obtiene cobre a partir de óxido de cobre. • Maduración de la fruta. • Se quema una tostada. • Formación de estalactitas y estalagmitas.

Página 27

Magnitudes físicas. Unidades y medida

14. **La mecánica es la parte de la Física que estudia los movimientos y sus causas. Dos sistemas de unidades muy utilizados para ello son el MKS (metro – kilogramo - segundo) y el CGS (centímetro – gramo - segundo). ¿Alguno de ellos pertenece al SI? Expresa las magnitudes derivadas que se incluyen en esta unidad en el sistema CGS.**

El sistema de unidades que pertenece al SI es el MKS. Completando la tabla de la página 15 del libro del alumnado con la columna de unidades del sistema CGS, obtendríamos:

Magnitud	Unidad SI	Unidad CGS
Superficie (*s*)	m^2	cm^2
Volumen (*V*)	m^3	cm^3
Densidad (*d*)	kg/m^3	g/cm^3
Velocidad (*V*)	m/s	cm/s
Aceleración (*a*)	m/s^2	cm/s^2
Fuerza (*F*)	N ($kg \cdot m/s^2$)	$g \cdot cm/s^2$
Presión (*p*)	Pa (N/m^2)	$g/(cm/s^{2)}$
Energía (*E*)	J ($N \cdot m$)	$g \cdot cm^2/s^2$

15. **La expresión matemática de la segunda ley de Newton, donde *F* es la fuerza; *m,* la masa, y *a,* la aceleración, es:**

$$F = m \cdot a$$

a) Exprésala en lenguaje verbal, indicando las relaciones de proporcionalidad que observes.

b) Identifica las magnitudes derivadas y expresa sus unidades en función de las fundamentales del SI.

a) La fuerza aplicada sobre un cuerpo es directamente proporcional a la aceleración que le comunica.

b) La fuerza y la aceleración son derivadas. Sus unidades en el SI son:

$$F \equiv \text{N}\,(\text{kg} \cdot \text{m/s}^2)$$

$$a \equiv \text{m/s}^2$$

16. **Para estudiar los gases en primera aproximación se utiliza el modelo de «gas ideal» o «gas perfecto», que estudiarás más adelante. La ecuación física que describe estos sistemas materiales es:**

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

En esta ecuación, *R* es la «constante de los gases ideales», cuyo valor es:

$$R = 0{,}082\ \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

a) Identifica las variables que intervienen en la ecuación y exprésala en lenguaje verbal.

b) Las magnitudes implicadas, ¿son fundamentales o derivadas?

c) Las magnitudes derivadas del apartado anterior, ¿qué relación guardan con las fundamentales?

d) Independientemente del valor que tome, ¿cuáles son las unidades SI de la constante *R*?

e) Expresa las unidades de *R* en función de las unidades fundamentales del SI.

a) De izquierda a derecha, según aparecen en la fórmula: presión, volumen, cantidad de sustancia y temperatura. Por ejemplo, «el producto de la presión por el volumen es directamente proporcional al producto de la cantidad de sustancia por la temperatura».

b) Son fundamentales la cantidad de sustancia y la temperatura; la presión y el volumen, derivadas.

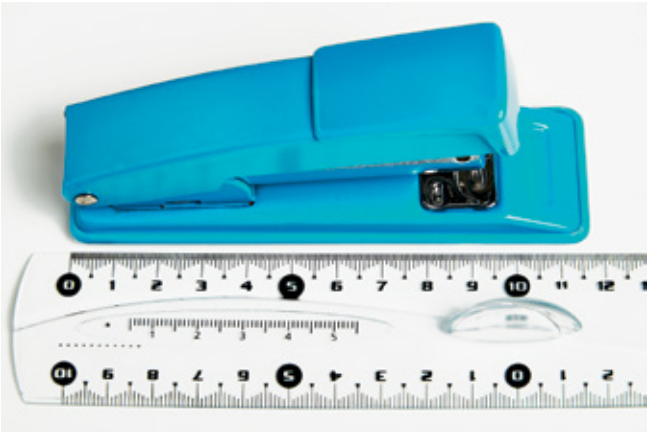
c) El volumen es una longitud al cubo; la presión, una masa dividida por el producto de una longitud por un tiempo al cuadrado.

d) J/(K · mol).

e) $(kg \cdot m^2)/(s^2 \cdot K \cdot mol)$.

Página 28

21. Expresa correctamente las siguientes medidas, indicando su incertidumbre:



La longitud de la grapadora de la primera imagen es:

$$l = 11,7 \pm 0,1\,cm$$

Para la segunda imagen, podemos decir que la masa será:

$$m = 55 \pm 1\,kg$$

Nota: las unidades se suponen, pues no se señalan en los instrumentos.

22. **Cuando se realizan operaciones, el resultado se redondea a la cifra decimal del valor utilizado que menos tenga. En base a esto, expresa correctamente el resultado de las siguientes operaciones:**

a) 3,72 + 26,5 + 56,572. b) (1,3 · 7,21)/0,082. c) 0,056 · 26,34/5,2.

Teniendo en cuenta lo que nos dice el ejercicio, podremos dar los resultados de las operaciones de esta forma:

a) 3,72 + 26,5 + 56,572 = 86,792 ≃ 86,8.

b) (1,3 · 7,21)/0,082 = 114,304878 ≃ 114,3.

c) 0,056 · 26,34/5,2 = 0,2836615... ≃ 0,3.

23. **Con una cinta métrica que aprecia hasta el milímetro, se realizan tres medidas de la longitud de una mesa: l_1 = 200,7 cm; l_2 = 200,9 cm; l_3 = 201,0 cm. Expresa el resultado de la medida y calcula el error relativo.**

El resultado de la medida se expresa calculando la media aritmética de las tres medidas, seguido por el error absoluto:

$$l = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{3} = \frac{200,7\text{ cm} + 200,9\text{ cm} + 201,0\text{ cm}}{3} = 200,87\text{ cm}$$

El error es ±0,1, luego hay que aproximar la media a 200,9 cm. Luego, el resultado será:

$$l = 200,9 \pm 0,1\text{ cm}$$

El error relativo será:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_a}{l} = \frac{0,1\text{ cm}}{200,87\text{ cm}} = 4,97 \cdot 10^{-4} \simeq 5 \cdot 10^{-4}$$

Magnitudes físicas. Unidades y medida

27. **En astronomía, las distancias son enormes, y se definen unidades adecuadas para expresarlas:**

- **Unidad astronómica. Se define como la distancia media Tierra-Sol (1 UA = 150 000 000 km).**
- **Año luz. Es la distancia que recorre la luz en un año, propagándose en el vacío a 300 000 km/s.**
- **Parsec. Equivale a 3,2616 años luz.**

Expresa estas unidades en el SI, primero sin notación científica, y luego, con ella. Relaciona el parsec y el año luz con la UA.

Al pasar las unidades anteriores al SI, quedan de esta forma:

$$1\text{ UA} = 150\,000\,000\text{ km} = 150\,000\,000\,000\text{ m} = 1,5 \cdot 10^{11}\text{ m}$$

$$1\text{ año luz} = 300\,000\,\frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 1\text{ año} \cdot \frac{365\text{ días}}{1\text{ año}} \cdot \frac{24\text{ h}}{1\text{ día}} \cdot \frac{60\text{ min}}{1\text{ h}} \cdot \frac{60\text{ s}}{1\text{ min}} \cdot \frac{1\,000\text{ m}}{1\text{ km}} =$$

$$= 9\,460\,800\,000\,000\,000 = 9,4608 \cdot 10^{15}\text{ m}$$

$$1\text{ parsec} = 3,2616\text{ años luz} = 3,2616 \cdot 9,4608 \cdot 10^{15}\text{ m} = 3,086 \cdot 10^{16}\text{ m}$$

Si relacionamos las medidas de parsec y año luz con la de unidad astronómica, obtenemos que:

$$\frac{1\text{ UA}}{1,5 \cdot 10^{11}\text{ m}} = \frac{x}{9,4608 \cdot 10^{15}\text{ m}} \rightarrow x = 63\,072\text{ UA}$$

$$\frac{1\text{ UA}}{1,5 \cdot 10^{11}\text{ m}} = \frac{y}{3,086 \cdot 10^{16}\text{ m}} \rightarrow y = 205\,715,63\text{ UA}$$

Página 29

28. **Como estudiarás más adelante, la potencia eléctrica que consume un elemento de un circuito eléctrico viene dada por la expresión:**

$$P = R \cdot I^2$$

donde *R* es la resistencia del elemento e *I*, la intensidad de corriente que circula por él.

a) ¿Cómo expresarías esta relación en lenguaje verbal?

b) ¿Qué relación de proporcionalidad existe entre la potencia y la intensidad de corriente?

c) ¿Y entre la potencia y el cuadrado de la intensidad de corriente?

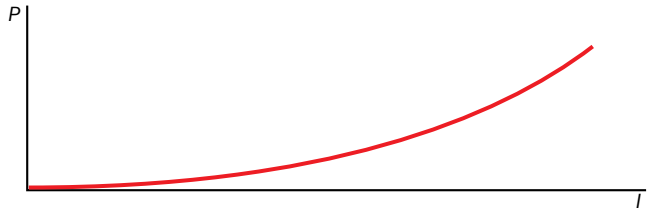
d) Representa las gráficas que describen las relaciones de los dos apartados anteriores.

a) Podríamos decir que la potencia es directamente proporcional al producto de la resistencia por el cuadrado de la intensidad.

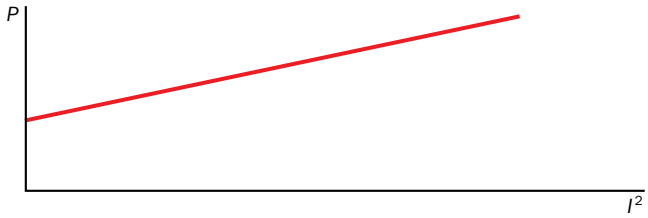
b) La relación que existe es de proporcionalidad cuadrática.

c) La proporcionalidad entre ambas variables es directa.

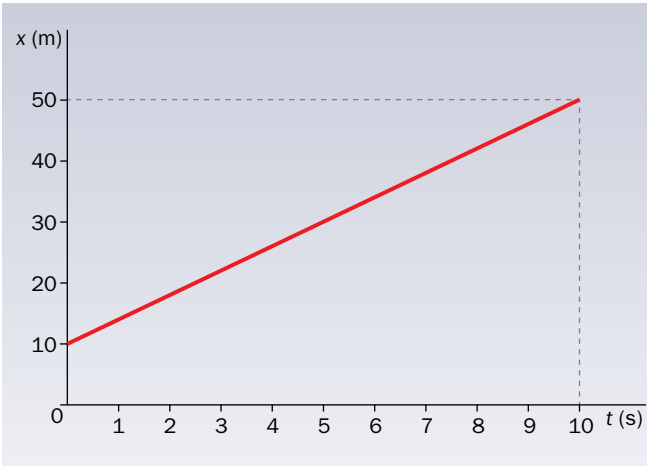
d) La gráfica que representa la proporcionalidad cuadrática entre la potencia y la intensidad es la siguiente:



Y la que representa proporcionalidad directa es:



29. **A partir de la siguiente gráfica, elabora una tabla con al menos cinco pares de datos, determina la relación entre las variables que se representan y exprésala en lenguaje verbal y matemático.**



A partir de la gráfica dada podemos elaborar la siguiente tabla:

x (*m*)	10	18	30	38	50
t (*s*)	0	2	5	7	10

La relación entre las variables es directamente proporcional. La expresión matemática sería:

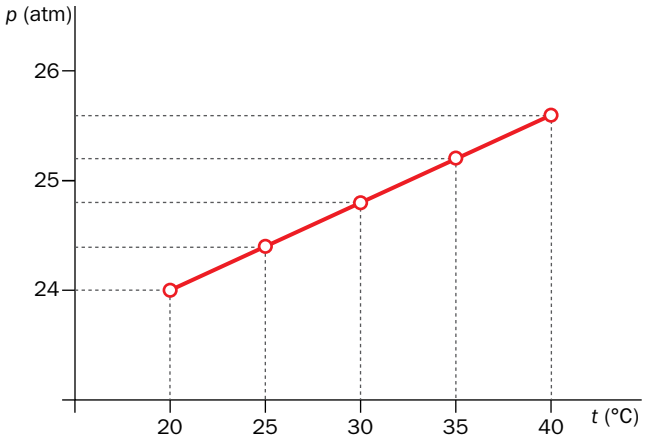
$$x = 10 + 2 \cdot t$$

30. Se mide la presión que ejerce una cantidad fija de aire sobre las paredes del recipiente cerrado que lo contiene mientras se aumenta la temperatura. Se obtiene la siguiente tabla de datos:

T (°C)	20	25	30	35	40
p (atm)	24,0	24,4	24,8	25,2	25,6

A partir de estos datos, representa la gráfica *p*-*T* (presión en ordenadas y temperatura en abscisas), determina la relación de proporcionalidad entre ambas magnitudes y deduce la ecuación física que las liga.

Según los datos recogidos en la tabla, la gráfica que obtenemos es la siguiente:



La proporcionalidad es directa, por tanto, su ecuación física es:

$$p = k \cdot T \quad \rightarrow \quad \frac{P}{T} = k \quad \rightarrow \quad \text{Segunda ley de Charles y Gay-Lussac}$$

3 Estructura interna de los átomos

Página 37

10. **Thomson pudo medir la relación entre la carga del electrón y su masa, encontrando el valor de 1,76 · 10^{11} C/kg. A partir del dato de la carga obtenido por Millikan, calcula la masa del electrón.**

La relación entre la carga de un electrón y su masa es la siguiente:

$$q = \frac{e}{m}$$

Conociendo los valores de *q* y de *e*, podemos hallar el valor de *m:*

$$m = \frac{e}{q} = \frac{1,602 \cdot 10^{-19}\ \text{C}}{1,76 \cdot 10^{11}\ \text{C/kg}} = 9,1 \cdot 10^{-31}\ \text{kg}$$

11. **Con el dato de la actividad anterior, determina el número de electrones que deberíamos colocar en el platillo de una hipotética balanza para que esta marcase 1,00 g.**

Sabiendo que la masa de 1 electrón es 9,1 · 10^{-31} kg, podemos proponer la siguiente equivalencia:

$$\frac{1\ \text{electrón}}{9,1 \cdot 10^{-31}\ \text{kg}} = \frac{x}{10^{-3}\ \text{kg}} \quad \rightarrow \quad x = 1,099 \cdot 10^{27}\ \text{electrones necesitaríamos}$$

4 Modelos atómicos

Página 39

16. **Distintas experiencias han permitido medir el tamaño de los átomos y de su núcleo. Así, el radio típico de un átomo puede ser de 100 pm, y el del núcleo, de 5 · 10^{-3} pm. Halla la relación entre el tamaño del átomo y el de su núcleo, y busca una analogía a nuestra escala que te permita entender la naturaleza hueca del átomo.**

La relación entre el radio de un átomo y el radio de su núcleo es:

$$\frac{r_{\text{átomo}}}{r_{\text{núcleo}}} = \frac{100\ \text{pm}}{5 \cdot 10^{-3}\ \text{pm}} = 20\,000$$

Así, podemos observar que el radio del átomo es 20 000 veces mayor que el radio del núcleo.

Como analogía a nuestra escala podríamos proponer lo siguiente: situamos en el centro de un campo de fútbol internacional un guisante, que haría las veces de núcleo, y en la última grada del estadio un alfiler, donde la cabeza corresponde a un electrón. Todo el espacio que queda entre ambos equivale al espacio hueco de un átomo.

5 Caracterización de los átomos

Página 41

18. **Usa los datos de la tabla y calcula cuántas veces es mayor la masa del protón que la del electrón.**

Según los datos recogidos en la tabla del libro del alumnado de la página 80, podemos establecer la siguiente relación:

$$\frac{m_{\text{protón}}}{m_{\text{electrón}}} = \frac{1,673 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}}{9,109 \cdot 10^{-31}\ \text{kg}} = 1\,836,64 \simeq 1\,837\ \text{veces mayor}$$

19. **Infórmate sobre la ecuación de Einstein que relaciona energía y masa y calcula la energía que se desprende al formarse 10^{24} núcleos de un determinado átomo si se «pierden» 0,570 u por cada núcleo formado.**

La ecuación de Einstein que relaciona la energía y la masa es:

$$E = m \cdot c^2$$

Donde c es la velocidad de la luz, que es $3 \cdot 10^8$ m/s.

La masa que se desprende la calculamos a partir de la masa perdida por cada núcleo formado, que es la siguiente:

$$m = 10^{24}\ \text{núcleos} \cdot \frac{0{,}570\ \text{u}}{1\ \text{núcleo}} \cdot \frac{1{,}661 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}}{1\ \text{u}} = 9{,}4677 \cdot 10^{-4}\ \text{kg}$$

Ahora ya podemos aplicar la ecuación de Einstein y calcular la energía desprendida:

$$E = m \cdot c^2 = 9{,}4677 \cdot 10^{-4}\ \text{kg} \cdot (3 \cdot 10^8\ \text{m/s})^2 = 8{,}52 \cdot 10^{13}\ \text{J}$$

21 **La masa de un átomo de nitrógeno es de 14,00 u:**

a) Expresa este valor en unidades del SI.

b) Calcula cuántos átomos de nitrógeno son necesarios para tener 1 kg de este elemento químico.

a) Para expresar la masa del nitrógeno en unidades del SI, utilizamos su equivalencia con el kilogramo, obteniendo:

$$\frac{1\ \text{u}}{1{,}661 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}} = \frac{14{,}00\ \text{u}}{x} \quad \rightarrow \quad x = 2{,}325 \cdot 10^{-26}\ \text{kg}$$

b) Para tener 1 kg de este elemento necesitamos:

$$\frac{1\ \text{átomo}}{2{,}325 \cdot 10^{-26}\ \text{kg}} = \frac{x}{1\ \text{kg}} \quad \rightarrow \quad x = 4{,}3 \cdot 10^{25}\ \text{átomos}$$

6 Isótopos. Aplicaciones

Página 42

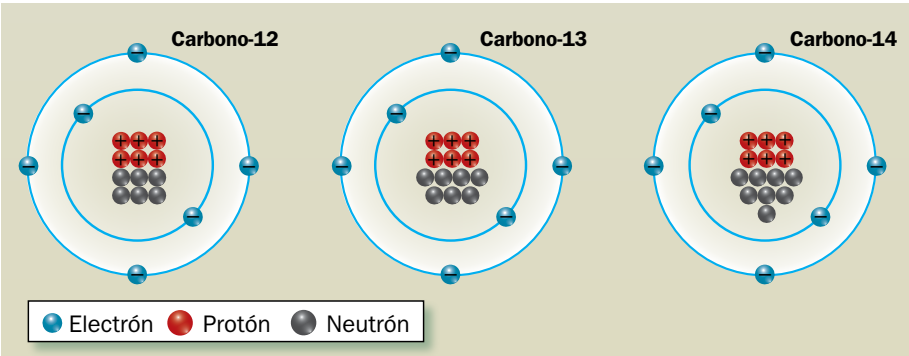
Trabaja con la imagen

Hay varias formas de representar los isótopos del hidrógeno; así, para el protio:

Hidrógeno-1 ; H-1 ; $^{1}_{1}H \equiv H$

Fíjate en las imágenes de los isótopos del carbono y represéntalos de las tres formas vistas.

Según la representación de los tres isótopos del carbono:



La representación del primero será:

Carbono-12 ; C-12 ; $^{12}_{6}C$

En el caso del segundo isótopo, sus tres representaciones son:

Carbono-13 ; C-13 ; $^{13}_{6}C$

Y para el último de ellos:

Carbono-14 ; C-14 ; $^{14}_{6}C$

Página 43

23. El número atómico de un átomo de uranio neutro es *Z* = 92, y su número másico, *A* = 238. Indica cuántas partículas subatómicas tiene de cada tipo. El isótopo U-235, ¿tendrá igual número de nucleones? ¿Y de electrones?

El número de partículas subatómicas que tiene el uranio, es:

$$Z = 92 = \text{n.º de electrones} = \text{n.º de protones}$$

$$A = N + Z$$

$$238 = n + 92$$

$$n = 146$$

Siendo *N* el número de neutrones y *Z* el de electrones.

El número de nucleones es el número de protones y neutrones (partículas que forman el núcleo de un átomo) sumados que hay en un átomo. Este valor se corresponde con el valor de *A,* número másico. Como podemos ver, el isótopo U-238 tiene distinto valor de *A,* que el isótopo U-235, porque varía el número de neutrones de uno a otro.

Por otro lado, el número de electrones de un isótopo a otro no puede variar, pues ya no serían isótopos, sino iones de un mismo isótopo.

25. Representa las tres formas posibles de los isótopos del silicio, sabiendo que para este elemento químico se pueden encontrar átomos con 14, 15 y 16 neutrones, respectivamente. Utiliza los tres tipos de representación que hemos expuesto en este epígrafe. Consulta la tabla periódica si lo necesitas.

El silicio tiene de número atómico *Z* = 14, por tanto:

Isótopo	Núcleo		Corteza
	Protones	Neutrones	Electrones
Si-28	14	14	14
Si-29	14	15	14
Si-30	14	16	14

Para el primer isótopo, sus tres representaciones serán:

Si-28 ; Silicio-28 ; $^{28}_{14}Si$

Para el segundo:

Si-29 ; Silicio-29 ; $^{29}_{14}Si$

Y para el tercero:

Si-30 ; Silicio-30 ; $^{30}_{14}Si$

7 La corteza electrónica

Página 45

27. ¿Qué dato necesitamos conocer para poder escribir la distribución de electrones por capas de un átomo o de un ion?

El dato que necesitamos conocer es el número de electrones del elemento. En el caso de que sea un átomo neutro, coincide con el número atómico. Para los iones, debemos saber además qué carga tienen, pues si es positiva, se descontará del número atómico, y si es negativa, se sumará.

28. Un átomo pierde dos electrones. ¿Forma un ion positivo o negativo? Indica de qué capas los perdería según que el átomo fuese: a) sodio; b) berilio; c) magnesio. Escribe cómo representarías los iones formados.

Si un átomo pierde electrones, formará un ion positivo. Dependiendo del átomo que sea, perderá los electrones de la última capa que haya llenado. Para saberlo, realizamos su distribución electrónica como elementos neutros y después lo explicamos:

a) Sodio, Na; $Z = 11$.

Capa *K*	Capa *L*	Capa *M*	Capa *N*
2	8	1	Vacía

Perderá un electrón de la capa *M* y otro de la capa *L*.

Se representaría como Na^{2+}:

Capa *K*	Capa *L*	Capa *M*	Capa *N*
2	7	Vacía	Vacía

b) Berilio, Be; $Z = 4$.

Capa *K*	Capa *L*	Capa *M*	Capa *N*
2	2	Vacía	Vacía

Perderá los dos electrones de la capa *L*, representándose como Be^{2+}:

Capa *K*	Capa *L*	Capa *M*	Capa *N*
2	Vacía	Vacía	Vacía

c) Magnesio, Mg; $Z = 12$.

Capa *K*	Capa *L*	Capa *M*	Capa *N*
2	8	2	Vacía

El magnesio perderá los dos electrones de la capa *M*, y quedará vacía. Se representa como Mg^{2+}:

Capa *K*	Capa *L*	Capa *M*	Capa *N*
2	8	Vacía	Vacía

29. **Escribe la distribución de electrones por capas de los siguientes átomos neutros y de sus respectivos iones: a) F y F^-; b) Al y Al^{3+}; c) N y N^{3-}; d) Si y Si^{4+}.**

Para realizar el ejercicio, vamos a hacer una tabla y la completaremos según el número de electrones que tenga el átomo:

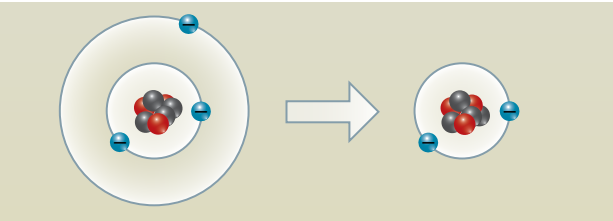
Átomo	*Z*	Capa *K*	Capa *L*	Capa *M*	Capa *N*
F	9	2	7	Vacía	Vacía
F^-	10	2	8	Vacía	Vacía
Al	13	2	8	3	Vacía
Al^{3+}	10	2	8	Vacía	Vacía
N	7	2	5	Vacía	Vacía
N^{3-}	10	2	8	Vacía	Vacía
Si	14	2	8	4	Vacía
Si^{4+}	10	2	8	Vacía	Vacía

30. **La figura muestra la formación de un ion:**

a) ¿Es un ion positivo o negativo?

b) ¿De qué elemento químico se trata?

c) ¿Cómo se representa el ion que se ha formado?



a) Como podemos observar en el dibujo, el átomo ha perdido un electrón, por tanto, tiene un defecto de carga negativa y será un ion positivo.

b) Se trata del litio, pues en su estado neutro tiene tres electrones en total, cuatro neutrones y tres protones (A = 7).

c) Su representación como ion será Li^+.

Trabaja con lo aprendido

Página 48

Leyes fundamentales y teoría atómica

1. Al hacer reaccionar 34 g de amoniaco con 98 g de ácido sulfúrico se obtienen 132 g de sulfato de amonio. Si intentamos que reaccionen 102 g de amoniaco con 196 g de ácido sulfúrico:

a) ¿De cuál de las dos sustancias hay un exceso?

b) ¿En qué ley te basas para responder al apartado anterior?

c) ¿Qué masa de sustancia sobra?

d) ¿Qué masa de sulfato de amonio se forma?

a) Habrá un exceso de amoniaco.

b) Nos basamos en la ley de las proporciones definidas, que nos dice que los reactivos de una reacción química, reaccionan siempre en la misma relación de masas. En este caso, al reaccionar los 102 g de NH_3 con los 196 g de H_2SO_4, no guardan la misma relación que cuando reaccionan 34 g de NH_3 con 98 g de H_2SO_4. Por eso, sabemos que debe sobrar de uno de los reactivos.

c) En la segunda reacción hay el doble de masa de ácido sulfúrico que en la primera (98 · 2 = 196). Por tanto, tendrá que haber también el doble de NH_3: 34 g · 2 = 68 g. Así, sobrarán:

$$m_{NH_3}\text{ (sobrante)} = 102\text{ g} - 68\text{ g} = 34\text{ g}$$

d) La masa de sulfato de amonio que se formará es la suma de la masa de ácido sulfúrico que ponemos a reaccionar con la masa de amoniaco que reacciona totalmente:

$$m_{(NH_4)_2SO_4} = 102\text{ g} + 196\text{ g} = 264\text{ g}$$

5. Cuando calentamos 50 g de carbonato de calcio, se forman 28 g de óxido de calcio y cierta cantidad de dióxido de carbono. ¿Qué masa de este gas se habrá formado en la reacción? ¿En qué ley te basas para hacer el cálculo?

La masa de CO_2 que se forma será la que nos falta hasta 50 g:

$$m_{CO_2} = m_{CaCO_3} - m_{CaO} = 50\text{ g} - 28\text{ g} = 22\text{ g de } CO_2$$

La ley en la que nos basamos es en la de las proporciones definidas, o ley de Proust.

Página 49

Estructura interna del átomo y modelos atómicos

13. La masa de un átomo de azufre es 32,00 u. Utilizando la equivalencia entre la unidad de masa atómica y el kilogramo, calcula cuántos átomos hay en 5,32 kg de azufre.

Para resolver el ejercicio, aplicamos factores de conversión, y tenemos en cuenta que 1 u = 1,661 · 10^{-27} kg. Por tanto, en 5,32 kg habrá:

$$\text{n.º átomos} = 5{,}32\text{ kg} \cdot \frac{1\text{ u}}{1{,}661 \cdot 10^{-27}\text{ kg}} \cdot \frac{1\text{ átomo}}{32{,}00\text{ u}} = 1{,}00 \cdot 10^{26}\text{ átomos}$$

El núcleo del átomo. Isótopos

16. **Completa la tabla. Utiliza el Sistema Periódico de los elementos químicos para obtener información sobre el número atómico de cada elemento químico.**

Elemento	Símbolo	*Z*	*A*	N.º de protones	N.º de neutrones
Sodio			23		
	U			92	146
Azufre				16	16
Carbono					8

Teniendo en cuenta el Sistema Periódico y lo aprendido durante la unidad, la tabla quedaría completa de la siguiente manera:

Elemento	Símbolo	*Z*	*A*	N.º de protones	N.º de neutrones
Sodio	Na	11	23	11	12
Uranio	U	92	238	92	146
Azufre	S	16	32	16	16
Carbono	C	6	14	6	8

Página 50

22. **La radiación alfa, α, está compuesta por núcleos de helio:**

a) Indica el número atómico del helio.

b) Justifica que esta radiación tenga carga positiva.

c) Calcula el valor de la carga de un núcleo de helio y exprésalo en culombios.

a) El número atómico del helio es $Z = 2$.

b) Al ionizar el helio, este pierde los electrones y queda cargado solo positivamente por los protones del núcleo.

c) En el núcleo, hay dos protones. Así, su carga será la misma que la de los dos electrones pero con signo positivo:

$$p = 2 \cdot e = 2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{C} = 3{,}204 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$$

La corteza del átomo. Iones

29. **Completa la tabla:**

Especie química	N.º de protones	N.º de neutrones	N.º de electrones
$^{23}_{11}Na^{+}$			
$^{24}_{12}Mg^{2+}$			
$^{19}_{9}F^{-}$			
$^{16}_{8}O^{2-}$			

La tabla completada quedaría de la siguiente forma:

Especie química	N.º de protones	N.º de neutrones	N.º de electrones
$^{23}_{11}Na^{+}$	11	12	10
$^{24}_{12}Mg^{2+}$	12	12	10
$^{19}_{9}F^{-}$	9	10	10
$^{16}_{8}O^{2-}$	8	8	10

30. Escribe la distribución por capas de los electrones de los iones del ejercicio anterior, compáralas con la del neón y extrae conclusiones.

Como todos los iones tienen 10 electrones, podemos hacer una única distribución por capas y asumir que es válida en todos los casos:

Capa *K*	Capa *L*	Capa *M*	Capa *N*
2	8	Vacía	Vacía

El Ne, que es un gas noble, tiene también 10 electrones, por lo que la repartición será la misma que la de los iones anteriores. Como conclusión podemos decir que todos los elementos de un mismo período tienden a ganar y/o perder electrones hasta conseguir la configuración del gas noble que pertenece a su período. Por eso, como el Na, el Mg, el F y el O pertenecen al segundo período, su distribución electrónica iónica será la del Ne.

Página 51

32. Un átomo de nitrógeno gana tres electrones:

a) ¿Formará un anión o un catión?

b) ¿En qué capa electrónica se ubicarán estos tres electrones?

c) Escribe la distribución por capas del ion formado.

a) Como gana tres electrones, formará un ion de carga negativa, que se denomina anión.

b) Teniendo en cuenta que el nitrógeno neutro tiene 7 electrones, en forma iónica, ganando tres electrones más, tendrá un total de 10 electrones. Luego, su distribución por capas será:

Capa *K*	Capa *L*	Capa *M*	Capa *N*
2	8	Vacía	Vacía

Luego se situarán en la capa *L*.

c) Contestada en el apartado anterior.

1 Los elementos químicos

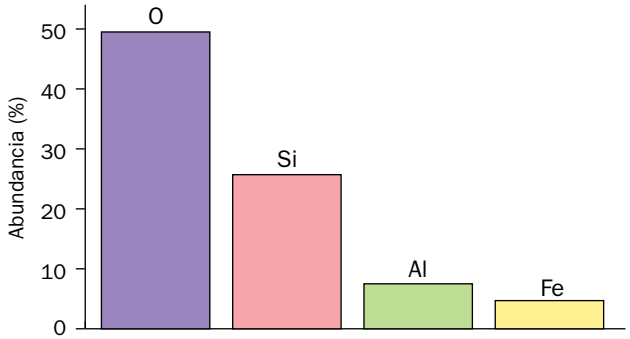
Página 55

3. **Representa en un diagrama de barras la abundancia del O, Si, Al y Fe en la corteza terrestre.**

Según los datos que nos aporta el libro del alumnado, las abundancias del O, Si, Al y Fe en la corteza terrestre son:

Elemento	Abundancia (%)
O	49,5
Si	25,7
Al	7,5
Fe	4,7

Si las representamos en un diagrama de barras:



2 El Sistema Periódico

Página 57

10. **¿Cuántas capas de electrones tienen el helio, el neón y el argón? ¿Cuántas tienen el flúor y el cloro? ¿Cómo relacionas la ubicación en el Sistema Periódico de un elemento y el número de capas de electrones?**

El helio tiene una capa de electrones (Z = 2), el neón tiene dos capas de electrones (Z = 10) y el argón tiene tres capas de electrones (Z = 18).

El flúor tiene dos capas de electrones (Z = 9) y el cloro tiene tres capas de electrones (Z = 17).

Podemos decir que todos los elementos que tienen el mismo número de capas de electrones se sitúan en el mismo período, y que están ordenados de izquierda a derecha de forma creciente en sus electrones.

3 Uniones entre átomos

Página 58

13. Indica por qué se unen los átomos y qué le ocurre a los electrones de su última capa cuando lo hacen.

Los átomos se unen para ser más estables, adquiriendo la configuración electrónica del gas noble más próximo. De esta forma, en su última capa pasan a tener ocho electrones (regla del octeto), excepto H, He, Be y Li, que tendrían dos.

Página 59

14. Indica qué carga tendrán los iones de los elementos siguientes, refiriéndolos al gas noble más cercano en el Sistema Periódico:

a) Cloro.

b) Potasio.

c) Boro.

d) Oxígeno.

a) Para el caso del cloro, como tiene 7 electrones en su capa de valencia, ganará 1 electrón. Luego, su carga será –1 : Cl^{1-}.

b) Para el potasio, como solo tiene 1 electrón en su capa de valencia, lo cede. Así, su carga será +1 : K^{1+}.

c) En el caso del boro, cede los 3 electrones que tiene en su capa de valencia. Su carga será +3 : B^{3+}.

d) En el oxígeno, tenemos 6 electrones en su capa de valencia, así que ganará 2 electrones. Por tanto, su carga será –2 : O^{2-}.

15. Indica si crees que es posible que las siguientes parejas de átomos se unan, atendiendo a la carga de los iones que forman:

a) Cloro y flúor.

b) Magnesio y oxígeno.

c) Sodio y litio.

d) Sodio e hidrógeno.

a) En el caso del cloro y del flúor, los dos forman iones negativos al ganar un electrón. Luego no será muy posible que se unan entre sí.

b) En el caso del magnesio y del oxígeno, el magnesio cede los dos electrones de su capa de valencia y forma un ion positivo, y el oxígeno gana dos electrones y forma un ion negativo. Por tanto, se unirán.

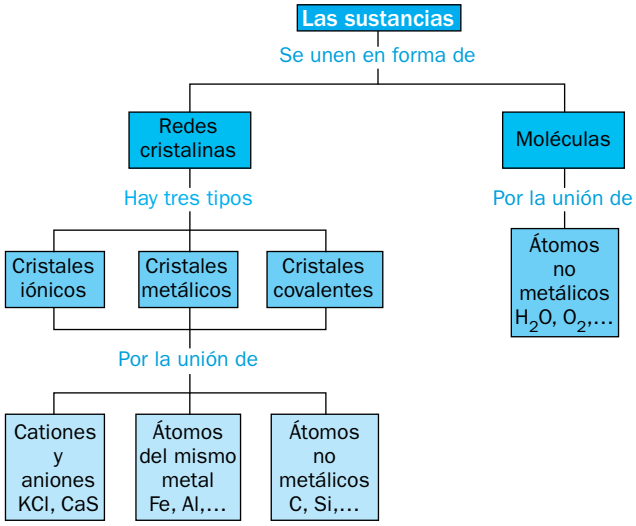
c) Entre el sodio y el litio es muy difícil que se dé su unión, puesto que los dos forman iones positivos al perder el único electrón que tienen en la capa de valencia.

d) En el caso del sodio y el hidrógeno podemos decir que sí se puede dar la unión. El sodio pierde el electrón que tiene en su capa de valencia y el hidrógeno gana un electrón (en vez de cederlo, pues puede hacer ambas cosas).

4 Moléculas y cristales

Página 60

16. **Haz un esquema en el que se relacione la información de las uniones entre átomos con el tipo de estructura que pueden tener las sustancias.**



Página 61

19. **Indica, utilizando un Sistema Periódico, si las siguientes fórmulas químicas corresponden a cristales iónicos o a moléculas. Explica qué información proporciona cada una de ellas:**

a) NaBr. b) O_2. c) $BeCl_2$. d) SO_2.

a) El bromuro de sodio, NaBr, es un cristal iónico. La información que nos proporciona es:

– Cualitativa: está formado por iones negativos de bromo e iones positivos de sodio.

– Cuantitativa: tendremos un catión de sodio por cada anión de cloro.

b) El oxígeno diatómico, O_2, es una molécula. Está formada por dos átomos de oxígeno.

c) El dicloruro de berilio, $BeCl_2$, es un cristal iónico. La información que nos proporciona es:

– Cualitativa: está formado por iones negativos de cloro e iones positivos de berilio.

– Cuantitativa: habrá dos aniones de cloro por cada catión de berilio.

d) El dióxido de azufre, SO_2, es una molécula. Está formada por dos átomos de oxígeno y un átomo de azufre.

20. **Justifica, utilizando como argumento que los compuestos son eléctricamente neutros, los subíndices de las fórmulas de estos cristales iónicos. Repasa el epígrafe anterior si lo necesitas.**

a) Al_2S_3.

b) $MgCl_2$.

c) LiF.

d) Na_2S.

a) En el caso del Al_2S_3, tenemos tres aniones de azufre con carga –2, y dos cationes de aluminio con carga +3. En total hay seis cargas negativas y seis cargas positivas, por lo que se compensan y el compuesto es eléctricamente neutro.

b) El $MgCl_2$ está formado por dos iones negativos de cloro, con una carga total de –1, y un ion positivo de magnesio, de carga +2. Por tanto, las cargas están compensadas y el cristal es neutro.

c) El LiF está formado por un ion negativo de flúor de carga –1, y un ion positivo de litio de carga +1. Por tanto, el cristal es eléctricamente neutro porque las cargas están compensadas.

d) En el caso del Na_2S, tenemos un ion negativo de azufre con carga –2 y dos iones positivos de sodio de carga +1 cada uno (carga total +2). Así, las cargas están compensadas y el cristal es neutro.

5 Masas atómicas y moleculares

Página 62

21. Calcula, utilizando los datos de la tabla de esta página en la que se incluyen datos de los isótopos del magnesio, su masa atómica promedio. Comprueba el valor obtenido con el que se recoge en el Sistema Periódico de los elementos.

La tabla que utilizamos para hacer los cálculos es la que está recogida en el libro de texto en la página 102:

Isótopos del magnesio		
Isótopo	**Masa atómica (u)**	**Abundancia**
Mg-24	23,985	78,99 %
Mg-25	24,986	10,00 %
Mg-26	25,986	11,01 %

La media ponderada de las masas de los isótopos es:

$$A = \frac{23,985\ \text{u} \cdot 78,99 + 24,986\ \text{u} \cdot 10,00 + 25,986\ \text{u} \cdot 11,01}{100} = 24,305\,4101\ \text{u} = 24,31\ \text{u}$$

Podemos decir que el resultado obtenido es el mismo que el que se recoge en el Sistema Periódico de los elementos, ya que si aproximamos el valor que hemos obtenido a tres cifras decimales tendremos 24,305 u, que es el que figura en la tabla.

22. ¿A cuántas unidades de masa atómica, u, corresponde la masa de un protón? ¿Y la de un neutrón? Utiliza en tu desarrollo la definición de la unidad de masa atómica.

Según la definición que dimos en la unidad anterior, la unidad de masa atómica es la doceava parte de la masa de un átomo del isótopo 12 del carbono. Además, sabemos que la masa de un protón es de $1,673 \cdot 10^{-27}$ kg y la de un neutrón es de $1,675 \cdot 10^{-27}$ kg. Sabiendo que $1\ \text{u} = 1,661 \cdot 10^{-27}$ kg, podemos decir que:

$$m_{\text{protón}} = 1,673 \cdot 10^{-27}\ \text{kg} \cdot \frac{1\ \text{u}}{1,661 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}} = 1,007\ \text{u}$$

$$m_{\text{neutrón}} = 1,675 \cdot 10^{-27}\ \text{kg} \cdot \frac{1\ \text{u}}{1,661 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}} = 1,008\ \text{u}$$

23. El cloro se encuentra en la naturaleza como mezcla de dos isótopos, Cl-35 (35 u) y Cl-37 (37 u) con abundancias relativas de 75,8 % y 24,2 %, respectivamente. Calcula la masa atómica promedio del cloro.

Para calcular la masa atómica promedio, *A,* del cloro, hacemos la media ponderada de las masas de los isótopos:

$$A = \frac{35\ \text{u} \cdot 75{,}8 \cap 37\ \text{u} \cdot 24{,}2}{100} = 35{,}5\ \text{u}$$

Página 63

25. Calcula la masa molecular de los siguientes compuestos: a) SO_2, b) N_2O_3, c) FeS, d) Na_2S. ¿Es correcto hablar de masa molecular en todos estos casos? ¿Por qué?

Para calcular las masas moleculares de todos los compuestos, tendremos en cuenta las masas atómicas de los elementos recogidas en el libro de texto en la página 102:

Elemento	Masa atómica (u)
O	15,999
N	14,007
S	32,065
Fe	55,845
Na	22,990

a) $m = m_{SO_2} + 2 \cdot m_O = 32{,}065\ \text{u} + 2 \cdot 15{,}999\ \text{u} = 64{,}063\ \text{u}$

b) $m_{N_2O_3} = 2 \cdot m_N + 3 \cdot m_O = 2 \cdot 14{,}007\ \text{u} + 3 \cdot 15{,}999\ \text{u} = 76{,}011\ \text{u}$

c) $m_{FeS} = m_{Fe} + m_S = 55{,}845\ \text{u} + 32{,}065\ \text{u} = 87{,}91\ \text{u}$

d) $m_{Na_2S} = 2 \cdot m_{Na} + m_S = 2 \cdot 22{,}990\ \text{u} + 32{,}065\ \text{u} = 78{,}045\ \text{u}$

No deberíamos hablar en todos los casos de masa molecular, ya que de los cuatro compuestos solo los dos primeros casos son moléculas. Para los dos últimos apartados utilizamos la expresión masa de la unidad fórmula, ya que son cristales.

26. Calcula la masa molecular del agua y exprésala en gramos.

Sabiendo que la fórmula del agua es H_2O, y que las masas atómicas de H y O son, respectivamente, 1,008 u y 15,999 u, su masa molecular es:

$$m_{H_2O} = 2 \cdot 1{,}008\ \text{u} + 15{,}999\ \text{u} = 18{,}015\ \text{u}$$

Para calcular su masa en gramos utilizamos la equivalencia de que 1 u = $1{,}661 \cdot 10^{-27}$ kg. Por tanto:

$$m_{H_2O} = 18{,}015\ \text{u} \cdot \frac{1{,}661 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}}{1\ \text{u}} \cdot \frac{10^3\ \text{g}}{1\ \text{kg}} = 2{,}992 \cdot 10^{-23}\ \text{g}$$

27. Calcula la masa atómica de un elemento desconocido, *X,* sabiendo que la masa de la unidad fórmula de un compuesto en el que está presente, X_2SO_4, es 142 u. Averigua de qué elemento se trata.

Para saber de qué elemento se trata, vamos a hallar su masa atómica y después buscamos en la Tabla Periódica con qué elemento se corresponde:

$$m_{X_2SO4} = 2 \cdot m_X + m_S + 4 \cdot m_O = 142\ \text{u}$$

$$2 \cdot m_X + 32{,}065\ \text{u} + 4 \cdot 15{,}999\ \text{u} = 142\ \text{u}$$

$$m_X = 22{,}969\ \text{u}$$

Esta masa atómica se corresponde con la del sodio, Na.

28. **Con ayuda del anexo de formulación escribe la fórmula y calcula la masa molecular o masa de la unidad fórmula de:**

a) Óxido de cinc.

b) Hidruro de plata.

a) La fórmula del óxido de cinc es ZnO. Por tanto, la masa de su unidad fórmula es:

$$m_{ZnO} = m_{Zn} + m_O = 65,37 \text{ u} + 15,999 \text{ u} = 81,369 \text{ u}$$

b) La fórmula del hidruro de plata es AgH. Así, la masa de su unidad fórmula es:

$$m_{AgH} = m_{Ag} + m_H = 107,87 \text{ u} + 1,008 \text{ u} = 108,878 \text{ u}$$

Trabaja con lo aprendido

Página 68

El Sistema Periódico

9. Utilizando la distribución de los electrones por capas que vimos en la unidad anterior, indica el número de electrones de la última capa del sodio, el magnesio, el silicio, el azufre y el cloro.

Teniendo en cuenta la distribución por capas de la unidad anterior, podemos hacer la siguiente tabla:

Elemento	N.º de electrones por capa				N.º de electrones por capa
	K	*L*	*M*	*N*	
Na (Z = 11)	2	8	1	—	1
Mg (Z = 12)	2	8	2	—	2
Si (Z = 14)	2	8	4	—	4
Cl (Z = 17)	2	8	7	—	7

10. Indica el grupo y el período al que pertenecen el rubidio, el estroncio, el indio, el estaño, el antimonio, el telurio y el yodo.

Para resolver el ejercicio, haremos una tabla y la iremos completando según su posición en la Tabla Periódica de los elementos:

Elemento	Grupo	Período
Rb	1	5
Sr	2	5
In	13	5
Sn	14	5
Sb	15	5
Te	16	5
I	17	5

11. A partir de la información del ejercicio anterior, indica cuántos electrones tienen cada uno de los elementos anteriores en su última capa. ¿Cómo se denomina a los electrones de la última capa?

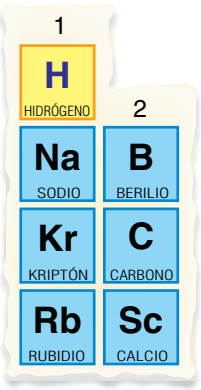
Sabiendo el grupo al que pertenece cada elemento, podemos decir que:

- Rb: un electrón en la última capa.
- Sr: dos electrones en la última capa.
- In: tres electrones en la última capa.
- Sn: cuatro electrones en la última capa.
- Sb: cinco electrones en la última capa.
- Te: seis electrones en la última capa.
- I: siete electrones en la última capa.

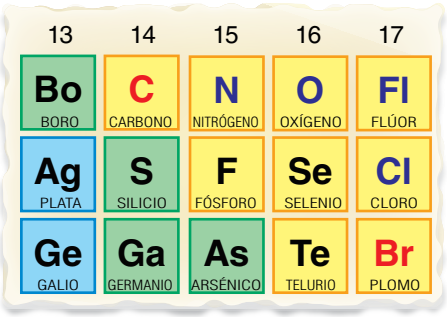
Los electrones de la última capa se denominan electrones de valencia.

13. **En las imágenes se muestra una parte del Sistema Periódico. Corrige los errores que encuentres en cada una.**

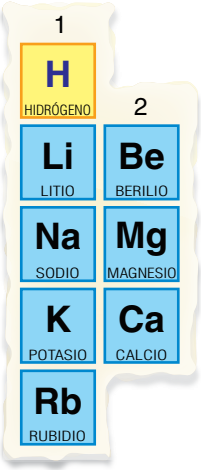
a)



b)

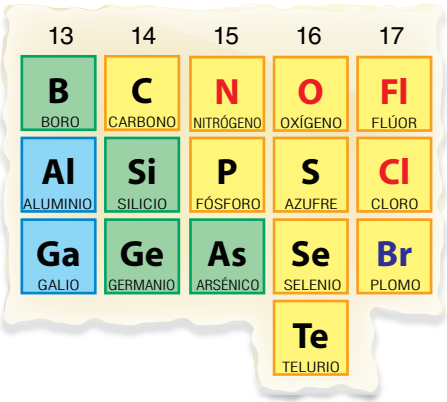


a) En este caso, las correcciones dejarían esta parte del Sistema Periódico de la forma siguiente:



El símbolo B corresponde al boro, que está en el grupo 13. El carbono, C, está situado en el grupo 14; y el Sc es el escandio, en el grupo 3, justo en el mismo período que el K y el Ca.

b) Si corregimos esta parte de la tabla, basándonos en los números de grupo, quedaría de esta forma:



El símbolo Bo no se corresponde con ningún elemento; la plata, Ag, pertenece al grupo 11; el símbolo del galio es Ga, y el Ge se corresponde con el del germanio; el símbolo del silicio es Si; el símbolo del fósforo es P; en el grupo 16 no aparece el azufre, S; el símbolo del flúor es F; y el Br es bromo, no plomo. Además, cambiamos el color de la fuente de algunos símbolos porque depende del estado de agregación en el que se encuentren.

Página 69

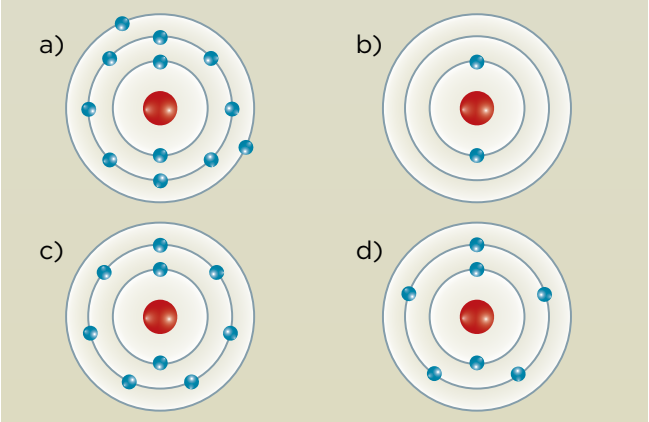
15. Escribe en orden todos los elementos de los grupos 14 y 15 del Sistema Periódico. Indica cuántas capas de electrones tienen cada uno de ellos a partir de su localización en el Sistema Periódico.

Los elementos que componen los grupos 14 y 15 son:

Cada elemento tiene el mismo número de capas que el período en el que esté situado. Luego:

- C, N: dos capas.
- Si, P: tres capas.
- Ge, As: cuatro capas.
- Sn, Sb: cinco capas.
- Pb, Bi: seis capas.

16. A partir de estas representaciones de la corteza de varios átomos neutros, indica a qué grupo y período del Sistema Periódico pertenecen, su número atómico y, por último, el nombre del elemento químico.



Para contestar el ejercicio, elaboramos una tabla. En ella nos referiremos a cada representación por la letra de su apartado y diremos a qué elemento corresponde.

Elemento	Grupo	Período	Número atómico
a) = Mg	2	3	12
b) = He	18	1	2
c) = F	17	2	9
d) = N	15	2	7

Uniones entre átomos

19. Basándote en la regla del octeto, indica la carga de los iones estables de estos elementos químicos: berilio, calcio, sodio y azufre.

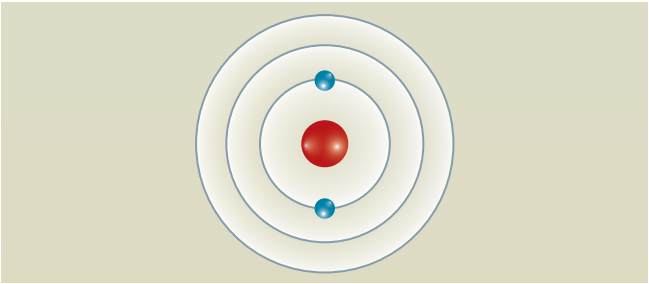
La regla del octeto nos dice que los elementos son estables cuando adquieren la configuración de gas noble, es decir, cuando consiguen tener ocho electrones (dos en el caso de litio, berilio, hidrógeno y helio) en su capa de valencia. Esto lo consiguen ganando o cediendo los electrones que hay en su última capa.

- Berilio: Tiene dos electrones en su capa *K* y dos en la capa *L*. Tiende a ceder los dos electrones de la capa *L* y se queda cargado positivamente como Be^{2+}.
- Calcio: Tiene dos electrones en su capa *K*, ocho en la capa *L*, ocho en la capa *M* y dos en la capa *N*. Cederá los dos electrones de la capa *N* y quedará cargado positivamente como Ca^{2+}.
- Sodio: Tiene dos electrones en su capa *K*, ocho en la capa *L* y uno en la capa *M*. Por tanto, cede el último electrón y queda cargado positivamente como Na^{+}.
- Azufre: Tiene dos electrones en su capa K, ocho en la capa L y seis en la capa *M*. En este caso, ganará dos electrones para completar la última capa y queda cargado negativamente como S^{2-}.

20. ¿Cuántos electrones tiene en su última capa un ion Li^{+} (número atómico del litio, 3)? ¿Incumple la regla del octeto? Explica tu respuesta.

El litio tiene un número atómico (Z = 3) muy bajo. Para llegar a obtener el octeto en su última capa tendría que ganar siete electrones, que es algo imposible, ya que es un átomo muy pequeño y habría una repulsión de carga negativa muy alta. Por eso, prefiere perder el único electrón de su última capa y quedarse como Li^{+} con dos electrones en su capa de valencia. Esta opción le confiere mucha estabilidad y se asemeja a la del helio, que también tiene dos electrones en su última capa.

21. Indica si el esquema de la corteza del átomo de la imagen puede pertenecer a un gas noble, a un catión o a un anión. En el caso de los iones, indica de qué elemento químico son:



Según la representación de la imagen, hay solo dos opciones:

- Li^{+}: como el litio tiene Z = 3, ha perdido el electrón de la última capa y solo le quedan dos.
- H^{-}: es más difícil que se forme, pero puede darse. El hidrógeno tiene Z = 1 y gana un electrón que incorpora a su capa de valencia.

22. **Completa la tabla:**

Elemento	N.º de electrones por capa				Ion que se formará
	K	*L*	*M*	*N*	
Cl (Z = 17)	2	8	7	—	Cl^-
F (Z = 9)					
K (Z = 19)					
Mg (Z = 12)					
B (Z = 5)					
O (Z = 8)					

Para completar la tabla tendremos en cuenta lo aprendido en la unidad anterior sobre repartición de electrones, y lo aprendido en esta unidad sobre el octeto electrónico. Así, la tabla completada queda de esta forma:

Elemento	N.º de electrones por capa				Ion que se formará
	K	*L*	*M*	*N*	
Cl (Z = 17)	2	8	7	—	Cl^-
F (Z = 9)	2	7	—	—	F^-
K (Z = 19)	2	8	8	1	K^+
Mg (Z = 12)	2	8	2	—	Mg^{2+}
B (Z = 5)	2	3	—	—	B^{3+}
O (Z = 8)	2	6	—	—	O^{2-}

25. **Indica si las siguientes parejas de elementos químicos se pueden unir compartiendo electrones o como el resultado de que uno de ellos ceda electrones y el otro gane electrones:**

a) Sodio y flúor.
b) Azufre y oxígeno.
c) Magnesio y oxígeno.
d) Azufre y calcio.
e) Carbono y oxígeno.
f) Hidrógeno y sodio.

Para realizar el ejercicio, diremos que cuando se unen dos no metales lo hacen compartiendo electrones, y que cuando la unión es entre un metal y un no metal lo hacen cediendo (los metales) y ganando (los no metales) electrones.

c) Sodio y flúor: el sodio cede un electrón y el flúor lo gana.

d) Azufre y oxígeno: comparten dos electrones.

e) Magnesio y oxígeno: el magnesio cede dos electrones y el oxígeno los gana.

f) Azufre y calcio: el calcio cede dos electrones y el azufre los gana.

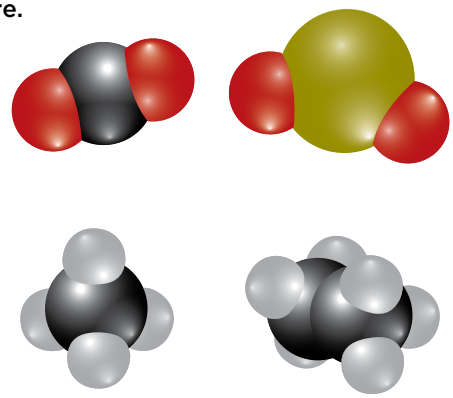
g) Carbono y oxígeno: comparten electrones.

h) Hidrógeno y sodio: el sodio cede un electrón y el hidrógeno lo gana.

Página 70

Moléculas y cristales

27. Escribe las fórmulas químicas de los compuestos cuyas moléculas se han representado en la imagen, teniendo en cuenta que el rojo representa oxígeno; el negro, carbono; el blanco, hidrógeno, y el amarillo, azufre.



a) CO_2. b) SO_2. c) CH_4. d) C_2H_6.

28. Indica cuántas uniones entre átomos hay en las moléculas del ejercicio anterior. Estas uniones, ¿son el resultado de ceder o ganar electrones o bien de compartirlos?

a) CO_2: se une el átomo de carbono a los átomos de oxígeno, y como son no metales, comparten los electrones.

b) SO_2: el átomo de azufre se une a los dos átomos de oxígeno, y al ser no metales, comparten los electrones.

c) CH_4: el átomo de carbono se une a los cuatro átomos de hidrógeno, y lo hacen compartiendo electrones por tratarse de elementos no metálicos.

d) C_2H_6: en esta molécula se unen los dos átomos de carbono entre sí y cada átomo de carbono a tres átomos de hidrógeno. Comparten los electrones por tratarse de elementos no metálicos.

Masas atómicas y moleculares

33. Se conocen tres isótopos del silicio, cuyas masas atómicas y abundancias se muestran en la tabla. Calcula la masa atómica promedio del silicio.

Isótopo	Masa atómica	Abundancia
Silicio-28	27,98 u	92,23 %
Silicio-29	28,98 u	4,67 %
Silicio-30	29,97 u	3,10 %

Según los datos recogidos en la tabla, la masa atómica promedio del silicio es:

$$A = \frac{27,98\ \text{u} \cdot 92,23 + 28,98\ \text{u} \cdot 4,67 + 29,97\ \text{u} \cdot 3,10}{100} = 28,09\ \text{u}$$

34. El cloro tiene dos isótopos, cloro-35 y cloro-37. Si conocemos la masa atómica promedio del cloro, 35,5 u, y la abundancia del isótopo cloro-35, 78,8 %, calcula la abundancia del isótopo Cl-37. Supón que la masa atómica, expresada en unidades de masa atómica, coincide con el número másico.

Teniendo en cuenta los datos que nos da el enunciado del problema, podemos resolverlo de la siguiente manera:

$$A = \frac{35\text{ u} \cdot 78,8 + 37 \cdot x}{100} = 35,5\text{ u}$$

$$x = \frac{35,5\text{ u} \cdot 100 - 35\text{ u} \cdot 78,8}{37} = 21,4\%$$

Si sumamos los porcentajes de los dos isótopos del cloro, observamos que sale un número algo superior al 100 %. Esto es debido a que su número másico no es exactamente 35,5, pero lo utilizamos para agilizar los cálculos y porque es una buena aproximación.

35. Se conocen cuatro isótopos del hierro, cuyas masas atómicas y abundancias se muestran en la tabla:

Isótopo	Masa atómica	Abundancia
Hierro-54	53,94 u	5,82 %
Hierro-56	55,93 u	91,66 %
Hierro-57	56,94 u	2,19 %
Hierro-58	57,93 u	0,33 %

a) Calcula la masa atómica promedio del hierro.

b) ¿A la masa de cuál de los isótopos es más próxima la masa atómica promedio del hierro? ¿Por qué?

c) ¿Se cometería un gran error si se despreciara en el cálculo la masa del isótopo H-58? Justifícalo.

a) La masa atómica promedio del hierro es:

$$A = \frac{53,94\text{ u} \cdot 5,82 + 55,93\text{ u} \cdot 91,66 + 56,94\text{ u} \cdot 2,19 + 57,93\text{ u} \cdot 0,33}{100} = 55,84\text{ u}$$

b) La masa del isótopo más próxima a la masa atómica promedio es la del hierro-56. Esto se debe a que su porcentaje de abundancia es el mayor de los cuatro con mucha diferencia.

c) No se cometería un gran error dado que su porcentaje de abundancia es cercano a cero, por lo que casi no variaría la masa atómica promedio si no se tuviera en cuenta.

Página 71

37. A partir de los datos de masas atómicas promedio, calcula la masa molecular de estas sustancias:

a) H_2 b) CH_4 c) NH_3 d) C_2H_6O

Elemento	Masa atómica
Hidrógeno	1,01 u
Carbono	12,01 u
Oxígeno	16,00 u
Nitrógeno	14,01 u

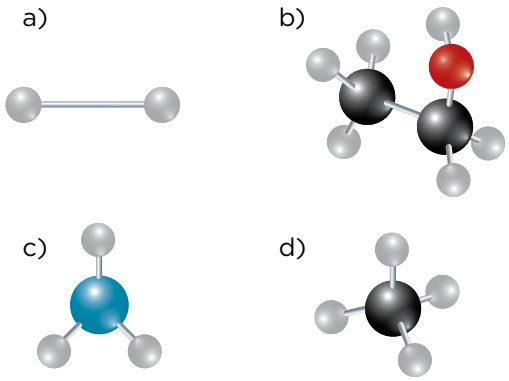
a) $m_{H_2} = 2 \cdot 1,01\text{ u} = 2,02\text{ u}$.

b) $m_{CH_4} = 12,01\text{ u} + 4 \cdot 1,01\text{ u} = 16,05\text{ u}$.

c) $m_{NH_3} = 14,01\text{ u} + 3 \cdot 1,01\text{ u} = 17,04\text{ u}$.

d) $m_{C_2H_6O} = 2 \cdot 12,01\text{ u} + 6 \cdot 1,01\text{ u} + 16,00 = 46,08\text{ u}$.

38. **Relaciona cada una de las fórmulas del ejercicio anterior con la representación de su molécula e indica si se trata de elementos o de compuestos:**



a) Se trata del H_2. Es un compuesto.

b) Se trata del C_2H_6O. Es un compuesto.

c) Se trata del NH_3. Es un compuesto.

d) Se trata del CH_4. Es un compuesto.

Nota: Nos basamos en el código de colores que hemos ido utilizando durante estas unidades para identificar los átomos de los distintos elementos.

3 Representación de las reacciones químicas

Página 91

12. Escribe la ecuación química que representa el siguiente proceso: Cuatro moléculas de amoniaco se combinan con cinco de dioxígeno para formar cuatro de monóxido de nitrógeno y seis de agua.

Teniendo en cuenta el proceso descrito en el enunciado, la ecuación química será:

$$4\,NH_3 + 5\,O_2 \rightarrow 4\,NO + 6\,H_2O$$

13. Escribe la ecuación química de la reacción entre hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2) para formar agua (H_2O):

a) ¿Serías capaz de indicar el valor de los coeficientes estequiométricos?

b) Haz una representación que permita comprender esta reacción.

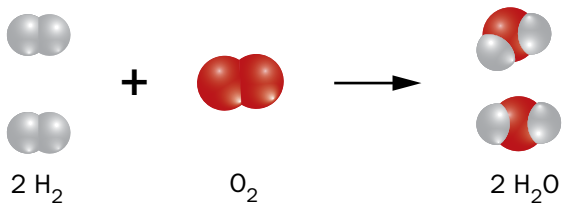
c) ¿Cuáles son los reactivos y los productos?

La ecuación química que tiene lugar es:

$$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$$

a) El valor de los coeficientes estequiométricos es de 2 para el hidrógeno, 1 para el oxígeno y 2 para el agua.

b) Teniendo en cuenta el color y el tamaño de las bolas, la representación de la ecuación química es:



c) Los reactivos son el H_2 y el O_2, y el producto el H_2O.

14. La reacción entre sodio (Na) en estado sólido y una disolución acuosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4), provoca que se desprenda gas hidrógeno (H_2) obteniéndose, además, sulfato de sodio (Na_2SO_4) en disolución acuosa:

a) Escribe la ecuación química de la reacción, indicando los estados de agregación de las sustancias.

b) Indica cuáles son los reactivos y cuáles los productos.

c) Indica los átomos de cada elemento químico presentes a ambos lados de la ecuación química.

a) La ecuación química de la reacción es:

$$2\,Na_{(s)} + H_2SO_{(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + Na_2SO_{4(aq)}$$

b) Los reactivos son el sodio y el ácido sulfúrico, y los productos el hidrógeno y el sulfato de sodio.

c) Como sabemos, durante una reacción química, el número de átomos de cada elemento que hay en los reactivos es el mismo que hay en los productos, aunque estén ordenados de distinta forma a un lado y al otro. Por eso, tanto a la izquierda como a la derecha de la reacción habrá dos átomos de sodio, dos átomos de hidrógeno, un átomo de azufre y cuatro átomos de oxígeno.

Página 93

17. Ajusta las siguientes ecuaciones químicas:

a) $Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$.

b) $NH_3 + H_2SO4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$.

c) $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$.

d) $Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$.

a) $4\,Al + 3\,O_2 \rightarrow 2\,Al_2O_3$

b) $2\,NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2\,SO_4$

c) $SO_2 + \frac{1}{2}\,O_2 \rightarrow SO_3$

d) $Fe_2O_3 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,Fe + 3\,H_2O$

4 Leyes fundamentales en las reacciones químicas

Página 94

Trabaja con la imagen

Calcula la proporción estequiométrica entre el cobre y el azufre, m_{Cu}/m_S y entre el azufre y el sulfuro de cobre m_S/m_{CuS}.

Para calcular bien las proporciones, utilizamos la segunda representación de la reacción, que es en la que no hay ningún reactivo ni en exceso ni en defecto. Por tanto:

$$\frac{m_{Cu}}{m_S} = \frac{10\text{ g}}{5{,}04\text{ g}} = 1{,}984$$

$$\frac{m_S}{m_{CuS}} = \frac{5{,}04\text{ g}}{15{,}04\text{ g}} = 0{,}335$$

Página 95

19. Calcula la masa de amoniaco que se puede obtener si reaccionan completamente 7,878 g de hidrógeno. Utilizando la ley de la conservación de la masa, calcula la cantidad de nitrógeno necesaria en la reacción.

La reacción que tiene lugar, con las masas de reactivos y producto estequiométricos, es:

$$3\,H_2 \quad + \quad N_2 \quad \rightarrow \quad 2\,NH_3$$

$$6{,}06\text{ g} \quad 28{,}02\text{ g} \quad 34{,}08\text{ g}$$

Utilizando la ley de conservación de la masa, calculamos la masa de amoniaco que obtenemos:

$$\frac{m_{H_2}}{m_{NH_3}} = \frac{6{,}06\ g}{34{,}08\ g} = \frac{7{,}878\ g}{m_{NH_3}} \rightarrow m_{NH_3} = 44{,}304\ g \text{ de } NH_3$$

Por tanto, aplicando también la ley de conservación de la masa, la cantidad de nitrógeno es:

$$\frac{m_{H_2}}{m_{N_2}} = \frac{6{,}06\ g}{28{,}02\ g} = \frac{7{,}878\ g}{m_{N_2}} \rightarrow m_{N_2} = 36{,}426\ g \text{ de } N_2$$

20. Se pretende hacer reaccionar 531,75 g de cloro (Cl_2) con 300 g de hierro:

a) ¿Están estas cantidades en proporción estequiométrica?

b) Calcula la cantidad de hierro que reaccionará.

c) Calcula la cantidad de $FeCl_3$ que se forma.

a) Teniendo en cuenta la reacción química que tiene lugar, y las masas estequiométricas que se necesitan y se produce, se cumple que:

$$3\ Cl_2 + 2\ Fe \rightarrow 2\ FeCl_3$$

212,7 g 111,7 g 324,4 g

La relación m_{Fe}/m_{Cl_2} es:

$$\frac{m_{Fe}}{m_{Cl_2}} = \frac{111{,}7\ g}{212{,}7\ g} = 0{,}525 \text{ en la relación estequiométrica}$$

$$\frac{m_{Fe}}{m_{Cl_2}} = \frac{300\ g}{531{,}75\ g} = 0{,}564 \text{ en la propuesta por el enunciado}$$

Como son iguales, diremos que no están en una relación estequiométrica.

b) La cantidad de hierro que reacciona será:

$$\frac{m_{Fe}}{m_{Cl_2}} = \frac{111{,}7\ g}{212{,}7\ g} = \frac{m_{Fe}}{531{,}75\ g} \rightarrow m_{Fe} = 279{,}25\ g \text{ de Fe}$$

c) Para calcular la cantidad de $FeCl_3$, sumamos las masas de hierro y cloro que reaccionan:

$$m_{FeCl_3} = m_{Fe} + m_{Cl_2} = 279{,}25\ g + 531{,}75\ g = 811{,}00\ g \text{ de } FeCl_3$$

21. Tanto el metano (CH_4) como el butano (C_4H_{10}) son gases cuya combustión se utiliza en sistemas de calefacción:

a) Calcula la masa de dióxido de carbono que se produce en la combustión de un gramo de cada uno de estos combustibles.

b) Extrae alguna conclusión acerca de la sustitución que se está haciendo de la bombona de butano por gas natural (metano).

a) Teniendo en cuenta las reacciones químicas de combustión de cada compuesto, y las masas estequiométricas que existen en cada una de ellas, podemos decir que:

- Para el CH_4:

$$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow 2\ H_2O + CO_2$$

16,05 g 64,00 g 36,04 g 44,01 g

$$\frac{m_{CH_4}}{m_{CO_2}} = \frac{16{,}05\ g}{44{,}01\ g} = \frac{1\ g}{m_{CO_2}} \rightarrow m_{CO_2} = 2{,}74\ g \text{ de } CO_2$$

- Para el C_4H_{10}:

$$2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \rightarrow 10\ H_2O + 8\ CO_2$$

116,28 g 416,00 g 180,20 g 352,08 g

$$\frac{m_{C_4H_{10}}}{m_{CO_2}} = \frac{116,28\ g}{352,08\ g} = \frac{1\ g}{m_{CO_2}} \rightarrow m_{CO_2} = 3,03\ g\ de\ CO_2$$

b) Se está sustituyendo el butano por el gas natural (compuesto, en un porcentaje muy alto, por metano) porque al combustionar, expulsa menos CO_2 a la atmósfera, luego contamina menos.

22. Verifica que se cumpla la ley de la conservación de la masa en las reacciones químicas cuyos datos se muestran en las tablas de esta página.

Teniendo en cuenta la tabla que se recoge en la página 135 del libro del alumnado:

Datos de masas de reactivos y productos en algunas reacciones químicas

$3\ H_2 + N_2 \rightarrow 2\ NH_3$

Masa de reactivos (g)		Masa de productos (g)
H_2	N_2	NH_3
6,06 g	28,02 g	34,08 g

$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow 2\ H_2O + CO_2$

Masa de reactivos (g)		Masa de productos (g)	
CH_4	O_2	H_2O	CO_2
16,05 g	64,00 g	36,04 g	44,01 g

$3\ Cl_2 + 2\ Fe \rightarrow 2\ FeCl_3$

Masa de reactivos (g)		Masa de productos (g)
Cl_2	Fe	$FeCl_3$
212,7 g	111,7 g	324,4 g

$2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \rightarrow 10\ H_2O + 8\ CO_2$

Masa de reactivos (g)		Masa de productos (g)	
C_4H_{10}	O_2	H_2O	CO_2
116,28 g	416,00 g	180,20 g	352,08 g

Para que se cumpla la ley de la conservación de la masa, tenemos que ver si la masa total de los reactivos es igual a la masa total de los productos.

En el caso de la formación del amoniaco:

$$m_{H_2} + m_{N_2} = m_{NH_3}$$

$$6,06\ g + 28,02\ g = 34,08\ g$$

$$34,08\ g = 34,08\ g \rightarrow \text{se cumple}$$

Para la formación del $FeCl_3$:

$$m_{Cl_2} + m_{Fe} = m_{FeCl_3}$$

$$212,7\ g + 111,7\ g = 324,4\ g$$

$$324,4\ g = 324,4\ g \rightarrow \text{se cumple}$$

En la combustión del metano:

$$m_{CH_4} + m_{O_2} = m_{CO_2} + m_{H_2O}$$

$$16,05\ g + 64,00\ g = 44,01\ g + 36,04\ g$$

$$80,05\ g = 80,05\ g \quad \rightarrow \quad \text{se cumple}$$

Y en último lugar, en el caso de la combustión del butano:

$$m_{C_4H_{10}} + m_{O_2} = m_{H_2O} + m_{CO_2O}$$

$$116,28\ g + 416,00\ g = 180,20\ g + 352,08\ g$$

$$532,28\ g = 532,28\ g \quad \rightarrow \quad \text{se cumple}$$

5 Cantidad de sustancia y reacciones químicas

Página 96

24. Indaga en Internet una estimación del número de habitantes de la Tierra; ¿a cuántos «moles» corresponden?

El número de habitantes en la Tierra es, aproximadamente, 7 500 millones. Luego, para calcular los «moles» a los que corresponden aplicamos:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{7,5 \cdot 10^9}{6,022 \cdot 10^{23}} = 1,245 \cdot 10^{-14}\ \text{mol}$$

Como vemos, ni siquiera con el número tan elevado de personas que habitan el planeta, se llega a alcanzar el número de Avogadro.

25. Calcula cuántos átomos hay en 0,012 kg de carbono. Utiliza para ello la siguiente información:

$$1\ u = 1,66 \cdot 10^{-27}\ kg \ ; \ m_C = 12\ u$$

Extrae alguna conclusión del resultado obtenido.

Sabiendo que 1 u = 1,66 · 10^{-27} kg, podemos calcular las unidades que hay en 0,012 kg:

$$\frac{1\ u}{1,66 \cdot 10^{-27}\ kg} = \frac{x}{0,012\ kg} \quad \rightarrow \quad x = 7,229 \cdot 10^{24}\ u$$

Teniendo en cuenta que la masa del carbono es de 12 u, dividimos el resultado obtenido entre 12 y nos da el número de átomos:

$$\text{n.º átomos} = \frac{7,229 \cdot 10^{24}\ u}{12\ u} = 6,024 \cdot 10^{23}\ \text{átomos}$$

Podemos decir que este resultado es una gran aproximación al número de Avogadro.

Página 97

26. **Calcula la cantidad de sustancia presente en 350 g de las siguientes sustancias:**

a) Cloruro de potasio, KCl.

b) Hierro.

c) Sacarosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$.

d) Ozono, O_3.

Para calcular la cantidad de sustancia de cada uno de los compuestos, calcularemos su masa molar y dividiremos los 350 g entre ellas:

c) $M_{KCl} = 39,10 \text{ g/mol} + 35,45 \text{ g/mol} = 74,55 \text{ g/mol}$

$$n_{KCl} = \frac{m}{M_{KCl}} = \frac{350 \text{ g}}{74,55 \text{ g/mol}} = 4,69 \text{ mol}$$

d) $M_{Fe} = 55,85 \text{ g/mol}$

$$n_{Fe} = \frac{m}{M_{Fe}} = \frac{350 \text{ g}}{55,85 \text{ g/mol}} = 6,27 \text{ mol}$$

e) $M_{C_{12}H_{22}O_{11}} = 12 \cdot 12,01 \text{ g/mol} + 22 \cdot 1,01 \text{ g/mol} + 11 \cdot 16,00 \text{ g/mol} = 342,34 \text{ g/mol}$

$$n_{C_{12}H_{22}O_{11}} = \frac{m}{M_{C_{12}H_{22}O_{11}}} = \frac{350 \text{ g}}{342,34 \text{ g/mol}} = 1,02 \text{ mol}$$

f) $M_{O_3} = 3 \cdot 16,00 \text{ g/mol} = 48,00 \text{ g/mol}$

$$n_{O_3} = \frac{m}{M_{O_3}} = \frac{350 \text{ g}}{48,00 \text{ g/mol}} = 7,29 \text{ mol}$$

27. **Calcula los átomos de hierro y de oxígeno de los apartados b) y d) de la actividad anterior.**

Para calcular el número de átomos de hierro y de ozono, multiplicamos la cantidad de sustancia por el número de Avogadro:

$$\text{n.º átomos Fe} = n \cdot N_A = 6,27 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{\text{átomos}}{\text{mol}} = 3,777 \cdot 10^{24} \text{ átomos}$$

$$\text{n.º átomos } O_3 = n \cdot N_A = 7,29 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{\text{átomos}}{\text{mol}} = 4,391 \cdot 10^{24} \text{ átomos}$$

28. **¿Qué tiene más masa, 5 mol de etanol, C_2H_6O, o 2,5 mol de dioxígeno, O_2? ¿En cuál de los dos hay mayor número de átomos de oxígeno?**

Para averiguar cuál tiene mayor masa, multiplicamos la cantidad de sustancia de cada uno por su masa molar. Como el etanol tiene mayor masa molar y mayor cantidad de sustancia, tendrá mayor masa.

En el caso del número de átomos, hay que multiplicar la cantidad de sustancia por el número de Avogadro. Como el número de Avogadro es una constante, tendrá mayor número de átomos el que tenga mayor cantidad de sustancia. Por tanto, el etanol tendrá, también, mayor número de átomos.

29. **Calcula el número de átomos y de moléculas que hay en las siguientes muestras:**

a) 18 g de agua.

b) 88 g de dióxido de carbono.

c) 81 g de aluminio.

Para calcular el número de átomos totales, calculamos primero la cantidad de sustancia que hay de cada uno de ellos. Después, lo multiplicamos por el número de Avogadro y sumamos los de todos los átomos. En el caso de las moléculas, es el mismo procedimiento pero sin la suma final.

a) 18 g de H_2O $\rightarrow$ $n = \frac{m}{M} = \frac{18\text{ g}}{18{,}02\text{ g/mol}} = 0{,}999\text{ mol}$

$$\text{n.º moléculas} = 0{,}999\text{ mol} \cdot \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\text{ moléculas}}{1\text{ mol}} = 6{,}022 \cdot 10^{23}\text{ moléculas}$$

$$\text{n.º átomos O} = 0{,}999\text{ mol} \cdot \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\text{ moléculas } H_2O}{1\text{ mol}} \cdot \frac{1\text{ átomo O}}{1\text{ molécula } H_2O} = 6{,}022 \cdot 10^{23}\text{ átomos}$$

$$\text{n.º átomos H} = 0{,}999\text{ mol} \cdot \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\text{ moléculas } H_2O}{1\text{ mol}} \cdot \frac{2\text{ átomos H}}{1\text{ molécula } H_2O} = 1{,}2044 \cdot 10^{24}\text{ átomos}$$

$$\text{n.º total átomos} = 6{,}022 \cdot 10^{23} + 1{,}2044 \cdot 10^{24} = 1{,}807 \cdot 10^{24}\text{ átomos}$$

En los otros dos apartados se harían los mismos cálculos; así:

b) CO_2: n = 1,999 mol.

n.º moléculas CO_2 = 1,204 · 10^{24} moléculas.

n.º átomos total = 3,612 · 10^{24} átomos totales.

c) Al: n = 3 mol.

n.º moléculas Al = 1,8066 · 10^{24} moléculas.

En este caso, el número de átomos y el de moléculas coincide.

Página 99

30. **El cloro, Cl_2, se puede obtener en el laboratorio a partir de la siguiente reacción sin ajustar:**

$$HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + H_2O + Cl_2$$

Calcula la masa de dióxido de manganeso, MnO_2, necesaria para obtener 5 g de cloro.

Ajustamos la reacción química:

$$4\ HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + 2\ H_2O + Cl_2$$

A continuación, calculamos la cantidad de cloro que equivale a 5 g:

$$n_{Cl_2} = \frac{5\text{ g}}{70{,}9\text{ g/mol}} = 0{,}07\text{ mol}$$

Ahora, hallamos la cantidad de MnO_2 necesaria para producir la cantidad anterior de cloro:

$$\frac{1\text{ mol } MnO_2}{1\text{ mol } Cl_2} = \frac{x}{0{,}07\text{ mol } Cl_2} \rightarrow x = 0{,}07\text{ mol } MnO_2$$

Por último, calculamos a qué masa equivalen los 0,07 mol de MnO_2; teniendo en cuenta que la masa molar del MnO_2 es de 86,94 g/mol, se obtiene:

$$n_{MnO_2} = \frac{m}{M} \rightarrow m = n_{MnO_2} \cdot M = 0{,}07\text{ mol} \cdot 86{,}94\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 6{,}13\text{ g}$$

31. **En la actividad anterior, calcula la masa de cloruro de manganeso (II), $MnCl_2$, que se formará.**

Teniendo en cuenta la reacción química:

$$4\ HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + 2\ H_2O + Cl_2$$

Y que se forman 0,07 mol de Cl_2 (calculados en el ejercicio anterior), podemos establecer la siguiente equivalencia:

$$\frac{1\,\text{mol}\,Cl_2}{1\,\text{mol}\,MnCl_2} = \frac{0{,}07\,\text{mol}\,Cl_2}{x} \quad \rightarrow \quad x = 0{,}07\,\text{mol}\,MnCl_2$$

Por tanto, si multiplicamos este resultado por la masa molar del $MnCl_2$, obtenemos la masa:

$$m = n \cdot M = 0{,}07\,\text{mol} \cdot 125{,}84\,\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 8{,}8\,\text{g}$$

32. El butano, C_4H_{10}, es un combustible de uso doméstico habitual que se comercializa en bombonas de 12,5 kg. En la combustión del butano, se produce dióxido de carbono y agua. Calcula la masa de dióxido de carbono que se desprende en la combustión del butano que contienen 100 bombonas de butano.

Primero, escribimos la reacción de combustión del butano ajustada:

$$C_4H_{10} + \frac{13}{2}\,O_2 \rightarrow 4\,CO_2 + 5\,H_2O$$

Calculamos la cantidad de sustancia de butano que son 12,5 kg:

$$n = \frac{m}{M_m} = \frac{12{,}5 \cdot 10^3\,\text{g}}{58{,}14\,\text{g/mol}} = 215\,\text{mol}$$

Según los coeficientes estequiométricos, tendremos:

$$\frac{1\,\text{mol}\,C_4H_{10}}{4\,\text{mol}\,CO_2} = \frac{215\,\text{mol}\,C_4H_{10}}{x} \quad \rightarrow \quad x = 860\,\text{mol de}\,CO_2$$

La masa de esta cantidad de sustancia es:

$$m = n \cdot M_m = 860\,\text{mol} \cdot 44{,}01\,\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3{,}78 \cdot 10^4\,\text{g de}\,CO_2$$

Por tanto, podemos afirmar que:

$$\frac{1\,\text{bombona}}{3{,}78 \cdot 10^4\,\text{g}\,CO_2} = \frac{100\,\text{bombonas}}{y} \quad \rightarrow \quad y = 3{,}78 \cdot 10^6\,\text{g} = 3{,}78 \cdot 10^3\,\text{kg}$$

35. El dicloro reacciona con hierro para formar tricloruro de hierro. Esta reacción química se ha utilizado como ejemplo en el epígrafe anterior:

a) Escribe su ecuación química ajustada.

b) Comprueba los datos de masas que se dan en la tabla del epígrafe anterior. Para ello parte de tres moles de dicloro y calcula la masa de cada sustancia.

c) Comprueba tus resultados del apartado anterior verificando que se cumple la ley de conservación de la masa.

a) La reacción química ajustada es:

$$3\,Cl_2 + 2\,Fe \rightarrow 2\,FeCl_3$$

b) Teniendo en cuenta la tabla del epígrafe anterior:

$$3\,Cl_2 + 2\,Fe \rightarrow 2\,FeCl_3$$

Masa de reactivos (g)		Masa de productos (g)
Cl_2	Fe	$FeCl_3$
212,7 g	111,7 g	324,4 g

Calcularemos ahora la masa de cada sustancia que corresponde a la reacción de tres moles de dicloro; para ello tendremos en cuenta las masas molares de las sustancias implicadas, cuyos valores son:

$$M_{Cl_2} = 2 \cdot 35,45 \frac{g}{mol} = 70,9 \frac{g}{mol}$$

$$M_{Fe} = 55,85 \frac{g}{mol}$$

$$M_{FeCl_3} = 55,85 \frac{g}{mol} + 3 \cdot 35,45 \frac{g}{mol} = 162,2 \frac{g}{mol}$$

Por tanto:

$$m_{Cl_2}\text{ (reacción)} = 3\text{ mol} \cdot \left(70,9 \frac{g}{mol}\right) = 212,7\text{ g}$$

$$m_{Fe}\text{ (reacción)} = 2\text{ mol} \cdot 55,85 \frac{g}{mol} = 111,7\text{ g}$$

$$m_{FeCl_3}\text{ (reacción)} = 2\text{ mol} \cdot 162,2 \frac{g}{mol} = 324,4\text{ g}$$

Como conclusión, podemos decir que se cumple lo recogido en la tabla.

c) Para verificar que se cumple la ley de conservación de la masa, sumamos las masas de los reactivos y vemos si da igual que la masa de producto:

$$m_{Fe} + m_{Cl_2} = m_{FeCl_3}$$

$$111,7\text{ g} + 212,7\text{ g} = 324,4\text{ g}$$

$$324,4\text{ g} = 324,4\text{ g} \quad \rightarrow \quad \text{sí se cumple}$$

Taller de ciencias

Página 103

2. **Sabemos que la reacción química entre el cinc (Zn) y el ácido clorhídrico (HCl) tiene como productos cloruro de cinc ($ZnCl_2$) e hidrógeno (H_2).**

- **Escribe y ajusta esta reacción química.**
- **Escribe y ajusta las reacciones químicas que pueden tener lugar en los otros tubos de ensayo.**

- La reacción química ajustada es la siguiente:

$$Zn + 2\,HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

- En los otros tubos de ensayo tenemos como metales el aluminio y el cobre. Por analogía a la reacción del apartado anterior, las reacciones que se darán son:

$$2\,Al + 6\,HCl \rightarrow 2\,AlCl_3 + 3\,H_2$$

$$Cu + 2\,HCl \rightarrow CulCl_2 + H_2$$

Trabaja con lo aprendido

Página 104

Cambios físicos y químicos

2. **Al poner en contacto vinagre y bicarbonato se desprende un gas, dióxido de carbono, y se forma una sustancia llamada acetato de sodio y agua:**

a) Indica cuáles son los reactivos de la reacción.

b) Indica el número de productos de esta reacción.

a) Los reactivos de la reacción son el vinagre y el bicarbonato.

b) Hay tres productos: dióxido de carbono, acetato de sodio y agua.

Estudio de las reacciones químicas

6. **Se mide la cantidad de dos sustancias en un vaso de precipitados en el que está ocurriendo una reacción química. Estas cantidades se muestran en la tabla:**

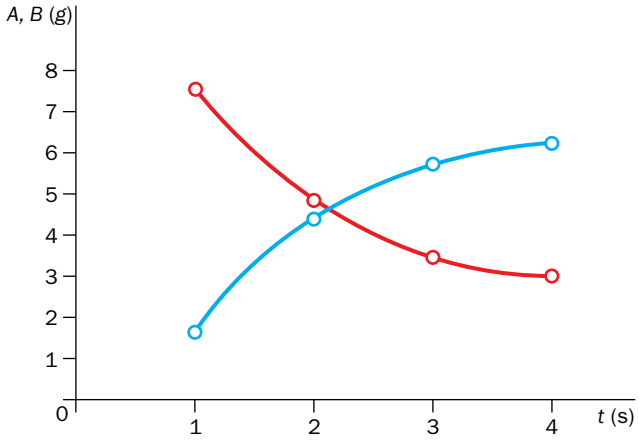
Masa *A* (g)	7,5	3,75	2,50	1,88
Masa *B* (g)	1,7	3,4	6,8	13,6
Tiempo (min)	1	2	3	4

a) ¿Las sustancias *A* y *B* son reactivos o productos de la reacción? Justifica tu respuesta.

b) Representa los datos de la masa frente al tiempo, e indica si se trata de una relación lineal.

a) La sustancia *A* es un reactivo de la reacción porque, según va transcurriendo el tiempo, cada vez hay menos cantidad presente. Sin embargo, la sustancia *B* es un producto, ya que según avanza el tiempo, va aumentando su masa.

b) Vamos a representar ambas masas en el mismo diagrama. El color rojo será el de la sustancia *A* y el azul el de la sustancia *B:*



No se trata en ningún caso de una relación lineal.

7. **A partir del gráfico del apartado b) del ejercicio anterior, indica en qué intervalo de tiempo es mayor la velocidad de la reacción química. Explica en qué basas tu respuesta. ¿Podrías relacionar esta observación con la teoría de las colisiones?**

El intervalo de tiempo en el que es mayor la velocidad de reacción es entre el segundo 1 y el segundo 2, es decir, el primer intervalo de tiempo. Sabemos que es así porque la cantidad de sustancia que desaparece de *A* y que se forma de *B* es mayor que en el resto de intervalos. Luego, es cuando se tienen que estar produciendo un mayor número de choques entre las partículas tanto de *A* como de *B* como entre ellas. Por eso, su velocidad es la más alta.

Página 105

Representación de las reacciones químicas

15. **Ajusta en tu cuaderno las reacciones químicas siguientes:**

a) ☐ **Fe +** ☐ **Cl_2 →** ☐ **$FeCl_3$.**

b) ☐ **C_3H_6 +** ☐ **O_2 →** ☐ **CO_2 +** ☐ **H_2O.**

c) ☐ **$KClO_3$ →** ☐ **KCl +** ☐ **O_2.**

a) $2\ Fe + 3\ Cl_2 \rightarrow 2\ FeCl_3$.

b) $2\ C_3H_6 + 9\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$.

c) $2\ KClO_3 \rightarrow 2\ KCl + 3\ O_2$.

16. **El disulfuro de hierro, sólido, se combina con dioxígeno y da dióxido de azufre y trióxido de dihierro (sólido). Escribe la ecuación química ajustada de este proceso, indicando el estado de agregación en que se encuentran todas las sustancias.**

La reacción química ajustada es la siguiente:

$$2\ FeS_2(s) + \frac{11}{2} O_2(g) \rightarrow 4\ SO_2(g) + Fe_2O_3(s)$$

17. **En la combustión de hidrocarburos, la cantidad de dióxido de carbono está directamente relacionada con el número de átomos de carbono que tenga la molécula del hidrocarburo.**

Ajusta en tu cuaderno las siguientes ecuaciones químicas, que representan la combustión de metano, etano, propano y butano:

a) $\square\ CH_4 + \square\ O_2 \rightarrow \square\ CO_2 + \square\ H_2O$.

b) $\square\ C_2H_6 + \square\ O_2 \rightarrow \square\ CO_2 + \square\ H_2O$.

c) $\square\ C_3H_8 + \square\ O_2 \rightarrow \square\ CO_2 + \square\ H_2O$.

d) $\square\ C_4H_{10} + \square\ O_2 \rightarrow \square\ CO_2 + \square\ H_2O$.

Establece una relación entre el número de átomos de carbono en la molécula del combustible y la cantidad de sustancia de dióxido de carbono. Con esta información, completa tu respuesta para la actividad 21 de la página 135.

a) $CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$.

b) $C_2H_6 + \frac{7}{2}\,O_2 \rightarrow 2\,CO_2 + 3\,H_2O$.

c) $C_3H_8 + 5\,O_2 \rightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O$.

d) $C_4H_{10} + \frac{13}{2}\,O_2 \rightarrow 4\,CO_2 + 5\,H_2O$.

Como vemos, a mayor número de átomos de carbono en la molécula de hidrocarburo, mayor cantidad de dióxido de carbono se produce.

Si completamos la actividad 21 de la página 135, diremos que es entendible que se sustituya el butano por metano, ya que el metano es el hidrocarburo que menos CO_2 produce.

Leyes fundamentales y reacciones químicas

19. **Cuando calentamos 50 g de carbonato de calcio, se forman 28 g de óxido de calcio y cierta cantidad de dióxido de carbono:**

a) ¿Qué masa de este gas se habrá formado en la reacción?

b) ¿Qué cantidad de óxido de calcio se forma a partir de 150 g de carbonato de calcio?

a) En primer lugar, planteamos la ecuación ajustada de la reacción química:

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

Sabiendo las cantidades de carbonato de calcio y óxido de calcio, podemos plantear la siguiente ecuación, basándonos en la ley de conservación de la masa:

$$m_{CaCO_3} = m_{CaO} + m_{CO_2}$$

$$50\text{ g} = 28\text{ g} + m_{CO_2}$$

$$m_{CO_2} = 22\text{ g}$$

b) Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el apartado anterior y que se cumple la ley de las proporciones definidas, la cantidad de óxido de calcio que se obtiene es:

$$\frac{50\text{ g de } CaCO_3}{28\text{ g de CaO}} = \frac{150\text{ g de } CaCO_3}{x} \rightarrow x = 84\text{ g de CaO}$$

20. **A partir de los datos del ejercicio anterior, obtén la proporción en masa con que reaccionan el carbonato de calcio y el óxido de calcio. ¿Podríamos obtener 56 g de óxido de calcio a partir de 60 g de carbonato de calcio? ¿En qué ley te has basado para responder a esta actividad?**

La proporción de masas entre el carbonato de calcio y el óxido de calcio es:

$$\frac{m_{CaCO_3}}{m_{CaO}} = \frac{50\ g}{28\ g} = 1,79$$

Para saber si podemos obtener 56 g de óxido de calcio, aplicamos la ley de las proporciones definidas:

$$\frac{50\ g\ de\ CaCO_3}{28\ g\ de\ CaO} = \frac{60\ g\ de\ CaCO_3}{x} \quad \rightarrow \quad x = 33,6\ g\ de\ CaO$$

Por tanto, no se obtienen 56 g de CaO, sino solo 33,6 g.

Página 106

21. **El monóxido de carbono es un gas muy tóxico que se forma en la combustión incompleta del carbón (reacción de combustión que da como resultado monóxido de carbono en vez de dióxido de carbono):**

a) Escribe y ajusta la ecuación química.

b) Calcula la masa de dicho gas que se puede formar a partir de 5 g de carbón, sabiendo que la proporción estequiométrica en masa es: m_{CO}/m_C = 2,3.

a) La ecuación química ajustada es la siguiente:

$$2\ C + O_2 \rightarrow 2\ CO$$

b) Sabiendo que la proporción estequiométrica en masa es m_{CO}/m_C = 2,3, podemos decir que:

$$\frac{m_{CO}}{m_C} = \frac{x}{5\ g} = 2,3 \quad \rightarrow \quad x = 2,3 \cdot 5\ g = 11,5\ g\ de\ CO$$

22. **El etanol, C_2H_6O, es una sustancia que se utiliza como biocombustible. En su reacción de combustión origina dióxido de carbono y agua. Calcula las toneladas de CO_2 que se emiten a la atmósfera en la combustión de 25 000 L de etanol, sabiendo que la proporción estequiométrica en masa es: $m_{bioetanol}/m_{CO_2}$ = 0,52.**

Dato: Densidad del etanol = 0,789 kg/L.

Sabiendo que la densidad del etanol es 0,789 kg/L, su masa será:

$$d = \frac{m}{V} \quad \rightarrow \quad m = d \cdot V = 0,789\ \frac{kg}{L} \cdot 25\ 000\ L = 19\ 725\ kg$$

Teniendo su proporción estequiométrica en masa, podemos afirmar que de CO_2 obtenemos:

$$\frac{m_{bioetanol}}{m_{CO_2}} = \frac{19\ 725\ kg}{x} = 0,52 \quad \rightarrow \quad x = 37\ 932,69\ kg\ de\ CO_2$$

Por tanto, se obtienen 37,9 toneladas de CO_2, aproximadamente.

Cantidad de sustancia y reacciones químicas

23. Completa la tabla:

Sustancia	Masa (g)	Cantidad de sustancia (mol)	N.º total de átomos de O
Agua	54		
Ozono			$3{,}16 \cdot 10^{24}$
Dióxido de carbono		2,5	

Para calcular el número de moles, aplicamos la expresión que relaciona el número de moles, *n,* con la masa, *m,* expresada en gramos, y con la masa molar, *M,* expresada en g/mol: $n = m/M$.

Para calcular el número total de átomos, sabiendo que el número de Avogadro es $6{,}022 \cdot 10^{23}$ número de unidades fundamentales por mol, se puede calcular con la relación: $n.^{\circ}\ átomos = n \cdot N_A$.

Así, la tabla completada queda de la siguiente forma:

Sustancia	Masa (g)	Cantidad de sustancia (mol)	N.º total de átomos de O
Agua	54	3	$1{,}80 \cdot 10^{24}$
Ozono	83,96	1,75	$3{,}16 \cdot 10^{24}$
Dióxido de carbono	110	2,5	$3{,}01 \cdot 10^{24}$

24. Ordena de menor a mayor en cuanto a su masa las siguientes cantidades: a) 0,25 mol de tetracloruro de plomo; b) 5 mol de agua; c) 1 mol de ácido sulfúrico.

a) La masa de $PbCl_4$ es:

$$0{,}25 \text{ mol de } PbCl_4 = \frac{m}{M} \quad \rightarrow \quad m = n_{PbCl_4} \cdot M = 0{,}25 \text{ mol} \cdot 348{,}99 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 87{,}25 \text{ g}$$

b) La masa de H_2O es:

$$5 \text{ mol de } H_2O = \frac{m}{M} \quad \rightarrow \quad m = n_{H_2O} \cdot M = 5 \text{ mol} \cdot 18{,}02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 90{,}1 \text{ g}$$

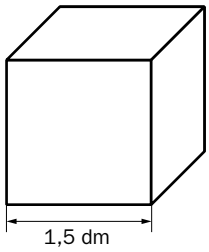
c) La masa de H_2SO_4 es:

$$1 \text{ mol de } H_2SO_4 = \frac{m}{M} \quad \rightarrow \quad m = n_{H_2SO_4} \cdot M = 1 \text{ mol} \cdot 98{,}08 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 98{,}08 \text{ g}$$

Por tanto, $m_{H_2SO_4} > m_{H_2O} > m_{PbCl_4}$.

25. Un cubo de 1,5 dm de arista está lleno de agua. Calcula el número de moléculas de esta sustancia que hay dentro del cubo.

Dato: *d* (agua) = 1 g/cm³.



Teniendo en cuenta que el volumen del cubo coincide con el volumen de agua, tendremos:

$$V = a^3 = (1{,}5\ \text{dm})^3 = 3{,}375\ \text{dm}^3$$

Aplicando el dato de la densidad del agua, obtenemos el valor de su masa:

$$d = \frac{m}{V} \quad \rightarrow \quad m = d \cdot V = 3{,}375\ \text{dm}^3 \cdot \frac{10^3\ \text{cm}^3}{1\ \text{dm}^3} \cdot 1\ \text{g/cm}^3 = 3\ 375\ \text{g de agua}$$

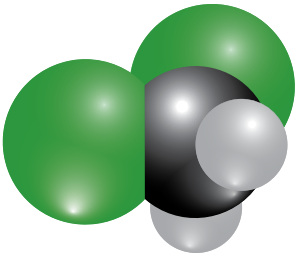
La cantidad de sustancia a la que equivale es:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{3\ 375\ \text{g}}{18{,}02\ \text{g/mol}} = 187{,}29\ \text{mol de agua}$$

Y el número de moléculas será, por tanto:

$$\text{n.º moléculas} = n \cdot N_A = 187{,}29\ \text{mol} \cdot \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\ \text{moléculas}}{1\ \text{mol}} = 1{,}13 \cdot 10^{26}\ \text{moléculas de } H_2O$$

27. La figura representa una molécula de diclorometano (CH_2Cl_2):



a) Calcula la cantidad de sustancia de diclorometano que hay en una muestra de 127,5 gramos de esa sustancia.

b) Calcula la cantidad de sustancia de cada elemento (C, H y Cl) en la muestra anterior de diclorometano (127,5 g).

c) Calcula la masa de cada elemento (C, H y Cl) presentes en la muestra anterior de diclorometano (127,5 g).

Datos: MC = 12 g/mol, MH = 1 g/mol, MCl = 35,5 g/mol.

a) La cantidad de sustancia a la que equivalen 127,5 g de CH_2Cl_2 es:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{127{,}5\ \text{g}}{84{,}93\ \text{g/mol}} = 1{,}5\ \text{mol de } CH_2Cl_2$$

b) Según la molécula, tendremos 1,5 mol de carbono, 3 mol de cloro y 3 mol de hidrógeno.

c) La masa de cada elemento es:

$$m_C = n_C \cdot M_C = 1{,}5\ \text{mol} \cdot 12{,}01\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18{,}02\ \text{g}$$

$$m_H = n_H \cdot M_H = 3\ \text{mol} \cdot 1{,}01\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3{,}03\ \text{g}$$

$$m_{Cl} = n_{Cl} \cdot M_{Cl} = 3\ \text{mol} \cdot 35{,}45\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 106{,}44\ \text{g}$$

28. Antiguamente se denominaba como «piedra infernal» a un compuesto que tienes que identificar. Para ello dispones de los siguientes datos:

- **Su masa molar es 169,9 g/mol.**
- **Su fórmula química consta de un átomo de plata, tres átomos de oxígeno y un átomo de otro elemento que se encuentra en el segundo período del Sistema Periódico.**

¿De qué compuesto se trata?

La masa molar es 169,9 g/mol: M = 169,9 g/mol. Sabiendo que hay un átomo de plata y tres de oxígeno, podemos averiguar la masa atómica del otro elemento:

$$M = M_{Ag} + 3 \cdot M_O + M_x = 169,9 \text{ g/mol}$$

$$107,87 \frac{g}{mol} + 3 \cdot 16 \frac{g}{mol} + M_x = 169,9 \frac{g}{mol}$$

$$M_x = 14,03 \frac{g}{mol}$$

En el segundo período, el elemento que coincide con esa masa molar es el nitrógeno. Por tanto, la fórmula es $AgNO_3$.

Página 107

29. El ácido clorhídrico (HCl) se combina con hidróxido de sodio (NaOH) y da cloruro de sodio (NaCl) y agua:

a) Escribe y ajusta la ecuación química.

b) Verifica que se cumple la ley de conservación de la masa calculando la masa necesaria de HCl para que reaccionen completamente 103,5 g de NaOH, y la masa de cloruro de sodio y agua que se produce.

a) La ecuación química es la siguiente:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

b) Sabiendo que reaccionan completamente 103,5 g de NaOH, calculamos la cantidad de sustancia a la que equivale:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{103,5 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 2,59 \text{ mol}$$

Por estequiometría, vemos que reacciona la misma cantidad de sustancia de NaOH que del resto de componentes de la reacción. Así, las masas de los demás compuestos serán:

$$m_{HCl} = n \cdot M = 2,59 \text{ mol} \cdot 36,46 \frac{g}{mol} = 94,34 \text{ g}$$

$$m_{H_2O} = n \cdot M = 2,59 \text{ mol} \cdot 18,02 \frac{g}{mol} = 46,63 \text{ g}$$

$$m_{NaCl} = n \cdot M = 2,59 \text{ mol} \cdot 58,44 \frac{g}{mol} = 151,21 \text{ g}$$

Para verificar que se cumple la ley de conservación de la masa, tenemos que comprobar que la suma de las masas de los reactivos es igual a la suma de las masas de los productos:

$$m_{NaOH} + m_{HCl} = m_{NaCl} + m_{H_2O}$$

$$103,5 \text{ g} + 94,34 \text{ g} = 46,63 \text{ g} + 151,21 \text{ g}$$

$$197,84 \text{ g} = 197,84 \text{ g} \quad \rightarrow \quad \text{sí se cumple}$$

30. El ácido clorhídrico, cuando reacciona con cinc, produce dicloruro de cinc y dihidrógeno:

a) Escribe y ajusta la ecuación química del proceso.

b) Calcula la cantidad de sustancia de hidrógeno que se obtiene al reaccionar 3 mol de HCl.

c) Calcula la masa de HCl que corresponde a 3 mol.

d) Calcula la masa de hidrógeno que se obtiene al reaccionar los 3 mol de HCl de los apartados anteriores.

a) La ecuación química del proceso es:

$$Zn + 2\ HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

b) Según el ajuste estequiométrico de la reacción:

$$\frac{2 \text{ mol de HCl}}{1 \text{ mol de } H_2} = \frac{3 \text{ mol de HCl}}{x} \quad \rightarrow \quad x = 1{,}5 \text{ mol de } H_2$$

c) La masa a la que corresponden 3 mol de HCl es:

$$m = n \cdot M = 3 \text{ mol} \cdot 36{,}46 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 109{,}38 \text{ g} \simeq 109{,}4 \text{ g}$$

d) Como sabemos que se necesitan 1,5 mol de H_2, podemos calcular la masa a la que equivale:

$$m = n \cdot M = 1{,}5 \text{ mol} \cdot 2{,}02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3{,}03 \text{ g} \simeq 3 \text{ g}$$

31. Se deja a la intemperie un clavo de hierro de 5 g. Al cabo de cierto tiempo se observa que una parte se ha oxidado, formándose 5 g de trióxido de dihierro:

a) ¿Qué cantidad de hierro ha reaccionado?

b) ¿Cuánto hierro ha quedado sin reaccionar? ¿Qué porcentaje de la masa del clavo representa la parte que ha quedado sin reaccionar?

La reacción química que tiene lugar es la siguiente:

$$4\ Fe + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3$$

a) Para saber la cantidad de hierro que reacciona, partimos de los 5 g de Fe_2O_3 que obtenemos. Primero, calculamos a cuánta cantidad de sustancia equivalen:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{5 \text{ g}}{159{,}7 \text{ g/mol}} = 0{,}031 \text{ mol de } Fe_2O_3$$

Por estequiometría de reacción, calculamos la cantidad de sustancia de hierro que reacciona:

$$\frac{4 \text{ mol de Fe}}{2 \text{ mol de } Fe_2O_3} = \frac{x}{0{,}031 \text{ mol de } Fe_2O_3} \quad \rightarrow \quad x = 0{,}062 \text{ mol de Fe}$$

A partir de este dato, calculamos la masa a la que equivale:

$$m = n \cdot M = 0{,}062 \text{ mol} \cdot 55{,}85 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3{,}5 \text{ g de Fe}$$

b) La masa de hierro que queda sin reaccionar es:

$$m_{Fe}(\text{sobrante}) = m_{\text{total}} - m_{\text{reacción}} = 5 \text{ g} - 3{,}5 \text{ g} = 1{,}5 \text{ g}$$

El porcentaje que representa es:

$$\%\ \text{Fe no reacciona} = \frac{1{,}5 \text{ g}}{5{,}0 \text{ g}} \cdot 100 = 30\ \%$$

32. Una persona con exceso de ácido clorhídrico en los jugos gástricos toma, para neutralizar dicho exceso, un medicamento que contiene 1,85 g de hidróxido de aluminio por cada 25 mL de medicamento. La reacción que se produce (sin ajustar) es:

$$HCl + Al(OH)_3 \rightarrow AlCl_3 + H_2O$$

Suponiendo que el estómago produce 3 L diarios de jugo gástrico, de concentración en ácido clorhídrico 0,075 mol/L, calcula:

a) La cantidad de sustancia diaria de ácido clorhídrico que se produce en el estómago y la de hidróxido de aluminio necesarias para neutralizarlos completamente.

b) La masa de Al $(OH)_3$ y los mL de medicamento que debe tomar al día la persona del enunciado.

La reacción química ajustada es la siguiente:

$$3\ HCl + Al\ (OH)_3 \rightarrow AlCl_3 + 3\ H_2O$$

a) La cantidad de sustancia diaria que produce el estómago de ácido clorhídrico es:

$$\frac{0{,}075\ \text{mol}}{1\ \text{L}} = \frac{x}{3\ \text{L}} \quad \rightarrow \quad x = 0{,}225\ \text{mol de HCl}$$

Y la cantidad de hidróxido de aluminio necesaria para neutralizarlo es:

$$\frac{3\ \text{mol de HCl}}{1\ \text{mol de Al(OH)}_3} = \frac{0{,}225\ \text{mol de HCl}}{y} \quad \rightarrow \quad y = 0{,}075\ \text{mol de Al(OH)}_3$$

b) La masa que debe tomar al día la calculamos a partir de la cantidad de sustancia:

$$m = n \cdot M = 0{,}075\ \text{mol} \cdot 78{,}01\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 5{,}85\ \text{g de Al(OH)}_3$$

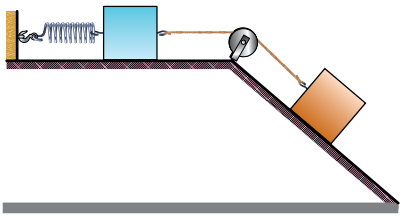
Y el volumen de medicamento será:

$$\frac{1{,}85\ \text{g Al(OH)}_3}{25\ \text{mL de medicamento}} = \frac{5{,}85\ \text{g de Al(OH)}_3}{x} \quad \rightarrow \quad x = 79{,}06\ \text{mL de medicamento}$$

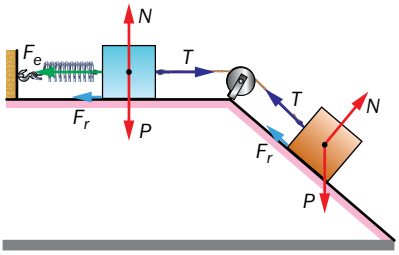
2 Fuerzas cotidianas

Página 114

13. **Identifica las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo de la imagen.**

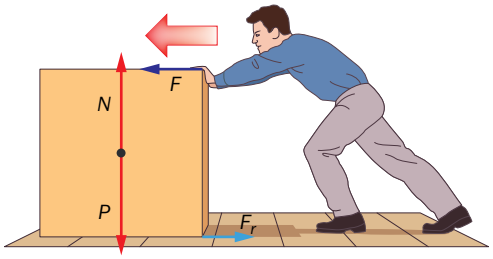


En la siguiente imagen se representan las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo:



14. **En la siguiente imagen, identifica las fuerzas que actúan sobre la caja. Clasifícalas según los dos criterios estudiados en el apartado 2.1.**

Las fuerzas que actúan sobre la caja son:



3 Deformaciones elásticas. Ley de Hooke

Página 115

15. **De un muelle sujeto por su extremo superior se cuelga un cuerpo de 1,5 kg, y se mide una elongación de 4 cm:**

a) ¿Cuál es el valor de la constante del muelle, *k*?

b) ¿Cuánto se estirará si se le cuelgan 900 g?

c) ¿Qué ocurriría si apoyamos el muelle en posición vertical, y se le coloca encima un cuerpo de 2,5 kg?

a) El peso que se cuelga es:

$$P = m \cdot g = 1{,}5\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m/s}^2 = 15\ \text{N}$$

A partir de la expresión de la ley de Hooke podemos calcular el valor de la constante del muelle, *k:*

$$F = k \cdot \Delta l \quad \rightarrow \quad k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{P}{\Delta l} = \frac{15\ \text{N}}{0{,}04\ \text{m}} = 375\ \text{N/m}$$

b) Si se cuelga una masa de 900 g, esto es, 0,9 kg, el peso será de:

$$P = m \cdot g = 0{,}9\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m/s}^2 = 9\ \text{N}$$

De acuerdo con la ley de Hooke, el estiramiento será:

$$F = k \cdot \Delta l \quad \rightarrow \quad \Delta l = \frac{F}{k} = \frac{P}{k} = \frac{9\ \text{N}}{375\ \text{N/m}} = 0{,}024\ \text{m} = 2{,}4\ \text{cm}$$

c) El cuerpo, debido a su peso, comprimirá el muelle; el peso del cuerpo es:

$$P = m \cdot g = 2{,}5\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m/s}^2 = 25\ \text{N}$$

De acuerdo con la ley de Hooke:

$$\Delta l = \frac{F}{k} = \frac{P}{k} = \frac{25\ \text{N}}{375\ \text{N/m}} = 0{,}067\ \text{m} = 6{,}7\ \text{cm}$$

16. **Un muelle alcanza una longitud l_1 = 40 cm al tirar de él con una fuerza de 250 N, y una longitud l_2 = 50 cm al tirar con una fuerza de 500 N:**

a) ¿Cuál es la longitud en reposo del muelle?

b) ¿Cuánto vale la constante elástica?

Para resolver ambos apartados del ejercicio, aplicaremos la ley de Hooke, lo que nos permitirá plantear un sistema de dos ecuaciones y dos incógnitas:

$$F = k \cdot (l - l_0) \quad \rightarrow \quad \begin{cases} F_1 = k \cdot (l_1 - l_0) \\ F_2 = k \cdot (l_2 - l_0) \end{cases}$$

Al sustituir los datos de que disponemos se obtiene:

$$250 = k \cdot (0,4 - l_0)$$

$$500 = k \cdot (0,5 - l_0)$$

Dividiendo ambas expresiones entre sí se tiene:

$$\frac{500}{250} = \frac{k \cdot (0,5 - l_0)}{k \cdot (0,4 - l_0)} \quad \rightarrow \quad 2 \cdot (0,4 - l_0) = 0,5 - l_0 \quad \rightarrow \quad l_0 = 0,3 \text{ m}$$

El valor de k resulta:

$$k = \frac{250}{0,4 - l_0} \quad \rightarrow \quad k = \frac{250}{0,4 - 0,3} = 2\,500 \text{ N/m}$$

Por tanto, la solución de cada apartado es:

a) $l_0 = 0,3 \text{ m}$.

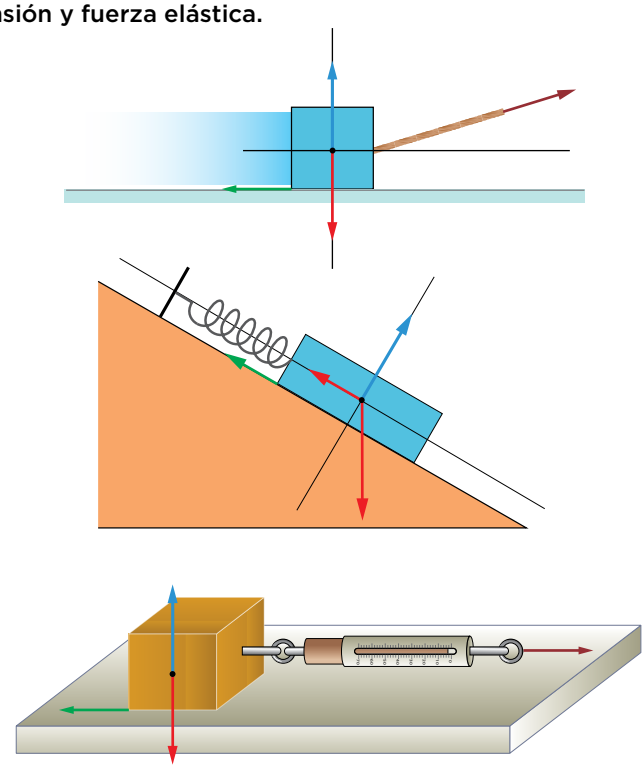
b) $k = 2\,500 \text{ N/m}$.

Trabaja con lo aprendido

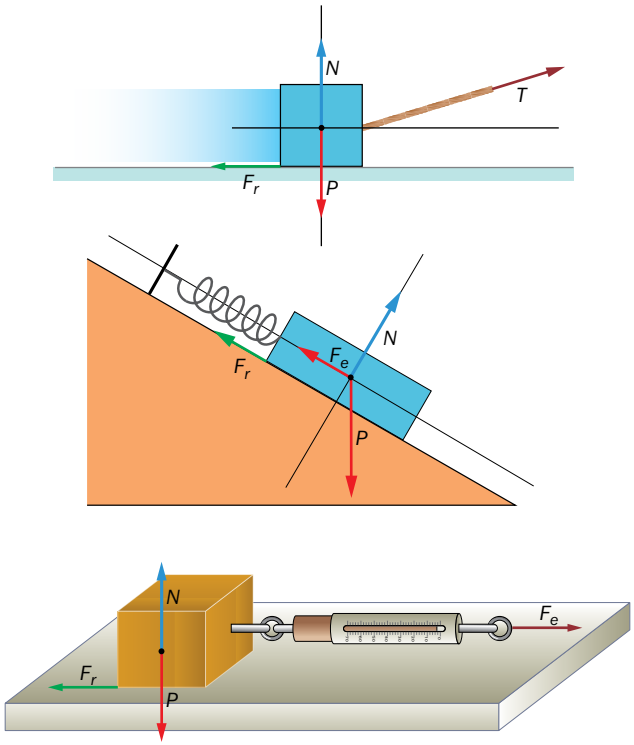
Página 122

Fuerzas cotidianas

13. **Copia los siguientes dibujos en tu cuaderno, e indica sobre ellos dónde actúan, sobre cada uno de los cuerpos que aparecen, las fuerzas estudiadas en la unidad: peso, fuerza de rozamiento, normal, tensión y fuerza elástica.**



Las fuerzas actúan, en cada caso, donde se indica:



Página 123

Deformaciones elásticas

18. Si al muelle de la actividad anterior se le cuelga un cuerpo de 20 kg:

a) ¿Cuánto se alarga?

b) ¿Qué masa hay que colgar de él para que la elongación sea de 5 cm?

a) De acuerdo con la ley de Hooke:

$$F = k \cdot \Delta l$$

Como la fuerza aplicada es el peso del cuerpo, de 20 kg de masa, podemos escribir:

$$m \cdot g = k \cdot \Delta l \quad \rightarrow \quad \Delta l = \frac{m \cdot g}{k} = \frac{20 \cdot 9{,}8}{250} = 0{,}784 \text{ m}$$

$$\Delta l = 78{,}4 \text{ cm}$$

b) Si deseamos que la elongación sea de 5 cm:

$$m = \frac{k \cdot \Delta l}{g} = \frac{250 \cdot 0{,}05}{9{,}8} = 1{,}28 \text{ kg}$$

19. Un muelle se alarga 2 cm cuando se le cuelga un cuerpo de 50 N. Si el límite de elasticidad se alcanza al someterlo a una fuerza de 300 N, ¿qué masa máxima podremos colgarle? ¿Qué elongación se producirá en este caso?

La constante elástica del muelle es:

$$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{50 \text{ N}}{0{,}02 \text{ m}} = 2\,500 \text{ N/m}$$

La masa máxima que podemos colgarle es la que hace que se alcance el límite de elasticidad del muelle:

$$F = m \cdot g = 300 \text{ N} \quad \rightarrow \quad m = \frac{300 \text{ N}}{9{,}8 \text{ N/kg}} = 30{,}6 \text{ kg}$$

La elongación que produce es:

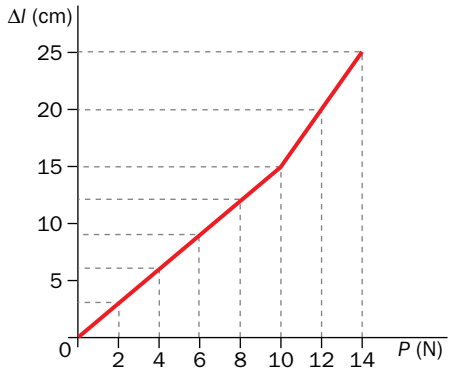
$$\Delta l = \frac{F}{k} = \frac{300 \text{ N}}{2\,500 \text{ N/m}} = 0{,}12 \text{ m}$$

20. Se mide la deformación que sufre un muelle en función del peso que se le cuelga, obteniendo los siguientes datos:

P (N)	2	4	6	8	10	12	14
Δ*l* (cm)	3	6	9	12	15	20	25

Representa la gráfica de la elongación en función del peso y determina para qué valores de fuerza aplicada este muelle podría servir como dinamómetro. En este intervalo, ¿qué valor toma la constante elástica?

La representación gráfica de la elongación en función del peso que se cuelga del muelle es:



Este muelle se puede utilizar como dinamómetro para medir fuerzas inferiores a 10 N. A partir de este valor, se observa en la gráfica que el alargamiento deja de ser proporcional a la fuerza aplicada.

Para valores inferiores a los 10 N, la constante elástica del muelle vale:

$$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{10\ \text{N}}{15\ \text{cm}} = 0{,}67\ \text{N/cm}$$

Página 124

Ley de la gravitación universal

23. Si dos cuerpos cualesquiera sienten atracción gravitatoria, ¿por qué no vivimos pegados unos a otros? Para ayudarte en la respuesta, calcula la fuerza con la que se atraen dos personas de 70 kg que se encuentran separadas por una distancia de 0,5 m.

La fuerza con que se atraen dos personas de 70 kg de masa que se encuentran separadas por una distancia de 0,5 m es:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \rightarrow F = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{70 \cdot 70}{0{,}5^2} = 1{,}3 \cdot 10^{-6}\ \text{N}$$

Observa que el valor obtenido es despreciable; de ahí que no sintamos prácticamente los efectos de la atracción gravitatoria que otros seres vivos ejercen sobre nosotros.

24. Calcula la fuerza gravitatoria con la que se atraen dos cuerpos de 1 kg de masa según se encuentren en el agua o en el aire. Justifica los resultados.

La constante *G* es universal; ello significa que tiene el mismo valor en todas las partes del universo; por tanto, la fuerza gravitatoria de atracción entre dos cuerpos de 1 kg de masa según se encuentren en el agua o en el aire es la misma, y su valor se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \rightarrow F = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1 \cdot 1}{r^2} \rightarrow F = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11}}{r^2}$$

La expresión resultante queda en función de la distancia de separación, *r*, ya que el enunciado no proporciona información al respecto.

26. Obtén, a partir de la ley de la gravitación universal, el valor de la gravedad en Marte, si $M_M = 6{,}42 \cdot 10^{23}$ kg, y su radio, $R_M = 3\,397$ km.

La aceleración de la gravedad en Marte se calcula como sigue:

$$g_M = G \cdot \frac{M_M}{R_M^2} \rightarrow g_M = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6{,}42 \cdot 10^{23}}{(3\,397 \cdot 10^3)^2} = 3{,}71\ \text{N/kg}$$

28. **La masa de un cuerpo *A* es cuatro veces más que la masa de otro cuerpo *B*, estando el primero a una distancia cuatro veces mayor del centro de la Tierra que el segundo. ¿Cuál de los dos cuerpos tiene mayor peso?**

De acuerdo con los datos que proporciona el enunciado:

$$m_A = 4 \cdot m_B \quad ; \quad d_A = 4 \cdot d_B$$

El peso del cuerpo *B* es:

$$P_B = G \cdot \frac{M_T \cdot m_B}{d_B^2}$$

Y el del cuerpo *A*:

$$P_A = G \cdot \frac{M_T \cdot m_A}{d_A^2} = G \cdot \frac{M_T \cdot 4 \cdot m_B}{(4 \cdot d_B)^2} = G \cdot \frac{M_T \cdot m_B}{4 \cdot d_B^2}$$

El peso del cuerpo *B* es mayor que el del cuerpo *A*; más concretamente:

$$\frac{P_B}{P_A} = \frac{G \cdot \dfrac{M_T \cdot m_B}{d_B^2}}{G \cdot \dfrac{M_T \cdot m_B}{4 \cdot d_B^2}} = 4 \quad \rightarrow \quad P_B = 4 \cdot P_A$$

29. **Un astronauta pesa en la Tierra 850 N, ¿cuánto pesará en la Luna, si la masa de la Luna es M_L = 7,35 · 10^{22} kg, y su radio R_L = 1 737 km? ¿Qué relación hay entre la gravedad de la Tierra y la de la Luna?**

Calculamos, en primer lugar, la masa del astronauta a partir del valor de su peso en la Tierra:

$$P_T = m \cdot g_T \quad \rightarrow \quad m = \frac{P_T}{g_T} = \frac{850\ \text{N}}{9{,}8\ \text{N/kg}} = 86{,}7\ \text{kg}$$

El peso en la Luna es la fuerza con que esta le atrae cuando el astronauta se encuentra en su superficie:

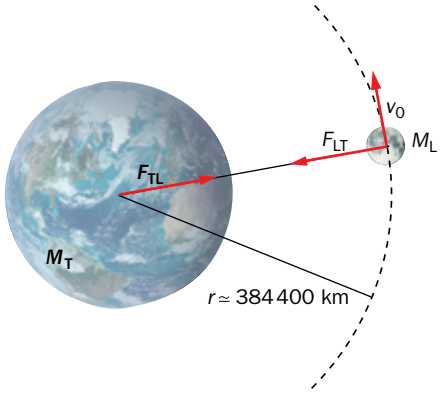
$$P_L = F_L = G \cdot \frac{M_L \cdot m}{R_L^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7{,}35 \cdot 10^{22} \cdot 86{,}7}{(1737 \cdot 10^3)^2} = 140{,}9\ \text{N}$$

Para obtener la relación entre la gravedad de la Tierra y la gravedad de la Luna, despejamos la masa en la expresión del peso en cada astro e igualamos:

$$P_T = m \cdot g_T \quad ; \quad P_L = m \cdot g_L$$

$$m = \frac{P_T}{g_T} \quad ; \quad m = \frac{P_L}{g_L} \quad \rightarrow \quad \frac{P_T}{g_T} = \frac{P_L}{g_L} \quad \rightarrow \quad \frac{g_T}{g_L} = \frac{P_T}{P_L} = \frac{850\ \text{N}}{140{,}9\ \text{N}} = 6$$

30. **Calcula la fuerza con la que se atraen la Tierra y la Luna, si el radio medio de la órbita que describe la Luna alrededor de la Tierra es aproximadamente, de 384 400 km, y que las masas de ambos astros son de $5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg y de $7{,}35 \cdot 10^{22}$ kg, respectivamente.**



La fuerza de atracción entre la Tierra y la Luna se calcula como sigue:

$$F_{TL} = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{d_{TL}^2} \rightarrow F_{TL} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5{,}98 \cdot 10^{24} \cdot 7{,}35 \cdot 10^{22}}{(384\,400 \cdot 10^3)^2} = 1{,}98 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

31. **Si la aceleración de la gravedad en Mercurio vale 2,8 m/s^2 y en Neptuno 11,0 m/s^2, calcula:**

a) El peso de un cuerpo de 20 kg de masa situado en cada uno de ellos.

b) Se sitúa un cuerpo de 50 kg de masa en Mercurio, y otro de 15 kg en Neptuno. ¿Cuál experimentará mayor atracción gravitatoria?

a) Para calcular el peso de cada uno de ellos utilizamos la siguiente fórmula:

$$P = m \cdot g$$

Por tanto, sabiendo la aceleración de la gravedad en cada planeta, obtenemos:

$$P_{Mercurio} = m \cdot g_{Mercurio} = 20 \text{ kg} \cdot 2{,}8 \text{ m/s}^2 = 56 \text{ N}$$
$$P_{Neptuno} = m \cdot g_{Neptuno} = 20 \text{ kg} \cdot 11{,}0 \text{ m/s}^2 = 220 \text{ N}$$

b) Para saber cuál de los dos cuerpos experimenta mayor atracción gravitatoria, calculamos el peso que tendrán en el planeta en el que están situados:

$$P_{Mercurio} = m \cdot g = 50 \text{ kg} \cdot 2{,}8 \text{ m/s}^2 = 140 \text{ N}$$
$$P_{Neptuno} = m \cdot g = 15 \text{ kg} \cdot 11{,}0 \text{ m/s}^2 = 165 \text{ N}$$

Luego el cuerpo situado en Neptuno estará más atraído por la fuerza gravitatoria.

Página 125

32. **Un cuerpo que inicialmente está en reposo comienza a caer libremente. ¿Qué rapidez tendrá al cabo de 5 s? Ten en cuenta que la aceleración de caída de un cuerpo en la superficie de la Tierra es de 9,8 m/s^2. (Repasa, si lo necesitas, los contenidos sobre cinemática estudiados el curso anterior).**

Aplicando la ecuación para la velocidad para una caída libre y teniendo en cuenta que $a = +g$, la velocidad será:

$$v = v_0 + a \cdot t \rightarrow v = a \cdot t = 9{,}8 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ s} = 49 \text{ m/s}$$

2 Carga eléctrica. Ley de conservación

Página 133

13. Si un cuerpo adquiere una carga de –0,02 μC, ¿ha ganado o ha perdido electrones? ¿Cuántos?

La carga neta, en valor absoluto, que ha adquirido el cuerpo es de 0,02 μC; este valor, expresado en C, es:

$$Q = 0{,}02\ \mu C \cdot \frac{1\ C}{10^6\ \mu C} = 2 \cdot 10^{-8}\ C$$

Teniendo ahora en cuenta el valor de la carga del electrón, resulta:

$$Q = 2 \cdot 10^{-8}\ C \cdot \frac{1\ e^-}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\ C} = 1{,}25 \cdot 10^{11}\ e^-$$

Como el cuerpo adquiere carga negativa, significa que ha ganado electrones. Podemos concluir, por tanto, que ha ganado $1{,}25 \cdot 10^{11}$ electrones.

14. El núcleo del átomo de helio tiene dos protones y dos neutrones; expresa su carga eléctrica en mC.

Los neutrones no tienen carga eléctrica, y la que corresponde al protón tiene el mismo valor que la del electrón, pero con signo positivo; así, la carga que corresponde a los dos protones del átomo de helio será:

$$Q = 2\ \text{protones} \cdot \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19}\ C}{1\ \text{protón}} = 3{,}204 \cdot 10^{-19}\ C$$

Para expresar la carga en mC, realizamos el siguiente cambio de unidades:

$$Q = 3{,}204 \cdot 10^{-19}\ C \cdot \frac{10^3\ mC}{1\ C} = 3{,}204 \cdot 10^{-16}\ mC$$

3 Interacción entre cargas eléctricas. Ley de Coulomb

Página 135

16. Justifica las unidades SI de la constante *K* de la ley de Coulomb.

La expresión matemática de la ley de Coulomb es:

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

Si se despeja la constante *K* de la expresión anterior resulta:

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

De acuerdo con ella, las unidades en que se expresa *K* son $N \cdot m^2/C^2$.

17. ¿En qué medio se encuentran dos cargas, de 8 nC y 16 nC, si se atraen con una fuerza de $3{,}2 \cdot 10^{-7}$ N cuando se encuentran a 1 m de distancia?

El valor de la constante, *K,* que corresponde al medio en que se encuentran las cargas se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

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

Para poder utilizarla, en primer lugar hemos de expresar el valor de todas las magnitudes implicadas en ella en la unidad correspondiente del SI; así:

$$q = 8\ \text{nC} \cdot \frac{1\ \text{C}}{10^9\ \text{nC}} = 8 \cdot 10^{-9}\ \text{C}$$

$$Q = 16\ \text{nC} \cdot \frac{1\ \text{C}}{10^9\ \text{nC}} = 16 \cdot 10^{-9}\ \text{C}$$

Por tanto, el valor de *K* será:

$$K = \frac{3{,}2 \cdot 10^{-7}\ \text{N} \cdot (1\ \text{m})^2}{8 \cdot 10^{-9}\ \text{C} \cdot 16 \cdot 10^{-9}\ \text{C}} = 2{,}5 \cdot 10^9\ \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

Al comparar el resultado obtenido con los datos incluidos en la tabla que aparece en la página 183 del libro del alumnado, se concluye que el medio en el que se encuentran las cargas es PVC.

18. Calcula la fuerza con que interaccionan en el vacío dos cargas de –2 nC y 4 nC, si la distancia entre ellas es de 1 mm.

Para resolver este ejercicio, aplicaremos la expresión que corresponde a la ley de Coulomb.

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

Pero antes de ello, expresaremos el valor de todos los datos que ofrece el enunciado en las unidades correspondientes del SI:

$$q = -2\ \text{nC} \cdot \frac{1\ \text{C}}{10^9\ \text{nC}} = -2 \cdot 10^{-9}\ \text{C}$$

$$Q = 4\ \text{nC} \cdot \frac{1\ \text{C}}{10^9\ \text{nC}} = 4 \cdot 10^{-9}\ \text{C}$$

$$d = 1\ \text{mm} \cdot \frac{1\ \text{m}}{10^3\ \text{mm}} = 1 \cdot 10^{-3}\ \text{m}$$

Por tanto, la fuerza con que interaccionan ambas cargas en el vacío, teniendo en cuenta que $K_{\text{vacío}} = 9 \cdot 10^9\ \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$, resulta:

$$F = 9 \cdot 10^9\ \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{(-2 \cdot 10^{-9}\ \text{C}) \cdot 4 \cdot 10^{-9}\ \text{C}}{(1 \cdot 10^{-3}\ \text{m})^2} = -0{,}072\ \text{N}$$

El signo menos obtenido indica que ambas cargas se atraen.

Trabaja con lo aprendido

Página 147

Conservación de la carga eléctrica. Electrización

10. Al frotar con un paño un cuerpo eléctricamente neutro, este último adquiere una carga eléctrica neta de +5 mC. Calcula cuántos electrones se han transferido entre ellos y en qué sentido (cuál es el cuerpo que cede electrones). Indica varias parejas de materiales de los que se podría tratar.

La carga eléctrica neta transferida, expresada en culombios, C, es:

$$Q = 5\ \text{mC} \cdot \frac{1\ \text{C}}{1\,000\ \text{mC}} = 5 \cdot 10^{-3}\ \text{C}$$

A partir de la equivalencia entre la carga del electrón y el culombio, se calcula el número de electrones transferidos entre ambos materiales:

$$Q = 5 \cdot 10^{-3}\ \text{C} \cdot \frac{6{,}24 \cdot 10^{18}\ e^-}{1\ \text{C}} = 3{,}12 \cdot 10^{6}\ \text{electrones}$$

Como el paño ha adquirido carga positiva, esto quiere decir que tiene un defecto de electrones; por tanto, los electrones se han transferido del cuerpo al paño. Es lo que sucedería si frotáramos, por ejemplo:

- Seda con cuero, piel humana, cuarzo, mica o pelo humano.
- Papel con aire, vidrio o cuarzo.
- Plata o PVC con cualquiera de los materiales citados.

12. Calcula la carga eléctrica (con su signo) de:

a) 1 mol de electrones.

b) El núcleo de un átomo de uranio.

Recuerda el número de Avogadro, y averigua el número de protones de un átomo de uranio.

a) En un mol de electrones habrá el número de Avogadro de electrones; esto es:

$$n.^{\circ}\ e^- = 1\ \text{mol de electrones} \cdot \frac{N_A\ \text{electrones}}{1\ \text{mol de electrones}}$$

Así, el número de electrones será:

$$n.^{\circ}\ e^- = 1\ \text{mol de electrones} \cdot \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}\ \text{electrones}}{1\ \text{mol de electrones}} = 6{,}022 \cdot 10^{23}\ \text{electrones}$$

Teniendo en cuenta el valor de la carga del electrón, el que corresponde a 1 mol de electrones será:

$$Q = 6{,}022 \cdot 10^{23}\ \text{electrones} \cdot \frac{(-1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{C})}{1\ \text{electrón}} = -9{,}65 \cdot 10^{4}\ \text{C}$$

b) En la tabla periódica se puede consultar el número atómico del uranio, 92; por tanto, en su núcleo hay 92 protones y, en estado neutro (no formando iones), tiene 92 electrones.

Por tanto, el valor de la carga del núcleo del átomo de uranio será:

$$Q = 92\ \text{protones} \cdot \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{C}}{1\ \text{protón}} = 1{,}47 \cdot 10^{-17}\ \text{C}$$

13. **El culombio es una unidad de carga muy grande; por eso se utilizan submúltiplos de él; de acuerdo con los prefijos del SI que ya debes conocer, ordena estas cargas de mayor a menor:**

a) 400 nC. **b) $6 \cdot 10^{-2}$ μC.**

c) 0,002 C. **d) 20 mC.**

e) $10 \cdot 10^{-6}$ C. **f) 8 000 nC.**

Para poder comparar diferentes valores de una magnitud, han de estar expresados en las mismas unidades.

Como se indica en el propio enunciado del ejercicio, para poder comparar valores de una misma magnitud, estos han de estar expresados en las mismas unidades; por tanto, lo primero que haremos será expresar el valor de las cargas de los diferentes apartados en la unidad correspondiente del SI, el culombio, C; así:

$$q_a = 400 \text{ nC} \cdot \frac{1 \text{ C}}{10^9 \text{ nC}} = 400 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_b = 6 \cdot 10^{-2} \ \mu\text{C} \cdot \frac{1 \text{ C}}{10^6 \ \mu\text{C}} = 6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

$$q_c = 0{,}002 \text{ C}$$

$$q_d = 20 \text{ mC} \cdot \frac{1 \text{ C}}{1\,000 \text{ mC}} = 0{,}02 \text{ C}$$

$$q_e = 10 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

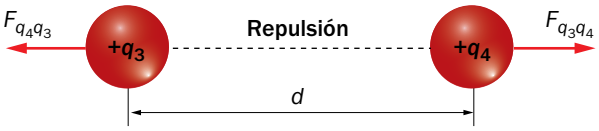
$$q_f = 8\,000 \text{ nC} \cdot \frac{1 \text{ C}}{10^9 \text{ nC}} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

Por tanto, el orden de las cargas, de mayor a menor, es:

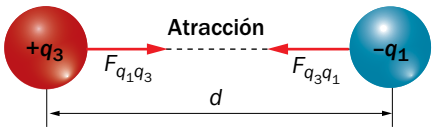
$$q_d > q_c > q_e > q_f > q_b > q_a$$

14. **Dispones de cuatro cargas, q_1, q_2, q_3 y q_4. Sabes que q_4 es positiva, y si se acercan de dos en dos, q_1 y q_2 se repelen, q_1 y q_3 se atraen y q_3 repele a q_4. Determina el signo de las cargas q_1, q_2 y q_3. Resuelve el ejercicio haciendo sendos dibujos que muestren el sentido de las fuerzas eléctricas entre las cargas.**

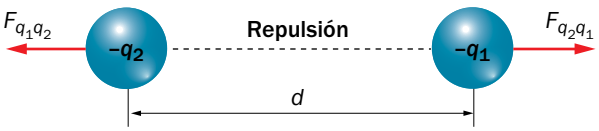
De acuerdo con el enunciado, q_3 repele a q_4; como q_4 es positiva, la carga q_3 también ha de serlo:



Como q_1 y q_3 se atraen, y q_3 es positiva, q_1 ha de ser negativa:



Por último, como q_1 y q_2 se repelen, su signo ha de ser el mismo; en este caso, negativo, pues ya hemos deducido que ese es el signo de la carga q_1; así, el dibujo que corresponde a la interacción entre q_1 y q_2 es:



15. **Al acercar una varilla cargada positivamente a la esfera de un electroscopio, sus láminas se separan, y también lo hacen cuando se toca la esfera metálica con la varilla.**

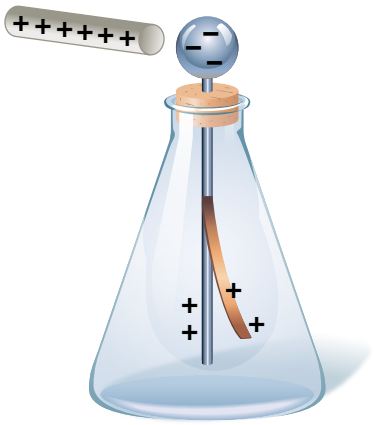
Dibuja las cargas en la varilla y el electroscopio cuando:

a) Se electriza la esfera por inducción.

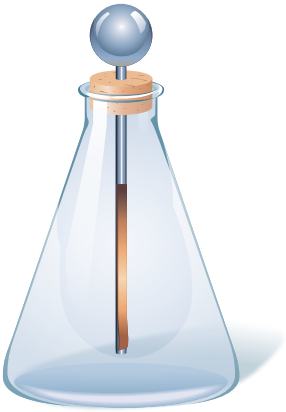
b) Después de electrizarla por inducción, se retira la varilla.

c) Se electriza la esfera por conducción.

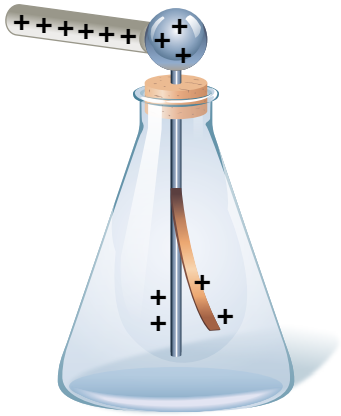
a) Cuando la esfera se electriza por inducción, esto es, al acercarle, en este caso, una varilla cargada positivamente, los electrones se distribuyen alrededor de ella, lo que provoca una redistribución de cargas, positivas en la esfera y negativas en las láminas, lo que hace que estas últimas se separen. El dibujo que corresponde a este caso es el siguiente.



b) Si se retira la varilla, no hay nada que induzca una separación de cargas en el electroscopio, por lo que este volverá a encontrarse igual que en el estado inicial, con sus varillas en reposo:



c) Ahora la esfera se electriza por conducción; esto es, la varilla cargada positivamente toca la esfera; en este caso, las dos láminas adquieren la carga del cuerpo electrizado, la varilla, y las láminas se repelerán, separándose tanto más cuanto mayor sea la cantidad de carga:



Página 148

Interacción entre cargas eléctricas. Ley de Coulomb

19. Indica cómo varía la fuerza eléctrica entre dos cargas, Q y q, en el vacío y a una distancia d si:

a) Duplicamos el valor de una de las cargas.

b) Las acercamos a una distancia $d/2$.

c) Duplicamos el valor de las dos cargas y las situamos a una distancia $2 \cdot d$.

d) Las situamos en un medio cuya constante K es 3,6 veces menor que la constante K en el vacío.

De acuerdo con la ley de Coulomb, la fuerza con que interaccionan eléctricamente dos cargas, Q y q, situadas en el vacío a una distancia d entre ellas, es:

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

a) Si $Q_a = 2 \cdot Q$, la fuerza de interacción eléctrica, F_a, entre ambas cargas es:

$$F_a = K \cdot \frac{Q_a \cdot q}{d^2} = K \cdot \frac{2 \cdot Q \cdot q}{d^2} = 2 \cdot K \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} = 2 \cdot F$$

Así, el valor de la fuerza eléctrica se duplica.

b) Si $d_b = d/2$, la fuerza eléctrica es:

$$F_b = K \cdot \frac{Q \cdot q}{d_b^2} = K \cdot \frac{Q \cdot q}{(d/2)^2} = 4 \cdot K \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} = 4 \cdot F$$

En este caso, la fuerza de interacción eléctrica se hace cuatro veces mayor.

c) Ahora, $Q_c = 2 \cdot Q$; $q_c = 2 \cdot q$, y $d_c = 2 \cdot d$; entonces:

$$F_c = K \cdot \frac{Q_c \cdot q_c}{d_c^2} = K \cdot \frac{2 \cdot Q \cdot 2 \cdot q}{(2 \cdot d)^2} = K \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} = F$$

La intensidad de la fuerza eléctrica no varía.

d) Por último, se considera el caso en que $K_d = K/3{,}6$:

$$F_d = K_d \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} = \frac{K}{3{,}6} \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} = \frac{1}{3{,}6} \cdot F$$

Así, la fuerza de interacción eléctrica entre ambas cargas también se hace 3,6 veces menor.

20. Dos cargas están situadas en el vacío a una cierta distancia. Si en otro medio diferente (pero a igual distancia), la fuerza con que interaccionan disminuye 80 veces, calcula el valor de la constante de Coulomb, K, en este último medio.

Si llamamos F_v y K_v a la fuerza de interacción eléctrica en el vacío y a la constante del vacío, respectivamente, y F y K a las que corresponden al nuevo medio podemos escribir, de acuerdo con el enunciado:

$$F_v = 80 \cdot F$$

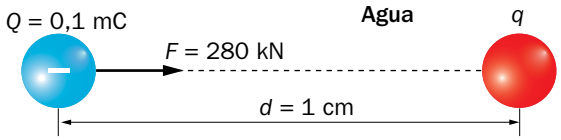
Si las cargas, Q y q, están separadas una distancia d, al aplicar la ley de Coulomb resulta:

$$F_v = 80 \cdot F \quad \rightarrow \quad K_v \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} = 80 \cdot K \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} \quad \rightarrow \quad K_v = 80 \cdot K$$

Así:

$$K = \frac{K_v}{80} = \frac{9 \cdot 10^9}{80} = 1,13 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

21. Observa la figura y determina el signo de la carga q y su valor, expresado en mC:



El valor de las magnitudes que aparecen en la figura, expresado en las unidades correspondientes del SI, es:

$$F = 280 \text{ KN} = 280\,000 \text{ N}$$
$$Q = 0,1 \text{ mC} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$
$$d = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$$

De acuerdo con la ley de Coulomb:

$$F = K_{agua} \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} \quad \rightarrow \quad q = \frac{F \cdot d^2}{K_{agua} \cdot Q}$$

La constante del agua se puede consultar en la página 183 del libro del alumnado; su valor es de $1,12 \cdot 10^8$ N · m²/C². El valor de la carga q resulta, entonces:

$$q = \frac{280\,000 \text{ N} \cdot (0,01 \text{ m})^2}{1,12 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ C}} = 0,0025 \text{ C}$$

Por último, expresamos el resultado obtenido en mC, como solicita el enunciado del problema:

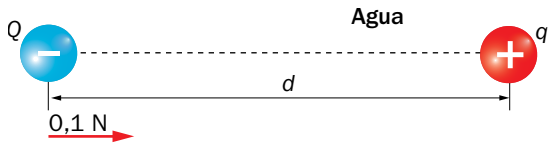
$$q = 0,0025 \text{ C} \cdot \frac{1\,000 \text{ mC}}{1 \text{ C}} = 2,5 \text{ mC}$$

22. El átomo de hidrógeno tiene un solo electrón situado a una distancia aproximada de $5 \cdot 10^{-11}$ m del núcleo. Calcula la fuerza eléctrica con la que le atrae este último.

En este ejercicio se ha de calcular la fuerza eléctrica con que se atraen un protón (el presente en el núcleo del átomo de hidrógeno) y un electrón, situados a una distancia de $5 \cdot 10^{-11}$ m en el vacío; aplicando la ley de Coulomb se obtiene:

$$F = K \cdot \frac{q_e \cdot q_p}{d^2} \quad \rightarrow \quad F = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1\,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{(5 \cdot 10^{-11} \text{ m})^2} = 9,24 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

23. La figura muestra dos cargas, cuyos valores son Q = –10 μC y q = +12 μC, situadas en agua y a 25 cm de distancia, d, entre ellas. Copia en tu cuaderno la figura y dibuja la fuerza que experimentará cada carga. Para representar la intensidad de la fuerza, utiliza la escala que muestra la figura (calcula previamente cuánto vale la fuerza).



Los datos que proporciona el enunciado del problema, expresados en las unidades correspondientes del SI, son:

$$Q = -10\ \mu C \cdot \frac{1\ C}{10^{-6}\ \mu C} = -10 \cdot 10^{-6}\ C$$

$$q = 12\ \mu C \cdot \frac{1\ C}{10^{-6}\ \mu C} = 12 \cdot 10^{-6}\ C$$

$$d = 25\ cm = 0,25\ m$$

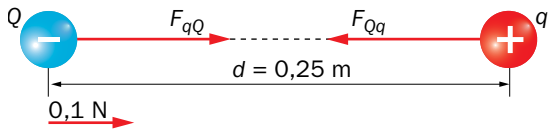
Por otro lado, en la página 183 del libro del alumnado se puede consultar que:

$$K_{agua} = 1,12 \cdot 10^{8}\ N \cdot m^2/C^2$$

Al aplicar la ley de Coulomb, el valor de la fuerza eléctrica de atracción resulta:

$$F = K_{agua} \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2} \quad \rightarrow \quad F = 1,12 \cdot 10^{8}\ N \cdot m^2/C^2 \cdot \frac{-10 \cdot 10^{-6} \cdot 12 \cdot 10^{-6}}{(0,25\ m)^2} = -0,215\ N$$

Esto es, las cargas se atraen con una fuerza eléctrica de 0,215 N, como se refleja en la figura:



24. Copia la siguiente tabla en tu cuaderno y complétala, sabiendo que se cumple que $Q = 1,5 \cdot q$.

Medio	Q (μC)	q (μC)	d (cm)	F (N)
Aire	1,5		10	
Agua	4,5			5 000
Vidrio		2		31

Para resolver este ejercicio, aplicaremos la ley de Coulomb, despejando la variable que corresponda en cada caso. Además, tendremos en cuenta que, de acuerdo con la página 183 del libro del alumnado:

$$K_{aire} = 9 \cdot 10^{9}\ N \cdot m^2/C^2 \quad ; \quad K_{agua} = 1,12 \cdot 10^{8}\ N \cdot m^2/C^2 \quad ; \quad K_{vidrio} = 1,16 \cdot 10^{9}\ N \cdot m^2/C^2$$

Por tanto:

- Para el aire:

$$Q = 1,5 \cdot q \quad \rightarrow \quad q = \frac{Q}{1,5} = \frac{1,5}{1,5} = 1\ \mu C = 1 \cdot 10^{-6}\ C$$

El resto de magnitudes, expresadas en las unidades correspondientes del SI, son:

$$Q = 1,5\ \mu C = 1,5 \cdot 10^{-6}\ C$$
$$d = 10\ cm = 0,1\ m$$

Por tanto, la fuerza eléctrica de interacción entre ambas cargas (repulsiva, por ser ambas del mismo signo), será:

$$F = K \cdot \frac{Q\ q}{d^2} \rightarrow F = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot \frac{1,5 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 1 \cdot 10^{-6}\ C}{(0,1\ m)^2} = 1,35\ N$$

- Para el agua:

$$Q = 1,5 \cdot q \rightarrow q = \frac{Q}{1,5} = \frac{4,5}{1,5} = 3\ \mu C = 3 \cdot 10^{-6}\ C$$
$$Q = 4,5 \cdot 10^{-6}\ C$$

La distancia que separa a las dos cargas en el agua se calcula con la expresión:

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

Sustituyendo los datos de que disponemos resulta:

$$d = \sqrt{1,12 \cdot 10^8\ N \cdot m^2/C^2 \cdot \frac{4,5 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 3 \cdot 10^{-6}\ C}{5\ 000}} = 5,5 \cdot 10^{-4}\ m$$

Expresada en centímetros, como se solicita en la tabla, se tiene:

$$d = 5,5 \cdot 10^{-4}\ m \cdot \frac{100\ cm}{1\ m} = 5,5 \cdot 10^{-2}\ cm$$

- Para el vidrio:

$$Q = 1,5 \cdot q \rightarrow Q = 1,5 \cdot 2 = 3\ \mu C = 3 \cdot 10^{-6}\ C$$
$$q = 2 \cdot 10^{-6}\ C$$

Aplicando la ley de Coulomb igual que en el caso del agua se obtiene:

$$d = \sqrt{1,16 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6}\ C \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ C}{31}} = 0,015\ m$$

Así:

$$d = 1,5\ m$$

La tabla completa es, por tanto:

Medio	Q (μC)	q (μC)	d (cm)	F (N)
Aire	1,5	1	10	1,35
Agua	4,5	3	$5,5 \cdot 10^{-2}$	5 000
Vidrio	3	2	1,5 m	31

25. En el cloruro de sodio, la distancia entre los centros de sus iones Na^+ y Cl^- es de $1{,}75 \cdot 10^{-7}$ cm. Calcula la fuerza con la que se atraen o se repelen (indica la opción correcta) en el aire.

Para resolver este problema haremos la aproximación de que la distancia entre ambas cargas eléctricas es la que separa los centros de sus iones; así, la resolución del problema se reduce al cálculo de la fuerza de atracción de dos cargas eléctricas de la misma magnitud (el valor absoluto de la carga del electrón) y signos opuestos.

Al aplicar la ley de Coulomb, teniendo en cuenta que:

$$d = 1{,}75 \cdot 10^{-7}\ \text{cm} = 1{,}75 \cdot 10^{-9}\ \text{m}$$

resulta:

$$F = K \cdot \frac{Q\ q}{d^2} \quad \rightarrow \quad F = 9 \cdot 10^9\ \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{C} \cdot (-1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{C})}{(1{,}75 \cdot 10^{-9}\ \text{m})^2} = -7{,}54 \cdot 10^{-11}\ \text{N}$$

El signo negativo obtenido tiene significado físico; indica que la fuerza entre ambos iones, positivo y negativo, es de atracción.

4 Magnitudes eléctricas

Página 159

12. Si las partículas del ejercicio resuelto 1 fuesen electrones, ¿cuántos habrían atravesado el circuito en ese tiempo?

La carga eléctrica que atraviesa el circuito eléctrico es:

$$Q = 2,16 \text{ C}$$

Teniendo en cuenta que el valor de la carga del electrón es:

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

Al dividir ambos valores entre sí obtenemos el número de electrones que atraviesan el circuito al cabo de media hora:

$$n = \frac{Q}{e} = \frac{2,16 \text{ C}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C/electrón}} = 1,35 \cdot 10^{19} \text{ electrones}$$

13. Calcula la ddp entre dos puntos de un circuito si para mover entre ellos 0,01 C de carga se necesita una energía de 20 J.

La ddp entre dos puntos de un circuito, *A* y *B*, se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$V_{AB} = \frac{E}{q}$$

Por tanto:

$$V_{AB} = \frac{20 \text{ J}}{0,01 \text{ C}} = 2\,000 \text{ V} = 2 \text{ kV}$$

15. Un hilo cilíndrico de nicromo tiene una sección de 1,38 mm de diámetro y una longitud de 150 m. Calcula su resistencia eléctrica si el valor de su resistividad es: $\rho_{nicromo} = 6,3 \cdot 10^{-5}\ \Omega \cdot m$.

La expresión que permite calcular el valor de la resistencia eléctrica es:

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

Los datos de que disponemos son:

$$\rho = 6,3 \cdot 10^{-5}\ \Omega \cdot \text{m}$$

$$L = 150 \text{ m}$$

$$d = 1,38 \text{ mm} = 1,38 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

A partir del diámetro podemos calcular el valor de la sección, circular, del conductor:

$$S = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$S = \pi \cdot \left(\frac{1,38 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 = 1,50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Así, el valor de la resistencia resulta:

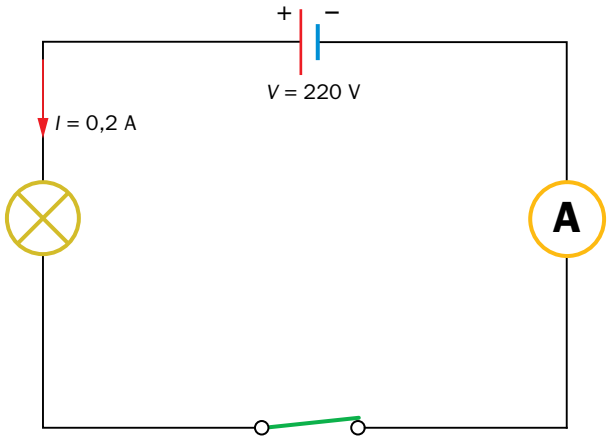
$$R = 6,3 \cdot 10^{-5}\ \Omega \cdot \text{m} \cdot \frac{150\ \text{m}}{1,50 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^2} = 6\,300\ \Omega = 6,3\ \text{k}\Omega$$

6 Ley de Ohm

Página 162

21. **Representa un circuito formado por un generador de 220 V, una bombilla y un amperímetro. Si la intensidad que circula por la bombilla es *I* = 0,2 A, calcula su resistencia eléctrica. ¿A qué ddp tendríamos que conectarla para que la intensidad fuera la décima parte de la anterior?**

El circuito eléctrico que solicita el enunciado del problema es el siguiente:



El valor de la resistencia eléctrica de la bombilla se calcula aplicando la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R \quad \rightarrow \quad R = \frac{V}{I} \quad \rightarrow \quad R = \frac{220\ \text{V}}{0,2\ \text{A}} = 1\,100\ \Omega$$

Si ahora queremos que el valor de la intensidad sea:

$$I' = \frac{I}{10} \quad \rightarrow \quad I' = \frac{0,2\ \text{A}}{10} = 0,02\ \text{A}$$

La ddp a la que habría que conectar la bombilla sería:

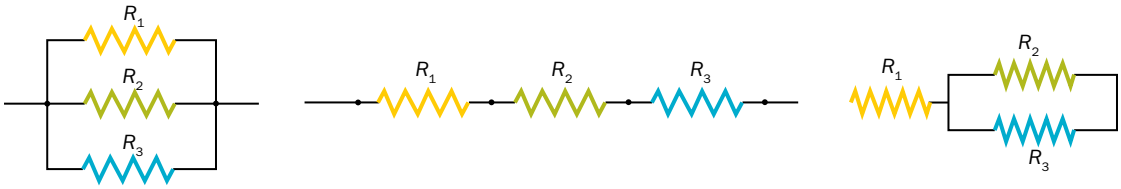
$$V = I \cdot R \quad \rightarrow \quad V = 0,02\ \text{A} \cdot 1\,100\ \Omega = 22\ \text{V}$$

7 Asociación de elementos de un circuito

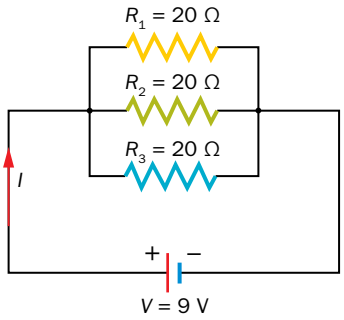
Página 164

24. **¿De cuántos modos se pueden conectar tres resistencias de 20 Ω? Representa los circuitos y obtén, para cada caso, R_E, la ddp en cada una y la intensidad que las recorre, si se conectan a un generador de 9 V de f.e.m.**

Las resistencias, al ser del mismo valor, se pueden conectar de tres formas diferentes, como se muestra en la ilustración:



- En el primer caso, cuando las tres resistencias se asocian en paralelo, el circuito que resulta cuando se conectan a su generador de 9 V de f.e.m. es:



En este caso, todas las resistencias están a la misma ddp; esto es:

$$V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = 9\ \text{V}$$

La resistencia equivalente es:

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{R_E} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{3}{20} \quad \rightarrow \quad R_E = \frac{20}{3} = 6{,}67\ \Omega$$

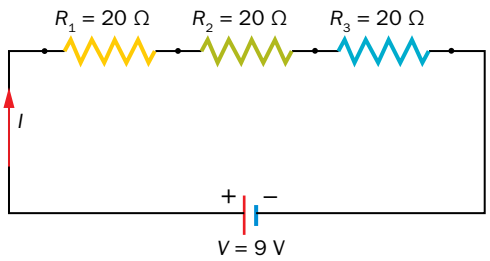
De acuerdo con la ley de Ohm, el valor de la intensidad es:

$$V = I \cdot R \quad \rightarrow \quad I = \frac{V}{R} = \frac{9\ \text{V}}{6{,}67\ \Omega} = 1{,}35\ \text{A}$$

Esta intensidad, al tener las tres resistencias el mismo valor, se reparte por igual entre las tres; por tanto:

$$I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = \frac{I}{3} = \frac{1{,}35\ \text{A}}{3} = 0{,}45\ \text{A}$$

- En el segundo caso, las tres resistencias están conectadas en serie; el circuito resultante es:



La resistencia equivalente es ahora:

$$R_E = R_1 + R_2 + R_3 \quad \rightarrow \quad R_E = 20 + 20 + 20 = 60\ \Omega$$

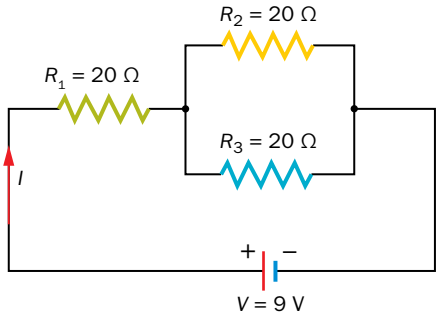
El valor de la intensidad que atraviesa las tres resistencias es:

$$V = I \cdot R \quad \rightarrow \quad I = \frac{V}{R} = \frac{9\ \text{V}}{60\ \Omega} = 0{,}15\ \text{A}$$

La ddp en cada resistencia es la misma, pues las tres resistencias, aunque están conectadas en serie, tienen el mismo valor; así:

$$V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = I \cdot R_1 = I \cdot R_2 = I \cdot R_3 = 0,15 \text{ A} \cdot 20\ \Omega = 3 \text{ V}$$

- Cuando dos de las resistencias están conectadas en paralelo y a continuación con otra en serie, el circuito que resulta es:



La resistencia equivalente de la asociación en paralelo es:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{2}{20} \quad \rightarrow \quad R_{23} = \frac{20}{2} = 10\ \Omega$$

Y la resistencia equivalente del circuito:

$$R_E = R_1 + R_{23} \quad \rightarrow \quad R_E = 20 + 10 = 30\ \Omega$$

El valor de la intensidad, *I*, es:

$$V = I \cdot R \quad \rightarrow \quad I = \frac{V}{R} \quad \rightarrow \quad I = \frac{9 \text{ V}}{30\ \Omega} = 0,3\ \Omega$$

Esta es la intensidad que atraviesa la resistencia R_1. Sin embargo, cuando llega a la asociación en paralelo, se reparte; en este caso, al ser iguales los valores de R_2 y R_3, se reparte por igual; entonces:

$$I_{R_2} = I_{R_3} = \frac{I}{2} = \frac{0,3 \text{ A}}{2} = 0,15 \text{ A}$$

La ddp en la resistencia R_1 es:

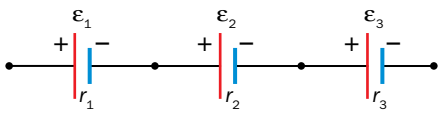
$$V_{R_1} = I \cdot R_1 \quad \rightarrow \quad V_{R_1} = 0,3 \text{ A} \cdot 20\ \Omega = 6 \text{ V}$$

Y la ddp en R_2 y R_3 es:

$$V_{R_2} = V_{R_3} = I_{R_2} \cdot R_2 = I_{R_3} \cdot R_3 = 0,15 \text{ A} \cdot 20\ \Omega = 3 \text{ V}$$

26. Si los generadores del ejercicio resuelto 8 se conectan en serie, ¿qué valores tomarán la f.e.m. y la resistencia interna? ¿Se podrían conectar los tres en paralelo?

Si los tres generadores se conectaran en serie:



El valor de la f.e.m. y de la resistencia interna del generador equivalente sería:

$$\varepsilon_e = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 1,5 + 1,5 + 3 = 6 \text{ V}$$

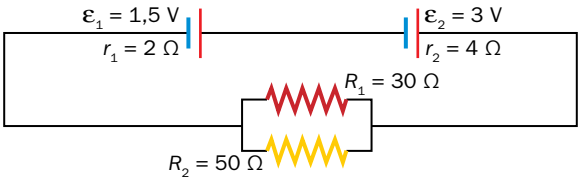
$$r_e = r_1 + r_2 + r_3 = 7 + 7 + 3 = 17\ \Omega$$

En ningún caso pueden conectarse en paralelo generadores que posean diferente f.e.m. Así, se podrían conectar ε_1 y ε_2 en paralelo, como en el ejercicio resuelto 8, pero no podría conectarse en paralelo con ε_3, cuya f.e.m. es diferente.

8 Estudio de circuitos eléctricos

Página 166

27. **Calcula las intensidades de corriente y tensiones entre los extremos de R_1 y R_2:**



En primer lugar, calcularemos la f.e.m. y la resistencia del generador equivalente:

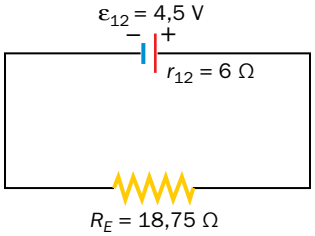
$$\varepsilon_{12} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1,5\ \text{V} + 3\ \text{V} = 4,5\ \text{V}$$

$$r_{12} = r_1 + r_2 = 2\ \Omega + 4\ \Omega = 6\ \Omega$$

A continuación, se obtiene la resistencia equivalente a la asociación de dos resistencias en paralelo:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{R_E} = \frac{1}{30} + \frac{1}{50} = \frac{8}{150} \quad \rightarrow \quad R_E = \frac{150}{8} = 18,75\ \Omega$$

Por tanto, el circuito del enunciado queda reducido al siguiente:



Al aplicar la ley de Ohm, hemos de considerar tanto la caída de tensión en la resistencia interna del generador como en la resistencia equivalente calculada; al encontrarse ambas resistencias conectadas en serie, podemos escribir lo siguiente:

$$\varepsilon = I \cdot R_E + I \cdot r_{12} \quad \rightarrow \quad \varepsilon = I \cdot (R_E + r_{12}) \quad \rightarrow \quad I = \frac{\varepsilon}{R_E + r_{12}}$$

$$I = \frac{4,5\ \text{V}}{6 + 18,75} = 0,18\ \text{A}$$

La tensión entre los extremos de R_1 y R_2 será la de la f.e.m. proporcionada por la asociación de generadores menos la caída de potencial que se produce en la resistencia interna del generador:

$$\varepsilon = I \cdot R_E + I \cdot r_{12} \quad \rightarrow \quad I \cdot R_E = \varepsilon - I \cdot r_{12} = 4,5 - 0,18 \cdot 6 = 3,42\ \text{V}$$

Como la caída de tensión en los extremos de la resistencia equivalente es la misma que se produce en R_1 y en R_2:

$$I \cdot R_E = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = 3,42\ \text{V}$$

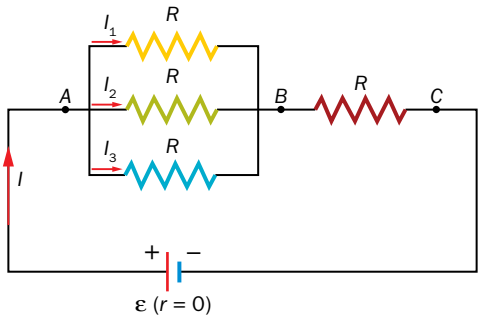
El valor de las intensidades resulta:

$$I_1 = \frac{3,42\ \text{V}}{R_1} = \frac{3,42\ \text{V}}{30\ \Omega} = 0,11\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{3,42\ \text{V}}{R_2} = \frac{3,42\ \text{V}}{50\ \Omega} = 0,07\ \text{A}$$

28. El paralelo de tres resistencias de valor *R* se une en serie con otra del mismo valor. El conjunto se conecta a un generador ideal de f.e.m. ε (*r* = 0 → ε = *V*). Calcula el valor de las tensiones e intensidades de cada resistencia.

El circuito que describe el enunciado del problema es el siguiente:

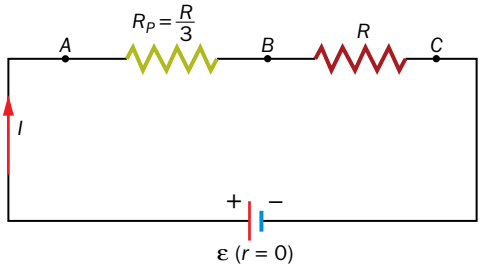


Como el generador al que se conectan las resistencias es ideal, su consumo interno es cero; esto es, su resistencia interna, *r*, es cero y, entonces, ε = V.

La resistencia equivalente a la asociación en paralelo es:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R} \quad \rightarrow \quad R_p = \frac{R}{3}$$

Así, el circuito queda como sigue:



De acuerdo con la ley de Ohm:

$$\varepsilon \equiv V = I \cdot R_p + I \cdot R = I \cdot \left(\frac{R}{3} + R\right) = I \cdot \frac{4 \cdot R}{3}$$

Por tanto, el valor de la intensidad que recorre el circuito es:

$$I = \frac{3 \cdot V}{4 \cdot R}$$

Entonces, la tensión entre los extremos de la resistencia conectada en serie será:

$$V_s = V_{BC} = I \cdot R = \frac{3 \cdot V}{4 \cdot R} \cdot R = \frac{3 \cdot V}{4}$$

El valor de la intensidad que la atraviesa coincide con el calculado:

$$I_s = I = \frac{3 \cdot V}{4 \cdot R}$$

En el caso de la conexión en paralelo:

$$V_p = \frac{3 \cdot V}{4 \cdot R} \cdot \frac{R}{3} = \frac{V}{4}$$

La caída de tensión en los extremos de cada una de las resistencias conectadas en paralelo ha de ser la misma; por tanto:

$$V_p = \frac{V}{4} = I_1 \cdot R = I_2 \cdot R = I_3 \cdot R$$

Y, como las tres resistencias son iguales:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_p$$

Además, se ha de cumplir que:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

De las dos expresiones anteriores se deduce que:

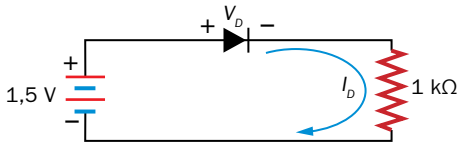
$$I_p = I_1 = I_2 = I_3 = \frac{I}{3} \quad \rightarrow \quad I_p = \frac{\frac{3 \cdot V}{4 \cdot R}}{3} = \frac{V}{4 \cdot R}$$

Nota: Todos los resultados se han dejado en función de *V* y *R*, que son los datos que aporta el enunciado del problema.

9 Componentes electrónicos. Diodo

Página 167

30. **Argumenta: ¿conduce el diodo?**



El diodo conduce cuando está en polarización directa, esto es, $V_D > 0$; en ese caso, su presencia en el circuito equivale a la de un interruptor cerrado, que deja pasar la corriente.

Al igual que se ha hecho en el ejercicio resuelto 11, consideraremos que el diodo no conduce; entonces, $I_D = 0$; así:

$$1{,}5\ \text{V} = V_D + I_D \cdot 1000 \quad \rightarrow \quad 1{,}5\ \text{V} = V_D + 0 \cdot 1000 \quad \rightarrow \quad V_D = 1{,}5\ \text{V}$$

A diferencia del ejercicio resuelto, se ha obtenido ahora que $V_D > 0$; es decir, la consideración de que el diodo se encontraba en polarización inversa ($V_D < 0$) no ha sido acertada.

Consideraremos ahora, entonces, que el diodo sí conduce; esto es, $V_D > 0$ e $I_D \neq 0$; en este caso:

$$1{,}5\ \text{V} = V_D + I_D \cdot 1000 \quad \rightarrow \quad V_D = 1{,}5\ V - I_D \cdot 1000$$

El valor de la intensidad que recorre el circuito es:

$$I_D = \frac{1{,}5}{1000} - \frac{V_D}{1000}$$

Nota: Como ampliación, se puede indicar al alumnado que, dentro del funcionamiento normal de un diodo de silicio, conectado en polarización directa, su tensión en bornes apenas sobrepasa el valor de 0,7 V (que es el valor de la tensión umbral a partir de la cual el diodo empieza a conducir); así, se puede considerar válida la siguiente ecuación del circuito, que nos permite calcular I_D:

$$I_D = \frac{1{,}5}{1\,000} - \frac{0{,}7}{1\,000} = 0{,}0008\ \text{A} = 0{,}8\ \text{mA}$$

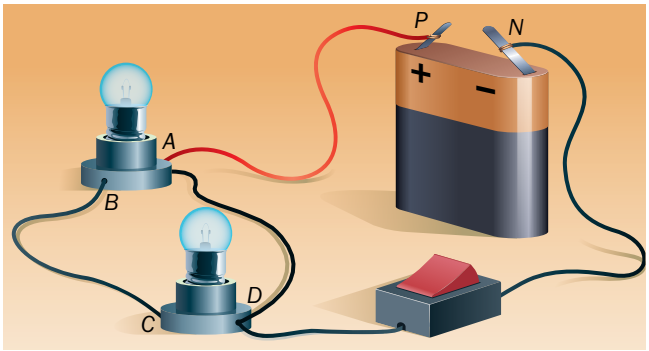
También se puede considerar el diodo ideal, con lo que $V_D = 0$.

Trabaja con lo aprendido

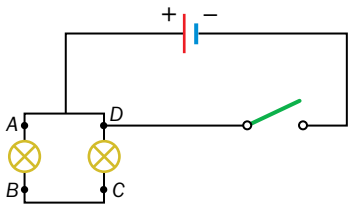
Página 173

Circuito eléctrico

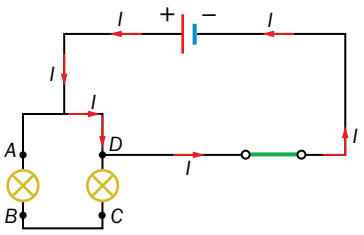
19. **Representa el esquema eléctrico del circuito de la figura. Cuando se pulsa el interruptor, las bombillas no lucen. ¿A qué se debe? ¿Cómo se soluciona?**



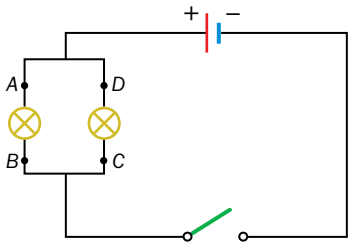
El esquema eléctrico del circuito de la figura es:



Cuando se pulsa el interruptor, las bombillas no lucen, ya que se provoca un cortocircuito; entonces, la corriente circula como se indica en la imagen:



Para solucionar el problema, el borne negativo de la pila debe estar conectado a *B* y a *C,* en vez de a *D;* así el circuito eléctrico y su correspondiente esquema quedarían como sigue:



En este caso, al cerrar el interruptor lucirían las dos bombillas.

Magnitudes eléctricas. Medida

26. Calcula la resistencia eléctrica de un hilo de plata de sección circular que tiene 1,5 mm de radio y 15 m de longitud.

De acuerdo con la tabla incluida en el apartado 4.3 del libro del alumnado, el valor de la resistividad eléctrica de la plata, a 20 °C, es:

$$\rho_{plata} = 1,6 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$$

El valor de la sección, circular, del conductor es:

$$S = \pi \cdot r^2 \quad \rightarrow \quad S = \pi \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^2 = 7,07 \cdot 10^{-6}\ m^2$$

Como, además, la longitud del hilo de plata es de 15 m, el valor de su resistencia eléctrica será:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad \rightarrow \quad R = 1,6 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m \cdot \frac{15\ m}{7,07 \cdot 10^{-6}\ m^2} = 0,034\ \Omega$$

Página 174

27. ¿Qué diámetro tendrá un hilo de cobre de 2,5 m de longitud para que su resistencia sea de 1,5 Ω?

La resistividad del cobre, de acuerdo con la tabla del apartado 4.3 del libro del alumnado, es:

$$\rho_{cobre} = 1,7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$$

A partir de la sección del conductor, que podemos obtener de la expresión de la resistividad, podemos obtener el radio y, en consecuencia, el diámetro del hilo de cobre:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad \rightarrow \quad S = \frac{\rho \cdot l}{R} \quad \rightarrow \quad \pi \cdot r^2 = \frac{\rho \cdot l}{R} \quad \rightarrow \quad \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{\rho \cdot l}{R}$$

$$\pi \cdot \frac{d^2}{2} = \frac{\rho \cdot l}{R} \quad \rightarrow \quad d^2 = \frac{4 \cdot \rho \cdot l}{R \cdot \pi} \quad \rightarrow \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot \rho \cdot l}{R \cdot \pi}}$$

Sustituyendo los datos de que disponemos se obtiene:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m \cdot 2,5\ m}{1,5\ \Omega \cdot \pi}} = 1,9 \cdot 10^{-4}\ m = 0,19\ mm$$

32. Una carga de 120 C tarda dos minutos en atravesar una sección de un cable eléctrico. Calcula la intensidad de corriente en dicho punto.

La intensidad de corriente se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$I = \frac{q}{t}$$

Los datos de que disponemos, en unidades del SI, son:

$$q = 120\ C$$

$$t = 2\ min \cdot \frac{60\ s}{1\ min} = 120\ s$$

La intensidad de corriente resulta, entonces:

$$I = \frac{q}{t} \quad \rightarrow \quad I = \frac{120\ C}{120\ s} = 1\ A$$

Ley de Ohm

36. **En el estudio de un determinado circuito se han obtenido los siguientes valores:**

V (V)	2	5	8	12	16
I (mA)	24	60	96	144	192

a) Comprueba que el cociente *V*/*I* es constante.

b) Explica su significado físico.

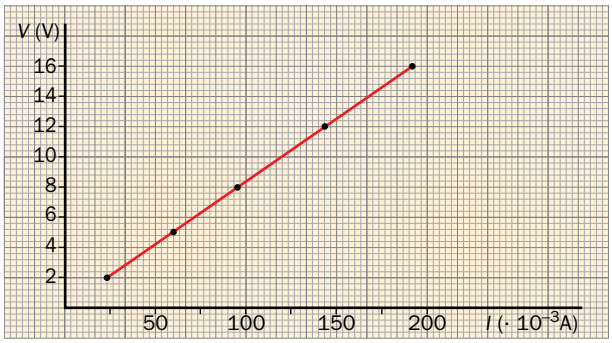
c) Representa gráficamente estos valores, *V* en ordenadas y *I* en abscisas, y obtén la expresión de la ley de Ohm para este circuito.

a) Si se escoge cualquier pareja de valores *V*-*I*, ambas expresadas en las unidades correspondientes del SI, se comprueba que su valor es el mismo:

$$\frac{V\ (\text{V})}{I\ (\text{A})} = \frac{2}{24 \cdot 10^{-3}} = \frac{5}{60 \cdot 10^{-3}} = \frac{8}{96 \cdot 10^{-3}} = \frac{12}{144 \cdot 10^{-3}} = \frac{16}{192 \cdot 10^{-3}} = 83,\widehat{3}\ \Omega$$

b) El cociente *V*/*I* es constante, y su valor es el de la resistencia eléctrica del elemento correspondiente del circuito eléctrico; de ahí que se haya expresado en ohm, Ω.

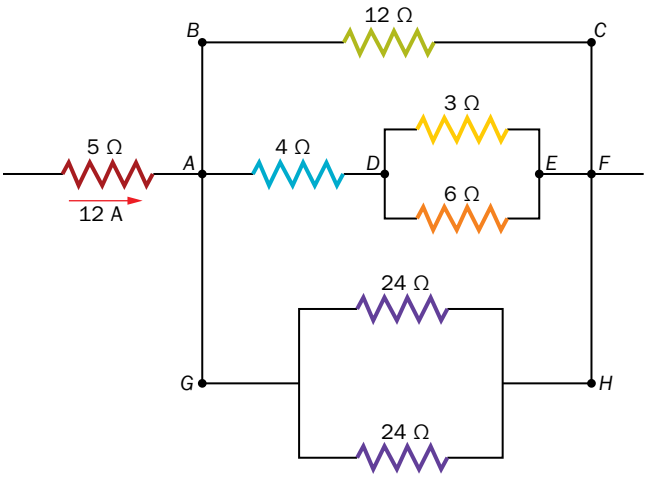
c) La representación gráfica de estos valores muestra la relación de proporcionalidad directa entre la ddp y la intensidad:



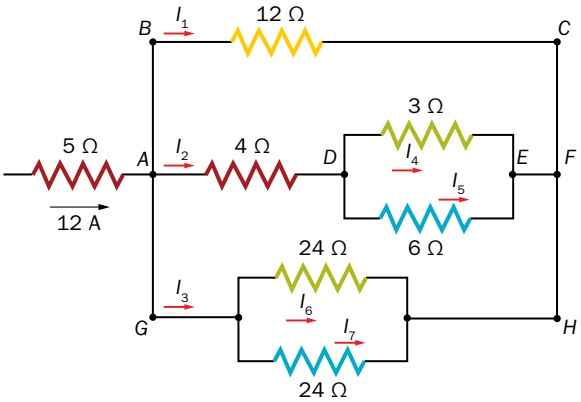
La ley de Ohm para este circuito es:

$$V = I \cdot R \quad \rightarrow \quad V = I \cdot 83,\widehat{3}\ (\text{SI})$$

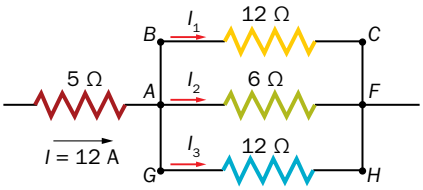
37. **¿Qué intensidad de corriente circula por la resistencia de 6 Ω?**



La corriente de 12 A se reparte entre los diferentes elementos del circuito como sigue:



Este circuito se puede reducir al siguiente:



Ya que, teniendo en cuenta las expresiones que corresponden al cálculo de las resistencias en serie y paralelo, la resistencia equivalente, atravesada por I_2, es:

$$\frac{1}{R_{p2}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} \quad \rightarrow \quad R_{p2} = \frac{6}{3} = 2\ \Omega$$

$$\frac{1}{R_{total_2}} = 4\ \Omega + 2\ \Omega = 6\ \Omega$$

Y la resistencia atravesada por I_3 es:

$$\frac{1}{R_{p3}} = \frac{1}{24} + \frac{1}{24} = \frac{2}{24} \quad \rightarrow \quad R_{p3} = \frac{24}{2} = 12\ \Omega$$

De acuerdo con los resultados obtenidos, reflejados en el circuito anterior, podemos escribir un sistema de tres ecuaciones con las incógnitas; antes de ello tenemos en cuenta que en una conexión en paralelo todos los elementos se encuentran conectados a la misma diferencia de potencial; así:

$$V_{BC} = V_{AF} = V_{GH} \quad \rightarrow \quad I_1 \cdot 12 = I_2 \cdot 6 = I_3 \cdot 12 \quad \rightarrow \quad \begin{cases} I_1 = I_3 \\ I_2 = 2 \cdot I_1 = 2 \cdot I_3 \end{cases}$$

El sistema de ecuaciones a resolver es, entonces:

$$I = 12 = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 = I_3$$

$$I_2 = 2 \cdot I_1 = 2 \cdot I_3$$

Por tanto:

$$12 = I_1 + 2 \cdot I_1 + I_1 = 4 \cdot I_1 \quad \rightarrow \quad I_1 = \frac{12}{4} = 3 \text{ A}$$

Entonces:

$$I_2 = 2 \cdot I_1 = 2 \cdot 3 = 6 \text{ A}$$
$$I_3 = I_1 = 3 \text{ A}$$

La intensidad de corriente que pasa por la resistencia de 6 Ω, a la que en el esquema inicial hemos llamado I_5, se calcula de un modo similar.

En este caso, es la corriente I_2, de 6 A, la que se bifurca en la asociación en paralelo formada por las resistencias de 3 Ω y 6 Ω. Como la ddp medida entre los extremos de cada una de ellas debe ser la misma, podemos escribir lo siguiente:

$$V_{DE} = I_4 \cdot 3 = I_5 \cdot 6 \quad \rightarrow \quad I_4 = I_5 \cdot \frac{6}{3} \quad \rightarrow \quad I_4 = 2 \cdot I_5$$

Además:

$$I_2 = I_4 + I_5$$

Con esto, se puede plantear un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$\left.\begin{array}{l} I_2 = 6 = I_4 + I_5 \\ I_4 = 2 \cdot I_5 \end{array}\right\} \rightarrow \quad 6 = 2 \cdot I_5 + I_5 = 3 \cdot I_5 \quad \rightarrow \quad I_5 = \frac{6}{3} = 2 \text{ A}$$

Por tanto, la intensidad de corriente que atraviesa la resistencia de 6 Ω es de 2 A. Además:

$$I_4 = 2 \cdot I_5 = 2 \cdot 2 = 4 \text{ A}$$

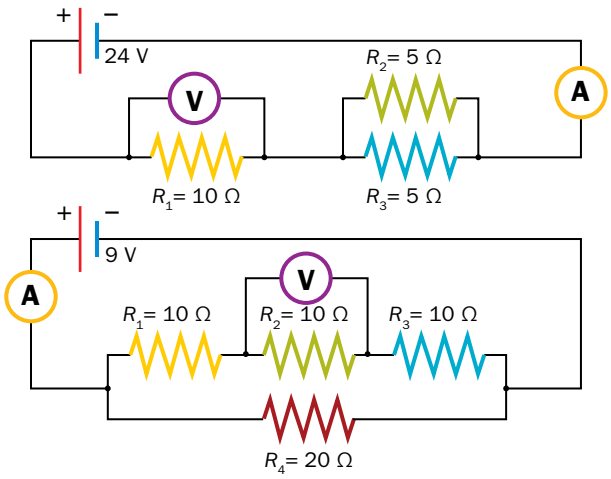
Por otro lado, las dos resistencias de 24 Ω están atravesadas por la misma intensidad, de valor:

$$I_6 = I_7 = \frac{I_3}{2} = \frac{3}{2} = 1{,}5 \text{ A}$$

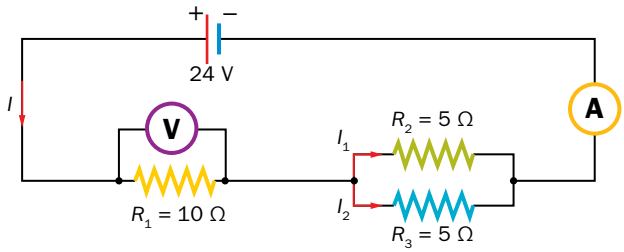
Resumiendo, el valor de la intensidad que pasa por cada resistencia es:

$$I_1 = 3 \text{ A} \quad ; \quad I_2 = 6 \text{ A} \quad ; \quad I_4 = 4 \text{ A} \quad ; \quad I_5 = 2 \text{ A} \quad ; \quad I_6 = I_7 = 1{,}5 \text{ A}$$

38. Indica cuáles serán las lecturas de los amperímetros y los voltímetros.



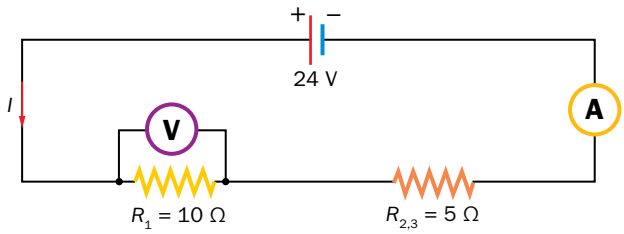
Las intensidades que atraviesan los elementos del primer circuito son:



La resistencia equivalente a la asociación en paralelo es:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = \frac{2}{5} \quad \rightarrow \quad R_{23} = \frac{5}{2} = 2{,}5\ \Omega$$

Por tanto, el circuito anterior se puede representar como sigue:



Aplicando la ley de Ohm, se puede calcular el valor de la intensidad, *I,* que atraviesa el circuito, y que será la que marcará el amperímetro:

$$V = I \cdot R_1 + I \cdot R_{23} \quad \rightarrow \quad V = I \cdot (R_1 + R_{23}) \quad \rightarrow \quad I = \frac{V}{R_1 + R_{23}} = \frac{24\ \text{V}}{10\ \Omega + 2{,}5\ \Omega} = 1{,}92\ \text{A}$$

El voltímetro conectado en paralelo con R_1 marcará:

$$V_{R_1} = I \cdot R_1 = 1{,}92 \cdot 10 = 19{,}2\ \text{V}$$

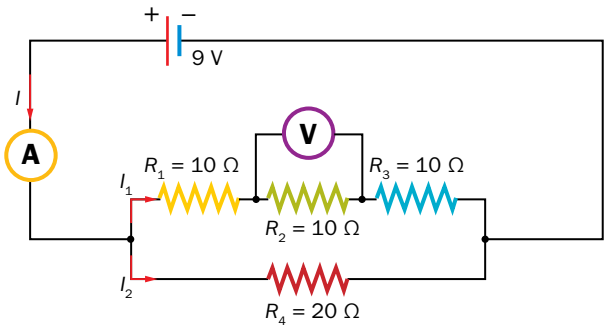
Además, se puede calcular el valor de la intensidad que pasa por R_2 y R_3; al ser estas iguales:

$$\left.\begin{array}{l} I = I_1 + I_2 \\ I_1 = I_2 \end{array}\right\} \rightarrow \left.\begin{array}{l} 1{,}92 = I_1 + I_2 \\ I_1 = I_2 \end{array}\right\} \rightarrow \quad 1{,}92 = 2 \cdot I_1 \quad \rightarrow \quad I_1 = \frac{1{,}92}{2} = 0{,}96\ \text{A}$$

La caída de potencial entre los extremos de cualquiera de esas resistencias es:

$$V_{R_2} = V_{R_3} = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_3 = 0{,}96 \cdot 5 = 4{,}8\ \text{V}$$

Las intensidades que atraviesan los elementos del segundo circuito son:



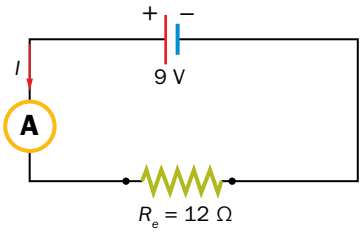
La resistencia equivalente a la asociación en serie es:

$$R_{123} = 10 + 10 + 10 = 30\ \Omega$$

Como esta resistencia está conectada en paralelo con R_4, el valor de la resistencia equivalente del circuito resulta:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_{123}} + \frac{1}{R_4} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{R_e} = \frac{1}{30} + \frac{1}{20} = \frac{5}{60} \quad \rightarrow \quad R_e = 12\ \Omega$$

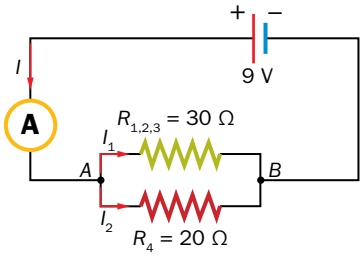
Por tanto, el circuito queda reducido al siguiente:



Al aplicar la ley de Ohm, se obtiene el valor de la intensidad, *I*, que marca el amperímetro:

$$V = I \cdot R_e \quad \rightarrow \quad I = \frac{V}{R_e} = \frac{9\ \text{V}}{12\ \Omega} = 0{,}75\ \text{A}$$

Para obtener el valor de la intensidad, *I*, que atraviesa la resistencia, R_2, representamos el circuito como sigue:



Como la ddp entre los extremos de las resistencias conectadas en paralelo ha de ser la misma:

$$V_{AB} = I_1 \cdot R_{123} = I_2 \cdot R_4 \quad \rightarrow \quad I_1 \cdot 30 = I_2 \cdot 20 \quad \rightarrow \quad I_1 = I_2 \cdot \frac{2}{3}$$

Además:

$$I = I_1 + I_2 \quad \rightarrow \quad 0{,}75 = I_1 + I_2$$

Las dos expresiones anteriores nos permiten formar un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$\left.\begin{array}{l} I_1 = \dfrac{2}{3} \cdot I_2 \\ 0{,}75 = I_1 + I_2 \end{array}\right\} \rightarrow \quad 0{,}75 = \frac{2}{3} \cdot I_2 + I_2 = I_2 \cdot \left(\frac{2+3}{3}\right) \quad \rightarrow \quad 0{,}75 = \frac{5}{3} \cdot I_2 \quad \rightarrow \quad I_2 = 0{,}45\ \text{A}$$

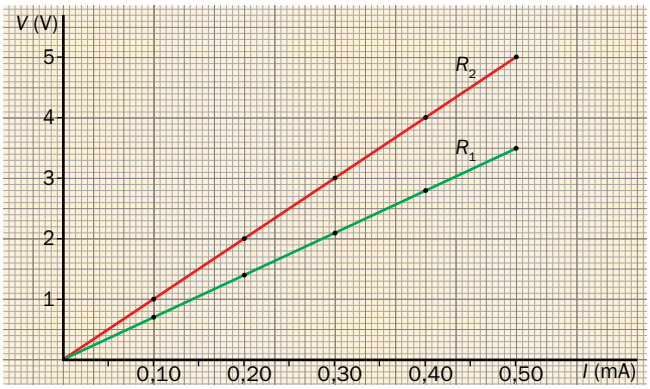
$$I_1 = \frac{2}{3} \cdot I_2 = \frac{2}{3} \cdot 0{,}45 = 0{,}3\ \text{A}$$

Por tanto, como la resistencia R_2 = 10 Ω está atravesada por una intensidad de 0,3 A, la lectura del voltímetro será:

$$V_{R_2} = I_1 \cdot R_2 = 0{,}3 \cdot 10 = 3\ \text{V}$$

Página 175

39. **Calcula el valor de R_E de la asociación en serie y en paralelo de las dos resistencias de la gráfica.**



La gráfica muestra una relación de proporcionalidad directa entre la ddp y la intensidad de dos conductores óhmicos; la constante de proporcionalidad es la resistencia eléctrica, cuyo valor podemos obtener escogiendo cualesquiera parejas de datos de la gráfica; así, para R_1 se obtienen, de acuerdo con la ley de Ohm:

$$\frac{V}{I} = R_1 \quad \rightarrow \quad R_1 = \frac{3,5}{0,50 \cdot 10^{-3}} = 7\,000\ \Omega = 7\ \text{k}\Omega$$

Y para R_2:

$$\frac{V}{I} = R_2 \quad \rightarrow \quad R_2 = \frac{5}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 10\,000\ \Omega = 10\ \text{k}\Omega$$

Por tanto, el valor de la resistencia equivalente a la asociación de ambas resistencias en serie será:

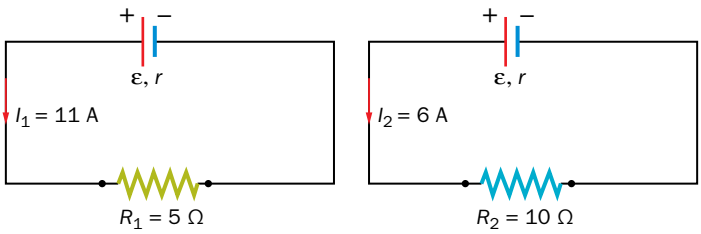
$$R_e\ (\text{serie}) = 7 + 10 = 70\ \text{k}\Omega$$

Y el valor de la asociación en paralelo:

$$\frac{1}{R_e\ (\text{paralelo})} = \frac{1}{7} + \frac{1}{10} = \frac{17}{70} \quad \rightarrow \quad R_e\ (\text{paralelo}) = \frac{70}{17} = 4,12\ \text{k}\Omega$$

40. **Un generador produce una corriente de 11 A cuando se conecta a una resistencia de 5 Ω, y de 6 A si R = 10 Ω. Calcula la f.e.m. del generador y su resistencia interna.**

Las dos conexiones que indica el enunciado del problema se muestran en la ilustración:



Al aplicar la ley de Ohm, se obtiene un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas: la f.e.m., ε, y la resistencia interna del generador, *r;* así, para el circuito de la izquierda se tiene:

$$\varepsilon = I_1 \cdot R_1 + I_1 \cdot r$$

Y para el de la derecha:

$$\varepsilon = I_2 \cdot R_2 + I_2 \cdot r$$

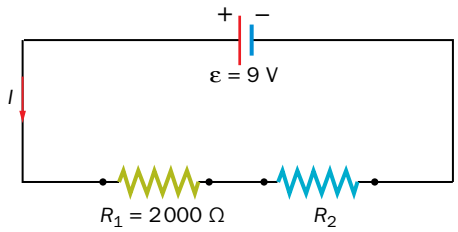
Sustituyendo los datos de que disponemos y resolviendo el sistema se obtiene:

$$\left.\begin{array}{l}\varepsilon = 11\cdot 5 + 11\cdot r\\ \varepsilon = 6\cdot 10 + 6\cdot r\end{array}\right\} \rightarrow \left.\begin{array}{l}\varepsilon = 55 + 11\cdot r\\ \varepsilon = 60 + 6\cdot r\end{array}\right\} \rightarrow 55 + 11\cdot r = 60 + 6\cdot r \rightarrow 5\cdot r = 5 \rightarrow r = 1\,\Omega$$

$$\varepsilon = 11\cdot 5 + 11\cdot 1 = 66\text{ V}$$

41. Se conectan dos resistencias en serie con un generador ideal de f.e.m. 9 V. Si una de ellas es de 2 kΩ, ¿cuánto ha de valer la otra para que entre sus extremos se mida una ddp de 5 V?

Como el generador es ideal, es decir, no tiene consumo interno, su resistencia interna es cero; así, el circuito que indica el enunciado del problema es:



Al aplicar la ley de Ohm se obtiene:

$$\varepsilon \equiv V = I\cdot R_1 + I\cdot R_2$$

Como la caída de tensión en R_2 es de 5 V:

$$V_{R_2} = I\cdot R_2 = 5\text{ V}$$

La expresión anterior queda como:

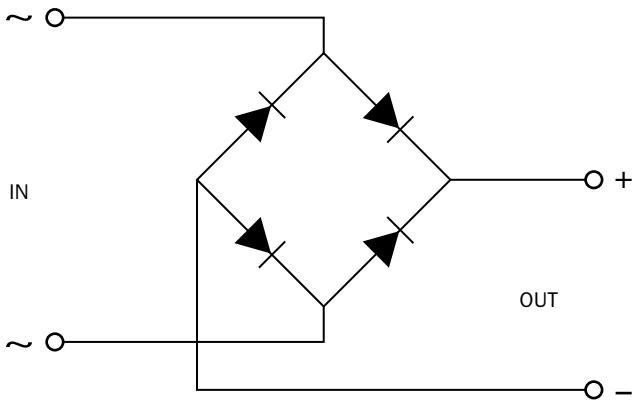
$$V = I\cdot R_1 + 5\text{ V} \rightarrow 9 = I\cdot 2\,000 + 5 \rightarrow I = \frac{9-5}{2\,000} = 2\cdot 10^{-3}\text{ A}$$

Por tanto, el valor de R_2 debe ser:

$$V_{R_2} = I\cdot R_2 \rightarrow R_2 = \frac{V_{R_2}}{I} = \frac{5}{2\cdot 10^{-3}} = 2\,500\,\Omega$$

Componentes electrónicos. Diodo

44. ¿Por qué se dice que los diodos funcionan como rectificadores? Explica el funcionamiento del siguiente circuito de diodos.

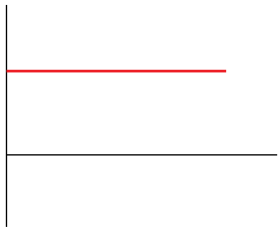


Con esta actividad se pretende que el alumnado investigue en Internet acerca del funcionamiento del rectificador de onda completa en puente, habitualmente utilizado en muchos dispositivos electrónicos y eléctricos.

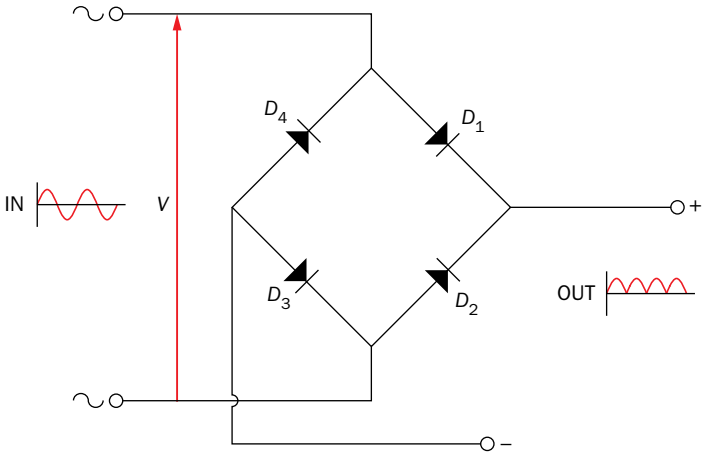
Muchos aparatos eléctricos y la mayoría de los aparatos electrónicos necesitan una alimentación de corriente continua para funcionar; sin embargo, la energía eléctrica que llega a nuestros hogares es alterna.

Una fuente de alimentación es un dispositivo que transforma la tensión alterna de la red eléctrica en una tensión continua de valor adecuado y estable; una de sus partes más importantes es el rectificador de corriente, que consigue que la tensión eléctrica tenga un solo sentido:

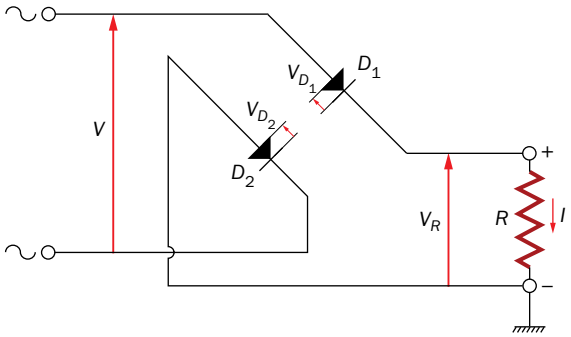
Una vez conseguida esa señal, son necesarios otros dispositivos (filtros y reguladores), para conseguir una corriente continua estable, como la de la figura:



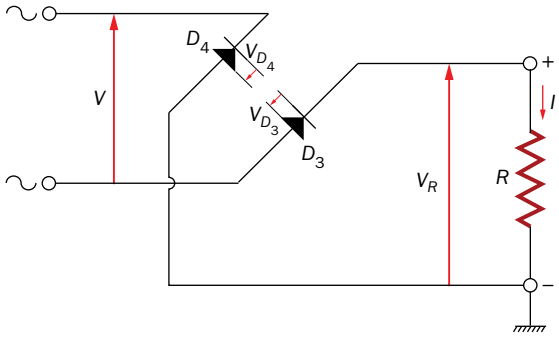
En esta actividad nos centraremos en el funcionamiento del rectificador de onda completa en puente, que podemos representar así:



En el semiciclo positivo de la corriente alterna, conducirán los diodos D_1 y D_3, que se encontrarán en polarización directa:



En el semiciclo negativo de la corriente alterna conducirán los diodos D_2 y D_4:



Así, a la salida se obtendrá siempre una corriente en el mismo sentido.

3 Energía y potencia eléctricas

Página 187

28. Si una central eléctrica de 1 MW funciona ininterrumpidamente durante un año, ¿qué energía eléctrica proporciona? ¿A cuántas bombillas de 25 W podría alimentar?

La relación entre la potencia eléctrica, la energía eléctrica y el tiempo es:

$$P = \frac{E}{t} \quad \rightarrow \quad E = P \cdot t$$

En este caso:

$$P = 1\,\text{MW} = 1 \cdot 10^6\ \text{W}$$

$$t = 1\,\text{año} \cdot \frac{365\ \text{días}}{1\,\text{año}} \cdot \frac{24\ \text{h}}{1\,\text{día}} \cdot \frac{3\,600\ \text{s}}{1\,\text{h}} = 31\,536\,000\ s$$

Por tanto, la energía eléctrica que proporciona la central es:

$$E = P \cdot t \quad \rightarrow \quad E = 1 \cdot 10^6\ \text{W} \cdot 31\,536\,000\ \text{s} = 3,1536 \cdot 10^{13}\ \text{J}$$

Para mantener encendida una bombillla de 25 W durante un año se necesita una energía de:

$$E_{\text{bombilla}} = P_{\text{bombilla}} \cdot t = 25\ \text{W} \cdot 31\,536\,000 = 788,4 \cdot 10^6\ \text{J}$$

Así, las bombillas que se podrían mantener encendidas durante un año serían:

$$n.^{\circ}\ \text{bombillas} = \frac{E}{E_{\text{bombilla}}} = \frac{3,1536 \cdot 10^{13}}{788,4 \cdot 10^6} = 40\,000\ \text{bombillas}$$

4 Transporte y distribución de energía eléctrica

Página 189

33. Utilizando el valor mínimo de tensión para el consumo industrial de la imagen de la red eléctrica, y el de consumo doméstico, determina la relación entre el número de vueltas del circuito primario (N_1) y secundario (N_2) de los transformadores de la subestación de distribución.

De acuerdo con la figura, la tensión a la que llega la energía eléctrica a la subestación de distribución es, como máximo, de 132 kV, y después de ser transformada sale con una tensión, para uso industrial, de hasta 12,5 kV, y, para consumo doméstico, de 220 V.

Por tanto, la relación entre el número de vueltas del circuito primario y el del secundario para el valor mínimo de consumo industrial será:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad \rightarrow \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{132\ \text{kV}}{12,5\ \text{kV}} = 10,56$$

Y, para el caso del consumo doméstico:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad \rightarrow \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{132\,000\ \text{V}}{220\ \text{V}} = 600$$

5 Energía eléctrica en la vivienda

Página 194

40. El kWh, ¿es unidad de potencia o de energía? Razona tu respuesta.

El kWh hora es una unidad de energía, ya que:

$$E = P \cdot t$$

La equivalencia entre el kWh y la unidad de energía en el SI, el julio, es:

$$1\,\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \frac{1\,000\ \text{W}}{1\,\text{kW}} \cdot \frac{3\,600\ \text{s}}{1\,\text{h}} = 3\,600\,000\ \text{W} \cdot \text{s} = 3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J}$$

42. ¿Qué intensidad circula por los circuitos de una lavadora de 1500 W, 220 V? ¿Cuánto consume en un ciclo de lavado de 1,5 h?

La intensidad de corriente la calculamos a partir de los datos de potencia y voltaje:

$$P = V \cdot I \quad \rightarrow \quad I = \frac{P}{V} \quad \rightarrow \quad I = \frac{1\,500\ \text{W}}{220\ \text{V}} = 6{,}8\ \text{A}$$

El consumo en un ciclo de lavado de 1,5 h, teniendo en cuenta que:

$$t = 1{,}5\ \text{h} \cdot \frac{3\,600\ \text{s}}{1\,\text{h}} = 5\,400\ \text{s}$$

Resulta:

$$E = P \cdot t \quad \rightarrow \quad E = 1\,500\ \text{W} \cdot 5\,400\ \text{s} = 8{,}1 \cdot 10^6\ \text{J}$$

Teniendo en cuenta que:

$$1\,\text{kWh} = 3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J}$$

El consumo de energía resulta:

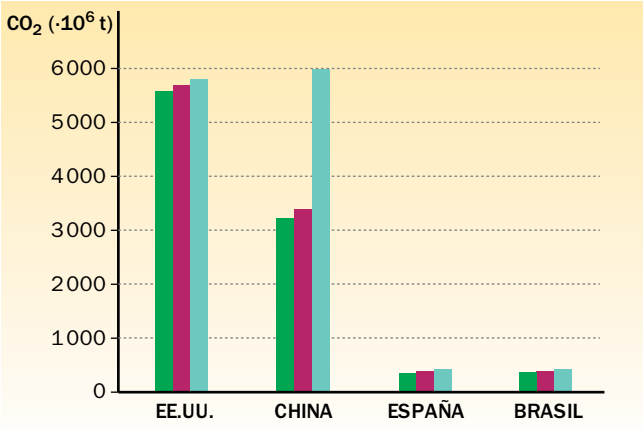
$$E = 8{,}1 \cdot 10^6\ \text{J} \cdot \frac{1\,\text{kWh}}{3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J}} = 2{,}25\ \text{kWh}$$

Trabaja con lo aprendido

Página 198

El uso racional de la energía

6. **El gráfico muestra las emisiones totales de CO_2 de cuatro países en tres períodos consecutivos de cuatro años cada uno:**



a) ¿Qué país ha aumentado más sus emisiones? ¿En qué porcentaje, respecto al segundo período?

b) ¿Cuántas veces, aproximadamente, emite dicho país más CO_2 que España?

c) Busca datos sobre la población de China y España y calcula las toneladas de CO_2 que emite cada país por habitante.

d) Comenta brevemente los resultados que hayas obtenido en los apartados anteriores.

a) China, casi en un 50 %.

b) España emite unos 400 millones de toneladas de CO_2, y China, más de 6 000 millones de toneladas, 15 veces más.

c) En el año 2015, la población de China era, aproximadamente, de 1 370 000 000 habitantes, y la de España, de 47 000 000. Por tanto, China emitió un número de toneladas por habitante, n_{China}, de:

$$n_{China} = \frac{6\,000 \cdot 10^6 \text{ t de } CO_2}{1\,370 \cdot 10^6 \text{ habitantes}} = 4{,}38 \text{ t de } CO_2\text{/habitante}$$

Y España emitió:

$$n_{España} = \frac{400 \cdot 10^6 \text{ t de } CO_2}{47 \cdot 10^6 \text{ habitantes}} = 8{,}51 \text{ t de } CO_2\text{/habitante}$$

d) Respuesta abierta. Se pretende que el alumnado resuma en una frase los resultados obtenidos en los distintos apartados como modo de síntesis de lo realizado. Además, se trataría de una conclusión basada en el uso de pruebas, lo que refuerza esta cuestión fundamental de la metodología científica, que podría ir acompañada de reflexiones personales fundamentadas en ella.

8. **Cuando se habla de producción de energía, se utiliza como unidad la tonelada equivalente de petróleo (tep): 1 tep = $4{,}187 \cdot 10^7$ kJ. ¿Cuántas tep son necesarias para producir la energía doméstica de una población de 50 000 habitantes al cabo de un mes, si en cada hogar viven cuatro personas y tiene contratada una potencia de 5,25 kW?**

Si en cada hogar viven cuatro personas, el número de hogares, $n_{hogares}$, que corresponde a 50 000 habitantes es:

$$n_{hogares} = \frac{n.^{\circ} \text{ de habitantes}}{4} = \frac{50\,000}{4} = 12\,500 \text{ hogares}$$

Si cada hogar tiene contratada una potencia de 5,25 kW, la potencia total necesaria será:

$$P = n_{hogares} \cdot 5,25 = 12\,500 \cdot 5,25 = 65\,625 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta que 1 mes equivale a:

$$t = 1 \text{ mes} \cdot \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{3\,600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 2\,592\,000 \text{ s}$$

La energía total que se necesita, expresada en julios, es:

$$E = P \cdot t \quad \rightarrow \quad E = 65\,625 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot 2\,592\,000 \text{ s} = 1,701 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

Esta energía, expresada en tep, es:

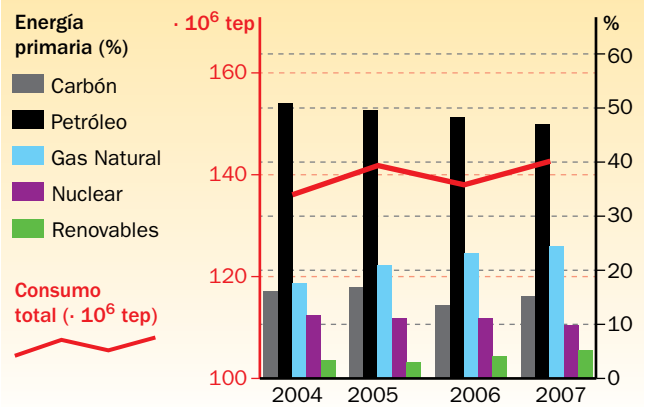
$$E = 1,701 \cdot 10^{11} \text{ kJ} \cdot \frac{1 \text{ tep}}{4,187 \cdot 10^7 \text{ kJ}} = 4\,063 \text{ tep}$$

9. El gráfico muestra el consumo anual de energía primaria (línea roja) en nuestro país (en tep) y su distribución por tipo de fuente (diagrama de barras, en %):

a) Explica cómo han evolucionado (alza/baja) los distintos tipos de energía primaria.

b) Indica, en kWh, cuál ha sido la participación de las energías renovables en el consumo total de energía primaria en el año 2007.

c) ¿Cuánto mayor fue, en 2007, el consumo de combustibles fósiles que las otras fuentes?



a) El consumo de carbón disminuyó de 2005 a 2006, y volvió a aumentar en 2007; el de petróleo ha evolucionado a la baja, al contrario que el de gas natural y el de energías renovables, que han aumentado; el uso de energía nuclear disminuyó levemente de 2006 a 2007.

b) De acuerdo con la figura, el consumo total de energía en 2007 fue de unos 142 000 ktep, y de estos, el 5 % correspondió a las energías renovables; esto es:

$$\textit{Consumo renovables} = 142\,000 \text{ ktep} \cdot \frac{5}{100} = 7\,100 \text{ ktep}$$

Expresado en kWh, resulta:

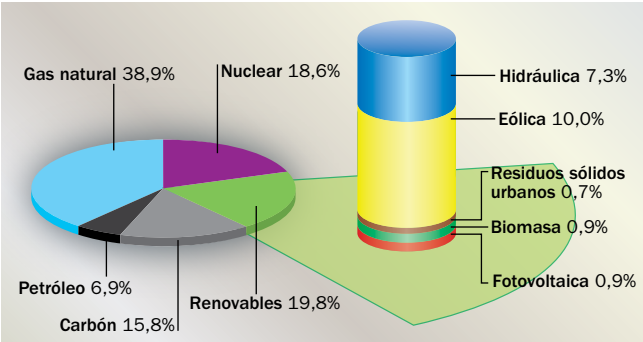
$$\textit{Consumo renovables} = 7\,100 \cdot 10^3 \text{ tep} \cdot \frac{4,187 \cdot 10^{10} \text{ J}}{1 \text{ tep}} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 8,26 \cdot 10^{10} \text{ kWh}$$

c) Si se suman por un lado los porcentajes de carbón, petróleo y gas natural: 46 % + 15 % + 24 % = 85 %, y la nuclear y las energías renovables por otro, 10 % + 5 % = 15 %, resulta que el consumo fue de un 85 % de combustibles fósiles frente al 15 % de otras fuentes; esto es, más de cuatro veces mayor.

10. **Observa el gráfico de producción de energía eléctrica y contesta a las siguientes cuestiones:**

a) ¿Qué porcentaje de las energías renovables tienen como origen las energías hidráulica y eólica?

b) Si la producción de energía eléctrica fue de 62 500 GWh, ¿qué cantidad originó la energía fotovoltaica?



a) El porcentaje de las energías renovables sobre el total de producción de energía eléctrica, de acuerdo con el gráfico, es:

$$\%\ renovables = 7{,}3\ \% + 10{,}0\ \% + 0{,}7\ \% + 0{,}9\ \% + 0{,}9\ \% = 19{,}8\ \%$$

El porcentaje de este resultado que tiene como origen la energía hidráulica es:

$$\%\ (renovables/hidráulica) = \frac{7{,}3}{19{,}8} \cdot 100 = 37\ \%$$

Y el que tiene como origen a la energía eólica:

$$\%\ (renovables/eólica) = \frac{10{,}0}{19{,}8} \cdot 100 = 51\ \%$$

Por tanto, un 37 % de la producción de energía renovable proviene de la energía hidráulica, y un 51 %, de la eólica.

b) La energía fotovoltaica supuso un 0,9 % de la producción de energía eléctrica; por tanto:

$$E_{fotovoltaica} = 62\ 500\ \text{GWh} \cdot \frac{0{,}9}{100} = 562{,}5\ \text{GWh}$$

Página 199

Energía y potencia eléctricas

12. **Un electrodoméstico lleva en su placa las siguientes indicaciones:**

1 500 W/220 V

¿Qué intensidad de corriente circulará por él?

Teniendo en cuenta que:

$$P = V \cdot I \quad \rightarrow \quad I = \frac{P}{V}$$

El valor de la intensidad resulta:

$$I = \frac{1\ 500\ \text{W}}{220\ \text{V}} = 6{,}8\ \text{A}$$

13. Un ventilador está enchufado a una red eléctrica de 220 V. Si por él circula una intensidad de 3 A, calcula:

a) La potencia del ventilador.

b) La energía que disipa en forma de calor en 1 min.

a) La potencia del ventilador es:

$$P = V \cdot I \quad \rightarrow \quad P = 220\ \text{V} \cdot 3\ \text{A} = 660\ \text{W}$$

b) En t = 1 min = 60 s, la energía disipada en forma de calor será:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t = I \cdot I \cdot R \cdot t = I \cdot V \cdot t = 3\ \text{A} \cdot 220\ \text{V} \cdot 60\ \text{s} = 39\,600\ \text{J}$$

14. Un horno eléctrico tiene una potencia de 2,5 kW si lo conectamos a la red de 220 V. Calcula la energía eléctrica, en kWh, que consume si lo mantenemos funcionando durante 30 minutos.

La energía que consumirá en 30 min, esto es, en 1800 s, será:

$$E = P \cdot t \quad \rightarrow \quad E = 2{,}5 \cdot 10^3\ \text{W} \cdot 1\,800\ \text{s} = 4{,}5 \cdot 10^6\ \text{J}$$

Expresado en kWh, la energía consumida será:

$$E = 4{,}5 \cdot 10^6\ \text{J} \cdot \frac{1\ \text{kWh}}{3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J}} = 1{,}25\ \text{kWh}$$

16. Una bombilla lleva los siguientes datos: 230 V, 60 W. Indica qué potencia puede proporcionar cuando la conectamos a una tensión de 390 V.

Teniendo en cuenta la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R \quad \rightarrow \quad R = \frac{V}{I} \quad \rightarrow \quad I = \frac{V}{R}$$

La expresión de la potencia resulta:

$$P = V \cdot I = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

Cuando conectamos la bombilla a 230 V tenemos:

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R} \quad \rightarrow \quad 60 = \frac{230^2}{R} \quad \rightarrow \quad R = \frac{230^2}{60}$$

Y cuando la conectamos a 390 V:

$$P_2 = \frac{V_2^2}{R} \quad \rightarrow \quad P_2 = \frac{390^2}{R} \quad \rightarrow \quad R = \frac{390^2}{P_2}$$

Igualando ambas expresiones se obtiene el valor de P_2:

$$\frac{230^2}{60} = \frac{390^2}{P_2} \quad \rightarrow \quad P_2 = \frac{390^2 \cdot 60}{230^2} = 172{,}5\ \text{W}$$

17. Si el fusible de un enchufe lleva la inscripción «2 A», ¿cuál será la máxima potencia que le podremos conectar?

La máxima potencia que le podemos conectar, en una instalación típica de 220 V, será:

$$P = V \cdot I \quad \rightarrow \quad P = 220\ \text{V} \cdot 2\ \text{A} = 440\ \text{W}$$

Si le conectamos una potencia superior, la intensidad de corriente eléctrica que atravesará el fusible será mayor de 2 A, y, en consecuencia, este se fundirá.

Transporte y distribución de energía eléctrica

19. Un transformador tiene 440 espiras arrolladas en el circuito primario, y las tensiones de entrada y de salida son de 220 V y de 12 V, respectivamente. Calcula el número de espiras del circuito secundario.

De acuerdo con la relación de transformación estudiada en la unidad:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad \rightarrow \quad N_2 = \frac{V_2 \cdot N_1}{V_1}$$

El número de espiras del secundario resulta:

$$N_2 = \frac{12\ \text{V} \cdot 440\ \text{espiras}}{220\ \text{V}} = 24\ \text{espiras}$$

20. En el transformador del ejercicio anterior, calcula la intensidad que recorre los arrollamientos primario y secundario, si la potencia en ambos es de 60 W.

La potencia medida en el primario es igual a la medida en el secundario, esto es, no varía; por tanto:

$$P = I_1 \cdot V_1 = I_2 \cdot V_2$$

La intensidad de corriente que recorrerá el arrollamiento primario será:

$$P = I_1 \cdot V_1 \quad \rightarrow \quad I_1 = \frac{P}{V_1} = \frac{60\ \text{W}}{220\ \text{V}} = 0{,}27\ \text{A}$$

Y la que recorrerá el arrollamiento secundario:

$$P = I_2 \cdot V_2 \quad \rightarrow \quad I_2 = \frac{P}{V_2} = \frac{60\ \text{W}}{12\ \text{V}} = 5\ \text{A}$$

21. Un transformador reduce la tensión de una línea eléctrica, siendo V_1 = 2 200 V e I_2 = 60 A. Si por cada 10 espiras del primario, el secundario tiene 1, calcula la tensión en el secundario, V_2, la corriente en el primario, I_1, y la potencia, P.

La relación entre el número de espiras de cada arrollamiento de un transformador, la intensidad que los recorre y los potenciales de entrada y salida es:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Además, la potencia no varía; esto es:

$$P = I_1 \cdot V_1 = I_2 \cdot V_2$$

Los datos de que disponemos son:

$$V_1 = 2\,200\ \text{V} \quad ; \quad I_2 = 60\ \text{A} \quad ; \quad \frac{N_1}{N_2} = 10$$

Por tanto, a partir de la relación inicial podemos obtener la tensión en el secundario, V_2:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad \rightarrow \quad V_2 = V_1 \cdot \frac{N_2}{N_1} = 2\,200\ \text{V} \cdot \frac{1}{10} = 220\ \text{V}$$

La corriente en el primario, I_1, será:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} \quad \rightarrow \quad I_1 = I_2 \cdot \frac{V_2}{V_1} = 60\ \text{A} \cdot \frac{220\ \text{V}}{2\,200\ \text{V}} = 6\ \text{A}$$

Por último, el valor de la potencia resulta:

$$P = I_1 \cdot V_1 = I_2 \cdot V_2$$

$$P = 6\ \text{A} \cdot 2\,200\ \text{V} = 60\ \text{A} \cdot 220\ \text{V} = 13\,200\ \text{W} = 13{,}2\ \text{kW}$$

Energía eléctrica en la vivienda

24. Calcula la energía, en kWh, que consume una bombilla de 100 W encendida durante 10 horas.

La energía consumida será:

$$E = P \cdot t$$

donde, en este caso:

$$P = 100 \text{ W}$$

$$t = 10 \text{ h} \cdot \frac{3\,600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 36\,000 \text{ s}$$

Por tanto:

$$E = P \cdot t = 100 \text{ W} \cdot 36\,000 \text{ s} = 3\,600\,000 = 3{,}6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Este valor de la energía, expresado en kWh, resulta

$$E = 3{,}6 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3{,}6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 1 \text{ kWh}$$

25. Teniendo en cuenta la potencia contratada en tu casa (toma el dato de una factura eléctrica) y que la electricidad doméstica normalmente funciona a 220 V, ¿qué indicación debe llevar el ICP de la instalación? Comprueba si es así.

Supongamos que la potencia contratada es de 5,5 kW; en ese caso, como la tensión doméstica habitual es de 220 V, el valor de la intensidad que marcará el ICP será de:

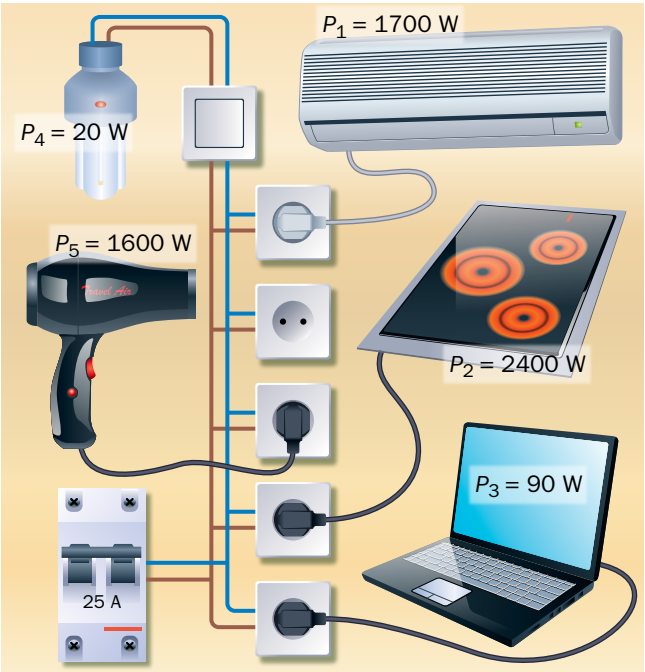
$$P = V \cdot I \quad \rightarrow \quad I = \frac{P}{V} = \frac{5{,}5 \cdot 10^3 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 25 \text{ A}$$

Otra instalación típica suele ser de 3,3 kW; en ese caso, en el ICP se indicará el siguiente valor de intensidad:

$$P = V \cdot I \quad \rightarrow \quad I = \frac{P}{V} = \frac{3{,}3 \cdot 10^3 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 15 \text{ A}$$

Página 200

26. Argumenta sobre si el interruptor de potencia de este circuito, de 25 A, saltará cuando tenga todos los aparatos conectados a la vez.



La potencia total necesaria si se conectan todos los aparatos a la vez será:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

$$P = 1\,700 + 2\,400 + 90 + 20 + 1\,600 = 5\,810 \text{ W}$$

La intensidad que atravesará el circuito, cuya tensión es de 220 V, será:

$$P = V \cdot I \quad \rightarrow \quad I = \frac{P}{V} = \frac{5\,810 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 26{,}4 \text{ A}$$

Como ese valor es superior a los 25 A que marca el ICP, este saltará, para controlar que la vivienda no utiliza más potencia de la contratada.

27. Por un secador de pelo (R = 45 Ω), circula una corriente de 2,5 A. Calcula:

a) Su potencia eléctrica.

b) La energía, expresada en kWh, que consume en 10 min de funcionamiento, y su coste sin impuestos, si 1 kWh cuesta 0,15 €.

a) La potencia eléctrica se calcula con la expresión:

$$P = I \cdot V$$

Teniendo en cuenta la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R$$

La expresión de la potencia eléctrica queda como sigue:

$$P = I \cdot V = I \cdot I \cdot R = I^2 \cdot R$$

Por tanto, su valor será:

$$P = 2{,}5^2 \cdot 45 = 281{,}25 \text{ W}$$

b) En t = 10 min = 600 s de funcionamiento, la energía consumida será:

$$E = P \cdot t \quad \rightarrow \quad E = 281{,}25 \text{ W} \cdot 600 \text{ s} = 168\,750 \text{ J}$$

Expresada en kWh, resulta:

$$E = 168\,750 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3{,}6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 0{,}047 \text{ kWh}$$

El coste será:

$$Coste = 0{,}047 \text{ kWh} \cdot \frac{0{,}15 \text{ €}}{1 \text{ kWh}} = 7{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ €}$$

28. Con la tabla de consumo que se suministra a continuación, justifica qué potencia sería adecuado contratar para tu vivienda.

Tabla de potencias aproximadas de algunos receptores eléctricos	
Receptor	**Potencia (W)**
Bombilla (incandescente)	40-100
Bombilla (bajo consumo)	8-20
Televisor	150-200
Tostadora	800-900
Plancha	1500
Lavadora	2500
Lavavajillas	3000

Si suponemos la potencia máxima que se muestra en cada caso, y si todos los receptores eléctricos estuvieran conectados a la vez, la potencia total necesaria sería:

$$P = 100 + 20 + 200 + 900 + 1\,500 + 2\,500 + 3\,000 = 8\,220 \text{ W}$$

Así, la potencia a contratar sería de unos 8 220 W, esto es, 8,22 kW.

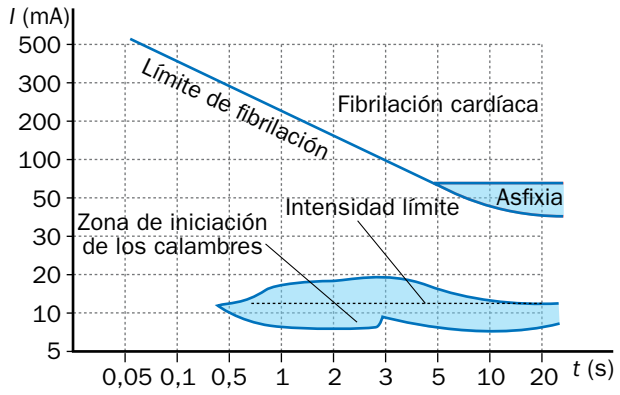
Nota: Se sugiere abrir un debate acerca de la necesidad de contratar una potencia eléctrica que permita tener conectados todos los aparatos a la vez, o si es suficiente con contratar una potencia menor y conectar los aparatos en diferentes horarios.

29. La gráfica (que no está a escala) muestra algunos efectos de la corriente eléctrica en función de su intensidad y la duración de la descarga:

a) ¿Entre qué valores de la intensidad y del tiempo se producen calambres?

b) Si sufres una descarga durante 20 s, ¿qué valor mínimo ha de tener la intensidad para que se produzca fibrilación cardíaca?

c) ¿Qué efecto produce una descarga de 7 s y cuya intensidad de corriente es de 75 mA?



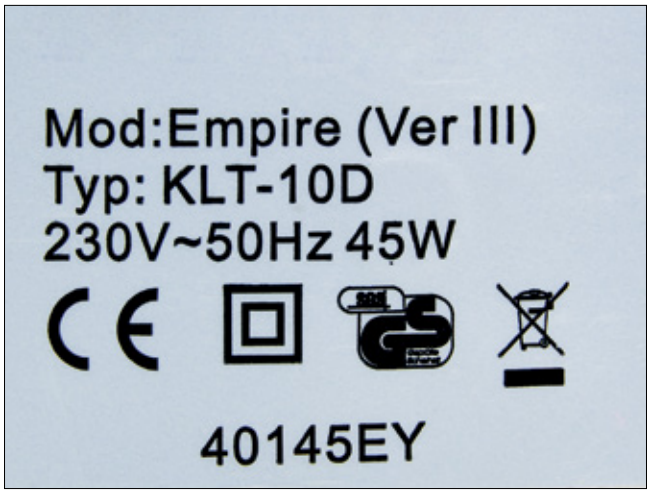
a) A partir de 0,5 segundos, para intensidades comprendidas entre 7 mA y 10 mA, aproximadamente.

b) Unos 40 mA.

c) Fibrilación cardiaca.

Página 201

31. Extrae toda la información que puedas de la etiqueta de la fotografía, y calcula el consumo del aparato en 15 minutos de funcionamiento.



El aparato eléctrico cuya etiqueta se muestra puede conectarse a una tensión eléctrica de 230 V, y su potencia es de 45 W; la frecuencia de la tensión eléctrica alterna a la que puede conectarse, concepto que se estudia en cursos superiores, es de 50 Hz, la habitual en nuestro país.

A partir de los datos anteriores, podemos calcular la intensidad de corriente que recorrerá el aparato:

$$P = V \cdot I \quad \rightarrow \quad I = \frac{P}{V} \quad \rightarrow \quad I = \frac{45\ \text{W}}{230\ \text{V}} = 0,196\ \text{A}$$

El consumo del aparato en t = 15 min = 15 · 60 = 900 s, será:

$$E = P \cdot t \quad \rightarrow \quad E = 45\ \text{W} \cdot 900\ \text{s} = 40\ 500\ \text{J}$$

Teniendo en cuenta la equivalencia entre el julio y el kWh, resulta:

$$E = 40\ 500\ \text{J} \cdot \frac{1\,\text{kWh}}{3,6 \cdot 10^6\ \text{J}} = 0,01\,\text{kWh}$$